



Ana Kranjčev List, prof.,univ.spec.oecoining

# MOGUĆNOSTI PRIMJENE OTPADNOG MULJA KAO OSTATKA TEHNOLOŠKOG PROCESA RECIKLIRANJA PAPIRA

# UVOD

- OTPADNI MULJ IPC-a (*Paper mill sludge* – skrać. PS) – čvrsti ostatak procesa pročišćavanja otpadnih voda industrije celuloze i papira – tehnološki, okolišni i ekonomski problem (volumen, vlaga, organske tvari, teški metali, razgradnja kloriranih spojeva)
  - u EU: 90 mil. t/god papira – 11 mil t/god otpada – 4 mil t mulja
  - mulj – otpad ili sirovina?
- svrha i ciljevi istraživanja:  
iskoristivost/upotrebljivost/mogućnost uporabe otpadnog mulja industrije papira i celuloze (skrać. IPC) primjenom svjetskih iskustava – kao alternativa odlaganju otpadnih muljeva

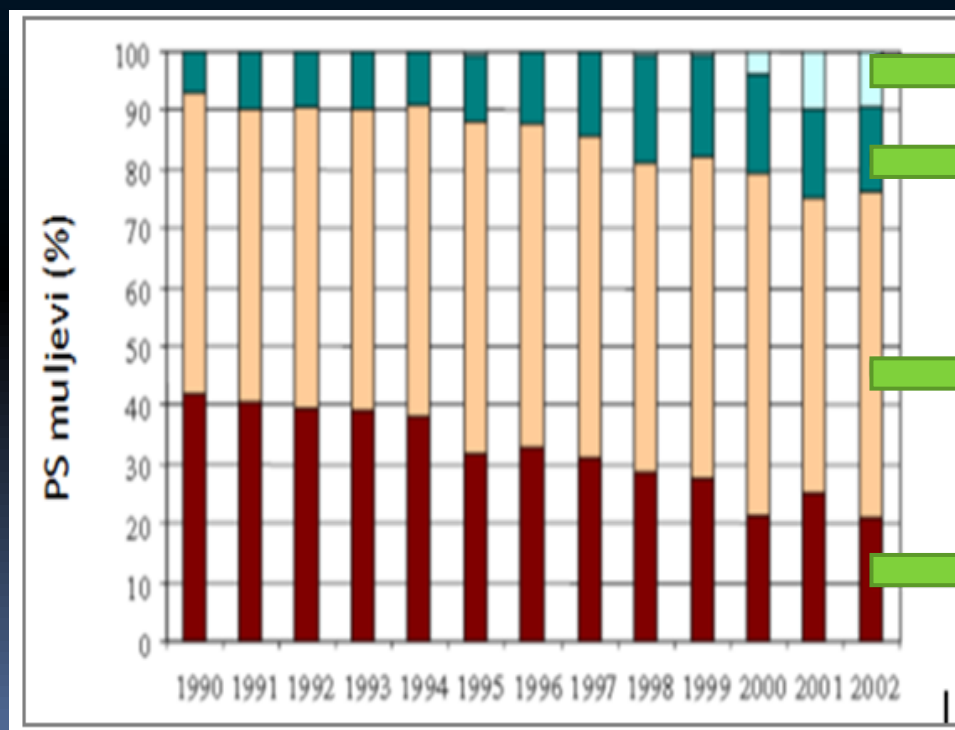
# OPĆI DIO – Zbrinjavanje PS-a kao globalni problem

- mjesta proizvodnje PS-a: primarni i sekundarni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda
- varijabilan sastav PS-a – različiti udjeli mineralnih i organskih tvari u ovisnosti o:
  - vrsti sirovina, vrsti tehnološkog procesa (primarna ili reciklažna IPC), vrsti papira koji se proizvodi, učinkovitosti opreme u glavnom procesu i procesu pročišćavanja otpadnih voda
- nepovoljnost mulja za obradu (neujednačen sastav, velik sadržaj vlage)– nema univerzalne metode upotrebe PS-a
- *deinking* mulj – više anorg.tvari i tvari opasnih svojstava
  - složena mješavina recikliranih celuloznih vlakana, anogr. punila ( $\text{CaCO}_3$ , glina), tinte, kloriranih organskih spojeva, tragova teških metala, 40%  $\text{H}_2\text{O}$ )

# OPĆI DIO / Zbrinjavanje PS-a kao globalni problem

(Monte et al., 2008.)

