



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

dr Srđan Rončević

REMEDIJACIJA SEDIMENTA KONTAMINIRANOG METALIMA

Novi Sad

29.01.2008.

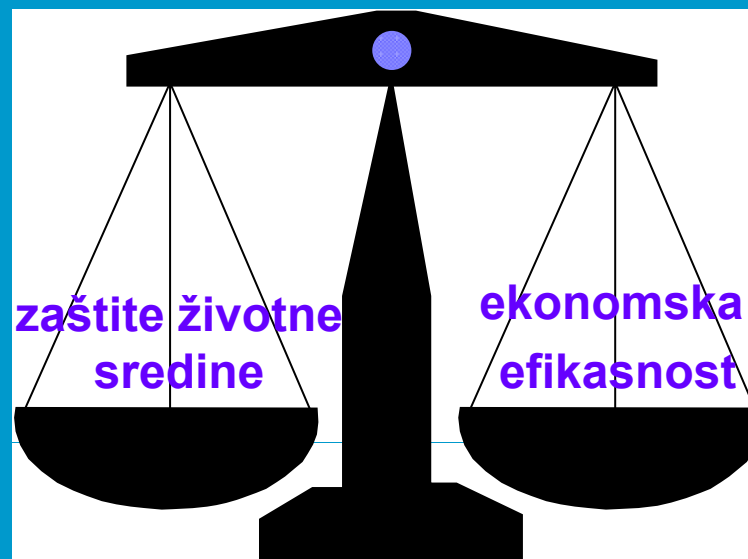




Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Način remedijacije treba odabrati sagledavanjem:

- karakteristike lokaliteta - hidrodinamika, infrastruktura, dubina vode i sl.
- veličina zagađene zapremine ili površine
- vrsta zagađenja, koncentracija, fizičke karakteristike sedimenta i prisustvo otpada u sedimentu
- zakonski okvir

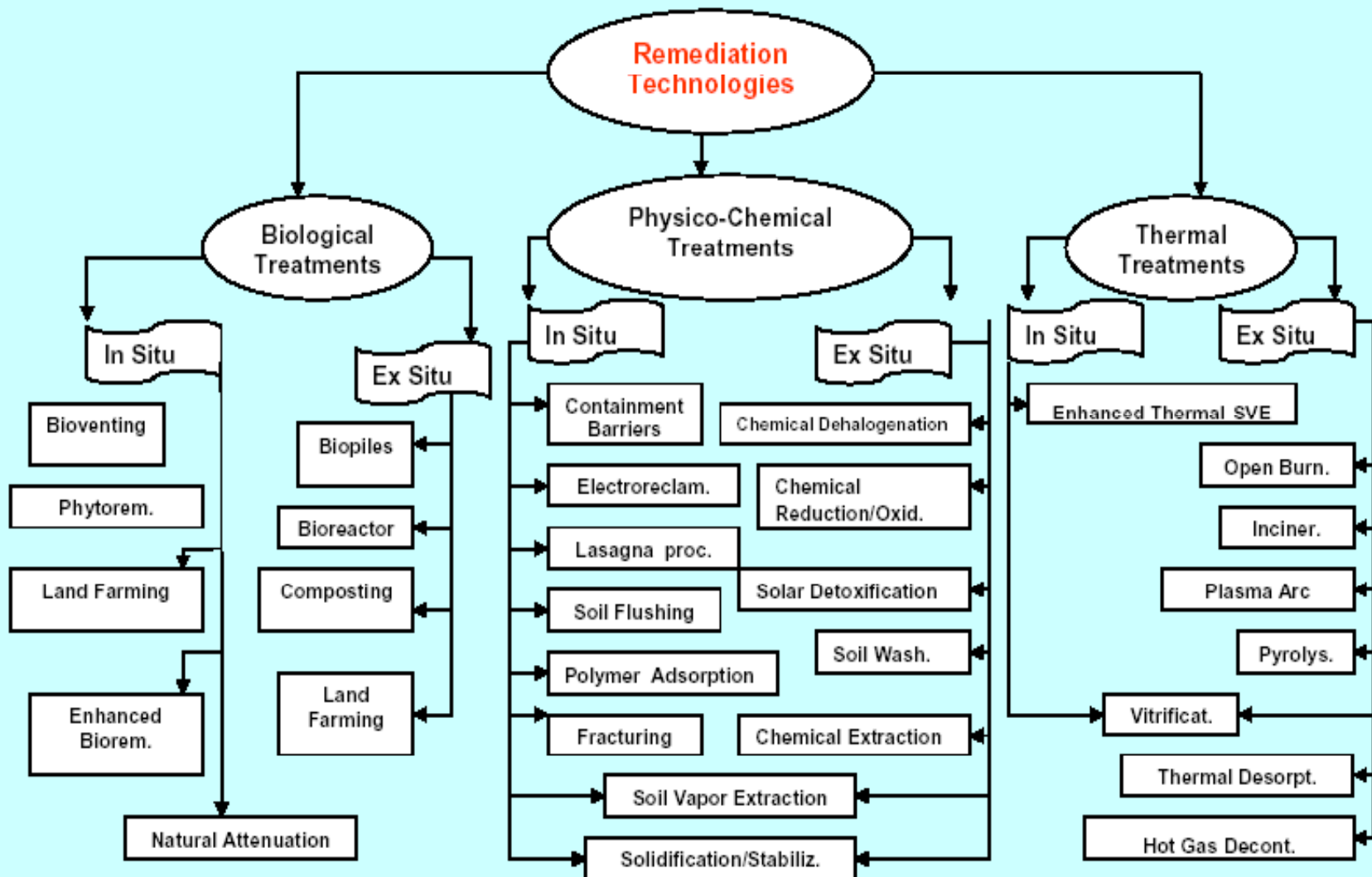




Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

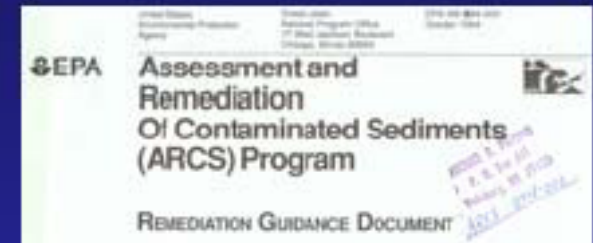
- ◆ *Strategija remedijacije sadrži 3 osnovne komponente:*
 1. *Uspeh remedijacije zavisi od **kontrole izvora zagađenja**. Treba definisati zone za visokom koncentracijom zagađenja, a zatim kod njih primeniti i tretman i uklanjanje.*
 2. *Eksperimenti za **odabir tehnika**, koje mogu da se primene.*
 3. ***Monitoring** i istraživanje da se oceni napredak projekta i da se sagleda mogućnost primene pasivnog pristupa koji može za duže vreme da da rezultat*

Remediation Technologies



Remediation Guidance

- ARCS Remediation Guidance Document
<http://www.epa.gov/glnpo/arcs/EPA-905-B94-003/EPA-905-B94-003.html>
- EPA Superfund Sediment Guidance
<http://www.epa.gov/superfund/resources/sediment/guidance.htm>
 - Draft Jan 2005/ FR Notice
 - RI/FS Considerations
 - MNR
 - In-Situ Capping
 - Treatment
 - Dredging and Excavation
 - Remedy Selection
 - Monitoring





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Remedijacija sedimenta u Norveškoj

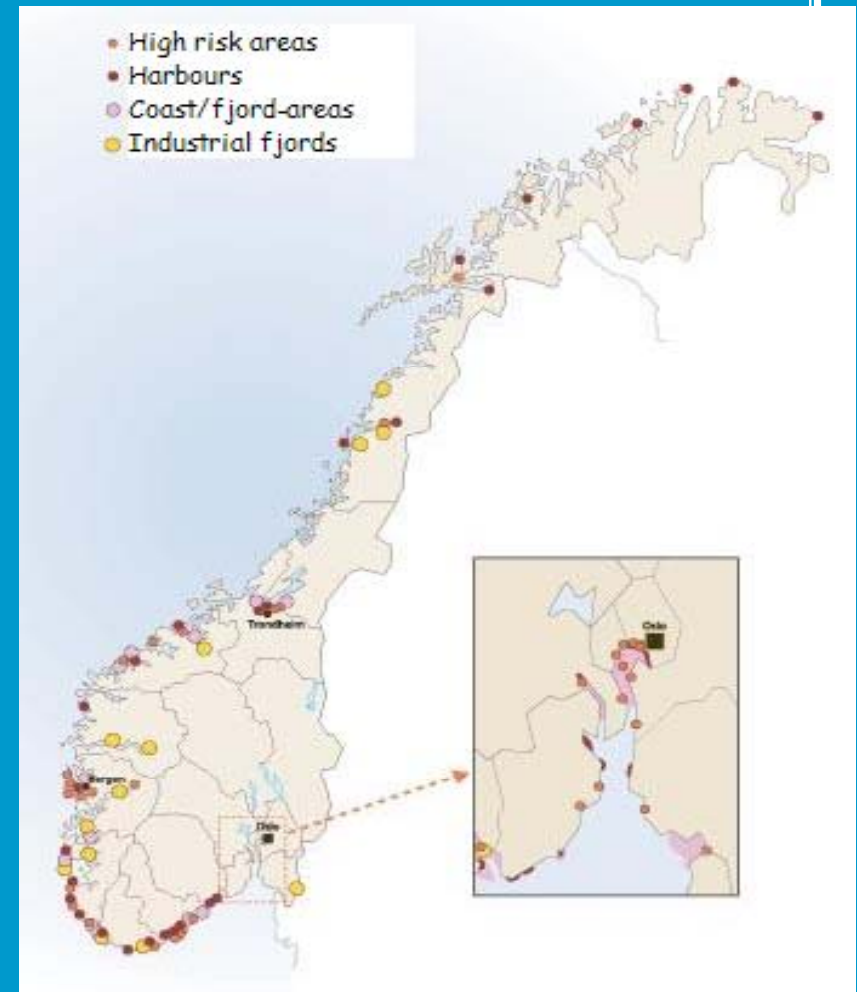
- Mnogi važni primarni izvori zagađenja uklonjeni, ali je ostao problem zagađenog sedimenta
- **Preduzete aktivnosti.**
 - Nacionalni remedijacioni plan.
 - Nacionalni odbor (2003) - daje savete Norveškoj EPA o potrebnoj dokumentaciji, monitoringu, identifikaciji i odabiru remedijacionih tehnika i dr.
- **Zagađeni sediment.** Primarni polutanti: dioxini, PCB, PAH, TBT, Hg, Cd i Pb.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Upravljanje sedimentom.

