



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET



HRVATSKA GOSPODARSKA
KOMORA



RES♻️UE

REUSE OF SEWAGE SLUDGE IN CONCRETE INDUSTRY –
FROM MICROSTRUCTURE TO INNOVATIVE CONSTRUCTION PRODUCTS

KORIŠTENJE MULJA S UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH
VODA U BETONSKOJ INDUSTRIJI

3. radionica

Voditelj projekta: doc.dr.sc. Dražen Vouk, dipl.ing.građ.

SRIJEDA 30.08.2017.

GRAĐEVINSKI FAKULTET, Kačićeva 26, Zagreb



RESOUE

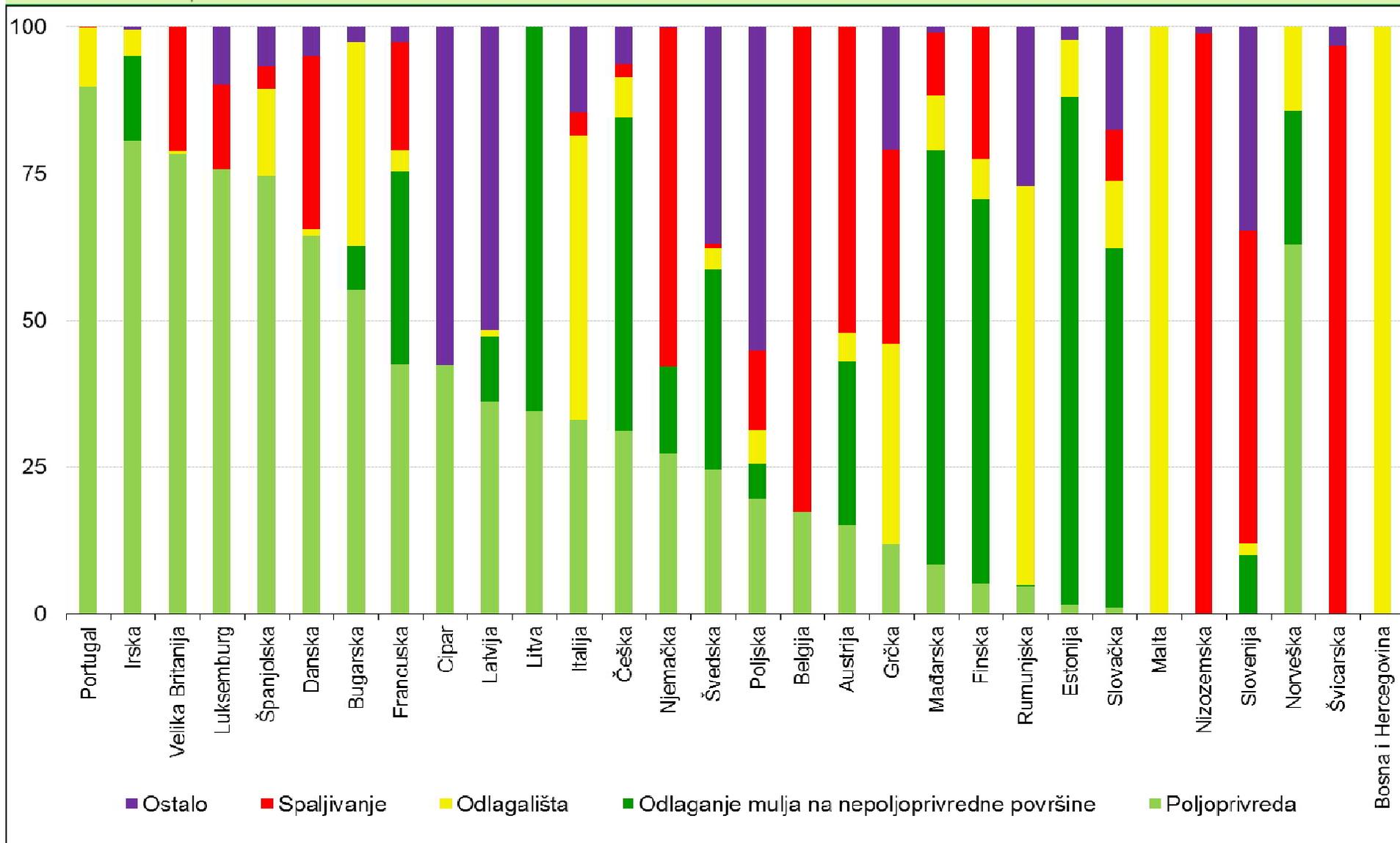


Pri zbrinjavanju otpadnih voda kao nusprodukt svakog tehnološkog rješenja javlja se mulj (0,5 kg mulja / m³ otpadne vode).