- dominantna metoda zbrinjavanja – spaljivanje
- postupno ukidanje odlaganja PS-a kao metode u korist okolišno prihvatljivijih metoda
- zakonodavstvo – najveći pokretač promjena




upotreba u drugim industrijama

upotreba na tlu

proizvodnja toplinske i električne energije

odlaganje na odlagališta

- reciklažne industrije – 2–4 x više mulja (*deinking* mulj)
- europska industrija papira i celuloze – 70 % ukupnog otpada proizvede reciklažna industrija
- negativni aspekti odlaganja PS-a na odlagalištima:
  - okolišno najmanje prihvatljivo rješenje (volumen, vlaga, organske tvari, teški metali, spojevi opasnih svojstava, onečišćenje podzemnih voda, tla, zraka)
  - gospodarski neprihvatljivo rješenje – optimizacija i održivost proizvodnog procesa, LCA
  - zakonska ograničenja odlaganja (iskorištavanje potencijala, nužnost predobrade, zabrana odlaganja na odlagališta)  nužnost traženja alternativnog postupanja s otpadom

## Razvoj metodologija primjene otpadnih muljeva

- velik broj istraživanja, radova, патената i stalni razvoj novih metoda – usprkos otežanoj uporabi
- prve opisane primjene PS-a – početkom 40-tih god.

## Primjena PS-a u zakonodavstvu i praksi

- temeljni propisi o otpadu u RH i EU– ne obuhvaćaju PS
- Pravilnik– gospodarenje muljem iz UPOV-a (NN br.38/08)/  
*Sewage Sludge Directive 86/278/EEC*
- Europske direktive – zabrana prihvata otpada s više od 35% biorazgradive komponente na odlagalištima

# Primjena PS-a u Republici Hrvatskoj

- manjak relevantnih informacija o PS-u
- primjena PS-a U RH nije identificirana kao problem!
- otpadni mulj IPC-a skuplja se i zbrinjava kao komunalni otpad odlaganjem na odlagalištima komunalnog otpada
- nema registriranih oporabitelja – nedostupnost tehnologije primjene PS-a u RH

- PS kao pojam/ključni broj – relativno nepoznat u službenim RH statistikama i nacionalnim bazama podataka ROO-a Agencije za zaštitu okoliša
- pogrešna identifikacija otpada/ključnih brojeva – prema načinu zbrinjavanja, umjesto porijeklu otpadnog mulja

	DJELATNOST USLIJED KOJE DOLAZI DO EMISIJE U OKOLIŠ (NKD razred)	DJELATNOST USLIJED KOJE DOLAZI DO EMISIJE U OKOLIŠ (NKD opis)	POSLOVNI SUBJEKT	SJEDIŠTE POSLOV- NOG SUBJEKTA	KLJUČNI BROJEVI OTPADA KOJI SUBJEKT PRIJAVLJUJE	IDENTIFIKA- CIJA MULJA (PS-a)
1.	17.11	Proizvodnja celuloze	Drvenjača d.d.	Fuzine	04 06 00	NE
2.	17.12	Proizvodnja papira i kartona	Belišće d.d.	Belišće	04 06 07, 04 06 99, 01 01 02	NE
3.	17.21	Proizvodnja valovitog papira i kartona te ambalaže od papira i kartona	Jedinstvo-kartonaža d.o.o.	Ivanec	11 04 99	NE
4.	17.21	Proizvodnja valovitog papira i kartona	Valoviti papir Dunapack d.o.o.	Zabok	04 06 07	NE
5.	17.21	Proizvodnja valovitog papira i kartona	Model pakiranja d.d.	Zagreb	04 06 07	NE
6.	17.21	Proizvodnja valovitog papira i kartona	Reklampak d.o.o.	Sv.Križ Začretje	04 06 99	NE
7.	17.21	Proizvodnja valovitog papira i kartona	PAN – papirna industrija – tvornica papira Zagreb d.o.o.	Zagreb	09 02 02, 04 06 07	NE
8.	17.21	Proizvodnja valovitog papira i kartona	HARTMANN, d.o.o.	Koprivnica	03 03 11, 03 03 99	DA
9.	17.21	Proizvodnja valovitog papira i kartona	BILOKALNIK-IPA, industrija papirne ambalaže d.d.	Koprivnica	04 06 07	NE



