

**ZBORNİK REFERATOV/CONFERENCE BOOK**

# **2. MEDNARODNA ERM KONFERENCA**

**Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in  
Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja**

**Slovenija, Celje  
24. in 25. september 2008**





## 2. MEDNARODNA ERM KONFERENCA

# Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja

Celje,  
24. in 25. september 2008



Mednarodni center za ekoremediacije v okviru Filozofske fakultete, Univerze v Mariboru, Ekoremediacijski tehnološki center in Podjetje za aplikativno ekologijo – LIMNOS d.o.o.

v sodelovanju z Ministrstvom za okolje in prostor in Ministrstvom za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo



ZBORNİK REFERATOV/CONFERENCE BOOK  
2. MEDNARODNA ERM KONFERENCA

**EKOREMEDIACIJE V DRŽAVAH ZAHODNEGA BALKANA IN  
OSREDNJI EVROPI ZA IZBOLJŠANJE KVALITETE ŽIVLJENJA**

Slovenija, Celje  
24. in 25. september 2008

**Finančna podpora izdaji zbornika:**

**Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo**

**Finančna podpora organizacije konference:**

**Dravske elektrarne Maribor in Agencija Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost**

Izdajatelj: Limnos d.o.o., Podjetje za aplikativno ekologijo in Univerza v Mariboru,  
Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije, 2008

Recenzentka: dr. Jasna Paradiž

Uredniki: Alenka Sajovic, Bojana Kroflič, prof. dr. Ana Vovk Korže in prof. dr. Danijel Vrhovšek

Oblikovanje: Iztok Topler

Grafična realizacija: Gral\_dizajn

Naklada: 300 izvodov

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Univerzitetna knjižnica Maribor

502.3:556.5(082)

MEDNARODNA ERM konferenca Ekoremediacije v državah  
zahodnega Balkana in osrednji Evropi za  
izboljšanje kvalitete življenja (2 ; 2008 ; Celje)

Zbornik referatov = Conference book / 2.

Mednarodna ERM konferenca Ekoremediacije v državah  
zahodnega Balkana in osrednji Evropi za  
izboljšanje kvalitete življenja, Slovenija, Celje,  
24. in 25. september 2008 ; [uredniki Alenka  
Sajovic ...[et al.]. - Maribor : Limnos :  
Filozofska fakulteta, Mednarodni center za  
ekoremediacije, 2008

COBISS.SI-ID 61660673

ISBN 978-961-6656-23-8



# Predgovor

Ekoremediacije (ERM) varujejo in obnavljajo okolje, ustvarjajo možnosti razvoja novih dejavnosti in nas učijo živeti v mejah nosilnosti okolja. Ekoremediacije nam z zagotavljanjem okoljskega, socialnega in gospodarskega razvoja omogočajo izpolnjevanje ciljev trajnostnega razvoja.

24. in 25. septembra 2008 smo organizirali 2. Mednarodno ERM konferenco, ki bo okrepila povezanost partnerjev z namenom sodelovanja pri pripravi projektov, ki bodo omogočili izpolnjevanje ciljev trajnostnega razvoja v Evropi.

Konferenca je okrepila povezanost partnerjev z namenom sodelovanja pri pripravi projektov, ki bodo v ospredje postavili pomen ekosistemskega pristopa za varovanje in obnovo okolja in narave. Konferenca je bila hkrati odlična priložnost za izmenjavo znanj, izkušenj in primerov dobrih praks na področju naravnih ekosistemskih tehnologij kot so ekoremediacije.

Rezultati konference so:

1. Okrepljena Mednarodna ERM mreža
2. Ustanovitev projektne konzorcija
3. Izdelan nabor projektov, ki jih bomo v okviru projektne konzorcija prijavi na mednarodne projekte
4. Predstavitev dosedanjih uspešno zaključenih projektov vključevanja ekoremediacij v lokalna okolja

*Organizatorji konference*

## *Zahvala*

**MINISTRSTVI ZA VISOKO ŠOLSTVO ZNANOST IN ŠPORT  
DRAVSKIM ELEKTRARNAM MARIBOR  
AGENCIJI REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST**

**za finančno podporo pri organizaciji konference ter izdaji zbornika.**

# KAZALO VSEBINE

|   |    |
|---|----|
| EKOREMEDIACIJE KOT PRILOŽNOSTI ZA RAZVOJ<br>Prof. dr. Ana Vovk Korže, Mednarodni center za ekoremediacije, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta,<br>prof. dr. Danijel Vrhovšek, Podjetje za aplikativno ekologijo Limnos d.o.o.  | 7  |
| MONITORING STANJA OKOLJA IN EKOREMEDIACIJSKIH SISTEMOV:<br>BIOLOŠKI TESTI STRUPENOSTI IN MOLEKULARNO BIOLOŠKE METODE<br>Jaka Razinger, Maja Berden Zrimec, Aleš Lapanje, Barbara Muščet, Manca Kovač in Alexis Zrimec,<br>Inštitut za fizikalno biologijo d.o.o.  | 13 |
| DEVELOPMENT OF CHEMICAL-FREE WATER TREATMENT SYSTEMS OF FISH-FARMING<br>Doc. dr. Tjaša Griessler Bulc, dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, Iztok Ameršek, dipl.san.inž.,<br>Darja Istenič, univ.dipl.biol., LIMNOS Company for Applied Ecology, mag. Nevenka Ferfila, Visoka šola za zdravstvo  | 18 |
| THE NEED FOR RIVER RESTORATION AS AN ECOREMEDIATION METHOD OF DEGRADED LAND<br>mag. Mirjana Roksandić, dr. Maja Mitić, Faculty of applied ecology Futura, Singidunum University, Belgrade   | 23 |
| UPORABNOST SWAT MODELA ZA MODELIRANJE EKOREMEDIACIJ<br>Matjaž Glavan, M.Sc, univ.dipl.inž.agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija,<br>Sue White, Ph.D., Cranfield University, School of Applied Sciences, United Kingdom<br>Marina Pintar, dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija                               | 27 |
| RAZISKAVA BENTOŠKIH ALG V RASTLINSKI ČISTILNI NAPRAVI (RČN) DOBRAVA PRI ORMOŽU<br>dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, mag. biol., Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana  | 32 |
| STABILIZACIJA/SOLIDIFIKACIJA TEŽKIH KOVIN V ZEMLJINI NA OBMOČJU IZGRADNJE TEHNOLOŠKEGA<br>PARKA V CELJU<br>Grega E. Voglar, univ. dipl. agr., Regionalna razvojna agencija Celje d.o.o. in Dr. Domen Leštan,<br>uni. dipl. inž. kem. tehnol., Oddelek za agronomijo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta  | 38 |
| VPLIV ODVZEMA VODE ZA POTREBE MALIH HIDROELEKTRARN (MHE) NA STRUKTURO IN PESTROST<br>MEZOHABITATOV V REKI IDRJI<br>dr. Nataša Smolar-Žvanut, mag.biol., Inštitut za vode Republike Slovenije, dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič,<br>mag.biol., Darja Istenič, univ.dipl.biol., Iztok Ameršek, univ. san. ing., Limnos, Podjetje za aplikativno ekologijo | 48 |
| ZNAČILNOSTI HIDROLOŠKE SUŠE VODOTOKOV NA GORIČKEM<br>Tatjana Kikec, prof. nem-geo, podiplomska študentka geografije na Filozofski fakulteti v Mariboru  | 53 |
| EKOREMEDIACIJE IN KMETIJSTVO<br>Jelka Potočnik, dipl.inž.kmet., Inštitut za kontrolo in certifikacijo v kmetijstvu in gozdarstvu  | 59 |

|  |     |
|--|-----|
| FITOREMEDIACIJSKI POTENCIAL TOPOLOV PRI ČIŠČENJU IZCEDNE VODE ODLAGALIŠČA ODPADKOV<br>Nastja Pajk, dodiplomska študentka biologije, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani<br>dr. Maja Zupančič Justin, mag. biol., univ. dipl. biol., Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.  | 64  |
| EKOLOŠKA OBNOVITEV REGULIRANIH VODOTOKOV NA GORIČKEM<br>Alenka Sajovic, dipl. prof. geog. in soc., Bojana Kroflič, univ. dipl. biol., Ekoremediacijski tehnološki center,<br>dr. Danijel Vrhovšek, Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.   | 68  |
| PRISPEVEK K POZNAVANJU STANJA OGROŽENOSTI MOČVIRSKE LOGARICE ( <i>FRITILLARIA MELEAGRIS</i> L.)<br>NA LJUBLJANSKEM BARJU.<br>dr. Jasna Paradiž, univ. dipl. biol., Zasebna raziskovalka  | 73  |
| MAKROFITI JEZERA KOMARNIK – PONOR IN VIR HRANIL<br>mag. Brigita Horvat, Osnovna šola Lenart, Lenart v Slov. goricah prof. dr. Alenka Gaberščik,<br>Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Univerza v Ljubljani   | 78  |
| TRAJNOSTNI RAZVOJ IN VZGOJNI PROCESI V SOZVOČJU S PROCESI ZA OBNOVO IN ZAŠČITO OKOLJA<br>(REVITALIZACIJE, EKOREMEDIACIJE ...)<br>Dane Katalinič, univ. prof. biologije in kemije   | 86  |
| IZOBRAŽEVALNA RAČUNALNIŠKA IGRA O EKOLOGIJI JEZERA KOT ORODJE ZA BODOČE PROJEKTE<br>Tomaž Amon, Center za znanstveno vizualizacijo, Amnim d.o.o.   | 91  |
| EKOREMEDIACIJE V IZOBRAŽEVALNEM PROGRAMU NARAVOVARSTVENI TEHNIK<br>Tatjan Đurasovič, prof. biologije, Biotehniška šola Maribor   | 95  |
| VZGOJA IN IZOBRAŽEVANJE ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ V PROGRAMIH OSNOVNE ŠOLE<br>Neda Kranjec; univ. dipl. biologinja, Osnovna šola dr. Aleš Bebler - Primož Hrvatini  | 100 |
| VIDIKI, MOŽNOSTI IN PRILOŽNOSTI STRUKTURIRANJA VSEBIN PODROČJA VARSTVA NARAVNIH VREDNOT,<br>VARSTVA KULTURNE DEDIŠČINE IN VARSTVA OKOLJA PRI KONCIPIRANJU NOVIH IZOBRAŽEVALNIH MODELOV<br>mag. Primož Hvala Kamenšček, Center za poklicno izobraževanje, Staška Buser, Šolski center Šentjur | 107 |





# EKOREMEDIACIJE KOT PRILOŽNOSTI RAZVOJA

*Prof. dr. Ana Vouk Korže, Mednarodni center za ekoremediacije, Univerza v Mariboru,  
Filozofska fakulteta, prof. dr. Danijel Vrhovšek, Podjetje za aplikativno ekologijo Limnos d.o.o.*

---

## **Izvleček:**

Ekoremediacije (ERM) so prepoznane v svetu in v Sloveniji kot trajnostni pristopi za uporabo naravnih procesov in sistemov in njihovo implementacijo v okolju. Njihova temeljna prednost je večnamenskost. Rezultati evalvacije uporabe ERM tehnologij kažejo na velik potencial le- teh na zavarovanih območjih, na območjih s pitno vodo in na območjih z naravnimi nesrečami.

## **Ključne besede:**

ekoremediacije, ekosistemske tehnologije, izobraževanje, trajnostni razvoj

## **Abstract:**

### *Ecoremediation as possibilities for development*

Ecoremediation (ERM) are currently known in the world and recently also in Slovenia as potential sustainable approach, where natural and sustainable processes and systems for restoration of brownfield environment and protection of natural environment are implemented. The most important advantage of ERM is their multiple use and the possibility of functional and targeted balancing of individual ERM purpose. The results of evaluating the use of ERM technologies have shown exceptional great potential for the use of these ERM technologies on protected areas, water protection areas and for preventive reduction of environmental disasters.

## **Key words:**

ecoremediation, ecosystem technology, education, sustainable development

## 1 Uvod

ERM metode so zato spremljevalne aktivnosti, ki jih je treba izpeljati tam, kjer se načrtuje nova raba prostora zato, da omogočimo delovanje ekosistemov kljub dodatni obremenitvi okolja. Te metode zmanjšujejo, preprečujejo in odpravljajo naravne katastrofe (poplave, suše, plazove) zmanjšujejo vplive netočkovnih virov onesnaženja (kmetijstvo, transport) in točkovnih virov onesnaženja (komunalne, industrijske odplake). Visoko učinkovitost lahko dosežemo z varovanjem življenjskega prostora, posebej vodnih virov. Osnovne funkcije ERM so visoka puferska sposobnost, samočistilna sposobnost, večanje biotske pestrosti in zadrževanje vode. Z ekoremediacijami (fitoremediacijo, puferskimi območji in rastlinskimi čistilnimi napravami (RČN) lahko revitaliziramo degradirana območja (kamnolome, cestne useke), odstranjujemo čezmerne vsebnosti hranil in čistimo odpadne vode.

Dodatna vrednost ERM je, da prinašajo ponovno oživitev že degradiranih območij. Z obnovljenim okoljem se vrača njegova vrednost, saj ga je mogoče uporabiti za razvoj drugih dejavnosti. Z ERM varujemo habitatno pomembna območja pred onesnaženjem in omogočamo sonaravni razvoj.



Slika 1: Ohranjena narava ima v sebi izjemno puferno sposobnost (foto: A. Vouk Korže, 2008)

ERM izkoriščajo naravne procese v naravnih in deloma tudi v umetnih vodnih ekosistemih za zagotavljanje boljšega koriščenja vodnih virov, za odstranjevanje škodljivih učinkov onesnaževanja in za ohranjanje biološke raznovrstnosti. Ekosistemi imajo veliko pufersko sposobnost in lahko z naravnimi procesi zadržijo, predelajo ali nevtralizirajo številne organske in anorganske polutante. ERM pomenijo za občine in lokalne skupnosti možnost regionalnega razvoja.

## 2 Ekoremediacije za razvoj lokalnih skupnosti

Pri pregledu zakonodaje s področja varstva okolja smo ugotovili, da lokalne skupnosti nimajo nobene posebne zahteve, da bi vnaprej pripravile programe varstva okolja, mislimo predvsem na neubrana območja (mestne občine morajo po zakonu pripraviti občinske programe varstva okolja, ki jih potrdijo tudi občinski mestni sveti). Toda tudi na papirju pripravljeni programi mnogokdaj ne zaživijo, ker je način dela v občini drugačen, med resorji ni povezave in varstvo okolja se razume kot »nekaj zraven«. Ta opažanja so nastajala tri leta, tudi z aktivnim sodelovanjem tako z župani slovenskih občin, kakor tudi s pripravo programov varstva okolja. Rezultat teh opažanj je spoznanje, da tako ministrstva (predvsem Ministrstvo za okolje in prostor, Ministrstvo za gospodarski razvoj, Služba vlade za lokalno samoupravo) potrebujejo naše sodelovanje. To potrebujejo tudi lokalne skupnosti, pri čemer mislim predvsem na občine, v prihodnje tudi pokrajine. Dokaz za to so sedaj na novoustanovljeni LASi (lokalne akcijske skupine), ki prosijo za pomoč pri načrtovanju razvojnih projektov. Nekako imam občutek, da smo veliko delali, da pa nismo povezali uporabnikov, niti jim nismo dali napotkov, kako naj naše znanje uporabijo v vsakdanjem življenju. Mnoge občine imajo zelo nizke proračune in brez uspešno pridobljenih evropskih (to so dejansko slovenska) sredstev, ne bodo mogle realizirati potrebnih projektov. Prav to spoznanje mi je bilo velika motivacija, da pripravim načrt, navodila, metodologijo za program varstva okolja za lokalne skupnosti (občine, pokrajine) in to na način, da bo neposredno uporaben v praksi.

Pred leti nazaj so tudi v Sloveniji bile popularne Lokalne Agende 21, nato se je pisalo o Regionalnih Agendah, obe besedi pa sta med občinskimi strukturami skoraj nepoznani.

Agenda 21 je bila sprejeta leta 1992 kot svetovni načrt za uveljavljanje družbeno, gospodarsko in okoljsko trajnostnega razvoja. Porodila se je kot odgovor na spoznanje, da so meje rasti razvoja omejene, da je svetovno ravnotežje mogoče doseči predvsem omejevanjem potrošnje surovin in neobnovljivih energetskih virov in z načrtnim usmerjanjem intelektualnih potencialov v zeleno smer ter da je potrebno začeti s spremenjenim odnosom do narave in okolja takoj. Spoznanje, da je potrebno na lokalnem nivoju povezati lokalno oblast z vsemi sektorji lokalne skupnosti je udejanjeno v teoriji lokalne agendi 21 (LA 21). Prvič je bila omenjena v 28. poglavju Agende 21, dokumenta Združenih narodov, ki so jo z namenom vzpodbujanja trajnostnega razvoja sprejeli leta 1992 svetovni voditelji. Lokalne oblasti po svetu so pozvali, da oblikujejo in uresničujejo lokalne akcijske načrte za trajnostni razvoj. Izjemnost LA 21 izhaja iz spoznanja, da je prevzemanje odgovornosti za globalno okolje povezano z zmanjševanjem lastnega vpliva na okolje in da zahteva sodelovanje vseh sektorjev v lokalni skupnosti. Zakaj se v Sloveniji ni razmahnila priprava LA21? Menimo, da proces priprave lokalnih agend ni ukoreninil pri nas, ker je bilo premalo akcijskih pristopov, ker je preveč ostalo vse deklarativno, ni pa bilo dovolj ukrepov, ki bi to idejo LA21 udejanjili. Tudi samo ime »lokalna agenda« se ni prijelo in ga zato kaže zamenjati s programom trajnostnega razvoja (menimo, da sta besedi program in trajnostni razvoj tako poznani in enoznačni, da bi se lahko ukoreninili v izrazoslovje). Pogosto so se lokalne agende tudi zamenjale za program varstva okolja (tak primer je bil tudi v Mariboru v letih 2001 – 2004). Beseda agenda pomeni »kaj bomo naredili in kdaj«, torej je načrt aktivnosti, akcijski program, ki se nanaša predvsem na lokalno okolje kot udejanjanje sprejete vizije razvoja. Vizije razvoja v lokalnih skupnostih so izhajale iz dnevnih nalog (iz programov dela posameznih služb) in niso odsevale resnične vizije razvoja občine. Evalvacije takih programov so pokazale, da je bila njihova realizacija izključno odvisna od razpoložljivih finančnih sredstev občine.



*Slika 2: Sodelovanje javnosti je ključno pri razvoju lokalne skupnosti (foto: A. Vouk Korže, 2007)*

Ker Slovenija še nima formalno vzpostavljene upravne regionalne ravni, torej nivoja med državo in občino, še nimamo izkušenj s skupnimi medobčinskimi ali regionalnimi programi trajnostnega razvoja, ki bi pomeni privarčevan denar in čas ter reševanje razvojnih problemov, ki jih skoraj nikoli ne moremo omejiti na nivo ene občine.

Z novo regionalizacijo Slovenije, s prenosom mnogih obveznosti na pokrajinski nivo, tako iz nivoja občin kakor tudi države, je Regionalna agenda 21 kot trajnostna študija za pokrajino toliko bolj umestna.

Ob pregledu razvojnih programov statističnih regij, ki so eden najpomembnejših dokumentov za zagotavljanje skladnega regionalnega razvoja v Sloveniji, opazamo, da poudarjajo skrb za okolje, ki da se mora dvigniti na primerljiv nivo evropskih standardov, okrepiti se mora ozaveščanje o pomenu okolja, ekološki pridelavi hrane, trajnostno se naravnati na razvoj vseh sektorjev in koriščenju obnovljive energije. Ključni problemi Podravske, Pomurske in Koroške regije se nanašajo na človeške vire, socialno okolje (zdravstvo, socialno varstvo, kulturo in šport), gospodarstvo, okolje (prostor, infrastrukturo in naravno dediščin), turizem in kulturno dediščino. Kot glavni program za okolje je naveden izboljšanje

kakovosti bivalnega okolja, ki zajema varovanje in izboljšanje kakovosti podzemne vode, ravnanje z odpadki, čiščenje odpadnih voda in izgradnja kanalizacijskega sistema, zbiranje podatkov o stanju okolja ter ozaveščanje prebivalcev o pomenu varovanja okolja, povečanje zavarovanih območij narave ter sonaravno urejanje vodotokov in izboljšanje poplavne varnosti. Podravje bo postalo inovativna in visoko kreativna regija, ko bodo prebivalcem zagotovljena visoka kakovost življenja s sonaravnim bivanjem z okoljem in razvojem lastnih potencialov. Zelo podobne prioritete opazujemo v Občinskih programih varstva okolja (OPVO za Maribor, 2008). Iz pristopov, ki so bili do sedaj uporabljeni tako za izdelavo Programov varstva okolja za regije kot Občinskih programov varstva okolja za občine sklepamo, da so se vsi morali navezovati pri definiranju okoljskih prioritet na človeške vire in njihove zmogljivosti ter na ekonomski potencial območja. Prav zato predlagamo, da se uvede enoten termin in sicer Program trajnostnega razvoja, ki bi nadomestil Program varstva okolja oz. Občinski program varstva okolja in tudi Lokalno agendo ter Regionalno agendo. Slednji se v Sloveniji nista uveljavili niti v terminološkem smislu, sta pa bili zasnovani po notranji zgradi kot programi trajnostnega razvoja. Po pogovorih z župani občin smo ugotovili, da imajo občine interes za skupno načrtovanje sonaravnega razvoja, zato se tudi med seboj povezujejo, saj se jim zdi smiselno tudi sofinancirati projekte, ki potekajo medobčinsko.

Dosežena makroekonomska in socialna stabilnost v zadnjih petnajstih letih je bila rezultat ukrepov ekonomskih politik, za katere sta bili značilni postopnost in previdnost, nujni zaradi tranzicije in vključevanja v EU. Vendar pa je bila cena za ohranjanje te stabilnosti tudi žrtvovanje razvojne in družbene dinamike, kar se kaže v nezadovoljivi ravni dosedanjega razvoja Slovenije na področju konkurenčnosti in spodbujanja podjetniškega razvoja.

**Rezultati preteklega razvoja opozarjajo, da na dosednji način ni mogoče zagotavljati hitrega razvoja države v prihodnosti in da gospodarski**

**razvojni cilj – do leta 2013 preseči povprečno raven gospodarske razvitosti EU – z nadaljevanjem sedanjih trendov razvoja ne bo uresničen.**

Da bo Slovenija lahko dosegla velikopotezne cilje in preboj na višjo razvojno raven, mora izvesti posodobitev oziroma temeljne strukturne reforme. Korak naprej v to smer je definiranje ključnih nacionalnih projektov.

Celostno načrtovanje za upravljanje okolja je nujno potrebno, saj se na ta način:

- sprejemajo dolgoročne in strateške odločitve;
- upoštevajo mnenja različnih javnosti;
- povezujejo različne upravne ravni, s čimer prihaja tudi do vključevanja okoljskih vprašanj v sektorske politike;
- cilje realneje določa;
- odgovornosti za izvajanje ukrepov jasneje opredeli;
- doreče postopke spremljanja;
- izvaja okoljsko zakonodajo učinkovitejše
- omogoči boljše poznavanje in ozaveščenost o okoljskih problemih in razvojnih možnostih ter usmeritvah;
- spodbuja sodelovanje med oddelki;
- lažje pridobivajo finančni viri (strukturni, kohezijski skladi, LIFE+, Intelligent Energy);
- povečajo možnosti za vpeljavo sistemov okoljskega upravljanja EMAS ali ISO 14001;
- omogoča partnerski odnos z MOP (državo);
- poveča ugled pokrajine (občine);
- prispeva k višji kakovosti življenja in večjemu zadovoljstvu občanov.

Najbolj pogosta vsebinska področja trajnostnega razvoja v lokalnih skupnostih so (Raziskava RA21 in trajnostni razvoj, 2008):

- izboljšanje kakovosti voda
- izboljšanje gospodarjenja z odpadki
- povečanje energijske učinkovitosti in rabo obnovljivih virov energije

- zmanjšanje emisij TGP
- izboljšanje kakovosti zunanjega zraka
- izboljšanje urbanega prometa
- preprečevanje in zmanjševanje hrupa
- boljše upravljanje v občinah
- boljša raba zemljišč in prostorsko načrtovanje
- povečanje biotske raznovrstnosti in zelenih površin
- zmanjšanje okoljskega tveganja
- trajnostna raba naravnih virov
- povečanje snovne učinkovitosti proizvodnje in potrošnje

Razlogi za pripravo programov trajnostnega razvoja so v potrebi, da se izdelata dokumenta za načrtovanje trajnostnega razvoja lokalne skupnosti. Program trajnostnega razvoja predstavlja eno izmed izhodišč za pripravo finančnih načrtov in načrtov štiriletnih razvojnih programov. V skladu z programom trajnostnega razvoja bomo tudi njim se morajo dopolniti občinski odlok, občinske strategije na področjih posameznih dejavnosti, ki vplivajo na okolje (npr.: promet, energetika, turizem, itd.) ter operativni programi za posamezna področja.

Koristi, ki jih prinaša program trajnostnega razvoja lokalni skupnosti

Lokalne skupnosti s celovitim načrtovanjem upravljanja z okoljem in naravo hitreje in učinkoviteje zmanjšujejo in preprečujejo obremenjevanje okolja in ustvarjajo pogoje za kakovostno in zdravo življenje. Okoljski problemi so namreč zelo kompleksni in medsebojno prepleteni, zato je potrebno pri načrtovanju upoštevati tako stanje okolja, gonilne sile, pritiske kakor geografske, družbene in gospodarske pogoje občine. Pomembno je, da program trajnostnega razvoja temelji na lokalnih razmerah in razvojnih potrebah.

Celovito načrtovanje za upravljanje z okoljem in naravo je nujno potrebno, saj se na ta način:

- sprejemajo dolgoročne in strateške odločitve;
- upoštevajo mnenja različnih javnosti;
- povezujejo različne upravne ravni, s čimer prihaja tudi do vključevanja okoljskih vprašanj v sektorske politike;
- realno določajo cilji;
- jasno opredelijo odgovornosti za izvajanje ukrepov;
- učinkovito izvaja predpise s področja varstva okolja in ohranjanja narave;
- omogoči boljše poznavanje in ozaveščenost o okoljskih problemih in razvojnih možnostih ter usmeritvah;
- spodbuja sodelovanje med oddelki uprave in javnimi podjetji;
- lažje pridobivajo EU in državni finančni viri;
- povečajo možnosti za vpeljavo sistemov okoljskega upravljanja EMAS ali ISO 14001;
- omogoča partnerski odnos z ministrstvi;
- omogoča partnerski odnos z občinami, s katerimi je povezana v okviru oskrbe s pitno vodo, gospodarjenjem z odpadki, odvajanjem odpadnih voda in drugih področij varstva okolja in ohranjanja narave;
- poveča ugled občine;
- prispeva k višji kakovosti življenja in večjemu zadovoljstvu občanov.

### 3 Zaključki

Program trajnostnega razvoja postavlja programske okvirje za prispevek lokalne skupnosti k uresničevanju splošnih ciljev varstva okolja in ohranjanja narave, ki so zlasti:

- preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja,
- ohranjanje narave in izboljševanje kakovosti okolja,
- trajnostna raba naravnih virov,
- zmanjšanje rabe energije in večja uporaba obnovljivih virov energije,
- trajnostna mobilnost,
- odpravljanje posledic obremenjevanja okolja, izboljšanje porušenega naravnega ravnovesja in ponovno vzpostavljanje njegovih regeneracijskih sposobnosti,
- povečevanje snovne in energetske učinkovitosti proizvodnje in potrošnje,
- opuščanje in nadomeščanje uporabe nevarnih snovi.

## 4 Viri in literatura

Glas občin, 2008. V pripravi za tisk.

Vovk Korže, A. in Smaka Kincl V., 2007: Občinski program varstva okolja za Maribor. Mestna občina Maribor.

RA21 in trajnostni razvoj, 2008. V pripravi za tisk.

Vrhovšek, D., Vovk Korže, A., 2007: Ekoremediacije. Filozofska fakulteta Maribor in Limnos, Maribor in Ljubljana.

Vrhovšek, D., Vovk Korže, A., 2008: Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ekoremediacije. Filozofska fakulteta Maribor in Limnos, Maribor in Ljubljana.

Spletna stran: <http://www.agenda21.de/> (junij, 2008)

# MONITORING STANJA OKOLJA IN EKOREMEDIACIJSKIH SISTEMOV: BIOLOŠKI TESTI STRUPENOSTI IN MOLEKULARNO BIOLOŠKE METODE

*Jaka Razinger, Maja Berden Zrimec, Aleš Lapanje, Barbara Muščet, Manca Kovač in Alexis Zrimec, Inštitut za fizikalno biologijo d.o.o.*

---

## **Izveček:**

Človek s posegi v naravo in prekomernim izkoriščanjem naravnih virov čedalje bolj obremenjuje okolje. Učinkovit sonaraven ukrep za omilitev obremenjevanja okolja so ekoremediacije (ERM). ERM so inovativni sistemi za čiščenje in preprečevanje onesnaženja narave. Osnovani so na podlagi posnemanja samočistilnih sposobnosti naravnih sistemov. Vplive na okolje in učinkovitost ERM sistemov se je v preteklosti ocenjevalo predvsem z meritvami fizikalno-kemijskih parametrov, v prihodnosti pa bo večji poudarek na spremljanju bioloških parametrov. Fizikalno-kemijske analize nam omogočajo spremljanje posameznih snovi ali parametrov, prednost bioloških meritev pa je celostna ocena učinkovitosti čiščenja kompleksnega vzorca in redukcija njegove strupenosti. V članku so na kratko predstavljene prednosti nekaterih široko uporabljenih laboratorijskih testov strupenosti in moderne molekularno biološke metode za analize sprememb združb mikroorganizmov.

## **Ključne besede:**

biomonitoring, ekoremediacija, toksikologija, ERM, molekularno biološke metode, okoljski cilji, PCR, strupenost, TGGE

## **Abstract:**

Ecoremediations (ERM) are an efficient and sustainable solution for mitigation of environmental pollution. ERM are innovative systems based on imitation of natural systems' self-purifying abilities. Early studies of environmental impact and efficiency of ERM systems relied primarily on chemical analyses for identifying specific contaminants. The chemical data alone do not suffice for evaluation of global toxic effects, because it is impossible to analyze all the relevant compounds including their degradation and transformation products, their bioavailability and impact on the environment. Biological systems may retain synergistic or antagonistic effects, which are not easily assessed without biological tests. We present some of the benefits of commonly used laboratory toxicity tests and modern molecular biology methods for monitoring of microbial community changes.

## **Key words:**

biomonitoring, ecoremediation, toxicology, environmental goals, molecular biology methods, ERM, PCR, TGGE, toxicity;

## 1 Uvod

*Dobro ekološko stanje.* Človek s posegi v naravo in neurejenim okoljem krni svoje življenjske vire in možnosti za varen razvoj družbe kot celote v prihodnosti. Zato se v ljudeh vse bolj utrjuje spoznanje, kako pomembno je ohranjanje narave, biotske raznovrstnosti ter pokrajinske pestrosti, varovanje naravnih znamenitosti in vrednot, materialnih in energijskih virov ter zdravega življenjskega okolja (Berden Zrimec in Zrimec, 2005).

Dosedanja okoljska zakonodaja je v pretežni meri temeljila na kvantitativnih meritvah fizikalno-kemijskih parametrov (Uradni list, 2002), nova evropska zakonodaja pa postavlja na prvo mesto pri vrednotenju stanja površinskih voda spremljanje bioloških parametrov (WFD, 2000). Vpeljava bioloških indikatorskih parametrov je zelo pomembna, saj nam omogoča celostni vpogled v stanje okolja, ki ga skušamo ovrednotiti. Prav tako vodna direktiva (WFD, 2000) zahteva doseganje dobrega ekološkega stanja vodotokov v bližnji prihodnosti (ReNPVO, 2005). Zato je izrednega pomena učinkovito čiščenje odpadnih voda in obremenjenega okolja s klasičnimi in ekoremediacijskimi tehnologijami.

*Ekoremediacije in okoljski biomonitoring.* Ekoremediacije (ERM) so inovativni sistemi za čiščenje, zadrževanje in preprečevanje onesnaženja narave, ki so osnovani na uporabi samočistilnih sposobnosti naravnih sistemov (Vrhovšek in Korže, 2007). Pri reševanju problemov onesnaženja je prvi korak postavitve primerne ERM. Sledi spremljanje njene učinkovitosti pri različnih obremenitvah, ki jim je izpostavljena zaradi onesnaženja. Poleg fizikalno-kemijskih analiz, ki omogočajo spremljanje čiščenja posameznih snovi ali parametrov, so za ovrednotenje učinkovitosti čiščenja celotnega kompleksnega vzorca in njegove strupenosti za okolje nujne biološke meritve. Pri tem lahko uporabljamo laboratorijske teste strupenosti vode, zemlje in sedimenta, ekofiziološke meritve organizmov v ERM in moderne molekularno biološke metode. S toksikološkimi analizami spremljamo zmanjšanje strupenosti okoljskega vzorca

za testni organizem, z ekofiziološkimi podatki pa ugotavljamo stanje organizmov, ki jih uporabljamo za remediacijo, njihove zmožnosti in omejitve, ter območje optimalnega delovanja pri zmanjševanju onesnaženja. Z molekularnimi tehnikami lahko analiziramo spremembe mikrobne združbe, ki je posledica onesnaženja (primerjamo z referenčnim območjem, ki je predvidoma neonesnaženo), ugotovimo prisotnost mikroorganizmov, specifičnih za določena onesnaževala, ali preučimo prisotnost rezistenčnih genov. Vsi ti podatki so odlično izhodišče za postavitev čim učinkovitejših ERM sistemov za specifične probleme in onesnaženja.

## 2 Testi strupenosti okoljskih vzorcev

Onesnaženja tal, vode, sedimenta, hrane ter stanje rastlin in živali lahko merimo s fizikalno-kemijskimi analizami ter testi strupenosti (biološkimi ali toksikološkimi testi). Fizikalno-kemijske analize so kvantitativne meritve posameznih parametrov, ki jih primerjamo s predpisanimi mejnimi vrednostmi. Takšne analize same po sebi ne zadostujejo za oceno učinkov onesnaženja na živi svet ker (a) onesnaženja lahko povzročajo snovi, ki v kemijsko analizo niso vključene, (b) niso upoštevani morebitni aditivni in/ali sinergistični učinki, (c) zgolj koncentracija snovi nam ne poda podatka, kolikšna je količina snovi, ki je biološko dostopna in zato dejansko nevarna za živa bitja in ker (d) iz koncentracije snovi ni jasen njen vpliv na živo naravo.

Po drugi strani testi strupenosti kažejo neposreden in celokupen vpliv onesnaženja na žive organizme ali sisteme. Z biotesti dobimo hiter, zanesljiv in celovit odgovor o škodljivem delovanju strupenih snovi, zato biotesti že desetletja pridobivajo na pomenu kot pokazatelji stanja v okolju. Biotesti omogočajo oceno onesnaženosti in spremljanje zgodnjih sprememb v ekosistemu. Vedno več bioloških testov je mednarodno standardiziranih in so del državnih zakonodaj, so pa tudi nujni del vodne direktive (WFD, 2000). Strategija Evropske unije določa, da morajo biti dobri biotesti občutljivi, se odzivati na spremembe v odvisnosti od koncentracije kemikalij, imeti morajo merljiv in



| Organizacijska raven biotesta  | Organizem  | Princip   | Standardizacija |
|--|--|---|-----------------|
| Test z bioluminiscentno bakterijo  | <i>Vibrio fischeri</i>   | Ūpad bioluminiscence pozitivno korelira s toksičnim stresom.                  | ISO 11348       |
| Testi strupenosti z algami (Zrimec in sod., 2005; Berden Zrimec in sod., 2007) | <i>Desmodesmus subspicatus</i> ,<br><i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> | Preiskovana kemikalija ali mešanica kemikalij inhibira rast alg.              | ISO 8692        |
| Testi z višjimi rastlinami (Razinger in sod., 2007a in b)                      | <i>Lemna minor</i>   | Preiskovana kemikalija ali mešanica kemikalij inhibira rast <i>L. minor</i> . | ISO/DIS 20079   |

Tabela 1: Seznam nekaterih pogosto uporabljenih testov strupenosti in princip delovanja.

konkreten odziv, ki ga je mogoče ovrednotiti, hkrati pa morajo biti cenovno ugodni. Ker imajo le redki biotesti vse te lastnosti, strategija predvideva izbiro večjega števila biotestov, ki se med seboj dopolnjujejo in s tem omogočajo kvalitetnejše rezultate. Takšna skupina testov tipično obsega več trofičnih nivojev (bakterije, alge, višje rastline, nevretenčarje in vretenčarje) in bioloških parametrov (npr. encimska aktivnost, genotoksičnost, rast, preživetje). Bioteste je potrebno izbirati predvsem glede na namen uporabe, ker lahko drugače podajajo nasprotujoče si rezultate (Tabela 1).

### 3 Mikroorganizmi v ekoremediacijskih tehnologijah in molekularno biološke tehnike za zaznavanje sprememb v bakterijskih združbah

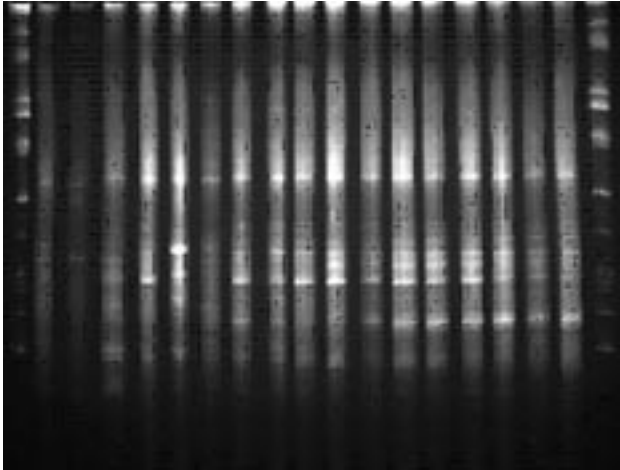
V klasični ekologiji velja, da so na onesnaževanje okolja najbolj občutljive vrste, ki so na vrhu prehranske verige. Izguba velikih zveri je znak, da je okolje prizadeto, saj nižje prehranske ravni ne delujejo optimalno in za velike zveri zmanjkuje hrane ali prostora. V dobi hitrega razvoja biologije in dostopnosti molekularnih tehnik pa postaja proučevanje združbe mikroorganizmov v onesnaženih okoljih boljši in predvsem bolj specifičen pristop k zaznavanju vplivov onesnaževanja na ekosisteme. Mikroorganizmi se namreč prilagajajo onesnaženju že pri izredno nizkih koncentracijah strupov v okolju. Prilagoditev na nove

razmere v okolju omogoča ohranitev aktivnosti združbe in s tem ohranitev vloge v ekosistemu. V takem okolju lahko torej nekatere vrste izginejo, nekatere se na novo naselijo, razvijejo se sistemi za razstrupljanje in odpornost.

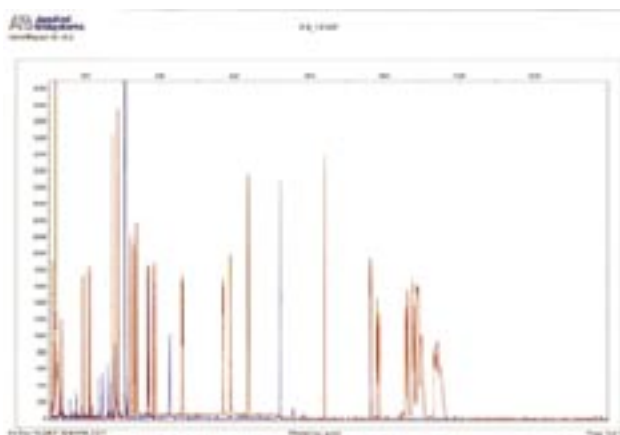
Pogosto so mikroorganizmi sami ali v povezavi z drugimi organizmi ključni del ekoremediacijskega procesa. Sodelujejo pri produkciji in razgradnji organskega materiala, razgradnji organskih onesnaževal in drugih biokemijskih procesih. Klasične mikrobiološke tehnike temeljijo na gojenju mikroorganizmov na ustreznih gojiščih. Zaradi nekulturabilnosti večine mikroorganizmov in dolgotrajnosti analize take metode običajno niso primeren izbor za natančen monitoring in spremljanje ekoremediacijskega procesa. Bolj natančno proučevanje mikrobnih združb pa omogoča razvoj novejših – molekularnih metod na osnovi karakterizacije genetskega materiala, brez predhodnega gojenja celic.

Pogosto uporabljen genetski marker bakterijskih vrst je gen za majhno podenoto ribosomalnega gena (16S rRNK). Je zelo uporaben evulucijski marker in definira naravno klasifikacijo bakterijskih vrst (Brosius in sod., 1981). Danes poznamo že izredno veliko podatkovno bazo nukleotidnih zaporedij. Podatkovne baze na osnovi ribosomalnih genov gliv so sicer nekoliko manj številčne kakor bakterijske, vendar

pa tudi njihovo število nukleotidnih zaporedij raste. Mikrobiologi se ravno zaradi velike informativne narave ribosomalnih genov (Woese in sod., 1983) poslužujejo različnih analitskih metod za ugotavljanje vrstne raznolikosti oz. uvrstitve določenega izolata v sistem (Slika 1). Za analize celotnih združb mikrobov pa je široko uporabljena tudi metoda restrikcijske analize končnih fragmentov (T-RFLP; Slika 2).



*Slika 1: Primer ločevanja bakterij na osnovi 16S rRNK z metodo TTGE (temperaturna gradientna gelska elektroforeza)*



*Slika 2: Primer ločevanja bakterij na osnovi 16S rRNK z metodo T-RFLP (restrikcijska analiza končnih fragmentov)*

Poleg izredno razširjene rabe gena za 16S rRNK, s katerimi lahko pokrijemo celotno bakterijsko združbo v eni analizi, pa lahko za monitoring uporabljamo tudi specifične gene. Analiza na osnovi specifičnih genov, ki pripadajo samo nekaterim mikroorganizmom pa omogoča bolj ciljno detekcijo želenih predstavnikov. Zelo uporabni so geni, ki sodelujejo pri razstrupljanju določene toksične komponente npr. merA, ki sodeluje pri detoksifikaciji Hg, kompleks genov czn za odpornost proti povišanim koncentracijam Zn, Cd, Ni ali določene metabolne poti npr. geni katerih produkti – proteini sodelujejo pri denitrifikaciji, sulfatni respiraciji, železovi in manganovi oksidaciji. V primerih, kadar nas zanima spremljanje specifičnega onesnaženja in vpliv na ekoremediacijo, je tak ciljani pristop pogosto najbolj smislen.

## 4 Zaključki

Iz predstavitve glavnih prednosti bioloških testov in pomankljivosti kemijskih analiz je razvidno, da bi moral vsak obsežni biomonitoring vsebovati nabor bioloških toksikoloških testov. Molekularno - biološke tehnike pa nam predstavljajo natančno in nenadomestljivo orodje pri celostnih analizah okolja in ekoremediacijskih sistemov. Z njimi proučujemo mikrobne združbe, pojav specifičnih (rezistentnih) mikroorganizmov, spremembo mikrobne združbe zaradi obremenjevanja okolja in drugo. Spremembe v mikrobnih združbah zaznamo z molekularnimi metodami hitre primerjave združb, z detekcijo specifičnih genskih prilagoditev in meritvami izražanja odpornosti. Dodatna prednost modernega pristopa je še v biotehnoškem potencialu teh raziskav, saj so rezultati uporabni v procesih biološkega čiščenja, pri meritvah polutantov in pri razvoju detektorjev neznanih strupov.

## 5 Viri in literatura

- Berden Zrimec M., Zrimec A. Stanje površinskih vod občine Grosuplje: končno poročilo. Inštitut za fizikalno biologijo, 2005.
- Berden Zrimec, M., Drinovec, L., Zrimec, A., Tišler, T. Delayed fluorescence in algal growth inhibition tests. Cent. Eur. J. Biol. 2: 169–181, 2007.
- Brosius J., Dull T. J., Sleeter D. D., Noller H. F. Gene organization and primary structure of a ribosomal RNA operon from *Escherichia coli*. J. Mol. Biol. 148: 107-127, 1981.
- ISO 8692. Water quality – Freshwater algal growth inhibition test with unicellular green algae. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2004.
- ISO 11348 (E). Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test), 1st ed., International Organization for Standardization, Switzerland, 1998.
- ISO/DIS 20079. Water quality - Determination of toxic effect of water constituents and waste water to duckweed (*Lemna minor*) - Duckweed growth inhibition test, International Organization for Standardization, Geneva.
- Razinger, J., Dermastia, M., Drinovec, L., Drobne, D., Zrimec, A., Dolenc Koce, J. Antioxidative responses of duckweed (*Lemna minor* L.) to short-term copper exposure. Environ. sci. pollut. res. int. 14: 194-201, 2007a.
- Razinger, J., Drinovec, L., Zrimec, A.. Real-time in vivo visualization of oxidative stress in duckweed (*Lemna minor* L.). Cent. Eur. J. Biol. 2: 351-363, 2007b.
- ReNPVO. Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012. Vlada Republike Slovenije, Ljubljana, 2005.
- Uradni list RS, 2002. Uredba o kemijskem stanju površinskih voda Ur.l. 11/02 (V.57/1).
- Vrhovšek Danijel, Korže Ana Vovk. Ekoremediacije. Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije, Maribor in Limnos d.o.o., Ljubljana, 2007.
- WFD, 2000. Water framework directive. Directive 2000/60/Ec Of The European Parliament And Of The Council.
- Woese C. R., Gutell R., Gupta R., Noller H. F. Detailed analysis of the higher-order structure of 16S-like ribosomal ribonucleic acids. Microbiol. Rev. 47: 621-669, 1983.
- Zrimec, A., Drinovec, L., Berden-Zrimec, M. Influence of chemical and physical factors on long-term delayed fluorescence in *Dunaliella tertiolecta*, Electromagnetic Biology and Medicine 24: 309-318, 2005.

# DEVELOPMENT OF A CHEMICAL FREE WATER TREATMENT SYSTEM FOR FISH FARMING

*Doc. dr. Tjaša Griessler Bulc, dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, Iztok Ameršek, dipl.san.inž., Darja Istenič, univ.dipl.biol., LIMNOS Company for Applied Ecology mag. Nevenka Ferfila, Visoka šola za zdravstvo*

---

## **Abstract:**

Land-based fish farms require a large input of energy in order to sustain cultivated biomass in terms of water demand, oxygen supply, food, etc. A recirculation of water in a closed loop treatment system represents a sustainable method to reduce the environmental impact of aquaculture, especially for small-scale farmers. The experiment run in two fish ponds of which one served as an experimental (CHEM-FREE) (A), and one pond as a reference pond (B). In each pond 34 carps were added. An ultrasound unit was installed in the A pond. From there water was pumped by a bypass and was treated first by the roughing filter followed by fiber-filters and two UV-C devices. Treated water flew back to the A pond. Reference pond had no water treatment. The CHEM-FREE system showed to be efficient for fish-farming: according to Slovenian legal standards for cyprinid surface waters in the CHEM-FREE pond only the average value of nitrite did not meet the standard, while in reference pond TSS, BOD<sub>5</sub>, tot P, nitrite and ammonia were above the limits. Concentrations of nitrite and total phosphorous in CHEM-FREE pond were at first above limit values, but gradually decreased and at the end of experiment reached the limit values according to legislation. We could also assume that CHEM-FREE treatment (especially US device) is suppressing growth of some algal species. The fish biomass increase was bigger in the CHEM-FREE pond compared to reference pond.