Mulj predstavlja neopasan otpad i potrebno ga je zbrinuti u okoliš u skladu sa zakonskom regulativom.

U Hrvatskoj se mulj danas odlaže na odlagalištima krutog otpada, značajne količine se privremeno (uz zakonski nedopustiv vremenski period) odlažu uz same UPOV-e, vrlo mali dio koristi se u poljoprivredi, a za određeni dio se ne može sa sigurnošću utvrditi gdje i kako završava.





Zbrinjavanje mulja u europskim zemljama (EUROSTAT, 2013)



RESCUE



U Hrvatskoj do danas nije cjelovito riješen problem zbrinjavanja mulja, niti je isti određen propisima, uputama ili smjernicama.





RESOUE



Projektanti, konzultanti, voditelji projekata, isporučitelji vodnih usluga, lokalne vlasti, nadležna tijela državne uprave pa čak i izrađivači studija o utjecaju na okoliš, čak i danas ne znaju gdje će se mulj konačno odložiti, koja obilježja bi trebao imati i koliko košta njegovo konačno odlaganje.



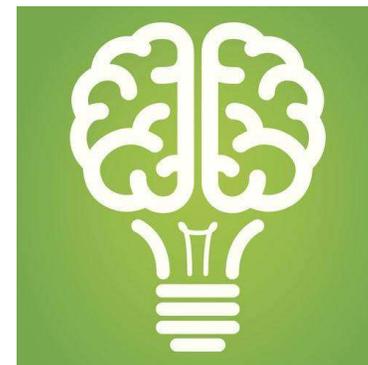


RESUE



ČINJENICE :

- ❑ Izrađena studijska analiza o zbrinjavanju mulja od strane inozemnih konzultanata.
- ❑ Nije poznato da je i u jednom konkretnom projektu (studijskoj analizi) poznato i odlučeno što i kuda s muljem i koja je cijena njegovog zbrinjavanja.
- ❑ Nedostatak znanja među stručnim kadrom kako u privatnom sektoru tako i u javnoj upravi, ali i u politici.
- ❑ Ne postoji nacionalna strategija niti regionalne strategije zbrinjavanja mulja.
- ❑ Postojeća zakonska regulativa može se ocijeniti manjkavom.
- ❑ Dovoljna je konstatacija da će se mulj odložiti na odgovarajuće mjesto od strane ovlaštene osobe, a u pojedinim slučajevima može se pokazati da će zadovoljiti i primjenu u poljoprivredi.





RES³UE



REZULTIRAJUĆA ČINJENICA :

Gotovo niti jedan isporučitelj vodnih usluga, zajedno s jedinicama lokalne samouprave, ne zna koje je za njega optimalno rješenje zbrinjavanja mulja, gdje će se mulj konačno odložiti, koja obilježja bi trebao imati i kolika je cijena njegovog konačnog odlaganja

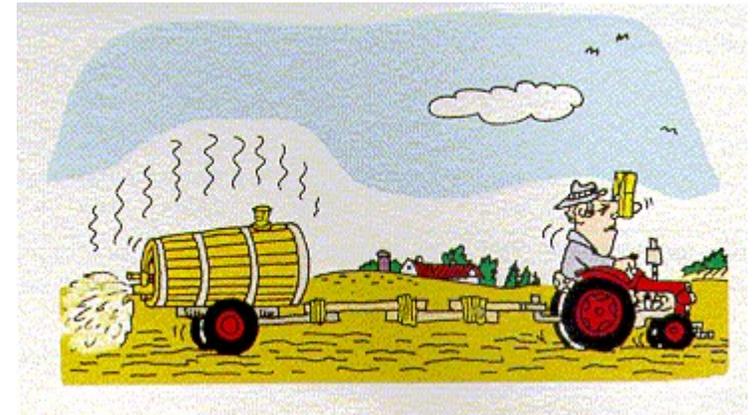


**Here is the solution
to your problem,**

Use It !

