

# Konačna obrada mulja otpadnih voda grada Zagreba

---

**Tedeschi, Stanislav; Malus, Davor; Vouk, Dražen**

*Source / Izvornik:* **Građevinar, 2012, 64, 133 - 139**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

<https://doi.org/10.14256/JCE.642.2011>

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:668832>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-25**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)



Primljen / Received: 15.6.2011.  
 Ispravljen / Corrected: 14.11.2011.  
 Prihvaćen / Accepted: 24.1.2012.

Dostupno online / Available online: 15.3.2012.

# Konačna obrada mulja otpadnih voda grada Zagreba

## Autori:



Prof. emer. dr. sc. **Stanislav Tedeschi**, dipl. ing. građ.  
 Sveučilište u Zagrebu  
 Građevinski fakultet  
[tedeschi@grad.hr](mailto:tedeschi@grad.hr)



Prof. dr. sc. **Davor Malus**, dipl. ing. građ.  
 Sveučilište u Zagrebu  
 Građevinski fakultet  
[malus@grad.hr](mailto:malus@grad.hr)



dr. sc. **Dražen Vouk**, dipl. ing. građ.  
 Sveučilište u Zagrebu  
 Građevinski fakultet  
[dvouk@grad.hr](mailto:dvouk@grad.hr)

Stručni rad

**Stanislav Tedeschi, Davor Malus, Dražen Vouk**

## Konačna obrada mulja otpadnih voda grada Zagreba

Kod velikih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, ukupni su troškovi obrade mulja znatni i približno su jednaki troškovima osoblja. U radu se na pregledan način analizira problematika uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba od njegovog prvog idejnog rješenja 1980. godine do danas. Pitanje konačne obrade mulja još uvijek nije riješeno što predstavlja veliki problem u radu i održavanju uređaja. Mogući postupci konačne obrade i odlaganja mulja s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba detaljno su prikazani u radu.

### Ključne riječi:

mulj s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, korištenje energijske razine mulja, korištenje mulja u poljoprivredi

Professional paper

**Stanislav Tedeschi, Davor Malus, Dražen Vouk**

## Final treatment of wastewater sludge in the City of Zagreb

Total sludge disposal costs are quite considerable in case of large-size wastewater treatment plants, where they are approximately equal to personnel costs. The problems relating to the Zagreb wastewater treatment plant are methodically analyzed, from the first conceptual design in 1980, to the present day situation. The issue of final disposal of sludge still remains unsolved, which poses a big problem in the operation and maintenance of this plant. Possible procedures for final treatment and disposal of sludge generated at the Zagreb wastewater treatment plant are presented in full detail.

### Key words:

sludge from the wastewater treatment plant, use of sludge energy level, use of sludge in agriculture

Fachbericht

**Stanislav Tedeschi, Davor Malus, Dražen Vouk**

## Entsorgung von Schlamm aus den Abwässern der Stadt Zagreb

Bei großen Klärwasseranlagen sind die Gesamtkosten der Behandlung von Klärschlamm hoch und fast so groß wie die Personalkosten. In der Arbeit wird auf übersichtliche Weise die Problematik der Klärwasseranlage der Stadt Zagreb seit ihrer ersten Ideenlösung im Jahre 1980 bis zum heutigen Tag analysiert. Die Frage der Entsorgung von Schlamm wurde noch immer nicht gelöst, was ein großes Problem bei der Arbeit und Instandhaltung der Anlage darstellt. Mögliche Entsorgungsverfahren und die Beseitigung von Schlamm aus der Klärwasseranlage der Stadt Zagreb werden in dieser Arbeit detailliert aufgezeigt.

### Schlüsselwörter:

Schlamm aus der Klärwasseranlage, Nutzung des Energieniveaus des Schlamms, Schlammnutzung in der Landwirtschaft

### 1. Uvod

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba (CUPOVZ) izgrađen je za kapacitet 1,2 milijuna ekvivalent stanovnika te drugi stupanj pročišćavanja. Pri projektiranju uređaja predviđena je mogućnost proširenja njegovog kapaciteta do 1,5 milijuna ekvivalent stanovnika te treći stupanj pročišćavanja. Uređaj radi s vrlo dobrim učinkom čišćenja te bi mogao biti primjer uspješno realiziranog uređaja na našem području. Međutim, još uvijek nije riješeno pitanje konačne obrade mulja, pa to postaje sve veći problem u radu i održavanju uređaja.