## **Key words:**

chemical free, water treatment, fish farming, water saving

## **Izvleček:**

Kopenske ribogojnice porabijo veliko energije, da lahko vzdržujejo veliko biomaso rib, kar se tiče dovajanja sveže vode, oskrbe s kisikom, hrano ipd. Kroženje vode v čistilnem krožnem sistemu predstavlja trajnostno metodo zmanjševanja vpliva ribogojstva na okolje, še posebej pri manjših ribogojnicah. Poskus je potekal v dveh ribogojnih bazenih, kjer je en bazen služil kot poskusni (CHEM-FREE) (A) in drugi kot referenčni bazen (B). V vsak bazen je bilo vloženih 34 krapov. Ultrazvočna enota je bila postavljena v bazen A. Od tam se je voda prečrpavala po krožnem toku in se čistila najprej na peščenem filtru, ki mu je sledil stekleni filter in dve UV-C napravi. Očiščena voda je tekla nazaj v bazen A. Referenčni bazen ni imel čiščenja vode. CHEM-FREE sistem se je izkazal kot učinkovit za ribogojstvo: glede na slovensko zakonodajo za ciprinidne površinske vode v CHEM-FREE bazenu standardi niso bili doseženi le pri povprečni vrednosti nitritov, medtem ko so v referenčnem bazenu mejne vrednosti presegle TSS, BPK<sub>5</sub>, celotni P, nitrit in amonij. Koncentracije nitrita in celotnega fosfata so v CHEM-FREE bazenu sprva presegle mejne vrednosti, vendar so se postopno zmanjševale in na koncu poskusa dosegle zahtevane vrednosti skladno z zakonodajo. Sklepamo lahko tudi da CHEM-FREE čiščenje (posebno ultrazvočna naprava) zmanjšujejo rast določenih vrst alg. Povečanje biomase rib je bilo večje v CHEM-FREE bazenu v primerjavi z referenčnim bazenom.

## **Ključne besede:**

brez kemikalij, čiščenje vode, ribogojstvo, varčevanje vode

## 1 Introduction

Land-based fish farms require a large input of energy in order to sustain cultivated biomass in terms of water demand, oxygen supply, food, antibiotics and energy. The potential environmental impacts of aquaculture, e.g. increase of algal population, the dissolved oxygen depletion at the water-sediment interface, organic enrichment of the sediments, the effect on bacterial density, biomass, community structure and their possible resistance have been reported in the literature (Lalumera et al, 2004, Halling-Sorensen et al, 1998, Chelossi et al, 2003). Development of algae is one of the serious problems, which positively affect the fish during the day by  $O_2$  production, while during the night algae consume oxygen and may even reduce the  $O_2$  level below tolerable limits of 4 mg/L. Another factor is fluctuating pH value due to diurnal cycles of  $CO_2$  release, causing additional stress to fish. The food conversion ratio in recirculation trout farms is high, e.g. about 64% of P and 53% of N supplied by food are lost. A possible solution to reduce the water pollution by nutrients is diversion of recirculating water into closed loop treatment system. Treatment of water in which fish are bred is also important due to limited water sources or water saving. A recirculation of water in a closed loop treatment system represents sustainable methods to reduce the environmental impact of aquaculture, especially for small-scale farmers.

The aim of described study was to develop a chemical-free treatment consisting of four well known water treatment devices: roughing filter, fiber filters, ultrasound and UV-C (Figure 1). The devices are expected to restrain suspended solids as well as dissolved nutrients, to counteract algae growth and care for disinfection. Similar treatment system was tested for four specific applications: swimming pools, reuse of treated wastewater for irrigation of crops, fish farming, and groundwater recharge (Langergraber et al., 2008). The research was carried out in the framework of EU FP6 Project CHEM-FREE. In this contribution the results of the fish farming experiments are presented. The experiments have been carried at

the filed site experiment in Ajdovscina, Slovenia to evaluate the efficiency of CHEM-FREE devices as a water treatment procedure for fish farming. The main objective was to analyze the general treatment performances of CHEM-FREE system and the efficiency of each device to determine the system limits.

The CHEM-FREE project is in accordance with the Water Framework Directive (2000/60/EC) that aims to achieve sustainable water use, sustainable management and protection of freshwater resources.



Figure 1. Experimental field site for chemical free water treatment system for fish farming (Foto: Tjaša G. Bulc)

## 2 Materials and methods

The experiment run in two fish ponds (5 m x 9 m x 0.7 m each) of which one served as an experimental (CHEM-FREE) (A), and one pond as a reference pond (B). In each pond 34 carps (*Cyprinus c. carpio* Linnaeus 1758) were added. An ultrasound (US- LG SONIC TANK) unit was installed in the A pond. From there water was pumped by a bypass and treated first by the roughing filter (RF) (1.5 m x 1.5 m, h=1.1m, 0.5 m gravel 4/8mm, 0.3 m 8/16mm, 6/22mm 1: 1) followed by two batteries of fiber-filters (FF) in 1<sup>st</sup> design period and by one battery of pressure filter in 2<sup>nd</sup> design period, and two UV-C devices (UV) running in parallel. Treated water flowed back to the A pond. The pond A and B had constant aeration. The pond B did not have any treatment. In

the case that water conditions treat fish population, groundwater was added. Groundwater was also added in the pond A occasionally to compensate evaporation losses. pH, electrical conductivity, temperature, oxidation-reduction potential, oxygen content, total phosphorous, TSS, ammonia, BOD, COD, SAC, total hardness, nitrate, nitrite, oxidation  $\text{KMnO}_4$ , orthophosphate, acid capacity, TKN, turbidity, faecal and total coliforms and algae had been monitored before and after each single device. The flow rate was  $4 \text{ m}^3/\text{h}$ , approximately. At the beginning, in the middle and at the end of experiment also fish biomass was measured.

### 3 Results and discussion

In the 1st design (May – November 2007) the median removal efficiency of TSS reached 89%, for BOD 81%, for COD 37%, for  $\text{NO}_2\text{-N}$  56%, for TKN 39%, for TN 16%, for TOC 17%, and for turbidity 73%. According to Slovenian standards presented in Decree on the quality required of surface waters supporting fresh-water fish life (Official Gazette of Slovenia, No 46/2002) concentrations of total phosphorous (limit; total P < 0.4 mg/l) and nitrites (limit; < 0.03 mg/l) were exceeded in the CHEM-FREE pond, while suspended solids,  $\text{BOD}_5$  and ammonia were below the limits. In reference pond besides phosphorous and nitrites also suspended solids,  $\text{BOD}_5$  and ammonia were exceeded.

In the 2nd design (February – May 2008) the median removal efficiency of TSS reached 55%, for  $\text{BOD}_5$  40%, for COD 31%, for  $\text{NO}_2\text{-N}$  -65%, for TKN 24%, for TN -6 % and for tot P -30%. According to Slovenian standards (Official Gazette of Slovenia, No 46/2002) for cyprinid surface waters concentrations none or the monitored parameters exceeded in the CHEM-FREE pond, while in reference pond TSS,  $\text{BOD}_5$ , tot P, and  $\text{NH}_4$  were above the limits. According to legislation  $\text{O}_2$ , pH, and temperature met the standards.

The average concentrations of the parameters defined in the legislation for the whole monitoring period in reference and CHEM-FREE pond are given

in Table 1. It could be seen from the table that CHEM-FREE system was efficient for fish-farming, because in the reference pond the lethal conditions for fish population have been reached, while the CHEM-FREE pond can be additionally loaded with fish. According to Slovenian legal standards for cyprinid surface waters concentrations (Official Gazette of Slovenia, No 46/2002) in the CHEM-FREE pond only the average value of nitrite did not meet the standard (mostly due to exceeded concentrations during the 1st design monitoring), while in reference pond TSS,  $\text{BOD}_5$ , tot P, nitrite and  $\text{NH}_4$  were above the limits (Table I). In the 1st design in CHEM-FREE pond also concentrations of total phosphorous were above the limit values, but gradually decreased and at the end of experiment the average concentration of total phosphorous reached the limit values according to legislation. Slovenian and Italian legislation only refers to fresh water quality for carp species but not to water quality for cultivation of carps. The limit values for fish cultivation are usually higher than the requirements for fresh water (compare different legislations in Table I). We assume that differences between 1st and 2nd design are mostly the consequences of a season and not of a different fibre filter operation.

According to fish biomass measurements fish biomass increase in CHEM-FREE pond was larger compared to reference pond probably due to better water quality in CHEM-FREE pond.

According to algal analysis we can not say that CHEM-FREE treatment could achieve elimination of algae species but we could assume that CHEM-FREE treatment (especially US device) is suppressing growth of some algal species (Figure II). In the outflow of the RF, FF and after UV algae are still present but the amount of algae after the units is neglecting. The US was not efficient for filamentous green algae like *Spirogyra* sp. and *Mougeotia* sp. but we assume that US is suppressing growth of filamentous green algae *Oedogonium* sp. There was also a reduction in abundance of diatom *Nitzschia palea* in the CHEM-FREE pond. In the free water of the CHEM-FREE pond only few algal cells were present probably due to the efficient sedimentation of planktonic algae by US.

Table I: Comparison of average concentrations in reference pond and CHEM-FREE system with legal requirements for the whole monitoring period (May 2007 – May 2008).

| Parameter                               | Reference pond | CHEM-FREE    | Limit value according to legislation |         |           |         |
|---|----------------|--------------|--------------------------------------|---------|-----------|---------|
|   |                |              | Slovene                              | Italian | Austrian* | Dutch** |
| Temperature (°C)                        | 15.15          | 17.25        | /                                    | max 28  | 16-26     | 24-26   |
| Dissolved oxygen (mg O <sub>2</sub> /L) | 8.55           | 8.20         | ≥ 5                                  | ≥ 5     | 5-9       | > 3     |
| pH                                      | 8.5            | 8.0          | 6-9                                  | 6-9     | 6.5-8.5   | 6.5-8.0 |
| Suspended solids (mg/L)                 | <b>184.6</b>   | 14.2         | ≤ 25                                 | 25      | /         | < 25    |
| BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L) | <b>53.8</b>    | 3.7          | ≤ 6                                  | 6       | /         | /       |
| Total P (mg PO <sub>4</sub> /L)         | <b>1.56</b>    | 0.39         | ≤ 0.4                                | 0.14    | /         | /       |
| Nitrate (mg NO <sub>3</sub> /L)         | 1.44           | 2.99         | /                                    | /       | /         | 100     |
| Nitrite (mg NO <sub>2</sub> /L)         | <b>0.828</b>   | <b>0,198</b> | ≤ 0.03                               | 0.03    | 0.06-0.1  | < 0.5   |
| Ammonium (mg NH <sub>4</sub> /L)        | <b>0.44</b>    | 0.11         | ≤ 0.2                                | 0.2     | /         | < 8     |

\*Water quality requirements for carps, \*\*Optimal water quality for catfish cultivation



Figure 2: Field-scale experiments regarding fish farming in Ajdovscina, Slovenia: Fish pond without (left) and with (right) CHEM-FREE treatment.

## 4 Conclusions

In general, field-scale experiment shows promising results for the fish-farm applications. A clear visual effect of the CHEM-FREE treatment system on the water quality in the fish ponds could be observed. At the end of experiment legal requirements for all parameters have been achieved. The results also strengthened the hypothesis that fish breeding with less fresh water intake is possible with the CHEM-FREE system. Additionally, higher fish production could be achieved in the CHEM-FREE pond compared to the reference pond. CHEM-FREE proved to be new innovative way to solve fish farm water treatment.

## 5 References

- Brix, H., 1999. How »green« are aquaculture, constructed wetlands, and conventional wastewater treatment systems? *Water Sci. Technol.* 40, 45-50.
- Chelossi, E., Vezzulli, L., Milano, A., Branzoni, M., Fabiano, M., Riccardi, G., Banat, I.M., 2003. Antibiotic resistance of benthic bacteria in fish-farm and control sediments of the Western Mediterranean. *Aquaculture*, 219, 83-97.
- Decree on the quality required of surface waters supporting fresh-water fish life, *Official Gazette of Slovenia*, No 46/2002.
- Langergraber, G., Hellio, C., Toscano, A., Kretschmer, F., Griessler Bulc, T., Goldschmid, H., Lems, C., van den Bogaert, A., Perfler, R. (2008): Integrating fibre filters, ultrasound and UV-C into a chemical-free water treatment system. In: *Proceedings of the 6th IWA World Water Congress*, 8-12 September 2008, Vienna, Austria.



# THE NEED FOR RIVER RESTORATION AS A ECOREMEDIATION METHOD OF DEGRADED LANDS

*mag. Mirjana Roksandić, dr. Maja Mitić, Faculty of applied ecology Futura, Singidunum University, Belgrade*

---

## **Abstract:**

During his long history, men had explored rivers, changed their natural characteristics, accommodated to their own needs. Rivers were channelised, regulated with dams and weirs, river habitats were fragmented and the riparian zones were diminished and destroyed as a result of urbanization. The modification of river flow caused a lot of negative consequences in environment. For all those reasons a need for river restoration appeared, as the way for restore rivers in their initial condition and keep them as a natural resource. The need for ecoremediation of degraded rivers become bigger, because the rivers are important natural resource and only with the integrated ecomanagement and through systematic approach men can repair the damage, which is in accordance with sustainable development.

## **Keywords:**

river degradation, river restoration, ecoremediation, integral resource management, sustainable development.

## **Izvešček:**

Človeštvo je skozi dolgo zgodovino posegalo v vodotoke in tako s številnimi nepravilnimi posegi vplivalo na naravne karakteristike vodotokov, da bi si prilagodilo vodne ekosisteme sebi v prid. Reke so bile zaradi urbanizacije kanalizirane ter regulirane, obrečna vegetacija odstranjena, s tem pa tudi pomembni habitatni tip obvodnih ekosistemov. Kanaliziranje rečnih strug je tako negativno vplivalo na hidravlični režim in osiromašenje vodnih in obvodnih ekosistemov. Izhajajoč iz teh razlogov je nujno potrebno vodotoke ponovno oživiti ter jim povrniti njihovo osnovno strukturo in funkcije. Revitalizacije vodotokov so ekoremediacije za sanacijo nepravilnih posegov v vodotokih. Osnovni namen revitalizacij je obnovitev določenega ekološkega ravnovesja z ustreznimi vodno-gospodarskimi posegi. Na takšen način pristopamo k celostnemu upravljanju z vodotoki in s tem k zagotavljanju trajnostnega razvoja.

## **Ključne besede:**

degradacija vodotokov, revitalizacija, ekoremediacije, celostno upravljanje z naravnimi viri, trajnostni razvoj

## 1 Introduction

Men had changed river valleys for a long time (for agriculture, transport ...). River valleys have been the main areas of human settlements. To make easier the construction of roads and railways men had corrected (rectified) rivers and with the dams they had fragmented them. Natural and temporal component of rivers were modified, which resulted huge ecological transformation of landscape and ecosystems (Pedroli B. et al. 2002). River ecosystems were changed and degraded. The need for river restoration occurs because of a huge degradation of river's ecosystems, which is in accordance with sustainable development. If men continue to degrade rivers the questions what will be in the future, what will rest for next generation and how many negative consequences will product that degradation will have negative answers.



*Figure 1. Human alteration of river flow*

## 2 River modifications

Channeling rivers for the need of irrigation, drainage and navigation is the most dramatic men influence on the river nature (Rohde M. et al, 2006). Dams and weirs caused dividing river into sections which function separately one from another and the river habitats were separated. The riparian zones were changed in the three ways: alluviums were changed which caused impoverished of river habitats, the river can't be anymore the corridor (passage) for fish and other fauna, the ability for fish migration was diminish, the function of riparian zones as a buffer had been changed.

The continuum of river flow makes rivers the most important factor for connection nature elements inside the landscape. Rivers form the network through landscape and create the ways for dispersion and migration of animals.

There are three types of river modifications appear as a consequence of flow degradation (BIOTEC, 2006): modifications of flow regimes, alluviums, etc; modification of flow physiognomy, rectification and simplification of river flow; modification and perturbation of river habitats in riparian zones and river sleeves, and modification of biological continuum along river.

## 3 River restoration

Rivers have been degraded by human activity, which can be seen from shown examples. In highly developed countries in the last few decades, the process of river restoration has been applied, which means returning river to their initial state with developed riparian dynamics. As the concept of ecoremediation means the use of natural processes for restoration and environmental protection, we can say that restoration is the integral part of ecoremediation processes.

If we observe river as an important natural resource, the process of restoration can be applied as a specific method of integral management of natural resources with sistematic approach. Regardless of the resource with which we deal, each may be managed in two ways: (1) with a narrow-focused, isolated – system approach, or preferably, (2) with a broader concern for integration of interrelated resources. In the first approach, a resource is treated as an independent system. Most factors pertinent to management exist internally; only a few exogenous variables, possibly representing management objectives, affect the system from outside. This type of representation is not so simple – it may in fact be quite complex. An alternative management approach considers two or more resources simultaneously and addresses their cumulative effects and interactions. These considerations result in a management scheme of increased complexity, which implies that in every

management approach there should be paid special attention to mutual interaction between resources (Schmoltd D. and Rauscher M., 1996).

Every country, depending on it's own capabilities, needs and legislative framework realize the process of river restoration. The process mostly depends on the character of the river and on the level of degradation due to anthropogenic influence. The common goals for all restoration projects are (Neinhuis H. & Leuven R.S.E., 2001): **agricultural goals** – fertile soils in flood zones which are not profitable (due to flooding) to be left for natural recultivation, **fisheries** – habitats for fish hatchery can be enriched by restructuring of channales, forming the passages for fishes, etc. Increasing biodiversity thorough processes of restoration and establishment of linkages with swamps and backwaters leads to enlargement of fish communities, **nature development** – renewing of river meandres in formely restructured channales would lead to establishment of habitats of wild fauna and swamp birds. Natural looks of river contributes also to developmet of tourist potentials and **protection against flooding** – spreading of joint ripariant zones leads to holding of water mass and protects downstream parts from floods.

With determination of river restoration targets, we can achieve integral and focused ecomanagement of natural resources that are in interaction, in this case an adequate management of fishery fond, fertile soils and river, observed as an essential resource for water supply needs.

The widening of the space that belongs to water streams and its riparian zones is the most important goal of restoration process. To achieve its natural state, river should have the possibility that during the high water levels floods its riparian zone, creates meanders, and erodes river banks sediment alluvium. The space that is required by these processes is essential and prerequisite condition for establishment of river dynamics.

Some of successfully conducted restoration processes in European countries are: river Skjern in Denmark, Isar in Munich, Vendlan in Switzerland, etc. The main construction works on the Skjern river included digging of 40 km new river basin, removing of old existing dykes and dams. Longitude of the river has been increased form 19 to 26 km. Former landscape with cultivated agricultural fields has gone, and valley has been transformed into river valley with meanders and permanent shallow lakes in the lower part of the valley. One of the goals of Skjern river restoration was to increase the holding of nutrients (nitrates and phosphates), with purpose of decreasing their transport into estuary (table 1).

| Year | Flow rate (x10m <sup>3</sup> /year) | TN (tP/year) | TP (tP/year) | Concentration TN (mgN/l) | Concentration TP (mgP/l) |
|------|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 2001 | 1370                                | 4800         | 157          | 3.5                      | 0.115                    |
| 2002 | 1130                                | 3540         | 89           | 3.3                      | 0.079                    |
| 2003 | 870                                 | 2640         | 64           | 3.0                      | 0.074                    |

Table 1. Year nutritient production, TN – total nitrates, TP – total phosphates  
Sources: Pedersen, M. L. et al., 2007.

| Year | Salmon | brown trout |
|------|--------|-------------|
| 2000 | 5800   | 7100        |
| 2002 | 26200  | 8500        |

Table 2. Increase in ihtiofauna after the restoration process of Skjern river Sources: Pedersen, M. L. eta al., 2007.

## 4 Conclusions

Due to anthropogenic impacts on rivers there have been generated negative environmental changes. The rivers have been channeled, captured in stone and concrete blocks which have caused interruption in communication between rivers and their environment. The dams have stopped the sedimentation process and fish and other river fauna migration. Rivers as a natural resource are more and more exploited. Therefore, there is a need for their ecoremediation – restoration of rivers and their returning in former natural state with renewed riparian dynamics. Only ecologically clean and healthy rivers can be precious natural resource and in accordance with sustainable development.

## 5 References

- BIOTEC (2006): Retour d'expérience d'opérations de restauration de cours d'eau et de leurs annexs, menées sur le bassin RMC, Rapport.
- Nienhuis P.H. & Leuven R.S.E.W. (2001). River restoration and flood protection: controversy or synergism?. *Hydrobiologia* 444, 85-91.
- Pedersen, M.L., Andersen J.M., Neilsen K. & Linnemann M. (2007). Restoration of Skjern river and its vally: Project description and general ecological changes in the project area. *Ecological Engineering* 30, 131-144.
- Pedroli B., de Blust G., van Looy K. & van Rooij S. (2002). Settings targets in strategies for river restoration. *Landscape ecology* 17, 5-18.
- Rohde S., Hostman M., Peter A. & Ewald K.C. (2006). Room for rivers: An integrative search strategy for floodplain restoration. *Landscape and urban planning* 78, 50-70.
- Schmoldt D. & Rauscher M. (1996). *Building Knowledge-Based Systems for Natural Resource Management*. Chapman and Hall, New York.

# UPORABNOST SWAT MODELA ZA MODELIRANJE EKOREMEDIACIJ

*Matjaž Glavan, M.Sc, univ.dipl.inž.agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija*  
*Sue White, Ph.D., Cranfield University, School of Applied Sciences, United Kingdom*  
*Marina Pintar, dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija*

---

## **Izvleček:**

Vodna direktiva (2000/60/ES) zahteva nove ekološke standarde za reke, jezera, podzemne vode in priobalne vode do leta 2015. Če pogledamo na ekoremediacije v širšem pomenu besede, lahko v okviru slovenskega kmetijsko-okoljskega programa in novega kmetijsko-okoljskega programa (PRP RS 2007-2014) ter navzkrižne skladnosti v okviru neposrednih plačil zasledimo vrsto preventivnih ukrepov in zahtev (sonaravno kmetijstvo), ki imajo zelo podoben učinek kot klasične ekoremediacije, saj varujejo okolje in blažijo ter zmanjšujejo negativne strani človeške dejavnosti. Kot učinkovito orodje za ugotavljanje ekološke primernosti kmetijsko-okoljskih ukrepov se priporoča uporaba modernih orodij za hidrološko in kmetijsko-okoljsko računalniško modeliranje kot je SWAT. Ekoremediacije lahko enostavno identificiramo in z monitoringom ocenimo njihov prispevek k okolju, kar vodi v manj neznank pri modeliranju kakovosti voda v porečjih. Skozi tri scenarije spremembe kmetijskih praks in rabe kmetijskega prostora so raziskovali učinke na netočkovne vire hranil (nitrat, ortofosfor) in sedimentov z namenom izboljšanja kakovosti vode v porečju reke Axe. Novi scenariji so v primerjavi z osnovnim pokazali znatno znižanje povprečnih letnih količin opazovanih hranil in sedimentov na iztoku reke v morje. Izboljšanje kakovosti vode v reki Axe je možno le ob sočasnem nadzoru obeh virov onesnaženja (točkovnih in netočkovnih), saj rezultati na ocenah modela kažejo, da znižanje le iz enega vira ne vodi k ciljnim vrednostim Environmental Quality Standards, ki jih je postavila angleška okoljska agencija (EA), da bi zadostili zahtevam okvirne vodne direktive Evropske Unije.

## **Abstract:**

The Water Framework Directive (2000/60/EC) requires new ecological standards for rivers, lakes, groundwaters and coastal waters by 2015. If we look on ecoremediations from wider aspect of the Slovenian agri-environmental program and new agri-environmental program (PRP RS 2007-2014) and cross-compliance for subsidy payments, we can track numerous preventive measures and demands (close to nature agriculture), which have similar effect as classical ecoremediations, as they protect environment, alleviate and reduce negative side of human activities. SWAT as modern tool for hydrological agri-environmental computer modelling is recommended as powerful tool for assessment of ecological adequacy of agri-environmental measures. Ecoremediations can be easily identified and their contribution to the environment assessed with monitoring, which leads to the less unknown elements during catchment water quality modelling. Through changes in land use and land management scenarios they investigate impacts on the behaviour of diffuse source nutrients (nitrate, phosphorus) and sediments, all with the purpose of delivering water quality improvements in the River Axe catchment. In comparison to the base scenario the new scenarios considerable reduced the average annual loads of observed nutrients and sediments at the main catchment outlet. To deliver the necessary water quality improvements for the river Axe both diffuse and point sources of pollution will have to be addressed as results show that reduction only in one type of source does not achieve the Environment Agency's Environmental Quality Standards target values which were set to meet the objectives of the European Union Water Framework Directive.

## **Ključne besede:**

SWAT, ekoremediacija, okvirna vodna direktiva, kmetijstvo

## **Key words:**

SWAT, ekoremediation, water framework directive, agriculture

---

## **1 Uvod**

Vodna direktiva (2000/60/ES) zahteva nove ekološke standarde za reke, jezera, podzemne vode in priobalne vode do leta 2015 (EU, 2000). To pomeni, da morajo države članice EU poiskati rešitve za znižanje ali ohranitev obstoječih koncentracij nitrata, fosforja, sedimenta, itd. Pričakovati je, da bo to doseženo skozi netočkovne vire, ki jih je najlažje nadzirati skozi kmetijsko-okoljske ukrepe, saj so v številnih primerih večjih točkovnih virov skrajne meje sposobnosti očiščenja odpadne vode že dosežene. Kot učinkovito orodje za ugotavljanje ekološke primernosti kmetijsko-okoljskih ukrepov v okviru neposrednih plačil se priporoča uporaba modernih orodij kot je hidrološko kmetijsko-okoljsko računalniško modeliranje. Ta način se je v EU in ZDA v zadnjih 20 letih, že zelo razširil, saj na bazi preteklih razpoložljivih podatkov omogoča, glede na zahtevnost modela, učinkovito oceno spremembe stanja v okolju po uvedbi ukrepov. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) je večkrat preverjeno orodje za oceno problemov netočkovnega in točkovnega onesnaževanja površinskih vodotokov za širok spekter okoljskih razmer po celem svetu (Arnold in sod., 1998; Arnold in Fohrer, 2005). Orodje ima tudi pomanjkljivosti, kot je nezmožnost simuliranja pasov le neposredno ob vodotokih. Nam pa model omogoča vnos zastrtosti reke, degradacijo rečnih bregov in uporabo zatavljenih varovalnih pasov različnih širin vzdolž kmetijskih parcel (Glavan, 2007). Ekoremediacije (ERM), v strogem pomenu besede (rastlinske čistilne naprave), v Sloveniji, še niso del kmetijsko-okoljskih ukrepov. Če pogledamo na ERM v širšem pomenu besede lahko v okviru SKOP in KOP ukrepov (Program razvoja podeželja Republike Slovenije – PRP RS 2007-2014) ter zahtev navzkrižne skladnosti v okviru neposrednih plačil, zasledimo vrsto ukrepov in zahtev, ki imajo, predvsem iz vidika preventive (sonaravno kmetijstvo),

zelo podoben učinek kot klasični ERM, saj varujejo okolje in blažijo ter zmanjšujejo negativne učinke človeške dejavnosti. Med najbolj znanimi so (Limnos, 2003): odpravljanje zaraščanja, zmanjšanje erozije v sadjarstvu in vinogradništvu, ohranjanje kolobarja, ozelenitev, integrirano in ekološko kmetovanje, prepoved nanašanja tekočih organskih gnojil med 15. novembrom in 15. februarjem, na zemljišča brez aktivnega zelenega pokrova; obvezno izdelani gnojilni načrti; obvezen triletni kolobar.

Namen tega prispevka je na konkretnem primeru, treh scenarijev spremembe kmetijskih praks in rabe kmetijskega prostora v porečju reke Axe (Združeno Kraljestvo), raziskati učinke na netočkovne vire onesnaženja (nitrat, ortofosfor, sediment) z namenom izboljšanja kvalitete vode v porečju. S tem smo hoteli ponazoriti uporabnost SWAT modela kot orodja za oceno učinkovitosti kmetijsko-okoljskih ukrepov kot ekoremediacij na kvaliteto površinskih voda. Ter opozoriti na vlogo ERM, saj pripomorejo k boljšemu razumevanju procesov v porečju.

## **2 Materiali in metode**

Porečje reke Axe leži ob obali, v jugo-zahodnem delu Združenega Kraljestva, in se razprostira preko območja velikega 400 km<sup>2</sup> na nadmorski višini od 0 do 316 m. Kljub trem večjim mestom s skupno preko 24.000 prebivalcev, je za povodje značilna tudi razpršena gradnja v manjših vaseh. Topografijo zaznamujejo zelo strma pobočja, ki razdvajajo posamezne pritoke. Dolina reke Axe je relativno široko odprta s ploskim dnom, po katerem meandrira reka, ki se konča z rečnim ustjem. Kmetijske površine predstavljajo 94% vse površine porečja, od tega je 73% travnikov in pašnikov, 21% njiv; gozda je le za 4% vse površine. Za povodje je značilna mlečna proizvodnja, saj je po kmetijski statistiki na območju skoraj 19.000

krav mlekaric. V povodju je tudi okoli 50.000 ovc, ki pasejo pašnike na strmih površinah. Izvori onesnaženja so zelo razpršeni z okoli 400 točkami komunalnih iztokov, od katerih jih 38 predstavlja kar 94% vsega dnevnega iztoka. Iz tega lahko sklepamo, da sta oba vira onesnaženja zastopana dokaj enakomerno. Povprečna letna vsebnost suspendiranih sedimentov je bila v letu 2002 57,7 mg/l, kar je več kot določa standard za kakovost okolja (EQS) 30 mg/l, ki ga določa angleška okoljska agencija (Environmental Agency – EA). Povprečna letna vsebnost nitrata dušika se, odvisno od leta, giblje med 4 in 5 mg/l, kar izpolnjuje EQS in po trditvah EA ne predstavlja resnega problema. Povprečna vsebnost ortofosforja za obdobje 2003 do 2005 je bila 0,23 mg/l, kar presega EQS 0,06 mg/l in predstavlja po trditvah poročila EA resno grožnjo za rečni ekosistem (Ash in sod., 2005). V istem poročilu so na podlagi monitoringa ugotovili, da je delež fosforja iz netočkovnih virov približno 53%, vse ostalo v večji meri odpade na tri večje mlekarske obrate v porečju.

Z novimi scenariji nismo želeli modelirati drastičnih sprememb v kmetijski rabi in praksah, ker bi nam te gotovo prinesle opazne spremembe, pač pa smo raje oblikovali bolj verjetne scenarije, ki bi kmetijstvu dovoljevali delovanje na stopnji, ko ohranjamo podobo pokrajine v trenutnem stanju. Prvi scenarij (FBS) je zajemal le umestitev zatravljenih varovalnih pasov v širini štirih metrov okoli vseh kmetijskih parcel. Ta ukrep smo uporabili tudi v nadaljnjih dveh scenarijih. Drugi scenarij (ELUM) je bil oblikovan kot ekstenzivna raba kmetijskih zemljišč, kjer bi kmetje intenzivno pridelavo silažne koruze v kolobarju nadomestili z rdečo in črno deteljo ali drugimi metuljnicami, s čimer bi znižali uporabo mineralnih gnojil. Prav tako smo znižali intenzivnost pridelave travne silaže. Tretji scenarij (SLUM), ki je tudi najbolj drastičen, je zajemal nadomestitev govedoreje s popolno ovčjerejo, s čimer so se ustrezno spremenili kolobarji in intenzivnost obdelovanja travnikov.

### 3 Rezultati in diskusije

Ocena sposobnosti SWAT za primerno uporabo okoljskih ukrepov in njihovo učinkovitost smo izvedli z 20-letno simulacijo, z dvoletno ogrevalno dobo. Tako smo za primerjavo uporabili podatke 18 let (1988-2005). Izkazalo se je, da imajo spreminjajoči vremenski pogoji in razlike v kolobarjih in pašnih redih precejšen vpliv na časovno variabilnost, medtem, ko imajo različna tla, nagib in raba zemljišč velik vpliv na prostorsko variabilnost. Scenariji so pokazali znižanje povprečnih letnih količin na iztoku reke v morje pri celotnem dušiku za 21% (FBS), 37% (ELUM) in 45% (SLUM); pri celotnem fosforju za 48% (FBS), 61% (ELUM) in 62% (SLUM); pri sedimentu za 3,5% (FBS), 7% (ELUM), 6% (SLUM). V nadaljevanju so rezultati pokazali, da kljub kar nekaterim občutnim spremembam v načinu kmetovanja in opaznem znižanju količin celotnega dušika, celotnega fosforja in sedimenta, ne uspemo doseči EQS ciljev za ortofosfor in sediment na merilni postaji Whitford ter ortofosforja na iztoku reke (Tabela 1).

Tabela 1: Primerjava osnovnega in scenarijev rabe kmetijskih zemljišč glede na njihovo povprečno letno vsebnost (mg l<sup>-1</sup>) sedimenta, nitratnega dušika in ortofosfor za raziskovalno obdobje v primerjavi s Environment Quality Standard (EQS) ciljnimi vrednostmi.

|                                 | EQS cilj<br>(Razred) | Scenariji |          |          |          |                            |
|---------------------------------|----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------------------------|
|                                 |                      | Base      | FBS      | ELUM     | SLUM     | Brez<br>točkovnih<br>virov |
| <b>Merilna postaja Whitford</b> |                      |           |          |          |          |                            |
| Sediment (mg/l)                 | 25                   | 46.78     | 39.66    | 33.08    | 30.87    | 46.18                      |
| Ortofosfor (mg/l)               | 0.06 (2)             | 0.11 (4)  | 0.09 (3) | 0.09 (3) | 0.10 (3) | 0.06 (2)                   |
| Nitratni dušik (mg/l)           | 6.8 (4)              | 4.5 (4)   | 4.1 (3)  | 4.3 (3)  | 3.4 (3)  | 4.1 (3)                    |
| <b>Glavni iztok reke</b>        |                      |           |          |          |          |                            |
| Sediment (mg/l)                 | 25                   | 22.32     | 20.67    | 19.02    | 18.69    | 21.55                      |
| Ortofosfor(mg/l)                | 0.06 (2)             | 0.11 (3)  | 0.08 (3) | 0.08 (3) | 0.08 (3) | 0.06 (2)                   |
| Nitratni dušik (mg/l)           | 6.8 (4)              | 5.1 (4)   | 4.7 (4)  | 3.8 (3)  | 3.3 (3)  | 4.9 (4)                    |

Legenda: (1 najboljši – 6 najslabši) razred kakovosti rek

Kmetijsko-okoljski ukrepi uporabljeni v vseh treh scenarijih so se izkazali za učinkovite pri znižanju onesnažil iz netočkovnih virov. Še posebno učinkoviti so se izkazali pri znižanju onesnažil v površinskem odtoku, kar pa ni imelo podobnega učinka na znižanje v količini le-teh v reki. To je povečini povezano z drugimi netočkovnimi (prenos z lateralnim tokom in perkolacija v podzemno voda) in točkovnimi viri (čistilne naprave) onesnaženja. Z raziskavo smo ugotovili, da je, v osnovnem scenariju, kmetijstvo glavni onesnaževalec s hranili, saj točkovni viri prispevajo samo 8% celotnega dušika in 11% celotnega fosforja, predvsem na račun organsko vezanega. Če pa upoštevamo samo ortofosfor, točkovni viri prispevajo 44%. Rezultati simulacije brez točkovnih virov kažejo, da bi z njihovo odstranitvijo, ki sicer ni mogoča zaradi objektivnih razlogov, lahko dosegli EQS cilj. Kljub temu, da dosežemo občutno znižanje vsebnosti nam rezultati kažejo, da v letnem povprečju raziskovalne dobe koncentracije še vedno presegajo ciljne vrednosti in razrede, ki jih je postavila agencija za okolje. To kaže na dejstvo, da bo težko doseči ciljne vrednosti za reko kot celoto in da bo potrebno cilje postavljati postopno, odsek za odsekom. Rezultati so namreč pokazali, da je z umestitvijo različnih ukrepov tudi ERM v določenih delih porečje prišlo, do

drastičnih znižanj erozije in izpiranja hranil. Uporabljeni scenariji so bili zasnovani tako, da bi se čimmanj spreminjala podoba pokrajine zaradi svoje turistične in ekološke (posebni habitati) vrednosti, zato nismo uvedli pogoždovanja, ki bi lahko rešilo marsikateri okoljski problem povodja in pripomoglo k znižanju vsebnosti hranil. A bi s tem znižali ekološko vrednost, kvaliteto življenja in ekonomsko vrednost v razmerju do turističnega razvoja na območju.

#### 4 Sklepi

Vodna direktiva (2000/60/ES) zahteva nove ekološke standarde za reke, jezera, podzemne vode in priobalne vode do leta 2015 (EU, 2000). ERM so v širšem pomenu besede že del ukrepov SKOP in KOP (PRP RS 2007-2014) ter zahtev navzkrižne skladnosti v okviru neposrednih plačil, saj lahko zasledimo vrsto ukrepov in zahtev (sonaravno kmetijstvo), ki imajo, predvsem iz vidika preventive, zelo podoben učinek kot klasični ERM.

Pri kmetijsko-okoljskih simulacijskih modelih se pogosto soočamo z neevidentiranimi točkovnimi izpusti, ki lahko povzročajo nemalo preglavic pri kalibriranju in validaciji modela. Najbolj zanimiv



klasičen ERM je postavitve rastlinskih čistilnih naprav na iztoku osuševalnih sistemov, ureditev kanalizacij za vasi in kmetije, vzpostavitev mokrišč ter vzpostavitev varovalnih puferskih območij vzdolž vodotokov (vegetacijski pas). Ti ukrepi znižajo verjetnost napačnih ocen in razlag končnih rezultatov, saj preko njih združimo vire onesnaževanja iz širšega območja v eni točki. Tako zbrane vode pred izpustom v potoke ali reke očistimo ter z izvedbo monitoringa ocenimo njihov prispevek k okolju, kar vodi v manj neznank pri računalniškem modeliranju kakovosti voda v porečjih.

Razlaga rezultatov modela SWAT je bila izvedena s vedenjem o pomanjkljivostih, ki izvirajo iz pedološke karte, karte rabe zemljišč, njune kombinacije in načina obdelovanja ter njihove prostorske prerazporeditve. Kljub temu, da dosežemo občutno znižanje vsebnosti pa nam rezultati kažejo, da v dolgoletnem letnem povprečju koncentracije še vedno presegajo ciljne vrednosti in razrede, ki jih je postavila agencija za okolje. To kaže na dejstvo, da bo težko doseči ciljne vrednosti za reko kot celoto in da bo potrebno cilje postavljati postopno, odsek za odsekom.

Izboljšanje kakovosti vode v reki Axe je možno le ob sočasnem nadzoru obeh virov (točkovnih in netočkovnih) onesnaženja, saj rezultati na ocenah modela kažejo, da znižanje le iz enega vira ne vodi k ciljnim vrednostim EQS, ki jih je postavila angleška okoljska agencija, da bi zadostili zahtevam okvirne vodne direktive EU.

## 5 Viri in literatura

Arnold, J.G., Fohrer, N. (2005) SWAT2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modelling. *Hydrological Processes*, 19, 563-572

Arnold, J.G., Srinivasan, R.S., Muttiah, R.S., Williams, J.R. (1998) Large area hydrological modelling and assessment Part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34 (1), 73-89

Ash, T., Murdoch, N., Pope, L. (2005) Analysis & modelling of phosphorous in the Axe catchment. Environment Agency, 46 str.

EU (2000) The EU Water Framework Directive (2000/60/EC) (17. januar 2007) [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html)

Glavan, M. (2007) Investigation of the impacts of land use management scenarios on diffuse source nutrients in the river Axe catchment. M.Sc. thesis. Cranfield University, 205 str., <http://hdl.handle.net/1826/2237>

Limnos (2003) Ekoremediacija reke Dragonje – končno poročilo. Limnos, 37 str.

# RAZISKAVA BENTOŠKIH ALG V RASTLINSKI ČISTILNI NAPRAVI (RČN) DOBRAVA PRI ORMOŽU

*dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, mag. biol., Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana*

---

## **Izvleček:**

V različnih letnih časih v letu 2005 smo vzorčevali bentoške alge v rastlinski čistilni napravi (RČN) Dobrava pri Ormožu. Namen raziskave je bil ugotoviti kvalitativno vrstno sestavo algnih združb in relativno pogostost pojavljanja posameznih taksonov alg. V letu 2005 smo merili tudi nekatere fizikalne in kemijske dejavnike. Skupaj smo ugotovili 14 taksonov iz treh razredov alg. Po številu identificiranih taksonov so prevladovale kremenaste alge, sledile so cianobakterije in Euglenophyceae. Številčno najbolj zastopan je bil rod *Navicula* s petimi taksoni. Masovno so se pojavljali taksoni *Phormidium formosum*, *Euglena viridis* in *Nitzschia umbonata*.

## **Ključne besede:**

bentoške alge, rastlinska čistilna naprava, RČN

## **Abstract:**

Samples were taken seasonally in the year 2005 in the constructed wetland (CW) Dobrava near Ormož. The purpose of the investigation was to establish qualitative species structure of benthic algae composition and relative abundance of the single algal taxa. In the year 2005 some physical and chemical parameters were also measured. Altogether 14 taxa (of three classes) were determined. Most of them belonged to Bacillariophyceae, followed by Cyanophyceae and Euglenophyceae. The most taxa belonged to the *Navicula* genera (5). Species *Phormidium formosum*, *Euglena viridis* and *Nitzschia umbonata* were the most abundant.

## **Key words:**

benthic algae, constructed wetland, CW

## 1 Uvod

Odlagališče komunalnih odpadkov Dobrava se nahaja pri Ormožu v Slovenskih Goricah. Na odlagališču so se pred sanacijo leta 1998 odlagale vse vrste odpadkov. Sistem, ki je v uporabi za čiščenje izcedne vode iz odlagališča je rastlinska čistilna naprava (RČN) s podpovršinskim tokom vode, ki je sestavljena iz gred z izoliranim dnom, napolnjenih s poroznim substratom, kot je mešanica kamnitega, peščenega in prodnatega substrata, ki so zasajene z emergentnimi makrofiti (*Phragmites australis*) (Zupančič Justin, 2006). RČN Dobrava ima površino 1000 m<sup>2</sup>. Sestavlja jo šest gred s podpovršinskim horizontalnim in izmeničnim vertikalnim tokom vode. Izcedna voda priteka iz dna odlagališča v kompenzacijski bazen, kjer se zadržijo grobi mehanski delci. Voda nato odteka v filtrirno gredo, kjer se odstranijo še počasneje usedajoči se delci. Iz filtrirne grede voda nato odteka v prvi dve vertikalni gredi in nato v naslednji dve vzporedni vertikalni gredi RČN. Zadnji del čiščenja poteka v polirni gredi, od koder se voda izteka v zbirni bazen in se preko namakalnega sistema vrača na deponijo (Zupančič Justin, 2006).

Namen raziskave je bil ugotoviti vrstno sestavo in relativno pogostost pojavljanja bentoških alg v RČN Dobrava in rezultate primerjati s predhodnimi raziskavami alg v rastlinskih čistilnih napravah v Sloveniji.



Slika 1: Rastlinska čistilna naprava Dobrava pri Ormožu (foto: Maja Zupančič Justin, 2005).

## 2 Materiali in metode

Vzorke alg smo nabirali v različnih letnih časih v letu 2005. Skupno smo nabrali tri vzorce. Alge smo vzorčili semikvantitativno, kar pomeni da so na vzorčnem mestu vzorci izbrani slučajno in vsebujejo alge iz različnih naselitvenih površin. Vzorce smo pregledali žive in jih šele nato fiksirali s 35 % formaldehidom v razmerju ena proti devet, tako da je bila končna koncentracija formaldehida v vzorcih približno 4 %. V vzorcih iz rastlinskih čistilnih naprav so pogosti flagelati, ki se pri fiksaciji vzorca s formaldehidom denaturirajo in spremenijo do nerazpoznavnosti (Wołowski in Hindák, 2005).

V laboratoriju smo vzorce alg pregledali pod svetlobnim mikroskopom Nikon Eclipse E400 in Nikon Eclipse TE300, opremljen z digitalno kamero Nikon Digital Camera DXM 1200, Japonska, ter programsko opremo za analizo slike Lucia 4.6, Laboratory Imaging s.r.o., Češka. Da smo lahko določili kremenaste alge do nivoja vrste smo morali vzorce predhodno primerno obdelati s koncentrirano HNO<sub>3</sub> (Schaumburg in sod., 2004). Iz očiščenih vzorcev smo pripravili trajne preparate z Naphrax-om (Schaumburg in sod., 2004). Trajne preparate kremenastih alg smo pregledali pod 1000 × in 1200 × povečavo s pomočjo faznega kontrasta. Ostale skupine alg smo pregledali pod 600 ×, 1000 × in 1200 × povečavo, po potrebi smo uporabili fazni kontrast. Posamezne celice alg smo fotografirali, tako smo jih lahko identificirali tudi s pomočjo slike na ekranu (na ta način vidimo celice močno povečane) in ni bila potrebna takojšnja identifikacija pod mikroskopom. Pri pregledu vzorcev smo ocenili pogostost posameznih taksonov alg na način, kot ga je opisala Grbovič (1994) (Preglednica 1). Pri določanju alg smo uporabili sledeče določevalne ključe: Krammer in Lange Bertalot (1997-2004), Komárek in Anagnostidis (2005), Wołowski in Hindák (2005).

Istočasno z odvzemom vzorcev smo merili tudi osnovne fizikalne in kemijske dejavnike, ki vplivajo na pojavljane in strukturo združbe alg. Merili smo temperaturo, nasičenost vode s kisikom, količino kisika v vodi, elektroprevodnost, slanost in pH (APHA, 1992).