Potencijalna rješenja:

- ❑ Odlaganje obrađenog mulja na odlagališta
- ❑ Odlaganje mulja/komposta na tlo na poljoprivredne površine
- ❑ Odlaganje mulja/komposta na tlo na nepoljoprivredne površine (hortikultura i krajobrazje)
- ❑ Odlaganje pepela (dobivenog u postupku spaljivanja mulja u monospalionicama, pirolize ili plinifikacije) na posebno uređena odlagališta neopasnog otpada
- ❑ Korištenje/recikliranje mulja i/ili pepela (dobivenog u postupku spaljivanja mulja u monospalionicama, pirolize ili plinifikacije) u građevinarstvu i poljoprivredi





ZBRINJAVANJE MULJA

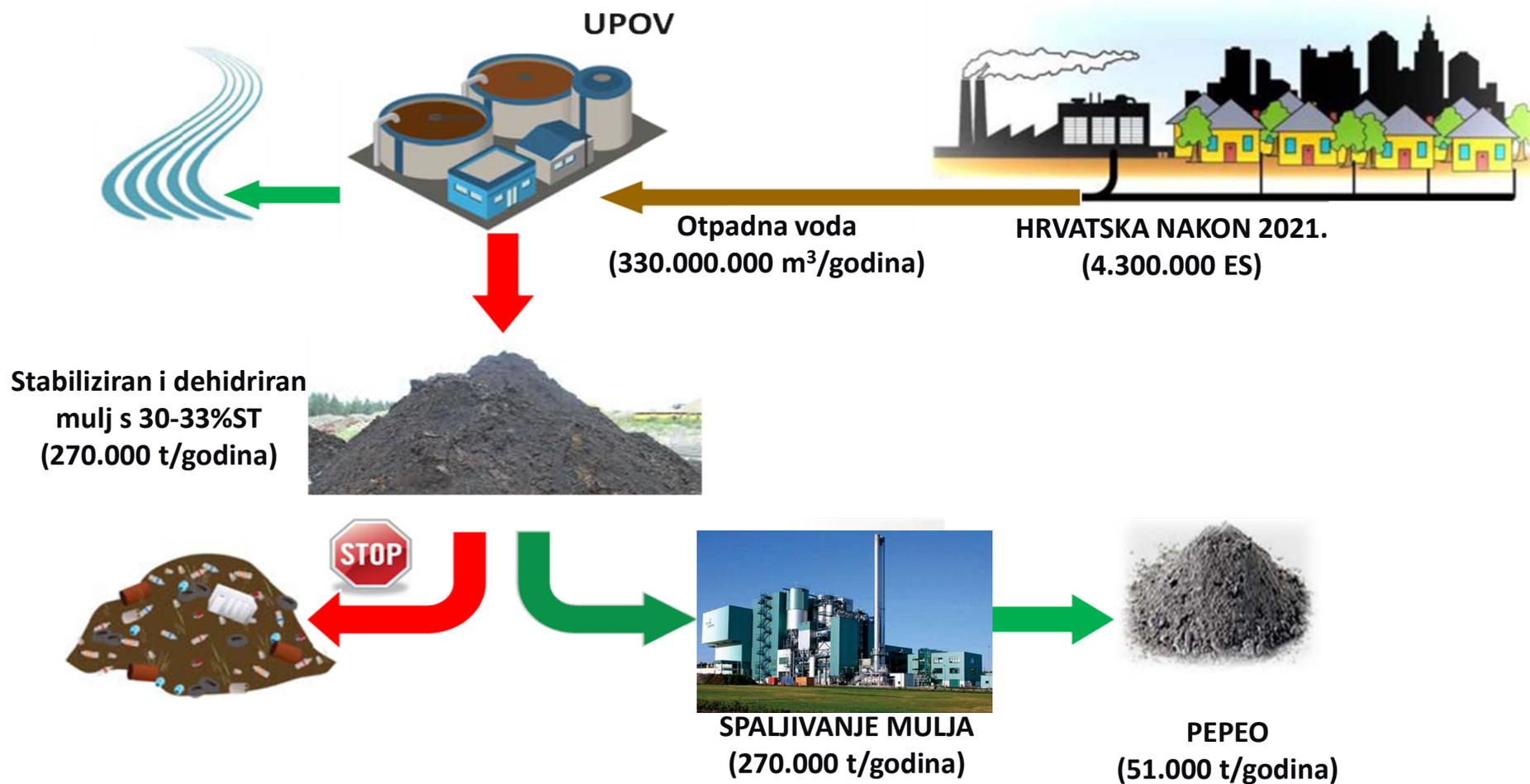


Potencijalna rješenja:

- ❑ Suspaljivanje mulja s gradskim komunalnim otpadom
- ❑ Suspaljivanje mulja u cementarama ili termoelektranama
- ❑ Odvoz dehidriranog ili osušenog mulja izvan granica Hrvatske
- ❑ Odvoz komposta izvan granica Hrvatske
- ❑ Odvoz pepela (dobivenog u postupku spaljivanja mulja u monospalionicama, pirolize ili rasplinjavanja) izvan granica Hrvatske



Pojedine studijske analize (WYG International Ltd, 2013), zaključuju kako bi postupak **termičke obrade (spaljivanja)** bio prihvatljiv koncept konačne obrade mulja na UPOV-ima većeg kapaciteta.



RESUE

Sastav mulja i pepela koji se generira na UPOV u značajnoj mjeri ovisi o tehnološkom procesu pročišćavanja vode i same obrade mulja.

Mogućnost recikliranja mulja (pepela) u velikoj mjeri ovisi o njegovom fizikalnom i **kemijskom sastavu**.

EU Direktiva 91/271/EEC: „*Sustainable sludge handling may be defined as a method that meets requirements of efficient recycling of resources without supply of harmful substances to humans or the environment*”.



Karakteristike pepela dobivenog spaljivanjem mulja:

❑ Kemijski sastav (Si, Ca, Fe, Al, P, manji udio teških metala)

			UPOV Karlovac		UPOV Varaždin		UPOV Zagreb	
Izgled uzorka:			tamno		svijetli		smeđi	
			sivi prah		prah		prah	
Kemijski spoj	Metoda	Mjerna jed.	800°C	1000°C	800°C	1000°C	800°C	1000°C
CaO	HRN EN ISO 11885:2010	% mas.	37,64	42,12	54,85	62,40	23,51	27,00
SiO ₂		% mas.	7,94	2,87	8,28	7,04	20,77	25,67
Al ₂ O ₃		% mas.	16,46	11,72	1,37	1,71	7,48	8,50
Fe ₂ O ₃		% mas.	8,21	9,46	0,91	1,01	5,72	7,02
MgO		% mas.	4,23	4,53	1,66	1,44	2,50	3,00
TiO ₂		% mas.	0,76	1,03	0,12	0,15	0,36	0,52
Na ₂ O		% mas.	0,28	0,28	0,19	0,20	0,15	0,15
K ₂ O		% mas.	1,31	1,26	0,62	0,64	0,54	0,57
SO ₃		% mas.	5,83	7,66	9,50	10,67	4,75	5,88
P ₂ O ₅		% mas.	16,02	17,21	10,25	11,98	10,40	11,98
Ostalo	računski	% mas.	1,34	1,87	12,25	2,76	23,82	9,70

Karakteristike pepela dobivenog spaljivanjem mulja:

□ Kemijski sastav (Si, Ca, Fe, Al, P, manji udio teških metala)

Kemijski spoj	Udio u pepelu [%]		
	Raspon vrijednosti (pregled literature)	UPOV Karlovac	UPOV Koprivnica
SO ₃	0.24 – 12.40	5.83 – 7.66	1.15 – 1.40
Fe ₂ O ₃	4.70 – 20.00	8.21 – 9.46	0.31 – 0.40
SiO ₂	17.27 – 50.60	2.87 – 7.94	0.41 – 0.49
CaO	1.93 – 31.30	37.64 – 42.12	92.82 – 93.83
MgO	1.40 – 3.22	4.23 – 4.53	0.71 – 0.77
Al ₂ O ₃	6.32 – 19.09	11.72 – 16.46	0.89 – 1.19
P ₂ O ₅	1.67 – 18.17	16.02 – 17.21	0.80 – 0.83
TiO ₂	0.29 – 1.00	0.76 – 1.03	0.04 – 0.05
Na ₂ O	0.32 – 1.26	0.28	0.03 – 0.04
K ₂ O	0.62 – 2.34	1.26 – 1.31	0.12 – 0.13

RES³UE

HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA:

Mulj generiran kao nusprodukt na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda opravdano je koristiti/reciklirati u betonskoj industriji, na način da se pepeo dobiven spaljivanjem mulja ugrađuje u betonske proizvode kao zamjena udjela cementa.

