



Tretman zagađenog sedimenta kroz analizu dugoročnog uticaja

(Treatment of polluted sediment through long-term impact analysis)

dr Nataša Slijepčević



Zašto je sediment važan?

- Sediment ima ključnu i kritičnu ulogu u ukupnom kvalitetu vodenih ekosistema a samim tim i životne sredine.
- **Sediment nastaje od:**
 - čestica eolskog nanosa,
 - čestica koje dospevaju u vodotokove zajedno sa industrijskim i komunalnim otpadom,
 - truljenjem akvatične i obalne vegetacije,
 - neodgovornim bacanjem čvrstog otpada u vodotokove,
 - mikrobiološkom razgradnjom dospelog zagađenja u vodotokove....

• Nezagaden sediment

✓ Zagaden sediment

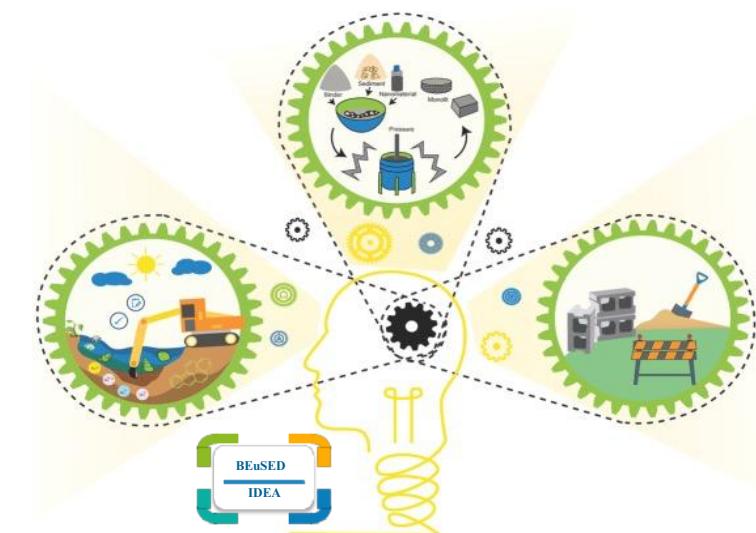
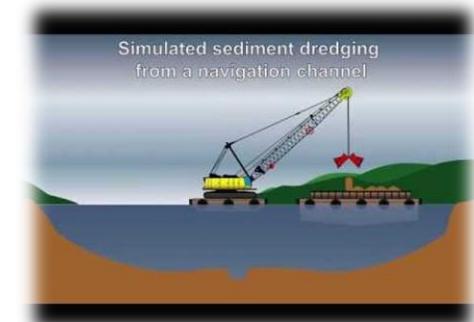
- Organski polutanti
- Metali



Kako postupati sa zagađenim sedimentom?

- Osnovne opcije za smanjenje rizika po životnu sredinu su
 - in situ i
 - ex situ remedijacija sedimenta!
- Izbor tehnike tretmana zavisi od:
 - ✓ karakteristika lokaliteta i sedimenta,
 - ✓ zakonske regulative,
 - ✓ cene tretmana i raspoloživa finansijska sredstva,
 - ✓ kao i zainteresovane javnosti.

DREDGING OR
SEDIMENT REMOVAL:
WHICH OPTION IS BEST
FOR MY WATERBODY?



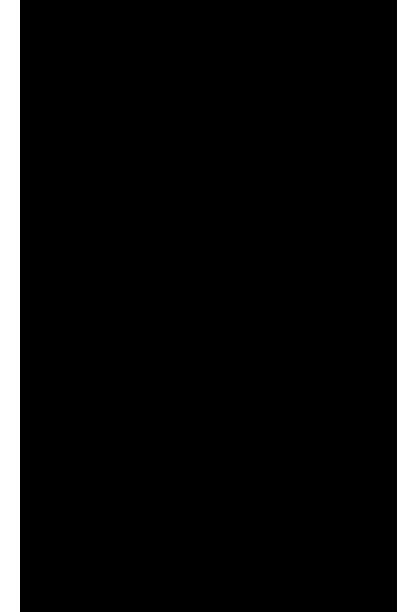
Prednosti...