Preglednica 1: Lestvica za ocenjevanje pogostosti posameznih taksonov alg (Grbovič, 1994).

| ocena pogostosti     | takson prisoten v % vidnih polj |
|----------------------|---------------------------------|
| 1-posamezno (redko)  | 1-15                            |
| 3-srednje pogosto    | > 15-60                         |
| 5-pogosto (množično) | >60-100                         |

### 3 Rezultati

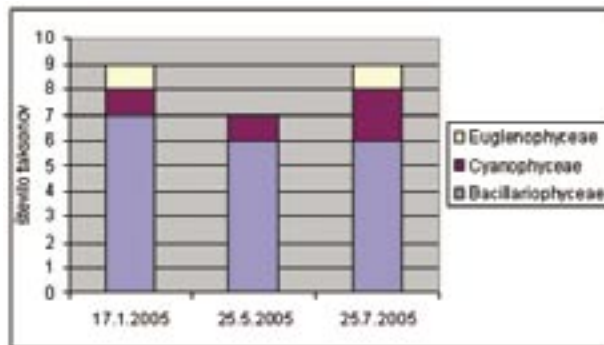
#### Fizikalni in kemijski dejavniki

Vrednosti pH so bile v času meritev bazične (8,0-8,1). Najvišjo temperaturo vode (25,0 °C) smo izmerili meseca julija, najnižjo (16,0 °C) pa meseca januarja. Elektroprevodnost se je gibala med 7100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (januar) in 10900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (julij). Tudi slanost je bila meseca januarja najnižja (3,9 ‰) in meseca julija najvišja (5,7 ‰). Visoke vrednosti električne prevodnosti in slanosti so posledica močne onesnaženosti izcedne vode na dotoku (Zupančič Justin, 2006). Količina kisika v vodi je bila najnižja (0,13 mg/L) meseca maja, takrat je bila tudi nasičenost vode s kisikom najnižja (1,2 %). Meseca januarja je bila količina kisika v vodi najvišja (2,94 mg/L), takrat je bila tudi nasičenost vode s kisikom najvišja (28,0 %). V toplem obdobju leta, ko so temperature vode visoke poteka intenzivna razgradnja organskega materiala, kar vpliva na znižanje količine kisika vodi.

#### Biološki dejavniki

Skupno smo ugotovili 14 taksonov iz treh razredov alg (Preglednica 2). Po številu identificiranih taksonov so z 11 (79%) taksoni prevladovala kremenaste alge, sledile so cianobakterije z dvema (14%) in Euglenophyceae z enim (7%) taksonom. Številčno najbolj zastopan je bil rod *Navicula* s petimi taksoni. Masovno so se pojavljali taksoni *Phormidium formosum* (25.5.2005), *Euglena viridis* in *Nitzschia umbonata* (17.1.2005). Ostali taksoni so bili prisotni le posamično (relativna abundanca = 1).

Sestava alg po razredih je prikazana na Sliki 2. V vzorcih nabranih meseca januarja in julija smo določili devet taksonov alg, v vzorcu nabranem meseca maja pa sedem. V vseh treh vzorcih so po številu določenih taksonov prevladovala kremenaste alge z več kot 66 % vseh določenih taksonov alg. Kremenastim algam so po številu določenih taksonov sledile cianobakterije. V vzorcu nabranem meseca maja nismo opazili predstavnic razreda Euglenophyceae.



Slika 2: Sestava alg po razredih na vzorčnem mestu RČN Dobrava pri Ormožu v letih 2005 in 2006.

Preglednica 2: Vrstna sestava bentoških alg z oceno abundance (1-posamična, 3-običajna, 5-prevladujoča) v RČN Dobrava pri Ormožu.

| Takson   | Datum vzorčenja |           |           |
|--|-----------------|-----------|-----------|
|  | 17.1.2005       | 25.5.2005 | 25.7.2005 |
| <b>PROKARYOTA</b>  |                 |           |           |
| <b>CYANOPHYTA</b>  |                 |           |           |
| CYANOPHYCEAE   |                 |           |           |
| <i>Leptolyngbya</i> sp.                                  |                 |           | 1         |
| <i>Phormidium formosum</i> (Bory) Anagnostidis & Komárek | 3               | 5         | 3         |
| <b>EUKARYOTA</b>   |                 |           |           |
| <b>EUGLENOPHYTA</b>                                      |                 |           |           |
| EUGLENOPHYCEAE   |                 |           |           |
| <i>Euglena viridis</i> Ehrenberg                         | 5               |           | 3         |
| <b>HETEROKONTOPHYTA</b>                                  |                 |           |           |
| BACILLARIOPHYCEAE  |                 |           |           |
| <i>Achnanthes</i> sp.                                    |                 |           | 1         |
| <i>Amphora montana</i> Krasske                           | 1               |           |           |
| <i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg                     | 1               |           |           |
| <i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot          | 1               |           |           |
| <i>Navicula accomoda</i> Hustedt                         |                 | 1         |           |
| <i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow                  | 1               |           | 1         |
| <i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs                 |                 | 1         |           |
| <i>Navicula incertata</i> Lange-Bertalot                 |                 | 1         | 1         |
| <i>Navicula veneta</i> Kützing                           | 1               | 1         | 1         |
| <i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow              | 1               | 1         | 1         |
| <i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot     | 5               | 1         | 1         |

## 4 Diskusija

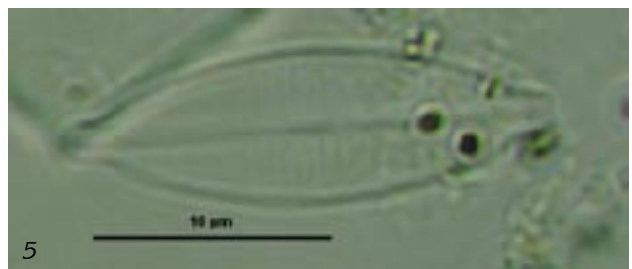
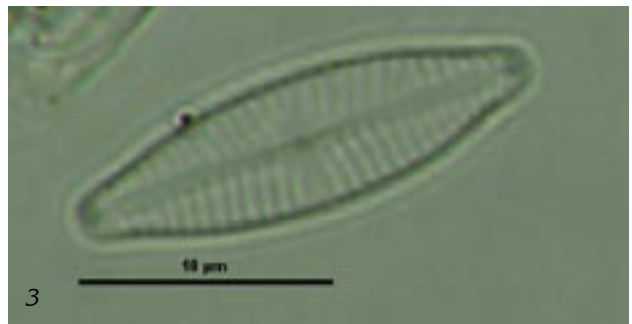
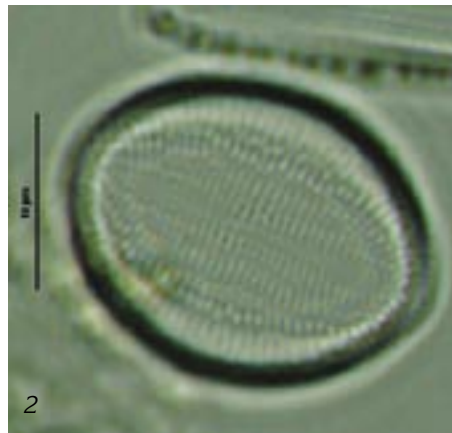
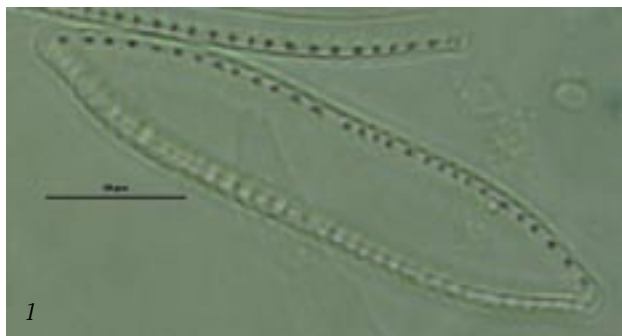
Na vzorčnem mestu RČN Dobrava pri Ormožu smo skupno identificirali 14 taksonov alg. Po številu identificiranih taksonov so prevladovala kremenaste alge, sledile so cianobakterije in Euglenophyceae. Številčno najbolj zastopan je bil rod *Navicula* s petimi taksoni. Kremenaste alge so prevladovala tudi v raziskavi alg v RČN Barje (Krivograd Klemenčič in Vrhovšek, 2004), medtem ko so v RČN Dragonja prevladovala cianobakterije. Masovno so se pojavljale vrste *Phormidium formosum* (maj), *Euglena viridis* (januar) in *Nitzschia umbonata* (januar). *N. umbonata* je bila v vzorcih nabranih meseca maja in julija prisotna le posamično. Tudi v RČN Dragonja (Krivograd Klemenčič in Vrhovšek, 2004) je bila *N. umbonata* pogosta meseca januarja in novembra,

poleti pa se je pojavljala le posamično. Primerjava fizikalnih in kemijskih dejavnikov merjenih v RČN Dobrava pri Ormožu v posameznih letnih časih je pokazala največje razlike med posameznimi meritvami v temperaturi in vsebnosti kisika v vodi. Meseca januarja je bila temperatura vode na dotoku v RČN najnižja (16 °C), vsebnost kisika v vodi pa najvišja (2,94 mg/L). Vrednosti pH in električne prevodnosti se niso veliko razlikovale med seboj. Drugi dejavnik, ki bi lahko vplival na pojavljanje kremenaste alge *N. umbonata*, pa je sestava izcednih voda, ki se tekom leta močno spreminja. Izcedne vode so najbolj toksične poleti, ko je najmanj padavin. Variabilnost izcednih voda pa vpliva tudi na količinsko in vrstno sestavo združb alg. Krammer in Lange-Bertalot (1997b) in Komárek in Anagnostidis (2005) navajajo, da se vrsti *Nitzschia umbonata* in *Phormidium formosum* pogosto

pojavljata v različnih tipih izcednih voda. *E. viridis* je bila dominantna meseca januarja, pogosta meseca julija, v vzorcu nabranem meseca maja pa je nismo zasledili. Če se v vodnem telesu razvije večje število predstavnikov iz skupine Euglenophyta je to znak, da je vodno telo obremenjeno z organskimi snovmi. Euglenofiti lahko igrajo pomembno vlogo pri čiščenju vode v bazenih bioloških čistilnih naprav in pri oksigenaciji močno onesnaženih voda (Wołowski in Hindák, 2005). Veliko vrst iz rodu *Euglena* je neobčutljivih na težke kovine, fenol, herbicide, insekticide in močno radioaktivnost. (Wołowski in Hindák, 2005). *E. viridis* je bila prisotna tudi v zbirnem bazenu RČN Barje, vendar se je pojavljala le posamično (Krivograd Klemenčič in Vrhovšek, 2004).

Identificirali smo tudi vrsti *Navicula atomus* in *N. accomoda* (januar, julij), ki sta značilni za močno organsko onesnažene vode, bogate z elektroliti (izcedne vode čistilnih naprav) (Kawecka in Olech, 1993; Krammer in Lange-Bertalot, 1997a). Za evtrofne vode sta značilni še vrsti *N. veneta* in *N. cincta*. Število identificiranih taksonov se med vzorčenji ni bistveno razlikovalo. Meseca januarja in julija smo identificirali devet, meseca maja pa sedem taksonov alg.

Slika 2: Kremenaste alge (Bacillariophyceae) ugotovljene v RČN Dobrava pri Ormožu v letu 2005 (foto: Aleksandra Krivograd Klemenčič, 2005). Legenda: 1-*Nitzschia umbonata*, 2-*Cocconeis pediculus*, 3-*Navicula veneta*, 4-*Navicula atomus*, 5-*Navicula accomoda*



## 5 Literatura

- APHA American Public Health Association. AWWA. WPCF, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition.
- Grbovič J. 1994. Uporabnost različnih postopkov za oceno kakovosti hudourniških vodotokov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo: 113 str.
- Kawecka B., Olech M. 1993. Diatom communities in the Vanishing and Ornithologist Creek, King George Island, South Shetlands, Antarctica. *Hydrobiologia*, 269/270: 327-333
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. Cyanoprokaryota. 2 Teil: Oscillatoriales. V: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/1. Büdel B. (ur.), Krienitz L. (ur.), Gärtner G. (ur.), Schagerl M. (ur.). München, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag: 759 str.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1997a. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. V: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1. Ettl H. (ur.), Gerloff J. (ur.), Heynig H. (ur.), Mollenhauer D. (ur.). Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 876 str.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1997b. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. V: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2. Ettl H., Gerloff J. (ur.), Heynig H. (ur.), Mollenhauer D. (ur.). Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 596 str.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 2004a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. V: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. Ettl H. (ur.), Gerloff J. (ur.), Heynig H. (ur.), Mollenhauer D. (ur.). Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 576 str.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 2004b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. V: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4. Ettl H. (ur.), Gärtner G. (ur.), Gerloff J. (ur.), Heynig H. (ur.), Mollenhauer D. (ur.). Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 437 str.
- Krivograd Klemenčič A., Vrhovšek D. 2004. Algae in manure and wastewater from the constructed Barje and Dragonja wetlands. *Annales, Series historia naturalis.*, 14, 1: 93-98
- Schaumburg J., Schmedtje U., Schranz C., Köpf B., Schneider S., Meilinger P., Hofmann G., Gutowski A., Foerster J. 2004. Instruction Protocol for the Ecological Assessment of Running Waters for Implementation of the EU Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. München, Bavarian Water Management Agency, 89 str.
- Wołowski K., Hindák F. 2005. Atlas of Euglenophytes. Bratislava, VEDA, Publishing house of the Slovak Academy of Sciences: 136 str.
- Zupančič Justin M. 2006. Sledenje onesnaževal v sistemu predčiščenja in vračanja izcedne vode pri sanaciji odlagališča komunalnih odpadkov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 267 str.

# STABILIZACIJA / SOLIDIFIKACIJA TEŽKIH KOVIN V ZEMLJINI NA OBMOČJU IZGRADNJE TEHNOLOŠKEGA PARKA V CELJU

*Grega E. Voglar, univ. dipl. agr., Regionalna razvojna agencija Celje d.o.o. in Dr. Domen Leštan, uni. dipl. inž. kem. tehnol., Oddelek za agronomijo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta*

---

## **Izvleček:**

V prispevku so predstavljeni rezultati stabilizacije/solidifikacije (S/S) s težkimi kovinami (TK) onesnažene zemljine na območju izgradnje tehnološkega parka (TP) v Celju (Slovenija). Izbrana onesnažena zemljina je vsebovala 9,81 mg kg<sup>-1</sup> celokupnega Cd, 763.98 mg kg<sup>-1</sup> celokupnega Pb in 2972,94 mg kg<sup>-1</sup> celokupnega Zn. Zemljino smo s 10 in 15 (ut.%) cementa (portland in pucolanski) pripravili v obliki valjastih modelov in standardiziranih preizkušancev (kalup za malte. Po 28 dneh staranja se je mobilnost Cd, Pb in Zn določena s TCLP metodo (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) zmanjšala za 1.6 - 4.3, 1,8 - 3,4 in 1,7 - 785-krat. Tlačna trdnost (SIST EN 196-1:2005, točka 9) S/S zemljine je znašala 3,59 N/mm<sup>2</sup> - staran na 100 % relativni zračni vlagi (RM) in 7,02 N/mm<sup>2</sup> - staran na cca. 80 % RM, kasneje sušen 24 ur na 40C. Difuzija TK merjena kot difuzijski koeficient se je po S/S zmanjšala za 675 - 975-krat (15 % portland, 10 % portland + 100% Akriminal-E).

## **Ključne besede:**

Težke kovine, stabilizacija/solidifikacija, cement, mobilnost, tlačna trdnost, difuzijski koeficient

## **Abstract:**

In this study we present the results of stabilization/solidification (S/S) technology of heavy metal (HM) contaminated soils from the area of the new Technology park (TP) in Celje (Slovenia). Selected contaminated soil contained 9,81 mg kg<sup>-1</sup> of total Cd, 763.98 mg kg<sup>-1</sup> of total Pb and 2972,94 mg kg<sup>-1</sup> of total Zn. We used 10 and 15 % (w/w) cement (portland and pucolan) to prepare ten cylindrical models and standard testers (mortar form) which were exposed to mobility test, pressure strength test and diffusion test. After 28 days of ageing the mobility of Cd, Pb and Zn assessed by Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) decreased by factors 1.6 - 4.3, 1,8 - 3,4 and 1,7 - 785, respectively. Pressure strength (SIST EN 196-1:2005, point 9) of S/S soil valued 3,59 N/mm<sup>2</sup> - aged at 100 % relative air moisture (RM) and 7,02 N/mm<sup>2</sup> - aged at cca. 80 % RM, afterward dried for 24 h at 40°C. Diffusion coefficient value reduced after S/S by factor 675 - 975, respectively (15 % portland, 10 % portland + 100 % Akriminal-E).

## **Key words:**

Heavy metals, stabilization/solidification, cement, mobility, pressure strength, diffusion coefficient



# 1 Uvod



Slika 1: Postopek Stabilizacije/Solidifikacije na s težkimi kovinami onesnaženi zemljini. Foto: Grega E. Voglar, 2008.

Visoke koncentracije težkih kovin v tleh pomenijo nevarnost za okolje in zdravje ljudi (Abdel-Sahab in sod., 1994). V manjših deležih se pojavljajo že v osnovnih kamninah, posledica še višjih koncentracij težkih kovin (TK) pa so predvsem intenzivno kmetijstvo, industrija, odlagališča odpadkov, aktivna blata čistilnih naprav in promet (Ross, 1994; Alloway, 1995; Adriano, 2001). Daljša izpostavljenost TK lahko povzroči hude bolezni, še zlasti dovzetni na TK kot sta Pb in Zn so otroci. Strupenost, ki jo povzročajo pri že dokaj nizkih koncentracijah, njihova specifična kemijska lastnost in vedno večja prisotnost v tleh, omejuje učinkovitost razpoložljivih remediacijskih tehnik (Alpaslan & Yukselen, 2002). Postopek stabilizacije/solidifikacije (S/S) TK z dodajanjem aditivov je pogosto uporabljena tehnika čiščenja s TK onesnažene zemljine. S/S je v uradnem listu RS (Ur. list RS, št. 111/2003) definirana kot skupina fizikalno-kemijskih postopkov, ki omogočajo zmanjšanje topnosti, toksičnosti in mobilnosti kontaminantov ter preoblikovanje odpadka v trdnejšo obliko s pomočjo dodatnih snovi veziv (cementa, EF pepela, apna, vodnega stekla, termoplastov, organskih polimerov, vermikulita, glin, sadre, zeolitov itd.). S/S se je v petdesetih letih prejšnjega stoletja uporabljala že pri čiščenju odpadkov nuklearne industrije, dvajset let kasneje se je razširila še na tretiranje in čiščenje nevarnih odpadkov v tleh (Conner, 1990). Ameriška

agencija za varstvo okolja (US EPA) je S/S označila za najboljšo razpoložljivo tehnologijo pri čiščenju 57 nevarnih odpadkov (Shi and Spence, 2004). Postopki S/S TK z dodajanjem aditivov v tla so cenovno ugodni in povzročajo minimalen pritisk na okolje, podatki US EPA iz leta 2004 govorijo, da je bila med leti 1982 in 2002 omenjena tehnologija uporabljena na 24% industrijsko onesnaženih območjih. Po podatkih, ki jih navaja Glasser (1997) že alkalna narava cementa samega zviša pH vrednost, kar posledično vpliva na zmanjšano dostopnost in mobilnost TK kot so Pb, Zn in Cd. Glede na namembnost onesnaženega območja lahko z metodo S/S tvorimo trajni monolitni material s katerim imobiliziramo TK in bistveno zmanjšamo potencialni vpliv na okolje (Betchelor, 2006).

V prispevku smo na s TK onesnaženi zemljini območja izgradnje tehnološkega parka (TP) v Celju želeli optimizirati eno najpogosteje uporabljenih remediacijskih tehnologij. Raziskava, ki proučuje remediacijo z metodo S/S je obsegala teste celokupne vsebnosti Cd, Pb in Zn ter teste tlačne trdnosti na vzorčnih mestih T1 do T40. V nadaljevanju smo metodo S/S optimizirali na zemljini T3, kjer smo opravili teste mobilnosti Cd, Pb in Zn pred ter po remediaciji s S/S. Na zemljini T3 smo ugotavljali tudi 24 urno izluževanje TK in določili difuzijski koeficient pred in po S/S.

## 2 Materiali in metode

### TALNI VZORCI

Onesnažene zemljine T1 do T40 (slika 2) smo vzorčili na območju izgradnje TP v Celju. Vzorčenje je potekalo v okviru predhodno zarisane sistematične mreže (100 × 100 m) in strokovne vizualne presoje, kjer smo v zarisani sistematični mreži točke vzorčenja izbirali na podlagi heterogenosti onesnažene zemljine. Predvidevali smo, da na mestih, kjer zemljina vsebuje veliko gradbenega materiala le ta predstavlja manj onesnaženo zemljino. V vzorčenje smo skušali zajeti večino reprezentativne zemljine. Točke smo vzorčili površinsko in točkovno ( Gauss-Kriegerjeva XY koordinata predstavlja direktno točko vzorčenja), do globine tal cca. 25 cm. Pred nadaljnimi analizami smo izbrano zemljino presejali skozi 5 mm sito.



Slika 2: Digitalni ortofoto posnetek vzorčnih mest onesnažene zemljine na območju stare sinkarne v Celju (M 1: 2500).

### STABILIZACIJA IN SOLIDIFIKACIJA (S/S) S CEMENTOM IN DODATKI

Postopek stabilizacije smo na izbranih vzorčnih zemljinah T1 do T40 izvedli z dodatkom 15 (ut.%) portland cementa. V nadaljevanju smo zaradi pogostosti zemljine in pomembne lokacije metodo S/S optimizirali le na zemljini T3, kjer smo izvedli dvanajst različnih kombinacij v desetih ponovitvah. Pri vsaki kombinaciji S/S smo v vsak presejan vzorec (1,5 in 3 kg) enakomerno vmešali cement in dodatke v različnih utežnih odstotkih. Dobljeno zmes smo navlažili do primerne plastičnosti in jo porazdelili v deset valjastih PVC modelov in standardiziran kalup za malte (3 preizkušanci-prizme, dimenzij 4×4×16 cm). Po 24h smo dva vzorca cementirane zemljine odstranili iz kalupa in 28 dni starali na konstantni temperaturi 15°C in 100 % relativni zračni vlagi, preostali vzorec iz kalupa smo starali na enaki temperaturi in 80 % relativni zračni vlagi (RM). Po 28 dneh smo na preizkušancih določili tlačno trdnost. Preizkušanec staran na 80 % RM smo pred določitvijo tlačne trdnosti sušili 24 ur na 40C, ostala dva preizkušanca nismo sušili. PVC modele v katerih smo S/S zemljino, smo starali na temperaturi 15°C in relativni zračni vlagi cca. 80%. Polovico nastalih valjastih blokov smo uporabili za difuzijski poskus, ostale smo razbili jih zmelili in presejali za nadaljne analize. Za S/S zemljine smo uporabili portland in pucolanski cement ter dodatke cementu (elektrofilterski pepel in polimerna mešanica Akriminal-E).

### TCLP (Toxicity Characteristics Leaching Procedure)

S TCLP metodo (US EPA, 1995) pri pH 4,93 (simulacija kislega dežja) smo na zemljini T3 določili mobilnost Cd, Pb in Zn pred in po remediaciji s stabilizacijo. Pri poskusu smo 10g zračno suhih tal prelili z 200 mL ekstrakcijske raztopine 0,0992M očetne kisline in 0,0643M NaOH (pH 4,93±0.05). Vzorce smo pri 300 obratih min<sup>-1</sup> stresali 18h, jih nato vakuumsko filtrirali (Whatman-ov filter št. 42), zakisali s konc. HNO<sub>3</sub> do pH<2 in do meritve shranili v hladilnik pri 5°C. Ekstrakcijo in meritve smo izvedli v

treh ponovitvah. Na podlagi rezultatov meritev po S/S smo izbrali dve najboljši kombinaciji S/S in jih uporabili pri poskusu difuzivnih lastnosti.

## MERITEV TLAČNE TRDNOSTI

Trdnost je definirana kot največja napetost, ki jo je obravnavana zemljina še sposobna prenesti pred poružitvijo. Meritev tlačne trdnosti smo na vzorčnih zemljinah T1 do T40 izvajali v standardiziranem kalupu za malte. Po 28 dneh staranja smo na preizkušancih v skladu s standardom SIST EN 196-1:2005, točka 9 na avtomatski stiskalnici ToniNORM (območje od 0 do 300 kN in od 0 do 10 kN) določili tlačno trdnost.

## MERITEV DIFUZIJSKEGA KOEFICIENTA PRED IN PO S/S

Uspešnost S/S s cementom in dodatki smo ugotavljali z difuzijskim (razpršitvenim) poskusom. Difuzija je prenos snovi iz območja z višjo koncentracijo snovi v območje z nižjo (iz monolita ali porušenega vzorca v deionizirano vodo – D.V.). V naši raziskavi smo poskus difuzije izvedli na zemljini pred S/S (porušen vzorec) in po S/S (valjasti bloki - zemljina T3).

$$D_{\text{efektivna}} \left( \text{m}^2/\text{s} \right) = \frac{1}{2} \left[ \frac{A_{\text{G}} - C_1 \cdot F \cdot K \cdot \sqrt{t}}{2 \cdot \rho \cdot C_2 \cdot C_1 \cdot F \cdot K \cdot \sqrt{t}} \cdot \left( \sqrt{h} - \sqrt{h_0} \right) \right]^2$$

Slika 3: Enačba za izračun difuzijskega koeficienta monolita in porušenega vzorca (D.S. Kosson in sod., 2002).

### Difuzijski poskus pred S/S (porušen vzorec)

Za poskus smo iz PVC-ja izdelali valjasto stojalo, kamor smo v petih ponovitvah vgradili porušen vzorec s specifično težo cca. 1200 kg m<sup>-3</sup>. Valjasto stojalo smo potopili v stekleni kozarec z določeno količino D.V. in ga zatesnili. Količino D.V. (323,8 mL) smo določili glede na vrednost LS, ta je znašala LS 10 (Liquid to Solid ratio oz. razmerje D.V. : površina zemljine, ki je izpostavljena D.V.). Poskus je bil sestavljen iz 7 časovnih intervalov (2 h, 3 h, 3 h, 16 h, 2 dni, 4 dni, 1 dan). Ob koncu vsakega intervala

smo valjasto stojalo odstranili iz raztopine (t.j. D.V. v katero so se difundirale težke kovine) in ga stekali. Raztopini smo določili volumen in jo shranili za nadaljne analize. Pred posameznim intervalom smo D.V. zamenjali s svežo. Po končanem poskusu smo z atomskim adsorpcijskim spektrofotometrom (VARIAN AA 240FS) v posameznih vzorcih določili vsebnost Cd, Pb in Zn in izračunali difuzijsko vrednost.

### Difuzijski poskus po S/S (monolit - valjasti blok)

Za poskus smo iz PVC-ja izdelali mrežno stojalo, kamor smo v treh ponovitvah postavili dva različna vzorca (valjasta bloka, 15 % portland in 10 % portland + 100 % Akrial-E) s specifično težo cca. 2200 kg m<sup>-3</sup>. Mrežno stojalo smo potopili v stekleni kozarec z določeno količino D.V. in ga zatesnili. Količino D.V. (321 mL) smo določili glede na vrednost LS, ta je znašala LS 3.

Poskus je bil sestavljen iz 7 časovnih intervalov (2 h, 3 h, 3 h, 16 h, 1 dan, 5 dni, 1 dan). Ob koncu vsakega intervala smo mrežno stojalo z vzorcem odstranili iz raztopine in ga stekali. Raztopini smo določili volumen in jo shranili za nadaljne analize. Pred posameznim intervalom smo D.V. zamenjali s svežo. Po končanem poskusu smo z atomskim adsorpcijskim spektrofotometrom (VARIAN AA 240FS) v posameznih vzorcih določili vsebnost Cd, Pb in Zn in izračunali difuzijsko vrednost.

### IZLUŽEVALNI TEST Z DEIONIZIRANO VODO (SIST EN 12457-4)

Onesnaženost zemljine T3 smo v treh ponovitvah ugotavljali s 24 urnim luženjem zemljine z D.V.. V posode smo glede na vrednost LS 10, zatehtali 10 g zemljine, jo presejali skozi 2 mm sito in prelili z 100 mL D.V.. Pripravljen vzorčni ekstrakt smo v nadaljevanju 24 ur stresli na stresalniku in ga na koncu vakuumsko filtrirali. Po končanem poskusu smo z atomskim adsorpcijskim spektrofotometrom (VARIAN AA 240FS) v posameznih vzorcih določili vsebnost Cd, Pb in Zn.

### 3 Rezultati in diskusije

#### LASTNOST ZEMLJINE

Celokupni koncentraciji Pb (763,98 mg kg<sup>-1</sup>) in Zn (2972,94 mg kg<sup>-1</sup>) v zemljini T3 presegata kritične vrednosti določene v Ur. l. RS Št. 68 (1996) (t.j., 530 mg kg<sup>-1</sup> za Pb, 720 mg kg<sup>-1</sup> za Zn in 12 mg kg<sup>-1</sup> za Cd). Celokupna koncentracija Cd v zemljini T3 (9,81 mg kg<sup>-1</sup>), kritične vrednosti ne presega, vednar pa močno presega opozorilno vrednost določeno v Ur. l. RS Št. 68 (1996) (t.j., 2 mg kg<sup>-1</sup> za Cd). Koncentracije teh kovin se v naravi gibljejo med 5 in 40 mg kg<sup>-1</sup> za Pb, med 15

in 150 mg kg<sup>-1</sup> za Zn ter med 0,1 in 1 mg kg<sup>-1</sup> za Cd (Angelone in sod., 2006). Iz tabele 1 je razvidno, da je na preostalih lokacijah celokupna koncentracija treh TK zelo visoka. Vzorčno mesto T15, kjer smo izmerili najvišjo koncentracijo Pb presega kritično vrednost, ki je določena v Uradnem listu za 112-krat. Na vzorčnem mestu T10 izmerjena najvišja koncentracija Zn presega kritično vrednost določeno v Uradnem listu za 156-krat. Najvišjo koncentracijo tretje TK kadmija smo izmerili na vzorčnem mestu T25. Tudi tu je izmerjena koncentracija za 29-krat presegala kritično vrednost določeno v Uradnem listu.

Tabela 1: Vrednosti TK in tlačne trdnosti S/S zemljin s portland cementom (15 ut.%) na posamezni lokaciji bodočega TP v Celju.

| mesto vzorčenja / težka kovina | X Gauss-Krieger koordinata | Y Gauss-Krieger koordinata | Cd (mg/kg)    | Pb (mg/kg)      | Zn (mg/kg)       | Tlačna trdnost (N/mm <sup>2</sup> ) (vzorci starani na 15°C in 80% RM ) |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|-----------------|------------------|---|
| T1 1/3**                       | 521459                     | 121134                     | 69.99         | 12198.78        | 21742.83         | 3.938   |
| T1 2/3**                       | 521459                     | 121134                     | 79.94         | 15089.44        | 19898.07         | 4.438   |
| T1 3/3**                       | 521459                     | 121134                     | 105.00        | 13515.00        | 19488.00         | 4.125   |
| T2***                          | 521518                     | 121155                     | 288.77        | 8647.08         | 23013.59         | 2.094   |
| T3*                            | <b>521612</b>              | <b>121177</b>              | <b>9.81</b>   | <b>763.98</b>   | <b>2972.94</b>   | <b>3.590</b>  |
| T4                             | 521567                     | 121055                     | 93.92         | 1577.74         | 4239.61          | 5.907   |
| T5                             | 521604                     | 121129                     | 95.98         | 2990.40         | 5990.80          | 4.126   |
| T6                             | 521594                     | 121101                     | 205.81        | 10175.84        | 30870.22         | 6.719   |
| T7***                          | 521602                     | 121085                     | 253.97        | 10011.00        | 108780.12        | 0.850   |
| T8                             | 521562                     | 121034                     | 100.00        | 2757.00         | 1867.00          | 2.438   |
| T9                             | 521635                     | 121061                     | 190.87        | 6932.15         | 60912.36         | 1.232   |
| T10***                         | 521671                     | 121033                     | 193.98        | 7919.21         | <b>112279.77</b> | 0.750   |
| T11                            | 521691                     | 121065                     | 69.94         | 1898.48         | 23167.47         | 3.594   |
| T12***                         | 521706                     | 121029                     | 149.94        | 11095.56        | 68277.69         | 2.094   |
| T13                            | 521741                     | 121028                     | 149.90        | 4696.71         | 28459.08         | 2.500   |
| T14                            | 521703                     | 121076                     | 129.99        | 24097.59        | 39381.06         | 3.375   |
| T15***                         | 521795                     | 121079                     | 89.99         | <b>59494.05</b> | 77975.20         | 1.688   |
| T16                            | 521712                     | 121065                     | 109.93        | 8594.84         | 18260.04         | 4.563   |
| T17                            | 521727                     | 121063                     | 89.96         | 1899.05         | 5131.43          | 7.282   |
| T18                            | 521768                     | 121087                     | 109.91        | 9892.09         | 29986.01         | 3.594   |
| T19                            | 521801                     | 121100                     | 79.94         | 3497.20         | 5934.25          | 7.063   |
| T20                            | 521810                     | 121069                     | 91.94         | 415.71          | 1021.29          | 7.063   |
| T21                            | 521856                     | 121117                     | 168.90        | 24670.20        | 31310.21         | 0.650   |
| T22                            | 521840                     | 121124                     | 132.96        | 10048.99        | 18534.44         | 6.500   |
| T23                            | 521599                     | 121027                     | 165.95        | 6175.15         | 54277.72         | 1.719   |
| T24                            | 521648                     | 121029                     | 97.93         | 1531.93         | 6632.36          | 4.688   |
| T25***                         | 521654                     | 121013                     | <b>343.76</b> | 13196.76        | 70395.72         | 0.800   |
| T26                            | 521549                     | 121040                     | 132.95        | 5942.62         | 10112.95         | 3.688   |

|     |        |        |        |          |          |              |
|-----|--------|--------|--------|----------|----------|--------------|
| T27 | 521505 | 121042 | 185.94 | 13760.87 | 39517.14 | 3.688        |
| T28 | 521477 | 121045 | 171.93 | 8188.72  | 21653.34 | 5.000        |
| T29 | 521459 | 121034 | 117.94 | 1634.18  | 3523.24  | <b>8.282</b> |
| T30 | 521493 | 121071 | 230.98 | 13988.60 | 27510.25 | 3.844        |
| T31 | 521681 | 121118 | 170.88 | 4756.67  | 13137.80 | 6.876        |
| T32 | 521546 | 121131 | 124.89 | 2557.70  | 4851.63  | 3.000        |
| T33 | 521509 | 121097 | 53.00  | 1128.00  | 2000.00  | 5.032        |
| T34 | 521487 | 121114 | 164.90 | 11633.02 | 15843.49 | 4.750        |
| T35 | 521465 | 121116 | 222.87 | 10053.97 | 18393.96 | 4.250        |
| T36 | 521400 | 121062 | 212.94 | 4942.52  | 11130.66 | 5.344        |
| T37 | 521406 | 121082 | 192.00 | 3207.00  | 9456.00  | 5.500        |
| T38 | 521361 | 121162 | 143.00 | 1165.00  | 225.00   | 4.313        |
| T39 | 521631 | 121150 | 187.85 | 3268.39  | 6479.82  | 4.782        |
| T40 | 521516 | 121125 | 48.96  | 22512.99 | 22619.90 | 4.623        |

\* Vzorčno mesto kjer je potekala optimizacija S/S.

\*\* Vzorčno mesto, kjer smo vzorčili iz profila po horizontih antropogenega izvora (T1 1/3 – zgornji horizont).

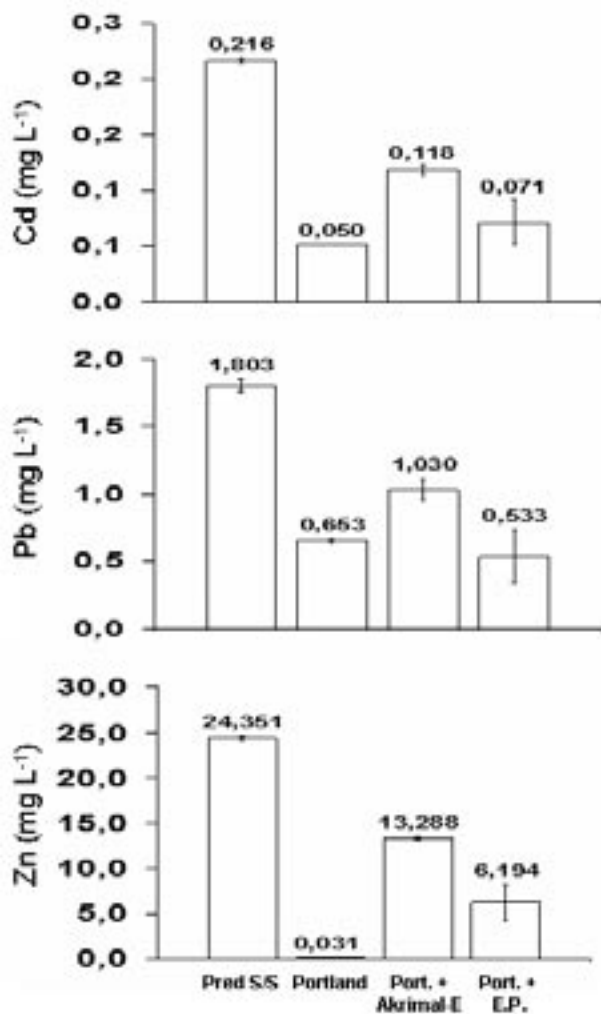
\*\*\* Vzorčna zemljina, na kateri trenutno opravljamo teste.

## TCLP (Toxicity Characteristics Leaching Procedure)

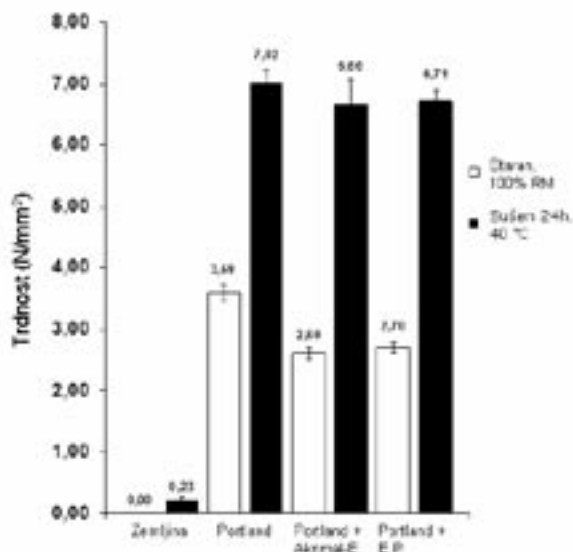
S TCLP metodo ( $\text{pH } 4,93 \pm 0,05$ ) (slika 4) smo določili mobilnost težkih kovin v zemljini T3 pred in po S/S. Mobilnost Cd, Pb in Zn kot tudi drugih onesnažil omogoča izpiranje toksičnih snovi iz tal v površinske in podzemne vodne vire. Koncentracije Cd, Pb in Zn so v ekstraktih vzorčene zemljine pred postopkom S/S dosegale vrednosti ( $0,216 \text{ mg L}^{-1}$  za Cd,  $1,803 \text{ mg L}^{-1}$  za Pb ter  $24,351 \text{ mg L}^{-1}$  za Zn). Po stabilizaciji s cementom (10 %, 15 % portland in pucolan) in dodatki, se je mobilnost Cd pri pH ( $\text{pH } 4,93 \pm 0,05$ ) zmanjšala za faktor od 1,6 do 4,3 (t.j.  $0,050 \text{ mg L}^{-1}$  - 15 ut.% portland cement), mobilnost Pb za faktor od 1,8 do 3,4 (t.j.  $0,533 \text{ mg L}^{-1}$  - 10 ut.% portland cement + 5 ut.% elektrofilterski pepel), mobilnost Zn pa za faktor od 1,7 do 785 (t.j.  $0,031 \text{ mg L}^{-1}$  - 15 ut.% portland cement). Kot primerjavo lahko navedemo, da koncentracije Cd, Pb in Zn v ekstraktih vzorčene zemljine T3 pred postopkom S/S niso presegale mejne vrednosti, ki jih določa US Environmental Protection Agency (t.j.  $1 \text{ mg L}^{-1}$  za Cd,  $5 \text{ mg L}^{-1}$  za Pb in  $250 \text{ mg L}^{-1}$  za Zn) (US EPA, 1995) (slika 4), zaradi česar obravnavano zemljino uvrščamo med potencialno nevarne odpadke.

## MERITEV TLAČNE TRDNOSTI

Tlačna trdnost je pomembna za uspešno S/S onesnažene zemljine. Vpliva na odpornost proti mehanskim in atmosferskim vplivom, kot je zmrzal in tekoča voda, preprečuje odnašanje S/S zemljine in omogoča njeno morebitno uporabo za gradbeni material. Največjo obtežbo, ki jo je preizkušanec (zemljina T3, pred in po S/S) prenesel smo ovrednotili kot tlačno trdnost (slika 5). V naši raziskavi je največjo obtežbo prenesel preizkušanec iz 15 % portland cementa (t.j.  $3,59 \text{ N/mm}^2$  – staran na 100 % RM in  $7,02 \text{ N/mm}^2$  – staran na cca. 80 % RM, kasneje sušen 24 ur na  $40^\circ\text{C}$ ). Zemljina pred S/S ni izkazovala mehanske trdnosti, oziroma je bila zelo majhna (Zemljina- sušen vzorec, slika 4).



Slika 4: Koncentracije Cd, Pb in Zn pred in po remediaciji s S/S v TCLP ekstraktu zemljine T3, pri pH 4,93±0.05. Prikazane so najučinkovitejše S/S kombinacije 15 (ut.%) portland, 10 (ut.%) portland + 100 (ut.%) Akrimal-E in 10 (ut.%) portland + 5 (ut.%) Elektrofilterski pepel.



Slika 5: Trdnost onesnažene zemljine (T3) pred in po S/S. Prikazane so najučinkovitejše S/S kombinacije 15 (ut.%) portland, 10 (ut.%) Portland + 100 (ut.%) Akrimal-E in 10 (ut.%) Portland + 5 (ut.%) Elektrofilterski pepel.

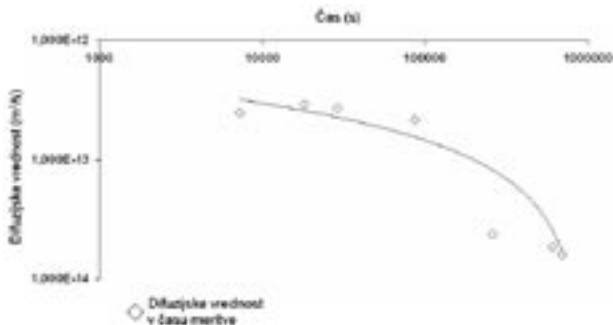
#### IZLUŽEVALNI TEST Z DEIONIZIRANO VODO (SIST EN 12457-4)

Z izluževalnim testom z D.V. (SIST EN 12457-4) smo določili koncentracijo toksičnih kovin v zemljini pred stabilizacijo. Dobljeni rezultati so nam podali podatke o onesnaženosti zemljine in o njihovi morebitni nevarnosti za okolje. Koncentracije Cd, Pb in Zn so v ekstraktih vzorčene zemljine dosegale vrednosti (0,070 mg/kg za Cd, 0,570 mg/kg za Pb ter 3,65 mg/kg za Zn). Rezultati izpiranja z D.V. kažejo, da zemljina T3, predstavlja potencialno nevarnost okolju, katero lahko po zakonodaji odlagamo na za to primernem odlagališču.

## DOLOČITEV DIFUZIJSKEGA KOEFICIENTA PRED IN PO S/S

### Difuzijski poskus pred S/S (porušen vzorec)

Difuzijski koeficient porušenega vzorca (slika 6) smo določili po protokolu (D.S. Kosson in sod., 2002). Difuzijski koeficient v posameznih intervalih smo preračunali po enačbi (slika 5). Dobljene podatke smo uporabili za preračunavanje skupnega difuzijskega koeficienta ( $m^2/s$ ), ki je po protokolu enaka povprečju vseh vrednosti (difuzijski koeficient v posameznih časovnih intervalih). Vrednost difuzijskega koeficienta je pri porušenem vzorcu znašala  $1,552 * 10^{-13} m^2/s$ .

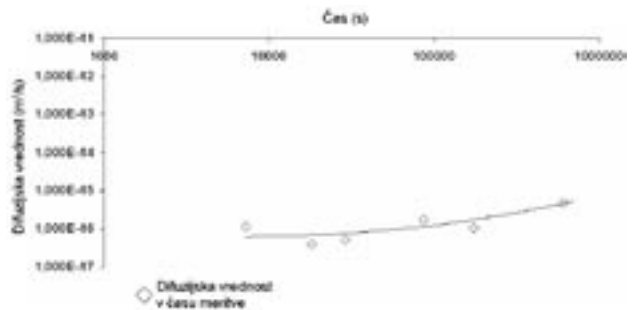


Slika 6: Grafični prikaz poteka difuzijskega koeficienta v določenih časovnih intervalih pri porušenem vzorcu (pred S/S).

### Difuzijski poskus po S/S (monolit - valjasti blok)

- o 10 (ut.%) Portland + 100 (ut.%) Akrial-E

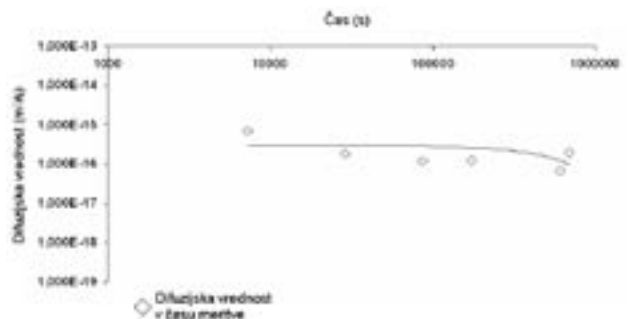
Difuzijski koeficient valjastega bloka (10 % portland + 100 % Akrial-E) smo izračunali po protokolu (D.S. Kosson in sod., 2002). Vrednost difuzijskega koeficienta je pri monolitnem vzorcu znašala  $1,593 * 10^{-16} m^2/s$ . Kot primerjavo lahko navedemo, da sta Nathwani in Phillips (1980) ugotovila, da se difuzijski koeficient S/S zemljine giblje v razponu od  $10^{-5} cm^2/s$  (zelo mobilni) do  $10^{-15} cm^2/s$  (nemobilni). Dobljen rezultat lahko po ugotovitvah ovrednotimo kot nemobilni difuzijski koeficient. Na sliki 7 je za razliko od ostalih dveh obravnavanj (porušen vzorec, 15 % portland cement) vidno naraščanje difuzije v odvisnosti od časa. Ta podatek lahko pripišemo, kemijskim interakcijam na zunanji plasti monolita.



Slika 7: Grafični prikaz poteka difuzije v določenih časovnih intervalih pri monolitnem vzorcu 10 (ut.%) portland + 100 (ut.%) Akrial-E.

