



MATEROSS  
HUSRB/1002/214/188



Madarska-Srbija  
IPA preklapani program

**Okrugli sto  
PUT OPORAVKA BOLESNOG VODOTOKA  
Vrbas, 21.03.2013**

## VELIKI BAČKI KANAL – ANALIZA SLUČAJA

Dr Dejan Krčmar  
Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Univerzitet  
u Novom Sadu,  
Prirodno matematički fakultet, Trg D. Obradovića 3, 21000 Novi Sad  
dejan.krčmar@dh.uns.ac.rs



Projektat sufinansira  
Evropska unija



## HS DUNAV-TISA-DUNAV



Namena i upravljanje kanalom

- ✓ Odvodnjavanje
- ✓ Navodnjavanje
- ✓ Snabdevanje vodom
- ✓ Recipijent za otpadne vode
- ✓ Rečni saobačaj
- ✓ Uzgoj ribe
- ✓ Turizam i rekreacija



> Jedan najvećih u Evropi (960 km, 600 km plovno)  
> Jedan od najznačajnijih u svetskim razmerama

## VELIKI BAČKI KANAL



- ✓ deo složenog hidro-sistema DTD u Bačkoj
- ✓ spaja Dunav i Tisu od Bezdana do Bečeja
- ✓ sastoji se od nekoliko kanala povezanih ustavama i prevodnicama

> Kanal "Vrbas - Beždan" dužine 80,8 km (počinje od trianglera u Vrbasu i spaja se sa Dunavom blizu ustave Beždan)

> Deo kanala "Bečej-Bogojevo" dužine oko 39 km (od trianglera u Vrbasu do hidro-veze na spoju sa Tisom)





## ISTORIJAT GRADNJE



- JOSIF KIŠ , 1748 - 1813
- idejni tvorac, projektant i graditelj
- 1785. godine kanal Sivac – Vrbas
- 1802. godine Veliki bački kanal (*Francov kanal*)




Razglednica Francovog kanala iz 1926. god.



## RAZVOJ INDUSTRIJE



Šećerana u Vrbasu 1930. godina


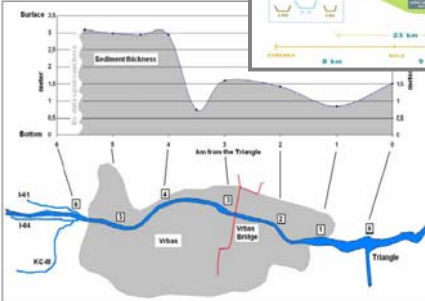



- > 19 vek početak industrijalizacije
- > 20 vek intenzivan razvoj industrije
- > Crvenka-Kula-Vrbas najveća industrijska zona u regionu



## DANAS

- ✓ NAJZAGAĐENIJI VODOTOK U EVROPI
- ✓ 400.000 m<sup>3</sup> MULJA
- ✓ DUBINA VOĐE 30 cm
- ✓ PROTOK VOĐE 0,5 m/s

### Identifikacija koncentrisanih izvora zagađenja

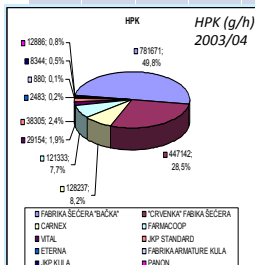
✓ direktno ili indirektno ispuštaju se komunalne i industrijske otpadne vode kao i vode sa farmi