Beton i betonski elementi s ugrađenim pepelom imat će zadovoljavajuća svojstva u svježem i očvrslom stanju.



RES³UE

CILJEVI PROJEKTA RESCUE:

- ❑ doprinos povećanju stupnja održivog gospodarenja otpadom u Hrvatskoj
- ❑ istraživanje mogućnosti i opravdanosti korištenja mulja s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u pripremi inovativnih građevnih proizvoda u betonskoj industriji,
- ❑ ispitivanje utjecaja različitih faktora pri spaljivanju mulja na svojstva pepela (karakteristike mulja, temperatura i način spaljivanja, dodatci drugih materijala i aditiva)
- ❑ ispitivanje utjecaja različitih faktora u proizvodnji cementnog morta i betona radi poboljšanja njihovih svojstava (udio pepela, vodocementni omjer, dodatci aditiva)



RES³UE

PROJEKTNI TIM

prof.dr.sc. Nina Štirmer

doc. dr.sc. Marijana Serdar

prof.dr.sc. Davor Malus

doc.dr.sc. Dražen Vouk

prof.emer.dr.sc. Stanislav Tedeschi

Domagoj Nakić, mag.ing.aedif.

doc.dr.sc. Ana Baričević

prof. Christopher Cheeseman, PhD

doc.dr.sc. Mario Šiljeg

dr.sc. Lidija Valek Žulj

Imperial College
London



RESUE

DODATNI SURADNICI KOJI SU POMOGLI REALIZIRATI PROJEKT

Shane Donatello, PhD, *Institute for Prospective Technological Studies,
Joint Research Centre, European Commission*

Martin Cyr, Prof.PhD, *University of Toulouse, France*

Isabelle Leblanc, OTV-MSE Toulouse, France

Suzana Hozmec, dipl.ing.građ., *Beton Lučko d.o.o., Lučko*

Zvezdana Matuzić, ing.građ., *Građevinski fakultet – Sveučilište u Zagrebu*

Miro Matuzić, ing., *Građevinski fakultet – Sveučilište u Zagrebu*

Aleksandra Anić Vučinić, izv.prof.dr.sc., *Geotehnički fakultet Varaždin –
Sveučilište u Zagrebu*

Ivana Melnjak, mag.ing.geoing., *Geotehnički fakultet Varaždin –
Sveučilište u Zagrebu*

Vilko Mandić, dr.sc., *Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije –
Sveučilište u Zagrebu*