- o 15 (ut.%) Portland

Difuzijski koeficient valjastega bloka (15 % portland) (Slika 8) smo izračunali po protokolu (D.S. Kosson in sod., 2002). Difuzijski koeficient je pri monolitnem vzorcu znašala  $2,302 * 10^{-16} m^2/s$ , kar lahko ovrednotimo kot nemobilni difuzijski koeficient.



Slika 8: Grafični prikaz poteka difuzije v določenih časovnih intervalih pri monolitnem vzorcu 15 (ut.%) portland.

## 4 Zaključki

V prispevku smo na s težkimi kovinami onesnaženi zemljini T3 optimizirali metodo S/S, ki je zaradi enostavne uporabe, nizke cene in visoke učinkovitosti v svetu ena najpogosteje uporabljenih tehnik pri čiščenju industrijsko onesnaženih območij. Iz rezultatov lahko strnemo več ugotovitve. Pri različnih kombinacijah uporabe metod S/S se je za najprimernejšo izkazala kombinacija s 15 % portland cementom. Ugotovili smo, da je omenjena S/S kombinacija dosegla najboljše rezultate tako pri meritvah tlačne trdnosti, kakor tudi pri testu mobilnosti težkih kovin tj. TCLP test. Mobilnost Cd se je pri (pH 4,93±0.05) zmanjšala za faktor od 1,6 do 4,3, mobilnost Pb za faktor od 1,8 do 3,4, mobilnost Zn pa za faktor od 1,7 do 785. Koncentracije težkih kovin v TCLP ekstraktu so se glede na stanje pred S/S uspešno znižale, s tem lahko trdimo, da je bila remediacija obravnavane zemljine s S/S uspešna in tako remedirane zemljine ni več potrebno obravnavati kot potencialno nevaren odpadek. Difuzijski poskus je pokazal, da so za remediacijo onesnažene zemljine T3 ustrezni obe S/S kombinaciji (15 ut.% portland cement in 10 ut.% portland cement + 100 % Akrial-E). Vrednost difuzijskega koeficienta

je s 15 % portland cementom znašala  $2,302 * 10^{-16}$  m<sup>2</sup>/s, kar je cca. 675-krat manj kot pred remediacijo s S/S, takrat je difuzijski koeficient znašal  $1,552 * 10^{-13}$  m<sup>2</sup>/s. Še manjša je bila difuzija pri kombinaciji s 10 % portland cementom + 100 % Akrial-E. Difuzija je v tem primeru znašala  $1,593 * 10^{-16}$  m<sup>2</sup>/s, kar je cca. 975-krat manj kot pred remediacijo s S/S. Oba zgoraj navedena rezultata lahko po ugotovitvah Nathwania in Phillipa (1980) ovrednotimo kot nemobilna difuzijska koeficienta, ki potrjujeta uspešno remediacijo s S/S na zemljini T3. Po pričakovanju je dodatek cementa močno izboljšal tudi mehansko trdnost zemljine. Na podlagi rezultatov priporočamo, kot najprimernejšo kombinacijo S/S onesnažene zemljine na območju izgradnje TP v Celju S/S s 15 % portland cementom. V prihodnje bomo obsežnejše raziskave opravili še na preostalih vzorčnih mestih onesnažene zemljine, na katerih bomo skušali optimizirati metodo S/S, do mere, da bomo pritisk, ki ga povzroča onesnaženo območje na okolje in tam živeče prebivalstvo še zmanjšali. Menimo, da je v prihodnje poleg remediacije možno uporabljati S/S zemljino tudi kot gradbeni material za gradnjo protihrupnih pregrad, standardiziranih monolitnih blokov idr.

## 5 Viri in literatura

- Abdel-Sahab, I., Schwab, A.P., Banks, M.K., Hetrick, B.A., 1994. Chemical characterization of heavy metal contaminated soil in Southeast Kansas. *Water, Air and Soil Pollution* 78, 73-82.
- Adriano, C.D., 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments; Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2<sup>nd</sup> ed, Springer-Verlag, New York.
- Alloway, B.J., 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- Alpaskan, B., Yukselen, M.A., 2002. Remediation of lead contaminated soil by stabilization/solidification. *Water, Air and Soil Pollution* 133, 253-263.
- Angelone, M., Armiento, G., Cremisini, C., Spaziani, F., Sprocati, A.R., Alisi, C., 2006. La contaminazione dei suoli da "metalli pesanti": problemi emergenti, nuovi approcci di studio e prospettive nell'analisi strumentale in campo. *Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Memorie di Scienze Fisiche e Naturali* 124, Vol. XXX, pp.1-30



- Betchelor, B 2006. Overview of waste stabilization with cement. *Waste Management* 26, 689-698.
- Conner, J.R., 1990. *Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes*. Van Nostrand Reinhold, NY, USA, 1990. - XI, 692 str.
- D.S. Kosson, H.A. van der Sloot, F. Sanchez, A.C. Garrabrants, 2002. An integrated framework for evaluating leaching in waste management and utilization of secondary materials, *Environmental Engineering Science*. 19 (2002) 159–203.
- Glasser, F.P., 1997. Fundamental aspects of cement solidification and stabilization. *Journal of Hazardous Materials* 52, 151-170.
- Mulligan, C.N., Yong, R.N., Gibbs, B.F., 2001. Remediation technologies for metal-contaminated soils and groundwater: an evaluation. *Engineering Geology* 60, 193–207.
- Nathwani, J.S., Phillips, C.R., 1980. Leachability of Ra-226 from uranium mill tailings consolidated with naturally occurring materials and/or cement: II. Analysis based on mass transport equation. *Water Air Soil Pollut* 14, 389–402.
- Ross, S.M., 1994. *Toxic Metals in Soil–Plant Systems*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Shi, C., Spence, R., 2004. Designing of cement-based formula for solidification/stabilization of hazardous, radioactive and mixed wastes. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 34, 391–417.
- Ur.l.RS št. 111, 13. XI. 2003. Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu in o tehničnih ukrepih za dela pri skladiščenju in izrabi sekundarnih ali trenutno odpadnih surovin v rudarstvu.
- US EPA, 1995. *Test Methods for Evaluation of Solid Waste*, vol. IA. Laboratory Manual Physical/Chemical Methods, SW 86, 40 CFR Parts 403 and 503. 3<sup>rd</sup> ed., US Government Printing Office, Washington, DC.
- US EPA, 2004. *Treatment Technologies for Site Cleanup*, eleventh edition. EPA-542-R-03-009. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC.

# VPLIV ODVZEMA VODE ZA POTREBE MALIH HIDROELEKTRARN (MHE) NA STRUKTURO IN PESTROST MEZOHABITATOV V REKI IDRJIJI

*dr. Nataša Smolar-Žvanut, mag.biol., Inštitut za vode Republike Slovenije*

*dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, mag.biol., Darja Istenič, univ.dipl.biol., Iztok Ameršek, univ. san. ing., Limnos, Podjetje za aplikativno ekologijo*

---

## **Izvleček:**

Na reki Idrijci smo v letu 2005 ugotavljali vpliv odvzema vode za potrebe malih hidroelektrarn Mesto in Marof na strukturo in pestrost mezohabitatov. Na 5 odzemnih mestih smo podrobno popisali mezohabitate z uporabo klasifikacijskega sistema po Hawkins in sod. (1993). Ugotovili smo, da je bilo število mezohabitatov na km največje na odseku nad odvzemom vode za MHE Mesto in najmanjše na odseku po izpustu vode iz MHE Mesto. Kljub odvzemom vode za potrebe MHE je potrebno v vodotoku ohraniti pestrost različnih tipov vodnih habitatov, ki so pomembni pri ohranjanju ekološke pestrosti vodotoka.

## **Ključne besede:**

mezohabitati, male hidroelektrarne, odzem vode

## **Abstract:**

On the Idrijca River we tried to find out the effects of abstracted water for small hydropower plants Mesto and Marof on structure and variety of mesohabitats in the year 2005. On the 5 sampling sites we made a detail inventory using classification system according to Hawkins et al. (1993). We found out that the highest number of mesohabitats on km was on the section above abstracted water for the small hydropower plant Mesto and the smallest one on the section after abstracted water for the small hydropower plant Mesto is released into the Idrijca River. Despite abstracted water for small hydropower plants the variety of different types of water habitats, which are important for conservation of watercourses ecological variety, should be preserved.

## **Key words:**

mesohabitats, small hydropower plants, water use

## 1 Uvod

Prevelik odvzem vode iz vodotoka ima za posledico porušenje naravnega ravnotežja. Pri posegu v naravni ekosistem pride do spremembe enega ali več dejavnikov, ki so v ravnotežju, kar vpliva na ostale parametre. Reagiranje ekosistema je odvisno od dolžine trajanja in velikosti posega. Odvzem vode iz vodotoka vpliva tako na biocenozo kot na fizikalno - kemijske, morfološke in hidrološke dejavnike. Vpliv odvzema vode na morfološke dejavnike zajema spremembe v strukturi usedlin (seleksijski dejavnik za življenjsko združbo), zmanjšanje velikosti habitatov, spremenjeno diverzitetno habitatov kot posledica sprememb v nihanju hitrosti vodnega toka in spremenjen krajinski izgled.

Velikost in struktura vodnih habitatov vplivata na združbo vodnih organizmov (Maddock, 1999). V svetu so raziskovalci razvili številne metodologije s katerimi ocenjujejo učinke povečane izrabe vodnih virov na vodne habitate (Maddock in Bird, 1996). V zadnjem času se za določitev ocene učinkov izrabe vodnih virov na vodotoke uveljavlja metoda kartiranja mezohabitatov, ki temelji na določitvi mezohabitatov na izbranem odseku vodotoka (Maddock in Bird, 1996).

## 2 Materiali in metode

Dne 5.9.2005, 6.9.2005 in 7.9.2005 smo na 5 odzemnih mestih na reki Idrijci opravili podrobnejši popis mezohabitatov z uporabo klasifikacijskega sistema po Hawkins in sod. (1993). Metoda zajema kombinacijo vizualnih in fizičnih meritev z določitvijo tipov mezohabitatov s hojo ob strugi. Tipi mezohabitatov so kaskada, drča, nizkovodna brzica, visokovodna brzica, rahlo valovanje, gladki tok, tolmun, zastal tolmun in ostalo (Hawkins in sod., 1993). Na reprezentativnih točkah vsakega določenega mezohabitata smo izmerili širino struge in širino omočenega dela, globino vode in hitrost vode, določili prisotnost prodišč, tip substrata in stopnjo poraščenosti obrežnega pasu. Odzemna mesta smo izbrali nad odvzemom vode za MHE Mesto, na

območju pod odvzemom vode za MHE Mesto, po izpustu vode iz MHE Mesto ter nad odvzemom vode za MHE Marof in pod odvzemom vode za MHE Marof.

## 3 Rezultati

### MHE Mesto

#### *Pestrost mezohabitatov*

Na območju nad odvzemom vode za MHE Mesto smo popisali sedem tipov mezohabitatov. Največji delež sta zavzemala mezohabitata tolmun ter zajezitev. Nato so sledili mezohabitat rahlo valovanje, nizkovodna brzica, kaskada, visokovodna brzica in drča. Dolžina obravnavanega območja je bila 1228 m, skupna površina popisanih mezohabitatov je znašala 14274 m<sup>2</sup>.

Pod odvzemom vode za MHE Mesto smo popisali pet tipov mezohabitatov – tolmun, rahlo valovanje, gladki tok, nizkovodna brzica in drča. Največji delež je zavzemal mezohabitat tolmun (42 %). Mezohabitata gladki tok in rahlo valovanje sta zavzemala približno enak delež (25 % in 21 %). Najmanjši delež sta predstavljala mezohabitata visokovodna brzica in drča. Dolžina obravnavanega območja je bila 2547 m, skupna površina popisanih mezohabitatov je znašala 49479 m<sup>2</sup>.

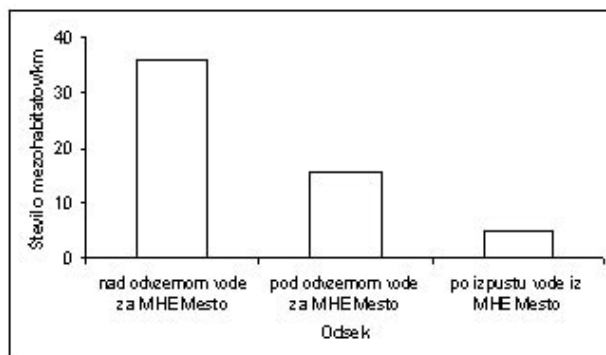




Slika 1: Mezohabitati na odseku Idrijce nad in pod odvzemom vode za MHE Mesto: (A) – tolmun, (B) – gladki tok, (C) – rahlo valovanje, (D) – nizkovodna brzica.

Mezohabitati zajezev, gladki tok in rahlo valovanje so bili popisani na odseku pod izpustom vode iz MHE Mesto. Odsek je zelo kratek zaradi česar je viden vpliv zajezitve MHE Marof, saj kar 80 % površine zavzema mezohabitat zajezev. Dolžina obravnavanega območja je bila 622,4 m, skupna površina popisanih mezohabitatov je znašala 22325,6 m<sup>2</sup>.

Število mezohabitatov na km je največje na odseku nad odvzemom vode za MHE Mesto. (Slika 2).



Slika 2: Število mezohabitatov /km na območju MHE Mesto



### Značilnosti mezohabitatov

Povprečna globina vode je bila najmanjša na območju pod odvzemom vode za MHE Mesto (0,42 m), nad odvzemom vode za MHE je bila 0,64m in po izpustu vode iz MHE 0,72 m. Povprečna hitrost vode je bila pod odvzemom 0,29 m/s za MHE občutno nižja glede na območje nad odvzemom (0,61 m/s) vode za MHE in po izpustu vode iz MHE (0,24 m/s). Povprečna širina struge na območju MHE Mesto dolvodno naraščala. Omočenost struge glede na širino struge se med obravnavanimi odseki ni bistveno razlikovala in je bila okoli 60 %. Prevladujoč substrat

na območju MHE Mesto je bil gruč, na območju nad odvzemom in pod odvzemom tudi groblja. Na vseh treh obravnavanih odsekih se je pojavljal tudi prod kot neprevladujoč substrat. Pesek se bil prisoten le nad odvzemom in pod odvzemom za MHE Mesto. Osenčenost struge je bila največja nad odvzemom vode za MHE (30 %), nekoliko manjša je bila pod odvzemom (20 %), medtem ko po izpustu vode iz MHE osenčenosti struge ni bilo. Osenčenost struge je odraz zaraslosti brežin. Levi in desni breg struge nad in pod odvzemom za MHE Mesto sta bila v večjem delu porasla z vegetacijo. Po izpustu vode iz MHE je struga regulirana, brežine so betonirane.

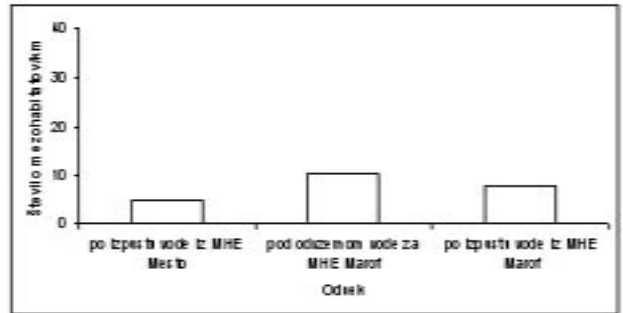
### **MHE Marof**

#### ***Pestrost mezohabitatov***

Mezohabitata gladki tok in rahlo valovanje zavzemata 52 % oziroma 38 % površine območja pod odvzemom vode za MHE Marof. Mezohabitati tolmun, nizkovodna brzica in visokovodna brzica zavzemajo skupaj le 10 % površine. Dolžina obravnanega območja je bila 1731,24 m, skupna površina popisanih mezohabitatov je znašala 38791,6 m<sup>2</sup>.

Na območju pod izpustom iz MHE Marof smo popisali le dva mezohabitata. Večji delež predstavlja mezohabitat gladki tok (78 %), presotali del zavzema mezohabitat rahlo valovanje (22 %). Dolžina obravnanega območja je bila 761,6 m, skupna površina popisanih mezohabitatov je znašala 69754,4 m<sup>2</sup>.

Število habitatov na km je bilo največje na odseku pod odvzemom vode za MHE Marof (Slika 3), kar kaže na fragmentacijo mezohabitatov.



Slika 3: Število mezohabitatov/km na območju MHE Marof

#### ***Značilnosti mezohabitatov***

Povprečna globina mezohabitatov nad odvzemom vode za MHE Mesto je bila 0,86 m oziroma 0,32 brez upoštevanja tolmana tik pod zajezitvijo. Pod izpustom vode iz MHE Marof je bila povprečna globina vode 0,45 m. Povprečna hitrost vode se je na odseku pod izpustom vode (0,4 m/s) iz MHE Marof povečala glede na odsek pod odvzemom vode za MHE Marof (0,34 m/s). Povprečna širina struge je bila na območju pod odvzemom vode za MHE Marof in po izpustu vode iz MHE Marof bolj ali manj enaka (cca 30 m). Omočenost struge se je na odseku pod izpustom vode (86 %) iz MHE Marof povečala glede na odsek pod odvzemom vode za MHE Marof (69 %). Na območju pod odvzemom vode za MHE Marof je bil prevladujoč substrat groblja ali gruč. Prod se je pojavil le kot prisoten substrat. Po izpustu vode iz MHE je bil gruč prav tako prevladujoč substrat, medtem ko je bila groblja le prisotna. Pojavljal se je tudi prod. Osenčenost struge je bila nekoliko večja na območju pod odvzemom vode za MHE Marof (12 %) glede na odsek po izpustu vode iz MHE Marof (8 %). Levi in desni breg struge sta večinoma porasla z vegetacijo na obeh odsekih.

## 4 Zaključki

Odvzem vode na reki Idrijci za potrebe MHE Mesto je na dolžini 2910 m (kanal). V času raziskave je bilo ugotovljeno, da se je v obdobju nizkih pretokov vode zaradi odvzema pretok v strugi pod zajezitvijo zmanjšal iz 0,548 m<sup>3</sup>/s na 0,152 m<sup>3</sup>/s. Odvzem vode je na hidrologijo vodotoka vplival le na kratkem odseku pod odvzemom vode, medtem ko se vpliv odvzema vode za MHE Mesto dolvodno zaradi pritokov ni bistveno izrazil, kar se je pokazalo le v majhni spremenjeni pestrosti mezohabitatov na območju odvzema vode glede na območje nad odvzemom vode za MHE Mesto.

Odvzem vode na reki Idrijci za potrebe MHE Marof je na dolžini 1337 m (cevovod). Ohraniti je potrebno pestrost različnih tipov vodnih habitatov, podobno, kot je na odseku po ponovnem izpustu vode iz MHE Marof nazaj v strugo. Največji možen odvzem vode je visok 5000 l/s, vendar so v pomladanskem in pozno jesenskem pretoki reke Idrijce visoki. Kljub odvzemom pa se mora v času srednjih in visokih pretokov vode ohranjati naravna dinamika pretokov vode, kateri oblikujejo dolvodno strugo in so pomembni pri ohranjanju ekoloških pestrosti vodotoka kot ekosistema.

## 5 Literatura

Hawkins C.P., Kershner P., Bisson A., Bryant D., Decker L.M., Gregory S.V., McCullough D.A., Overton C.K., Reeves G.H., Steedman R.J., Young M.K. 1993. A hierarchical approach to classifying stream habitat features. *Fisheries* 18, 3-12.

Maddock I.P. 1999. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater biology* 41, 373-391.

Maddock I.P., Bird D. 1996. The application of habitat mapping to identify representative PHABSIM sites in the River Tany, U.K. In: Leclerc, M., Capre H., Valentin S., Boudreault A., Côté Y. (Eds.) »Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Habitats and Hydraulics«. Quebec, Canada. Vol. B, 203-214.

# ZNAČILNOSTI HIDROLOŠKE SUŠE VODOTOKOV NA GORIČKEM

*Tatjana Kikec, prof. nem-geo, podiplomska študentka geografije na Filozofski fakulteti v Mariboru*

---

## **Izvleček:**

Klimatske spremembe vplivajo na vse pogostejši pojav meteorološke kakor tudi hidrološke suše vodotokov na območju Goričkega, ki se nahaja na območju NATURE 2000. Z v preteklosti izvedenimi regulacijami smo povečali odtok vode, s tem pa smo povečali tudi občutljivost vodotokov za pojav suše. Manj vodnati vodotoki tako v času poletne suše pogosto ostanejo brez vode, tisti bolj vodnati pa komajda zagotavljajo minimalni pretok. Zaradi količinsko nezmanjšanega obremenjevanja se v času nizkovodnega stanja močno poslabša tudi kvaliteta vode. Z revitalizacijo vodotokov lahko zadržujemo vodo v vodotokih ter s tem zmanjšamo verjetnost pojava hidrološke suše, hkrati pa lahko pomembno povečamo njeno samočistilno sposobnost.

## **Ključne besede:**

fizična geografija, suša, vodotoki, Goričko, revitalizacija, ekoremediacijske metode

## **Abstract:**

### **The Characteristics of Hydrological Drought of Effluents in the Goričko Region**

In the Goričko Region within the ecological network NATURA 2000, climatic changes contribute the increase in meteorological and hydrological drought. Through the realized regulations in the past, effluents and their sensitivity to drought have been increased. While in the period of summer drought, less watery effluents dry up, those with a higher water capacity can hardly assure the minimal water outlet. Due to the qualitatively undiminished burdening, the water quality experiences a great loss in time of low-water condition. On behalf of revitalizations of effluents, water can be kept within the effluents, occurring of hydrological drought can be decreased, and the self-cleaning ability of water can be improved incredibly.

## **Key words:**

Physical Geography, drought, effluents, Goričko Region, revitalization, ecoremediatic methods

## 1 Uvod

Naravnogeografske (klimatske, reliefne, litološke in pedološke) značilnosti Goričkega vplivajo na pojav hidrološke suše vodotokov, ki imajo najnižji vodostaj v poletnih mesecih, ko običajno nastopi meteorološka suša. Klimatske spremembe, ki se kažejo v vse manjših višinah padavin in v vse višjih temperaturah zraka, pa pogostnost pojava meteorološke suše in s tem pojava hidrološke suše še povečujejo. Na njen pojav pomembno vpliva tudi človek, ki je z regulacijo vodotokov v preteklosti, s čimer je povečal odtok vode po rečni strugi, močno povečal njihovo ranljivost za sušo. Tako izginjajo vodni in obvodni habitati ter številna mokrišča, ki so vezana na občasno poplavljen območja in ki so na območju omrežja NATURE 2000, katerega del je tudi Goričko. Napak iz preteklosti se vse bolj zavedamo, narejeni so tudi že prvi koraki k sonaravnemu urejanju rečnih strug, s tem pa zmanjšamo tudi verjetnosti pojava hidrološke suše vodotokov.

## 2 Opredelitev pojma suša

Suša je normalna, ponavljajoča se značilnost klime, ki ima regionalni značaj. Vzrok je v pomanjkanju padavin v daljšem časovnem obdobju, kar vodi do pomanjkanja vode za rastlinstvo, živalstvo in človeka ter za določene dejavnosti v okolju.

S stališča znanstvenih disciplin govorimo o meteorološki, kmetijski in hidrološki suši. Za meteorološko sušo je značilno pomanjkanje padavin, to je močnejše odstopanje višine padavin glede na dolgoletno povprečje, povezano z nadpovprečno visokimi temperaturami zraka, vetrom in nizko relativno vlago. Posledica tega je večje izhlapevanje, manjša infiltracija, odtok in napajanje vodonosnikov. Kmetijska suša je kombinacija meteorološke in hidrološke suše, katere posledica je količinsko manjši pridelek slabše kakovosti. Dolgotrajnejši izpad padavin povzroči nastop hidrološke suše, ki se odraža v manjših pretokih vodotokov in dotokih v akumulacije in jezera ter v nižjih gladinah podzemne vode. Hidrološka suša ne nastopi istočasno z meteorološko in kmetijsko

sušo, temveč za njima zaostaja, potrebnega je namreč več časa, da se primanjkljaj padavin pokaže v komponentah hidrološkega sistema (pretok vode, vlaga v tleh, gladina podzemne vode). (NDMC, 2008)

## 3 Hidrogeografske značilnosti vodotokov na Goričkem z vidika pojava suše

Rečna mreža je na območju Goričkega zaradi nepropustnih kamnin gosta in dobro razvejana s številnimi stalnimi vodotoki in hudourniki. Mnogi manjši, od poselitve bolj odmaknjeni potoki so še vedno v naravnem stanju z meandrirajočo strugo in ohranjeno obrežno vegetacijo. Le z dveh obmejnih območij s skupno površino 4 km<sup>2</sup> (Olas 1996, 46) se vode stekajo v Rabo in Zalo na Madžarskem, vode s preostalega območja zbirajo trije večji vodotoki Ledava, Velika Krka in Kučnica, ki se južneje izlijejo v reko Muro. Največji del površja odmaka s svojimi pritoki Ledava, sledita ji Velika Krka in Kučnica. Razvodnica med porečjema Ledave in Velike Krke poteka v diagonalni smeri severozahod–jugovzhod ter med porečjem Kučnice in Ledave v smeri sever–jug in je pogojena z geološko-tektonsko zgradbo območja. Reka Ledava izvira v Avstriji, na slovensko ozemlje priteče v bližini Sotine. Njeno porečje je izrazito asimetrično, saj večina pritokov priteče z leve strani. Največji pritoki so: Bodonski, Mačkovski in Martjanski potok, Lipnica in Kobiljski potok, ki se v Ledavo izlivajo na Ravenskem.

Velika Krka zbira vode severovzhodnega dela Goričkega na površini 146 km<sup>2</sup>, njena dolžina na slovenskem ozemlju znaša skupaj s pritoki 240 km, slovensko ozemlje zapusti pri Malem Krplivniku. (Šendlinger 2005, 61) Njeni večji pritoki so: Koritniški, Peskovski, Adrijanski, Dolenski potok in Mala Krka. Reka Kučnica prav tako izvira v Avstriji in je izrazita mejna reka, kar 15,7 km toka namreč teče po slovensko-avstrijski meji. Njeni pritoki so redki, v reko Muro se izlije blizu Petanjcev. Njeno porečje na slovenski strani meri 19,8 km<sup>2</sup>. (prav tam, 61)



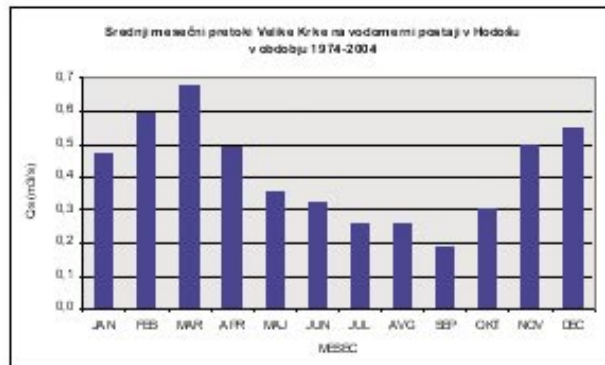


Slika 1: Velika razvejanost rečne mreže na Goričkem

Stanje vodnatosti vodotokov spremljajo v okviru državne mreže hidroloških postaj, ki pa je glede na razvejanost rečne mreže na Goričkem precej skromna. V okviru Agencije RS za okolje tako redno spremljajo vodostaje na šestih vodotokih: na Kučnici (vodomerna postaja (v nadaljevanju VP) Cankova), Ledavi (VP Nuskova in VP Polana I, ki je že na Ravenskem), Martjanskem potoku (VP Martjanci, ki je prav tako na območju Ravenskega), Kobiljskem potoku (VP Kobilje), Ivanjševskem potoku (lokalno poimenovanje Cmurek) (VP Središče) in na Veliki Krki (VP Hodoš). Na večini vodotokov so z izvajanjem meritev pričeli v sedemdesetih oziroma osemdesetih letih, zato so nizi podatkov relativno kratki, vendar nam kljub temu dajo dober vpogled v njihovo hidrološko stanje. Na posameznih vodotokih so z izvajanjem meritev pričeli že prej, vendar so nizi kratki, vmes pa so daljša obdobja, ko meritev niso izvajali. Vse podatke smo pridobili s strani Agencije RS za okolje.

Za vodotoke na območju Goriškega je značilna majhna vodnatost, Ledava v Nuskovi doseže srednji letni pretok  $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$  (obdobje 1993–2004), Kučnica na Cankovi  $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$  (obdobje 1981–2001), Kobiljski potok v Kobilju  $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$  (obdobje 1986–2004), Ivanjševski potok v Središču  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  (obdobje 1986–2004) in Velika Krka na Hodošu  $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$  (obdobje 1974–2004). (ARSO, 2007) Klimatske značilnosti območja pogojujejo dežno-snežni režim vodotokov.

Vpliv celinskosti je poudarjen z višino povprečne vode januarja, saj je ta znatno nad poletnim minimumom; čim večji je vodotok, tem izraziteje prihaja to do izraza. Visoka voda (glavni višek) nastopi v času taljenja snega meseca marca, h kateri se pridruži še nekoliko izdatnejše zgodnjepomladansko deževje; izredno hude poplave nastopijo, če kopnenje snega sovpade s spomladanskimi padavinami. V poletnih mesecih je zaradi visokih temperatur in močnega izhlapevanja njihov pretok majhen, vendar pa lahko za krajši čas korita manjših potokov napolnijo močni poletni nalivi, ko potoki pogosto poplavijo dolinska dna. V primeru nastopa daljšega sušnega obdobja se korita manjših potokov izsušijo, tako da bi jim lahko pripisali tudi hudourniški značaj. Nizko vodno stanje imajo vodotoki tudi v zimskih mesecih, vendar je poletni nižek običajno izrazitejši od zimskega. Sekundarni višek nastopi meseca novembra oziroma decembra, je manjši od spomladanskega in je posledica obilnejšega poznojesenskega deževja. (Kikec 2004, 48)



Slika 2: Najmanjši pretoki nastopijo pozno poleti oziroma zgodaj spomladi. Vir: ARSO 2007.

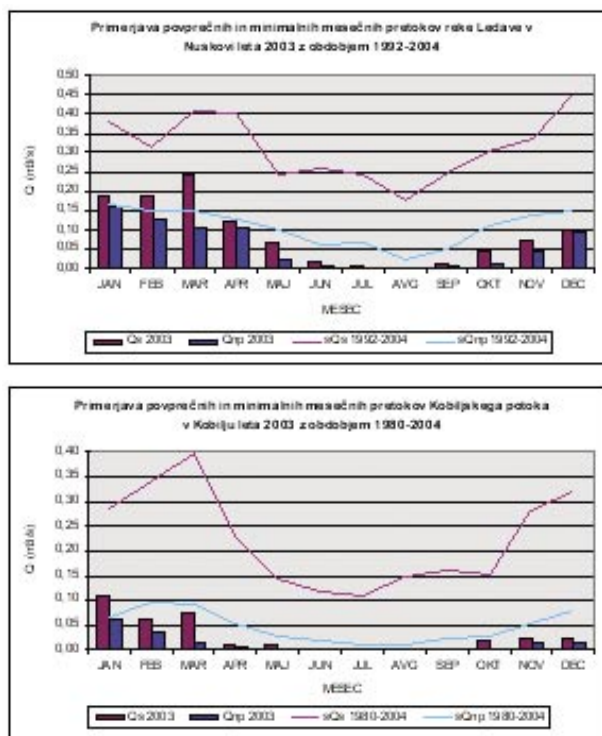
Velika spremenljivost padavin vpliva na veliko spremenljivost pretoka, zato so razlike med minimalnimi, srednjimi in maksimalnimi mesečnimi pretoki velike. Za območje Goriškega je značilen majhen specifični odtok, le-ta je v porečju Velike Krke najmanjši v Sloveniji in znaša  $4,3 \text{ l/s/km}^2$ . (Frantar (ur.) 2008, 61)

## 4 Značilnosti hidrološke suše vodotokov na Goričkem

Izrazitejša hidrološka suša se je na vodotokih na Goričkem pojavila v letih 1971, 1992, 1993 ter v letih med 2000 in 2004. Takrat se je srednji mesečni pretok v poletnih mesecih zmanjšal na tretjino, ponekod celo na desetino običajnih srednjih mesečnih vrednosti, manjši vodotoki pa so se povsem izsušili. Primerjava omenjenih sušnih let je pokazala, da so prvi znaki poletne hidrološke suše običajno opazni že meseca maja, ko pretoki dosežejo le še cca. 30 % ali manj vrednosti srednjih mesečnih pretokov. Najnižji vodostaji nastopijo meseca julija, izjemoma že meseca junija, in trajajo do septembra oziroma oktobra, ob izpadu jesenskega deževja tudi do meseca decembra, lahko pa se nadaljujejo tudi v naslednje leto. V zimskih mesecih nastopi hidrološka suša le izjemoma, pogoj je izpad jesenskega deževja, in je običajno izrazitejša meseca decembra, medtem ko padavine v obliki snega stanje v januarju in februarju običajno že nekoliko izboljšajo. Najbolj zaskrbljujoče pa je zlasti dejstvo, da se pogostnost pojava stopnjuje, tako je bila le nekaj let nazaj zabeležena hidrološka suša, ki je neprekinjeno trajala kar pet let.

Naj kot primer navedemo ekstremno sušno leto 2003, ko se je nizkovodno stanje vodotokov nadaljevalo iz leta 2002. Primarni višek meseca marca je omenjenega leta dosegel na Ledavi v Nuskovi 59,5 %, na Ivanjševskem potoku v Središču 45,2 %, na Veliki Krki na Hodošu 28,0 % ter na Kobiljskem potoku v Kobilju le 9,2 % vrednosti običajnega srednjega mesečnega pretoka. Meseca junija se je stanje še poslabšalo, srednji mesečni pretok je na Ivanjševskem potoku v Središču znašal 11,2 %, na Ledavi v Nuskovi 7,4 % ter na Veliki Krki na Hodošu le še 6,2 % običajnega srednjega mesečnega pretoka, medtem ko je Kobiljski potok ostal brez vode; meseca julija in avgusta je srednji mesečni pretok Ledave v Nuskovi znašal 0,008 oziroma 0,004 m<sup>3</sup>/s, kar pomeni, da je tudi Ledava kljub nekoliko večji vodnatosti v svojem srednjem toku (pred akumulacijskim jezerom v Kraščih) praktično ostala skorajda brez vode. (ARSO, 2007) Pretoki so ostali nadpovprečno nizki vse do

konca leta, hidrološka suša pa se je nadaljevala še v naslednje leto. Poleg izostanka poletnih padavin, visokih temperatur ter povečane evapotranspiracije je leta 2003 prišlo tudi do izpada obilnejšega jesenskega deževja, kar je povzročilo, da se je hidrološka suša zavlekla vse do konca leta, sekundarni višek meseca novembra pa se je povsem zabrisal.



Slika 3: V času hidrološke suše se pretoki goriških vodotokov močno zmanjšajo, manj vodnati pa ostanejo suhi. Vir: ARSO 2007.

V času hidrološke suše je poleg količinskega zmanjšanja vode v strugi vodotokov ter povišanja njene temperature velik problem tudi njena prekomerna onesnaženost. Za onesnaževanje so zlati občutljivi manj vodnati vodotoki, med katere prištevamo tudi vodotoke na Goričkem. Ob količinsko nezmanjšanem obremenjevanju tako pride do povišanja biokemijske in kemijske potrebe po kisiku, do povišanih koncentracij škodljivih snovi, kot so amonij, AOX in drugi, hkrati pa se zaradi biološke razgradnje in povišanih temperatur zmanjša vsebnost kisika. Glavni onesnaževalec je kmetijstvo, v manjši meri tudi poselitev ter promet.

## 5 Antropogene spremembe vodotokov v preteklosti

V preteklosti so bili vodotoki zaradi svojega nenehnega spreminjanja in prestavljanja rečne struge zelo nepredvidljivi in so povzročali veliko škodo na bližnjih kmetijskih površinah. Ker so meandrili, so na zunanem (udarnem) bregu strugo poglobljali ter z bočno in globinsko erozijo odnašali material, ki so ga odlagali na notranjem bregu. Kjer se je padec vodotoka zmanjšal, zaradi česar se je zmanjšala erozivna moč vode, so pričeli material akumulirati in s tem zasipavati strugo, kar je ob nastopu visokih voda povzročilo razlitje vode po okoliških površinah. Zaradi škode, ki so jo povzročali vodotoki, so ljudje že od nekdaj poskušali vodotoke nadzirati in jih preusmerjati, vendar pri tem niso upoštevali ekosistemskih značilnosti vodnega in obvodnega sveta, kar ima številne negativne posledice, ki jih občutimo še danes. Z regulacijo vodotokov so bile rečne struge izravnane, odstranjena je bila vodna in obrežna vegetacija, obvodna pokrajina pa izsušena. S tem pa je bila prekinjena povezava med vodnim in obvodnim ekosistemom, spremenjena hidrologija in geomorfologija vodotoka ter zmanjšana rastlinska in živalska pestrost. (Vovk Korže in Vrhovšek 2006, 26) Voda tako po izravnani strugi brez obrežne vegetacije hitro odteka, manjše je pronicanje vode v podzemlje in s tem bogatenje podtalnice, zaradi manjšega pretakanja in s tem mešanja vode je močno zmanjšana njihova samočistilna sposobnost. V času poletnega nižka tako večina manjših vodotokov na Goričkem povsem presahne, tisti bolj vodnati pa komajda zagotavljajo minimalni pretok, ob tem pa se borijo še s prekomerno onesnaženostjo. Obsežna regulacijska dela so bila na vodotokih na območju Goriškega izvedena v povojnem obdobju, ko so regulirali Mačkovski, Slavečki in Dolenski potok, potok Kučnica, Malo Krko in druge vodotoke. (Kategorizacija ... 2008)

## 6 Zmanjšanje verjetnosti pojava suše s sonaravnim urejanjem vodotokov

Posledice neustreznih posegov v vodotoke v preteklosti se kažejo v zmanjšanju samočistilne spodobnosti ter večji stopnji onesnaženosti, zmanjšanju biotske pestrosti vodnih in obvodnih habitatov kakor tudi v pomanjkanju vode v poletnih mesecih – hidrološki suši. Spoznanja o neustreznih posegih narekujejo nove, sonaravne načine njihovega urejanja, ki jih označujemo s pojmom revitalizacija vodotokov in spadajo med ekoremediacijske metode. Pri tem gre za nov način upravljanja vodotokov, kjer gre za strukturno in funkcijsko povezanost ekosistemov, s čimer dosežemo že dobro ekološko stanje voda. Ker gre za obnovo degradiranih vodotokov, je potrebno vzpostaviti strukturo in funkcijo vodnega ekosistema s primernimi posegi, s katerimi dosežemo ohranitev zgradbe in funkcije habitatov vodnega in obvodnega biotopa. (Breznik 2006, 38) Revitalizacija vodotokov se izvaja na več načinov, med najpomembnejšimi so:

- ureditev brzic ter pragov, ki zadržujejo vodo, jo mešajo ter s tem omogočajo vnos kisika;
- ureditev tolmunov, ki zadržujejo vodo, blažijo vodne viške, omogočajo usedanje delcev;
- ureditev prodnih nanosov, ki zadržujejo, umirjajo in prečiščujejo vodo ter omogočajo vzpostavitev redkih ter ogroženih habitatov;
- ureditev obrežij, ki preprečujejo erozijo, ter zasaditev vegetacije, kar izboljša habitat za obrežne rastline in živali;
- ureditev rečnih meandrov ter zalivov, s katerimi povečamo zadrževanje vode, njeno samočistilno funkcijo ter vlogo habitata etc.

Na območju Goriškega že lahko najdemo na posameznih odsekih prve primere revitalizacije vodotokov. V preteklih letih so tako bile izvedene revitalizacije Mačkovskega potoka, Peskovskega potoka v Gornjih Petrovcih ter revitalizacija Male Krke od Domanjševcev do madžarske meje.

## 7 Zaključek

Klimatske spremembe vplivajo na vse pogostejši pojav hidrološke suše vodotokov tudi na območju Goričkega, kar predstavlja vse bolj pereč problem zlasti za manj vodnate vodotoke. Goričko se nahaja na območju omrežja NATURE 2000 in je zavarovano kot Krajinski park Goričko, vendar še vse do danes nima izdelanega načrta upravljanja s porečjem. Posledica je prekomerna onesnaženost vodotokov, kar je zlasti problematično v času nizkovodnega stanja.

Z v preteklosti izvedenimi regulacijami smo pospešili odvod vode, s čimer smo povečali občutljivost vodotokov za pojav suše. Nova spoznanja so pokazala potrebo po revitalizaciji vodotokov ter s tem umirjanja, mešanja ter zadrževanja vode, kar povečuje njeno samočistilno sposobnost ter odpornost vodotoka proti pojavu suše, hkrati pa omogoča vzpostavitev redkih ter ogroženih habitatov. Revitalizacije vodotokov tako pomenijo pomemben ukrep v boju proti hidrološki suši zlasti manjših vodotokov, ki so za pojav najbolj občutljivi.

## 8 Viri in literatura

- Breznik, B., 2006: Revitalizacija vodotokov kot način ekoremediacije. V: Vovk Korže, A. in Smaka Kincl, V. (ur.): pogledi na ekoremediacije. Zbornik znanstvenega sestanka 13. 6. 2006. Inštitut za varstvo okolja, Maribor, str. 37–41.
- Frantar, P. (ur.), 2008: Vodna bilanca Slovenije 1971–2000. Ministrstvo za okolje in prostor – Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Kategorizacija urejanja vodotokov, 2008. Interaktivni Atlas okolja. Agencija Republike Slovenije za okolje. Pridobljeno: [http://gis.arso.gov.si:80/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si:80/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (26. 8. 2008)
- Kikec, T., 2004: Suša v Pomurju. Diplomsko seminarska naloga. Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta, Oddelek za geografijo, Maribor.
- NDMC, 2008: What is Drought? Understanding and Defining Drought. National Drought Mitigation Center. Pridobljeno: <http://drought.unl.edu/whatis/what.htm> (25. 8. 2008).
- Olas, L., 1996: Prekmurska ravnina. V: Regionalnogeografska monografija Slovenije, 9. del: Severni Subpanonski svet. Geografski inštitut ZRC SAZU, Ljubljana.
- Podatki o pretokih vodotokov na območju Goričkega, 2007. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- Šendlinger, V., 2005: Pokrajinskoekološka presoja krajinskega parka Goričko in predvidenega regijskega parka Mura. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Ljubljana.

# EKOREMEDIACIJE IN KMETIJSTVO

*Jelka Potočnik, dipl.inž.kmet., Inštitut za kontrolo in certifikacijo v kmetijstvu in gozdarstvu*

---

## **Izvleček:**

Skupna kmetijska politika je bila ena od pomembnih gonilnih sil intenzifikacije in specializacije kmetij v EU. Spreminjanje pašnikov v orno zemljo, opuščanje meja polj in obsežna uporaba gnojil in kemikalij so pripeljali do resnega upada biotske raznovrstnosti in do povečanega onesnaževanja voda, prsti in zraka.

Kmetijstvo je bilo prepoznavno kot pomemben obremenjevalec iz razpršenih virov, v primeru velikih živinorejskih obratov, ribogojnic ter neprimerne shranjevanja in odlaganja sredstev za varstvo rastlin, pa tudi kot točkovni vir obremenitev. Kot odgovor na to so se pojavili tako imenovani kmetijsko-okoljski programi, s katerimi naj bi zmanjšali obremenitve okolja zaradi kmetijstva.

Da bi ohranili naravne danosti, ki so specifična značilnost določenega območja in uresničili zastavljene cilje v okviru slovenskega kmetijsko okoljskega programa (SKOP), bi morali kot dopolnitev ukrepov SKOP-a vpeljati ekoremediacije.

## **Ključne besede:**

kmetijstvo, kmetijsko-okoljski programi, ekoremediacije

## **Abstract:**

Common agricultural policy (CAP) was one of important motive powers of intensification and specialisation of the farms in EU. Converting pastures into arable land, waiving field borders and massive use of fertilizers and chemicals has led to serious subsidence of biological diversity. It has also resulted in increased water, soil and air pollution from agriculture.

Agriculture has been identified as one of important sources of environmental burdening, coming from the so-called dispersed sources, such as huge cattle-breeding plants and fish farms. The increasing burdening of the environment is also the result of unsuitable storage and deposition of plant protection products and agriculture is seen as an important focal source of environmental damage. In order to have been issued and their purpose is to reduce the environmental damage which is the result of agriculture.

In order to preserve natural sources, which are specific characteristic of certain area and to fulfil aims of Agri-Environmental Programme, ekoremediations should have to be introduced.

## **Key words:**

agriculture, Agri-environmental Programme, ekoremediation

## 1 Uvod

Vse bolj se utrjuje spoznanje, da človeštvo s posegi v naravo in z neurejenim okoljem krni svoje življenjske vire in možnosti za nadaljnji varen razvoj.

Skupna kmetijska politika je bila ena od pomembnih gonilnih sil intenzifikacije in specializacije kmetij v EU. Spreminjanje pašnikov v orno zemljo, opuščanje meja polj in obsežna uporaba gnojil in kemikalij so pripeljali do resnega upada biotske raznovrstnosti in do povečanega onesnaževanja voda, prsti in zraka iz kmetijstva. Kmetijstvo je bilo prepoznavno kot pomemben obremenjevalec iz razpršenih virov, v primeru velikih živinorejskih obratov, ribogojnic ter neprimerne shranjevanja in odlaganja sredstev za varstvo rastlin, pa tudi kot točkovni vir obremenitev. Kot odgovor na to so se pojavili tako imenovani kmetijsko-okoljski programi, s katerimi naj bi zmanjšali obremenitve okolja zaradi kmetijstva.

V Evropi se kot oblika sonaravnega razvoja vedno bolj uveljavljajo ekoremediacije (ERM) (<http://ebi.calpoly.edu/about/ecoremediation.pdf>), ki predstavljajo novo smer na področju varovanja okolja. Zato je namen prispevka prikazati možnosti uporabe ekoremediacij kot dopolnitev k ukrepom okoljskega programa v kmetijstvu. V prvem delu prispevka je predstavljeno kmetijstvo in njegov vpliv na okolje, v drugem možnosti uporabe ekoremediacij kot dopolnitev k ukrepom okoljskega programa.

## 2 Kmetijstvo in okolje

Trajnostni razvoj je v zadnjih letih postal osrednji del vseh pomembnejših razvojnih strategij na lokalni, nacionalni ter globalni ravni. Opredeljen je kot stičišče ekonomskega, socialnega in okoljskega razvoja, kar je v nasprotju z konvencionalnim ekonomskim razvojem, ki poudarja le gospodarsko rast (Vrhovšek in sod., 2006).