Činjenica je da do danas u Hrvatskoj nije cjelovito riješen problem konačne obrade mulja, niti je to uređeno propisima, uputama ili smjernicama. Kako gradnja uređaja za pročišćavanje u Hrvatskoj postaje sve intenzivnija, obrada mulja opterećivat će rad komunalnih organizacija koje se bave odvodnjom i pročišćavanjem otpadnih voda. U nastavku će se prikazati sva rješenja problema mulja na CUPOVZ-u od prvih idejnih rješenja do danas.

### 2. Rješenja obrade mulja

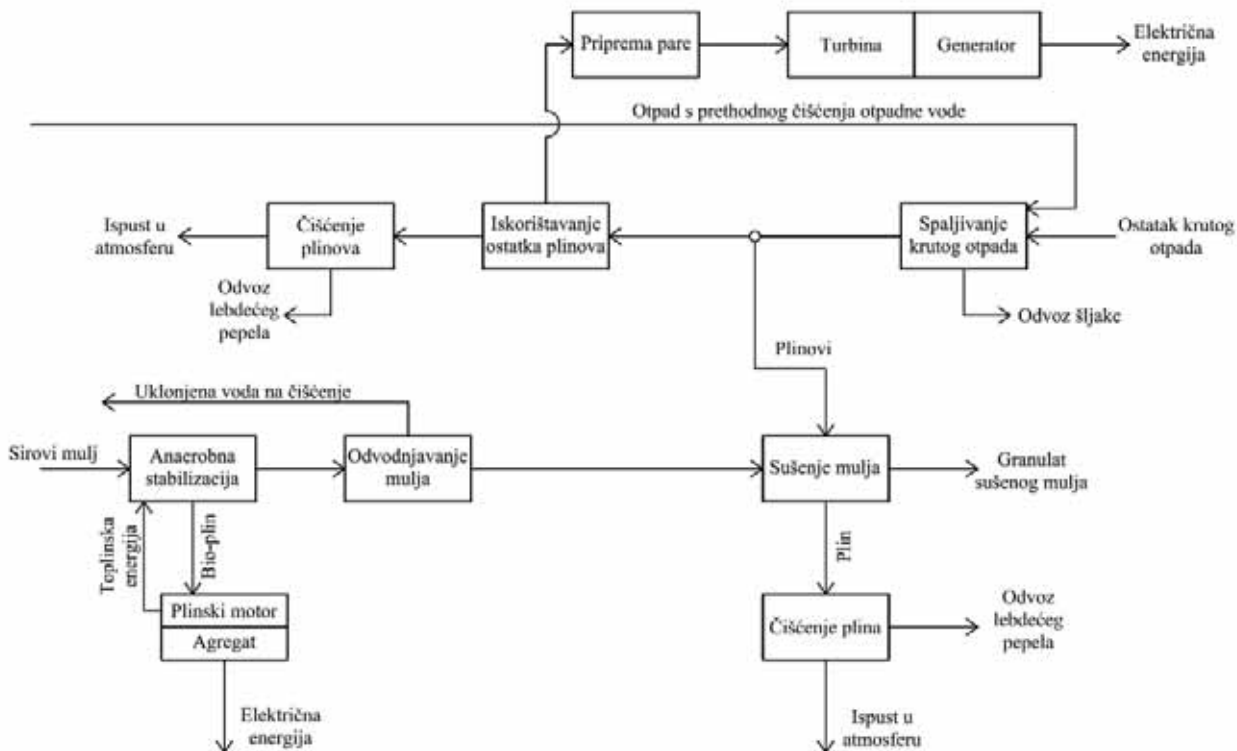
Prvo idejno rješenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na sadašnjoj lokaciji uređaja približno isto ili većeg kapaciteta izrađeno je 1980. godine [1]. O CUPOVZ-u se raspravljalo na brojnim savjetovanjima i objavljeni su članci u stručnim

časopisima, a već na prvim savjetovanjima istaknut je problem obrade mulja [2, 3]. Tada je istaknuto kako je idejnim rješenjem predviđeno korištenje mulja u poljoprivredi uz prethodno iskorištenje njegove energetske vrijednosti.

Iskorištavanje energije bilo je predviđeno u postupku anaerobne stabilizacije, odnosno proizvodnjom bioplina. Stabilizirani mulj zatim bi se sušio na temperaturi od 200 °C, i to korištenjem topline od spaljivanja neupotrebljivog ostatka krutog otpada. Spalionica je bila predviđena neposredno uz lokaciju uređaja, slika 1.