NAZIV ZAGAĐIVAČA	DELATNOST	RECIPIJENT	PREČIŠĆAVANJE
IM Carnex Vrbas	prehrambena industrija	I-64, DTD Vrbas-Bezdan	tercijarno
Farmacoop Vrbas	poljoprivreda	KC III, I-64, DTD Vrbas-Bezdan	primarno
Medela Vrbas	prehrambena industrija	KC III, I-64, DTD Vrbas-Bezdan	bez
Vital Vrbas	prehrambena industrija	DTD Vrbas-Bezdan	sekundarno
JKP Komunalac Kula	komunalna	I-64, DTD Vrbas-Bezdan	bez
JKP Vodovod Crvenka	komunalna	I-64, DTD Vrbas-Bezdan	bez
Jaffa Crvenka	prehrambena industrija	DTD Vrbas-Bezdan	sekundarno
Šećerana Vrbas	prehrambena industrija	I-64, DTD Vrbas-Bezdan	primarno
Šećerana Crvenka	prehrambena industrija	I-64, DTD Vrbas-Bezdan	primarno
"Eterna" Kula	kožarska industrija	I-61, DTD Vrbas-Bezdan	bez
Fabrika armature Kula	metalna industrija	DTD Vrbas-Bezdan	primarno
"Panon" Crvenka	prehrambena industrija	I-64, DTD Vrbas-Bezdan	primarno

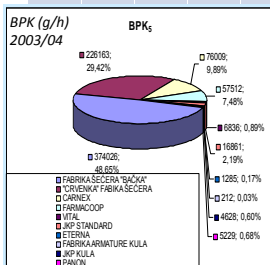
	Šećerana Vrbas	Šećerana Crvenka	Vital - Vrbas	Carnex - Vrbas	Farmacoop - Vrbas	Medela Vrbas	JKP Komunalac Kula	JKP Vodovod Crvenka	Jaffa Crvenka
Količina vode, m <sup>3</sup> /dan (2012)	180	0	4340	1420	604	190	600	220	115
Količina vode, m <sup>3</sup> /dan (2003/2004)	19934	9279	6834	2880	600	/	1010	/	/



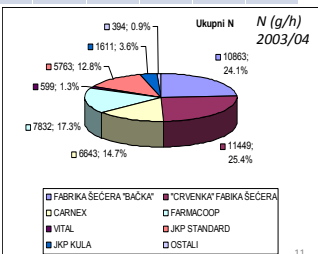
	Šećerana Vrbas	Šećerana Crvenka	Vital - Vrbas	Carnex - Vrbas	Farmacoop - Vrbas	Medela Vrbas	JKP Komunalac Kula	JKP Vodovod Crvenka	Jaffa Crvenka
HPK, kg/dan (2012)	37	0	8995	23	1308	118	400	104	6,9



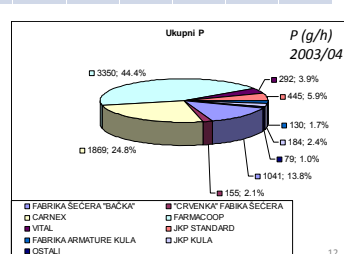
	Šećerana Vrbas	Šećerana Crvenka	Vital - Vrbas	Carnex - Vrbas	Farmacoop - Vrbas	Medela Vrbas	JKP Komunalac Kula	JKP Vodovod Crvenka	Jaffa Crvenka
BPK, kg/dan (2012)	20	0	2160	2,8	737	57	133	52	1,5

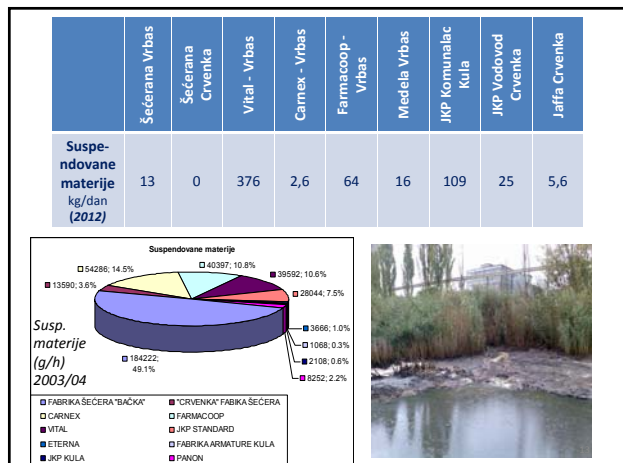


	Šećerana Vrbas	Šećerana Crvenka	Vital - Vrbas	Carnex - Vrbas	Farmacoop - Vrbas	Medela Vrbas	JKP Komunalac Kula	JKP Vodovod Crvenka	Jaffa Crvenka
Azot, kg/dan (2012)	5,0	0	109	5,4	384	1,6	48	13	1,6