# Industrijski primjer proizvodnje i zbrinjavanja otpadnog mulja – HARTMANN d.o.o.

- tehnološki proces recikliranja otpadnog papira radi proizvodnje ambalaže – podložaka
- proizvodnja PS-a – 5 flotacijskih pročištača



- dehidratizirani mulj u pločama – 50 % suhe tvari i 60–70 % celuloznih vlakana, ovisno o sastavu ulazne sirovine
- proizvodni proces ne uključuje uklanjanje tinte
- zbrinjavanje dehidratiziranog PS-a (stanje u RH) – na odlagalištu komunalnog otpada

- analiza i ocjena 5 metoda primjene PS-a iz svjetske prakse ovisno o svojstvima mulja, okolišnoj održivosti i dostupnosti tehnologije
- rezultati ocjene primjenjivosti korišteni za izbor adekvatne metode za domaći industrijski primjer IPC – poduzeće HARTMANN d.o.o.
- hipoteza – inovativna metoda upotrebe PS-a za proizvodnju ADSORBENSA HAWSC – kao optimalna i alternativa odlaganju neobrađenog i neiskorištenog PS-a na odlagalištu

# Primjena 1 : otpadni mulj kao HAWSC adsorbens

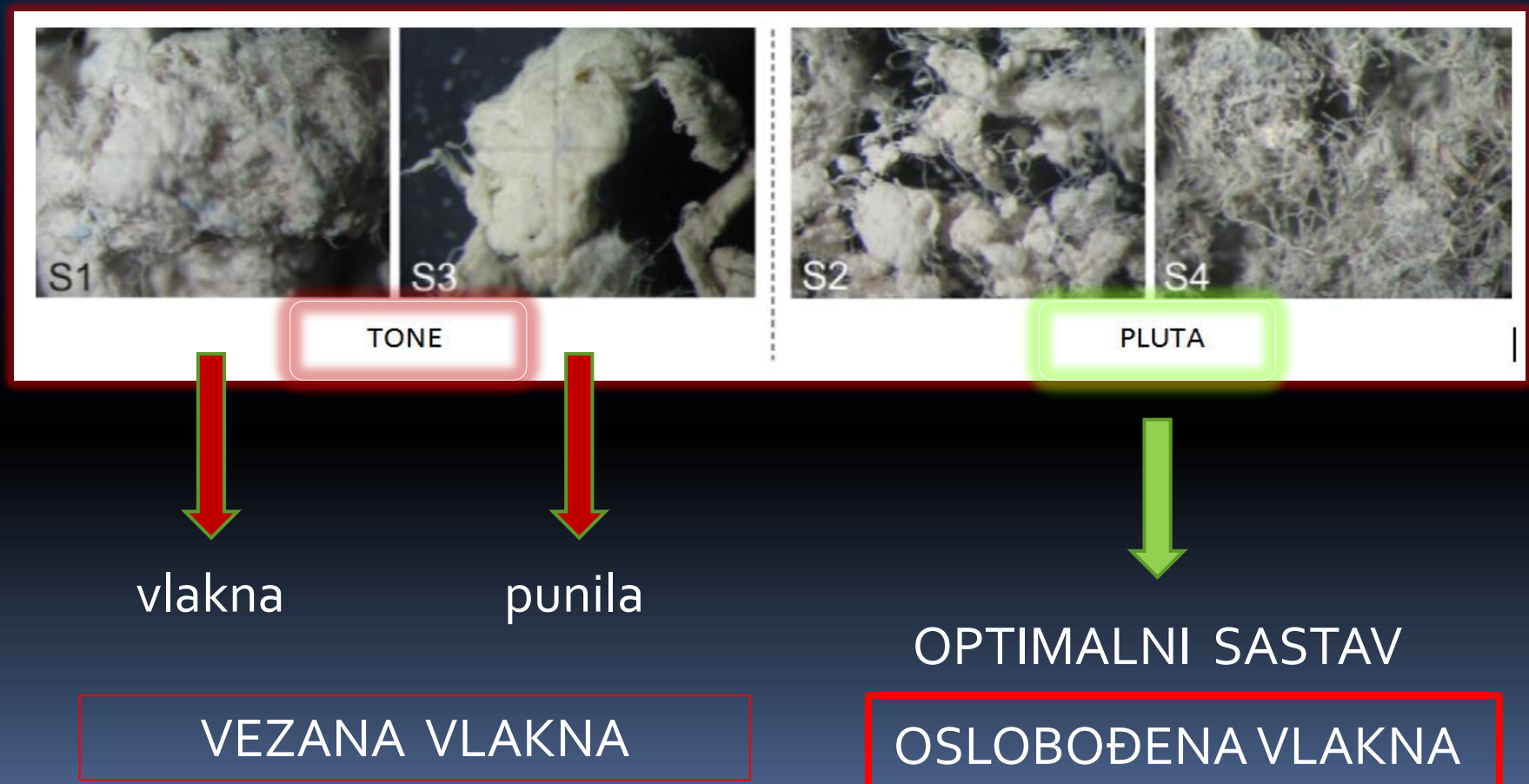
*HAWSC – high efficiency adsorbent for water surface cleaning*