Glavne obremenitve in degradacije okolja so nastajale v 2. polovici 20. stoletja kot posledica industrializacije ter njenih učinkov, zlasti glede na

sestavo in gibanje prebivalstva ter na razvoj mest in primestnih naselij. Po navedbah Pluta (1998) se je sodobno kmetijstvo v proizvodnji oprlo na uporabo mineralnih gnojil in kemičnih zaščitnih sredstev, neželene posledice tega pa so znane. Zato je rešitev okoljskih problemov uresničljiva samo s spremembo neustreznih postopkov in življenjskih navad. Okoljska politika mora biti ekološko, ekonomsko in razvojno zasnovana. Zaradi posebnosti v slovenskem kmetijstvu ni mogoče enostavno sprejemati tujih dosežkov ter sanirati škodljive pojave in degradirana območja, temveč graditi vse naše dejavnosti na podlagi napredovanja domačega znanja in strokovnjakov, načrtno in dolgoročno.

Zaradi entropijske narave materialnih procesov, ker nastajajo izgube pri predelavi snovi in pretvarjanju energije, moramo zmanjšati obremenitve okolja in izboljšati učinkovitost dejavnosti. Temeljne sestavine usklajenega (trajnostnega) sonaravnega razvoja so:

- ohranjanje narave ter biotske raznovrstnosti in pokrajinske pestrosti,
- kakovosten gospodarski razvoj ob zagotovitvi, da bodo obremenitve okolja (imisije) manjše od samočistilne moči narave,
- ohranjanje obdelovalnih zemljišč, primerne kakovosti tal za integrirano in ekološko kmetovanje in vodovja.

To pomeni, da naslednje generacije ne smejo imeti slabših pogojev za življenje in razvoj kot sedanje (Plut, 1998).

Strategija razvoja slovenskega kmetijstva je že v letu 1993 opredelila glavne usmeritve delovanja države na področju kmetijstva in zajela prehransko varnost, ohranjenost poseljenosti podeželja, varovanje kmetijskih potencialov, povečanje konkurenčne sposobnosti kmetijstva ter zagotavljanje paritetnega dohodka (SKOP, 2002).

Osnovni programski dokument varstva okolja je Nacionalni program varstva okolja (Ur.l.RS, št.2/06), ki s svojimi usmeritvami zagotavlja izboljšanje stanja okolja kot omejitvenega in spodbujevalnega dejavnika

razvoja. Bistveni element programa je vpetost okoljske komponente in načel trajnostnega razvoja v programe posameznih sektorjev.

V Sloveniji se problemi na področju kmetijstva in okolja nanašajo predvsem na:

- opuščanje kmetovanja in posledično zaraščanje, kar prispeva k propadu kmetijske krajine, nadaljnji marginalizaciji teh območij v gospodarskem, kulturnem in socialnem pogledu ter zmanjševanju biotske pestrosti,
- intenzivno kmetovanje na ravninskih območjih, ki predstavlja potencialno nevarnost onesnaževanja pitne vode in tal, zaradi česar so ta območja v daljšem časovnem obdobju podvržena degradaciji in onesnaževanju naravnih virov, kakor tudi zmanjševanju pestrosti živalskih in rastlinskih vrst.

Tako se problemi, ki izhajajo iz živinorejske proizvodnje, nanašajo predvsem na onesnaževanje voda z nitrati in fosfati. V poljedelski in vrtnarski proizvodnji pa potencialno nevarnost za okolje predstavljajo: onesnaževanje voda z nitrati in pesticidi, degradacija in zbijanje tal, zmanjšanje naravne rodovitnosti tal ter neustrezni posegi v zemljiško strukturo.

Podzemne vode ogrožajo tako točkovni kot razpršeni viri onesnaženja ter prekomerno črpanje podtalnice, ki poruši hidravlično ravnovesje v vodonosniku. Med točkovne vire onesnaženja uvrščamo industrijo, obrtno dejavnost, skladiščenje nevarnih snovi, deponije odpadkov, opuščene in skrite deponije odpadkov, odkope gramoza ter gradnje. Razpršeni viri onesnaženja pa prihajajo predvsem iz kmetijske dejavnosti, poselitve in prometne infrastrukture. Parametri, značilni za onesnaževanje, ki izvira iz kmetijske dejavnosti, so nitrati, amonij, fosfati, kalij in pesticidi oziroma FFS. Povišanje vsebnosti navedenih parametrov pa je lahko tudi posledica neurejenega kanalizacijskega omrežja (amonij, nitrati, ortofosfati, kalij) ali neustreznega skladiščenja oziroma skritih deponij odpadkov (pesticidi) (ARSO, 2004).

### 3 Okoljski program v kmetijstvu

Slovenija sodi glede na svoje naravne geografske in družbene značilnosti med najbolj raznolike in pestre evropske države. Nahaja se v tranzitnem območju, za katerega so značilne različne naravne razmere kakor tudi politične, ekonomske in kulturne značilnosti. Je dežela hitrih sprememb, kjer se na relativno kratkih razdaljah pojavljajo različni tipi pokrajin (ANEK, 2006).

Slovenija je zastavila svojo politiko tako, da poskuša izboljšati dohodkovni položaj kmetovalcem, da pospešuje prestrukturiranje živilskopredelovalne industrije, da vzpostavi ustrezne organizacijske oblike in da na podeželju smiselno dopolnjuje kmetijstvo z drugimi gospodarskimi dejavnostmi (turizem, obrt), seveda ob hkratnem varovanju narave oziroma okolja nasploh (ANEK, 2006).

Na področju varovanja okolja, zato zelo pomembno vlogo igra prav uveljavljanje sonaravnih načinov kmetovanja, ki z upoštevanjem okoljskih, socialnih in proizvodnih funkcij kmetijstva prispevajo k ohranjanju okolja in ekološkega ravnotežja ter poseljenosti in kultiviranosti krajine (MOP in ARSO, 2002).

Ker je bilo kmetijstvo prepoznano kot pomemben obremenjevalec iz razpršenih virov, se je kot odgovor na to pojavil tako imenovani okoljski program v kmetijstvu, katerega namen je:

- popularizacija kmetijske pridelave, ki bo ustrezala potrebam potrošnikov ter varovala zdravje ljudi,
- zagotavljanje trajnostne rabe naravnih virov in
- ohranjanje biotske pestrosti ter značilnosti slovenske krajine.

Okoljski program je razdeljen na tri osnovne skupine, ki določajo naravo in vsebino ukrepov neposrednih plačil:

- I. skupina: zmanjšanje negativnih vplivov kmetijstva na okolje,
- II. skupina: ohranjanje naravnih danosti, biotske pestrosti, rodovitnosti tal in tradicionalne kulturne krajine,

- III. skupina: varovanje zavarovanih območij.

V IV. skupino sta vključena izobraževanje in promocija, ki sicer nista zasnovana kot ukrepa neposrednih plačil.

Vsi ukrepi okoljskega programa so skladni s principi trajnosti in sonaravnosti. Kot dopolnitev k ukrepom, lahko uporabimo ekoremediacijske metode. Z njimi lahko zmanjšamo in odpravljamo posledice kmetijskega onesnaževanja.

#### **4 Z ekoremediacijami do uresničitve ciljev okoljskega programa v kmetijstvu**

Okoljski program podpira kmetijstvo v njegovi okoljski funkciji in predstavlja akcijski program ob izvedbi programa reforme slovenskega kmetijstva, ki kmetijstvo hkrati prilagaja tudi zahtevam varovanja okolja v EU.

V mnogih primerih se program nanaša na ohranjanje specifičnih vrednot slovenskega podeželja, kot so tradicionalno kmetovanje in s tem povezano ohranjanje kulturne dediščine in tipičnih slovenskih krajin. Posebnega pomena je ohranjanje pestrosti živalskih in rastlinskih vrst, ki jo pogojuje prav raznolikost habitatov na območju Slovenije. V preteklem obdobju so se mnogi biotopi ohranili prav zaradi odmaknjenosti od večjih razvojnih središč ali pa uporabe naravi prijaznih oblik gospodarjenja na kmetijah. Tako je mogoče na podeželju srečati nekatere enkratne vrste živali in rastlin, ki se ohranijo samo v posebnem okolju ekstenzivno obdelanega podeželja (MOP in ARSO, 2002).

Ukrepi okoljskega programa se načrtujejo in izvajajo v skladu s principi trajnosti in sonaravnosti ter upoštevajo usmeritve s področja varovanja okolja. Tako so najpomembnejši cilji za Slovenijo:

- izboljšanje življenjskega standarda na podeželju,
- ohranjanje poseljenosti s kmetovanjem na okolju prijazen način,
- varovanje tradicionalne podeželske krajine,

- ohranjanje rodovitnosti tal z okolju prijazno pridelavo in predelavo,
- varovanje okolja,
- izboljšanje kakovosti virov pitne vode in
- ohranjanje biodiverzitete.

Da bi ohranili naravne danosti, ki so specifična značilnost določenega območja in uresničili zastavljene cilje v okviru okoljskega programa, bi morali kot dopolnitev ukrepov vpeljati ekoremediacije.

Ekoremediacije (ERM) so načini zaščite in obnove degradiranih okolij s pomočjo naravnih sistemov in procesov. Osnovni namen ERM je sonaravno gospodarjenje, ki omogoča celostni razvoj posameznih območij in prispeva k sožitju človeka in narave ter omili naravne ujme (Limnos, 2005).

Ekoremediacija je razmeroma nova, okolju in zdravju prijazna tehnologija. Vključuje zbiranje, zadrževanje, kondicioniranje in čiščenje ter večkratno uporabo vode. Pri tem izkorišča samočistilne sposobnosti naravnih ekosistemov ter jih dopolnjuje s postavitvijo rastlinskih čistilnih naprav, vegetacijskih pasov in drugih sonaravnih metod, s čimer posnema naravo in procese v naravnih ekosistemih. Ekoremediacija je lahko izjemno koristna na poljedelskih površinah, saj lahko z izbiro pravih metod zmanjšamo ali celo preprečimo odtekanje hranilnih snovi in zaščitnih sredstev v vodotoke in podtalnico, hkrati pa zagotavljamo vodo za zalivanje (Vrhovšek in sod., 2006).

Možnosti uporabe ERM, kot dopolnitev ukrepov so:

- zmanjševanje onesnaževanja podtalnice z nitrati, fosfati in pesticidi ter organskimi snovmi in amonijevimi spojinami iz živinorejskih farm (količina padavin v posameznih letih in njihova razporeditev)
- zmanjševanje onesnaževanja podtalnice z nitrati, fosfati in pesticidi na območjih s poljedelso in vrtnarsko proizvodnjo (količina padavin v posameznih letih in njihova razporeditev)
- zmanjševanje onesnaževanja zraka (negativni vpliv onesnaženega ozračja na vegetacijo se lahko odraža v akumulaciji toksičnih snovi v



rastlinah in njihovih plodovih ter poškodbah vegetacije)

- zmanjševanje posledic vetrne erozije (te so postale izrazitejše, zaradi odstranjevanja živih mej)
- zmanjševanje zemeljskih plazov
- zmanjševanje akumulacije pesticidov v tleh (čeprav se le-ta večinoma razgradijo v manj kot enem letu / nekatera sredstva so zelo obstojna in težko razgradljiva)
- zmanjševanje zaslanjevanja tal (ki lahko pride zaradi namakanja tal z neustrezno vodo, vendar menijo, da v naših klimatskih razmerah se zaslanjevanje tal ne more razviti v akutni obliki)
- ohranjanje že naravnega okolja (ocenjuje se, da je okrog 60% okolja naravnega ali pol naravnega)
- povečanje krajinske raznovrstnosti (intenzifikacija kmetijske proizvodnje je vplivala na izginjanje mokrotnih in suhih rastišč)
- zadržujejo vodo in bogatijo podtalnico
- delujejo kot dodatek obstoječim sistemom za preprečevanje onesnaževanja (npr. terciarno čiščenje v farmah)
- preprečujejo izsuševanje, ...

## 6 Literatura

Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami. Limnos, 2005.

Hrustel Majcen, M. in sod., 2006. Akcijski načrt razvoja ekološkega kmetijstva v Sloveniji do leta 2015. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 7 - 8

<http://ebi.calpoly.edu/about/ecoremediation.pdf>

Plut, D., 1998. Kaj je sonaravno usklajeno. Narava in okolje. Ljubljana, Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, zbirka: 80

Povprečne koncentracije nitratov v podzemnih vodah v letu 2003, 2004. Ljubljana, Poročilo o stanju okolja. Agencija Republike Slovenije za okolje.

Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji, 2002. Ljubljana. Ministrstvo za okolje in prostor in Agencija RS za okolje. 1 – 224

Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja 2005 – 2012 (ReNPVO). Uradni list RS, številka 2/06.

Slovenski kmetijsko okoljski program, 2002. Ljubljana. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 1 – 42

Vrhovšek, D, Vovk-Korže, A., 2006. Možnosti varovanja prsti in podtalnice z ekoremediacijami na kmetijskih območjih. Rakičan, Raziskovalno izobraževalno središče: 1- 9

## 5 Zaključek

Zavedati se moramo, da obstoječih problemov v zvezi z onesnaževanjem okolja ne bomo rešili zgolj z zakonskimi zahtevami in prepovedmi tehnične narave. Predvsem je potrebno spremeniti človekov odnos do narave in naravnih virov ter izobraževati ljudi o pomenu varovanja okolja.

Za povečanje varnosti voda pred kmetijskim onesnaževanjem je pomembno spodbujanje k uporabi novih okoljskih tehnologij (ekoremediacije), povečati ozaveščenost javnosti in kmetijskih pridelovalcev pri varovanju voda, povečati interes za tiste načine pridelave kmetijskih pridelkov / živil, ki so pridelana na ekološki ali integriran način.

Z ERM lahko odlično dopolnujemo katerikoli ukrep okoljskega programa v kmetijstvu. Saj obnova razvrednotenih ekosistemov z ekoremediacijami pomeni poleg stabilnejših naravnih sistemov tudi boljše stanje naravnih elementov v bivalnem okolju, kar izboljšuje življenje človeka in drugih živih bitij.

ERM niso nič novega, narava jih izvaja nenehno in povsod, dati ji moramo samo možnost.

# FITOREMEDIACIJSKI POTENCIAL TOPOLOV PRI ČIŠČENJU IZCEDNE VODE ODLAGALIŠČA ODPADKOV

*Nastja Pajk, dodiplomska študentka biologije, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani  
dr. Maja Zupančič Justin, mag. biol., univ. dipl. biol., Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo  
d.o.o.*

---

## **Izvleček:**

Zasadnja površine odlagališč odpadkov z lesnimi rastlinami ter njihovo namakanje z izcedno vodo se v svetu pojavlja kot trajnostni način fitoremediacije odlagališč. V lončnem poskusu smo primerjali rast topolov, zalivanih z izcedno vodo, s topoli zalivanimi s standardnimi rastlinskimi hranili. Dosežena poraba vode in biomasa rastlin, zalivanih z izcedno vodo ni veliko odstopala od porabe vode in biomase rastlin, zalivanih s standardnimi rastlinskimi hranili. To kaže na velike možnosti uporabe fitoremediacije z lesnimi rastlinami za čiščenje izcedne vode in tudi uporabe izcedne vode kot nadomestek rastlinskih hranil pri vzgoji biomase za energetske namene.

## **Ključne besede:**

izcedna voda odlagališča odpadkov, topol, rastlinska hranila, lesna biomasa, fitoremediacija

## **Abstract:**

Planting of landfill sites with woody plants and their irrigation with landfill leachate appears to be a sustainable way of remediation of landfills around the world. Growth of poplars, watered with landfill leachate, has been compared with a growth of poplars, watered with standard plant nutrients, in the pot experiment. The achieved water use and biomass of plants watered with leachate was similar to plants watered with standard plant nutrients. This shows on big potentials of the application of phytoremediation by woody plants for the treatment of lachate, as well as on the use of leachate as a substitute for plant nutrients at the production of biomass for energy purposes.

## **Key words:**

landfill leachate, poplar, plant nutrients, woody biomass, phytoremediation

## 1 Uvod

Fitoremediacijo lahko definiramo kot uporabo rastlin ali rastlin v simbiozi z rizosfernimi mikroorganizmi za in situ odstranitev, uničenje ali stabilizacijo onesnaževal v tleh in vodi (1, 2, 3). Med trajnostnimi načini čiščenja izcedne vode odlagališč odpadkov na mestu njenega nastanka so se uveljavile rastlinske čistilne naprave (4). Zasadnja površine odlagališč odpadkov z lesnimi rastlinami kot so vrbe, topoli in jelše ter njihovo namakanje z izcedno vodo pa se ravno tako pojavlja kot trajnostni način remediacije odlagališč (5, 6). Uporaba omenjenih lesnih vrst je primerna zaradi njihove hitre rasti, velike porabe vode, ekstenzivnega koreninskega sistema, široke genotipske raznolikosti in enostavne vegetativne propagacije (2, 3).

Izcedna voda odlagališča odpadkov vsebuje precej sestavin, ki jih rastline potrebujejo za rast: vodo, makroelemente (dušik, kalij, kalcij, magnezij, žveplo) in mikroelemente (bor, železo, klor, baker, cink) (6). S privzemom teh snovi v rastlinska tkiva izcedno vodo enostavno očistimo. Vendar pa rastlinska hranila v izcedni vodi niso vedno v idealnem razmerju za rast rastlin. Poleg tega se lahko srečujemo z visoko slanostjo izcedne vode ter prisotnostjo strupenih snovi kot so težke kovine. V lončnem poskusu smo zato želeli preveriti kakšen je fitoremediacijski potencial izbrane vrste topolov za čiščenje izcedne vode komunalnega odlagališča odpadkov.

## 2 Materiali in metode

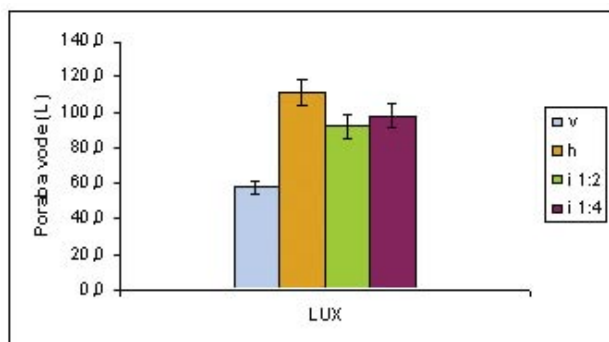
Raziskava je potekala na območju Centra za ravnanje z odpadki Vrhnika d.o.o. V marcu 2007 smo zasadili potaknjence topola (*Populus deltoides* cl. »I-69/55« - LUX) dolžine 25 cm, pridobljene iz enoletnih poganjkov rastlin. Po en poganjek smo zasadili v 12-litrsko vedro napolnjeno s kompostom, pomešanim s tlemi v razmerju 1:2. Do začetka junija smo rastline zalivali z vodo, da so se ukoreninile. Nato smo lonce z rastlinami prenesli v pokrit plastenjak, jih postavili v podstavke, razdelili v štiri skupine s po petimi rastlinami in pričeli z dodajanjem vode in različnih hranilnih mešanic. Tretmaji so zajemali naslednje vodne raztopine: voda iz vodovoda (*v*), izcedna voda odlagališča odpadkov redčena z vodo v razmerju 1:2 (*i 1:2*), izcedna voda redčena z vodo v razmerju 1:4 (*i 1:4*) in hranilna mešanica z uporabo rastlinskih gnojil (*h*). V tretmaju *h* smo uporabili gnojilo Greencare (N:P:K = 20:5:10) z dodatkom mikrohranil Mg, Fe, B; kalijev sulfat, pripravljen kot K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in amonitrat s 34% skupnega dušika. Ocenjena količina dodanih hranil v tem tretmaju je prikazana v Tabeli 2. Sestava izcedne vode, ki smo jo uporabljali v poskusu pa je prikazana v Tabeli 1. V času eksperimenta smo rastline dnevno zalivali glede na njihovo potrebo po vodi (preostanek vode v podstavku, izsušenost substrata, pričakovane temperature zraka) in si sproti beležili porabo hranilnih mešanic na rastlino. Po končanem poskusu v začetku avgusta smo lonce razdrli, rastline osušili in stehali zračno suho maso.

| Parameter          | Enota | Izcedna voda | Parameter        | Enota  | Izcedna voda |
|--------------------|-------|--------------|------------------|--------|--------------|
| pH                 |       | 8,11         | PO <sub>4</sub>  | mg/L   | 9,41         |
| el. prev.          | μS/cm | 5832,00      | tot P            | mg/L   | 27,45        |
| Na                 | mg/L  | 387,25       | DOC              | mg/L   | 198,20       |
| K                  | mg/L  | 147,59       | alkaliteteta     | μekv/L | 39933,33     |
| Ca                 | mg/L  | 9,34         | Cd               | μg/L   | 0,43         |
| Mg                 | mg/L  | 31,15        | Cr               | μg/L   | 1390,18      |
| Mn                 | mg/L  | < 0,01       | Zn               | mg/L   | 0,04         |
| NH <sub>4</sub> -N | mg/L  | 567,51       | Cu               | mg/L   | 0,03         |
| NO <sub>3</sub>    | mg/L  | 324,07       | Pb               | μg/L   | < 1          |
| NO <sub>2</sub>    | mg/L  | 29,07        | Ni               | mg/L   | 0,05         |
| SO <sub>4</sub>    | mg/L  | 9,99         | Fe               | mg/L   | 3,58         |
| Cl                 | mg/L  | 142,73       | HCO <sub>3</sub> | mg/L   | 696,42       |

Tabela 1: Sestava izcedne vode odlagališča odpadkov, uporabljene v eksperimentu.

### 3 Rezultati in diskusija

Iz slike 1 je razvidno, da je do največje porabe vode prišlo v tretmaju *h*, kjer smo se želeli približati idealnemu razmerju rastlinskih hranil za rast topolov. Tu so rastline dosegle tudi največjo biomaso (slika 2). Najmanj porabljene vode je bilo v tretmaju *v*, in sicer skoraj za polovico manj kot v tretmaju *h*. V tretmaju *v* so rastline dosegle tudi najmanjšo biomaso. Poraba izcedne vode obeh redčitev pa ni bila dosti manjša kot poraba mešanice umetnih gnojil in posledično tudi ne biomasa (le 20 do 23% nižja), kar kaže na velike možnosti fitoremediacije za čiščenje izcedne vode. Topolovo drevo lahko na dan privzame od 20 do 50 L vode, pri čemer je privzem odvisen od velikosti drevesa (višine, premera debla, listne površine) (1). V našem primeru smo z eno enoletno rastlino (povprečna višina 1,84 m, povprečen premer poganjka na višini 0,5 m je 12,6 mm) v dvomesečnem obdobju porabili 98,4 L izcedne vode v redčitvi 1:4, kar znaša 19,7 koncentrirane izcedne vode. Ker pa je življenjski prostor rastline v loncu omejen, privzem vode seveda ni bil optimalen. Zato lahko v naravnem rastišču pričakujemo še nekoliko večji privzem vode in s tem tudi prisotnih onesnaževal. Manjši privzem vode kot tudi manjša prirast biomase v tretmajih *i* v primerjavi s tretmajem *h* pa kaže na določene omejitve uporabe izcedne vode. Analiza izcedne vode kaže na visoko vsebnost soli, ki se je izkazala kot glavni omejujoč dejavnik fitoremediacije izcedne vode (2, 3).



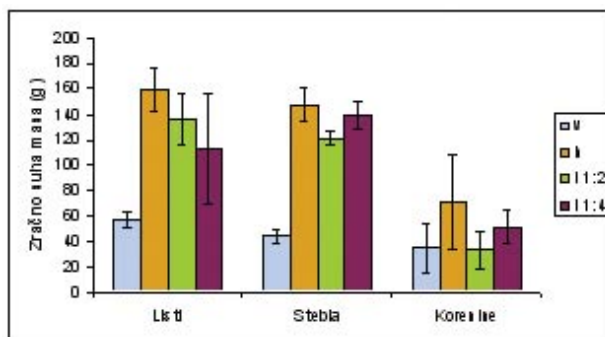
Slika 1: Povprečna poraba (L) vode (*v*), izcedne vode redčene z vodo v razmerju 1:2 (*i* 1:2) in 1:4 (*i* 1:4) ter hranilne mešanice (*h*) na rastlino v dvomesečnem obdobju.

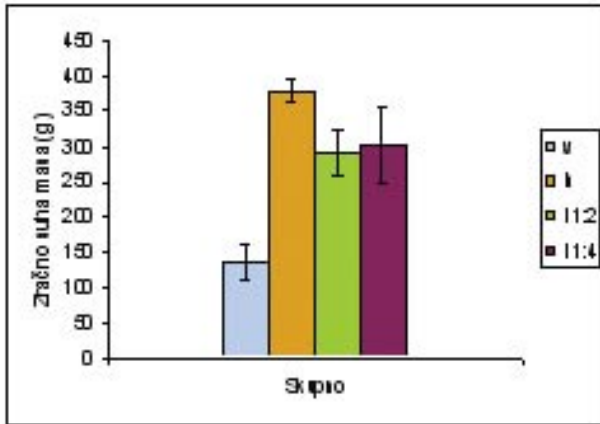
V Tabeli 2 je prikazan ocenjen masni vnos različnih elementov, ki smo jih z zalivanjem dodali v dvomesečnem obdobju. To nam v grobem predstavlja tudi količino odstranjenih onesnaževal iz izcedne vode, saj smo s podstavki preprečili odtok viška vode iz poskusnih posod. Predvidevamo pa lahko, da rastline niso porabile celotne količine elementov, ki so bile na voljo ter da se je del le-teh zadržal v substratu. Natančen odgovor o količini odstranjenih onesnaževal iz izcedne vode in njihove asimilacije v rastlinska tkiva bomo pridobili šele z analizo rastlinskega materiala.

| Prameter | Enota | i 1:2 | i 1:4 | h     |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| tot N    | g     | 16.16 | 10.35 | 5.87  |
| tot P    | g     | 0.84  | 0.54  | 0.538 |
| K        | g     | 4.54  | 2.91  | 3.26  |
| Mg       | g     | 0.96  | 0.61  | 0.32  |
| Fe       | g     | 0.11  | 0.07  | 0.02  |
| Na       | g     | 11.91 | 7.62  |       |
| Cl       | g     | 4.39  | 2.81  |       |
| Ca       | g     | 0.29  | 0.18  |       |
| B        | g     |       |       | 0,01  |

Tabela 2: Ocenjen masni vnos elementov (g) z izcedno vodo v redčitvi 1:2 (*i* 1:2) z vodo in redčitvi 1:4 (*i* 1:4) z vodo ter z uporabo rastlinskih gnojil (*h*).

Količina makroelementov, ki jih rastline potrebujejo za rast, je bila v tretmajih z izcedno vodo obeh redčitev večja kot v tretmaju z mešanico umetnih gnojil. Vendar pa je bila dosežena biomasa višja pri rastlinah tretiranih z umetnimi gnojili. Zaključimo lahko, da je bila slanost tudi v našem primeru glavni omejujoč dejavnik uspešne rasti.





Slika 2: Povprečna dosežena zračno suha masa (g) delov posamezne rastline (listi, stebela, korenine) in cele rastline v lončnem poskusu po petmesečnem obdobju rasti in dvomesečnem obdobju zalivanja z različnimi tretmaji. Vode, uporabljene v tretmajih so bile: voda iz vodovoda (v), hranilna mešanica z umetnimi rastlinskimi gnojili (h), izcedna voda v redčitvi 1:2 z vodo (i 1:2) in izcedna voda v redčitvi 1:4 (i 1:4).

## 4 Zaključki

Raziskava je pokazala, da je fitoremediacija z uporabo lesnih rastlin kot je topol lahko učinkovit način čiščenja izcedne vode odlagališča komunalnih odpadkov. Zaradi narave onesnaženosti izcedne vode, kjer glavna onesnaževala predstavljajo pravzaprav rastlinska hranila, pa se kaže možnost uporabe izcedne vode kot nadomestka rastlinskih gnojil v primerih lesnih nasadov za pridobivanje lesne biomase. Dosežena biomasa rastlin zalivanih z izcedno vodo namreč ni veliko odstopala od biomase rastlin, zalivanih z mešanico umetnih gnojil. Ker se v take namene uporablja hitrorastoče lesne rastline, ki imajo velik evapotranspiracijski potencial, lahko na ta način zmanjšamo onesnaženje velikih količin izcedne vode.

## 5 Zahvala

Predstavljeno raziskavo je financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS (projekt št. 1000-07-219415), Komunalno podjetje Vrhnika in Center za ravnanje z odpadki Vrhnika.

## 6 Viri in literatura

- Licht L. A., Isebrands J. G. 2005. Linking phytoremediated pollutant removal to biomass economic opportunities. *Biomass and Bioenergy* 28: 203-218
- Zalesny J.A., Zalesny R. S., Coyle D. R., Hall R. B. 2007. Growth and biomass of *Populus* irrigated with landfill leachate. *Forest Ecology and Management*, 248/3: 143-152
- Zalesny R.S., Bauer E.O., 2007. Evaluation of *Populus* and *Salix* continuously irrigated with landfill leachate I. Genotype-specific elemental phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation*, 9:281-306.
- Bulc, T.G., 2006. Long term performance of a constructed wetland for landfill leachate treatment. *Ecological Engineering* 26, 365-374.
- Bulc G T, Zupančič Justin M, 2007. Sustainable Solution for Landfill Leachate with a Use of Phytoremediation. Chapter 4. V: Albert, Velini (ed.) *Landfill Research Trends*. Nova Science Publishers.
- Zupančič Justin M., 2006. Sledenje onesnaževal v sistemu predčiščenja in vračanja izcedne vode pri sanaciji odlagališča komunalnih odpadkov. *Doktorska disertacija*, 230 pp.

# EKOLOŠKA OBNOVITEV REGULIRANIH VODOTOKOV NA GORIČKEM

*Alenka Sajovic, dipl. prof. geog. in soc., Bojana Kroflič, univ. dipl. biol., Ekoremediacijski tehnološki center, dr. Danijel Vrhovšek, Limnos Podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o.*

---

## **Izvleček:**

### *Ecological restoration of regulated river beds in Goričko*

Ekoremediacije kot mehke tehnologije, ki temeljijo na principu naravnih zakonitosti ekosistemov so pravi pristop za upravljanje z naravnimi viri v zavarovanih območjih (vodovarstvena območja, ekološko pomembna območja, posebna varstvena območja NATURA 2000 itd) ter za zagotavljanje dobrega ekološkega stanja pomembnih habitatov kot tudi za varovanje in ohranjanje ogroženih rastlinskih in živalskih vrst. Pričujoči prispevek bo predstavil prednosti in primere dobrih praks revitalizacij vodotokov kot ene izmed najbolj perspektivnih ekoremediacijskih metod za obnovo degradiranih vodotokov v preteklosti, saj že dolgo časa spoznanja kažejo na to, da ni dovolj le varovanje in ohranjanje posameznih ogroženih rastlinskih in živalskih vrst, ampak da je nujno potrebno več pozornosti nameniti tudi ohranjanju njihovih življenjskih okolij, torej ekosistemski pristop.

## **Ključne besede:**

celinske vode, novi pristopi za upravljanje z vodami, revitalizacije, ekoremediacije

## **Keywords:**

freshwater habitats, new techniques for management, socio-economics of nature restoration, ecoremediation

## **Abstract:**

Ecoremediation is the application of natural and co-natural systems and processes for nature and environmental protection and restoration and it sets a basis for ecosystem technologies. Those ecosystems have strong buffer, purification and biodiversity capacities, and they are capable to assist by neutralisation, decomposition and compensation of wasted waters, lands and air. Additional value of ecoremediation is that it revitalizes degraded parts of environment thus new value is given back to the environment. With ecoremediation we can protect important ecosystems from pollution and at the same time ecoremediation enables sustainable development as we are using natural processes to achieve this development. Protection of endangered and rare plant and animal species as well as there habitats is possible only with ecosystem technologies. Because only with them we can achieve or create the environment where this species will live and survive. With these technologies we can select the most suitable combination of ecological factors for every species or for the entire habitat.

The aim of the article is to show the advantages of using ecoremediation in protected areas such as Natura 2000 and to present the best practices of ecoremediation as river revitalization Mala Krka in protected area Goricko, vegetation zones, boundary lines, puddles and pools, wetlands and swamps, ecoremediation as substitutional ecosystems, constructed wetlands as multipurpose ecosystems. Education as an important part of sustainable development is shown on the some practical examples.

## 1 Uvod

Vidrin značilen življenjski prostor (habitat) so nižinske reke in potoki s plitvo strugo, ki ne presega 5 m širine, ima naraven tok in razčlenjene brežine z neokrnjenim bogatim vegetacijskim pasom. Številni mrtvi rokavi, zalivi, polotoki, tolmeni in sipine povečujejo raznolikost vidrinega habitata in omogočajo življenje velikemu številu rastlinskih in živalskih vrst. Zaradi različnih vplivov človeka je večnamenska funkcija (zadrževanje vode, samočistilna sposobnost in biodiverzitetna) vodnih in obvodnih ekosistemov močno okrnjena. Z ustrezno uporabo sonaravnih metod kot so večnamenske revitalizacije in ekoremediacije lahko v vodnih ekosistemih ponovno vzpostavimo zadrževanje vode, samočistilne procese in povečamo biodiverzitetno (Honigsfeld Adamič, M., 1998)

Z enonamenskimi posegi v vodotoke (melioracijami, kanaliziranjem) so bili številni vodotoki v Prekmurju uničeni, z njimi pa tudi nekateri izjemni ekosistemi z redkimi rastlinami in živalmi kot je na primer evroazijska vidra (*Lutra lutra*). Z izravnavo struge, izsuševanjem mokrotnih travnikov in izsekom obrečne vegetacije se namreč močno spremeni hidromorfološko stanje v vodotoku. Kanalizirane struge poleg okrnjene samočistilne sposobnosti, zadrževanja vode v pokrajini, posledično tudi ne zagotavljajo ustreznih habitatov za življenje različnih rastlin in živali, zaradi česar se močno zmanjšata biodiverzitetna in samoohranitvena sposobnost vodotoka.

Naravni ekosistemi so v svoji ontogenezi razvili številne remediacijske sisteme, ki jim pomagajo preživeti spremembe in ohraniti naravno dinamično ravnovesje. Takšne sisteme imenujemo naravne ekoremediacije kot so tolmeni, brzice, prodni nanosi, močvirna vegetacija itd., ki vsak zase opravljajo v vodnem ekosistemu pomembno funkcijo. Tolmeni omogočajo zadrževanje vode in zmanjševanje nihanja vodostaja, zadržujejo manjše delce in omogočajo odstranjevanje toksinov in hranil. V tolmunih se voda umiri in segreje. Brzice omogočajo prezračevanje vode in pomembno prispevajo k oblikovanju rečne

struge. Prodni nanosi so prav tako pomembni za prezračevanje vode, omogočajo filtracijo, zadrževanje ali razgradnjo organskih snovi, hranil in strupenih snovi. Močvirna vegetacija na rečnem bregu pa omogoča zadrževanje in prezračevanje vode, zadržuje večje delce in je primeren habitat za številne organizme (Vrhovšek, Vovk Korže, 2008).

Komponente naravnih ekoremediacij ter procese, ki v njih potekajo lahko prenesemo v sonaravne sisteme za zaščito in obnovo okolja in s tem v službo človeka. Tega so se zavedali že naši predniki, zato so take sisteme postavljali že v preteklosti.

## 2 Materiali in metode

Vidrine sledi lahko najdemo v Prekmurju malodane v vsakem potoku, rečici in reki, od Mure, Ledave in Krke do Mačkovskega, Peskovskega, Ratkovskega in Kobiljanskega potoka kot tudi značilnih zgrajenih vodnih zadrževalnikov, kot so Ledavsko jezero pri Kaščah na Ledavi, Hodoškem jezeru pri Hodošu na Dolenskem potoku, Križavskem jezeru na Mali Krki in Bukovniškem jezeru na Bukovnici (Honigsfeld Adamič, M. 1998).

V okviru projekta LIFE III smo sodelovali kot projektni partnerji pri izvajanju projekta z naslovom: Ohranjanje populacije vidre (*Lutra lutra*) na Goričkem. Namen projekta, ki je trajal od leta 2004 do 2008 je bil zagotoviti ugodno stanje populacije evrazijske vidre (*Lutra lutra*) in zveznost njenih migracijskih koridorjev na območju Goriškega (SV Slovenija), kjer je po zbranih podatkih vidrina populacija najbolj sklenjena in vitalna v Sloveniji.

Evroazijsko vidro (*Lutra lutra*) kot ogroženo vrsto navajata Bernska konvencija (Seznam II) in Habitatna direktiva (Council Directive 92/43/EEC, Dodatek II in Dodatek IV).

Osrednja naloga projekta je bila izboljšanje oz. obnova nekaterih vidrinih habitatov in zagotovitev dobrega ekološkega stanja celinskih vodotokov kot pomembnih habitatov za vidro v dolini Male Krke s

pomočjo ekosistemskih tehnologij – ekoremediacij, ki posnemajo principe naravnih zakonitosti v vodnih ekosistemih.

V okviru projekta smo za ohranitev vidrine populacije izvedli pilotne revitalizacije treh potokov v Prekmurju. Kot eden izmed prvih pilotnih objektov se je izvedla revitalizacija Male Krke v Krajinskem parku Goričko, z namenom obnovitve degradiranega vodotoka in posledično ohranjanja vidrine populacije in drugih rastlinskih in živalskih vrst.

Revitalizacija pomeni obnovitev ekološkega ravnotežja v degradiranem vodotoku v sonaravno stanje z ustreznimi vodnogospodarskimi posegi. Na potoku Mala Krka so bili izvedeni številni pilotni objekti, s pomočjo katerih se je obnovila zgradba in funkcija vodnega in obvodnega biotopa.

Nekoč naravno meandrirano strugo potoka Mala Krka na skrajnem SV Slovenije so sredi preteklega stoletja zaradi intenzivnega kmetijstva regulirali. Ker so dno potoka poglobili, je prišlo do izsušitve mokrišč in zniževanja nivoja podtalnice. Zaradi odstranitve obrežne vegetacije so bili negativni vplivi intenzivne obdelave kmetijskih površin v bližini potoka veliki. Pesticidi in umetna gnojila so se izpirala neposredno v potok in povzročila izrazito poslabšanje kakovosti vode ter zmanjšanje biodiverzitete (Vrhovšek, Vovk Korže, 2007)

Revitalizacija je bila izvedena na 800 metrov dolgem odseku potoka v vasi Domanjševci vse do madžarske meje. V strugo potoka Mala Krka je bilo vgrajenih več različnih talnih pragov, dve zajedi, zasadnja brežine, ob njih pa so se na več mestih postavili odbijači vodnega toka. Vodnogospodarski posegi so bili izvedeni z namenom razgibanja vodnega toka, zadrževanja vode, povečanja samočistilne sposobnosti in ustvarjanja biotopa. K boljšemu ekološkemu ravnovesju v vodotoku so prispevali zgrajeni leseni pragovi, ki so bili postavljeni vzdolž vodotoka na vsakih nekaj metrov. Njihova osnovna funkcija je zadrževanje drobnih sedimentov, ki nastanejo iz odplak bližnjih gospodinjstev. S tem ukrepom se voda sproti očisti in ohranja samočistilno sposobnost (Vrhovšek, Vovk Korže, 2007).

Odbijač



Prag



Slika 1 in Slika 2: Odbijač in prag na revitaliziranem Peskovskem potoku (Iztok Ameršek)

Poleg Male Krke sta bila revitalizirana še Peskovski potok in potok Mokoš. Peskovski potok je bil v preteklosti zaradi izgradnje železniške proge Puconci-Hodoš reguliran in podvržen klasičnim hidrotehničnim ukrepom. Spremenjena struga potoka je imela trapezno obliko, na dnu in brežinah so strugo uredili s kamnito oblogo, ki pa se je sčasoma zarasla s tujerodnimi rastlinami. Regulacija potoka je tako spremenila hidrologijo, geomorfologijo in strukturo brežine vodotoka. Sprememba je tako vplivala na



poslabšanje kakovosti in količine vode, zmanjšanje pestrosti vodnih in obvodnih habitatov ter s tem tudi biotske pestrosti. Posledično je regulacija ogrozila tudi številne vrstne predstavnike nižinskih vodotokov kot je na primer vidra (*Lutra lutra*).

V letu 2006 se je v okviru projekta INTERREG IIIA izvedla revitalizacija Peskovskovskega potoka z namenom ohranitve vidre na Goričkem v dolžini 100 metrov vodotoka v kraju Gornji Petrovci. Z namenom izboljšanja stanja vodotoka so bili izvedeni naslednji ukrepi: umetna zajeda, odbijač, talna membrana, pragovi, vrbovi popleti, pilotaze in zasadnja obrežja. Brežina vodotoka je bila oblikovana terasasto in zasajena z ustreznimi obrežnimi rastlinami kot so emergentni makrofiti iz družin *Typhaceae*, *Juncaceae*, *Cyperaceae*. Na polici (terase) nad hlodom pa so bile posajene trave (kanarsko čužko) ter grmovne vrste iz družin *Fabaceae*, *Myrtaceae*. V najvišjem delu brežine se zasadijo drevesa, največkrat iz družine *Salicaceae*. Glavne funkcije obrežnega pasu so: utrjevanje bregov, zadrževanje vode v tleh, preprečevanje vnosa netočkovnih virov onesnaževanja, omogočanje sedimentacije, senčenje reke in preprečevanje čezmernega segrevanja vode kot tudi nudenje pomembnega življenjskega prostora obvodnim živalim.



Figure: Revitalization of river basin (LIMNOS d.o.o)

### 3 Rezultati in diskusije

Največja grožnja vidrini populaciji so degradirani habitati zaradi agromelioracijskih del, vključno z regulacijami vodotokov, ki so bile izvedene v zadnjih desetletjih. Hkrati tekoče in stoječe vode na Goričkem ogroža tudi netočkovno onesnaževanje (neurejena kanalizacija, spiranje gnojil in zaščitene sredstev s kmetijskih površin). K reševanju tega problema so zlasti v zavarovanih območjih in na območjih Natura 2000 ekološko in ekonomsko najbolj sprejemljivi decentralizirani sistemi odvajanja in čiščenja odpadnih voda kot so rastlinske čistilne naprave ter zasadnja vegetacijskih pasov, ki preprečujejo vnos netočkovnih virov v vodne ekosisteme.

Z namenom obnove reguliranih vodotokov v Prekmurju in ohranjanja dobrega ekološkega stanja le-teh so bile izvedene številne revitalizacije v okviru različnih projektov. Rezultati prve polovice projekta kažejo, da vidre žive v večini tekočih in stoječih voda na Goričkem. Glavni habitatni koridor poteka po Mačkovskem potoku in Peskovskem potoku ter se nadaljuje po Krki na Madžarsko in je vse leto zaseden z vidrami (Honigsfeld Adamič M., 2003).

Vidri izboljšujemo njen vodni habitat s sonaravnimi metodami, ki jih izbiramo in prilagajamo lokalni situaciji primerno. Za vse nadaljnje revitalizacije so že izdelani pripravljene načrti in bodo izvedene v posamezni partnerskih občinah. Iz vrbovih popletov, ki so bili uporabljeni za utrjevanje brežin, že rastejo mlade vrbe, tolmune so naselile ribje vrste, številne vrste kačjih pastirjev itd.

Osrednji cilj in namen revitalizacij je bil torej izboljšanje ekološkega stanja habitatov populacije vidre. Hkrati je bil projekt uspešen s strani osveščanja in izobraževanja različnih ciljnih skupin, saj je bila na samem mestu postavljena tudi vodna učna pot, katere namen je osveščati obiskovalce in krajanje o pravilnem ravnanju z vodnimi ekosistemi in jih opozoriti na posledice, ki so jih prinesle regulacije vodotokov. Še posebej je potrebno izpostaviti, da je

to vplivalo na zmanjšanje biodiverzitete in ogroženosti življenjskega prostora ogrožene vidre. Ker se pri izvedbi ekoremediacij vključujejo tudi domačini, se hkrati naučijo uporabljati sonaravne metode pri urejanju vodotokov in vodnih ekosistemov kot so močvirja, kali itd.

Projekt ima raziskovalno, izobraževalno, vzgojno in promocijsko vlogo. Dolina Mala Krka je postala informacijsko učno središče za spoznavanje preteklosti in sedanjosti ob vodotoku. S potjo lahko krepimo zavest o pomenu varovanja voda in življenja v njih.

## 5 Viri in literatura

Honigsfeld Adamič, M. (1998). New threats to continuous viable otter population in northeastern part of Slovenia. Rozmberk Society (Ed.), Proc. 7th Int. Otter Colloquium, IUCN, Třebon, Czech Republic, 14-20 march 1998

Honigsfeld Adamič, M. (2003). Strokovna izhodišča za vzpostavljanje omrežja Natura 2000. Vidra (*Lutra lutra*). Končno poročilo. Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor

Manual of river restoration techniques; The River Restoration Centre; UK, 2002

Ohio stream management guide, Ohio department of natural Resources – Division of Water; [www.dnv.state.oh.us/water](http://www.dnv.state.oh.us/water)

Restoration of Stream Ecosystems an integrated catchment approach; Martina Eiseltova, Jeremy Biggs; Slimbridge, Gloucester, UK; 1995

Stream Corridor Restoration, Principles, Processes and Practices; [http://www.usda.gov/stream\\_restoration](http://www.usda.gov/stream_restoration)  
Urejanje vodotokov; Matjaž Mikoš; FGG, Ljubljana, 2000

Vrhovšek D., Vovk Korže A., Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije, Limnos, 2008

Vrhovšek D., Vovk Korže A., Ekoremediacije, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije, Limnos, 2007

Direktiva o habitatih (Council Directive 92/43/EEC, Dodatek II in Dodatek IV)

## 4 Zaključki

Če želimo ohraniti bogastvo vodnih in obvodnih ekosistemov moramo celostno upravljati s takšnimi ekosistemi.

Znotraj zavarovanih območij je nujno še posebej izpostaviti potrebo po ohranjanju in varovanju narave s pomočjo sonaravnih metod kot so ekoremediacije. Ekoremediacije - pristop, ki temelji na principih delovanja zakonitosti naravnih procesov in strukturi in funkciji ekosistemov je primeren za premišljene posege v prostor še zlasti znotraj zavarovanih območij, katerih poglobljena skrb in naša odgovornost je, da jih obvarujemo, ohranimo v dobrem ekološkem stanju. Glede na to, da so območja Nature 2000 v Evropi precej poseljena in predstavljajo pomembne razvojne potencialne je potrebno najti pravo mero uravnoveženosti razvoja teh območij, ki predstavljajo kakovostno bivanje človeka.

# PRISPEVEK K POZNAVANJU STANJA OGROŽENOSTI MOČVIRSKE LOGARICE (*Fritillaria meleagris* L.) NA LJUBLJANSKEM BARJU

dr. Jasna Paradiž, univ. dipl. biol., Zasebna raziskovalka

---

## Izvleček:

Proučili smo sedanje stanje ogroženosti močvirske logarice (*Fritillaria meleagris* L.) na Ljubljanskem barju na osnovi vrednotenja populacijskih in genetskih kriterijev. Izdelali smo topografske karte z območji razširjenosti ter gostoto populacij na močno obremenjenih področjih zaradi urbanizacije in kmetijstva. Poleg tega smo ocenili tudi stopnjo citogenetske ogroženosti naravno rastočih rastlin, ki so na svojih rastiščih najbolj občutljivi bioindikatorji škodljivih genotoksičnih vplivov kompleksnega onesnaževanja okolja. Rezultati prispevajo k boljšemu poznavanju ogroženih vrst rastlin in mokriščnih rastišč ter tako omogočajo njihovo ustrezno varovanje; uvajanje ekoremedij pa je potrebno za obnovo degradiranih rastišč.