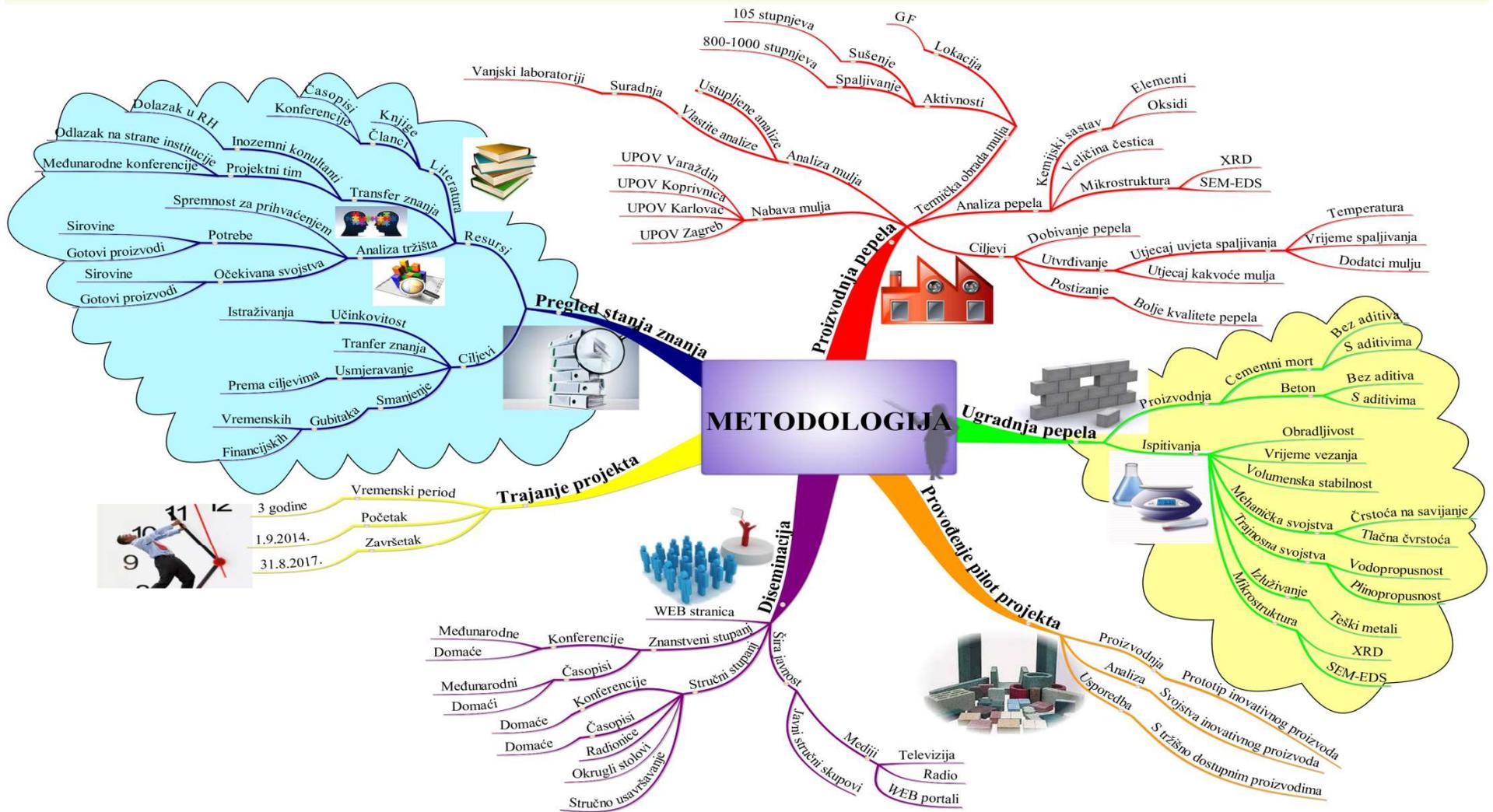
Amir Đenđo, dipl.ing.stroj., *Estherm d.o.o., Sveta Nedelja*

Zdenko Tadić, dipl.ing.građ., *Hidroing d.o.o., Osijek*

Branimir Barač, mag.ing.aedif., *Hidroing d.o.o., Osijek*



RESUE



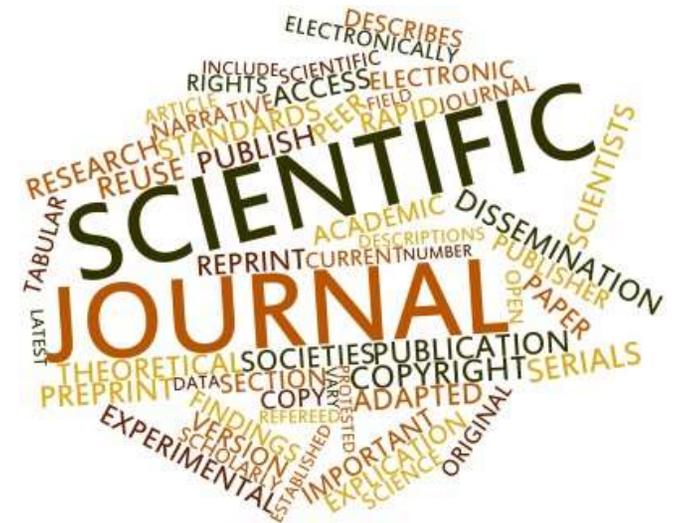
RES^{UE}

OBJAVLJENI ZNANSTVENI RADOV I U ČASOPISIMA:

USE OF SEWAGE SLUDGE ASH IN CEMENTITIOUS MATERIALS, *Reviews on advanced materials science* (Q2)

EFFECT OF LIME ADDITION DURING SEWAGE SLUDGE TREATMENT ON CHARACTERISTICS OF RESULTING SSA WHEN IT IS USED IN CEMENTITIOUS MATERIALS, *Water science and technology* (Q2)

UPORABA PEPELA DOBIVENOG SPALJIVANJEM MULJA U PROIZVODNJI CEMENTNOG MORTA: PILOT PROJEKT U HRVATSKOJ, *Tehnički vjesnik* : znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku (Q2)