- preduvjeti materijala–sirovine za HAWSC:  
većinski udio celuloznih vlakana, veliki kapacitet vezanja hidrofobnih tvari, velika koherentnost, niža gustoća od vode, jednostavno uklanjanje s vodene površine, djelomično recikliranje poslije uporabe
- poboljšanje adsorpcijskih svojstava sirovog PS–a:  
fizikalno–kemijska obrada (sušenje – silanizacija – sušenje –  
– usitnjavanje – određivanje površine PS–a i maksimalne sposobnosti vezanja)

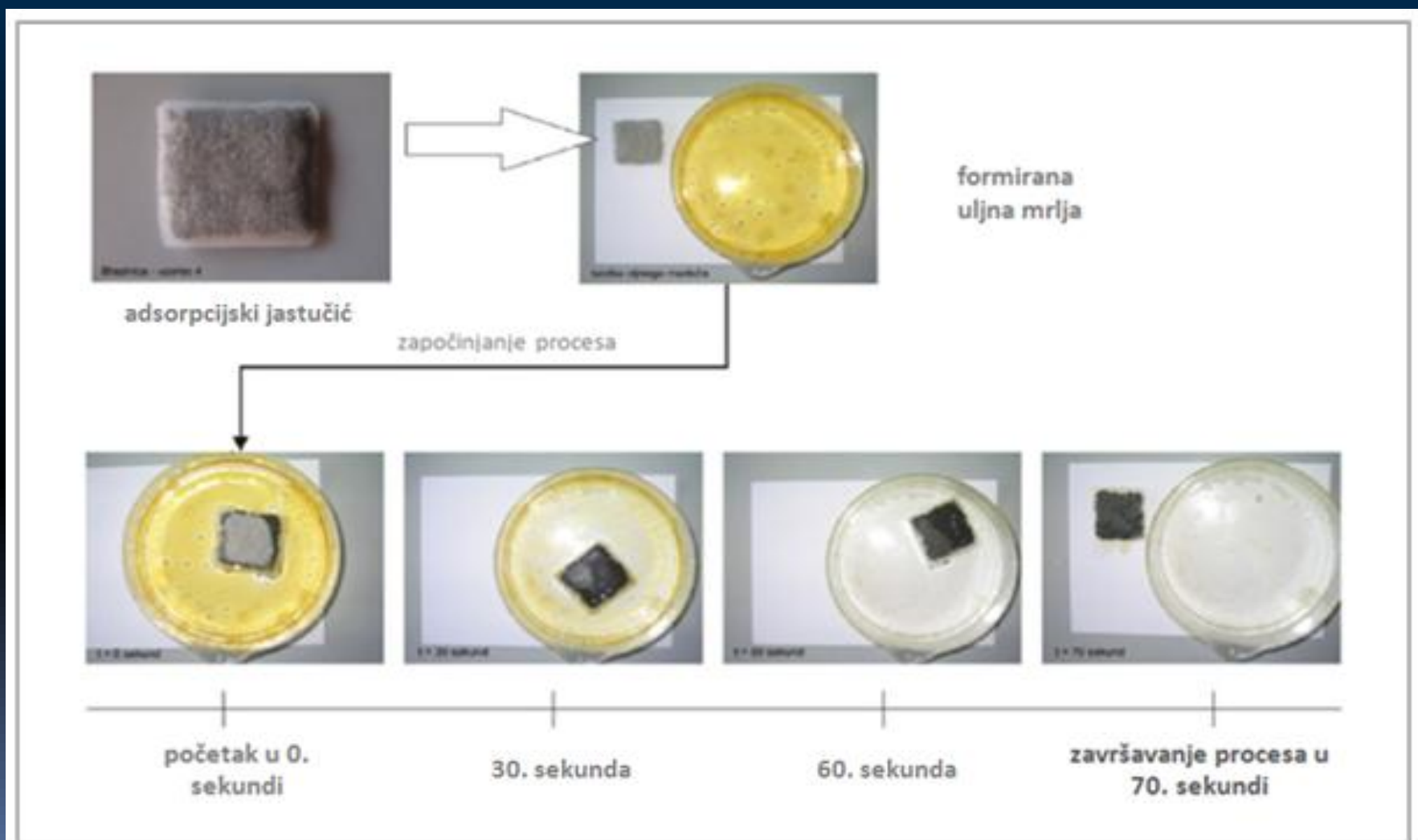
usitnjavanje PS–a → veća površina materijala i oslobađanje celuloznih vlakana iz matrice → svojstvo plutanja  
→ učinkovita adsorpcija

