

---

**RESUE**

# Zbrinjavanje mulja s UPOV-a: Dosadašnja praksa u EU i Hrvatskoj

**doc.dr.sc. Dražen Vouk, dipl.ing.grad.**

**Osiguranje adekvatnog gospodarenja vodama  
jedan je od temeljnih preduvjeta održivog  
razvoja svakog područja.**

**Adekvatno zbrinjavanje otpadnih voda  
svrstava se u prioritetne aktivnosti adekvatnog  
gospodarenja vodama.**

**Ulaskom Hrvatske u EU, na snagu je stupila  
Direktiva 91/271/EEC, prema kojoj se zahtjeva  
prikljicanje i pročišćavanje otpadnih voda u  
svim aglomeracijama većim od 2000  
ekvivalent stanovnika.**

**Do 2021. godine u Hrvatskoj će u pogonu biti  
uređaja za pročišćavanje ukupnog opterećenja  
oko 4.300.000 ES.**



**Pri zbrinjavanju otpadnih voda kao nusprodukt svakog tehnološkog rješenja javlja se mulj (0,5 kg mulja / m<sup>3</sup> otpadne vode).**

**Mulj predstavlja neopasni 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.**



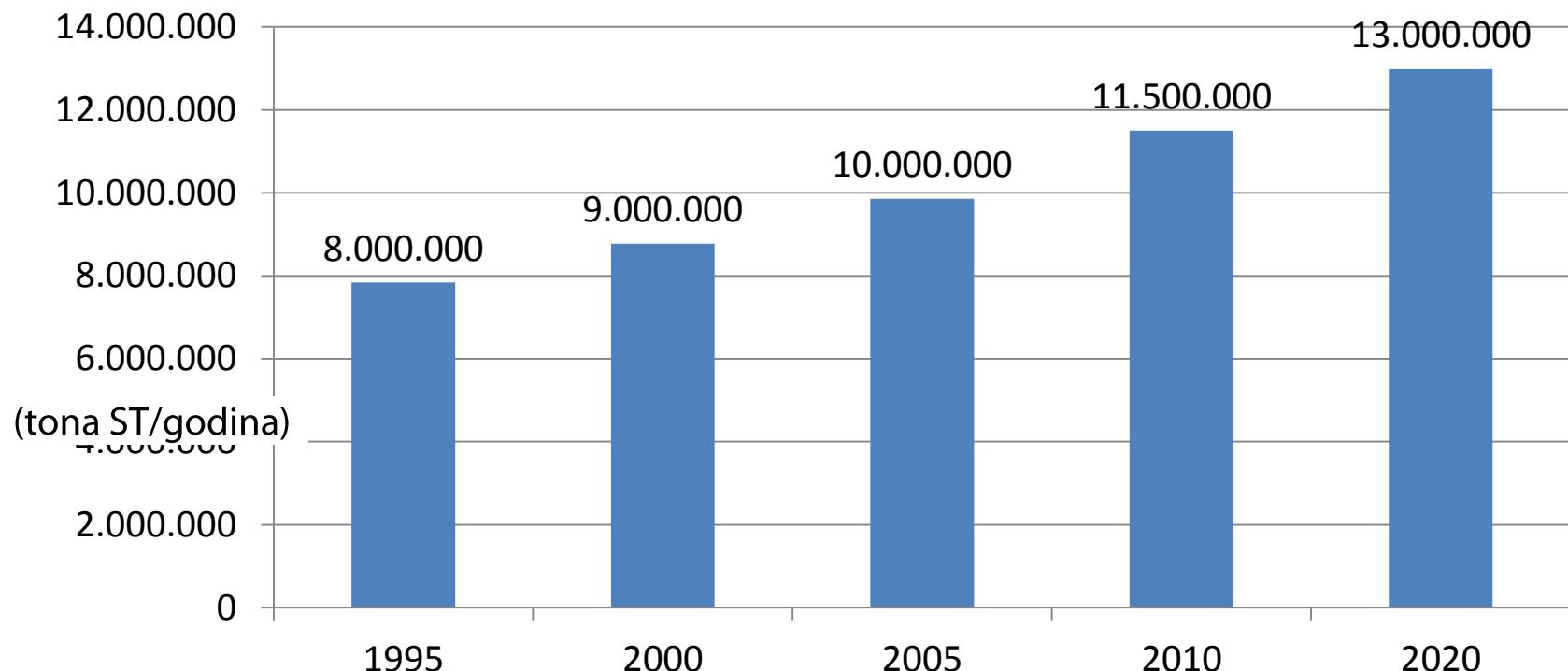
**Projektanti, konzultanti, voditelji projekata, isporučitelji vodnih usluga, lokalne vlasti, nadležna tijela državne uprave pa čak i izrađivači studija o utjecaju na okoliš, čak i danas ne znaju gdje će se mulj konačno odložiti, koja obilježja bi trebao imati i koliko košta njegovo konačno odlaganje.**



**Troškovi obrade i konačnog odlaganja mulja nisu zanemarivi te kod uređaja veličine od oko 5.000 do 200.000 ES, iznose približno 50% ukupnih troškova poslovanja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.**



**Količine mulja kao nusprodukta pročišćavanja otpadnih voda konstantno se povećavaju, na svjetskoj razini.**



**Slika: Kretanje godišnje proizvodnje mulja u 27 zemalja Europske Unije**

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



## ČINJENICE :

- Izrađene dviie studiiske analize o zbrinjavanju mulja od strane inozemnih konzultanata.**
  
- Nije poznato da ie i u jednom konkretnom projektu (studiiskoi 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.**
  
- Dovolina ie konstataciia da će se muli odložiti na odaovarajuće mjesto od strane ovlaštene osobe, a u pojedinim slučajevima može se pokazati da će zadovoljiti i primjenu u poljoprivredi.**