- ✓ Efikasnost u tretmanu zagađujućih materija neorganskog i organskog porekla
- ✓ Brzo postizanje zahteva remedijacije (u relativno kratkom vremenskom periodu)
- ✓ Poboljšanje strukturalnih osobina, kako bi se olakšalo dalje razmatranje korisne upotrebe
- ✓ Mogućnost in situ i ex situ remedijacije zagađenog lokaliteta
- ✓ Primenljivost tokom sušnih ili vlažnih uslova sredine, smanjujući probleme sa odvodnjavanjem i upravljanjem otpadom
- ✓ Uglavnom koristi jednostavnu, lako dostupnu opremu i materijale.

...ex situ stabilizacija/solidifikacija ?

- Tehnologija
- Imobilizacioni agensi-veziva
- promene fizičkog i/ili hemijskog sastava zagađujućih materija, što rezultuje
- smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu, odnosno na podzemne i površinske vode.



Veziva (imobilizacioni agensi)



- Za stabilizaciju/solidifikaciju sedimenta mogu se koristiti različite vrste veziva (sredstva za imobilizaciju):

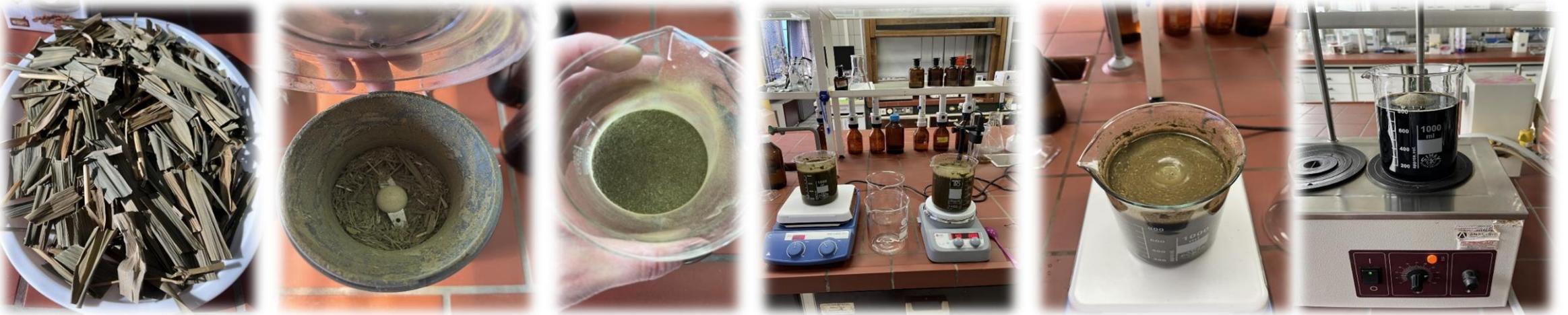
- cement,
- kreč,
- gline (nativna (lokalna), bentonit (montmorilonit), kaolinit)
- zeolit
- leteći pepeo, → industrijski nusproizvodi
- fosfogips →

- Mnoge studije su se fokusirale na procenu čvrstoće i ponašanja pri ispiranju/izluživanju korišćenjem različitih mešavina(kombinacija) veziva.



...nanomaterijali kao imobilizacioni agensi

- danas se uspešno primenjuje nanotehnologija u sanaciji životne sredine
- nZVI (Konvencionalna i “zelena” sinteza/produkcija nano Fe(0))
- sinteza nZVI korišćenjem ekstrakata iz biljaka (na primer biljke koje se uklanjanju iz kanalske mreže reka i predstavlja poljoprivredni otpad);



Testovi izluživanja kao pokazatelji efikasnosti tretmana

Izbor odgovarajućeg testa ili kombinacije testova je od vitalnog značaja za pravilno procenjivanje uspešnosti rezultata, kao i za predviđanje dugoročnog oslobađanja zagađujućih materija u životnu sredinu.