Osim navedenih objekata za obradu mulja, bila su predviđena i polja za sušenje mulja, kao pričuva u slučaju zastoja u radu nekih pogona za obradu mulja. S obzirom na to da je bila predviđena gradnja uređaja u dvije faze, za obradu mulja u prvoj fazi bile su razmatrane dvije mogućnosti: odlaganje na kontroliranom odlagalištu ili kompostiranje s ostalim otpadom.

Primjenom mulja u poljoprivredi zatvara se biogeokemijski ciklus kruženja tvari u biosferi. Sušeni mulj sadrži 90% i više suhe tvari. Sušenjem na temperaturi oko 200°C dobije se granulat koji se lako pakira u vreće i uskladištava. Po potrebi se prevozi i na veće udaljenosti jer su u mulju neznatne količine vode. Osnovna prodajna prednost sušenog mulja je psihološke prirode. Mulj se pojavljuje kao "industrijski" proizvod poput mineralnog gnojiva, a ne kao "otpadni – fekalni" materijal.



Slika 1. Shema uređaja za sušenje mulja

Ostale su prednosti:

- sanitarno-higijenska sigurnost,
- korištenje istih strojeva za razastiranje kao i kod mineralnog gnojiva,
- mali skladišni prostor,
- bez neugodnog mirisa.

Nedostatak postupka sušenja mulja je u tome što treba velika količina energije za uklanjanje viška vode ( $5,22 \times 10^6$  KJ/t  $H_2O$ ). Zbog toga je bilo predviđeno da se uz uređaj za sušenje mulja izgradi spalionica ostataka krutog otpada od kojega bi se dobila potrebna energija. Energijska bilanca koja je bila izrađena u okviru idejnog rješenja uređaja bila je pozitivna [4]. Povod za prijedlog korištenja mulja u poljoprivredi bila je činjenica da se u to vrijeme izrađivao projekt uređenja Črnc polja, kao poljoprivrednog zemljišta u blizini Zagreba. Međutim, kako u gradske uređaje za pročišćavanje otpadnih voda dospijevaju i industrijske otpadne vode te dio oborinskih voda, postoji opasnost od sastojaka teških metala u muljevima uređaja, koji su u ekološkom smislu zapreka da se mulj koristi u poljoprivredi.

Pri razradi idejnog rješenja uređaja [1] trebalo je riješiti i sušenje mulja te korištenje dobivenog granulata kao goriva u industrijskim postrojenjima. U tom slučaju nije bila predviđena stabilizacija mulja, već samo smanjenje vode u sirovom mulju te sušenje, kako bi se zadržala veća energijska razina u granulatu.

Početak osamdesetih godina u Hrvatskoj nisu postojale smjernice o korištenju mulja u poljoprivredi, ali ni dovoljno podataka o možebitoj količini teških metala u mulju na CUPOVZ-u. Zbog toga je pri izradi idejnog projekta prve faze uređaja [5] izrađen Program za prvu fazu istraživanja sirovog otpadnog mulja. Prema tom programu Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za ishranu bilja, obavio je multidisciplinarna istraživanja o mogućnosti primjene sirovog otpadnog mulja u poljoprivredi u razdoblju od 1984. do 1989. godine [6].

Korišten je mulj koji je proizveden na pokusnom pilot-uređaju u polutehničkom mjerilu [7] te na pilot-uređaju izgrađenom u tehničkom mjerilu uz glavni odvodni kanal [8].

Istraživanja o primjeni mulja u poljoprivredi pokazala su određene mogućnosti korištenja, ali uz odgovarajući oprez te potrebu daljnjeg istraživanja. Treba naglasiti da do ožujka 1992. u Hrvatskoj još nije postojao Pravilnik o ograničenju korištenja mulja u poljoprivredi [9] pa su se primjenjivali propisi drugih europskih zemalja.

Tijekom 1993. bila je završena studija "Cjeloviti koncept gospodarenja otpadom i muljem grada Zagreba" [10], u kojoj su razmotrena sva tada poznata rješenja gospodarenja muljem. Nakon detaljnije raščlambe pojedinih rješenja,

preporučeno je:

- zajedničko odlaganje mulja i krutih otpadnih tvari,
- dodatna obrada mulja, kao i krutih otpadnih tvari prije konačnog odlaganja,
- kao dodatna obrada predloženo je spaljivanje ili kompostiranje,
- bez obzira na predloženi način konačnog odlaganja mulja, preporučeno je predvidjeti postupak anaerobne stabilizacije mulja, uz korištenje bioplina te odstranjivanja vode.