## 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**

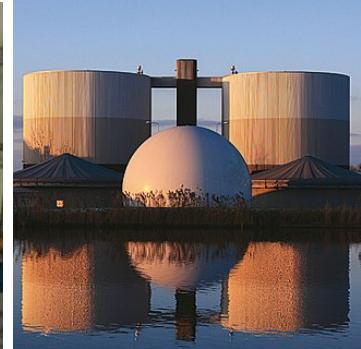


**Tri su osnovna postupka obrade mulja:**

- Zgušnjavanje
- Stabilizacija
- Dehidracija

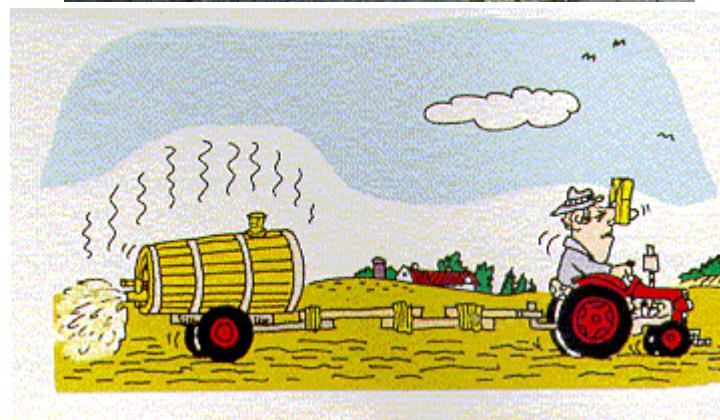
**Dodatni postupci obrade mulja:**

- poboljšanje svojstava,
- sušenje,
- solidifikacija,
- spaljivanje,
- piroliza,
- uplinjavanje,
- kompostiranje,
- ozemljavanje.



## Potencijalna rješenja:

- Odlaganje obrađenog mulja na odlagališta**
- Odlaganie mulja/komposta na tlo na poljoprivredne površine**
- Odlaganie mulja/komposta na tlo na nepoljoprivredne površine (hortikultura i krajobrazje)**
- Odlaganie pepela (dobivenoa u postupku spaljivania mulja u monospaljionicama, pirolize ili plinofikaciie) na posebno uređena odlagališta neopasnog otpada**
- Korištenie/recikliranie mulja i/ili pepela (dobivenoa u postupku spaljivania mulja u monospaljionicama, pirolize ili plinofikacije) u građevinarstvu i poljoprivredi**



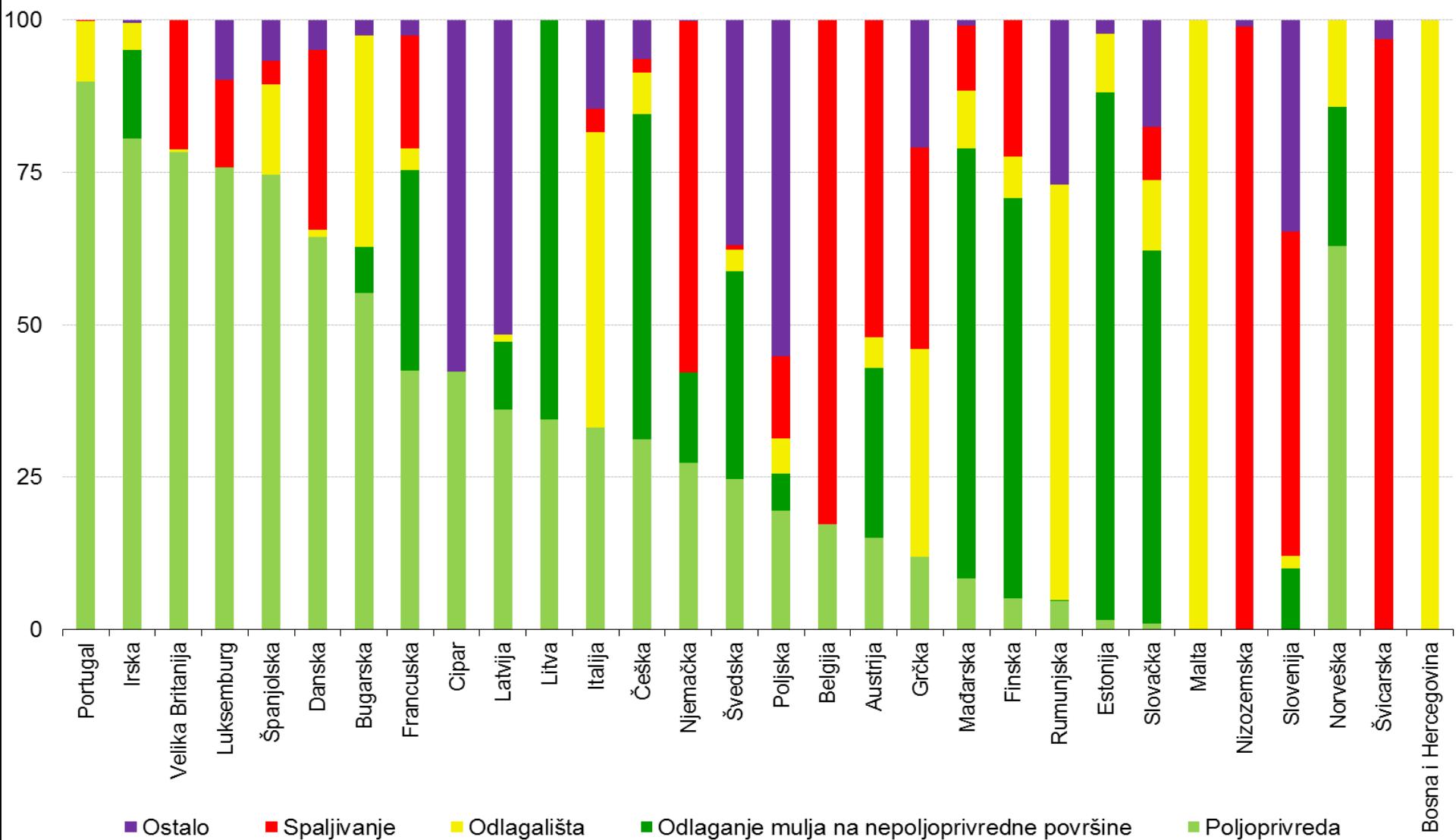
## Potencijalna rješenja:

- Suspaliivanje mulja s gradskim komunalnim otpadom**
- Suspaliivanje mulja u cementarama ili termoelektranama**
- Odvoz dehidriranog ili osušenog mulja izvan granica Hrvatske**
- Odvoz komposta izvan granica Hrvatske**
- Odvoz pepela (dobivenog u postupku spaliivanja mulja u monospalionicama, pirolize ili plinofikacije) izvan granica Hrvatske**