Dinamički testovi izluživanja (metali)





TIMELINE

2009/10

Klasična ex situ solidifikacija i stabilizacija

- cement
- kreč
- kaolinit
- montmorilonit
- zeolite
- leteći pepeo
- kombinacije:
 - kaolinit+leteći pepeo
 - kaolinit+kreč
 - montmorilonit+kreč
 - cement+kreč
 - zeolit+leteći pepeo
 - kreč+leteći pepeo
 - zeolite+kreč

2009-2014

S/S i stabilizacija sa nZVI

- nZVI,
- K-nZVI,
- B-nZVI,
- kaolinit
- bentonit

2014-2020/21

Stabilizacija sa "zelenim" nZVI

- NC-nZVI
- OL-nZVI
- ML-nZVI
- Pilot ispitivanja:
 - cement
 - glina
 - leteći pepeo
 - NC-nZVI
 - OL-nZVI
 - ML-nZVI
 - GT-nZVI
 - DO-nZVI
 - FO-nZVI
 - PO-nZVI
 - BC-gnZVI,
 - NC-gNZVI

2016-2020

S/S nakon 7 dana, 28 dana, 7 godina

- cement
- kreč
- leteći pepeo
- kaolinit
- montmorilonit
- zeolit
- i kombinacije:
 - kaolinit i kreč
 - kaolinit i leteći pepeo
 - montmorilonit i kreč
 - zeolit i kreč
 - leteći pepeo i kreč

2022/23

BEuSED project

- Industrijski nusporizvodi
- PAL-nZVI

2009/10

Klasična ex situ solidifikacija i stabilizacija

- cement
- krec
- kaolinit
- montmorilonit
- zeolite
- leteći pepeo
- kombinacije:
 - kaolinit+leteći pepeo
 - kaolinit+kreč
 - montmorilonit+kreč
 - cement+kreč
 - zeolit+leteći pepeo
 - kreč+leteći pepeo
 - zeolite+kreč

2009-2014

S/S i stabilizacija sa nZVI

- nZVI,
- K-nZVI
- B-nZVI
- kaolinit
- bentonit

2014-2020

Stabilizacija sa "zelenim" nZVI

- NC-nZVI
- OL-nZVI
- ML-nZVI
- Pilot ispitivanja:
 - cement
 - glina
 - leteći pepeo
 - NC-nZVI
 - OL-nZVI
 - ML-nZVI
 - GT-nZVI
 - DO-nZVI
 - FO-nZVI
 - PO-nZVI
 - BC-gnZVI,
 - NC-gNZVI

2016-2020

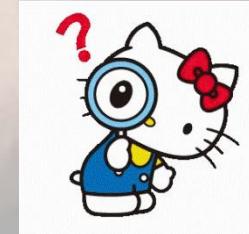
S/S nakon 7dana, 28 dana, 7 godina

- cement
- krec
- leteći pepeo
- kaolinit
- montmorilonit
- zeolit

i kombinacije:

- kaolinit i kreč
- kaolinit i leteći pepeo
- montmorilonit i kreč
- zeolit i kreč
- leteći pepeo i kreč