## Ključne besede:

ogrožene rastlinske vrste, razširjenost in gostota populacij, genetske okvare, bioindikacija genotoksične polucije, Ljubljansko barje

## Abstract:

The present state of the endangerment of *Fritillaria meleagris* L. at Ljubljana moor was studied on the basis of population criterion and genetic risk assessment. We produced topographic maps with areas of plant distribution as recorded, and population density at the sites, where pollution impacts due to urbanization and agriculture are particularly strong. Cytogenetic risks of naturally growing plants as most susceptible bioindicators of complex genotoxic pollution in their habitats were evaluated. The results contribute to a better insight into endangerment of wetland plants and habitats and facilitate their necessary protection measures; however, ecoremediations should be implemented especially for the restoration of degraded habitats.

## Key words:

endangered plant species, distribution and population density, genetic damage, bioindication of genotoxic pollution, Ljubljana moor

## 1 Uvod

Močvirska logarica (*Fritillaria meleagris* L. – slika 1) naj bi po podatkih iz literature (Wraber in Skoberne, 1989) uspevala na Ljubljanskem barju na številnih rastiščih, ki pa so vse bolj ogrožena zaradi onesnaženosti vode, bližine mesta, prometa, turizma, odlaganja gradbenih in drugih odpadkov ter različnih kmetijskih dejavnosti (Krušnik s sod., 1999). Poleg tega ta rastišča lahko lastniki travnikov (kot kmetijsko površino) kadarkoli preorjejo v njive.

Preverili smo nahajališča močvirske logarice na Ljubljanskem barju, izrisali območje njene razširjenosti ter ocenili gostoto populacij na obremenjenih področjih Ilovice, Črne vasi in ob Ižanski cesti. Poleg tega smo še ovrednotili stopnjo citogenetske ogroženosti teh rastlin ter naredili izbor najbolj občutljivih vrst rastlinskih bioindikatorjev za sledenje škodljivih vplivov onesnaženja na mokriščih z genotoksičnimi kontaminanti.

## 2 Materiali in metode

Pregledali smo dokumentacijo o močvirski logarici (*Fritillaria meleagris* L.) in iz literature (zlasti rdečih seznamov) pripravili spisek znanih nahajališč na Ljubljanskem barju ter na terenu ocenili v kolišni meri so njena rastišča biološko degradirana ali spremenjena v obdelovalne površine. Primerjali smo stare podatke z novimi ter na področju Ilovice, Črne vasi in ob Ižanski cesti ugotavljali velikost delnih ali fragmentiranih populacij in ocenili številčnost rastlin v teh populacijah. Poleg tega smo tudi nabrali rastlinski material za citogenetske analize in oceno genetske ogroženosti rastlin v posameznih populacijah.

Na osnovi literaturnih in lastnih podatkov smo izrisali območje njene razširjenosti na Ljubljanskem barju. Za izbrana področja Ilovice in Črne vasi ter ob Ižanski cesti smo izdelali tudi natančnejše karte gostote populacij in pri tem za osnovo uporabili ortofoto posnetke in digitalne karte v merilu 1:5000.

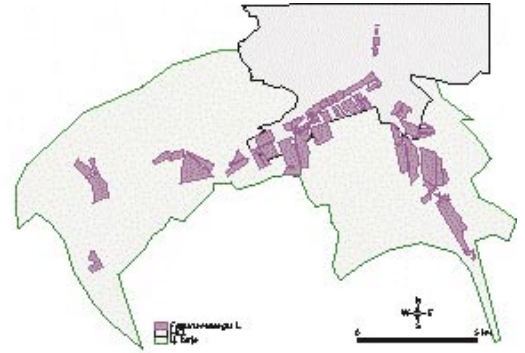
V citogenetski analizi smo pregledali različne vrste mokriščnih rastlin, pri čemer smo uporabili ustaljene metode citološkega dela (analize mitotskih kromosomov iz meristematskih celic koreninskih vršičkov). Na osnovi opaženih citogenetskih poškodb, povzročenih zaradi vpliva genotoksičnih dejavnikov iz okolja, smo ocenili stopnjo genetske ogroženosti proučevanih rastlin, vezanih na mokrišča.



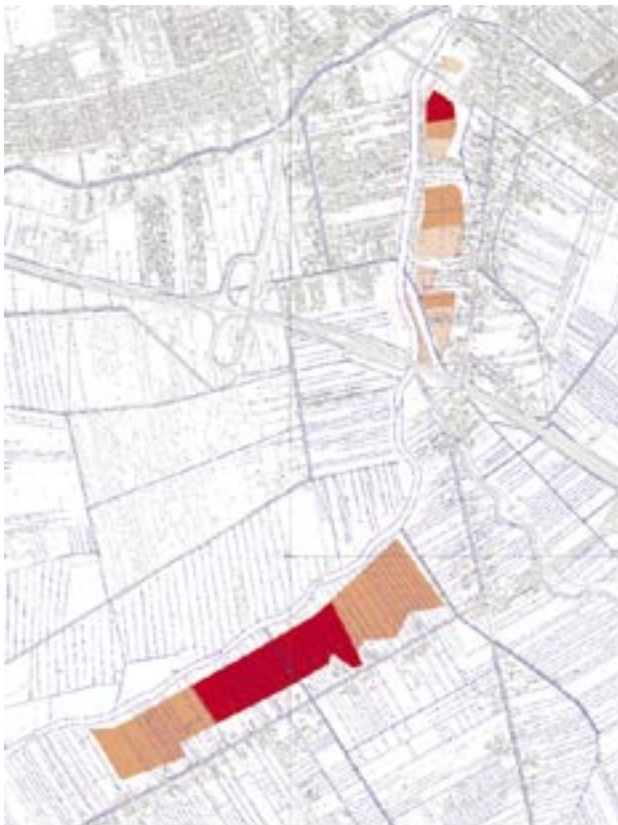
Slika 1. Močvirska logarica (*Fritillaria meleagris* L.) je na občasno poplavljenih travniščih značilna rastlina, ki bi jo zaradi ogroženosti in znamenitosti na Ljubljanskem barju morali varovati, vključno z njenimi rastišči. (Jasna Paradiž)

### 3 Rezultati in diskusije

V terenskih raziskavah smo pregledali rastišča močvirske logarice (*Fritillaria meleagris* L.) na Ljubljanskem barju in izdelali topografsko karto z izrisanimi območji razširjenosti (karta 1), ki kaže številna nahajališča na tem območju. Toda natančnejši karti (v merilu 1:5000) z izrisom gostote populacij na območju Ilovice in Črne vasi (karta 2) ter ob Ižanski cesti (karta 3) sta pokazali, da smo na večjem delu pregledanih področij na močvirnih travnikih našli posamične primerke močvirske logarice, ki pa so sedaj zunaj središča razširjenosti te rastlinske vrste na Ljubljanskem barju in so verjetno zadnji ostanki nekdanj številnejše populacije, ki na tem območju izginja.

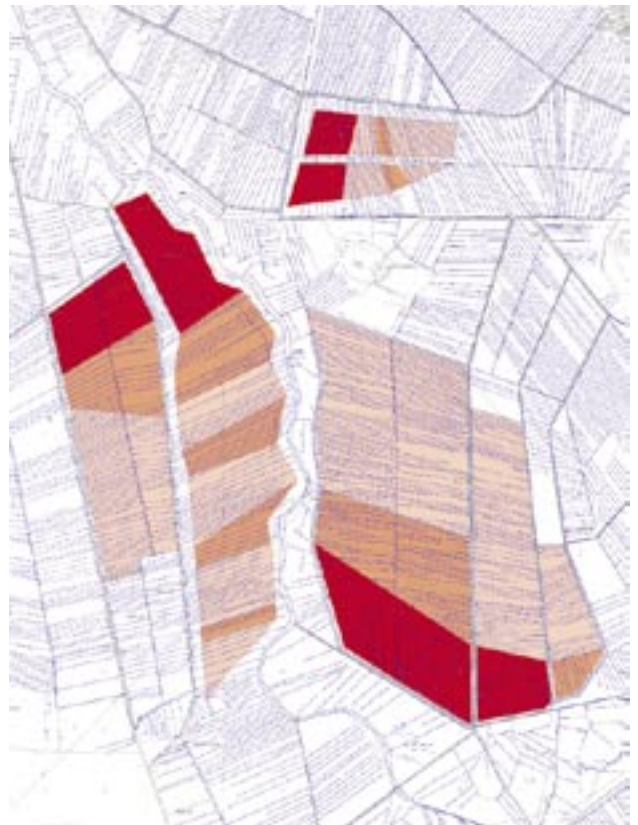


Karta 1. Območje razširjenosti močvirske logarice (*Fritillaria meleagris* L.) na Ljubljanskem barju.



gostota populacij:  
manjša  
srednja  
velika

Karta 2. Raziskano območje



gostota populacij:  
manjša  
srednja  
velika

Karta 3. Območje raziskave ob Ižanski cesti.

V dokaz škodljivih vplivov pretiranega gnojenja travnikov na teh področjih in neustrezne uporabe pesticidov in drugih kemičnih preparatov na sosednjih obdelovalnih površinah, smo citogenetsko analizirali tri ogrožene vrste rastlin, ki so vezane na mokrišča (tabela 1). Pri vseh proučevanih rastlinah je bil mitotski indeks (MI) v okviru običajnih normalnih vrednosti (5,8-6,0%), pri čemer je znašala povprečna frekvenca citogenetskih aberacij 25,3% na Ljubljanskem barju, medtem ko je bila frekvenca nepravilnosti približno 2,5-krat nižja na Radenskem polju (9,7%). Število kromosomskih aberacij je bilo največje pri močvirski logarici – *Fritillaria meleagris* L. na Ljubljanskem barju, frekvenca je znašala 10,9% in bila skoraj 2-krat večja kot pri poletnem velikem zvončku – *Leucojum aestivum* L. (6,0%) in robatem luku – *Allium angulosum* L. (6,1%).

Tabela 1. Citogenetski rezultati pri naravno rastočih rastlinah iz rastišč na mokriščnih travnikih.

| Rastlina   | Status IUCN | Območje rastišča | MI % | Stdv % | 2n(4x) % | B-kr % | Frag % | Most % | Z % | AKM % |
|--|-------------|------------------|------|--------|----------|--------|--------|--------|-----|-------|
| močvirska logarica<br>( <i>Fritillaria meleagris</i> L.) | E           | Lj. barje        | 5,7  | 0,8    | 1,4      | 2,3    | 10,8   | 0,1    | 8,5 | 5,6   |
|  |             | Ra. polje        | 3,4  | 2,8    | 1,3      |        |        | 0,2    | 3,9 | 3,9   |
| poletni veliki zvonček<br>( <i>Leucojum aestivum</i> L.) | V           | Lj. barje        | 6,0  | 0,2    | 1,1      |        | 1,1    | 4,9    | 5,8 | 9,0   |
|  |             | Ra. polje        | 6,4  |        | 8,8      | 0,3    | 1,3    | 1,5    | 0,8 |       |
| robati luk<br>( <i>Allium angulosum</i> L.)              | V           | Lj. barje        | 5,7  | 1,9    | 4,2      | 0,7    | 3,3    | 2,8    | 9,5 | 4,9   |
|  |             | Ra. polje        | 5,1  | 1,5    | 2,3      |        | 0,5    | 0,8    | 2,1 | 1,6   |

Status po IUCN (Mednarodna zveza za varstvo narave in naravnih virov) E – prizadeta vrsta, V – ranljiva vrsta, Lj. barje – Ljubljansko barje, Ra. polje – Radensko polje, MI – mitotski indeks, Stdv – standardna deviacija, 2n(4x) – tetraploidne celice, B-kr – B kromosomi, Frag – kromosomski fragmenti, Most – anafazni kromosomski mostovi, Z – zlepljanje kromosomov, AKM – amorfnata kromatinska masa

Sledi zaključek, da so opažene poškodbe rastlinskega genetskega materiala posledica genotoksičnih vplivov okolja na Ljubljanskem barju večje kot na Radenskem polju. Od rastlinskih bioindikatorjev genotoksičnosti je bila *Fritillaria meleagris* (status prizadete vrste po IUCN) najbolj občutljiva na klastogene vplive, zato je genetsko najbolj ogrožena na Ljubljanskem barju pri intenzivnem izkoriščanju okoliških kmetijskih površin.

## 4 Zaključki

Podali smo pregled prisotnosti in razširjenosti močvirske logarice (*Fritillaria meleagris* L.) na Ljubljanskem barju ter ocenili številčnosti rastlin v populacijah na obremenjenih lokalitetah in stopnjo genetske ogroženosti teh rastlin zaradi onesnaževanja v spreminjajočem se okolju. Poleg tega smo ovrednotili uporabnost groženih rastlin kot bioindikatorjev onesnaženosti v mokriščnih habitatih pri sledenju genotoksičnih vplivov iz okolja.

Ugotovili smo bogata rastišča močvirske logarice na več delih Ljubljanskega barja (karta 1), toda gostota populacij se očitno manjša na večjem delu pregledanih področij Ilovice, Črne vasi in ob Ižanski cesti (karti 2 in 3). Ta rastišča so spremenjena ali celo uničena zaradi vse večjega onesnaževanja in vse bolj intenzivnega izkoriščanja sosednjih polj, njiv in vrtov, kar je pri naravno rastočih mokriščnih rastlinah

povzročilo povečan obseg citogenetskih poškodb (tabela 1). Močvirska logarica, s statusom prizadete vrste po IUCN klasifikaciji, je genetsko bolj ogrožena na Ljubljanskem barju od drugih ogroženih vrst, ki so občutljivi bioindikatorji (Lovka s sod., 2003; Paradiž 2007, 2008) genotoksičnih vplivov polucije na svojih rastiščih.

Rezultati prispevajo k boljšemu poznavanju ogroženosti in varstvenega statusa močvirske logarice na Ljubljanskem barju. Koristijo pri pripravi podatkov za planiranje varovalnih ukrepov pri ohranjanju biološke diverzitet in ogroženih rastlinskih vrst v Sloveniji (Wraber in Skoberne, 1996), kar zahtevajo določila mednarodnih konvencij. Uporabni so za določanje okvirov zaščitenih naravnih območij in uvajanje ekoremediacij (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007) za trajnostni razvoj. Citogenetski rezultati pa bodo morda povečali zanimanje lokalne in državne uprave za varovanje ogroženih ekosistemov in vrst ter s tem celotnega okolja.

## 5 Viri in literatura

- Krušnik C., A. Sovinc, M. Lovka, D. Tome, G. Kosi, M. Kotarac, 1999: Izdelava katastra barjanskih odvodnikov po njihovem ekološkem pomenu. Nacionalni inštitut za biologijo, Končno poročilo, 150 str.
- Lovka M., C. Krušnik, G. Kosi, J. Paradiž, 2003: Naravna dediščina mokriščnih habitatov. Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana. Naročnik Mestna občina Ljubljana. Oddelek za stavbna zemljišča MO Ljubljana. ZVO-12/98. Končno poročilo, Ljubljana, 131 str.
- Paradiž J., 2007: Cytogenetic bioassays of environmental impact in Slovenia. Thematic scope: Application of ecoremediations and knowledge transfer. Prispevek na mednarodni ERM konferenci. Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja Slovenija, Celje 21. in 22. september 2007.
- Paradiž J., 2008: Rastlinski biotesti za ugotavljanje biodiverzitet in genotoksičnih vplivov polucije okolja. V: Zbornik referatov. Mednarodna ERM konferenca. Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja Slovenija, Celje 21. in 22. september 2007, 174-179
- Vrhovšek D. in A. Vovk Korže, 2007: Ekoremediacije. Znanstvena monografija. Izdajatelj: Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta Maribor, Mednarodni center za ekoremedaacije in Limnos, d.o.o., 130 str.
- Wraber T. in P. Skoberne, 1989: Rdeči seznam ogroženih praprotnic in semenovk SR Slovenije. Varstvo narave 14-15. Ljubljana
- Wraber T. in P. Skoberne, 1996: Praprotnice in semenke. V: Narava Slovenije, stanje in perspektive. Zbornik prispevkov o naravni dediščini Slovenije. Društvo ekologov Slovenije, Ljubljana, 1996, 194-204

# MAKROFITI JEZERA KOMARNIK - PONOR IN VIR HRANIL

mag. Brigita Horvat, Osnovna šola Lenart, Lenart v Slov. goricah

prof. dr. Alenka Gaberščik, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Univerza v Ljubljani

---

## Izvleček:

Namen raziskave je bil spoznati pogostost in letno dinamiko makrofitov v akumulacijskem jezeru Komarnik in njihov vpliv na kemizem vode. Komarnik je nastal ob melioraciji doline reke Pesnice in je bil namenjen zadrževanju visokih voda, danes pa je tudi gojitveni ribnik. Za ugotavljanje vpliva okoljskih sprememb na jezero smo pet let opazovali združbo makrofitov v jezeru in kvaliteto vode tekom dveh vegetacijskih obdobj. Spremembe zastopanosti in pogostosti makrofitov smo spremljali na petih transektih. Vrednosti kemijskih parametrov kažejo vnos nutrientov in različnih ionov, ki odteka iz okolice in jih v jezero prinaša pritok. Ugotovili smo, da so razmere v jezeru ugodne za rast in razvoj vodnih makrofitov, kar se odraža v veliki vrstni pestrosti. Od 19 najdenih taksonov makrofitov jih je 11 na Rdečem seznamu praprotnic in semenk Slovenije. Prevladovale so vrste *Ceratophyllum demersum*, *Trapa natans* in *Ranunculus circinatus*. Voda je bila zmerno obremenjena s hranili, v pritalni plasti je bila koncentracija kisika pogosto zelo nizka (pod 2 mg/l), koncentracija amonijevega iona pa visoka. Makrofiti jezera Komarnik - ponor in vir hranil.

## Ključne besede:

Komarnik, akumulacijsko jezero, makrofiti, hranila.

## Abstract:

### *Macrophytes of the lake Komarnik-a sink and a source of nutrients*

The aim of our study was to establish the abundance and seasonal dynamics of macrophyte development as well as their influence on water quality in accumulation lake Komarnik, which was built during the melioration of the river Pesnica valley. In order to estimate the human impact we have monitored changes in macrophyte community for 5 years and changes in water chemistry during two vegetation periods. The changes in presence and abundance of macrophytes were monitored in five transects of the lake. The values of chemical parameters indicated the input of nutrients and different ions into the system through the runoff from the surrounding areas and by the tributary. Favourable conditions in the lake supported luxurious growth of diverse macrophyte community. Out of 19 taxa found in the lake, 11 are listed on the Red list of Pteridophyta and Spermatophyta of Slovenia. The species *Ceratophyllum demersum*, *Trapa natans* in *Ranunculus circinatus* were prevailing. Lake water was moderately loaded with nutrients. The lower layer of water column was permanently lacking of oxygen (less than 2 mg/l), resulting in increased concentrations of ammonium ion. Plants accumulate and remove pollutants and in that way clean the lake.

## Key words:

Komarnik, accumulation, lake, macrophytes, nutrients.



# 1 Uvod

Med stoječe celinske vode prištevamo naravna stalna jezera, presihajoča jezera, mrtvice, mokrišča, umetne akumulacije, manjše zadrževalnike, ribnike ter druge ojezeritve. Največ jezer in ribnikov v Sloveniji je v njenem SV predelu (Panonska nižina). Za celovit opis nekega jezera so zelo pomembne geomorfološke lastnosti jezera, kot so globina, površina in oblika, pomembna pa je tudi mineralna zgradba jezerskega dna. Od vseh teh parametrov je odvisno, kako bodo vnos hranilnih snovi v jezero in drugi dejavniki okolja vplivali na procese v jezeru. Splošno razširjen in ključen problem vseh naravnih in umetnih (antropogenih) stoječih voda je njihovo pospešeno onesnaževanje, ki ga povzroča prekomeren vnos hranilnih snovi, zlasti fosforja in dušika, iz točkovnih in razpršenih virov (komunalne in industrijske odpadne vode, razpršeno onesnaževanje iz kmetijskih zemljišč). Pri kroženju hranilnih snovi imajo osrednjo vlogo rastline, ki hranila porabljajo, pri fotosintezi nastali kisik pa omogoča prezračevanje vode in s tem tudi hitrejšo razgradnjo snovi. V primeru, da je dotok hranil in organskih snovi prevelik, se samočistilna sposobnost vodnih teles zmanjša (Wetzel, 1990). Za gospodarjenje z mnogimi vodnimi habitatami je nujno poznavanje makrofitov (Fox, 1992) ter naravnih značilnosti litoralnega območja (Mazej in Gaberščik, 1999b). Makrofiti so tudi pomemben element za prepoznavanje kakovosti vodnih teles v evropski zakonodaji (Vodna direktiva 2000/60 EC).

V raziskavi smo želeli ugotoviti vrstno sestavo makrofitov v jezeru Komarnik in ugotoviti njihov vpliv na kakovost vode.

## 1.1 Makrofiti

Makrofit je izraz, ki ga uporabljamo za vodne rastline in nima taksonomskega pomena. Pokriva vse rastline vidne s prostimi očmi. Vključene so alge (parožnice, nitaste alge), mahovi in jetrnjaki (*Bryophyta*) ter praprotnice (*Pteridophyta*) in cvetnice (Jeffries in Mills, 1999). Makrofiti so tudi višje vodne rastline, ki so se razvile iz kopenskih vrst in se delno ali popolnoma prilagodile vodnemu okolju, pri tem pa razvile

sekundarne prilagoditve ali reducirale kopenske znake (Hutchinson, 1975). Glede na ekologijo in vezanost na vodno okolje makrofite delimo na prave vodne rastline (hidrofite) in močvirske rastline (helofite).

## 1.2 Pomen vodnih rastlin

Vodno okolje nudi rastlinam precejšnje prednosti pred kopenskim, predvsem zaradi načina absorpcije hranil in vodnega režima, po drugi strani pa se rastline soočajo z nekaterimi neugodnimi dejavniki, kot so pomanjkanje svetlobe, plinov, včasih pa tudi mineralnih snovi (Martinčič in sod., 1999). Zaradi ugodne dostopnosti vode in hranil so nekatere rastline celinskih voda zelo produktivne, njihova obilnost je lahko večja kot v večini ostalih ekosistemov (Jeffries in Mills, 1999). Dnevna primarna produkcija nekaterih makrofitov s plavajočimi listi je tako velika kot pri kopenskih rastlinah (Tsuchiya in Iwaki, 1983). Produktivnost vodnih makrofitov v celinskih vodnih ekosistemih je na splošno večja kot produktivnost fitoplanktona. Vodni makrofiti so manj številčni kot kopenske rastline, prispevajo pa velik delež k primarni produkciji, posebno v plitvih jezerih (Jeffries in Mills, 1999). Spremembe okoljskih dejavnikov neposredno vplivajo na vitalnost makrofitov z vplivom na fiziološke procese ali posredno z vplivom na koncentracije encimov in pigmentov (Sand-Jensen, 1989). Na primer ob visoki koncentraciji nutrientov v plitvih vodah so makrofiti pogosto prekriti z nitastimi algami, ki porabljajo anorganski ogljik uspešno tudi ob njegovih nizkih koncentracijah. Rastejo hitro in povzročajo motnost v vodnem stolpcu. Ko nitaste alge pridejo na vodno površino, popolnoma zasenčijo dno, pH naraste, makrofiti, pritrjeni v substratu, pa propadejo (Pokorny, 1994).

Makrofiti imajo pomembno vlogo pri blaženju obremenjevanja okolja. Postopek razstrupljanja okolja s pomočjo zelenih rastlin se imenuje fitoremediacija. Rastline iz okolja sprejemajo različne tuje snovi ter ga s tem čistijo (Raskin, 2005). Pomembno vlogo pri tem imajo vsi rastlinski deli, še posebej pa je pomembna dejavnost korenin in listov. Med vodnimi rastlinami imajo posebno visoko sposobnost hiperakumulacije vodna hiacinta (*Eichhornia crassipes*) in mala vodna leča (*Lemna minor*).

## 2 Mesto raziskav

### 2.1 Akumulacijsko jezero Komarnik

Akumulacija (ribnik) Komarnik je eno od štirih umetnih jezer, ki so bila narejena v šestdesetih letih 20. stoletja ob melioraciji pesniške doline v občini Lenart in je namenjena zadrževanju visokih voda reke Pesnice in njenih pritokov. Od ostalih jezer se razlikuje predvsem po pestri združbi makrofitov. Na vzhodni strani ga obdaja gozd Črni les, na južni in zahodni strani pa travniki in intenzivno obdelovana polja. Akumulacija Komarnik ima površino okrog 30 ha. Srednja nadmorska višina je 250 m. Maksimalna globina akumulacije je okrog 2 m (Fliser in sod., 1987). V akumulacijo je speljan Partinjski potok. Komarnik je uvrščen med naravne vrednote državnega pomena (Uradni list RS).

## 3 Material in metode

### 3.1 Mesta vzorčenja

Fizikalne in kemijske meritve smo izvedli na izlivu Partinjskega potoka v akumulacijo, (v nadaljevanju na »dotoku«), na prelivu akumulacije (v nadaljevanju na »odtoku«) ter na določenem mestu posameznega transektu TR1–TR4 (Slika 1). Popisi in ocenjevanje prisotnosti in pogostosti vrst makrofitov so bili narejeni na petih transektih (TR1, TR2, TR3, TR4 in



Slika 1: Akumulacija Komarnik in shema lokacij vzorčenja in popisov makrofitov (vzorčna mesta na posameznih transektih so označena s krogcem).

TR5), ki so delili akumulacijo na šest polj (Slika 1). TR smo razdelili na različno število odsekov (dolžine po 20 m in širine po 5 m). TR1 je imel 12 odsekov, TR2 16, TR3 20, TR4 16, TR5 pa 10 odsekov.

## 3.2 Delo na terenu

### 3.2.1 Popis makrofitov

Popis makrofitov na TR1 smo izvedli v letih 2000 do 2004 na vrhuncu vegetacijske sezone (julij, avgust). Popis makrofitov skozi vegetacijsko sezono je potekal na petih transektih prečno čez akumulacijo od aprila do septembra v letu 2001 (Slika 1). Transekte smo izbrali tako, da so se med seboj čimbolj razlikovali po številčnosti in vrstni sestavi makrofitske združbe. Posamezen transekt smo razdelili na odseke dolžine 20 m in iz čolna pregledovali jezero in ocenjevali prisotnost in pogostost makrofitov. Vrste, ki jih nismo mogli doseči, smo iz vode izvlekli s pomočjo grabilca. Večino rastlinskih vrst smo določili na terenu, težje določljive pa v laboratoriju. Pomagali smo si s ključi za določanje rastlin (npr. Martinčič in sod., 1999, Haslam s sod., 1987, Preston, 1995, Casper in Krausch, 1981, Flora Europea, 1980).

### 3.2.2 Vzorčenje vode

Vzorčenje vode za fizikalne in kemijske analize je bilo izvedeno v času od 30. 07. 2000 do 21. 09. 2001. Voda akumulacije Komarnik je bila vzorčena skladno z določili ISO 5667 - 6 (vzorčenje vode). Pri načrtovanju programa in vzorčenja so bila upoštevana tudi navodila ISO standardov 5667 - 1 in ISO 5667 - 3 in določila Pravilnika o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda (Ur. list RS, št. 42/2002). Vzorec vode je bil odvzet neposredno z zajemom vode. Na mestu vzorčenja smo izmerili temperaturo zraka in vode, pH vrednost, električno prevodnost (Iskra MA 5968, SLO) in koncentracijo raztopljenega kisika.

## 3.3 Statistična obdelava

Prisotnosti in pogostosti makrofitov smo ocenjevali po 5-stopenjski lestvici ( $MI = 1-5$ ) in podatke obdelali s pomočjo računalniškega programa, ki ga je po metodologiji povzeli po Pall in Janauer (1995) priredil Milijan Šiško. Količino smo interpretirali kot

masni indeks (MI), ki je s »pravo biomaso« (PM) povezan s funkcijo  $f(x) = x^3$ . Relativno rastlinsko maso (RPM) smo uporabili za računanje kvantitativne pomembnosti vrste v času vzorčenja (Pall in Janauer, 1995). Izračunamo jo po formuli:

$$RPM_x [\%] = \frac{\sum_i (PM_{xi} * L_i) * 100}{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n (PM_{ji} * L_i) \right)}, \text{ kjer je}$$

$RPM_x$  = relativna rastlinska masa vrste x,  
 $PM_{xi}$  = rastlinska masa vrste x v vzorčenju i,  
 $L_i$  = dolžina pregledanega odseka.

## 4 Rezultati in diskusija

### 4.1 Makrofiti jezera Komarnik

#### 4.1.1 Najpogostejši makrofiti obrežnega pasu

Obrežje jezera je zelo pestro in skoraj v celoti obraslo s helofiti. Poseljen litoral zmanjšuje vplive okolja in stabilizira ekosistem (Wetzel, 1990). Na SZ delu akumulacije je nasip in pas poraščenosti s helofiti je ožji, na vzhodni strani jezerske kotanje pa je pas poraščenosti širši, rastline rastejo vedno ali občasno v vodi (odvisno od vodostaja) in so pritrjene. Najbolj zastopani taksoni so *Alisma* spp., *Caltha palustris*, *Carex* spp., *Equisetum palustre*, *Eleocharis palustris*, *Galium palustre*, *Glyceria maxima*, *Iris pseudacorus*, *Juncus effusus*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Phragmites australis*, *Polygonum amphibium*, *Rorippa amphibia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Sparganium erectum*, *Typha latifolia* in *Typha angustifolia*.

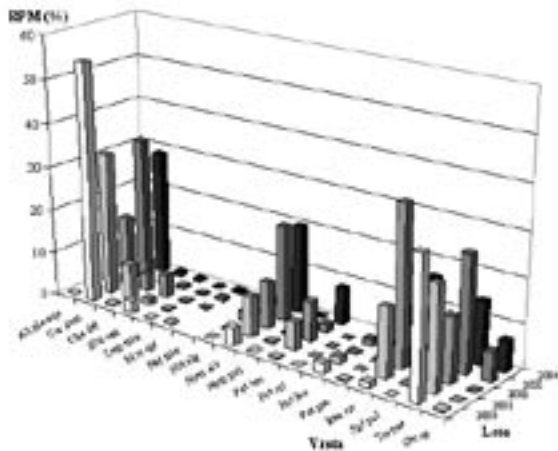
#### 4.1.2 Vrstna sestava makrofitov v jezeru Komarnik

Jezero Komarnik se bistveno razlikuje od ostalih akumulacijskih jezer v Pesniški dolini, saj je namenjen gojenju rib, pestrost pravih vodnih rastlin pa je v njem še posebej velika. Jezero je plitvo in v celoti prekrito z makrofiti. V jezeru smo na petih transektih našli 19 vrst makrofitov (Preglednica 1). V letih od 2000 do 2004 so bile v jezeru vodilne vrste: rogolist, vodni orešek

in razkrečnolistna vodna zlatica. Na TR1, ki smo ga opazovali vseh pet let, je bil vsa leta razen 2002 na vrhuncu sezone najpogostejši rogolist, leta 2002 pa je bila najpogostejša razkrečnolistna vodna zlatica (Slika 2).

Preglednica 1: Seznam makrofitnih vrst jezera Komarnik

| LATINSKO IME   | OKRAJŠAVA   | SLOVENSKO IME                 |
|--|-------------|-------------------------------|
| <i>Alisma plantago-aquatica</i> L.   | Ali pla-aqa | trpotčasti porečnik           |
| <i>Ceratophyllum demersum</i> L.   | Cer dem     | navadni rogolist              |
| <i>Chara delicatula</i> (Kützing) R. D. Wood                                       | Cha del     | hara                          |
| <i>Elodea canadensis</i> L. C. Rich.   | Elo can     | vodna kuga                    |
| <i>Lemna minor</i> L.  | Lem min     | mala vodna leča               |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> L.  | Myr spi     | klasasti rmanec               |
| <i>Najas minor</i> All.  | Naj min     | mala podvodnica               |
| nitaste alge   | Nit alg     | nitaste alge                  |
| <i>Nymphaea alba</i> L.  | Nym alb     | beli lokvanj                  |
| <i>Nymphoides peltata</i> (S. G. Gmelin) O. Kuntze.                                | Nym pel     | ščitolistna močvirka          |
| <i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber.   | Pot ber     | Berchtoldov dristavec         |
| <i>Potamogeton crispus</i> L.  | Pot cri     | kodravi dristavec             |
| <i>Potamogeton pectinatus</i> L.   | Pot pec     | češljasti dristavec           |
| <i>Potamogeton lucens</i> L.   | Pot luc     | bleščeči dristavec            |
| <i>Ranunculus circinatus</i> Sibth. [ <i>Batrachium circinatum</i> (Sibth.) Spach] | Ran cir     | razkrečnolistna vodna zlatica |
| <i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleiden.   | Spi pol     | navadna žabja leča            |
| <i>Trapa natans</i> L.   | Tra nat     | vodni orešek                  |
| <i>Utricularia vulgaris</i> L.   | Utr sp      | navadna mešinka               |
| <i>Utricularia australis</i> L. R. Br.   | Utr sp      | južna mešinka                 |



Slika 2: Medletna dinamika zastopanosti makrofitov v jezeru Komarnik na delu transeкта 1, julija, od leta 2000 do 2004 (usota relativne rastlinske mase).

## 4.2 Globina vode

Nivo vode v jezeru Komarnik je odvisen od pritoka Partinjskega potoka. Spomladi potok poplavlja, v poletnih mesecih (julij, avgust) pa navadno usahne. Ribiči nastavijo vodostaj jezera na določen nivo, ki pa ne sme biti višji od nivoja potoka. V mesecu maju in juniju je prtok približno enak iztoku. Ko nivo vode pade (navadno julija in avgusta) do določene meje, ribiči zaprejo odtok.

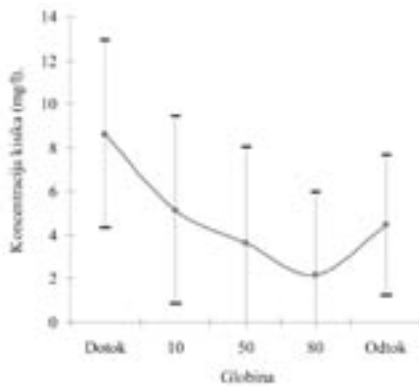
Sprememba vodostaja predstavlja za rastline močan selekcijski dejavnik, kar se je pokazalo predvsem v letu 2004. Takrat se je vrstna pestrost zmanjšala zaradi suše v predhodnem letu, ko je vodna gladina močno upadla. Voda je bila le še v globljih kotanjah, zato so bile razmere za rast in razvoj emerznih, submerznih in natantnih makrofitov motene. Nekatere bolj prilagojene vrste pa so nekaj časa lahko rasle na kopnem (npr.: klasasti rmanec, ščitolistna močvirka, vodni orešek, trpotčasti porečnik, razkrečnolistna vodna zlatica, vodna dresen).

## 4.3 Fizikalne in kemijske analize

Zaradi nizkega vodostaja ni bilo pomembnih razlik v temperaturi vode med dotokom, odtokom in jezerom (srednje vrednosti so bile:  $T_{\text{DOTOK}} = 20,2$  °C,  $T_{\text{ODTOK}} = 0,3$  °C,  $T_{\text{JEZERO}} = 20,7$  °C do  $T_{\text{JEZERO}} = 22,7$  °C). Srednji pH v opazovanem obdobju je bil

$7,3 \pm 0,3$ . pH na dotoku je bil višji kot na odtoku in je upadal z globino, kar je verjetno posledica večje respiracije. V času rastle sezone se pH ni bistveno spreminjal. Na splošno je za celotno obdobje merjenja ugotovljeno pomanjkanje kisika (vsebnosti kisika do 6 mg/l  $O_2$ ). V površinskih plasteh vode so bile vrednosti kisika okoli 5,3 mg/l, v srednjih globinah do 3,1 mg/l  $O_2$ , na dnu pa okoli 2 mg/l  $O_2$ , na kar neposredno vpliva množično pojavljanje rastlin s plavajočimi listi, ki zmanjšujejo difuzijo kisika v vodo in s senčenjem zmanjšujejo fotosintezno aktivnost rastlin v vodnem stolpcu (Slika 3). Ugotovili smo, da je voda v jezeru zmerno obremenjena s hranili, v pritalnih plasteh prihaja do anoksičnih stanj, zaradi česar se pojavljajo povečane koncentracije amonijevoga iona. Vsebnosti celotnega dušika se med dotokom, odtokom ter samim jezerom ne razlikujejo bistveno (srednje vrednosti: dotok  $2,9 \pm 2,8$  mg/l, odtok  $2,9 \pm 1,3$  mg/l, jezero  $3,0 \pm 0,7$  mg/l) (Preglednica 2). Po količini fosforja Komarnik uvrščamo med eutrofna do hipertrofna jezera (Vollenweider, 1982) (Preglednica 2). Srednje vrednosti fosforja so bile med 48 do 110  $\mu\text{g/l}$ , in sicer na dotoku večje (130  $\mu\text{g/l}$ ) kot na odtoku (113  $\mu\text{g/l}$ ). Električna prevodnost, ki odraža količino vseh raztopljenih soli, je v spomladanskih mesecih, ko je vodostaj višji, manjša. V poletnih mesecih, ko nivo vode upade, pa se električna prevodnost poveča (Preglednica 2). Srednje vrednosti električne prevodnosti skozi celotno raziskovalno obdobje so bile na dotoku (554  $\mu\text{S/cm}$ ) nekoliko večje kot na odtoku (436  $\mu\text{S/cm}$ ). V jezeru so bile povprečne vrednosti med 370  $\mu\text{S/cm}$  in 435  $\mu\text{S/cm}$ . Električna prevodnost je naraščala z globino. Odtoka iz jezera v glavni sezoni zaradi zniževanja vodostaja ni, zato predvidevamo, da se hranila, ki pritekajo v jezero sproti vgrajujejo v biomaso. Makrofiti s svojim delovanjem vplivajo na kakovost vode in so ponor in vir hranil.

Vrste makrofitov se različno odzivajo na obremenitve, ki se kažejo v spremenjenem kemizmu vode in povečani motnosti vode. Vrste, ki se pojavljajo v jezeru Komarnik in so indikatorji za eutrofne vode, so račja zel, češljasti dristavec, mala vodna leča, kodravi dristavec, navadni rogolist in vodna meta.



Slika 3: Povprečne koncentracije kisika na dotoku in odtoku iz jezera ter na globinskem profilu (10 cm, 50 cm in 80 cm) v jezuru Komarnik

Preglednica 2: Izbrane fizikalne in kemijske značilnosti vode dotoka, odtoka in jezera Komarnik

| Parameter       | Vzorec | Enota                                     | Datum |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|--------|---|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 |        |   | 2000  |       |      | 2001  |       |       |       |       |       |       |       |
|                 |        |   | 27.6. | 30.7. | 2.9. | 14.4. | 20.5. | 16.6. | 29.6. | 01.7. | 29.7. | 18.8. | 21.9. |
| pH              | Dotok  |   | 7,8   | 7,6   | 7,5  | 7,7   | 8,1   | 7,7   | 7,9   | 7,8   | 8     | 8,8   | 7,9   |
|                 | Jezero |   | 7,3   | 8,2   | 8,2  | 8,1   | 8,2   | 8,1   | 8,7   | 8,4   | 8     | 8,1   | 7,9   |
|                 | Odtok  |   | 7,9   | 7,2   | 7,1  | 7,9   | 7,8   | 8,2   | 7,7   | 7,8   | 7,9   | 8,1   | 8     |
| El. prevod.     | Dotok  | $\mu\text{S}/\text{cm}, 25^\circ\text{C}$ | 409   | 227   | 275  | 464   | 265   | 478   | 408   | 417   | 338   | 229   | 539   |
|                 | Jezero |   | 396   | 211   | 257  | 377   | 246   | 211   | 182   | 193   | 321   | 329   | 354   |
|                 | Odtok  |   | 383   | 297   | 337  | 366   | 449   | 220   | 292   | 291   | 372   | 375   | 352   |
| KPK             | Dotok  | $\text{mg}/\text{l O}_2$                  | 8,2   | 4,4   | 4,6  | 3,8   | 6,3   | 10,6  | 9     | 9     | 9,4   | 10,3  | 11,2  |
|                 | Jezero |   | 7,9   | 5,5   | 5,4  | 5,7   | 7     | 8,4   | 7,9   | 8,4   | 8,5   | 9,3   | 10,3  |
|                 | Odtok  |   | 7,9   | 5,7   | 5,2  | 6,8   | 7,1   | 8,5   | 7,9   | 8,5   | 9     | 10,1  | 9     |
| Celotni N       | Dotok  | $\text{mg}/\text{l N}$                    | 2,7   | 2,2   | 2,8  | 3,9   | 2,6   | 3,9   | 3,3   | 2,8   | 3,1   | 3     | 2,4   |
|                 | Jezero |   | 2,7   | 2     | 2,4  | 2,9   | 2,5   | 3,2   | 2,5   | 2,5   | 2,9   | 2,6   | 2,3   |
|                 | Odtok  |   | 2     | 3,1   | 4,7  | 2,7   | 3,2   | 2,4   | 2,9   | 2,9   | 3,1   | 2,7   | 3,3   |
| $\text{NH}_4^+$ | Dotok  | $\mu\text{g}/\text{l NH}_4\text{-N}$      | 1155  | 181   | 206  | 41    | 56    | 71    | 214   | 233   | 298   | 338   | 106   |
|                 | Jezero |   | 527   | 165   | 137  | 36    | 55    | 137   | 125   | 150   | 196   | 233   | 80    |
|                 | Odtok  |   | 148   | 209   | 679  | 162   | 292   | 160   | 93    | 187   | 132   | 163   | 102   |
| $\text{NO}_2^-$ | Dotok  | $\mu\text{g}/\text{l NO}_2\text{-N}$      | 0     | 0     | 0    | 9     | 5     | 77    | 5     | 23    | 1     | 3     | 23    |
|                 | Jezero |   | 0     | 0     | 0    | 11    | 1     | 0     | 8     | 12    | 1     | 0     | 0     |
|                 | Odtok  |   | 0     | 0     | 0    | 12    | 1     | 8     | 5     | 0     | 1     | 5     | 3     |
| $\text{NO}_3^-$ | Dotok  | $\mu\text{g}/\text{l NO}_3\text{-N}$      | 88    | 1     | 0    | 944   | 79    | 524   | 176   | 106   | 54    | 88    | 248   |
|                 | Jezero |   | 45    | 0     | 40   | 652   | 90    | 41    | 47    | 27    | 80    | 65    | 4     |
|                 | Odtok  |   | 0     | 0     | 10   | 537   | 29    | 83    | 74    | 99    | 36    | 90    | 22    |
| Celotni P       | Dotok  | $\mu\text{g}/\text{l P}$                  | 108   | 239   | 175  | 43    | 63    | 93    | 167   | 107   | 262   | 112   | 76    |
|                 | Jezero |   | 109   | 44    | 54   | 38    | 41    | 59    | 65    | 55    | 103   | 57    | 33    |
|                 | Odtok  |   | 56    | 208   | 147  | 34    | 205   | 80    | 90    | 85    | 256   | 38    | 47    |
| $\text{SiO}_2$  | Dotok  | $\text{mg}/\text{l}$                      | -     | -     | -    | 8,9   | 10,7  | 8,5   | 7,6   | 17,2  | 14,1  | 13,7  | 10,7  |
|                 | Jezero |   | -     | -     | -    | 6,2   | 10,7  | 1,4   | 1,7   | 3     | 4,6   | 5     | 3,7   |
|                 | Odtok  |   | -     | -     | -    | 6,1   | 15,1  | 8     | 7,6   | 7,5   | 6,9   | 6,8   | 2,7   |

## 5 Zaključki

V jezeru Komarnik so se izoblikovale ugodne razmere za rast in razvoj makrofitov. Nivo vode, muljast substrat, veliko hranil in odnosi med makrofiti so verjetno glavni dejavniki, ki uravnavajo njihovo pojavljanje. Razmere so ugodne za submerzne, emerzne in natantne makrofite. Jezero je popolnoma poraslo s pravimi vodnimi rastlinami. V jezeru smo določili 19 vrst makrofitov, od katerih jih je 11 na Rdečem seznamu praprotnic in semenk omenjenih kot ranljive vrste. To so: navadni rogolist (*Ceratophyllum demersum*), klasasti rmanec (*Myriophyllum spicatum*), mala podvodnica (*Najas minor*), beli lokvanj (*Nymphaea alba*), ščitolistna močvirka (*Nymphoides peltata*), Berchtoldov dristavec (*Potamogeton berchtoldii*), bleščeči dristavec (*Potamogeton lucens*), razkrečnolistna vodna zlatica (*Ranunculus circinatus*), navadna žabja leča (*Spirodela polyrhiza*), vodni orešek (*Trapa natans*) in navadna mešinka (*Utricularia vulgaris*). Prisotna je bila tudi submerzna prosto plavajoča južna mešinka (*Utricularia australis*), ki je v seznamu omenjena kot prizadeta vrsta (Uradni list, 2002).

## 7 Literatura

- CASPER S.J., KRAUSCH H.D. 1981: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pteridophyta und Antophyta. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 942 s.
- DIRECTIVE 2000/60/E.C of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, 23. Oct. 2002. Brussels, 72 s.
- FLISER B., SCURDA Ž., KOSI G., VRHOVŠEK D., FERJANČIČ A., OSVALD L., LAPAJNE S., VONČINA E., BABIČ M. 1987. Ugotavljanje stanja kakovosti jezer (naravnih in umetnih) na območju povodja Drave in Mure, III del.
- FOX A.M. 1992. Macrophytes. V: The Rivers Handbook. Hydrological and ecological principles. Volume one. Callow P., Petts G. E (ur.). Blackwell Science, 216-240.
- GERM M., GABERŠČIK A. 1999. The distribution of macrophytes of the Ižica River (Slovenia). Razporeditev in pogostost makrofitov v nižinski reki Ižici. Acta Biologica Slovenica, 42 (4): 3-11.

Kljub visokemu vnosu hranil z intenzivno kmetijskega okolja je Komarnik razmeroma zdrav sistem, v katerem so odnosi med organizmi uravnoteženi. Makrofiti s svojim delovanjem vplivajo na kakovost vode in so ponor in vir hranil. Zaradi velike pestrosti in izjemne gostote makrofitov ima jezero visoko samoočiščevalno sposobnost. Makrofiti pa predstavljajo tudi ugoden habitat za ribe, saj letno izlovijo kar 5 do 6 ton rib (ustni vir, Polner, Zveza ribiških družin Maribor) in s tem iz jezera odstranijo precej hranil.