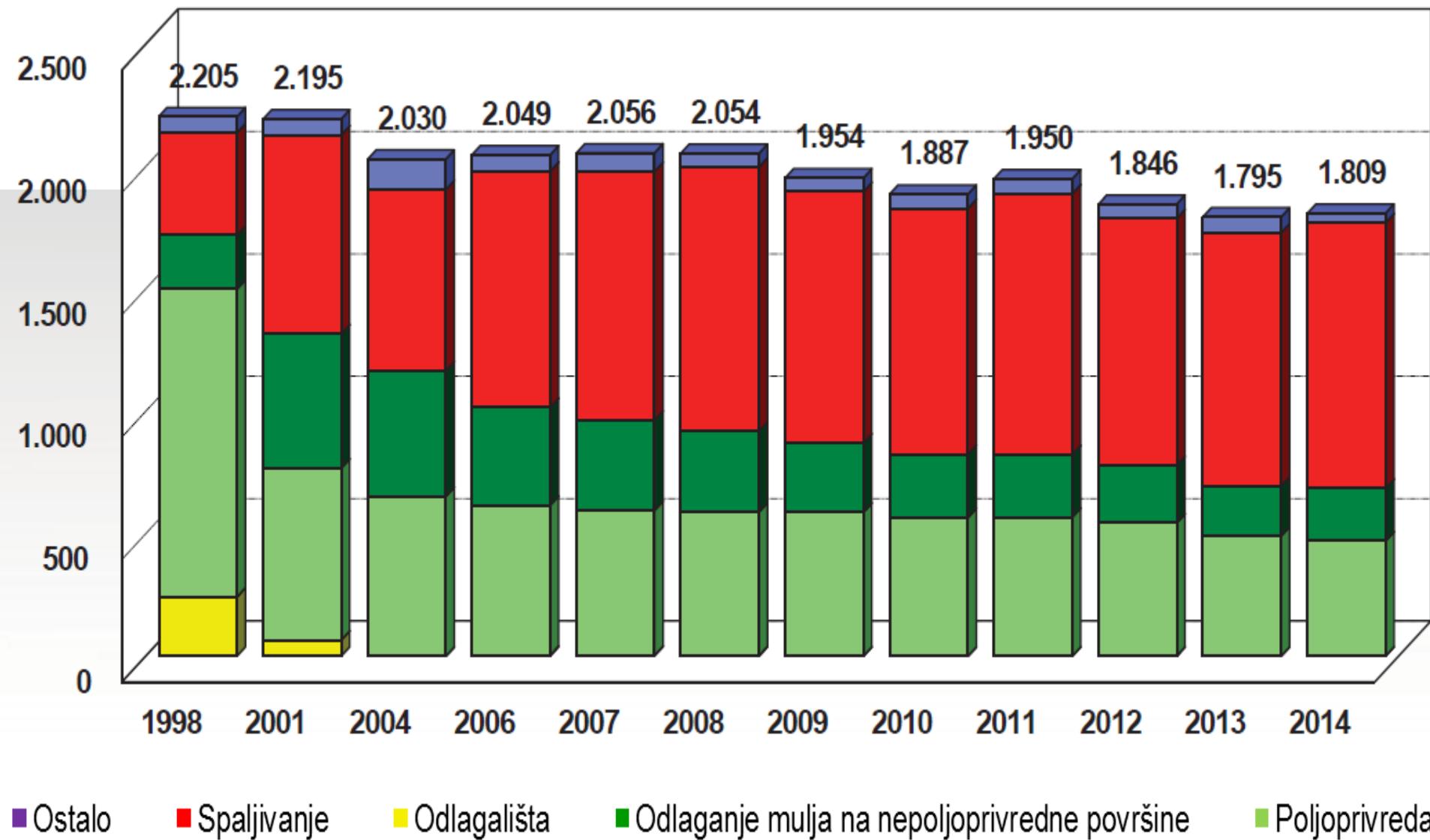




# EU PRAKSA



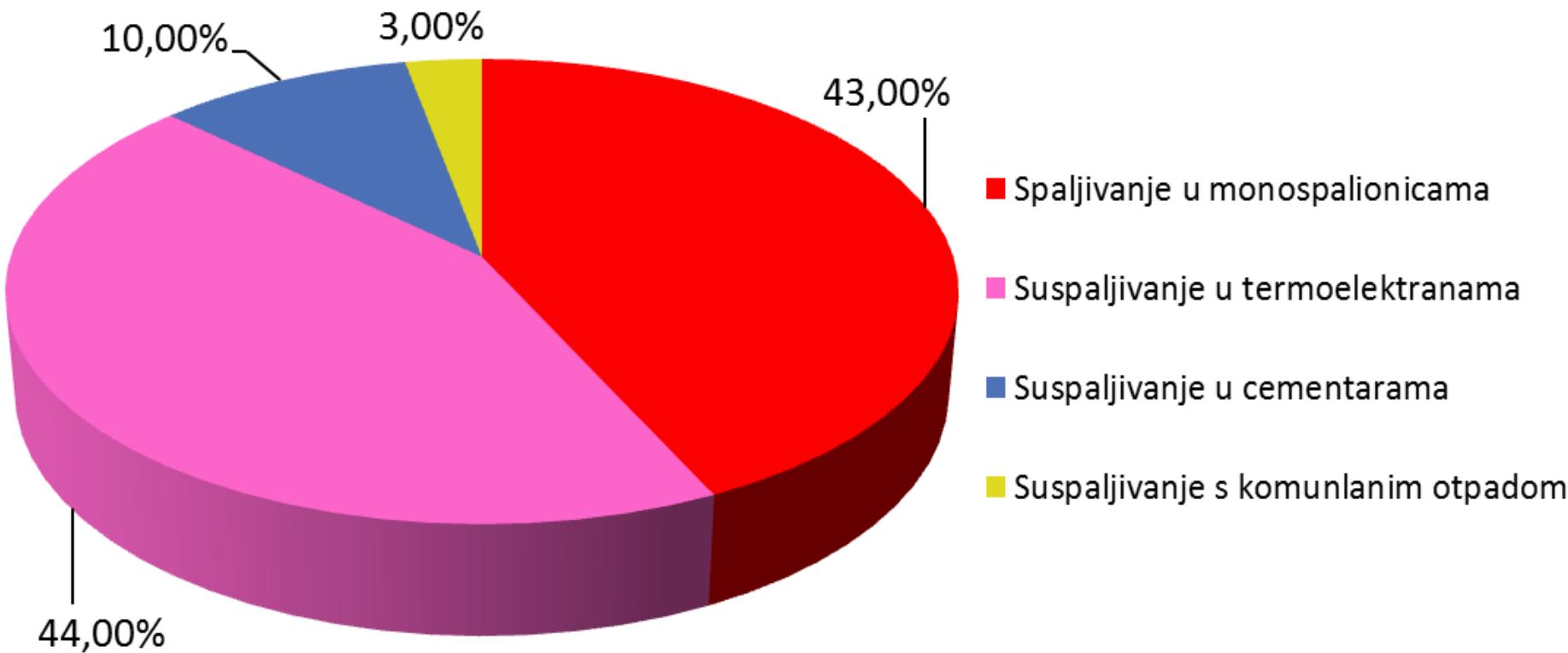
Zbrinjavanje mulja u europskim zemljama (EUROSTAT, 2013)