2022/23



**EuSED
project**

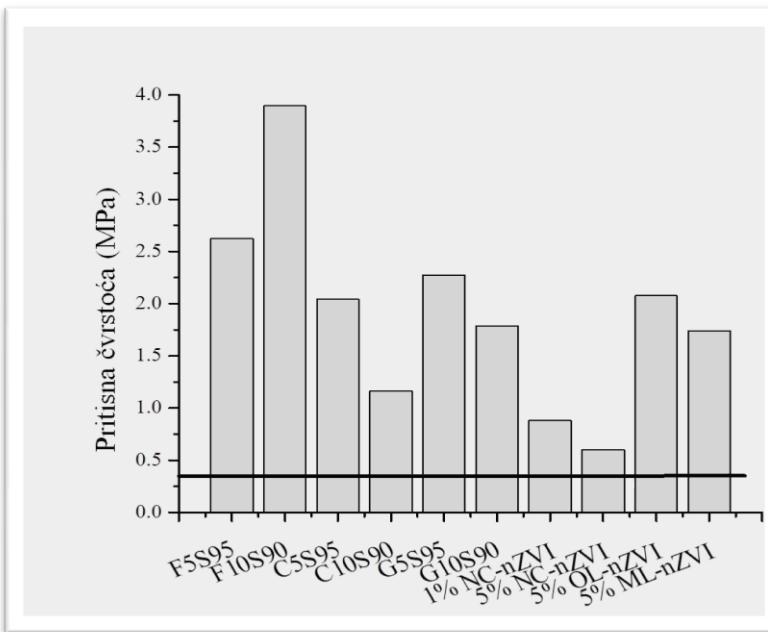
- Industrijski nusporizvodi
- PAL-nZVI

Imobilizacioni agens	Kumulativna izlužena frakcija	Kvalitet vode (Sl. glasnik SRS 31/82) ^a	2003/33/EC ^b	LX ^c	Mehanizam koji kontroliše izluživanje	TCLP test	DIN 3841-4 test
kreč	do 34,8%	van klase	neopasan otpad	8-17	difuzija	<GV	neopasan otpad
cement	do 19%	van klase	neopasan otpad	9-15	difuzija	<GV	inertan otpad
leteći pepeo	do 9,0%	van klase	neopasan otpad	9-13	difuzija	<GV	neopasan otpad
kaolinit	do 2,3%	van klase	neopasan otpad	9-13	difuzija	<GV	neopasan otpad
montmorilonit	do 2,0%	van klase	neopasan otpad	10-14	difuzija	<GV	neopasan otpad
zeolit	do 5,9%	III/IV klasa	neopasan otpad	10-13	difuzija	<GV	inertan otpad
kaolinit i kreč	do 11,2%	van klase	neopasan otpad	8-14	difuzija	<GV	neopasan otpad
montmorilonit i kreč	do 1,1%	III/IV klasa	neopasan otpad	9-14	difuzija	<GV	neopasan otpad
cement i kreč	do 0,7%	III/IV klasa	neopasan otpad	9-14	difuzija	<GV	neopasan otpad
leteći pepeo i kreč	do 27%	van klase	opasan otpad	7-14	difuzija	<GV	inertan otpad
zeolit i kreč	do 20%	van klase	neopasan otpad	8-18	difuzija	<GV	inertan otpad
kaolinit i leteći pepeo	do 9,9%	van klase	neopasan otpad	9-14	difuzija	<GV	neopasan otpad
zeolit i leteći pepeo	do 11%	van klase	neopasan otpad	9-14	difuzija	<GV	neopasan otpad

- ✓ FTIR spektri nakon 28 dana i 7 godina nemaju velika odstupanja!
- ✓ XRD analiza je identifikovala intenzivne pikove kvarca praćene očekivanim kaolinitom i pikovima kao što su muskovit, dolomit, etringit, ilit i kalcit. Detektovane su amorfne faze kao što su CSH i CAH čiji intenziteti pikova neznatno rastu sa vremenom starenja.
- ✓ TCLP test ukazuje na linearno smanjenje koncentracija metala sa vremenom starenja monolita! DIN test –inertan i neopasan otpad!
- ✓ Testom toksičnosti na bakterijama Vibrio fischeri uočen je opadajući trend inhibicije nakon 7 godina starenja!
- ✓ Pritisna čvrstoća!