RESUE

ZNANSTVENI RADOVI U POSTUPKU RECENZIJE ZA OBJAVU U ČASOPISIMA:

MANAGEMENT OF SEWAGE SLUDGE - NEW INSIGHT INTO VALORISATION AS SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIAL, *Građevinar* : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera

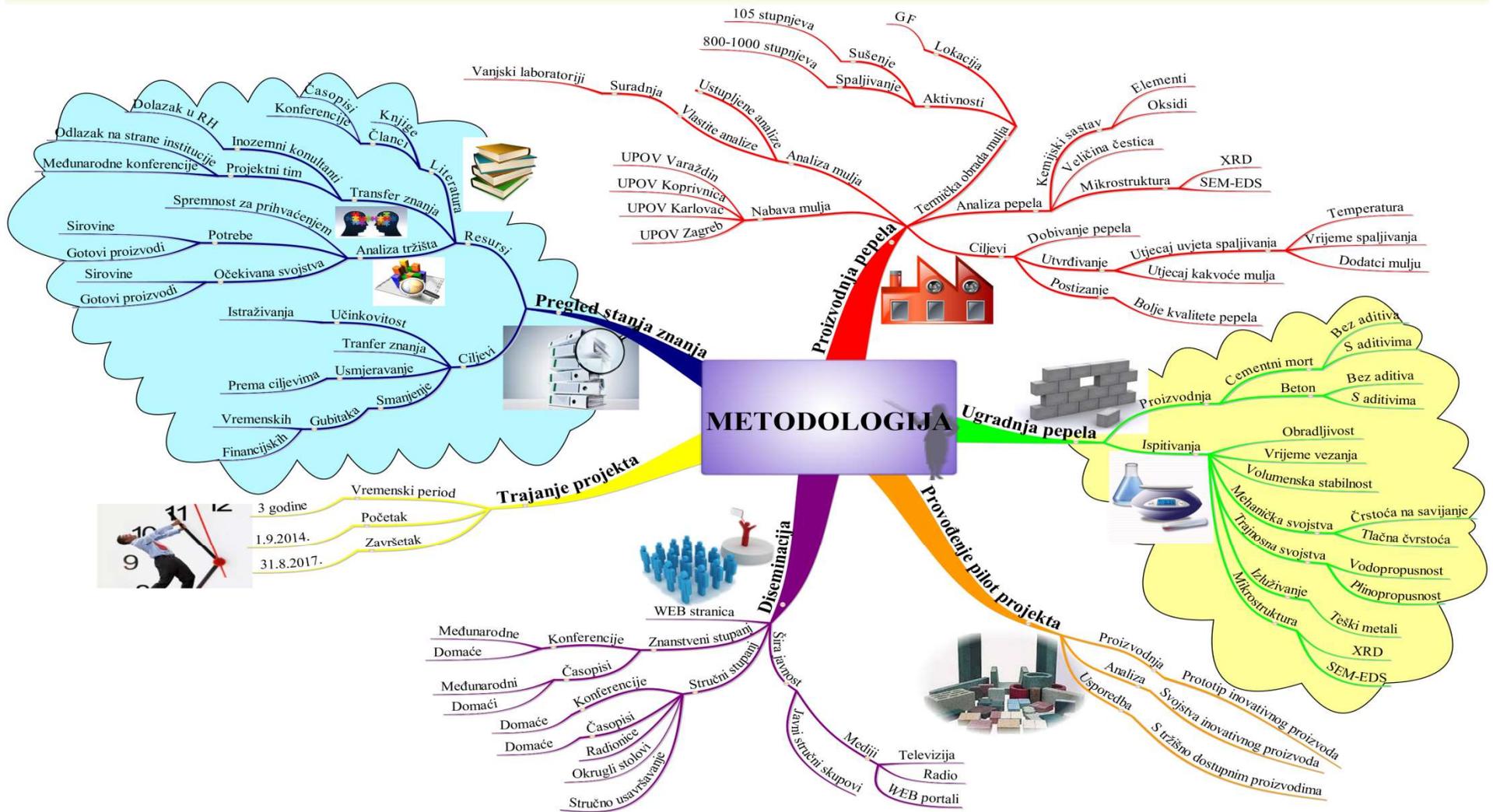
INFLUENCE OF COMBUSTION TEMPERATURE ON THE PERFORMANCE OF SEWAGE SLUDGE ASH AS A SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIAL, *Journal of Material Cycles and Waste Management* (Q2)