Zbrinjavanje mulja u Njemačkoj (Schmelz, 2016)

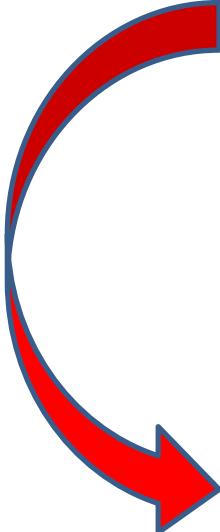
## Zbrinjavanje pepela u Njemačkoj:

- 37% - zabuniavanje rovova i bušotina nastalih rudarenjem**
- 29% - odlaganje na uređena odlagališta**
- 29% - korištenje u građevinarstvu (izgradnja prometnica)**
- 5% - korištenje u poljoprivredi**



**Termička obrada mulja u Njemačkoj (Mecklenburg-Vorpommern, 2013)**

## OGRANIČENOST FOSFORA KAO RESURSA NA ZEMLJI



## IZDVAJANJE FOSFORA IZ MULJA



## Izdvajanje fosfora iz mulja s UPOV-a:

- može se izdvajati iz mulja (dehidriranog i osušenog) i iz pepela dobivenog spaljivanjem mulja
- razvijene su različite tehnologije izdvajanja fosfora iz mulja
- ekonomski još uvek neopravdana praksa (10 – 30 puta skuplje u odnosu na cijenu fosfora dobivenog iz rude)
- pojedine EU zemlje pokušavaju uvesti zakonsku obvezu izdvajanja fosfora iz mulja (Njemačka, Švedska)



## Stanje u Njemačkoj

### Nacrt Pravilnika o zbrinjavanju otpadnog mulja

- od 2026. zabraniti odlaganje mulja s UPOV-a većih od 10.000ES u poljoprivredi
- uvođenje obveze izdvajanja fosfora iz mulja s UPOV-a većih od 10.000ES
- možućnost zbrinjavanja pepela dobivenog s balištanjem mulja u poljoprivredi bez prethodnog izdvajanja fosfora
- od 2035. zabraniti odlaganje pepela na odlagališta



**Zbriniavanje mulia u polioprivredi ostaje kliučni pravac u ukupnoj strategiji zbrinjavanja u velikom broju zemalja EU.**

**Zbriniavanje mulia u polioprivredi postupno postaje sve teže kao opcija zbog poslovne ekonomije i javne percepcije.**

**Uvođenje uporabe mulia u polioprivredu zahtjeva znatan trud i troškove razvoja, administracije i regulacije.**



## Obrada mulja:

- usobišno se koriste sva tri osnovna postupka obrade mulja – zgušnjavanje, stabilizacija i dehidracija,**
  
- na nekoliko UPOV-a koriste se polja za sušenje mulja,**
  
- na jednom UPOV-u (Koprivnica) koristi se postupak solidifikacije mulja uz dobivanje osušenog mulja s oko 90% suhe tvari,**
  
- sušenie mulia (stroino ili solarno). spalivanie mulia u monospalionicama, piroliza i plinofikacija do danas nisu primjenjeni,**
  
- zanemarivo male količine mulja suspaljivane su u cementarama,**
  
- zanemarivo male količine mulja se kompostiraju,**
  
- polia za ozemliavanje mulja su u postupku projektiranja i gradnje (npr. Čakovec).**