	Šećerana Vrbas	Šećerana Crvenka	Vital - Vrbas	Carnex - Vrbas	Farmacoop - Vrbas	Medela Vrbas	JKP Komunalac Kula	JKP Vodovod Crvenka	Jaffa Crvenka
Fosfor, kg/dan (2012)	0,4	0	18	2,7	6,4	0,2	0,06	0,1	0,2





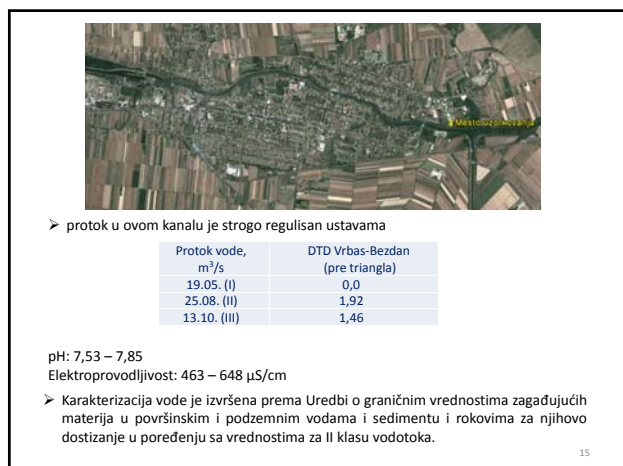
- Zagađivači u Vrbasu, Kuli i Crvenki, su locirani na potezu od svega 20 km.
- Zagađivači kod kojih nije prekoračen kriterijum predstavljaju takođe značajan pritisak usled kumulativnog dejstva svih zagađivača zajedno

recipijent	Količina vode, m <sup>3</sup> /dan	HPK, kg/dan	BPK, kg/dan	N, kg/dan	P, kg/dan	Suspendovane materije g/dan
kanal I-64	6805	3412	1912	414	8,3	99
DTD Vrbas-Bezdán (direktno)	4340	8995	2160	109	18	376

- ✓ Poredeći ove rezultate sa istraživanjima sprovedenim ranijih godina, utvrđuje se niže ukupno opterećenje (ukupno organsko zagađenje industrije 36,6 tHPK/dan, što iznosi oko 366 000 ES - 2004)



14



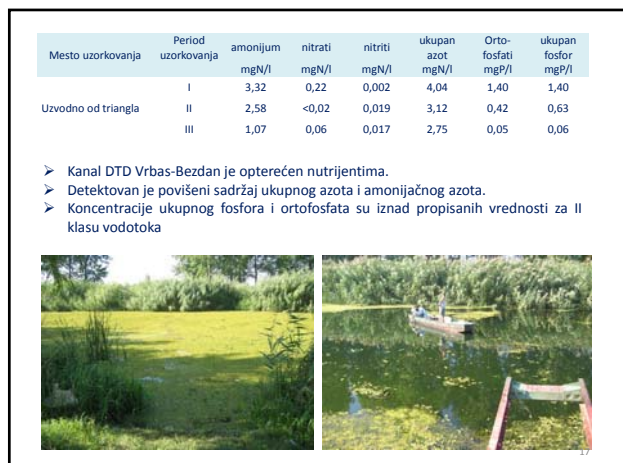
15

Mesto uzorkovanja	Period uzorkovanja	HPK	BPK	TOC	Permanganatni indeks
		mgO <sub>2</sub> /l			mg/l
		<16	<4	8,15	30,3
Uzdno od trianglera	II	42	19	4,96	88
	III	65	31	5,16	102