## 6 Zahvala

Zahvaljujem se mag. Slavku Lapajnetu iz Zavoda za zdravstveno varstvo Maribor za pomoč pri urejanju rezultatov kemijskih analiz.

- HASLAM S.M. 1987. River Plants of Western Europe: the macrophytic vegetation of the European Economic Community. Cambridge University Press, 512 s.
- HORVAT B. 2006. Pogostost in sezonska dinamika razvoja makrofitov v akumulacijskem jezeru Komarnik. Magistrska naloga. Ljubljana. Biotehniške fakultete Ljubljana, 80 s.
- HUTCHINSON G.E. 1975. A Treatise on Limnology. Volume. III. Limnological Botany. John Wiley & Sons Inc. New York London Sydney Toronto, 660 s.
- JEFFRIES M., MILLS, D. 1999. Fresh waterecoloy, Principles and aplications. Belhaven Press, London in New York, 285 s.
- MARTINČIČ A., WRABER T., JOGAN N., RAVNIK V., PODOBNIK A., TURK B., VREŠ B. 1999. Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Tretja dopolnjena in spremenjena izdaja. Tehniška založba Slovenije, 845 s..
- MAZEJ Z. 1998. Pojavljanje makrofitov v različnih tipih jezer. Magistrska naloga. Ljubljana. Biotehniške fakultete Ljubljana, 104 s.
- MAZEJ Z., GABEBERŠČIK A. 1999b. Species composition and vitality of macrophites in different types of lakes. Acta Biologica Slovenica, 42 (3): 43-52.
- PALL K., JANAUER G.A. 1995. Die Makrophytenvegetation von Flusstauen am Beispiel der Donau zwischen Flußkm 2552,0 und 2511,8 in der Bundesrepublik Deutschland. Archiv für Hydrobiologie, Suppl. 101, Large Rivers 9 (2):91-109.
- POKORNY J.1994. Development of aquatic macrophytes in shallow lakes and ponds. IWRB Publication 32.
- RASKIN I., 2005. Using plants to remove pollutants from the environment. American Society of Plant Biologist(ASPB). Series on Leading Plant Researc.
- SAND-JENSEN K. 1989. Environmental variables and their effect on photosynthesis of aquatic plant communities. Aquatic Botany, 34: 5-25
- TSUCHIYA T., IWAKI H. 1983. Biomass and net primary produktion of a floating-leaved plant, *Trapa natans*, community in lake Kasumigara, Japan. Jap. J. Ecol., 33: 47-54.
- VOLLENWEIDER R.A., FRICKER H.J., AMBÜL L.B., LÖFLER H., RAVERA O., RYDING S.O., FORSBERG C., CLASSEN J., BERNHARDT H., RAST W., LEE G.F., JAWORSKI N., GAKSTATTER J.H., MALONEY M.T. 1982. Eutrofication of waters, Monitoring assessment control. 97 82 03 isbn 92-64 12298-2 OECD.
- WETZEL R.G. 1990. Land-water interfaces: Metabolic and limnological regulators. Verh. Internat. Verein. Limnol., 24: 6-24.

# TRAJNOSTNI RAZVOJ IN VZGOJNI PROCESI V SOZVOČJU S PROCESI ZA OBNOVO IN ZAŠČITO OKOLJA (REVITALIZACIJE, EKOREMEDIACIJE ...)

*Dane Katalinič, univ. prof. biologije in kemije*

---

## **Izvleček:**

Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj se prične že v predšolski vzgoji. Da ta proces zaživi, se otrokom morajo omogočati situacije, ki bodo omogočale aktivnosti v naravnem in družbenem okolju ter izhajale iz problemskih situacij, v katerih otroci živijo. Stalni stiki z naravnimi in družbenimi situacijami, ki obdajajo otroka in nas, so garancija za učinkovitejše uveljavljanje celostnih pristopov s poudarkom na osebni odgovornosti in iskanju novih rešitev za ožje okolje v katerem živimo, oziroma živi otrok. Zato je temeljnega pomena v sistemu vzgoje in izobraževanja, da zelo zgodaj omogočimo otrokom delovanje – aktivnosti v naravnem in družbenem okolju, da na ta način izgrajuje spoznanja in oblikuje življenjske vrednote. Tako se bo otrok začutil kot odgovoren soudeleženec življenjskega procesa v okolju in družbi, v kateri živi.

## **Ključne besede:**

trajnostni razvoj, predšolska vzgoja, okolje, aktivnosti, narava, revitalizacija, ekoremediacija

## **Abstract:**

Sustainable development and educational processes in concordance with processes for renewal and protection of environment (revitalization, ecoremediation etc)

Education and training for sustainable development begins at the preschool educational level. In order for this process to be truly effective the children must be made to experience situations which will facilitate the activities in the natural and social environments and will arise from problem situations in which the children live. A continuous contact with the natural and social situations, which surround the child and us, are a guarantee for a more effective implementation of comprehensive approaches, with the stress on personal responsibility and search for new solutions for the narrower environment in which we live, or a child lives. Therefore, it is of the key importance for the educational system to enable the children to begin carrying out their activities in the natural and social environments early on, so they can build their beliefs and life values. This will help the children feel like responsible participants in the life processes in the environment and society in which they live.

## **Key words:**

sustainable development, preschool education, environment, activities, nature, revitalization, ecoremediation



# 1 Uvod

Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj se prične v predšolski vzgoji. Da ta oblika zaživi, se morajo otroku omogočati aktivnosti v naravnem in družbenem okolju, ki bodo izhajale iz problemskih situacij, v katerih otroci živijo. Stalni aktivni stiki z naravnimi in družbenimi situacijami, ki obdajajo otroka in nas, so garancija za učinkovite; še uveljavljanje celostnih pristopov s poudarkom na osebni odgovornosti in iskanju novih rešitev za ožje okolje, v katerem živimo, oziroma živi otrok. Če teh odnosov ne začutimo in ne obvladamo v okolju, v katerem živimo, ne bomo obvladali in tudi ne začutili pomena in problemov, ki so od nas oddaljeni. Zato je temeljnega pomena v sistemu vzgoje in izobraževanja, da zelo zgodaj omogočimo otrokom delovanje v naravnem in družbenem okolju, da na ta način izgrajuje spoznanja in oblikuje življenjske vrednote. Posameznik se mora začutiti kot odgovoren soudeleženeц življenjskega procesa v okolju oziroma družbi, v katerem živi. Ne samo to, otrok v predšolskem obdobju se mora čutiti odgovornega in pomembnega. Prav ta odnos se mora s starostnim zorenjem po izobraževalno-vzgojni vertikali nadgrajevati ter nadaljevati skozi življenje. Vzgoja in izobraževanja za trajnostni razvoj ne moremo opredeljevati kot nepovezan sistem, ampak je to proces kontinuitete od predšolske vzgoje do univerze ter nadaljnje celo življenje.

## 1.1 Raziskovalno okolje – potok Mokoš

Naše okolje, v katerem živimo, v grobem delimo na naravno in grajeno okolje. To je svet, ki nas obdaja, kateremu se prilagajamo in se čustveno navezuje nanj. Okolje, v katerem živimo, vpliva tudi na naš duhovni svet, za to ima naravno okolje pri razvoju otroka velik pomen. Spoznavanje naravnega okolja v predšolskem obdobju naj poteka v čim prijetnejšem ozračju z namenom privzgajanja naravnega življenjskega ritma in sloga v sožitju z naravo. Čas privzgajanja naravnega življenjskega ritma se prične že v predšolskem obdobju in teče z nadgradnjo skozi vse življenje. Že v predšolskem obdobju je pomembna skrb za okolje, ki se lahko izraža kot pozornost do narave in okolja, torej odnos.

Prav v predšolskem obdobju, ko se zaznavne sposobnosti čutil še razvijajo in ostrijo, je potrebno izkoristiti za razne opazovalne vaje in sprotno ubesedenje občutij in spoznanj. Ko otrok govori, hkrati razvija tudi sposobnosti mišljenja, ker čuti potrebo, da bi svoja občutja in misli izrazil še drugim.

Te situacije pridejo na dan posebej v naravnem okolju. Prva otrokova doživetja ostanejo temeljni usmerjevalec vsemu njegovemu nadaljnjemu predstavnemu svetu o naravi in njeni stvarnosti.



*Slika 1: Naravoslovci Vrtca Murska Sobota ob strugi potoka Mokoš (foto: Dane Katalinič)*

## 1.2 Potok Mokoš raziskovalna učilnica (iz neposredne pedagoške prakse)

Vrtec Murska Sobota že od leta 2006 v vzgojni proces kot učilnico vključuje potok Mokoš. Vzgojno-izobraževalni vidiki trajnostnega razvoja so usmerjeni v uresničevanje vzgojno-izobraževalnih namenov za doseganje ciljev, povezanih z razvijanjem in oblikovanjem otrokovega odnosa do narave, družbenega okolja in samega sebe že v vrtcu.

Potok Mokoš je v naravoslovnem programu (krožarska dejavnost) in Eko programu vrtca Murska Sobota opredeljen kot posebno učno področje s poudarkom na aktivnem in dejavnem vključevanju otrok v okolje, v katerem živi, z nalogo ustvarjanja zdravega in varnega življenjskega okolja.



*Slika 2: Opazovanje pomladanskih vegetacijskih sprememb potoka Mokoš (foto: Dane Katalinič)*

Narava kot taka je prava »učilnica« za opazovalno, raziskovalno dejavnost otrok, to je bližnje okolje oziroma okolje njegovega doma. V tem primeru je to »UČNA VODNA POT MOKOŠ«.

### **1.3 Okvirne opazovalne-raziskovalne vsebine »Mladih naravoslovcev vrtca Murska Sobota« na učni vodni poti Mokoš**

- opazovanje vegetacijskih sprememb skozi štiri letne čase
- opazovanje in prepoznavanje drevesnih in grmovnih vrst
- opazovanje življenja v potoku
- opazovanje življenja potočnega obrežnega pasu
- opazovanje življenjskega procesa rastlin z vodo in brez voda
- zapis aktivnosti z risbo in s fotografijo

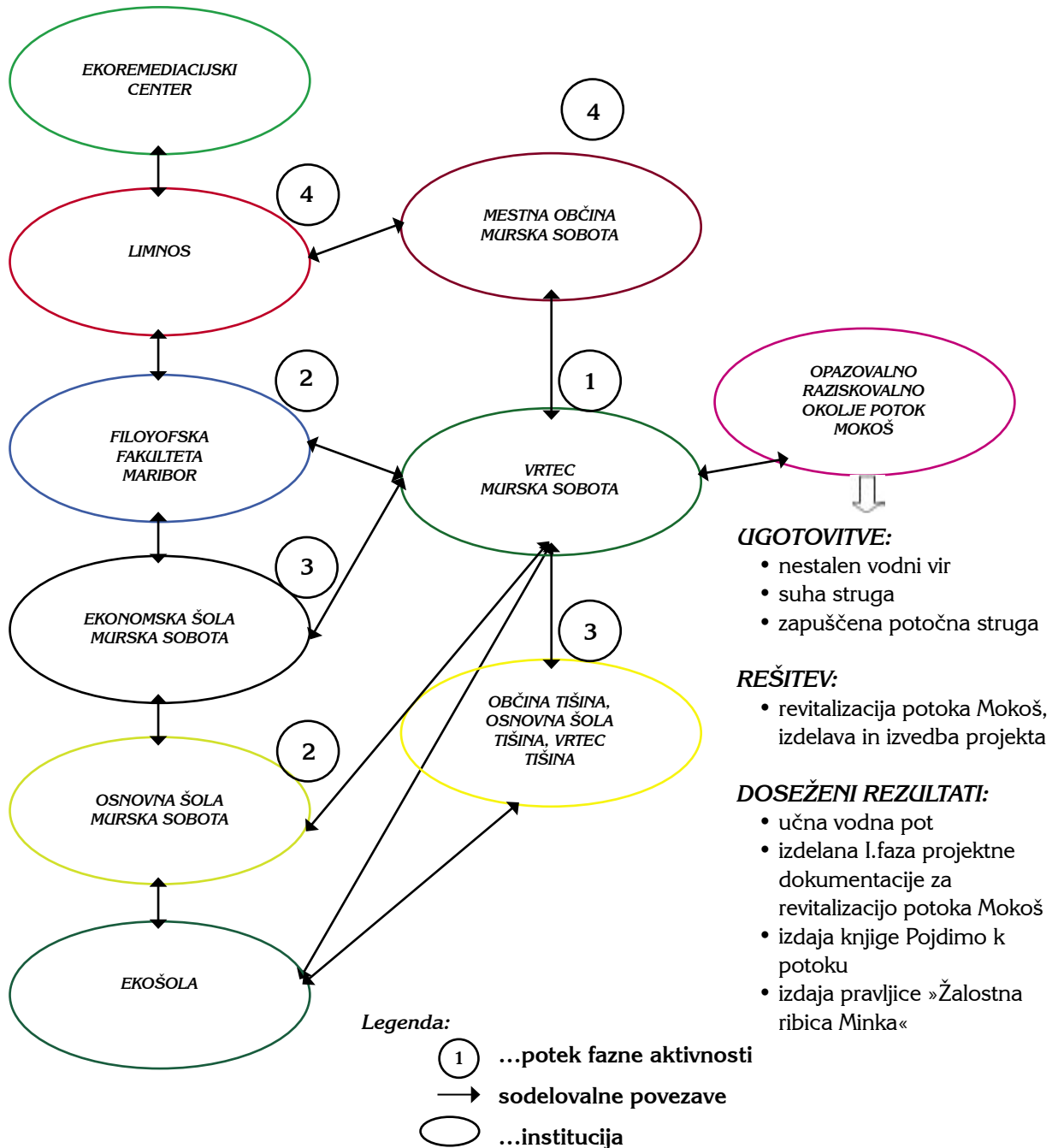
## **2 Metode**

Pri opazovalno-raziskovalnih aktivnostih otrok na Učni vodni poti potoka Mokoš so bile uporabljene naslednje metode:

- metode pogovora
- metode opazovanja
- metode motivacije
- spoznavanje rastlin, živali
- spremljanje vegetacijskih in poletnih sprememb
- beleženje z risbo

### 3 Rezultati

#### 3.1 Shematski potek aktivnosti in rezultatov za revitalizacijo potoka Mokoš v časovnem obdobju 2006 – 2008



### 3.2 Diskusija

Z zgodnjim seznanjanjem otrok z naravoslovnimi vsebinami vplivamo na procesno spreminjanje celostne osebnosti otroka in s tem na njegov odnos do narave. Izobraževanje na področju naravoslovja v predšolskem obdobju moramo jemati kot odnos do samega sebe, kot odnos do drugega, do družbe do okolja. Prav teh odnosov mora biti deležen otrok, da bi jih lahko pozneje delil in gradil z drugimi tudi sam.

Predpogoj za to, da bi lahko otrok v predšolskem obdobju postal aktiven soudeleženec dogajanja v okolju, je, da mora biti deležen naravoslovno-okoljskega opismenjevanja že v vrtcu. Ta način dela temelji na naravnem okolju. Vrednota dela v naravi – na terenu je v izobraževanju in potencialu narave kot pomoči za odkrivanje sebe in drugih.

## 5 Literatura

Vovk Korže, A., Katalinič, D., Katalinič, E. (2007): Pojdimo k potoku. Inštitut za promocijo okolja. Maribor

Katalinič, D., Vovk Korže, A., Vrhovšek, D., Katalinič, E. (2006): Ponovno zaživimo s potokom Mokoš. Inštitut za promocijo varstva okolja. Maribor

Katalinič, D., Tratnjek, L., Anželj, B. (2007): Sejemo, sadimo in raziskujemo že v vrtcu. Zavod RS za šolstvo

Tratnjek, L. (2008): Žalostna ribica Minka. Pomurska založba

Katalinič, D. (2008): Naravoslovje v predšolski vzgoji – temelj okoljske vzgoje za trajnosti razvoj. Znanstvena monografija, str. 65-78. Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta Maribor in RIS Dvorec Rakičan

## 4 Zaključki

- V naravni učilnici se pridobivajo temeljna naravoslovna znanja za življenjski trajnostni razvoj.
- Narava je pravo okolje za kreativno, raziskovalno in kritično učenje.
- Narava naj bo opredeljena kot področje s poudarkom na aktivnem in dejavnem vključevanju otroka v okolje v katerem živi z nalogo ustvarjanja zdravega in varnega življenjskega okolja v sozvočju z naravnimi zakonitostmi.

# IZOBRAŽEVALNA RAČUNALNIŠKA IGRA O EKOLOGIJI JEZERA KOT ORODJE ZA BODOČE PROJEKTE

*Tomaž Amon, Center za znanstveno vizualizacijo, Amnim d.o.o.*

---

## **Izveček:**

Predstavljamo izobraževalno računalniško igro v okolju računalniške navidezne resničnosti. Ker je tako koncept kot tehnična realizacija projekta naš proizvod, predstavlja ta igra izhodišče za bodoče programska orodja na področju ekoremediacije in ekologije.

## **Ključne besede:**

izobraževanje, računalniška igra, programsko orodje, biologija, ekologija

## **Abstract:**

**Educational computer game about the lake ecology as the tool for future projects**

In this educational computer game the player explores the processes in a lake which regulate the level of oxygen and possibly harmful substances in water. The game appears in virtual reality environment and can be performed in single user as well as in the multiuser mode. The user navigates in virtual reality world as a pilot of a "spaceship" which is represented in the form of an animal, since we are dealing with the living system. which he drives with the keyboard arrow keys or (optionally) the mouse.

## **Keywords:**

education, computer game, software tool, biology, ecology

## 1 Introduction

Teaching and learning in the Environmental Awareness subject area of Arts and Humanities at secondary schools level in Slovenia is focused on enabling students to gain necessary practical skills and knowledge to be able to analyse and interpret factual data about the purity and pollution of a particular environment being investigated. This is achieved by involving students in practical investigations into topics relating to everyday environmental issues so that they can acquire skills for making optimal decisions about solutions to be applied.

The young generation is faced today with many sources of information, sometimes too rich to be digested “in time”. In addition young people are not keen to accept any more the traditional ways of teaching that emerged before the age of computers, internet and mobile phones. Many studies show that in young generation the interest for experimental sciences is much lower as it was some decades ago. So we need new educational tools that provide modern means of teaching and understanding science. We are sure that computer – aided education with the help of educational games and virtual reality worlds provides here a significant step forward.

The aim of the game is that the user enters the virtual world and needs to survive there. In order to survive he needs energy which he can get from the factory, which in turn pollutes the lake? Too high a pollution of the lake results in the loss of the health of the user, what is visualized in the increased degree of transparency of his sprites and is also shown on the screens of his monitors. So just living with no concern means to get ill because of the increasing pollution. The way of survival is to use your knowledge to help to clean the lake. A simple example how to try to survive is to let the cleaning plant work, but this also costs your resources and is too expensive for your health. You need to know that water plants help cleaning the lake and so you fire the missiles in order to plant them. If you plant them on the right location, you get bonus survival points and the lake gets cleaner. In this way

also other parameters are handled. The users do not need to know anything on the start of the game, but if they want to survive, they need to gain knowledge. The knowledge is available for free when it is not acquired in the last moment. In the latter case, it also costs points.

## 2 The game principles

Lake pollution play is a computer game where the user explores the processes in a freshwater lake which regulate the level of oxygen and possibly harmful substances in water. The game appears in virtual reality and can be performed in single user as well as in the multiuser mode. The user navigates in virtual reality world as a pilot of a “spaceship” which represented in the form of an animal, since we are dealing with the living system. He is positioned above behind the animal (e.g. a dragonfly) which he drives with the keyboard arrow keys or (optionally) the mouse. The interaction with the system is performed by “firing” the projectiles from the top of the driving animal. The projectiles have various shapes and start to interact with the system if they land successfully. For example, the user selects the radio button for “tree” and so fires a tree to the ground. The tree starts to live on the place where it hits the land. It functionally connects to other objects which are already “living” around. This functional connection is performed by sending and receiving impulses. Each impulse is an amplitude wave in time and interferes with the waves from other objects. The tree of course emits waves, which help other living creatures to survive. But the user cannot survive from trees alone. He needs to plant houses and make farmland. So in order to get more points for his survival, he fires projectiles in the form of houses and cattle (which represent farmland) to the ground. He can also populate water of the lake with freshwater fish (underwater farming) and water plants as well as with underwater housing systems. The houses and farmland on the shores and underwater help the user to get more health, but on the other hand these objects send waves to trees making their life harder. The degree of health for each class is represented by the oscillograms that appeared on the right side of the

main screen. There are 12 channels, the first of them showing the user's health, and the second showing the health of the nature in the lake and around it. The other 10 channels show what happens with the classes of actors on the scene like the houses, trees, pieces of farmland and chemical substances - water, oxygen, nitrates, sulphates etc. These substances the user injects into the system by firing the projectiles in order to stabilize the ecosystem and gain his living points. So he learns about the functions of different chemical substances which can act as pollutants or cleaning agents. The other way of showing the status of the system is represented by the appearance of the stage models themselves. Healthy models have vivid colours and if they gain much strength they seem to emit blue light. On the other hand, if the model loses his health, it becomes more and more transparent. Finally, if its potential drops to zero, it is drawn as a wireframe.

### 3 E-Learning Content

In this virtual simulation/play about the lake pollution the user or multiple users can experiment with ways how to manage and clean the polluted lake without previous knowledge of biology and ecology. However, if they want to be successful in playing the game, they need to gain knowledge about the biology and ecology of clean and polluted lake.

The virtual environment is represented by the model of the lake which has inflow of fresh water, outflow of lake water and the lake depth is divided into three levels: shallow, medium and deep. Plants can only grow in the shallow part of the lake, deeper there is no light for them even in the unpolluted lake. The deep part of the lake contains cold water which almost never mixes and is vulnerable to accumulation of toxic agents of pollution as well as potentially toxic sediments. The border around the lake contains a virtual farmland (the source of organic pollution), a factory (the source of chemical pollution) and a cleaning plant.

The user can use several vehicles (avatars) to travel in the virtual reality world. The vehicles take forms of animals (e.g. a tadpole for swimming in water), a dragonfly for flying in the air and a stylized "spaceship" for general purposes. The parts of the vehicles can be animated (the tadpole moves its tail in order to show swimming and the dragonfly flaps its wings to simulate flying). The user controls the flying or swimming of a vehicle with the cursor keys. Spacebar accelerates the vehicle while pressing the "b" key lowers its speed. The "v" key drives it backward. Alternatively the user can click on a specific point on the land, underwater or water surface. On the 3D location point of the click a short lived cloud of particles appears and the vehicle starts to travel in the direction to that point. It is often difficult to guess your position when you are near some virtual object. To solve this problem, special "whiskers" have been made available. By pressing the key "t" the user brings to the scene four whiskers which do not collide with any object but instead "dive" into it. So the user sees a whisker disappearing into another object (e.g. land or water) and knows he is very near to it. Pressing the "y" key removes the whiskers

There are available "switch keys": "q", "w", "e" that enable switching the control to a different vehicle. So the user can leave e.g. the tadpole and start to control the dragonfly. The "old" vehicle retains its physical functionality and inertia so it is advisable to pull the brakes (by pressing the "b" key) before leaving it.

The philosophy of the game is that the user enters the game and needs to survive there. In order to survive he needs energy which he can get from the factory, which in turn pollutes the lake? Too high a pollution of the lake results in the loss of the health of the user, what is visualized in the increased degree of transparency of his sprites and is also shown on the screens of his monitors. So just living with no concern means to get ill because of the increasing pollution. The way of survival is to use your knowledge to help to clean the lake. A simple example how to try to survive is to let the cleaning plant work, but this also costs your resources and is too expensive for your health. You need to know that water plants help cleaning the

lake and so you fire the missiles in order to plant them. If you plant them on the right location, you get bonus survival points and the lake gets cleaner. In this way also other parameters are handled. The users do not need to know anything on the start of the game, but if they want to survive, they need to gain knowledge. The knowledge is available for free when it is not acquired in the last moment. In the latter case, it also costs points.

## 4 Testing in schools

After tests in our lab we have been testing the project in three Slovene schools and found that the students and teachers find the experiments very interesting and have much fun working on them. However, often they experience a slower web connection or even they happen to be situated in the classroom behind a slower platform, what might decrease their motivation. So the solution is of course getting better computers and faster web connections to schools – a process on which our Ministry of Education works intensively and seems to accomplish it just as our LabFuture project is finished – and the other workaround is to provide the LabFuture package in a modular way so that its simplest version works “almost anywhere” thus raising the motivation to upgrade to better versions.

## 5 References

[www.eduanim.com](http://www.eduanim.com)

[www.bioanim.com](http://www.bioanim.com)

[www.cisci.net](http://www.cisci.net)

[www.radiationgames.net](http://www.radiationgames.net)

[www.algaehunter.com](http://www.algaehunter.com)

[www.eduanim.com/silkroute](http://www.eduanim.com/silkroute)



# EKOREMEDIACIJE V IZOBRAŽEVALNEM PROGRAMU NARAVOVARSTVENI TEHNIK

*Tatjan Đurasovič, prof. biologije, Biotehniška šola Maribor*

---

## **Izveček:**

Izobraževalni program Naravovarstveni tehnik je nastal kot rezultat projekta prenove izobraževalnih programov, ki je sofinanciran s strani Evropskega socialnega sklada. Program je dve leti pripravljala skupina za naravovarstvo v okviru Konzorcija biotehniških šol Slovenije. Z vidika kvalifikacijske strukture dejavnosti varstva naravnih in kulturnih vrednot in varstva okolja v programu zasledimo strukturiranost po dejavnostih: skrb za biotsko raznovrstnost, skrb za vodo, zrak, zemljo, hrup, skrb za kulturno dediščino, obnovljivi viri energije, recikliranje različnih materialov, biološka predelava odpadnih voda. Med načeli strateške usmeritve programa so tudi obnova degradiranega okolja s tehnološkimi postopki ter uporabo ekoremediacij.

## **Ključne besede:**

izobraževalni program, naravovarstveni tehnik, ekoremediacije, varstvo naravnih vrednot, varstvo kulturnih vrednot, obnovljivi viri energije, varstvo okolja.

## **Abstract:**

Ecoremediation in educational programme Nature-protective technician

Educational programme Nature-protective technician is a result of the project from the renovated educational programmes, which are founded from European social fund. The programme was prepared by a group of nature-protective professionals in the frame of Consortium of biotechnical schools of Slovenia. From the point of qualification structure activity of natural and cultural values and the protection of the environment in the programme, we can trace structures of activities: care for biodiversity, care for the water, air, earth, noise, cultural heritage, renewable energy, recycling different materials, biological recasting of waste water. In the principle direction of the programme are also renovation of degraded environment with technological procedure and the use of ecoremediations.

## **Key words:**

educational programme, Nature-protective technician, ecoremediations, protection of natural resources, protection of cultural resources, renewable energy resources, environmental protection.

## 1 Uvod

Glede na sprejete mednarodne konvencije ter EU zakonodajo (Direktiva o varstvu ptic in Direktiva o habitatih) s področja varstva narave, zlasti pa za izvajanje državne zakonodaje (zavarovana območja, varstvo rastlinskih in živalskih vrst v tesni povezavi s trajnostnim načinom življenja), sta potrebna osveščenost ter znanja o osnovnih ekoloških povezavah, o omejenosti naravnih virov kot enemu od razlogov za trajnostni razvoj, o posledicah odločitev in ravnanj na osebni ravni... Zato je pri obstoječih poklicih in zaposlitvah (npr. obdelovalci kmetijskih in gozdnih površin, pridelava in predelava hrane...) pomembna temeljna poklicna kvalifikacija in dokvalifikacija s praktičnimi znanji s področja ohranjanja narave.

S stališča varstva narave je zelo pomembno ohraniti kmetijstvo v območjih, ki so zaradi ekonomike manj ugodna, se pa lahko ohranijo poseljena s pomočjo dopolnilnih in mejnih dejavnosti (ekološki način kmetovanja, ponudba krajevnih značilnosti, turizem na kmetijah...). Na ta način lahko torej preživijo tudi kmetije, ki nimajo ekonomskih pogojev, da bi se preživljale izključno s kmetijsko dejavnostjo.

Pomen tovrstnega izobraževanja vidimo predvsem v pridobivanju dodatnih znanj, ki bodo prispevala k interesu in možnostim za kakovostno življenje na podeželju, ohranjanju naravnih vrednot in biotske raznovrstnosti (vključno krajine), hkrati pa tudi prispevala, da se obdržijo delovna mesta, ki sicer ne bi bila konkurenčna in bi odpadla. Red velikosti teh delovnih mest (predvsem kmetije in tisti, ki se vsaj delno ukvarjajo s kmetijstvom) ocenjujemo vsaj na 7000.

Potrebe so tudi za zaposlovanje za opravljanje posebnih nalog v zavarovanih območjih (vodniška, nadzorniška služba), komunikaciji vsebin varstva narave (zavarovana območja, Natura 2000, ekološko pomembna območja, naravne vrednote, zavarovane rastlinske in živalske vrste) lastnikom in deležnikom na teh območjih. Grobo ocenjen red velikosti potreb je okoli 1000 delovnih mest, za katera pa trenutno ni finančnega kritja. Za natančnejšo oceno bi bila potrebna posebna analiza kadrovskih potreb. (dr. Peter Skoberne, Ministrstvo za okolje in prostor, 2006)



*Slika 1: Biotska raznovrstnost (MOP)*



*Slika 2: Velikonočnica-zavarovana vrsta (MOP)*



*Slika 3: Zelenci – zavarovano območje (MOP)*

## 2 Načela strateške usmeritve izobraževanja

- ohranjanje naravnih vrednot in biološke diverzitete,
- dvig okoljske ozaveščenosti prebivalstva in zmanjševanje onesnaževanja okolja,
- obnova degradiranega okolja s tehnološkimi pristopi ter uporabo ekoremediacij,
- gospodarno upravljanje z naravnimi viri (obnovljivi energenti, recikliranje),
- mladini in odraslim je potrebno omogočiti pridobivanje znanj s področja varstva naravnih vrednot, okoljskih študij, sonaravnega upravljanja okolja in poznavanja kulturnih tradicij in vrednot kot temelj za gospodarski in družbeni razvoj Slovenije.

Izobraževanje na področju naravovarstva mora zagotavljati:

- poznavanje organizmov, njihovih medsebojnih odnosov in življenjskih procesov v naravi,
- poznavanje in ohranitev naravnih vrednot kot temeljnega vira za gospodarski in socialni razvoj,
- večjo odgovornost pri posegih v naravno okolje,
- iskanje izboljšav kvalitete življenja,
- hitrejša reagiranje na onesnaževanje, spremembe in degradacijo okolja,
- usklajevanje okoljske politike in oblikovanje konsenza med institucijami,
- krepitev in širjenje zavesti o nujnosti varovanja narave dediščine,
- zagotovitev procesa varovanja narave in obnove degradiranega okolja,
- soodvisnost naravnih, ekoloških, tehnoloških, ekonomskih, socioloških in kulturnih dejavnikov v sklopu trajnostnega razvoja,
- razvijanje novega znanja, specifičnega in prilagojenega za slovenske razmere,
- sprotno informiranje o naravovarstvenih ukrepih.

## 3 Utemeljitev programa naravovarstveni tehnik

Izobraževalni program Naravovarstveni tehnik je nastal kot rezultat projekta prenove izobraževalnih programov, ki je sofinanciran s strani Evropskega socialnega sklada.

Vzpostavljanje poklicnih kvalifikacij s področja varstva narave je zelo potrebno, hkrati pa je pomembno, da so programi usklajeni s potrebami. Sodobni trendi razvoja družbe, novih tehnologij, standardov in zakonodaje v EU in nacionalnih zakonskih in strokovnih podlag narekujejo nova znanja iz vsebin varstva naravnih vrednot, varstva okolja in varstva kulturne dediščine v povezavi do biotehničnega in kulturno-etnološkega področja.

Ta znanja so predpogoj za ohranjanje in razvoj družbenih in kulturnih vrednot, narodne dediščine in ohranjanja danosti naravnih vrednot z vidika sonaravnega in trajnostnega razvoja podeželja in urbanih okolij.

Pri načrtovanju nacionalnih perspektiv gospodarskega razvoja v Republiki Sloveniji je potrebno izhajati iz dejstva določitve obsega območja s statusom zavarovanih naravnih površin in obsega območja ostalih naravnih površin, s katerimi gospodarijo v večini kmetijci kot lastniki le-teh.

Na državni ravni je ustanovljen 1 narodni park (Triglavski narodni park), 2 regijska parka (Škocjanske jame, Kozjanski park) in 3 krajinski parki (Sečoveljske soline, Strunjan, Goričko) ter en naravni rezervat (Škocjanski zatok). Na občinskem nivoju pa je ustanovljen 1 regijski park (Notranjski regijski park) in 34 krajinskih parkov.

V novem Nacionalnem programu za varstvo okolja je predvideno povečanje deleža zavarovanih območij različnih kategorij za 5% površine Slovenije do 2008 oz. za 10% površine Slovenije do 2014 (Alma Vičar, Ministrstvo za okolje in prostor).

Kakovostno izobraževanje državljanov je mogoče zagotoviti le na način, da družbeni razvoj vključuje tako naravne in kulturne vrednote kot dognanja znanosti in novih tehnologij, razvojnih sprememb na področju biotehnike, gospodarjenja z naravnimi viri ter doseganjem ravnovesja okolja in narave nasploh.

Iz analize nacionalnih in EU zakonskih podlag, strokovnih strategij in smernic, trendov trga dela in vsebinskih mednarodni primerjav poklicnega in strokovnega izobraževanja ter usposabljanja t.i. biotehničnega področja, okolje-varstvenega področja in kulturno-etnološkega področja je razvidno, da moramo sistematično poskrbeti za razvoj ustreznih strokovnih vsebin kvalifikacijske strukture kot samostojne izobraževalne entitete ter na način vključevanja poklicnih kvalifikacij in ustreznih ključnih kompetenc v sorodna t.i. presečna ali komplementarna področij kmetijstva, živilstva, gradbeništva in turizma, ki so v zadnjem obdobju deležna velikih razvojnih sprememb.

Z vidika kvalifikacijske strukture dejavnosti varstva naravnih in kulturnih vrednot in varstva okolja predlagamo v programu sledečo strukturiranost po dejavnostih:

1. VARSTVO NARAVNIH VREDNOT
  - skrb za biotsko raznovrstnost
  - skrb za vodo, zrak, zemljo, hrup
2. VARSTVO KULTURNIH VREDNOT
  - skrb za kulturno dediščino
3. ALTERNATIVNI VIRI NARAVNIH OBLIK ENERGIJE
  - naravni ali alternativni t.i. obnovljivi viri energije: biomasa, biodeasel, bioplin, vetrna energija, sončna energija, vodna energija, geotermalna energija ...
4. VARSTVO OKOLJA
  - dejavnost recikliranja različnih vrst materialov
  - biološka razgradnja organskih odpadkov, kompostiranje
  - naravna (biološka) predelava odpadnih voda
  - komunalne dejavnosti

Izpostaviti želimo vidike varovanja naravnih vrednot, varovanja kulturne dediščine in varstva okolja kot izhodiščno priložnost kvalitetnejšega gospodarskega in družbenega razvoja Republike Slovenije.

Bogata naravna in kulturna dediščina je pomembna z vidika identitete slovenskega naroda, ima poseben kulturni, znanstveni, ekološki, krajinsko estetski in rekreacijski pomen za celotno območje.

Onesnaževanje okolja kot možnost in priložnost dviga kakovosti življenja vodi v navidezno navzkrižne interese »okoljskega davka« in družbenega napredka, ki je lahko presežen v samozadostnem sistemu zaprtega kroga ekonomije ravnanja z odpadki v reciklažnih postopkih.

Strategija o ohranjanju in trajnostni rabi naravnih virov energije ima poseben pomen zaradi specifičnih naravnih možnosti in prednosti Slovenije. Izraba naravnih oz. alternativnih virov energije omogoča razvoj novih dosežkov izkoriščanja naravnih danosti v okviru čiste energije in razvijanja visoke kulture. V kolikor se res zavedamo pomena obnovljivih virov energije, ki poleg zamenjave fosilnih goriv prinesejo tudi veliko novih delovnih mest v trajnostnem razvoju podeželja in mestnih okolij, moramo storiti vse, da bosta njihov pomen in možnosti izrabe prišla v zavest slehernega izmed nas, posebej generacije, ki bo čez nekaj let prevzela glavno skrb za razvoj in delovanje družbe. Smiselno in učinkovito bi bilo zato vključiti teme iz obnovljivih virov energije v učne programe na vseh nivojih strokovnega izobraževanja v kmetijstvu in gozdarstvu. (Marjan Dolenšek, prispevek za ta strokovni članek, 19.03.2006, svetovalec za kmetijsko tehniko, KGZS).

Kot rezultat bi lahko predvideli tudi razvoj turizma, dejavnosti ekološkega kmetovanja, vključno s proizvodnjo zdrave hrane, pridelane na naravi prijazen način in določenih drugih dejavnosti.

Zagotavljanje ohranjanja in zaščite nacionalnih naravnih in kulturnih vrednot kot temeljne priložnosti gospodarskega in družbenega razvoja lahko zagotovimo z vlaganjem v izobraževanje kot osnovno obliko človeškega kapitala.

## Cilji modula ekoremediacije

- pozna in razume pojem – ekoremediacije
- razume pomen in princip delovanja ERM
- utemelji uporabo ekoremediacije (nekoč in danes) za obnovo in varovanje narave
- razume in utemelji možnosti uporabe ERM za različne vire onesnaževanja
- razume in opiše različne ERM tehnologije, njihovo uporabo in prednosti
- sodelovanje z različnimi strokovnimi službami
- sodelovanje pri pripravi načrtov uvajanja ekoremediacij
- sodelovanje pri pripravi dokumentacij, mnenj in soglasij za izvedbo ekoremediacij

## Metode dela pri poučevanju vsebin modula ekoremediacije

- projektno učno delo
- razskovalno - eksperimentalno delo
- analize in monitoring
- metode opazovanja
- terensko delo
- odprto učno okolje
- študija primera
- Vodne učne poti – delo natereno, interdisciplinarno proučevanje voda
- igre vlog
- supinske diskusije – okrogle mize
- ekskurzije, naravoslovni dnevi, naravovarstveni dnevi
- intervju, anketni vprašalnik...

## 4 Viri in literatura:

- Buser S., Kamenšček-Hvala P.: Program srednjega strokovnega izobraževanja: NARAVOVARSTVENI TEHNIK, Konzorcij biotehniških šol, 2007
- Vovk Korže A., Vrhovšek D.: Ekoremediacije za učinkovito varovanje okolja, Inštitut za promocijo varstva okolja, Maribor, 2006.
- Skoberne P.: Ocena delovnih mest s področja varstva narave v prihodnjem 5 ali 10 letnem obdobju, Ministrstvo za okolje in prostor, 2007.
- Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2002.
- Gradivo za učitelje s seminarjev Izobraževanje za uvajanje novih programov – Naravovarstveni tehnik – Ekosistemi in ekoremediacije, Naklo, 2008.
- Strategija ohranjanja biotske raznovrstnosti
- Zakon o ohranjanju narave

# VZGOJA IN IZOBRAŽEVANJE ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ V PROGRAMIH OSNOVNE ŠOLE

*Neda Kranjec; univ. dipl. biologinja, Osnovna šola dr. Aleš Bebler - Primož Hrvatini*

---

## **Izveček:**

Prispevek predstavlja izobraževalni program – enega od načinov izobraževanja mladih za trajnostni razvoj, vzgojo za varstvo naravne dediščine in vzgojo za varstvo okolja. Namen programa je v učencih vzbuditi ljubezen in spoštovanje do narave kot celote vsega živega in neživega sveta ter s tem dvigniti nivo naravoslovne etike, ozavestiti jih o pomenu biodiverzitete, razvijati kritično razmišljanje o človekovih vplivih na naravo in vzbuditi občutek odgovornosti za življenje na Zemlji. Okvirni in dolgoročni cilji večletnega programa so: spoznati in ovrednotiti pomen naravnih bogastev domačega kraja in njegove bližnje okolice; ozavestiti pomen ohranjanja biološke in krajinske raznovrstnosti s poudarkom na pomenu zavarovanih območij; spodbuditi razmišljanje in osebno izražanje glede okoljevarstvene tematike; spodbuditi zanimanje za okoljevarstveno problematiko v domačem okolju; razviti odgovoren odnos učencev do naravnega okolja in ga na ta način uspeti ohraniti za prihodnje generacije; omogočiti učencem, da spoznavajo izobraževanje za trajnostni razvoj; spodbuditi raziskovalne interese učencev in na izkustveni način povečati vzgojno funkcijo šole ter vključiti starše, lokalne oblastnike in zunanje strokovne sodelavce

## **Ključne besede:**

izobraževanje, trajnostni razvoj, vzgojno-izobraževalni program, ohranjanje narave, varstvo okolja

kot partnerje v vzgojno-izobraževalnem procesu. Pričakovani rezultati so kratkoročne in dolgoročne narave. Z vidika trajnostnega razvoja so pomembnejši dolgoročni rezultati. Le-ti pa so: posredovanje in uveljavljanje principov izobraževanja za trajnostni razvoj kot procesa poučevanja in učenja, ki naj širi in spodbuja zavedanje učencev o pomenu njihovega prihodnjega sodelovanja v gospodarskih, družbenih in okoljskih spremembah; javno osveščanje o pomenu varovanja biološke in krajinske raznovrstnosti; vzpostavitev medgeneracijskih povezav z iskanjem "delovnih partnerjev" med starši, strokovnjaki zunanjih inštitucij in krajevnimi oblastniki; medpredmetno sodelovanje in povezovanje naravoslovnih predmetov med seboj; povezovanje strokovno-teoretičnih predmetov in praktičnega pouka; izobraževanje v delovnem procesu ter sodelovalno učenje. Metode in oblike, ki se jih za doseganje navedenih ciljev in pričakovanj uporablja, so: priprava akcijskih načrtov, ekskurzije v zavarovana območja, naravoslovni dnevi, okrogle mize, naravoslovni tabori, srečanja in pogovori s strokovnimi delavci, intervjuji, predavanja, objave prispevkov v lokalnih medijih, izdelava zgibank in drugih informativnih virov, fotografiranje, likovno upodabljanje, organizacija razstav in zaključnih srečanj.

**Abstract:**

This text discusses educational programme – which is one of the ways to educate young people regarding sustainable development, preservation of natural heritage and environmental protection. The purpose of the programme is to increase students' awareness and their love and respect for the environment as an entirety of biotic and a biotic world and thus raise the level of natural science ethics, familiarize the students with the importance of biodiversity, develop critical mind as regards human impact on the environment and encourage their sense of responsibility for the life on Earth. Framework and long-term goals of this multi-annual programme are: to learn about and evaluate the importance of natural resources in home town and its surroundings, to increase students' awareness of preserving biodiversity and landscape diversity emphasizing the importance of the protected areas. Other goals are to encourage reflection and personal position regarding environmental protection, encourage interest in environmental protection issues in home environment, develop responsible attitude towards nature and thus preserve the environment for future generations, enable students to get the appropriate education for sustainable development, encourage research interests of students, increase educational function of school through experience

**Key words:**

education, sustainable development, educational programme, environmental preservation, environmental protection.

and include parents, local authorities and outside professionals into educational programme as partners. The expected results are of short-term and long-term nature. As regards sustainable development the long-term goals carry greater importance. These are: mediation and enforcement of principles of education for sustainable development as a process which is designed to teach and learn and is intended to spread as well as to encourage students' awareness of the importance of their future participation in economical, social and environmental changes, public awareness of importance of biodiversity and landscape diversity preservation, establishment of intergenerational links through finding "business partners" among parents, experts from outside institutions and local authorities, co-operation between courses and inter-connection among nature science classes, inter-connection among theoretical-science classes and practical training, education through a work process and participation learning. Methods and forms used to meet the above mentioned goals and expectations are: preparation of action plans, excursions in protected areas, natural science days, round tables, natural science camps, meetings with professionals, interviews, lectures, publishing articles in local media, preparing folders and other informative materials, photography, art paintings, organization of exhibitions and closure meetings.

## 1 Uvod

V današnji družbi, ki je storilnostno in potrošniško naravnana, je predvsem med otroki čedalje manj takšnih, katerih interesi so povezani z naravo. Drugače tudi ne more biti pri današnjem načinu življenja, ki ne dopušča otrokove sproščene igre v gozdu, ob reki, na travniku, jasi ... Tudi šolski programi, zavezujoči se smernicam vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj (VITR), ne predvidevajo pogostega, neposrednega stika učencev z neokrnjeno naravo, s čimer bi bile dane izhodiščne možnosti za uresničevanje načel VITR. Učenec, ki nečesa ne pozna, ne izkusi in mu ni blizu, tisto težko razume. Zato otroku, ki ni v stiku z naravo od rane mladosti, je torej ne spoznava, občuduje in spoštuje, v višjih razredih osnovne šole težko približamo skrb za varstvo okolja ali biološke pestrosti. Da bi VITR, ki je vseživljenjski proces od ranega otroštva do odrasle dobe, kot pravi M. Zver (2007: 3), vzgajala in izobraževala, kako spreminjati mišljenje ljudi, jih bolje ozavestiti in s tem prispevati k večji kakovosti življenja, je treba že v najnižjih razredih osnovne šole poskrbeti ne le za uresničevanje ciljev kurikula, temveč tudi in predvsem za to, da bodo učenci znali opaziti, kaj se dogaja v naravi, vzbuditi v njih občudovanje, ljubezen in spoštovanje kot zanesljive temelje za nadaljnje izobraževanje po načelih trajnostnega razvoja. Od starejšega učenca, dijaka, študenta, tako kot odraslega človeka, ki mu je tuje občudovanje in spoštovanje narave, je torej težko pričakovati, da bo razumel, kakšen je pomen varstva okolja ter biotske in krajinske raznovrstnosti ali smotrnega upravljanja z naravnimi viri.

## 2 Opredelitev problema in načrtovanje

Smernice VITR še ne dajejo zagotovila, da bomo učence tudi v resnici vzgojili v ljudi, ki bodo naravo spoštovali in ljubili, kajti le ti bodo lahko varovali okolje in zavarovali naravne vire pred uničujočim izkoriščanjem. Dosedanji vzgojno-izobraževalni programi niso dovolj učinkoviti, da bi učence v zadnji triadi osnovnega izobraževanja zadovoljivo motivirali za usmerjanje v naravoslovne študije. Upravičeno se lahko sprašujemo, ali je obstoječi izobraževalni sistem sposoben razvijati in oplemenititi otrokove naravne

sposobnosti opazovanja, poslušanja, čutenja..., ki jih skupaj z velikimi upi prinesejo že prvi dan ob vstopu v osnovno šolo. Razmišljali smo, kaj storiti, da bi se učenci prihodnjih generacij v večjem številu in z veseljem odločali za naravoslovje. Iz izkušenj vemo, da se za vse, kar je povezano z naravo, veliko bolj zanimajo mlajši otroci, zato je pomembno in nujno naravoslovne dejavnosti s katerimi bomo dosegali naravovarstvene cilje - privzgojati ljubezen do narave, občutek za lepoto in spoštovanje lepega, zelo skrbno načrtovati in izvajati predvsem v prvi triadi ter dopolnjevati in nadgrajevati v drugi in tretji triadi osnovnošolskega izobraževanja. V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili program vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj na Osnovni šoli dr. Aleš Bebler – Primož Hrvatini.