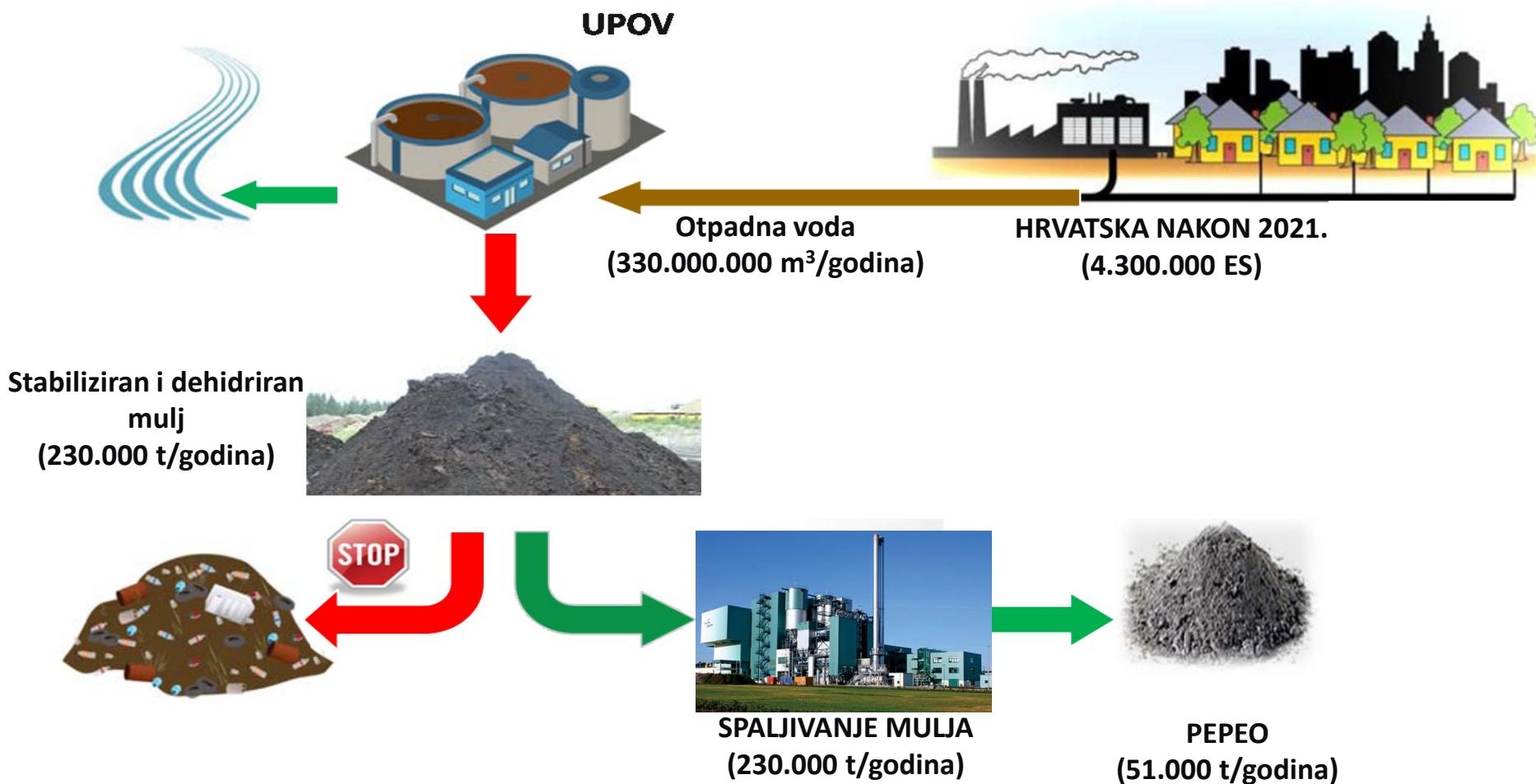


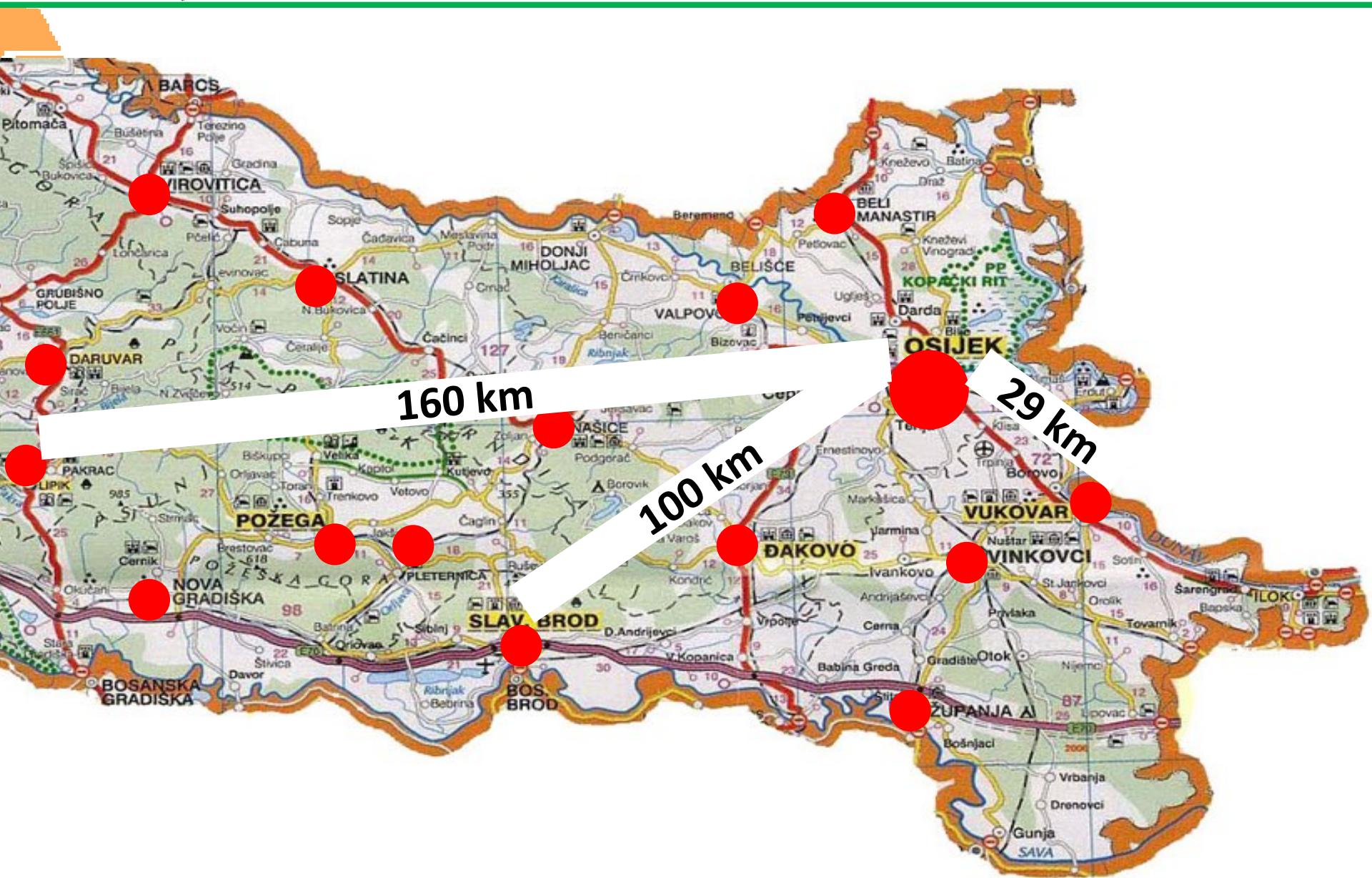
## Zbrinjavanje mulja:

- zbrinjavanju mulja u Hrvatskoj do danas se može ocijeniti individualnim,**
- mulj se odlaže na odlagalištima krutog otpada,**
- značajne količine se privremeno (uz zakonski nedopustiv vremenski period) odlažu uz same UPOVE,**
- vrlo mali dio koristi se u poljoprivredi (ograničeno je na maksimalno 1.66 tona suhe tvari mulja po hektaru poljoprivrednog zemljišta godišnje),**
- za određeni dio se ne može sa sigurnošću utvrditi gdje i kako završava,**
- zbrinjavanje mulja na tlo na nepoljoprivredne površine do danas se službeno ne provodi u Hrvatskoj, te ne postoji iskustva u praksi.**



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





**Obuhvaćeni UPOV-i veći od 10.000ES.**

**Grad Osijek je odabran kao regionalni centar u slučaju izgradnje monospalionice mulja ili centralnog pogona za solarno sušenje mulja.**



## ISPLATIVOST IZGRADNJE POGONA ZA SOLARNO SUŠENJE MULJA

### (središnja i istočna Hrvatska)

Kapacitet UPOV		23 %ST	33 %ST
Dovoz sa	Dovoz na	km	km
10.000	170.000	50	80
20.000	170.000	20	40
30.000	170.000	20	35
40.000	170.000	0	0