- mapiranje i monitoring sedimenta u Norveškoj
- određene su vruće tačke
- gde ne postoje primarni izvori zagađenja, napravljeni su akcioni planovi da se smanje rasuti izvori zagađenja.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Remedijacija sedimenta

- ◆ Sprovedeno je nekoliko remedijacionih projekata.
- ◆ Sproveden je jedan potpuni projekat prekrivanja sedimenta u blizini postrojenja za cink (Odda, 1992.) i nekoliko manjih projekata.
- ◆ Rezultati monitoringa su pokazali da je prekrivanje bilo uspešno.
- ◆ Njihova trenutna preporuka je da se izbegava izmuljivanje i sediment prekrije čistim peskom.

Capping 90.000 m² of metal contaminated sediments in Sørfjorden, Odde (1992). Cost about 50 mill NOK





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Ko plaća troškove remedijacije?

- “zagađivač plaća” – osnovni princip – postojeća industrija.
- Mnoge industrije ne mogu da plate troškove remedijacije!
- *Troškovi - 300 miliona EUR za luke i 1-4 milijarde EUR za ostatak.*
- Država treba da preuzme većinu troškova ukoliko želi da se obavi remedijacija sedimenta!!!
- Nacionalni odbor je preduzeo sledeće:
 - Razvoj alata za procenu rizika
 - Uspostavljanje ciljeva za remedijaciju na lokalnom regionalnom i nacionalnom nivou
 - Uticaj transporta zagađenja vodom i vazduhom
 - Strateški plan
 - Ko će biti realizator projekata.

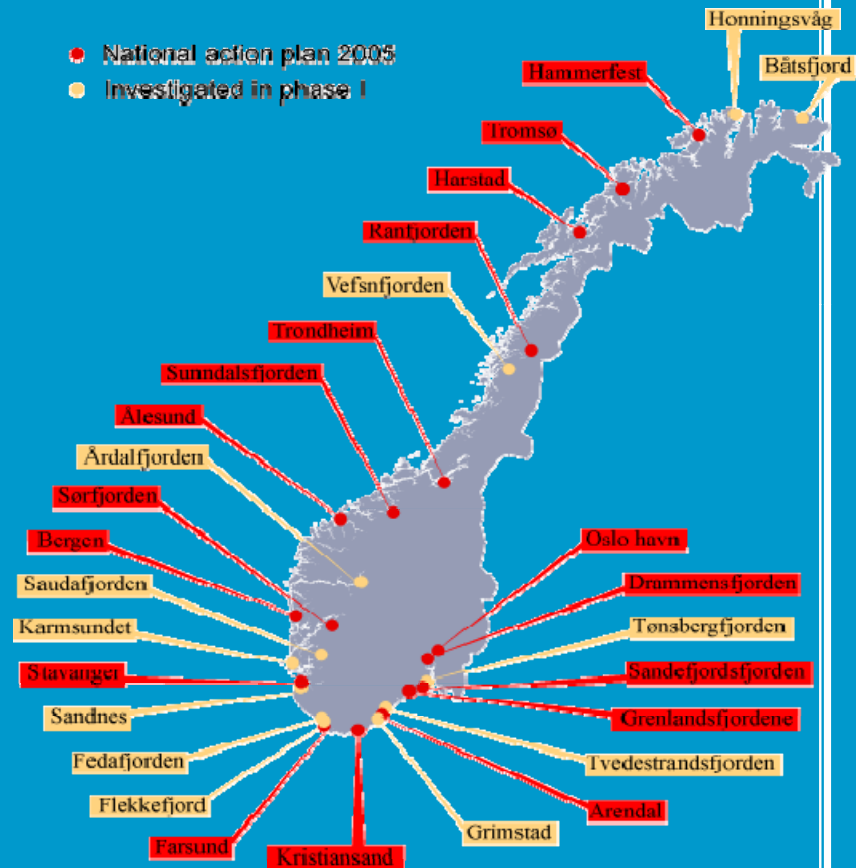


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Nacionalni akcioni plan za remedijaciju sedimenta

◆ Nacionalni odbor je sproveo 5 pilot projekata:

- ◆ Razgradnje TBT
- ◆ Primena različitih geosistema kao što su cevi, vreće i sl.
- ◆ Prekrivanje peskom.
- ◆ Stabilizacija cementom.
- ◆ Uticaj jakog napajanja i vode za transport sedimenta.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Osnovne opcije za remedijaciju sedimenta

1. opcija bez uklanjanja:

- monitoring prirodnog uklanjanja ili in-situ tretman
- izolacija zagađenog sedimenta - pokrivanje





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Osnovne opcije za remedijaciju sedimenta

2. opcija uklanjanja:

- izmuljivanje sa odlaganjem
- izmuljivanje sa tretmanom i odlaganjem



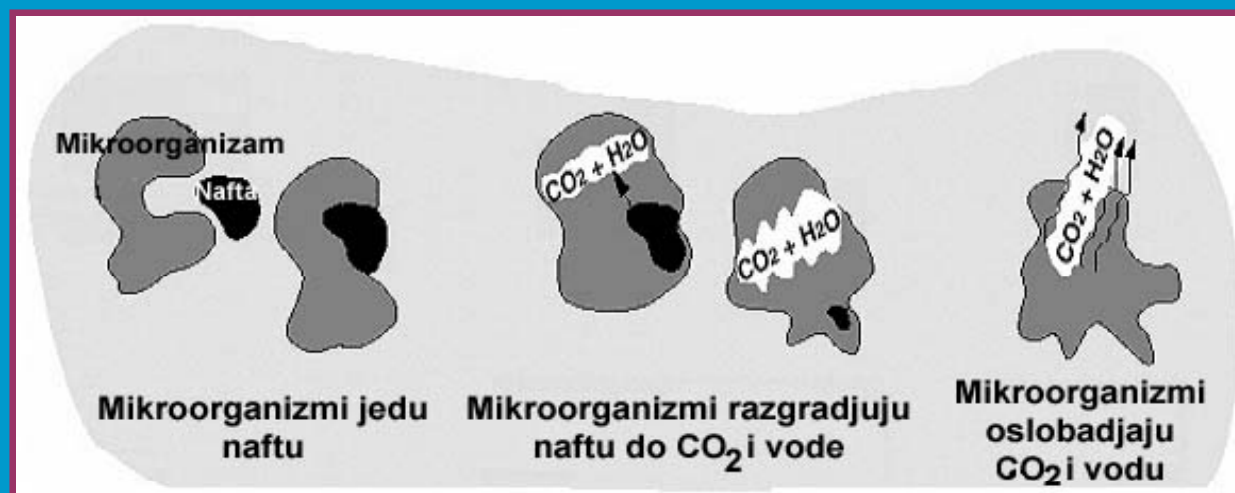


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Monitoring prirodnog uklanjanja zagađenja

- Uklanjanje zagađenja u toku vremena prirodnim procesima
- Zagađenje mora biti kontrolisano da se ne raširi

- bakterije
- gljive
- kvasci





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Prednosti

- Aktivnosti svedene na monitoring i institucionalnu kontrolu
- Ne uništava se vodno telo
- Manji troškovi

Nedostaci

- Sediment ostaje u vodenom okruženju.
- Proces se odvija sporo.
- Pod uticajem je povremenih poplava i sl.
- Dugotrajni monitoring, zahteva institucionalnu kontrolu.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Metali i metaloidi ne mogu biti uništeni mikrobiološkim putem.

Oni mogu biti:

- modifikovani,
- imobilisani ili
- detoksifikovani.