- Koncentracije organskih materija izražene preko HPK, BPK, TOC u vodi pritoka kanala su iznad propisanih za II klasu vodotoka.
- U kanalu DTD Vrbas-Bezdán su izmerene veoma niske koncentracije rastvorenog kiseonika (ispod 2 mgO<sub>2</sub>/l)



16

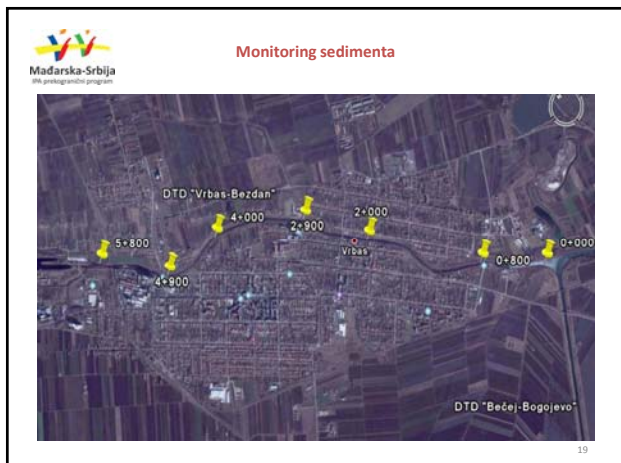


17

Mesto uzorkovanja	Period uzorkovanja	Fe mg/l	Mn mg/l	Ni µg/l	Zn mg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	As µg/l	Hg µg/l
	I	1,1	0,16	3,3	<0,01	<0,15	5	3,9	<2,92	<1,28	<0,16
Uzdno od trianglera	II	<0,07	0,04	8,5	0,11	<0,15	5,7	<0,45	<2,92	9,7	<0,16
	III	0,22	0,09	<1,1	<0,01	<0,15	<0,44	4,8	<2,92	<1,28	<0,16

- gvožđe, mangan i arsen su detektovani u koncentracijama iznad propisanih za II klasu vodotoka.
- Koncentracije ostalih metala su u okviru dozvoljenih.





Mesto uzorkovanja	Metali (mg/kg)						Klasa sedimenta	Metali koji su odredili klasu
	Ni	Cr	Zn	Cu	Pb	Cd		
0+000 p <sup>1</sup>	46	120	810	160	34	2.5	4	Zn, Cu
0+800 p	37	45	220	96	21	1.7	3	Ni, Cu
0+800 s	38	34	1900	85	14	1.7	4+	Zn
2+000 p	150	270	1700	530	84	2.4	4+	Ni, Cu
2+000 s	37	73	5200	190	56	2.0	4+	Zn
2+000 d	28	32	410	49	19	1.2	4	Zn
2+900 p	85	56	810	190	58	3.6	4+	Ni
2+900 s	91	63	28000	250	40	4.1	4+	Ni, Zn
4+000 p	140	170	8500	550	42	5.2	4+	Ni, Cu, Zn
4+000 s	100	75	1200	380	110	3.9	4+	Ni, Cu
4+000 d	64	1200	950	620	57	3.5	4+	Cr, Cu
4+900 p	120	89	1200	350	44	4.1	4+	Ni, Cu
4+900 s	70	37	750	190	110	3.7	4	Cr, Zn
4+900 d	37	520	1100	230	29	0.42	4	Cr, Zn, Cu
5+800 p	42	45	440	200	18	0.71	4	Cu, Zn
5+800 s	48	56	2700	280	31	0.74	4+	Zn
5+800 d	42	43	1100	200	51	0.43	4	Cu, Zn

20

► "konačna procena rizika" - uslov da se odabere najnepovoljnija klasifikacija sedimenta po bilo kojem metalu koji pokazuje najveći rizik (predstavljeno na osnovu odabranih boja)