- **Ponovna upotreba zagađenog sedimenta** uglavnom se ne razlikuje od upotrebe nezagađenog sedimenta ali **postoje ograničenja** koja su neophodna pri upotrebi zagađenog sedimenta s obzirom na potencijalni negativni uticaj na životnu sredinu od izlaganja kontaminantima.



Verifikacija ovih istraživanja...



- Procena potencijala remedijacije sedimenta kontaminiranog metalima primenom imobilizacionih agenasa (doktorska disertacija dr Milena Dalmacija)
- Primena stabilizovanog nano nula valentnog gvožđa i komercijalnih imobilizacionih agenasa za remedijaciju sedimenta kontaminiranog toksičnim metalima (doktorska disertacija dr Dragana Tomašević Pilipović)
- Uticaj starenja stabilizovanog i solidifikovanog sedimenta na strukturne karakteristike matriksa i izluživanje metala (doktorska disertacija dr Dunja Rađenović)
- Potencijal primene stabilisanog i „zelenom” sintezom produkovanog nano gvožđa (0) za remedijaciju sedimenta kontaminiranog metalima (doktorska disertacija dr Nataša Slijepčević)

Verifikacija ovih istraživanja...



- ✓ Slijepčević N., Tomašević Pilipović D., Kerkez Đ., Krčmar D., Bečelić-Tomin M. Beljin J., Dalmacija B. (2021) A cost effective method for immobilization of Cu and Ni polluted river sediment with nZVI synthesized from leaf extract, Chemosphere, Vol. 263, 127816, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127816>, ISSN:0045-6535; IF 5,705
- ✓ Tomašević Pilipović D., Kerkez Dj., Dalmacija B., Slijepčević N., Krčmar D., Radjenović D., Bečelić-Tomin M. (2018). Remediation of Toxic Metal Contaminated Using Three Types of nZVI Supported Materials. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 101, 725-731. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2442-1> Zahvalnica: III43005 and TR37004
- ✓ Slijepčević N., Kerkez Dj., Tomašević Pilipović D., Bečelić-Tomin M., Dalmacija B., Krčmar D. (2018). Use of two different approaches to the synthesis of nano zero valent iron for sediment remediation. Global NEST Journal, 21(4), 455-460. <https://doi.org/10.30955/gnj.002649> Zahvalnica: III43005 and TR37004
- ✓ Kerkez, Dj., Radjenović, D., Tomašević Pilipović, D., Bečelić-Tomin, M., Slijepčević, N., Rončević, S., Dalmacija, B. (2020). Leachability and Microstructural Analysis of Clay and Lime Stabilized/Solidified Polluted Sediment – Long-Term Performance. Periodica Polytechnica Chemical Engineering, 64(1), pp. 93–105, ISSN : 1587-3765, <https://doi.org/10.3311/PPch.13403>
- ✓ Beljin, J., Arsenov, D., Slijepčević, N., Maletić, S., Đukanović, N., Chalot, M., Župunski, M., Tomašević Pilipović, D. (2023) Recycling of polluted dredged sediment – Building new materials for plant growing. Waste Management 166, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.04.035> Zahvalnica: BEuSED

Dunja Rađenović^{1*}, Đurđa Kerkez¹, Dragana

Tomašević Pilipović¹, Sebastian Baloš²,

Aleksandar Došić³, Slavko Smiljanic³, Dejan Krčmar¹

¹University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department for Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Novi Sad, Serbia, ²University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Production Engineering, Novi Sad, Serbia,

³University of East Sarajevo, Faculty of Technology, Zvornik, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

Scientific paper

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:620.122.2:622.717

doi: 10.5937/ZasMat1704556R



Zaštita Materijala 58 (4)
556 - 563 (2017)



Science of The Total Environment

Volume 684, 20 September 2019, Pages 186-195

Long-term application of stabilization/solidification technique on highly contaminated sediments with environment risk assessment