Načini remedijacije su: **biosorpcija,**
bioakumulacija,
redukcija,
solubilizacija,
precipitacija i
metilacija.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Biosorpcija

pasivno vezivanje metala mikrobiološkim ćelijama, tako da nije potrebna energija

- organizmi koji čine biomasu mogu biti bakterije, gljive, kvasci i alge
- biomasa u biosorpciji je često neživa (nežive ili ubijene ćelije)
- brz proces koji može da ukloni veliku količinu metalnih jona
- toksičnost nije bitna jer se onda može koristiti neživa biomasa

Zoogloea sp.: Co-25% od suve mase, Ni-13%

Citrobacter sp.: Cd-170%, U-900%

Bacillus sp.: Cu-15%, Zn-14%

Chlorella vulgaris: Au-10%

Rhizopus arrhizus: Pb-10%, Ag-5.4%, Hg-5.8%

Aspergillus niger: Th-19%



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- **metal-organski kompleksi** sa ćelijskim zidovima, kapsulama ili izvanćelijskim polimerima sintetizovanim i izlučenim od strane organizama
- metalni joni se mogu **elektrostatički vezati** za negativne grupe u ćelijskim zidovima, kapsulama ili polimerima
- **biomasa koja se može jeftino dobiti** kao što su muljevi sa postrojenja za tretman otpadnih voda, alge i cijanobakterije iz prirodnog ili gajenog vodenog bilja, kvasci kao što je *Saccharomyces cerevisiae* iz alkoholne fermentacije itd.
- biomasa pripremljena za biosorpciju mora biti **imobilisana na inertnoj podlozi**, kao što je gel, npr. od poliakrilamida
- metali mogu biti izdvojeni iz biomase i ponovo upotrebljeni



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Redukcija

Bakterije, gljive i enzimi iz bakterija mogu da redukuju

As, Pb, Cu, Mo, U, Se, Bi, Te, Va, Mn, Fe, W, Ag, Au, Os i Ru

Redukcija može da promeni **toksičnost**, **rastvorljivost** i **mobilnost** elementa:

Npr.:

Hg(II) pređe u **Hg(0)** i ispari i na tome se zasniva bioremedijacija

Cr(VI) pređe u **Cr(III)** koji se taloži kao oksid, sulfat ili fosfat



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Solubilizacija/oksidacija

Bakterije oksiduju arsenit AsO_3^{3-} do arsenata AsO_4^{3-} (As(III) do As(V)) jer soli Fe(III) (koagulant) bolje talože As(V)

Bakterije iz roda *Thiobacillus* proizvode sumpornu kiselinu iz sulfata i dovode do rastvaranja Cd, Hg, Ni, Pb, Se, Ag, Al i drugih elemenata - može se dodavati sumpor tako da *Thiobacillus* proizvode sumpornu kiselinu



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Precipitacija

dve vrste taloga: **sulfati i fosfati**

mikroorganizmi pod odgovarajućim uslovima proizvode:

- *vodonik-sulfid iz sulfata

- *neorganski fosfat iz organofosfornih jedinjenja

Sulfat-redukujuće bakterije, *Desulfovibrio*, mogu da produkuju nerastvorne sulfate Zn, Pb, Ni, Cr, Cd, Cu, Fe, Hg i dr.

Mikroorganizmi mogu da razgrade organska jedinjenja koja vezuju metale i da ih "oslobode", usled čega se oni precipituju.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Metilacija

Primenjuje se ako se grade isparljiva jedinjenja koja su netoksična.

Koristi se za bioremedijaciju **Se**, ali ako nisu prisutni drugi elementi koji grade toksična jedinjenja



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

In-situ tretman sedimenta

💧 Prednosti

- Stalnost
- Smanjena toksičnost, mobilnost i zapremina
- Moguće smanjenje troškova i vremena sprovođenja



💧 Nedostaci

- Nedokazana tehnologija
- Pogodno samo za niske koncentracije zagađenja
- Kratkotrajni uticaj dodataka.
- Vreme da se postigne cilj remedijacije i nivo čišćenja.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

In-situ pokrivanje

- sloj izolacionog materijala se postavlja da zadrži i stabilizuje zagađeni sediment
- raznovrsni materijali su dostupni





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

💧 Prednosti

- jednostavno se primenjuje
- nema izmuljivanja i transporta
- manji troškovi

💧 Nedostaci

- sediment ostaje u vodenom ekosistemu
- smanjuje se dubina vode
- sediment je pod uticajem poplava i sl.
- potreban je dugotrajni monitoring i održavanje





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Najčešći scenario za malu količinu sedimenta:

izmuljivanje

obezvodnjavanje

tretman

transport materijala

odlaganje na deponiju



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Izmuljivanje

- Prvi korak remedijacije toksičnog sedimenta najčešće je izmuljivanje.
- Mešanje sedimenta na dnu na mehanički način da bi nastala suspenzija sedimenta i vode. Istovremeno se usiva suspenzija cevima u blizini površine sedimenta. Suspenzija može da se transportuje do konačnog mesta odlaganja.
- Izazov je ekonomski izmuljiti veliku količinu sedimenta.

Prednost:

- Uklanjanje zagađene mase
- Proverena tehnologija
- Jednostavno za primenu





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- Oprema za usisavanje zavisi od dubine vode, sedimenta, karakteristika sedimenta, količine izmuljenog materijala i mesta i metoda odlaganja.



Conventional Clam



Enclosed Bucket



Articulated Fixed-Arm



Conventional Cutterhead



Horizontal Auger



Pneumatic



Diver-Assisted

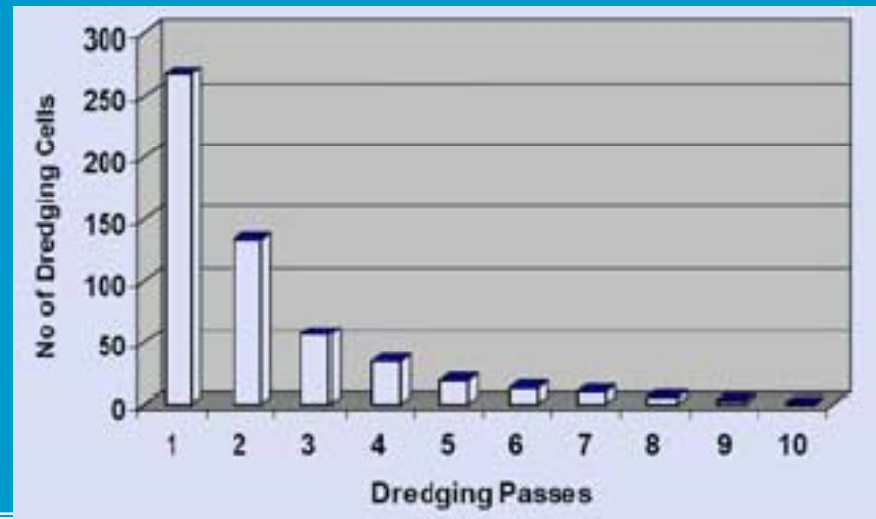


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika



Nedostaci:

- mogućnost disperzije finih čestica sedimenta (resuspenzija) – prema sprovedenim istraživanjima ona je $<1\%$ uklonjene mase
- mogućnost oslobađanja vezanog zagađenja u okolinu
- na finim česticama se zadržavaju dioksini/furani, PCB, pesticidi, organo-živa i drugi polu-isparljivi toksini i metali
- rezidualni sediment – 10-25% zapremine izmuljenog sedimenta – više prolaza nije efikasno





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Nedostaci:

- uklanjanje bentičkih organizama
- moguće smanjenje koncentracije kiseonika u vodi zbog pomeranja anaerobnog sedimenta i nastajanje drugih toksičnih supstanci kao što su vodonik-sulfid i amonijak
- troškovi odlaganja su veliki



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

OBEZVODNJAVANJE

jedan od zahteva za
odlaganje je "bez suvišne
vode"



GEOBAGS



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Tretman sedimenta

- ◆ **Upotreba** fizičkih, hemijskih ili bioloških procesa da se uništi ili razgradi zagađenje ili imobilizuje u sedimentu.
- ◆ Troškovi tretmana se kreću od oko 50 evra/m³ za proces kao što je stabilizacija, do preko 1000 evra/m³ za visoko temperaturne termičke procese.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Fizička separacija sedimenta



- Fizičke tehnike samo koncentrišu zagađenje u manju zapreminu da bi se lakše uklonilo drugim tehnikama.
- uklanjanje manjih, više zagađenih čestica
- **centrifugiranje,**
- **flokulacija,**
- **hidrocikloni** - sediment sa $<20\%$ čvrstih čestica da se ukloni šljunak i fina zrnca: hidrocikloni odvajaju veće čestice od 10-20 μm od manjih, separacija fluid bedoom koji uklanja sitnije čestice (manje od 50 μm) u vertikalnoj koloni gravitacionim taloženjem i flotacijom (primena specijalnih hemikalija).
- **prosejavanje** - najpogodnije za čestice >1 mm. Ako ima puno čvrstih čestica može se koristiti mehaničko prosejavanje.
- **sedimentacija**



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

TNO – holandska naučno-tehnološka organizacija

- ◆ A – tehnike za veliku količinu sedimenta kao što je mehanička separacija:
 - niski jedinični troškovi
 - mala osetljivost na promene
 - može se primeniti na mobilnim postrojenjima
- ◆ B – tehnike za malu količinu kao što je biološki tretman, ispiranje kiselinama, ekstrakcija rastvaračima i sl.:
 - veći jedinični troškovi
 - komplikovanije, treba više iskustva opeatora
 - obično se primenjuju na stacionarnim postrojenjima



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Solidifikacija i Stabilizacija

mešanje ili ubacivanje agenasa u cilju formiranja kristalnog, staklenog ili polimernog okruženja zagađenja – in-situ i ex-situ

Solidifikacija – fizički proces

Stabilizacija – hemijski proces

Osnovna dva strategijska pravca su:

- odlaganje sedimenta nakon solidifikacije zatrpavanjem na za to specijalno konstruisanim deponijama ili
- proizvodnja građevinskih blokova.

Opasna jedinjenja su manje rastvorna i toksična i zarobljena su u matriksu.

Problem – povećanje zapremine zagađenog materijala.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Solidifikacija se izvodi materijama na bazi:

- silikata i cementa (portland cement, lebdeći pepeo, šljaka topioničkih peći, vodeno staklo)
- kreča
- termoplastičnih materijala (bitumen, polietilen, parafin, voskovi)
- organskih polimera (ureaformaldehid do poliuretanske pene; poliestarske i polivinilne smole)

Smeta prisustvo organskih jedinjenja, ulja i masti, neorganskih soli kao što su nitrati, sulfati i hloridi, sitne čestice, VOC i nizak sadržaj čvrste faze.