U toj Studiji je utvrđeno da se mulj otpadnih voda Zagreba ne bi mogao koristiti u poljodjelstvu zbog povećanih koncentracija teških metala (kroma, cinka, olova). Studijom je naglašeno kako ne bi trebalo očekivati smanjenje teških metala u mulju čak ni primjenom uređaja za prethodno čišćenje industrijskih otpadnih voda [11]. Studijom [10] je bilo predviđeno da će se mulj odlagati zajedno s ostalim krutim otpadom na odlagalištu "Dumovečki lug", koje je Vodoprivrednom osnovom grada Zagreba bilo određeno kao "kontrolirano odlagalište" [12].

Zbog nesigurnosti istovremene izgradnje kontroliranog odlagališta i uređaja, u Pozivu na natječaj za izgradnju uređaja [13] navedeno je kako će se stabilizirani mulj, oslobođen viška vode, prve dvije godine odlagati na privremenom skladištu unutar prostora uređaja, slika 2. Slijedom toga, u Ugovoru o koncesiji, člankom 6.11, određuje se da će grad Zagreb osigurati odlagalište mulja izvan lokacije uređaja bez naknade.

U slučaju da grad Zagreb ne osigura odlagalište izvan lokacije uređaja, koncesionar je ovlašten organizirati i izvršiti propisno odlaganje i ima pravo naplatiti gradu Zagrebu dogovorenu cijenu za to odlaganje.



Slika 2. Pogon za obradu mulja (zgušnjavanje, anaerobna stabilizacija, dehidracija)

Od 2007. godine srednja godišnja količina mulja na CUPOVZ-u je 52.400 tone. Prema procjeni dosad izgrađenog prostora za skladištenje mulja na CUPOVZ-u, moguće je skladištenje mulja do kraja 2013. godine, slika 3.



Slika 3. Privremeno odlagalište stabiliziranog i dehidriranog mulja (na lokaciji uređaja)

Tijekom 2009. godine predložen je postupak ECOCYCLING za preradu mulja na CUPOVZ-u [14]. ECOCYCLING je postupak kojim se kruti otpad, uključivo i mulj iz komunalnih uređaja, prerađuje u sekundarnu sirovinu. Taj postupak ne primjenjuje termičku obradu, nema ostataka, niti neugodnih mirisa. U postupku otpad se usitnjava te miješa s dodacima koji su prirodni materijali poput glina, minerala, vapna ili kemikalija koje su na tržištu. Ovisno o vrsti otpada kao i dodacima te provedenom postupku dobije se inertna i stabilna tvar koja se može upotrijebiti u graditeljstvu (u proizvodnji betonskih elemenata) ili u šumarstvu i poljoprivredi kao poboljšavač tla. Za primjenu postupka ECOCYCLING pri preradi mulja na CUPOVZ-u, trebalo bi najprije istražiti moguće tržište, odnosno raspoloživa zemljišta poljoprivredna ili šumska za sadnju primjerice brzorastućih stabala koja bi se iskorištavala kao biomasa u proizvodnji energije. S obzirom na veliku godišnju masu mulja na CUPOVZ-u i na nesigurnost tržišta, a i zbog nedovoljno podataka o primjeni ECOCYCLING postupka za velike uređaje, ta metoda nije dalje razmatrana.

U skladu s Ugovorom o koncesiji, koncesionar je istraživao daljnje mogućnosti konačnog odlaganja mulja. Konceptualna studija zbrinjavanja otpadnog mulja završena je 2010. godine [15].

U Studiji je procijenjena proizvodnja stabiliziranog i odvodnjenog mulja za bližu i daljnju budućnost. Međutim, u vezi s dugoročnim gospodarenjem muljem, ako se ne izgradi nikakav objekt, predlaže se kratkoročno rješenje da se mulj odvozi na neko privremeno skladište u Hrvatskoj ili negdje drugdje.

Kao dugoročno rješenje razmatrano je:

- postupak monotermske obrade,
- postupak simultane termičke obrade u:
  - postrojenju za termičku obradu otpada,
  - termoelektrani na ugljen,
  - cementari,
- korištenje u poljoprivredne svrhe.

Razmatrani su investicijski te troškovi pogona i održavanja, odnosno raspoloživo poljoprivredno zemljište.