- preduvjet plutanja – oslobađanje vlakana iz mineralne matrice (52% oslobođenih vlakana )

## TESTIRANJE SPOSOBNOSTI PLUTANJA UZORAKA ADSORBENSA

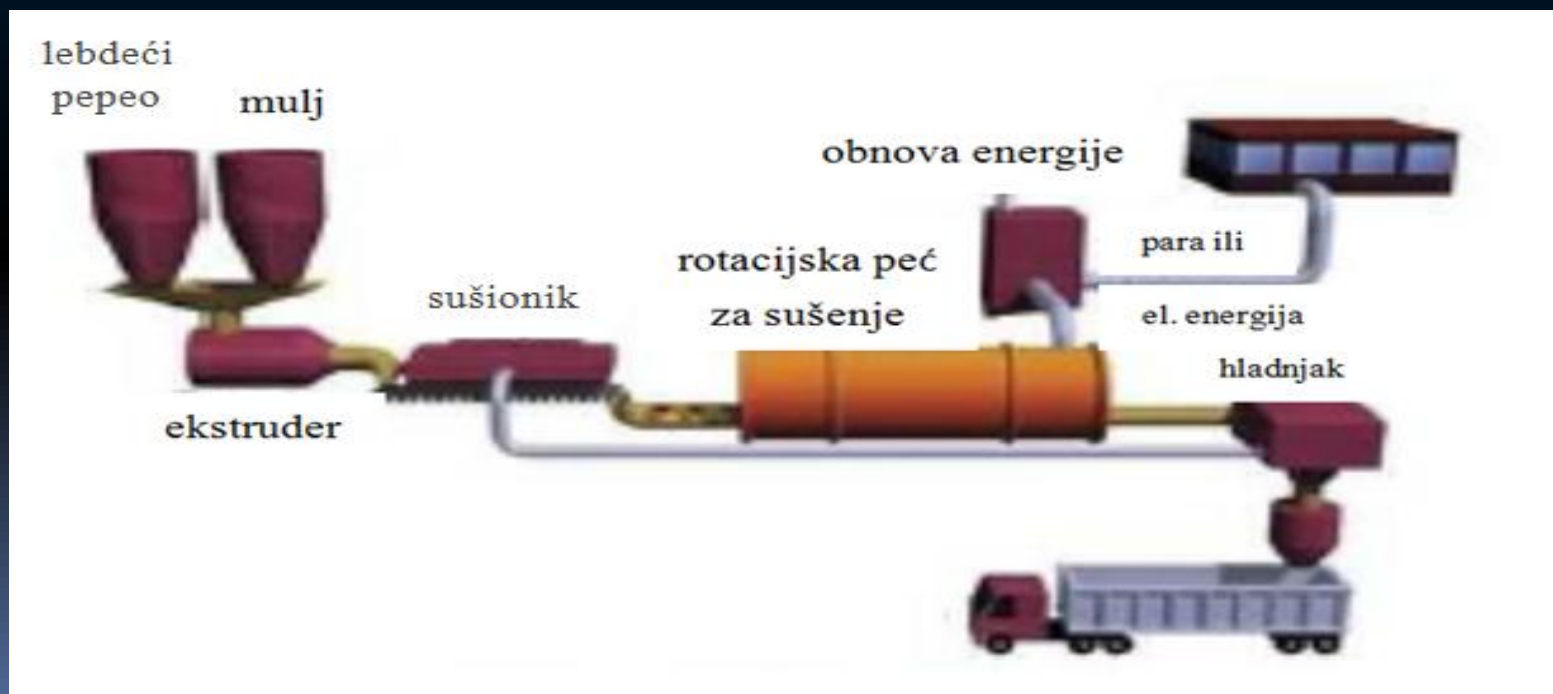


- adekvatna mehanička obrada PS-a ključna za povećanje aktivne adsorbirajuće površine materijala (do 25x veća nego sintetički adsorbens)
- PS kao HAWSC – dvostruko reciklabilan i ne završava na odlagalištu



## Primjena 2: otpadni mulj kao sirovina za proizvodnju višenamjenskog staklenog agregata (LWA)

- LWA – pomoćno sredstvo/punilo u građevinskoj ind. – za nasipavanje kao temeljni pokrov prije izlijevanja betona, opeka, asfalt, izolacijske podloge, lagana tla za krovne vrtove
- LWA smanjuje gustoću finalnih proizvoda uz istu čvrstoću, poboljšava otpornost, smanjuje masu i zapaljivost građev. proizvoda





finalni proizvodi:



LWA



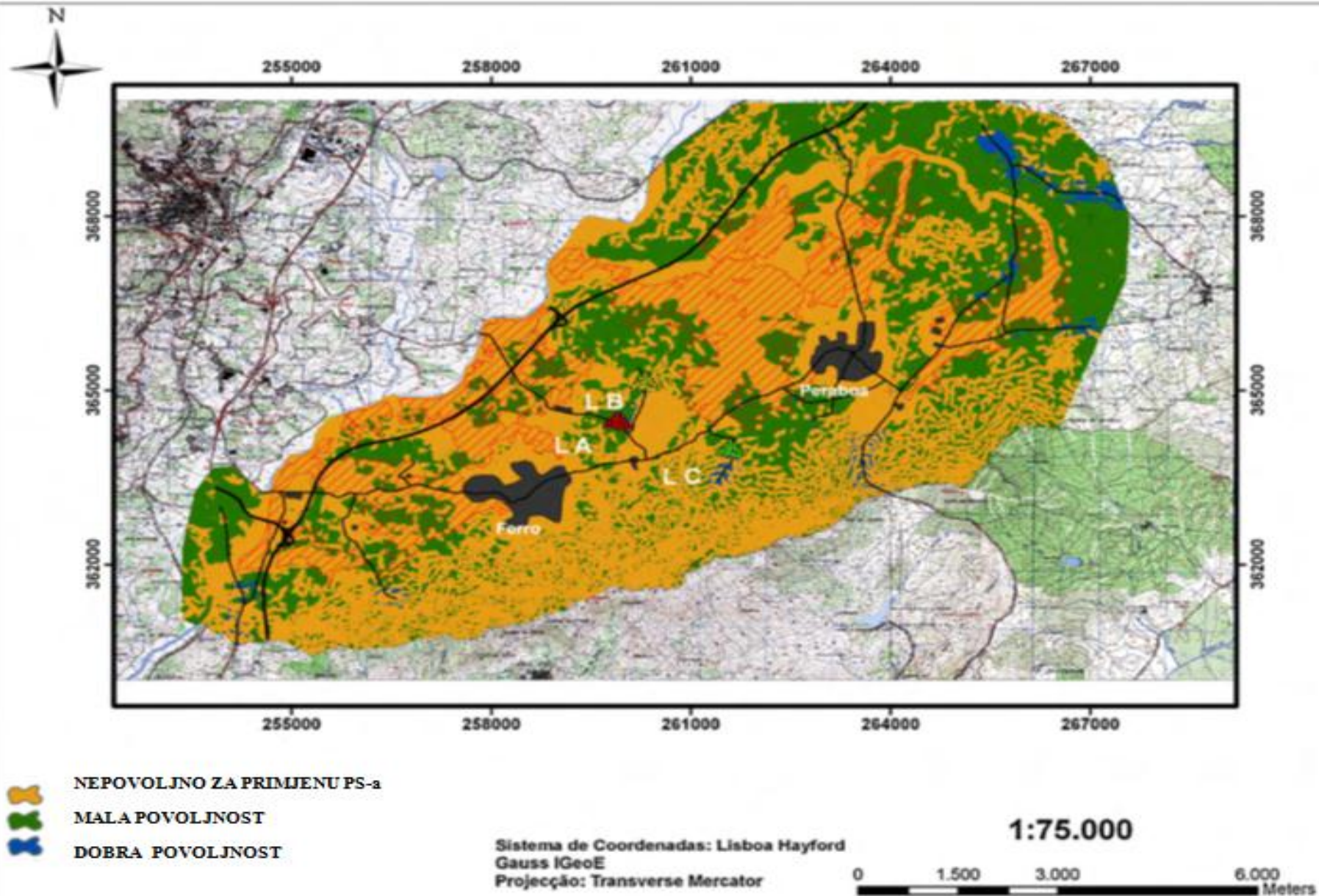
stakleni agregat

+ E

- upotreba staklenog agregata: građevinarstvo – zamjena za cement, asfalt, cestovne i betonske podloge, granule za krovove, abrazivno sredstvo, poboljšava svojstva betona
- okolišne prednosti primjene PS-a kao sirovine za LWA i stakleni agregat:

nema odlaganja PS-a, zračne emisije eliminirane, sustavi obnavljanja energije, uklonjena/stabilizirana negativna svojstva PS-a (opasna svojstva, mirisi, organska komponenta, patogeni mikroorganizmi, zauzimanje odlagališnog prostora i utjecaji, nema transporta do odlagališta) – testovi procjeđivanja





- GIS – evaluacijski alat

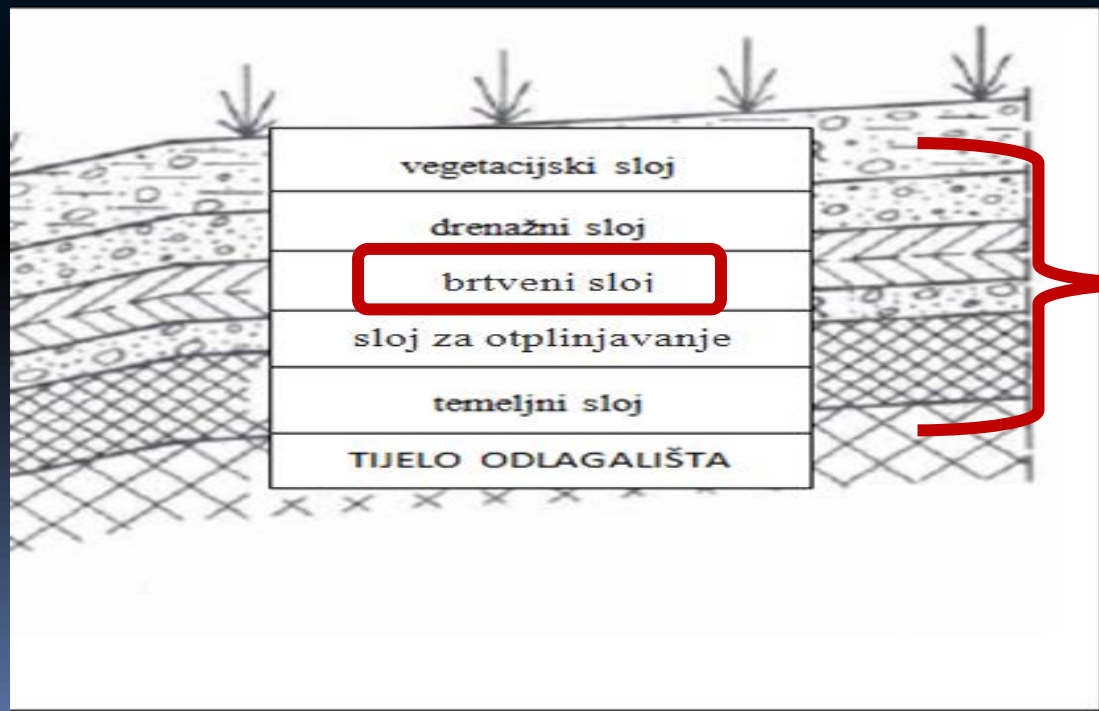
## Primjena 4 :