Sacionačna mesta uzorkovanja	Konačna ocena rizika				Metali koji određuju rizik, broj u zagradi je metoda koja određuje rizik
	1	2	3	4	
0+000 p	4	3	2	1	Cr (2)
0+800 p	4	3	2	1	Cr, Pb (2)
0+800 s	4	3	2	1	Ni (4)
2+000 p	4	3	2	1	Cr, Cu (1,2), Zn, Cd, Pb (2)
2+000 s	4	3	2	1	Cr (1,2), Cu (2)
2+000 d	4	3	2	1	Cr (2)
2+900 p	4	3	2	1	Cr, Cu, Zn, Pb (2), Ni (1)
2+900 s	4	3	2	1	Cr, Zn, Cd, Pb (2), Ni (1), Cu (1,2)
4+000 p	4	3	2	1	Cr, Cd, Pb (2), Ni (1), Cu (1,2), Zn (2,4)
4+000 s	4	3	2	1	Cr, Zn, Cd, Pb (2), Ni (1), Cu (1,2)
4+000 d	4	3	2	1	Cr, Zn, Pb (2), Cu (1,2)
4+900 p	4	3	2	1	Cr, Zn, Cd (2), Cu (1,2), Ni (1)
4+900 s	4	3	2	1	Cr, Zn, Cd (2), Cu (1,2), Ni (1)
4+900 d	4	3	2	1	Cu (2), Cr (1,2)
5+800 p	4	3	2	1	Cr, Cu, Zn (2)
5+800 s	4	3	2	1	Zn (4)
5+800 d	4	3	2	1	Cr, Pb (2)

\*na svakom profilu postoji minimum jedan metal i jedna metoda koja definiše sediment Velikog Bačkog kanala kao visoko rizičan.  
 \*sediment je na delu od 2+000 do 4+900 km zagađeniji, jer postoji veći broj metala i metoda koji ga definišu kao visoko rizičnim.

21

► Sedimenti su u pogledu sadržaja mineralnih ulja svrstani u **nultu i prvu klasu**. Sadržaj mineralnih ulja se kreće od 31 do 360 mg/kg.

► Sediment nije pokazao veliko opterećenje organskim polutantima. Od analiziranih klasa jedinjenja (policiklični aromatični ugljovodonici, organohlorni pesticidi i polihlorovani bifenili) **nije utvrđeno** značajnije prisustvo niti jedne klase jedinjenja.

► Kvalitet sedimenta prema sadržaju organskih mikropolutanata u svim slučajevima klasa 0, osim u slučaju profila 0+000 koji je klasa 2, što ukazuje na činjenicu da su to **neznatno zagađeni sedimenti**.

22

Lokacija		DTD Vrbas-Bezdan uzvodno od trianga				
period uzorkovanja	I (maksimalan proticaj)					
Metali	Merena vrednost	Korigovana vrednost	Ciljna vrednost	Remedijaciona vrednost	Klasifikacija po parametru	
Kadmijum	1.37	0.56	0.8	12	0	
Hrom	44.00	54.19	100	380	0	
Bakar	83.00	45.09	36	190	2	
Olovo	3.80	2.38	85	530	0	
Niki	42.00	43.75	35	210	2	
Cink	260.00	180.58	140	720	1	
Živa	0.11	0.09	0.3	10	0	
KONAČNA KLASIFIKACIJA					2	
period uzorkovanja	II (bez protoka)					
Metali	Merena vrednost	Korigovana vrednost	Ciljna vrednost	Remedijaciona vrednost	Klasifikacija po parametru	
Kadmijum	0.51	0.47	0.8	12	0	
Hrom	81.07	76.39	100	380	0	
Bakar	139.05	127.65	36	190	3	
Olovo	10.46	9.84	85	530	0	
Niki	64.12	58.96	35	210	3	
Cink	510.18	482.18	140	720	2	
Živa	0.28	0.27	0.3	10	1	
KONAČNA KLASIFIKACIJA					3	