USE OF MID-MIX® TREATED SEWAGE SLUDGE IN CEMENT MORTARS AND CONCRETE, *European Journal of Environmental and Civil Engineering* (Q2)

PILOT PROJEKT – RECIKLIRANJE MULJA S UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U BETONSKIM PROIZVODIMA S PRIMJENOM U VODNOM GOSPODARSTVU, *Hrvatske vode* : časopis za vodno gospodarstvo



RESUE



RESCUE doprinosi povećanju stupnja održivog gospodarenja otpadom u Hrvatskoj



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Kačićeva 26
10000 Zagreb

Voditelj projekta:
doc.dr. sc. Dražen Vouk
Tel. +385 1 4639 213
Fax. +385 4639 238
Email: dvouk@grad.hr

Projekt financiran od:



Medijski prati:

Webgradnja.hr

RECIKLIRANJE KOMUNALNOG MULJA U BETONSKOJ INDUSTRIJI – OD MIKROSTRUKTURE DO INOVATIVNIH GRAĐEVNIH PROIZVODA

Projektom RESCUE istražuje se mogućnost i opravdanost ponovne upotrebe mulja s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u betonskoj industriji. Konkretno, ispituje se ugradnja pepela, dobivenog spaljivanjem mulja, u cementni mort i beton. Cilj istraživanja je ispitivanje utjecaja različitih faktora poput temperature spaljivanja mulja, različitih vrijednosti vodocementnih omjera, ugradnje različitih udjela pepela kao zamjene za cement, dodatka drugih materijala i kemijskih dodataka u svrhu postizanja zadovoljavajućih svojstava cementnog morta i betona s ugrađenim pepelom i njihovog eventualnog poboljšanja, uz smanjeno korištenje prirodnih resursa.



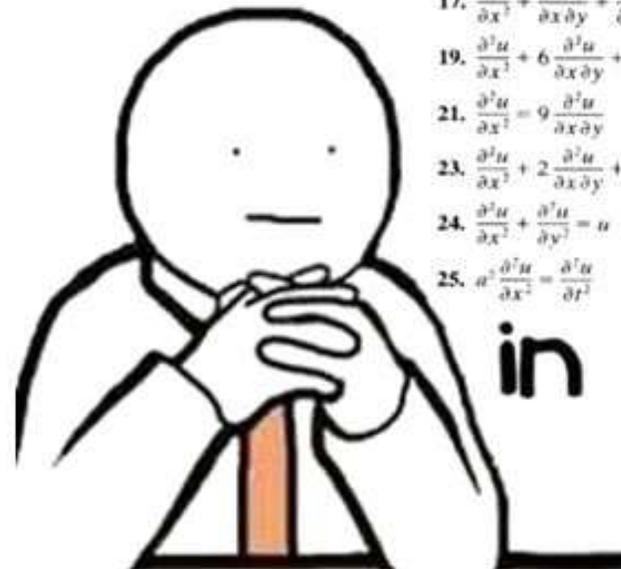
3. radionica - KORIŠTENJE MULJA S UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U BETONSKOJ INDUSTRIJI

RESUE

PRIMJENA REZULTATA ISTRAŽIVANJA U PRAKSI:

- ❑ Zaokruženje cjelovitog rješavanja problema pročišćavanja otpadnih voda.
- ❑ Uspostava primjera kontinuiranog lanca „od otpada do proizvoda“..
- ❑ Preusmjeravanje ostalih vrsta otpada s odlagališta u inovativne građevinske proizvode s dodanom vrijednosti.

I'm still waiting for the day that I will actually use



$$17. \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

$$18. 3 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 5 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

$$19. \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 6 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 9 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

$$20. \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - 3 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

$$21. \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 9 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}$$

$$22. \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + 2 \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

$$23. \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial u}{\partial x} - 6 \frac{\partial u}{\partial y} = 0$$

$$24. \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = u$$

$$25. a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

$$26. k \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial u}{\partial t}, \quad k > 0$$

in real life

TVRTKE KOJE SU POMOGLE REALIZIRATI PROJEKT **RESUE**



KOOPERANTI U REALIZACIJI PROJEKTA **RESUE**



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog
inženjerstva i tehnologije



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET



Sveučilište u Zagrebu / University of Zagreb
Tekstilno-tehnološki fakultet
Faculty of Textile Technology