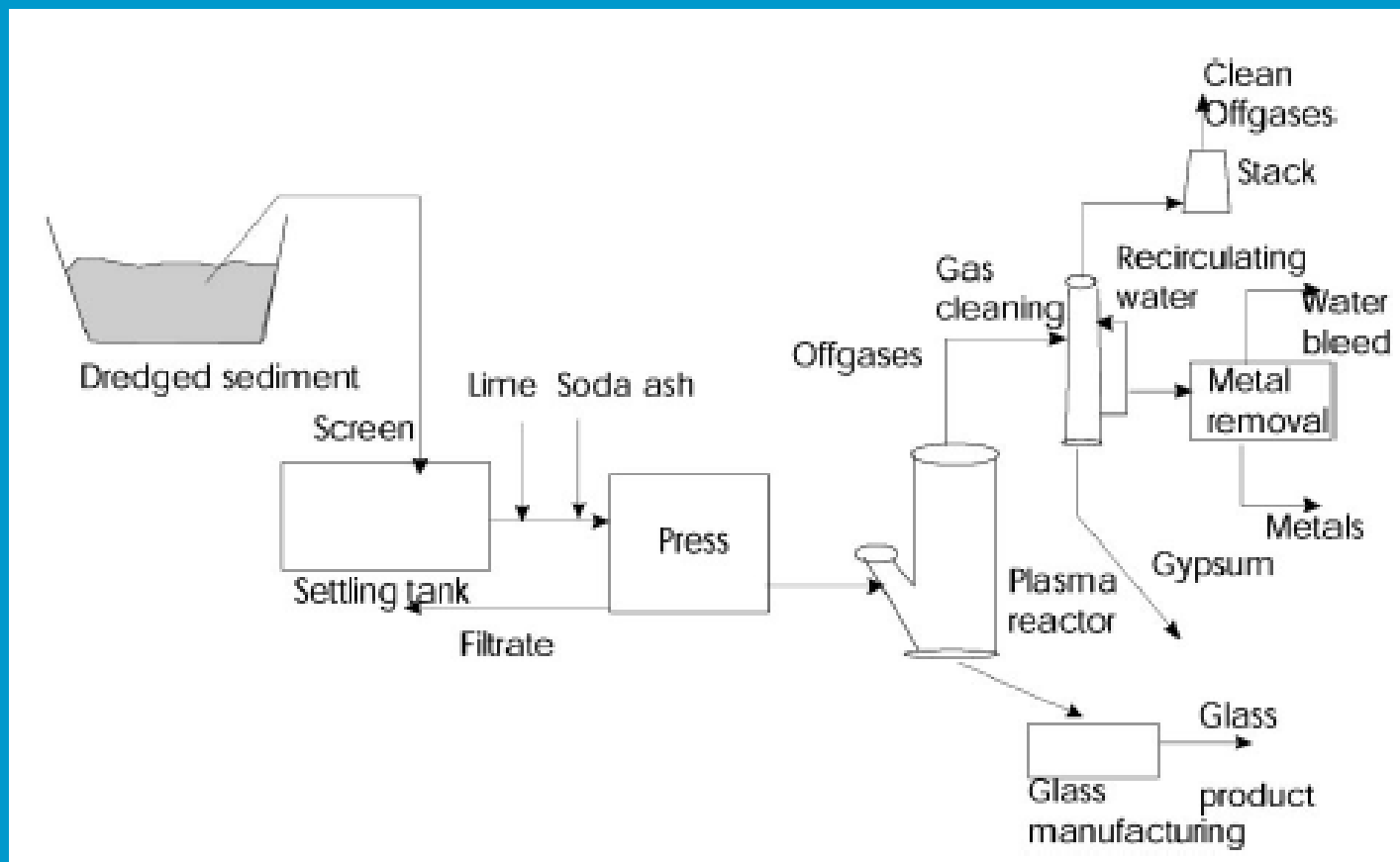
Najbolji rezultati se postižu sa CaCO_3 - održavanje pH neutralnim favorizuje adsorpciju ili taloženje rastvorenih metala (smeta nizak i visok pH).



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Vitrifikacija

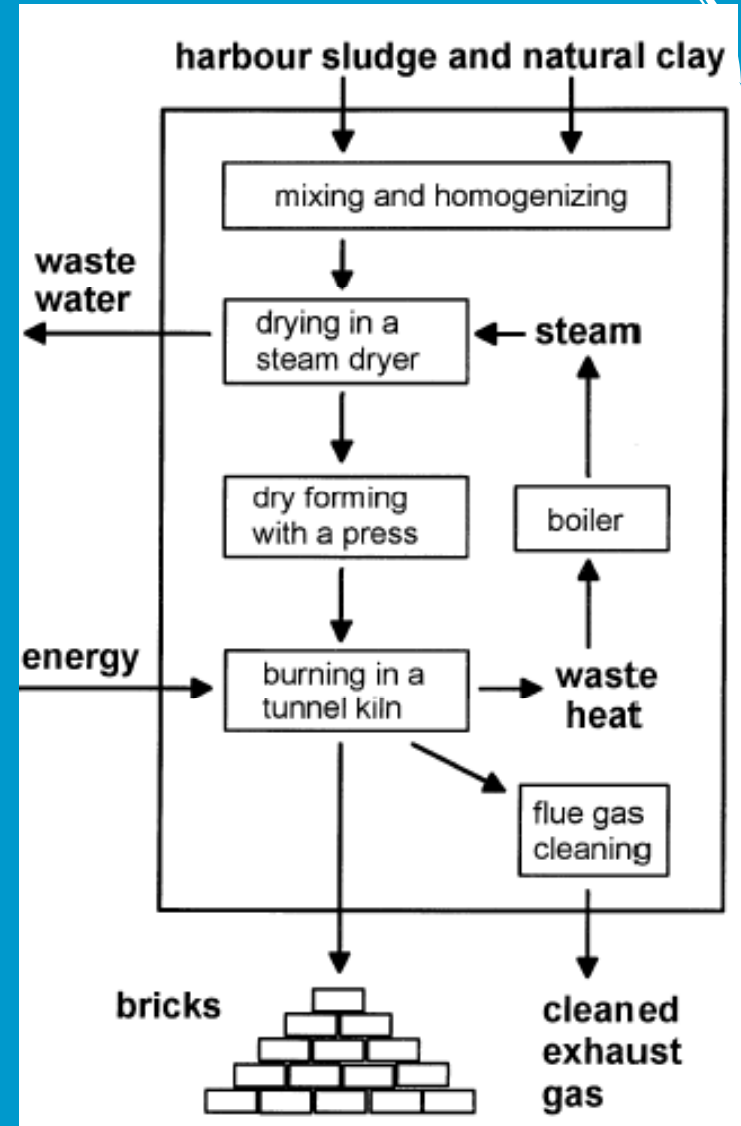
Dugotrajno zadržavanje radioaktivnih elemenata.



Skupa tehnika – oko 1000 kWh/t

Clay	Mixture content (%)		T (°C)	Cr concentration (mg/l)	Cr leached (%)
	Galvanic sludge	Clay			
Clay 1	0	100	1000	0.0	-
	1	99	1000	0.7	15.5
	5	95	1000	5.0	23.6
	10	90	1000	6.6	16.5
	0	100	1100	0.0	-
	1	99	1100	0.3	6.7
	5	95	1100	3.0	14.0
	10	90	1100	3.6	9.1

Clay 3	0	100	800	2.2	-
	1	99	800	2.7	60.5
	5	95	800	12.1	58.6
	10	90	800	31.5	80.6
	0	100	900	1.0	-
	1	99	900	1.0	23.4
	5	95	900	11.1	55.9
	10	90	900	26.0	69.4
	0	100	1020	1.2	-
	1	99	1020	1.8	42.4
	5	95	1020	8.6	43.2
	10	90	1020	18.0	48.9





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

In-situ solidifikacija/stabilizacija

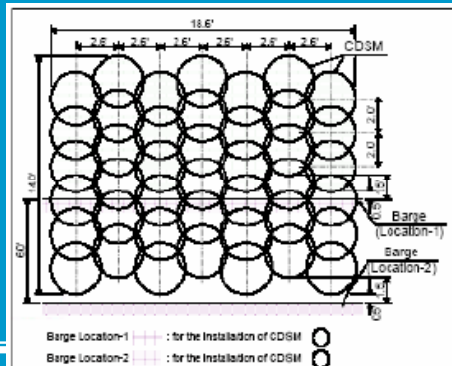
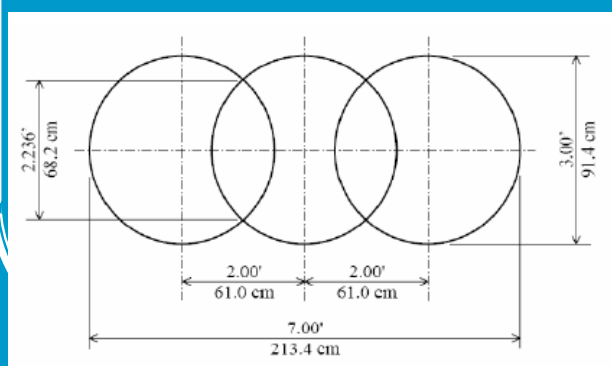
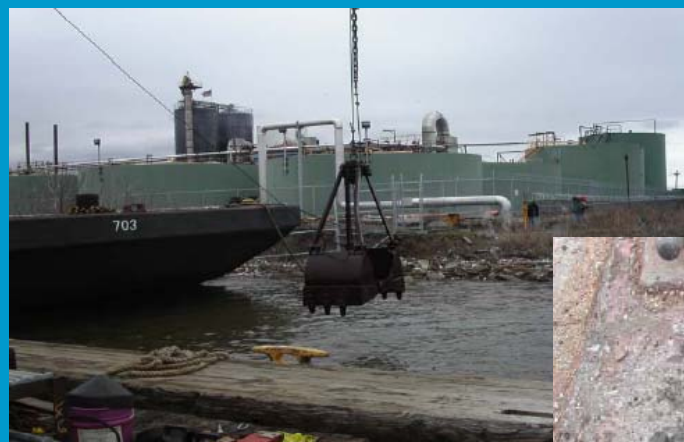
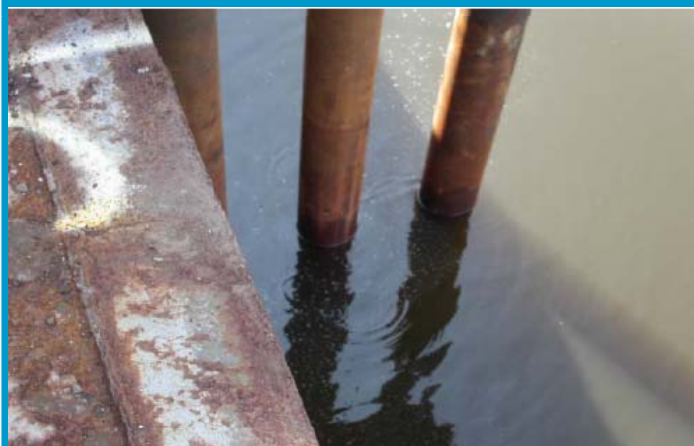
- Disperzija sedimenta prilikom izmuljivanja može se sprečiti smanjenjem količine vode u sedimentu i prisustva finih čestica.
- Npr. Dodataka pozoloničkih agenasa kao što je portland cement
- snažne mešalice se koriste da mešaju suspenziju pozoloničkih aditiva u sediment in-situ, stabilišući je tako da se može koristiti u građevinske svrhe