## 3 Cilji vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj

Glede na to, da je VITR obsežen, celovit in skladen pedagoški proces, ki vključuje odnos med človekom in naravo ter odnose med ljudmi; vodi do razumevanja vsestranske zveze med naravnim, gospodarskim, družbenim in političnim sistemom ter soodvisnosti ljudi, ki živijo v različnih delih sveta in skuša dejavno in tvorno reševati sedanja in prihodnja okoljska in družbena vprašanja človeštva, smo si postavili dolgoročne (strateške) in kratkoročne (operativne) cilje in v skladu z njimi oblikovali posamezne programe.

### Cilji programa

1. Privzgojiti sposobnost opazovanja, da bodo učenci uzrli lepoto v naravi, jo bodo sposobni občudovati in spoštovati.
2. Ozavestiti pomen ohranjanja biološke in krajinske raznovrstnosti na območjih Sredozemski slani travnik pri Sv. Nikolaju v Ankaranu, Naravni rezervat Škocjanski zatok in Naravni spomenik Debeli rtič.
3. Spodbuditi razmišljanje in osebno izražanje na okoljevarstveno tematiko ter spodbuditi zanimanje za okoljevarstveno problematiko v domačem okolju.



4. Omogočiti učencem, da razvijajo svoje sposobnosti vključevanja v demokratične tokove EU, oziroma, da spoznavajo izobraževanje za trajnostni razvoj.
5. Razviti odgovoren odnos učencev do naravnega okolja in ga na ta način uspeti ohraniti za prihodnje generacije.
6. Spodbuditi raziskovalne interese učencev in na izkustven način povečati vzgojno funkcijo šole.
7. Vključiti starše, lokalne oblastnike in zunanje strokovne sodelavce kot partnerje v vzgojno-izobraževalnem procesu.

#### 4 Pričakovani rezultati

Rezultati, ki jih pričakujemo so kratkoročne in dolgoročne narave. Z vidika trajnostnega razvoja so pomembnejši dolgoročni. Le-ti pa so:

- sposobnost opazovanja, občudovanja in spoštovanja narave kot celote;
- posredovanje in uveljavljanje principov izobraževanja za trajnostni razvoj kot procesa poučevanja in učenja, ki naj spodbuja učence v prihodnje aktivne državljane za sodelovanje v gospodarskih, družbenih in okoljskih spremembah;
- javno osveščanje o pomenu varovanja biološke in krajinske raznovrstnosti z izdelavo zgibank, obveščanjem o projektu v medijih, objavo prispevkov v lokalnih medijih in strokovnih revijah ter pripravo strokovnih člankov s temo učenja v naravi;
- vzpostavitev medgeneracijskih povezav z iskanjem "delovnih partnerjev" med starši, strokovnjaki zunanjih inštitucij in krajevnimi oblastniki;
- sodelovanje in povezovanje z delovnimi institucijami v gospodarstvu;
- medpredmetno sodelovanje in povezovanje naravoslovnih predmetov med seboj;
- povezovanje strokovno-teoretičnih predmetov in praktičnega pouka;
- izobraževanje v delovnem procesu;
- procesno in sodelovalno učenje.

#### Ciljne skupine

Osnovne smernice in načela VITR nas usmerjajo k izbiri ciljnih skupin. Poleg učencev od prvega do devetega razreda, programi načrtujejo tudi vključevanje njihovih staršev, učiteljev sodelavcev ter predstavnikov krajevnih in občinske oblasti.

Vključitev teh ciljnih skupin narekujejo tudi sodobne metode in oblike dela ter inovativnost nosilcev programov, kar zahteva dinamičnost in odprtost pri načrtovanju in izvajanju vzgojno-izobraževalnega procesa v sodelovanju z drugimi inštitucijami.

#### Metode

Celoten program je zasnovan po načelih projektne dela kot organizacijske oblike vzgojno-izobraževalnega dela. S tem se prilagaja vsebinam, starostni stopnji otrok, interesom posameznikov in njihovim sposobnostim. V celotnem didaktičnem sistemu je uporabljena kot temeljna metoda raziskovanje, oz. reševanje problema. Poleg spodbujanja radovednosti kot oblike nepogrešljive notranje motivacije je vključen dogovor o delu, torej načrtovanje dejavnosti, doživljanje okolja ter nesistematično in sistematično opazovanje z ekskurzijami v zavarovana območja, naravoslovnimi dnevi ter naravoslovnimi tabori, poročanje in primerjanje na srečanjih ter v pogovorih s partnerji, ozaveščanje javnosti ter poročanje o delu z objavami prispevkov v lokalnih medijih, z izdelavo zgibank in drugih informativnih virov, fotografiranjem, likovnim upodabljanjem, organizacijo razstav in zaključnih srečanj.

#### Načrtovanje programa

Strateški načrt je vodilo delovanja in sledi viziji razvoja naravoslovnih dejavnosti na šoli v naslednjih petih letih, z namenom izvajati naravoslovje kot eno izmed pomembnih vzgojno-izobraževalnih dejavnosti šole.

### Strateški načrt vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj

| Čas           | Ciljna skupina    | Vsebina   | Nosilec           |
|---------------|-------------------|---|-------------------|
| 1. do 3. leto | učenci 1. triade  | Rad sem v naravi  | Pripravljalni tim |
|               |                   | Ločeno zbiram odpadke                                   |                   |
|               |                   | Ekobralna značka  |                   |
| 4. leto       | učenci 4. razreda | Posvojimo ptico   | Pripravljalni tim |
|               |                   | Ločeno zbiram odpadke                                   |                   |
|               |                   | Ekobralna značka  |                   |
| 5. leto       | učenci 5. razreda | Obmorska mokrišča:                                      | Pripravljalni tim |
|               |                   | Ločeno zbiram odpadke                                   |                   |
|               |                   | Ekobralna značka  |                   |
| 6. leto       | učenci 6. razreda | Zaščitena območja: NRŠZ, KPSS, KPS, območja Nature 2000 | Pripravljalni tim |
|               |                   | Uporaba vrečk iz blaga                                  |                   |
|               |                   | Ekobralna značka  |                   |
| 7. do 9. leto | učenci 3. triade  | Organizmi v naravi in umetnem okolju                    | Pripravljalni tim |
|               |                   | Uporaba vrečk iz blaga                                  |                   |
|               |                   | Ekobralna značka  |                   |

### Operativno načrtovanje

Vsako šolsko leto načrtujemo podprograme, katerih nosilec je eden izmed učiteljev, ki se pri načrtovanju in izvajanju programa povezuje s tistimi, ki se odločijo sodelovati. Načrtovani so za določene ciljne skupine, navajajo cilje, aktivnosti, pričakovane rezultate in potrebe po materialnih sredstvih ter pripomočkih.

V nadaljevanju so navedeni letošnji podprogrami in program »Uporaba vrečk iz blaga«, kot primer načrtovanja vzgojno-izobraževalnega dela ter primer praktične vzgoje za življenje v duhu smernic trajnostnega razvoja.

### Podprogrami v projektu:

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | Koordinator projekta                       | Neda Kranjec  |
|   | Podprogrami:                               | Nosilec dejavnosti in sodelavci   |
| 1 | Uporaba vrečk iz blaga                     | Jožica Kalšek   |
| 2 | Izdelki iz odpadnega materiala             | Elda Radovac, Ester Toškan  |
| 3 | Ločeno zbiranje odpadkov                   | Biserka Jeras, Suzana Bizjak Šenekar<br>Vesna Čičič, Nives Krajnik, Duška Kozlovič, Mojca Sardoč, Renata Jenko, Elda Radovac, Ester Toškan, Tamara Dobrinja Šepec |
| 4 | Ohranjanje biološke pestrosti              | Andreja Božič, Andreja Marzi<br>Neda Kranjec  |
| 5 | Ekobralna značka                           | Neda Kranjec<br>Nada Đukić, Marjeta Gal Babič, Elda Radovac, Ester Toškan   |
| 6 | Odnosi med spoloma: Mladostnik in spolnost | Neda Kranjec, Mateja Rejc, Katja Zupančič   |

| <b>Program 1: UPORABA VREČK IZ BLAGA</b>  |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Nosilec programa: Jožica Kalšek   |   |  |  |
| Ciljna skupina: učenci tretje triade  |   |  |  |
| Cilji   | Aktivnosti-čas izvajanja  | Pričakovani rezultati  | Material in pripomočki   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uporaba vrečk iz blaga namesto plastičnih vrečk;</li> <li>- Povečana ozaveščenost glede obremenjujočega vpliva plastike na okolje;</li> <li>- Priprava in ogled razstave.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktivnosti se bodo izvajale, med in po pouku, kakor tudi na dnevih drugih dejavnosti.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gospodinjstva v katera so vključeni učenci bodo pričela uporabljati vrečke iz blaga namesto plastičnih vrečk;</li> <li>- Povečana ozaveščenost;</li> <li>- Učenci in njihovi starši si bodo ogledali razstavo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uporaba računalniške učilnice;</li> <li>- Plakati;</li> <li>- Vrečke iz blaga.</li> </ul> |

## 5 Rezultati

Nekatere izmed navedenih dejavnosti smo začeli izvajati v šolskem letu 2006/2007 in že v prvem letu so bili v glavnem doseženi vsi takrat načrtovani cilji. Učenci so z neposrednim izkustvom in doživljanjem narave začeli prepoznavati njene lepote, jo občudovati in spoštovati. Spoznavati in ceniti so začeli pomen naravnih vrednot domačega kraja in njegove bližnje okolice ter se zavedati dobrih in slabih plati ekološkega turizma. Še vedno so v procesu ozaveščanja pomena ohranjanja biološke in krajinske raznovrstnosti s poudarkom na pomenu zavarovanih območij, kot je Sredozemski slani travnik pri Sv. Nikolaju v Ankaranu. Razmišljajo in tudi osebno izražajo mnenja glede okoljevarstvene problematike v domačem okolju, razvijajo odgovoren odnos do naravnega okolja in ga na ta način poskušajo ohraniti za prihodnje generacije. Razvijajo svoje raziskovalne interese ter sposobnosti za vključevanje v demokratično odločanje z vključevanjem in sodelovanjem s starši, zunanjimi strokovnimi sodelavci in drugimi partnerskimi šolami. Vztrajali bomo v izvajanju dejavnosti, ki nas bodo pripeljale do sodelovanja z lokalno in širšo oblastjo ter gospodarstveniki, saj se zavedamo, da bo naše pedagoško delo dobilo primeren pomena šele, ko bo cenjeno v širši družbi in bodo njegovi rezultati pripomogli k njenemu usmerjanju v trajnostni razvoj.



*Slika 1: Opazovanje jesenskega obročkanja ptic na ankaranski bonifiki (foto: N. Kranjec, 2006)*



*Slika 2: Raziskovanje obrežja ob slanem travniku Sv. Nikolaj Ankaran(foto: N. Kranjec, 2008)*



*Slika 3: Zimsko obročkanje ptic; slani travnik Sv. Nikolaj Ankaran (foto: N. Kranjec, 2008)*

## 6 Viri in literatura

Cornell, J. 1994. Približajmo naravo otrokom. Celje: Mohorjeva družba.

Komljanc, N. 2007. Sistem babuška za uravnavanje ekologije bivanja. V: Trajnostni razvoj v šolah in vrtcih, letnik 1, št. 1/2, str. 23–27.

Marentič Požarnik, B. 2002. Notranja učna motivacija kot pogoj in cilj kakovostnega izobraževanja. V: Vzgoja in izobraževanje, letnik 33, št. 3, str. 8–14.

Marentič Požarnik, B. 2003. Psihologija učenja in pouka. Ljubljana: Državna založba Slovenije.

Petek, D. 2007. Ali se izobraževanje za trajnostni razvoj začena v vrtcu? V: Trajnostni razvoj v šolah in vrtcih, letnik 1, št. 1/2, str. 55–61.

Podobnik, J. 2007. Vzgoja za trajnostni razvoj, priložnost za učitelje in vzgojitelje. V: Trajnostni razvoj v šolah in vrtcih, letnik 1, št. 1/2, str. 15–18.

Smernice vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj od predšolske vzgoje do douniverzitetnega izobraževanja. V: Trajnostni razvoj v šolah in vrtcih, letnik 1, št. 1/2, str. 7–14.

Šverc, A., Rustja, E. 2007. Trajnostni razvoj ter vzgoja in izobraževanje. V: Trajnostni razvoj v šolah in vrtcih, letnik 1, št. 1/2, str. 19–22.

Zver, M. 2007. Uvod k reviji Trajnostni razvoj v šolah in vrtcih. V: Trajnostni razvoj v šolah in vrtcih, letnik 1, št. 1/2, str. 3–4.

# VIDIKI, MOŽNOSTI IN PRILOŽNOSTI STRUKTURIRANJA VSEBIN PODROČJA VARSTVA NARAVNIH VREDNOT, VARSTVA KULTURNE DEDIŠČINE IN VARSTVA OKOLJA PRI KONCIPIRANJU NOVIH IZOBRAŽEVALNIH MODELOV

*mag. Primož Hvala Kamenšček, Center za poklicno izobraževanje,  
Staška Buser, Šolski center Šentjur*

---

## **Izvleček:**

Izobraževalni program Naravovarstveni tehnik je nastal kot rezultat projekta prenove izobraževalnih programov, ki je sofinanciran s strani Evropskega socialnega sklada. Program je dve leti pripravljala skupina za naravovarstvo v okviru Konzorcija biotehniških šol Slovenije. Z vidika kvalifikacijske strukture dejavnosti varstva naravnih in kulturnih vrednot in varstva okolja v programu zasledimo strukturiranost po dejavnostih: skrb za biotsko raznovarstnost, skrb za vodo, zrak, zemljo, hrup, skrb za kulturno dediščino, obnovljivi viri energije, recikliranja različnih materialov, biološka predelava odpadnih voda. Med načeli strateške usmeritve programa so tudi obnova degradiranega okolja s tehnološkimi postopki ter uporabo ekoremediacij.

## **Ključne besede:**

izobraževalni program, naravovarstveni tehnik, ekoremediacije, varstvo naravnih vrednot, varstvo kulturnih vrednot, obnovljivi viri energije, varstvo okolja.

## **Abstract:**

Points of view, possibilities and opportunities of contents structure in the field of protection of natural values, cultural heritage and environment protection for establishment of new educational models

Educational programme Nature-protective technician is a result of the project from the renovated educational programmes, which are founded from European social fund. The programme was prepared by a group of nature-protective professionals in the frame of Consortium of biotechnical schools of Slovenia. From the point of qualification structure activity of natural and cultural values and the protection of the environment in the programme, we can trace structures of activities: care for biodiversity, care for the water, air, earth, noise, cultural heritage, renewable energy, recycling different materials, biological recasting of waste water. In the principle direction of the programme are also renovation of degraded environment with technological procedure and the use of ecoremedations.

## **Key words:**

educational programme, Nature-protective technician, ecoremedations, protection of natural resources, protection of cultural resources, renewable energy resources, environmental protection.

## 1 Uvod

Sodobni trendi razvoja družbe, novih tehnologij, standardov in zakonodaje v EU in nacionalnih zakonskih in strokovnih podlag narekujejo nova znanja iz vsebin varstva naravnih vrednot, varstva okolja in varstva kulturne dediščine v povezavi do biotehničnega in kulturno-etnološkega področja.

Ta znanja so predpogoj za ohranjanje in razvoj družbenih in kulturnih vrednot, narodne dediščine in ohranjanja danosti naravnih vrednot z vidika sonaravnega in trajnostnega razvoja podeželja in urbanih okolij.

Pri načrtovanju nacionalnih perspektiv gospodarskega razvoja v Republiki Sloveniji je potrebno izhajati iz dejstva določitve obsega območja s statusom zavarovanih naravnih površin in obsega območja ostalih naravnih površin s katerimi gospodarijo v večini kmetijci kot lastniki le-teh.

Odgovornost za ohranjanje biotske raznovrstnosti se kaže v deležu varovanih in zavarovanih območij. Tako je kar 47,7 % Slovenije določenih kot ekološko pomembno območje. Od teh območij sta dve tretjini vključeni v evropsko omrežje NATURA 2000, ki zajema tako 35,5 % ozemlja države. Območij zavarovane narave je približno 11 %.

Na državni ravni je ustanovljen 1 narodni park (Triglavski narodni park), 2 regijska parka (Škocjanske jame, Kozjanski park) in 3 krajinski parki (Sečoveljske soline, Strunjan, Goričko) ter en naravni rezervat (Škocjanski zatok). Na občinskem nivoju pa je ustanovljen 1 regijski park (Notranjski regijski park) in 34 krajinskih parkov.

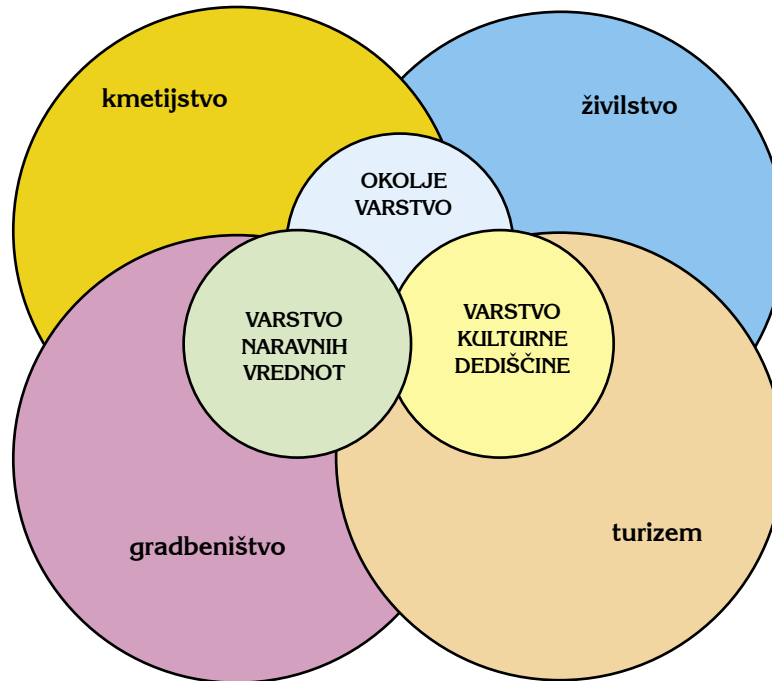
V novem Nacionalnem programu za varstvo okolja je predvideno povečanje deleža zavarovanih območij različnih kategorij za 5% površine Slovenije do 2008 oz. za 10% površine Slovenije do 2014. (Alma Vičar, Ministrstvo za okolje in prostor).

Kakovostno izobraževanje državljanov je mogoče zagotoviti le na način, da družbeni razvoj vključuje tako naravne in kulturne vrednote kot dognanja znanosti in novih tehnologij, razvojnih spremembe na področju biotehnike, gospodarjenja z naravnimi viri ter doseganjem ravnovesja okolja in narave nasploh.

Slovenija bo morala v prihodnje čimprej doseči gospodarski napredek in dvig blaginje ob učinkovitejši rabi naravnega in okoljskega kapitala, ohranjanju naravnih in kulturnih vrednot, pri tem pa zagotavljati dvig kakovosti bivalnega okolja. V luči sledeče strategije bo potrebno doseči zlasti zaradi izčrpanja virov trajno (globalno in lokalno) nesprejemljive porabe naravnih virov in obremenjevanja okolja na prebivalca odločnejši prehod k razvojno okoljskemu modelu t.i. trajnostnostega, sonaravnega in optimalnega ohranjanja naravnih in kulturnih vrednot ter okolja.

Iz analize nacionalnih in EU zakonskih podlag, strokovnih strategij in smernic, trendov trga dela in vsebinskih mednarodni primerjav poklicnega in strokovnega izobraževanja ter usposabljanja t.i. biotehničnega področja, okolje-varstvenega področja in kulturno-etnološkega področja je razvidno, da moramo sistematično poskrbeti za razvoj ustreznih strokovnih vsebin kvalifikacijske strukture kot samostojne izobraževalne entitete ter na način vključevanja poklicnih kvalifikacij in ustreznih ključnih kompetenc v sorodna t.i. presečna ali komplementarna področij kmetijstva, živilstva, gradbeništva in turizma, ki so v zadnjem obdobju deležna velikih razvojnih sprememb.

## MEDDISCIPLINARNI PRISTOP POVEZOVANJA DEJAVNOSTI Z VIDIKA IZOBRAŽEVALNIH PERSPEKTIV



Čprav vsako področje zase predstavlja avtonomno znanstveno zvrst in izvirajoča specifična strokovna ukrepanja jih bomo z vidika bazičnega poklicnega in strokovnega izobraževanja obravnavali celostno v medsebojni vzajemni soodvisnosti.

Z vidika kvalifikacijske strukture dejavnosti varstva naravnih in kulturnih vrednot in varstva okolja predlagamo sledečo strukturiranost po dejavnostih:

### 1. VARSTVO OKOJA

- dejavnost recikliranja različnih vrst materialov
- ekoremediacije
- biološka razgradnja organskih odpadkov, kompostiranje
- naravna (biološka) predelava odpadnih voda
- komunalne dejavnosti

### 2. VARSTVO NARAVNIH VREDNOT

- skrb za biotsko raznovrstnost
- skrb za vodo, zrak, zemljo, hrup

### 3. VARSTVO KULTURNIH VREDNOT

- skrb za kulturno dediščino

### 4. ALTERNATIVNI VIRI NARAVNIH OBLIK ENERGIJE

- naravni ali alternativni t.i. obnovljivi viri energije: biomasa, biodeasel, bioplin, vetrna energija, sončna energija, vodna energija, geotermalna energija ...

### ***Potrebno je torej:***

- na osnovi sodobnih vsebin varstva naravnih vrednot, varstva kulturne dediščine in varstva okolja pripraviti kvalifikacijsko strukturo z vidika strukturiranja nacionalnih poklicnih kvalifikacij kot strokovnih podlag za pripravo novih izobraževalnih programov in strokovnih usposabljanj z možnostjo certificiranja
- v modelu poklicnega in strokovnega izobraževanja doseči medintegracijsko povezovanje različnih panog z vidika določitve presečiščnih vsebin ključnih kompetenc varstva naravnih vrednot, varstva kulturne dediščine in varstva okolja
- strokovno izobraziti in usposobiti pedagoški kader za posredovanje vsebin z vidika novih izobraževalnih programov in usposobiti člane strokovnih komisij za preverjanje nacionalnih poklicnih kvalifikacij v certifikatnem sistemu
- pripraviti koncept implementacije sodobno strukturiranih izobraževalnih kurikulumov ter zagotoviti sistem kakovosti z vidika stalne strokovne spremljave ter stalnega strokovnega posodabljanja vsebin glede na razvoj novih strokovnih trendov

### **Izobraževalni vidiki in možnosti zaposlovanja v okviru dejavnosti varstva naravnih vrednot in varstva okolja v Republiki Sloveniji**

#### ***Izobraževanje na področju varstva naravnih vrednot mora zagotavljati:***

- poznavanje organizmov, njihovih medsebojnih odnosov in življenjskih procesov v naravi, varovanje biotske raznovrstnosti
- **izvajanje ekoremediacij**
- poznavanje in zaščita ogroženih habitatov
- zagotavljanje kakovosti zraka, vode in tal ter omejitve onesnaževanja okolja
- poznavanje možnosti obremenjevanja in izrabe tal

- zaščita vodnega bogastva in možnosti sonaravnega upravljanja, raba in urejanja voda
- večjo odgovornost pri posegih v naravno okolje
- hitrejše reagiranje na spremembe in degradacije in onesnaževanje v naravi in okolju
- poznavanje izpostavljenosti okoljskim tveganjem in ogroženosti organizmov
- poznavanje preventivnih ukrepov in ravnanj ob naravnih in ekoloških nesrečah
- zagotovitev procesa varovanja naravnih vrednot in obnove degradiranega okolja
- informiranje o ukrepih varstva naravnih vrednot, vključevanje in komuniciranje z javnostjo
- usklajevanje strategije naravnih vrednot in okoljske politike ter oblikovanje strokovnih rešitev
- poznavanje in ohranitev naravnih vrednot kot temeljnega vira za gospodarski in družbeni razvoj
- uporaba naravnih oz. alternativnih virov energije in možnosti lokalnih energetske zasnov
- povezovanje naravnih, ekoloških, tehnoloških, ekonomskih, družbenih in kulturnih dejavnikov v sklopu trajnostnega razvoja
- krepitev in širjenje zavesti o nujnosti varovanja naravnih vrednot
- razvijanje novega znanja, specifičnega in prilagojenega za slovenske razmere
- iskanje novih kvalitativ življenja
- poznavanje zakonskih podlag in strokovnih smernic na področju varstva naravnih vrednot, kulturne dediščine in varstva okolja

Z umestitvijo novih izobraževalnih programov varstva naravnih vrednot na biotehniška in sorodna področja bo omogočeno pridobiti mladini in odraslim znanja s področja varstva naravnih vrednot, okoljskih študij, sonaravnega upravljanja okolja in poznavanja kulturnih tradicij in vrednot kot temelj za gospodarski in družbeni razvoj Slovenije.



### ***Načela strateške usmeritve izobraževanja so:***

- ohranjanje naravnih vrednot in biološke diverzitete,
- dvig okoljske ozaveščenosti prebivalstva in zmanjševanje onesnaževanja okolja,
- obnova degradiranega okolja s tehnološkim pristopi ter uporabo ekoremediacij,
- gospodarno upravljanje z naravnimi viri (obnovljivi energenti, recikliranje)

V letu 2005/06 so usmerjene aktivnosti v okviru projekta Biotehniška področja, najbolj učeča se okolja, pod vodstvom Konzorcija kmetijskih šol v posodabljanje vsebin že obstoječih izobraževalnih programov področja kmetijstva in živilstva in razvijanje novih izobraževalnih programov za področje varstva naravnih vrednot, skladno z zakonskimi podlagami, strokovnimi strategijami, gospodarskimi trendi in vsebinsko mednarodnimi primerljivostmi.

**Možnosti praktične uporabe znanj in zaposljivosti kadra** na področju varstva naravnih vrednot in varstva okolja so na območju celotne Slovenije mnogotere:

- varovanje naravnih vrednot in kulturne dediščine,
- poznavanje in ohranjanje ekosistemov, ohranjanje biodiverzitete
- varovanje zaščitenih območij (vodovarstvena, naravovarstvena in druga),
- zaščita podtalnice in pitnih virov vode in revitalizacija vodotokov in ostalih degradiranih območij,
- prepoznavanje okoljskih problemov prostora, onesnaževanje zaradi kmetijstva, turizma, industrije itd.,
- netočkovno onesnaževanje,
- možnosti recikliranja odpadkov,
- ekonomska in ekološka / dolgoročna ocena učinkov,

- pridobivanje specifičnih naravnih produktov,
- svetovanje pri družbenih posegih v sistem naravnih vrednot
- izvajanje nadzornih ukrepov, ki izhajajo iz strokovnih dokumentov in področnih pravnih podlag (Zakona o varstvu naravnih vrednot)
- izobraževanje in raziskovalno delo na področju okoljskih tehnologij in inovacij, razvoj in pospeševanje uporabe alternativnih virov energij

**Socialni partnerji** na področju varstva naravnih vrednot in varstva okolja so: izvajalci javnih služb varstva naravnih vrednot in varstva okolja ter civilna iniciativa.

**Ocene potreb na trgu dela, glede na dolgoročni razvoj gospodarstva in drugih dejavnosti, so:**

- zavodi za varstvo naravnih vrednot,
- okoljevarstveni zavodi
- zavodi za varovanje kulturne dediščine
- vodno gospodarska in komunalna podjetja
- podjetja za predelavo in reciklažo odpadkov
- podjetja in organi za urejanje okolja
- kmetijska gospodarstva
- stavbno zemljiška gospodarstva
- podjetja s proizvodnjo (živilska, farmacevtska, kemična ...),
- zadruga
- samozaposlitev

## **2 Aktivnosti**

Nastanek nove izobraževalne program in strokovnih usposabljanj bo spremljal veliko število aktivnosti in izdelava številnih pomembnih dokumentov:

**A Posnetek stanja in trendov na trgu dela:**

- analiza trga dela za podpodročja varstva naravnih vrednot (analitičen vprašalnik):
  - skrb za vodo, zrak, zemljo, hrup
  - skrb za biotsko raznovrstnost

- **ekoremediacije**
- alternativni viri energije: biomasa, biodeasel, bioplin, vetrna energija, vodna energija, sončna energija, geotermalna energija ...

## **B Definiranje strokovnih podlag:**

- analiza strokovnih statističnih podatkov
- analiza nacionalnih strokovnih podlag, strategij ...
- analiza področnih pravnih podlage in predpisov v Sloveniji in državah EU
- izvedba pilotskih študij na osnovi analize izbora podjetji/zavodov pri definiranju poklicnega profila na nacionalni ravni:
  1. analiza dejavnosti podjetja
  2. definiranje tehnoloških procesi in opis procesov
  3. določitev vrsta storitev, proizvodov
  4. definiranje vrste delovnih mest, ki ustrezajo določenemu oz. posameznemu delovnemu (tehnološkemu) procesu
  5. število zaposlenih glede na:
    - a) dejavnost
    - b) delovno mesto
    - c) skupaj
    - d) zunanji sodelavci (po vrsti poklica, storitve, strokovne usluge)
  6. zunanji partnerji; sekundarne povezave za realizacijo dejavnosti
  7. definiranje razvojni trendi z vidika dejavnosti
  8. definiranje razvojnih procesov z vidika tehnoloških procesov
  9. definiranje razvojni trendi z vidika razvoja delovnih mest: integracija, deintegracija, razvoj novih poklicev.
  10. definiranje razvojnih trendov z vidika zaposlovanja v nadaljnjih 5 letih
  11. analiza deskriptorjev opisov del in nalog poklicev oz. delovnih mest za področje ekološke predelave odpadnih materialov.

- razčlenitev strokovne vsebine profilov poklica in uskladitev z nacionalnimi strokovnimi podlagami
- oblikovanje predloga osnutka kvalifikacijske strukture dejavnost za področje varstva naravnih vrednot

C Definiranje kvalifikacijske strukture za področje varstva naravnih vrednot, varstva kulturne dediščine in varstva okolja

- Obravnava in uskladitev strokovnih podlag ter nadaljnjih aktivnosti kvalifikacijske strukture dejavnost za področje varstva naravnih vrednot na nacionalni ravni v okviru Področnega odbora za poklicne standarde Trajnostnega razvoja varstva naravnih vrednot, varstva kulturnih vrednot ter varstva okolja

D Definiranje strokovnih podlag

- Izdelava poklicnih standardov, katalogov standardov strokovnih znanj in spretnosti za nacionalno poklicno kvalifikacijo

E Izdelava sodobnega izobraževalnega kurikulumu, implementacija, zagotavljanje kakovosti

- Izdelava novih kompetenčno zasnovanih izobraževalnih programov, ki so kreditno ovrednoteni, modularno grajeni, nudijo možnost izbirnosti poklicnih kvalifikacij in odprtega dela kurikulumu na osnovi vzpostavitve socialnega partnerstva
- strokovno izobraziti in usposobiti pedagoški kader
- pripraviti koncept implementacije sodobno strukturiranih izobraževalnih kurikulumov ter zagotoviti sistem kakovosti z vidika stalne strokovne spremljave

***Usklajenost izobraževalnih vsebin s strateškimi dokumenti in socialnimi partnerji***

Programska zasnova varstva naravnih vrednot izhaja iz zahtev programskih dokumentov in strategij, ki izhajajo iz trajnostne rabe virov, in sicer, ki jih lahko razvrstimo na nacionalne in mednarodne vire:

- Strategije razvoja Slovenije, ([http://www.slo.at/docs/predstavitev\\_marec\\_2005.pdf](http://www.slo.at/docs/predstavitev_marec_2005.pdf))

## 1. Slovenska zakonodaja in strategije s področja varstva narave

- Zakon o ohranjanju narave – ZON-UPB2
- Zakon o vodah
- Zakon o zaščiti živali
- Zakon o varstvu okolja
- Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah
- Uredba o zavarovanih rastlinskih vrstah
- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000)
- Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000)
- Uredba o ekološko pomembnih območjih
- Uredba o zvrsteh naravnih vrednot
- Uredba o spremembah in dopolnitvah uredbe o zvrsteh naravnih vrednot
- Uredba o varstvu samoniklih gliv
- Uredba o habitatnih tipih
- Uredba o ravnanjih in načinih varstva pri trgovini z živalskimi in rastlinskimi vrstami
- Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam
- Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot
- Strategija upravljanja z rjavim medvedom (*Ursus arctos*) v Sloveniji
- Strategija ohranjanja biotske raznovrstnosti v Sloveniji

## Mednarodne konvencije in predpisi Evropske unije

- Konvencija o močvirjih, ki so mednarodnega pomena, zlasti kot prebivališča močvirskih ptic
- Ramsarska konvencija
- Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi prosto živečimi živalskimi in rastlinskimi vrstami – Washingtonska konvencija ali CITES
- Konvencija o varstvu selitvenih vrst prosto živečih živali – Bonska konvencija
- Konvencija o biološki raznovrstnosti
- Konvencija o varstvu prosto živečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njihovih naravnih življenjskih prostorov – Bernska konvencija
- Konvencija o varstvu Alp – Alpska konvencija
- Konvencija za varstvo morskega okolja in obalnega območja Sredozemlja – Barcelonska konvencija
- Konvencija o dostopu do informacij, udeležbi javnosti pri odločanju in dostopu do pravnega varstva v okoljskih zadevah - Aarhuška konvencija
- Sporazum o ohranjanju afriško-evrazijskih selitvenih vodnih ptic
- Direktiva Sveta o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst
- Direktiva o habitatih
- Direktiva o ohranjanju prosto živečih vrst ptic
- Direktiva o pticah
- Panevropska strategija ohranjanja biotske in krajinske pestrosti

| Druge povezave s področja varstva narave   |   |
|--|---|
| Slovenija  | tujina  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ministrstvo za okolje, prostor in energijo</li> <li>-Agencija RS za okolje</li> <li>-Zavod za gozdove Slovenije</li> <li>-Zavod za ribištvo Slovenije</li> <li>-Inštitut za vode Republike Slovenije</li> <li>-Nacionalni inštitut za biologijo</li> <li>-Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta</li> <li>-Univerza v Mariboru</li> <li>-Znanstvenoraziskovalni center SAZU</li> <li>-Znanstveno-raziskovalno središče Koper</li> <li>-Morska biološka postaja</li> <li>-Prirodoslovni muzej Slovenije</li> <li>-Notranjski muzej Postojna</li> <li>-Botanični vrt v Ljubljani</li> <li>-Alpski Botanični vrt Juliana v Trenti</li> <li>-ZOO LJ</li> <li>-Politehnika Nova Gorica</li> <li>-Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-European Centre for Nature Conservation</li> <li>-U.S. Environmental Protection Agency</li> <li>-European Environment Agency</li> <li>-European Community Biodiversity Clearing-House Mechanism</li> <li>-IUCN</li> <li>-IUCN red list</li> <li>-UN Environment Programme</li> <li>-UNEP WCMC</li> <li>-EU nature conservation</li> <li>-Natura 2000</li> <li>-Eurosites</li> <li>-JJNC</li> <li>-TRAFFIC</li> <li>-WWF</li> <li>-Birdlife International</li> <li>-EUROPARK</li> <li>-Botanic Gardens Conservation International</li> <li>-NatureServe</li> </ul> |

Izobraževalne vsebine varstva naravnih in kulturnih vrednot ter varstva okolja so v Evropi sestavni del programske ponudbe postsekundarnega in terciarnega poklicnega in strokovnega izobraževanja in usposabljanja, saj pomeni strokovno-sistematični način pristopanja k tovrstni problematiki, ki ima globalne razsežnosti. S sledečega vidika velja spodbuditi prizadevanja slovenskih strokovnjakov »naravovarstveniko«, ki si prizadevajo poiskati ustrezne rešitve v nacionalnem okolju in jih povezati z globalnim oz. s širšim evropskim prostorom.

### 3 Zaključek

V sklepni misli želimo izpostaviti nekatere vidike varovanja naravnih vrednot, varovana kulturne dediščine in varstva okolja kot izhodiščno priložnosti kvalitetnejšega gospodarskega in družbenega razvoja Republike Slovenije.

Bogata naravna in kulturna dediščina je pomembna z vidika identitete slovenskega naroda, ima poseben

kulturni, znanstveni, ekološki, krajinsko estetski in rekreacijski pomen za celotno območje.

Onesnaževanje okolja kot možnost in priložnost dviga kakovosti življenja vodi v navidezno navzkrižne interese »okoljskega davka« in družbenega napredka, ki je lahko presežen v samozadostnem sistemu zaprtega kroga ekonomije ravnanja z odpadki v reciklažnih postopkih.

Strategija o ohranjanju in trajnostni rabi naravnih virov energije ima poseben pomen zaradi specifičnih naravnih možnosti in prednosti Slovenije. Izraba naravnih oz. alternativnih virov energije omogoča razvoj novih dosežkov izkoriščanja naravnih danosti v okviru čiste energije in razvijanja visoke kulture. V kolikor se res zavedamo pomena obnovljivih virov energije, ki poleg zamenjave fosilnih goriv prinesejo tudi **veliko novih delovnih mest v trajnostnem razvoju podeželja** in mestnih okolij moramo storiti vse, da bosta njihov pomen in možnosti izrabe prišla v zavest slehernega izmed nas, posebej generacije, ki bo čez nekaj let prevzela glavno skrb za razvoj in delovanje

družbe. Smiselno in učinkovito bi bilo zato vključiti teme iz obnovljivih virov energije v učne programe na vseh nivojih strokovnega izobraževanja v kmetijstvu in gozdarstvu. (Marjan Dolensek, prispevek za ta strok.članek, 19.03.2006, svetovalec za kmetijsko tehniko, Kmet.gozdar.zbornica).

Kot rezultat bi lahko predvideli tudi razvoj turizma, dejavnosti ekološkega kmetovanja vključno s proizvodnjo zdrave hrane, pridelane na naravi prijazen način in določenih drugih dejavnosti.

Zagotavljanje ohranjanja in zaščite nacionalnih naravnih in kulturnih vrednot kot temeljne priložnosti gospodarskega in družbenega razvoja lahko zagotovimo z vlaganjem v izobraževanje kot osnovno obliko človeškega kapitala.

Vredno je sledečega napora.

#### **4 Viri in literatura**

Strategija implementacije programa naravovarstvo v izobraževanje in usposabljanje na biotehniških področjih, interno gradivo, Konzorcij biotehniških šol, marec 2006

Strategija razvoja izobraževanja in usposabljanja, interno gradivo, Konzorcij biotehniških šol, ESF, januar 2006

Primož Hvala K., Metodološki inštrumentarij za izvedbo analize trendov in potreb na trga dela za dejavnost varovanje naravnih vrednot, interno gradivo, CPI, januar 2006

# KVALIFIKACIJSKA STRUKTURA: VARSTVO NARAVNIH VREDNOT

| Poklicni standard   | Koda         | Rav. zaht. | Potrditev na SS      | Ur. list      |
|---|--------------|------------|----------------------|---------------|
| Predelovalec organskih odpadkov in upravljalec bioloških in rastlinskih čistilnih naprav/predelovalka organskih odpadkov in upravljalka bioloških in rastlinskih čistilnih naprav | 8500.010.4.0 | (IV)       | 99.seja; 09.07.2007  | 85/21.09.2007 |
| Predelovalec/predelovalka lesne biomase   | 8500.009.4.0 | (IV)       | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Proizvajalec/proizvajalka biodizla  | 8500.008.4.0 | (IV)       | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Proizvajalec/proizvajalka bioplina  | 8500.007.4.0 | (IV)       | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Koordinator/koordinatorka za sonaravni razvoj in urejanje krajine   | 8500.011.5.0 | (V)        | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Naravovarstveni laborant/naravovarstvena laborantka   | 8500.014.5.0 | (V)        | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Vzdrževalec/vzdrževalka naravne in kulturne krajine   | 8500.012.5.0 | (V)        | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Vodnik/vodnica na zavarovanih območjih  | 8500.013.5.0 | (V)        | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Nadzornik/nadzornica na zavarovanih območjih  | 8500.018.6.0 | (VI)       | 99.seja; 09.07.2007  | 85/21.09.2007 |
| Skrbnik/skrbnica naravnih ravnovesij  | 8500.016.6.0 | (VI)       | 99.seja; 09.07.2007  | 85/21.09.2007 |
| Skrbnik/skrbnica naravnih vrednot in ekoremediacij  | 8500.015.6.0 | (VI)       | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |
| Tehnolog upravljalec/tehnologinja upravljalka alternativnih virov energije  | 8500.017.6.0 | (VI)       | 99. seja; 09.07.2007 | 85/21.09.2007 |

ANALIZA IZOBRAŽEVALNIH PROGRAMOV S PODROČJA VARSTVA NARAVNIH VREDNOT:

**PROGRAM SREDNJEGA STROKOVNEGA IZOBRAŽEVANJA NARAVOVARSTVENI TEHNIK  
MODULARNA GRAJENOST**

|   |  |  |
|---|--|--|
| STROKOVNI DEL:                                    |  |  |
| <b>A. GOSPODARJENJE Z NARAVNIMI VIRI ENERGIJE</b> |  | <b>B. DEJAVNOSTI V ZAVAROVANEM OBMOČJU</b>         |
| Obvezni<br>izbirni<br>moduli                      | Pridobivanje lesne biomase   | ali  |
|   | Pridobivanje bioplina  |  |
|   | Pridobivanje biodeasla   |  |
|   | Predelovanje organskih odpadkov in vzdrževanje bioloških in rastlinskih čistilnih naprav |  |
| Obvezni moduli                                    | Tehnologije obnovljivih virov energije in vplivi na okolje                               | Vodenje v naravi                                   |
| Obvezni moduli                                    | Ekološke analize in monitoring   | Gospodarjenje z naravnimi viri energije in ostanki |
|   | Ekosistemi in ekoremediacije   | Varstvo naravnih vrednot                           |
|   | GENERIČNI DEL:   |  |
|   | Trajnostni razvoj  | Naravovarstvena zakonodaja in etika                |
|   | KLJUČNI DEL:   |  |
| Informatika in poslovno komuniciranje             | Podjetništvo in trženje  |  |
| SPLOŠNO IZOBRAŽEVALNI DEL                         |  |  |

|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| Poklicni standardi                                   |   |   |   |   |
| Obvezni del:   |   |   |   |   |
| NARAVOVARSTVENI LABORANT<br><br>V.                   |   | KOORDINATOR /<br>KOORDINATORKA ZA SONARAVNI<br>RAZVOJ IN UREJANJE KRAJINE<br><br>V. |   | VZDRŽEVALEC / VZDRŽEVALKA<br>NARAVNE IN KULTURNE IN<br>KULTURNE KRAJINE<br><br>V. |
| Obvezni izbirni del:                                 |   |   |   |   |
| PROIZVAJALEC/<br>PROIZVAJALKA<br>BIOPLINA<br><br>IV. | PROIZVAJALEC /<br>PROIZVAJALKA<br>BIODIZLA<br><br>IV. | PREDELOVALEC/<br>PREDELOVALKA<br>LESNE BIOMASE<br><br>IV.                           | PREDELOVALEC<br>ORGANSKIH<br>ODPADKOV IN<br>UPRAVLJALEC<br>BIOLOŠKIH IN<br>RASTLINSKIH<br>ČISTILNIH NAPRAV<br>IV. | VODNIK / VODNICA<br>V ZAVAROVANIH<br>OBMOČJIH<br><br>V.                           |

OSNUTEK:

**PROGRAM VIŠJEGA STROKOVNEGA IZOBRAŽEVANJA NARAVOVARSTVENI INŽENIR  
MODULARNA GRAJENOST**

|  |   |  |                                     |  |
|--|---|--|-------------------------------------|--|
| <b>Diplomska naloga</b><br><b>Prosto izbirne vsebine</b> | DIPLOMSKA NALOGA  |  |                                     |  |
|  | PROSTO IZBIRNI DEL:   |  |                                     |  |
|  | PODROČJE: OKOLJEVARSTVA, KMETIJSTVA, GOZDARSTVA, ŽIVILSTVA, TURIZMA ... |  |                                     |  |
| <b>Obvezni izbirni moduli</b><br><b>A ali</b>            | STROKOVNI DEL:  |  |                                     |  |
|  | A. EKOSISTEMI   | B. DEJAVNOSTI V ZAVAROVANEM OBMOČJU                      |                                     | C. GOSPODARJENJE Z NARAVNIMI VIRI ENERGIJE                 |
|  | VNOS KORISTNIH ORGANIZMOV V OKOLJE                                      | INFORMIRANJE IN SVETOVANJE O POMENI ZAVAROVANEGA OBMOČJA |                                     | ENERGETSKE IN OKOLJSKE PERSPEKTIVE                         |
|  | VZGOJA KORISTNIH ORGANIZMOV   | NADZOR V ZAVAROVANEM OKOLJU                              |                                     | TEHNOLOGIJE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE IN VPLIVI NA OKOLJE |
|  | RAVNOVESJA EKOSISTEMOV  | NAČRTOVANJE DEJAVNOSTI V ZAVAROVANEM OBMOČJU             |                                     | GOSPODARJENJE Z NARAVNIMI IN OBNOVLJIVIMI VIRI ENERGIJE    |
| <b>Obvezni moduli</b>                                    | GENERIČNI DEL:  |  |                                     |  |
|  | ZAKONODAJA S PODROČKJA NARAVE, OKOLJA IN PROSTORA                       | ETIKA EKOLOGIJE  | VREDNOTENJE BIOTSKE RAZNOVRSTNOSTIN | VARSTVO NARAVE IN UREJANJE PROSTORA                        |
|  | SPLOŠNO DEL:  |  |                                     |  |
|  | TRAJNOSTNI RAZVOJ   | PODJETNIŠTVO, EKONOMIKA IN TRŽENJE                       |                                     | POLOVNO SPORAZUMEVANJE IN INFORMATIKA                      |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Poklicni standardi</b>   |  |  |
| <b>Obvezni del:</b>   |  |  |
| <b>SKRBNIK/SKRBNICA NARAVNIH VREDNOT IN EKOREMEDIACIJ<br/>VI.</b> |  |  |
| <b>Obvezni izbirni del:</b>                                       |  |  |
| <b>SKRBNIK/SKRBNICA NARAVNIH RAVNOVESIJ<br/>VI.</b>               | <b>NADZORNIK/NADZORNICA V ZAVAROVANIH OBMOČJIH<br/>VI.</b> | <b>UPRAVLJALEC/UPRAVLJALKA Z ALTERNATIVNIMI VIRI NARAVNIH OBLIK ENERGIJE IN MATERIALOV<br/>VI.</b> |