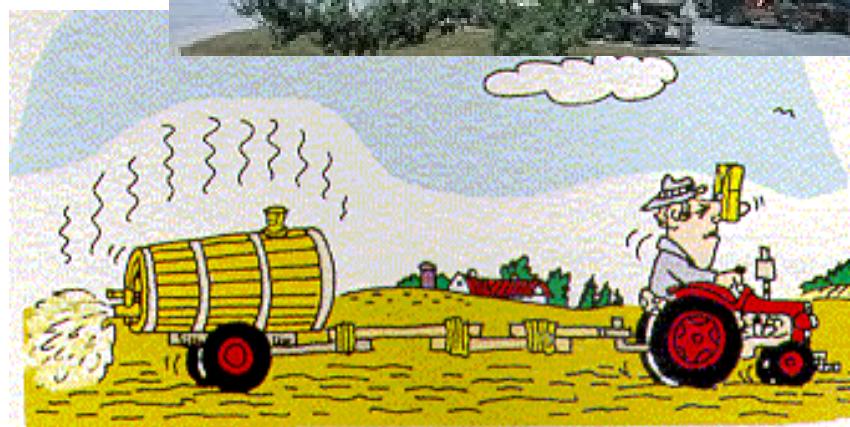
Kapacitet UPOV		23 %ST	33 %ST
Dovoz sa	Dovoz na	km	km
10.000	50.000	45	80
20.000	50.000	20	35
30.000	50.000	15	25
40.000	50.000	0	0

Aglomeracija	ES	Proizvodnja mulja	Proizvodnja ocijedenog mulja			Proizvodnja pepela
			23 % ST	33 % ST	75 % ST	
		t ST/godina	t/godina			t/godina
Osijek	170.000	3.618	14.468	10.084	4.437	1646
Beli Manastir	16.000	341	1.362	949	418	155
Belišće	244.000	5.193	20.766	14.473	6.368	2363
Našice	20.000	426	1.702	1.186	522	194
Slatina	34.000	724	2.894	2.017	887	329
Virovitica	25.000	532	2.128	1.483	652	242
Vukovar	41.000	873	3.489	2.432	1.070	397
Vinkovci	63.000	1.341	5.362	3.737	1.644	610
Đakovo	35.000	745	2.979	2.076	913	339
Županja	17.000	362	1.447	1.008	444	165
Slavonski Brod	80.000	1.703	6.808	4.745	2.088	775
Požega	67.000	1.426	5.702	3.974	1.749	649
Nova Gradiška	30.000	638	2.553	1.779	783	291
Daruvar	30.000	638	2.553	1.779	783	291
Pleternica	15.000	319	1.277	890	391	145
Lipik-Pakrac	20.000	426	1.702	1.186	522	194
<b>UKUPNO</b>	<b>907.000</b>	<b>19.303</b>	<b>77.191</b>	<b>53.800</b>	<b>23.672</b>	<b>8.783</b>

Aglomeracija	ES	Proizvodnja mulja	Proizvodnja ocijeđenog mulja			Proizvodnja pepela
			23 % ST	33 % ST	75 % ST	
		t ST/godina	t/godina		t/godina	
Osijek	170.000	3.618	14.468	10.084	4.437	1646
Beli Manastir	16.000	341	1.362	949	418	155
Belišće	244.000	5.193	20.766	14.473	6.368	2363
Našice	20.000	426	1.702	1.186	522	194
Slatina	34.000	724	2.894	2.017	887	329
Virovitica	25.000	532	2.128	1.483	652	242
Vukovar	41.000	873	3.489	2.432	1.070	397
Vinkovci	63.000	1.341	5.362	3.737	1.644	610
Đakovo	35.000	745	2.979	2.076	913	339
Županja	17.000	362	1.447	1.008	444	165
Slavonski Brod	80.000	1.703	6.808	4.745	2.088	775
Požega	67.000	1.426	5.702	3.974	1.749	649
Nova Gradiška	30.000	638	2.553	1.779	783	291
Daruvar	30.000	638	2.553	1.779	783	291
Pleternica	15.000	319	1.277	890	391	145
Lipik-Pakrac	20.000	426	1.702	1.186	522	194
<b>UKUPNO</b>	<b>907.000</b>	<b>19.303</b>	<b>77.191</b>	<b>53.800</b>	<b>23.672</b>	<b>8.783</b>

## VARIJANTE ZBRINJAVANJA MULJA:

- Spaljivanje u monospalionici Osijek**
- Suspaljivanje u cementari Našice**
- Poljoprivreda**
- Odvoz izvan granica RH**



Aglomeracija	Trošak izgradnje pogona za solarno sušenje		Regionalni centar	Udaljenost od regionalnog centra	Trošak cestovnog prijevoza		UKUPNI TROŠAK
	s amort.	s amort.			€/t km	€/god	
	€/tST	€/god		km	€/t km	€/god	
Osijek	46	165.345	Osijek	0	0	0	165.345
Beli Manastir	86	29.421		36	0,375	5.637	35.058
Belišće	40	206.680		28	0,425	75.782	282.462
Našice	66	27.965		62	0,3	9.709	37.674
Slatina	58	41.752		106	0,3	28.218	69.970
Virovitica	58	30.700		142	0,3	27.796	58.496
Vukovar	47	41.186		29	0,425	13.189	54.375
Vinkovci	47	63.286		42	0,35	24.170	87.456
Đakovo	58	42.980		56	0,325	16.625	59.605
Županja	86	31.260		70	0,3	9.317	40.577
Slavonski Brod	45	77.128		99	0,3	62.012	139.140
Požega	47	67.304		109	0,3	57.181	124.485
Nova Gradiška	58	36.840		153	0,3	35.939	72.779
Daruvar	58	36.840		156	0,3	36.643	73.483
Pleternica	86	27.582		111	0,3	13.037	40.619
Lipik-Pakrac	66	27.965		162	0,3	25.368	53.333