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- Uspešna stabilizacija smanjuje mogućnost disperzije sedimenta i olakšava transport, odlaganje ili tretman.



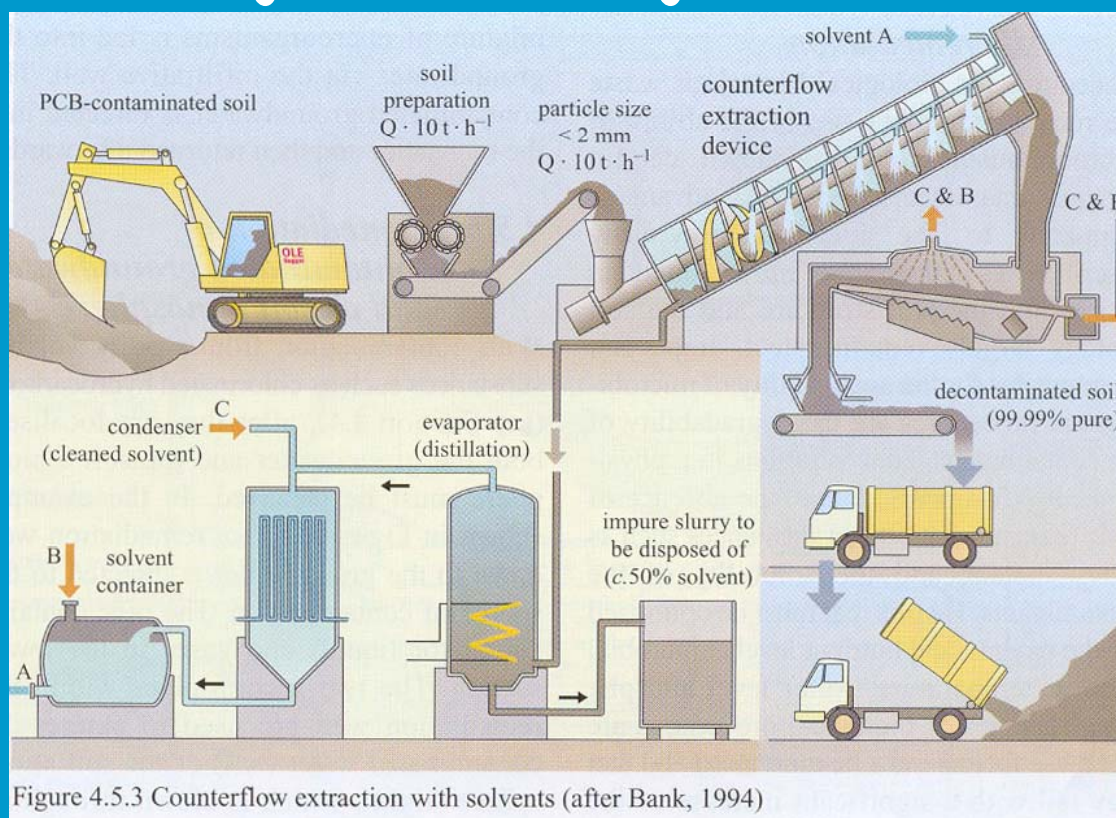


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Pranje sedimenta

• Protivstrujna ekstrakcija rastvaračima

Može se koristiti za ekstrakciju metala, ali nije dokazana ekonomičnost za zagađeni sediment.



- sitnozrni materijal je teško ekstrahovati
- ekstrakcioni agens se može zadržati u sedimentu
- potrebno je ukloniti zagađenje iz rastvarača i ukloniti sam rastvarač



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Helati

- prevode metale u rastvorne komplekse

kiseline

- metali i bazna organska jedinjenja
- razblađeni rastvori kiselina - neorganske soli metala, kao što su karbonati Ni, Zn ili Cu

baze

- metali vezani za organsku fazu zemljišta

redukciona sredstva

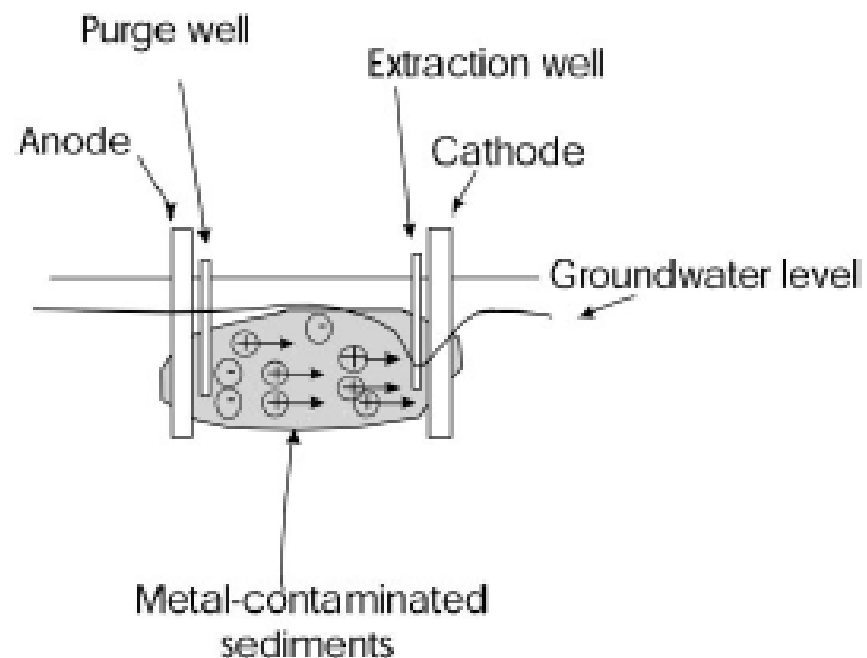
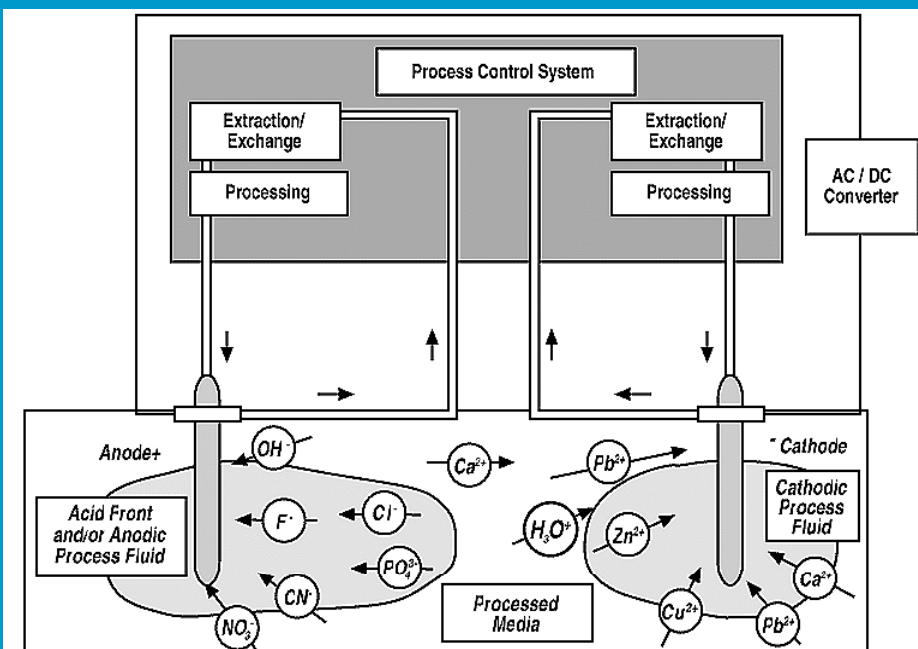
- redukuju okside Fe i Mn, koji mogu da vežu druge metale
- mogu da prevedu teške metale u rastvoran oblik



Centar
izvrnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Elektrokinetika

propuštanje struje niskog intenziteta





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

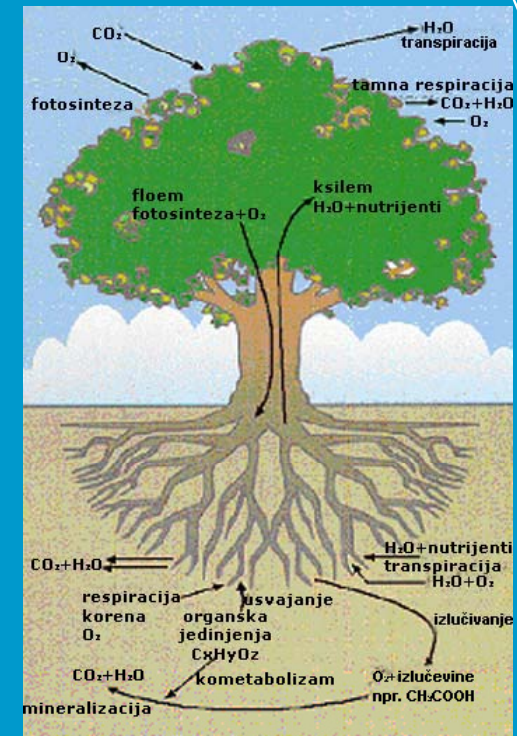
Fitoremedijacija

- Fitoremedijacija je upotreba biljaka da se ukloni zagađenje iz sistema.