Chemosphere

Volume 92, Issue 11, September 2013, Pages 1490-1497

Go to Chemosphere on ScienceDirect

Use of fly ash for remediation of metals polluted sediment – Green remediation

Dragana D. Tomašević^a , Milena B. Dalmacija^a, Miljana Dj. Prica^b, Bozo D. Dalmacija^a, Đurđa V. Kerkez^a, Milena R. Bečelić-Tomin^a, Srdjan D. Rončević^a

Research paper | Published: 25 July 2013

Toxic metal immobilization in contaminated sediment using bentonite- and kaolinite-supported nano zero-valent iron

D. D. Tomašević , G. Kozma, Đ. V. Kerkez, B. D. Dalmacija, M. B. Dalmacija, M. R. Bečelić-Tomin, Á. Kukovecz, Z. Kónya & S. Rončević

Journal of Nanoparticle Research 16, Article number: 2548 (2014) | Cite this article

Chemosphere
Volume 263, January 2021, 127816



A cost effective method for immobilization of Cu and Ni polluted river sediment with nZVI synthesized from leaf extract

Maja Šlijepčević, Dragana Tomašević Pilipović , Đurđa Kerkez, Dejan Krčmar, Milena Bečelić-Tomin, Jelena Beljin, Božo Dalmacija

BEuSED Tim



BEuSED Tim



Dragana Tomašević Pilipović, PhD

- monitoring i remedijacija kontaminirane vode, zemljišta i sedimenata



dr Dejan Krčmar,
Upravljanje i
rešavanje problema
ekološkog sistema
voda-sediment



dr Milena Bečelić-Tomin,
-Razvoj nacionalnog
zakonodavstva-
- Nauka u službi politika-



dr Tanja Tomić
-ekološka procena
rizika-



dr Dunja Rađenović,
-dugoročna procena
efikasnosti tretiranog
sedimenta-



**dr Nebojša
Radović,**
-građevinarstvo i
upravljanje
projektima
izgradnje-

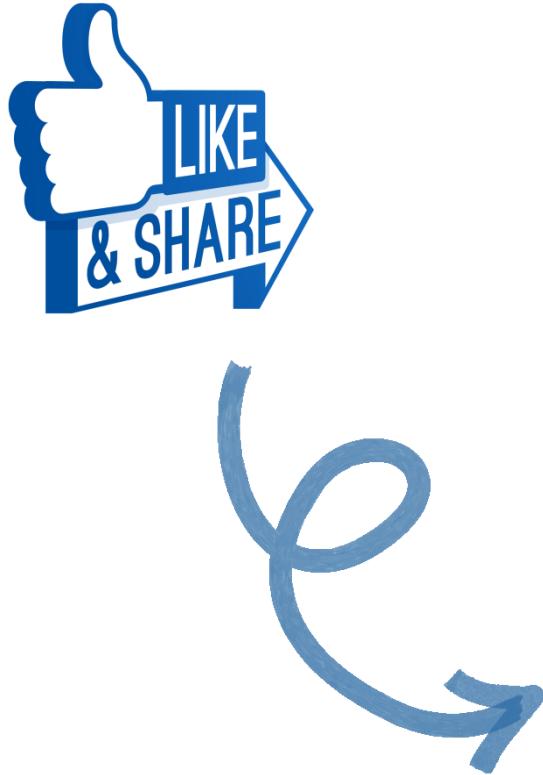


dr Jelena Beljin, ispitivanje na terenu-
- procena rizika-
-bioremedijacija-
dr Nataša
-laboratorijske analize Slijepčević,
- vode i sedimenta-
- sinteza i primena
nanomaterijala -



**MSc
Slaven Tenodić,**
-uzorkovanje i





https://www.instagram.com/beused_project/

<https://www.facebook.com/Beused-project-101402072499080>

<https://twitter.com/BeusedP>

<https://www.linkedin.com/in/beused-project-108a54231/>

• Hvala na pažnji!