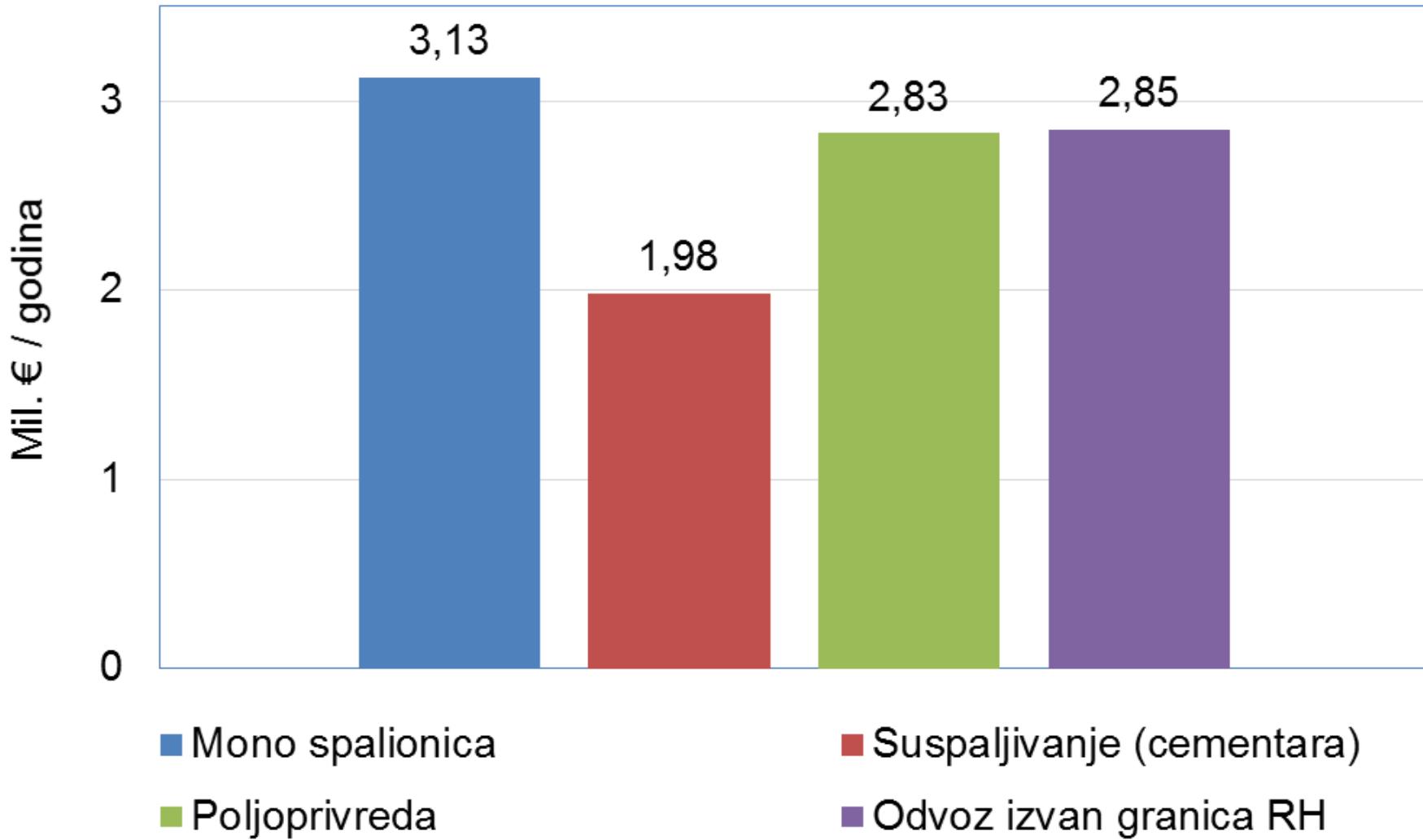


Aglomeracija	Trošak solarnog sušenja i prijevoza mulja do spalionice	Udaljenost od regionalne cementare	Trošak cestovnog prijevoza		Premija cementari		UKUPAN TROŠAK
	€/godina	km	€/t·km	€/godina	€/t	€/godina	€/godina
Osijek	165.345	62	0,3	82.526	25	110.922	358.792
Beli Manastir	29.421	64	0,3	8.018	25	10.440	47.878
Belišće	206.680	40	0,375	95.523	25	159.205	461.408
Našice	27.965	0	0	0	25	13.050	41.015
Slatina	41.752	44	0,35	13.666	25	22.184	77.602
Virovitica	30.700	76	0,3	14.877	25	16.312	61.889
Vukovar	41.186	86	0,3	27.608	25	26.752	95.546
Vinkovci	63.286	79	0,3	38.969	25	41.106	143.361
Đakovo	42.980	35	0,4	12.789	25	22.837	78.606
Županja	31.260	95	0,3	12.645	25	11.092	54.997
Slavonski Brod	77.128	54	0,325	36.643	25	52.198	165.970
Požega	67.304	46	0,35	28.153	25	43.716	139.173
Nova Gradiška	36.840	88	0,3	20.671	25	19.574	77.085
Daruvar	36.840	97	0,3	22.785	25	19.574	79.199
Pleternica	27.582	40	0,375	5.872	25	9.787	43.242
Lipik-Pakrac	27.965	99	0,3	15.503	25	13.050	56.518

Aglomeracija	Trošak prijevoza kod zbrinjavanja mulja u poljoprivredi		Trošak uzorkovanja i analiza kod zbrinjavanja mulja u poljoprivredi	Transakcijski troškovi kod zbrinjavanja mulja u poljoprivredi	Trošak premije za poljoprivrednike kod zbrinjavanja mulja u poljoprivredi	Ukupni trošak zbrinjavanja u poljoprivredi
	€/t < 10 km	€/t 30-40 km	€/godina	€/t	€/t	€/godina
Osijek	5	20	314.770	4	5	455.943
Beli Manastir	5	20	30.306	4	5	43.593
Belišće	5	20	451.787	4	5	654.412
Našice	5	20	37.883	4	5	54.492
Slatina	5	20	64.401	4	5	92.636
Virovitica	5	20	47.354	4	5	68.115
Vukovar	5	20	77.660	4	5	111.708
Vinkovci	5	20	119.332	4	5	171.649
Đakovo	5	20	66.295	4	5	95.360
Županja	5	20	32.201	4	5	46.318
Slavonski Brod	5	20	149.830	4	5	216.264
Požega	5	20	126.908	4	5	182.547
Nova Gradiška	5	20	56.825	4	5	81.737
Daruvar	5	20	56.825	4	5	81.737
Pleternica	5	20	28.412	4	5	40.869
Lipik-Pakrac	5	20	37.883	4	5	54.492

Aglomeracija	Trošak solarnog sušenja i prijevoza mulja do spalionice	Isplata pravnoj osobi koji odvozi i zbrinjava mulj izvan granica Hrvatske	Ukupni trošak odvoza osušenog mulja sa 75%ST	Ukupni trošak odvoza dehidriranog mulja sa 33%ST	Ukupni trošak odvoza dehidriranog mulja sa 23%ST
					€/godina
€/godina	€/t	€/godina	€/godina	€/godina	€/godina
Osijek	165.345	80	520.294	806.703	1.157.443
Beli Manastir	29.421	80	62.828	75.925	108.936
Belišće	206.680	80	716.136	1.157.856	1.661.271
Našice	27.965	80	69.724	94.906	136.170
Slatina	41.752	80	112.742	161.341	231.489
Virovitica	30.700	80	82.899	118.633	170.212
Vukovar	41.186	80	126.791	194.558	279.148
Vinkovci	63.286	80	194.826	298.955	428.935
Đakovo	42.980	80	116.058	166.086	238.297
Županja	31.260	80	66.755	80.670	115.744
Slavonski Brod	77.128	80	244.163	379.625	544.679
Požega	67.304	80	207.196	317.936	456.169
Nova Gradiška	36.840	80	99.478	142.359	204.255
Daruvar	36.840	80	99.478	142.359	204.255
Pleternica	27.582	80	58.901	71.180	102.127
Lipik-Pakrac	27.965	80	69.724	94.906	136.170

## USPOREDBA TROŠKOVA



Obuhvaćeni UPOV-i veći od 10.000ES.