Hiperakumulacija je genetička i fiziološka sposobnost biljaka da akumuliraju i translociraju teške metale u nadzemni izdanak u koncentraciji mnogo višoj nego u zemljištu ili korenu.

"Hiperakumulatorima" nazivamo sve one vrste koje su u stanju da akumuliraju preko 1 g metala/g suve mase biljaka za Co, Cu, Cr, Pb, Ni ili 10 g/g za Mn ili Zn.

Primena: Metali i radionuklidi (Cs-137, Sr-90 i U)





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

METODA

ZAGAĐIVAČI

TIPIČNE BILJKE

Fitotransformacija	nitriti, amonijak, fosfati	<ul style="list-style-type: none">• Drveće Salix familije: topola, vrba• Trave• Leguminoze
Fitostabilizacija	Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Se, U	<ul style="list-style-type: none">• Drveće salix familije• Trave sa žilastim korenom
Fitoekstrakcija	Pb, Cd, Zn, Ni, Cu	<ul style="list-style-type: none">• Indijska slačica• Suncokret• Hiperakumulatori
Fitovolatilizacija	Se, As, Ag	<ul style="list-style-type: none">• Indijska slačica• Akvatične biljke• Drveće salix familije
Prekrivač deponije	Metali, amonijak, nitriti	<ul style="list-style-type: none">• Trave• Topole/vrbe



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Problem - odlaganje posećenog bilja, posebno ako sadrži visok nivo teških metala.

Spaljivanje ili kompostiranje biljaka - reciklaža metala.

Spaljivanje:

- pepeo mora biti odložen na deponiju za opasan otpad
- zapremina pepela je manja od **10%** zapremine koja bi nastala ako bi se spaljivao zagađeni sediment

Tržišna vrednost - ako bi se metali ekstrahovali iz njih i ponovo upotreбили (tržište za ove biljke zapravo ne postoji)



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Hibridna topola *Populus sp.* - najčešće *Populus deltoides* (eastern cottonwood) i *Populus trichocarpa* (black cottonwood).

- brzo raste (3 do 5 metara godišnje),
- dugo živi (25-30 godina),
- mogu da se sade na odloženom sedimentu
- mogu da se formiraju zasadi u blizini obale i da se vrši direktna aplikacija sedimenta oko drveća - **zasadi topola kao postrojenje za tretman zagađenog sedimenta**
- drvo može imati tržišnu vrednost tj. može se koristiti u industriji papira ili kao biomasa za dobijanje energije



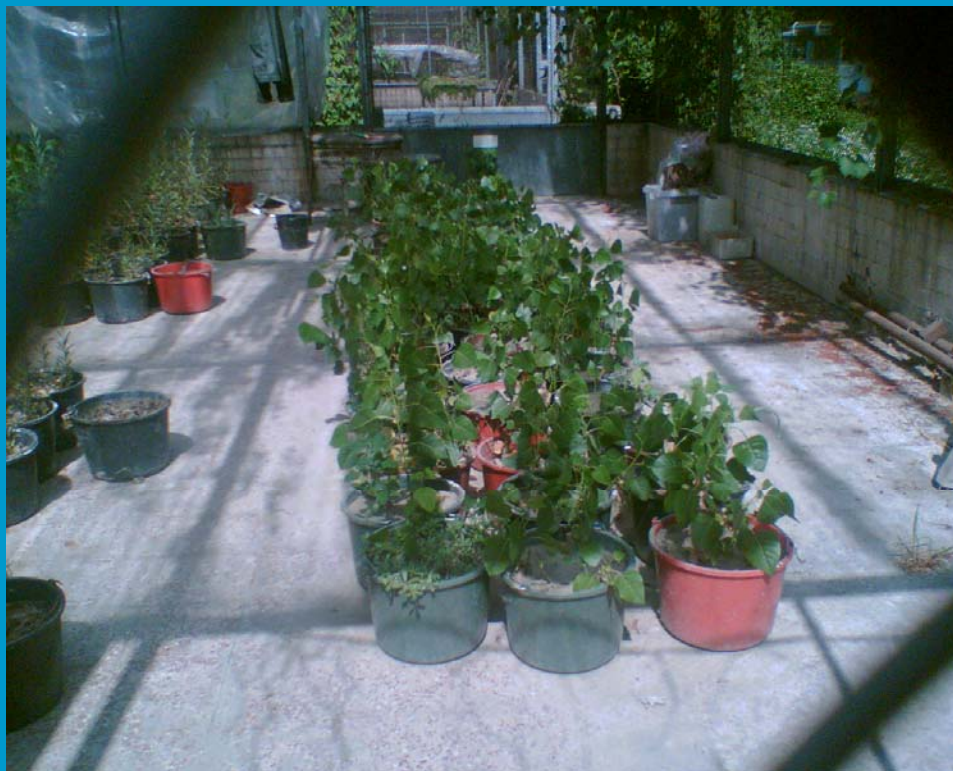


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Eksperiment postavljen u saradnji sa Institutom za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu

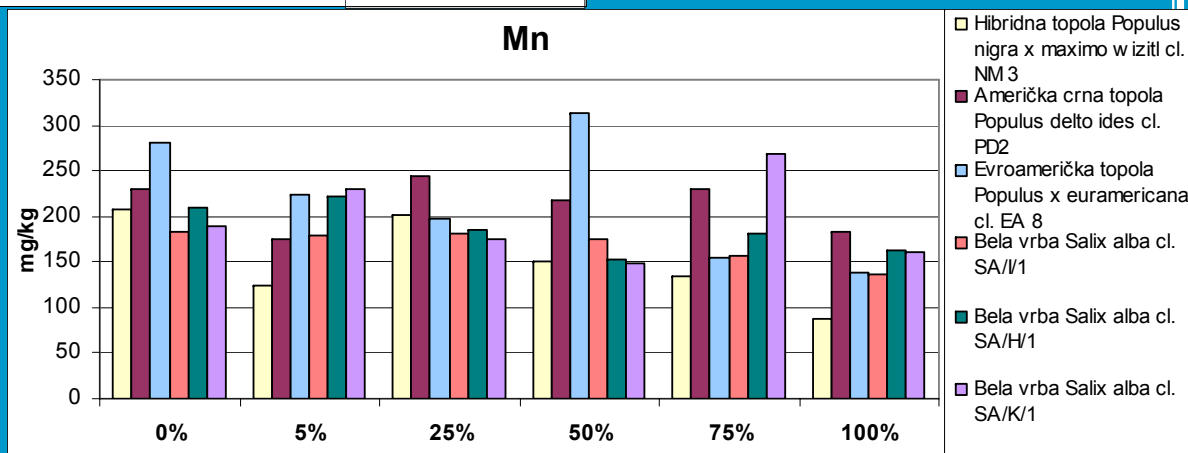
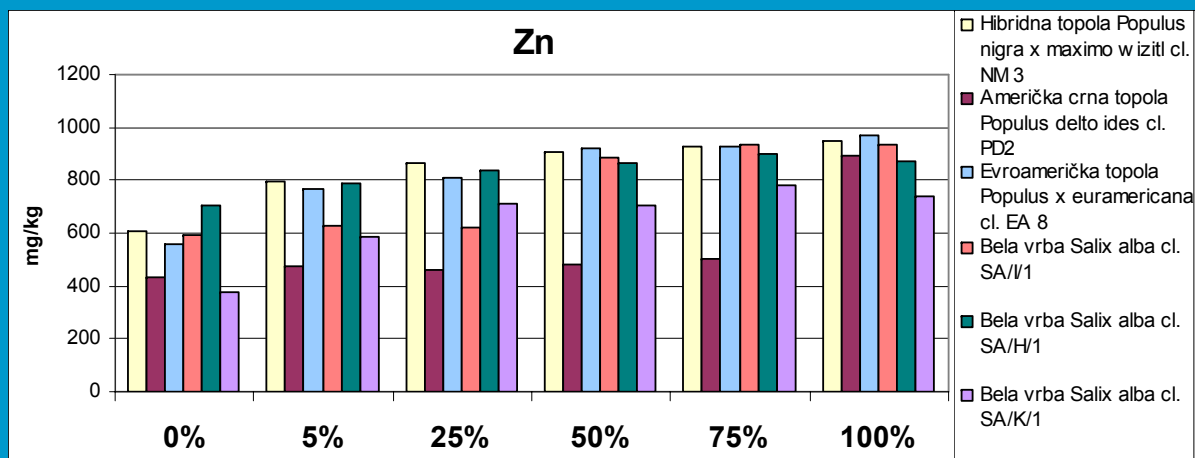
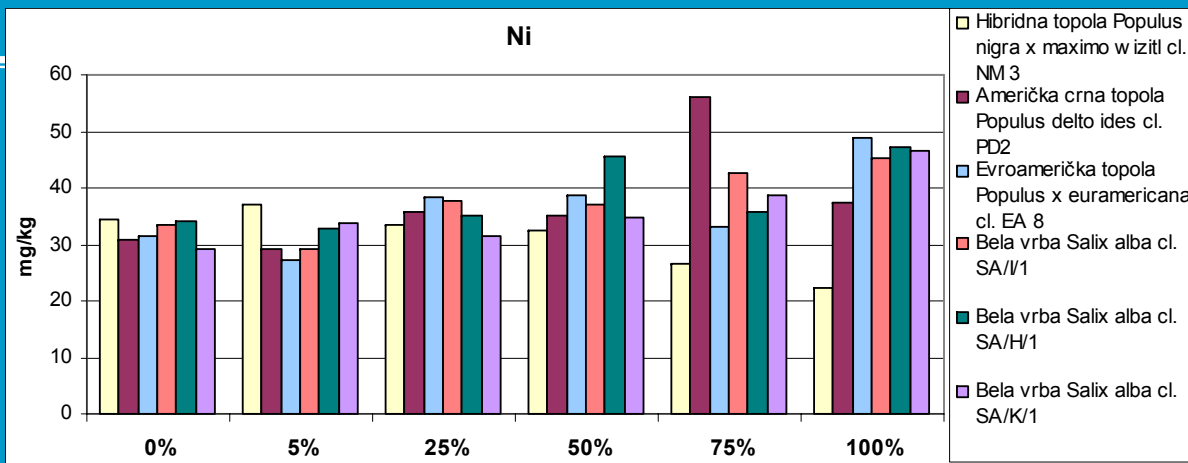
- I Hibridna topola *Populus nigra x maximowitizii* cl. NM 3
- II Američka crna topola *Populus deltoides* cl. PD2
- III Evroamerička topola *Populus x euramericana* cl. EA 8
- IV Bela vrba *Salix alba* cl. SA/II/1
- V Bela vrba *Salix alba* cl. SA/H/1
- VI Bela vrba *Salix alba* cl. SA/K/1