23

► Sediment kanala je opterećen nutrijentima

- ✓ Sadržaj azotnih materija je iznad 4 g N/kg, pri čemu se 80-90% ukupnog azota nalazi vezano u organskom i amonijačnom obliku
- ✓ Sadržaj ukupnog fosfora se kretao oko 0,43 g P/kg

► Sediment nije pokazao veliko opterećenje organskim polutantima. Od analiziranih klasa jedinjenja (policiklični aromatični ugljovodonici, organohlorni pesticidi i sadržaj prioriternih organskih polutanata u sedimentu) nije utvrđeno značajnije prisustvo niti jedne klase jedinjenja.

24



### Remedijacija sedimenta

- Karakterizacija sedimenta i procena rizika – **sediment zagađen**
- ex-situ remedijacija** - podrazumeva vađenje zagađenog sedimenta, njegov transport, eventualnu obradu i odlaganje (izmuljivanje sa odlaganjem ili izmuljivanje sa tretmanom i odlaganjem).

#### Ispitivanje mobilnosti metala u deponovanom sedimentu

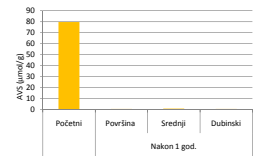
- izmuljen i ostavljen na izgrađenoj deponiji 2m x 2m x 2m u periodu od godinu dana. Deponija nije bila izolovana i bila je podložna površinskoj aeraciji i atmosferskim padavinama.



- Nakon godinu dana sadržaj AVS se smanjio po celoj dubini i gotovo da nije detektovan (< 1 μmol/g). Ovo dokazuje da je sediment, iako je bio čuvan u deponiji i bio izložen površinskoj oksidaciji, oksidovan po celoj dubini.

- Nakon godinu dana deponovanja sadržaj svih metala se smanjio u deponovanom sedimentu za: Pb od 78-85%, Cr od 55-89%, Zn od 67-76%, Cu od 33-56%, Cd od 35-37% i Ni od 20-39%.

- Može se zaključiti da je kada se radi o visoko kontaminiranom sedimentu metalima (klasa 4 prema holandskoj klasifikaciji), **neophodno njihovo čuvanje u strogo izolovanim deponijama** kako bi se onemogućilo spiranje metala i kontaminacija podzemnih voda.



### Remedijacija sedimenta metodom solidifikacije/stabilizacije

- Cilj ovog istraživanja je da se ispita **moogućnost imobilizacije** teških metala iz kontaminiranog sedimenta solidifikacijom i termičkom remedijacijom, korišćenjem gline kao solidifikacionog agensa.
- kontaminirani sediment iz Velikog Bačkog kanala čiji je sadržaj vlage bio oko 65%, sušen je na vazduhu, a zatim na 105°C do konstantne mase.
- Osušen i samleven sediment je pomešan sa samlevenom glinom. Napravljene su smeše sa sadržajem gline od 5, 10, 20, 50, 80, 90%.
- smeše navlažene do sadržaja vlage od 20% i od takve smeše presovnjem su formirane po dva uzorka sa istim sadržajem gline u obliku kocke dimenzije stranica od 3 cm (ASTM D1557-00).



- Jedna grupa uzoraka (uzorci M5, M10, M20, M50, M80, M90) je podvrgnuta remedijaciji na hladno – solidifikaciji/stabilizaciji, a druga grupa (uzorci D5, D10, D20, D50, D80, D90) je podvrgnuta termičkoj stabilizaciji remedijaciji.
- Uzorci za ispitivanje solidifikacije/stabilizacije su smešteni u inertne plastične vrećice i ostavljeni da odstojе 28 dana na temperaturi od 20°C.
- Uzorci za ispitivanje termičke remedijacije su pečeni na temperaturi od 950°C u pogonskim uslovima
- Nakon 28 dana, u svim smešama je analiziran pseudo-ukupni sadržaj metala, a smeše su podvrgnute seminamničkom ANS 16.1 testu, standardnom nemačkom testu izlučivanja (DIN 38414-4) i TCLP testu izlučivanja
- Tehnika solidifikacije i stabilizacije sedimenta sa glinom i termičke remedijacije, daju odlične rezultate jer su svi rezultati izvedenih testova izlučivanja ukazali na moguću primenu ovih tretmana u pogledu rešavanja problema sedimenta koji je zagađen metalima