### mulj kao sirovina u proizvodnji cementa i betona

- PS – alternativni materijal, nadomješta cement – unaprijeđenje materijala za izradu građevnih blokova, zidnih obloga, panela
- poboljšanje svojstava cementa / betona – mikrovlaknata pojačanja betona – veća čvrstoća i otpornost, otpornost na smrzavanje i pucanje, saniranje mikropukotina betona
- optimalna mješavina – 5–10 % zamjene cementa *deinking* muljem s većinskim anorganskim udjelom
- prednosti metode: nema odlaganja PS-a, ponovna uporaba otpada i prerada u inertan materijal neutraliziranih opasnih svojstava (teški metali imobilizirani unutar cementnog klinkera), nema potrebe zbrinjavanja pepela, smanjena potreba za fosilnim gorivima u cementarama + E
- nedostaci: transportni troškovi, otpor javnosti, sastav mulja – preduvjet primjene

# Primjena 5: mulj kao pokrovni materijal za odlagališta

- PS – umjesto odlaganja u tijelo odlagališta kao otpad – sirovina
- prednosti: zamjenjuje skuplju glinu (slična hidraulična svojstva), nema odlaganja PS-a, zbrinut/oporabljen PS, manji troškovi odlag.
- nedostaci: slijeganje i zgušnjavanje mulja ipak povećava propusnost sloja, ne trpi zamrzavanje, potreba dehidratiziranja PS-a uvjetovan sastav i stabilnost PS-a – većinski organski udio



# Analiza primjenjivosti metoda na primjeru tvrtke HARTMANN d.o.o. s odabirom optimalne primjene

- osnovni preduvjeti odabira primjene:

- ➡ ▪ sastav: udio vlakana – anorganskih tvari
- ➡ ▪ mogućnost adekvatne obrade
- ➡ ▪ dostupnost tehnologije, krajnji korisnik
- ➡ ▪ ekonomska opravdanost (količine, transport)
- ➡ ▪ okolišna održivost (LCA)

- HARTMANN d.o.o. – do 60 % udjela vlakana
- HAWSC – optimalna metoda ?

- ostale metode (LWA, odlagališta, cement) – nemogućnost primjene:
  - neodgovarajući sastav (preveliki udio anorganske komponente)
  - nedostupnost tehnologije
- poboljšivač tla:
  - nedovoljno praktičnih iskustava
  - društvena neprihvatljivost

# Zaključci

- veliki izbor mogućnosti primjene PS-a u svjetskoj praksi
- nepostojanje univerzalne metode primjene mulja – bilo kao djelomični supstituent primarne sirovine ili kao osnovna sirovina

## PRIMJERI:

- FINSKA – 100%-tna proizvodnja PS-a za brtvene slojeve odlagališta i popravak šumskih puteva
- SLOVENIJA – 70% PS-a se odlaže, 10% za opeku, 20% se suspaljuje

- stanje u RH :
  - ▣ neprepoznavanje pojma gospodarenja PS–om
  - ▣ nepoznati podaci o količinama, izvorima, porijeklu PS–a i konačnom zbrinjavanju mulja
  - ▣ zbog nepravilnog identificiranja PS–a, tokovi otpada nepoznati
- legislativa u sektoru gospodarenja otpadom nedovoljno restriktivna (moguće odlaganje na odlagalištima komunalnog otpada)
- – odlaganje – jedina metoda zbrinjavanja u RH praksi



- **HAWSC adsorbens** – optimalno rješenje primjene PS-a zbog:
  - dostupnosti tehnologije (transport)
  - okolišne održivosti metode (pozitivni učinci uklanjanja PS-a iz okoliša, ali i učinkovitosti adsorbensa pri uklanjanju onečišćanja voda, višestruka reciklabilnost PS-a)
  - ekonomske održivosti metode (učinkovitost i prihvatljiva cijena novog proizvoda HAWSC)
  - široke dostupnosti krajnjih korisnika adsorbensa
  - PS u ovoj metodi nije zamjensko sredstvo već osnovna sirovina za proizvodnju novog proizvoda



HVALA NA PAŽNJI!