**Projekat "Razvoj
remedijacionih tehnika
zagađenih lokaliteta" (TR-
6867b) – Ministarstvo
nauke Republike Srbije**



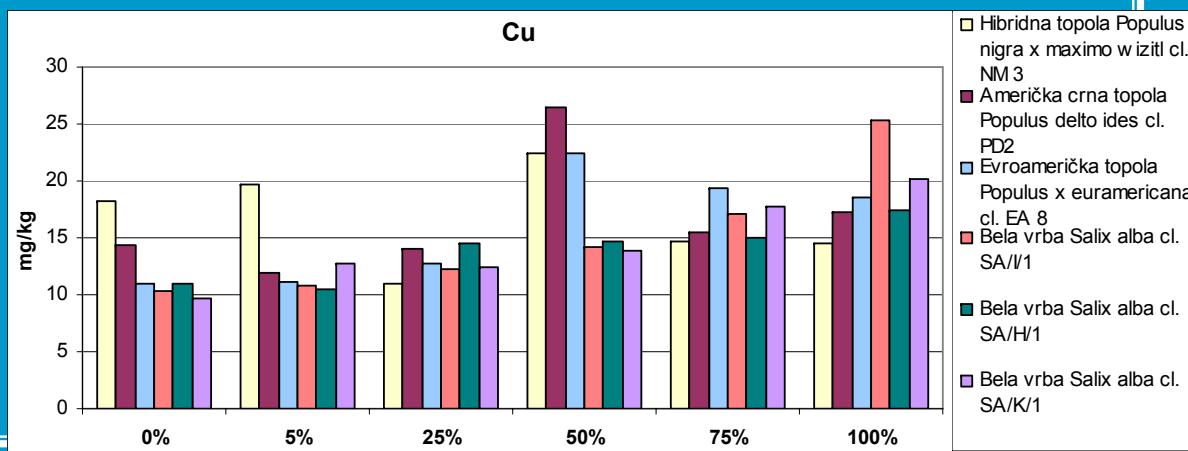
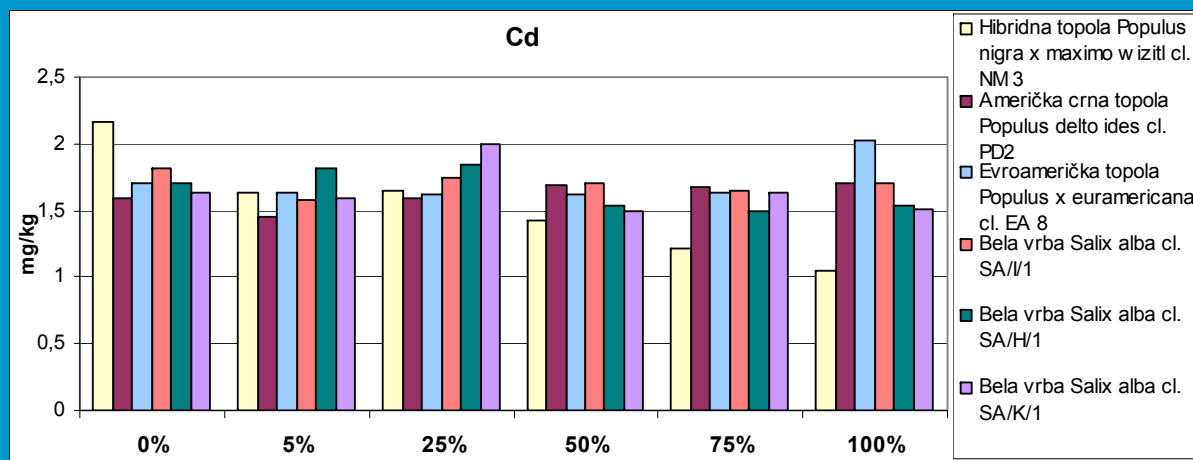
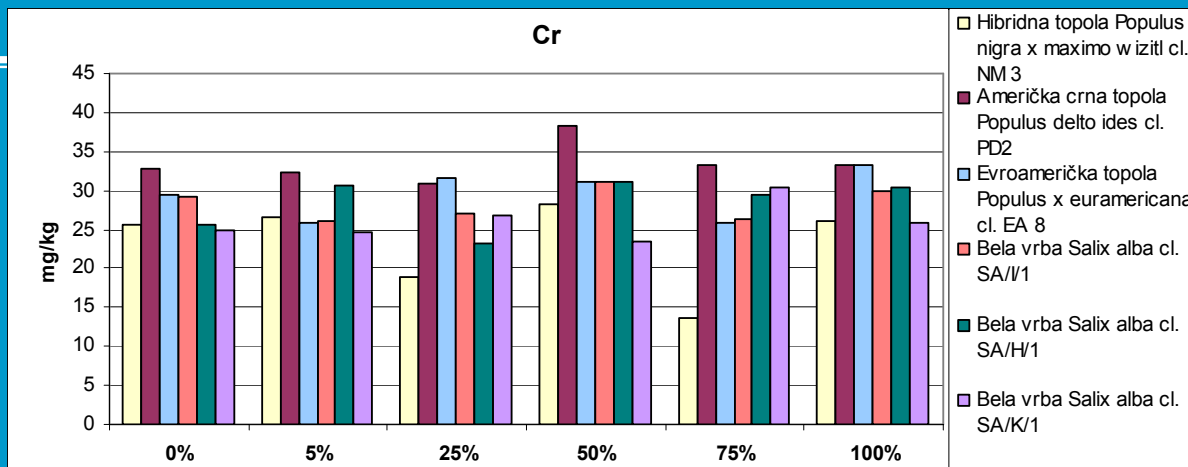