Grad Rijeka je odabran kao regionalni centar u slučaju izgradnje monospalionice mulja.



## Grupacije pogona za solarno sušenje



## VARIJANTE ZBRINJAVANJA MULJA:

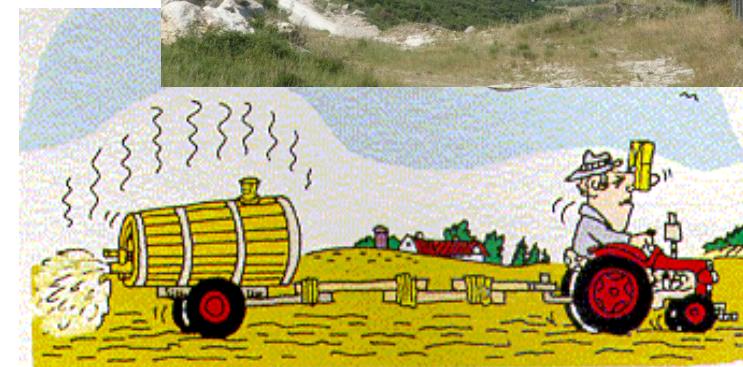
**Spalivanie u monosbalionici Rijeka**  
**(sušenie mulja, odvoz osušenoga mulja, spalivanie po cijeni 80 €/tST, zbrinjavanje pepela po cijeni 40 €/t)**



**Suspaljivanje u cementari Koromačno**  
**(sušenie mulja, odvoz osušenog mulja, premija cementari 25 €/t)**

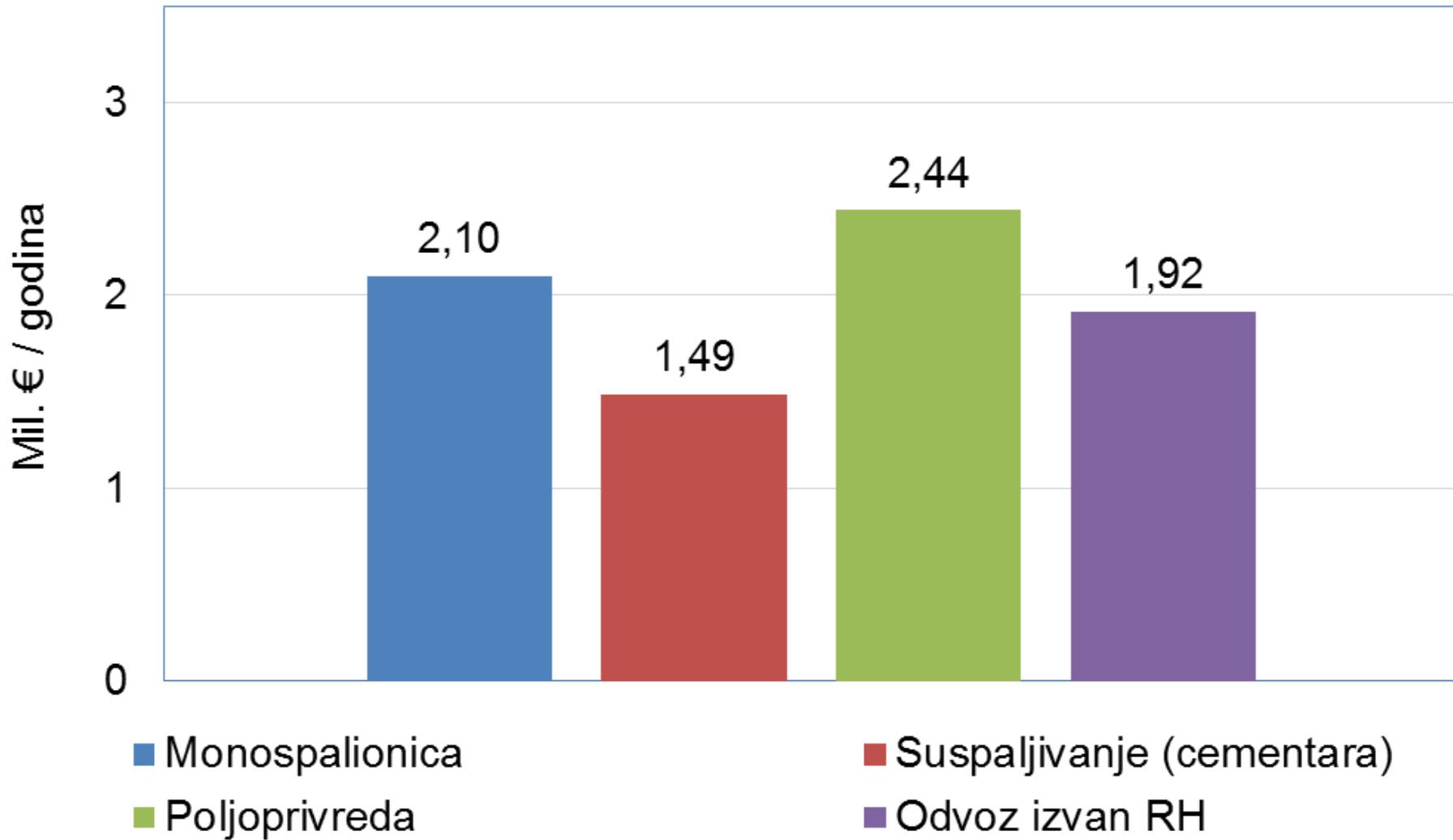


**Poljoprivreda**  
**(sušenje mulja, odvoz osušenog mulja 30 €/t, trošak uzorkovanja i analiza mulja i tla u iznosu 87 €/tST, transakcijski troškovi 4 €/t, trošak premije za poljoprivrednike 5 €/t)**



**Odvoz izvan granica RH**  
**(sušenje mulja, odvoz po cijeni 75 €/t)**

## USPOREDBA TROŠKOVA



# Hvala na pažnji!