### In Situ tretman Aeracija sedimenta

- U toku aeracije **smanjuje se zapremina čvrste faze** u sedimentu (6% za 56 dana), istovremeno se neznatno povećava zapremina suspendovane faze
- činjenica da jedan deo oslobođenih metala biva ponovo reabsorbovan u rastvornu fazu putem koprecipitacije sa karbonatima, ali pre svega u redukcioni fazu u obliku oksida gvožđa i mangana omogućuje primenu aeracije kao in-situ remedijacione tehnologije
- zbog mogućnosti transporta oslobođenih metala u vodenoj fazi **primena ove remedijacione tehnologije je povoljnija pod uslovom da nema tečenja vode**



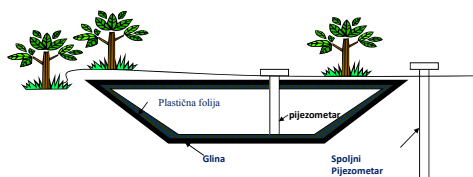
### Elektrokinetička remedijacija

- podrazumeva primenu jednosmerne struje posredstvom elektroda koje su postavljene u medijum pri čemu pod dejstvom električnog polja dolazi do mobilizacije i ekstrakcije kontaminanata iz medijuma
- Ispitivanja efikasnosti primene elektrokinetičke (EK) remedijacije u tretmanu sedimenta Velikog Bačkog kanala koji je kontaminiran metalima sprovedena su primenom različitih EK tretmana.
- Iako su pojedine ispitivane tehnike pokazale povećanje efikasnosti uklanjanja Cr, Cu i Zn jedino se na osnovu sadržaja Zn sediment može označiti kao siguran po okolinu.
- U cilju razumevanja elektrokinetičkog procesa kao i unapređivanja tretmana radi postizanja veće efikasnosti uklanjanja metala neophodno je sprovesti dalja istraživanja



Solarni pilot

- Remedijacione tehnike su često ekonomski neprihvatljive zbog velike zapremine zagađenog sedimenta
- Neophodno je ove tehnike ispitati i u pilot istraživanjima.
- Investicije u pilot-istraživanja doneće velike koristi u smislu izbora optimalnog rešenja, dokaza njegove efikasnosti kao i značajne uštede u fazi investiranja i kasnije u fazi operativnog rada



31



### Umesto zaključka

- Poboljšanje kvaliteta otpadnih voda (predtretman ili tretman)
- Izgradnja UPOV-a (priklučenje tretiranih otpadnih voda na centralno postrojenje).
- Izmuljivanje i bezbedno odlaganje izdvojenog mulja (predhodna karakterizacija sedimenta)
- remedijacija (odabir metode)
- monitoring uticaja deponija na okolinu i
- uspostavljanje stalnog monitoringa kvaliteta voda

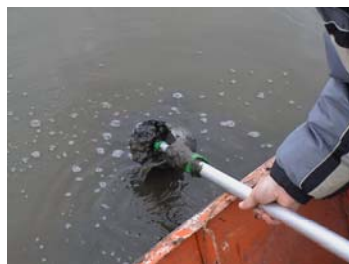
Mere za postizanje ciljeva:

- ✓ Primena Metodologije za obračun naknade - povećanje visine naknade
- ✓ Preuzimanje zakonskih mera protiv zagađivača
- ✓ Pritisak javnosti

32



**Hvala  
na pažnji!**



**Dobri susedi  
zajedno stvaraju  
budućnost**