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika



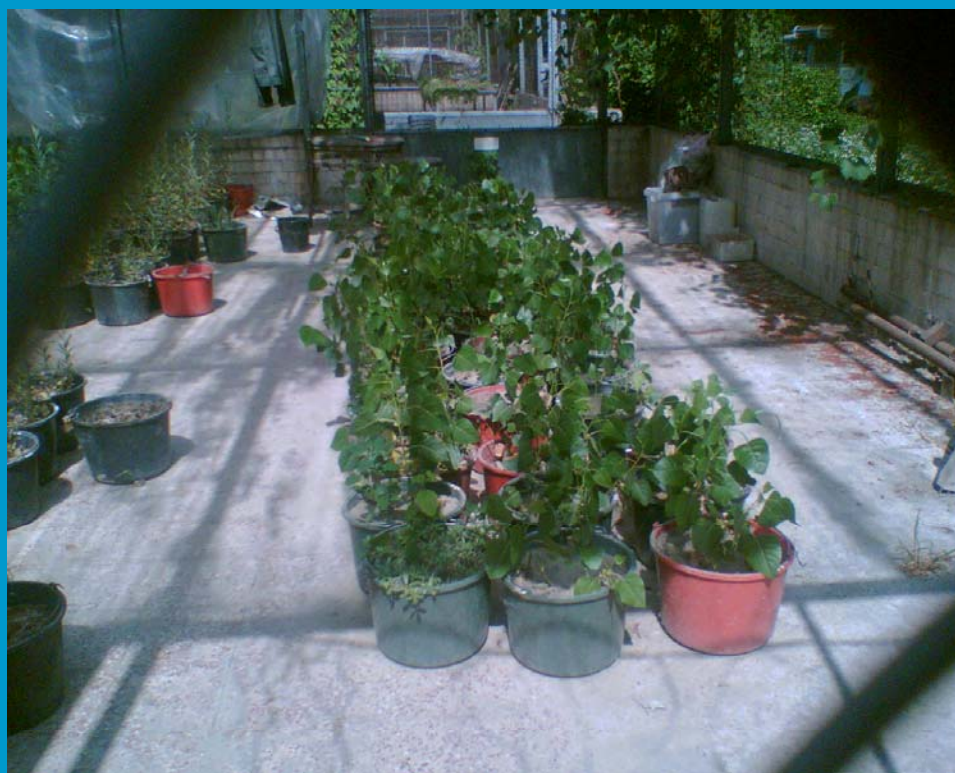
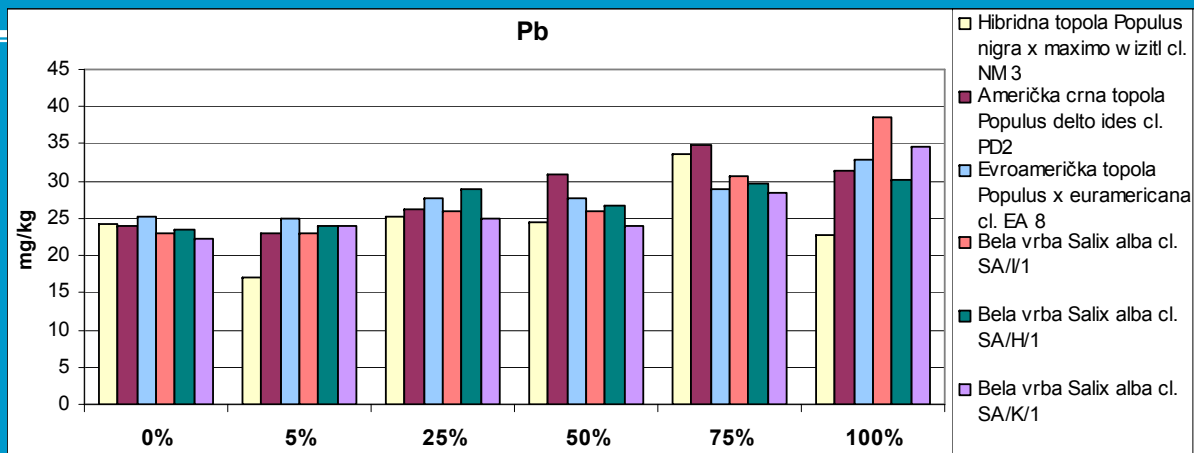


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Rezultati hemijske analize su pokazali da određene biljne vrste i njihovi klonovi imaju različitu sposobnost akumulacije teških metala.

Cu, Mn a Ni i Cd pri višim koncentracijama - Hibridna topola *Populus nigra x maximowitizil* cl. NM 3.

Ni pri manjim koncentracijama - Bela vrba *Salix alba* cl. SA/K/1

Cd pri manjim koncentracijama - Američka crna topola *Populus deltoides* cl. PD2.

Cr i Pb - Bela vrba *Salix alba* cl. SA/K/1, mada se dobro pokazala i Hibridna topola *Populus nigra x maximowitizil* cl. NM 3.

Zn - Američka crna topola *Populus deltoides* cl. PD2.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Odlaganje sedimenta

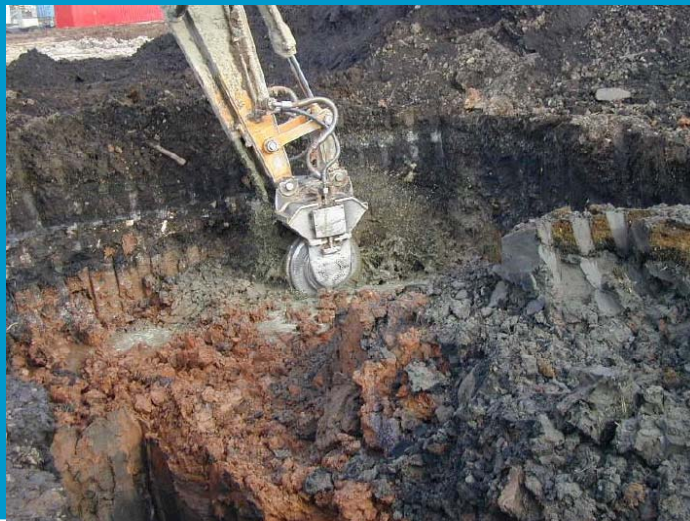
- ◆ **Smeštanje izmuljnog materijala na odabranu lokaciju uz dodatno obezbeđenje da se zagađenje ne raširi.**
- ◆ zona u blizini obale koja može biti konačno mesto odlaganja ili privremena lokacija za čuvanje ili pred-tretman.
- ◆ depresija, iskopana rupa ili jama





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- Mesto odlaganja ne mora biti konstruisano.
- Ipak, troškovi mogu biti veliki, pošto mesto odlaganja može biti kilometrima udaljeno od mesta izmuljivanja i cena prekrivanja odloženog materijala može biti velika.
- Najčešći se sediment transportuje kamionima od mesta predtretmana do mesta odlaganja.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Zaštitna folija:

- sprečavanje isparavanja i oticanja toksičnih komponenti
- sprečavanje UV degradacije do toksičnih komponenti

Folije mogu biti od različitih materijala – npr. od polietilena, polipropilena





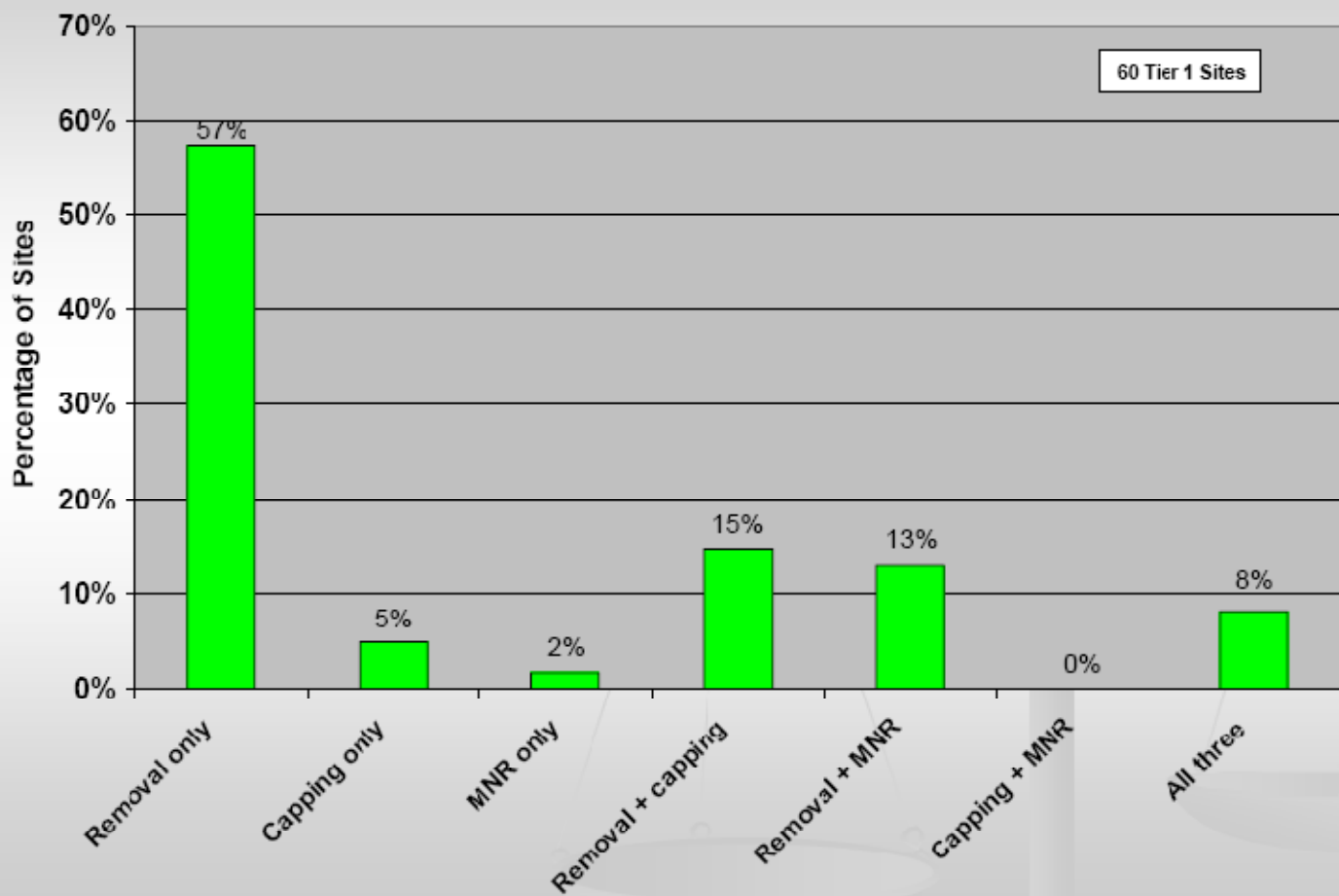
Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- ◆ Kester (1983) je predložio da je najbolja strategija za odlaganje zagađenog sedimenta da se izoluje u permanentno redukcionom okruženju
- ◆ “subsediment-depozit” – velika količina zagađenog sedimenta se prekrije sa čistim sedimentom da se dobiju stabilni anoksični uslovi:
 - niska rastvorljivost sulfida metala u odnosu na karbonate, fosfate i okside
 - važno zbog mobilizacije metala formiranjem kompleksa sa ligandima nastalim razgradnjom organske materije



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Remedies Selected



Remedijacione tehnike često su ekonomski neprihvatljive zbog velike zapremine zagađenog sedimenta.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

**Zavisno od hemijskih karakteristika,
izmuljeni materijal nakon obez
vodnjavanja može se koristiti kao dodatak
zemljištu.**



HVALA NA PAŽNJI!