Prema ispitivanjima na CUPOVZ-u, koja obavlja Zavod za javno zdravstvo (ZZJZ) grada Zagreba "Andrija Štampar", dopušta se količina teških metala, organskih tvari i patogenih mikroorganizama u obrađenom mulju koji se koristi u poljoprivredi, i to prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta [9] i Pravilniku o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi [16].

To je posljedica smanjenja industrije u Zagrebu koja je u tehnološkim otpadnim vodama ispuštala i teške metale, kao i sve veća uporaba bezolovnog benzina.

Pravilnikom o gospodarenju muljem [16] dopušteno je godišnje koristiti najviše 1,66 tona suhe tvari mulja po hektaru poljoprivrednog tla. Konceptualnom studijom zbrinjavanja mulja procijenjena je količina odvodnjenog mulja za konačno planiranu veličinu uređaja od 1,5 milijuna ekvivalent stanovnika. Ovoj vrijednosti mulja dodana je i količina koja se zasad odlaže na privremenim skladištima, ali i za taj mulj treba naći konačno rješenje. Nakon razgradnje postojećih skladišta mulja, može se uzeti u obzir i potreba konačne obrade mulja s uređaja u neposrednoj blizini Zagreba. Zato se kod dugoročnog koncepta o gospodarenju muljem računa s ukupnom masom mulja od 80.000 tona godišnje, odnosno o količini suhe tvari od 30.200 tona godišnje.

Za količinu od 30.200 kg suhe tvari/godišnje trebala bi površina od 18200 ha poljoprivrednog tla, koje po sastavu zadovoljava dopuštene količine teških metala u tlu, a prema Pravilniku o gospodarenju muljem [16].

Konceptualnom Studijom o zbrinjavanju mulja je zaključeno kako bi se jedan dio mulja mogao koristiti u poljoprivredne svrhe, ali ne i ukupna količina mulja na CUPOVZ-u.

Nakon cjelovite raščlambe ostalih rješenja, a uzimajući u obzir i troškove za zaštitu okoliša, zaključeno je kako bi postupak monotermske obrade bio najpovoljniji koncept konačnog gospodarenja muljem.

Grad Zagreb pripremio je Nacrt plana gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu za razdoblje do 2015. godine [17].

Nacrt plana gospodarenja otpadom obuhvaća cjelokupan otpad s područja grada Zagreba, i to:

- komunalni otpad,
- proizvodni neopasni otpad,
- posebne vrste otpada,
- ostale vrste otpada,
- opasni otpad.

Otpadni mulj iz CUPOVZ-a razvrstan je u ostale vrste otpada, a prema Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada, svrstava se u grupu 190805 djelatnosti koje generiraju otpad [18].

Nacrt plana gospodarenja otpadom u Zagrebu u skladu je sa Strategijom gospodarenja otpadom Republike Hrvatske [19], Planom gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj [20], Strategijom održivog razvitka RH [21] te Programom zaštite okoliša grada Zagreba [22], a usklađen je i s novom Direktivom EU o otpadu (2008/98 EC).

Prema Nacrtu plana, u Zagrebu je predviđena gradnja postrojenja za termičku obradu komunalnog otpada na lokaciji Žitnjak-istok (Resnik), prema procjeni utjecaja na okoliš "Postrojenje za termičku obradu otpada u gradu Zagrebu" mikrolokacija postrojenja bila bi unutar lokacije CUPOVZ-a.

Glavni proizvod termičke obrade otpada bila bi energija, pa su za takve energane na otpad moguća dva načina izgaranja:

- s izgaranjem na roštilju,
- s izgaranjem u lebdećem (vrtložnom) sloju ("fluid-bed").

Za ostatak pri izgaranju (šljaka) predviđeno je iskorištavanje u niskogradnji, a za mogući višak koji se ne iskoristi planirana je izgradnja kasete na Prudincu. Za lebdeći pepeo, odnosno pepeo nastao od čišćenja dimnih plinova, planirana je dodatna obrada te izvoz.

Ovdje se može primijetiti kako bi se uz stalnu kontrolu količine teških metala u pepelu od termičke obrade mulja, kao i tla na koji se odlaže, lebdeći pepeo od termičke obrade mulja mogao koristiti u poljoprivredi i sličnim namjenama u količinama 10 do 15 tona godišnje na hektar poljoprivrednog tla [23]. Naime, vrijednost lebdećeg pepela kod termičke obrade mulja (bez komunalnog otpada) nalazi se u količini fosfata od 10 do 20% [23]. Ta je količina fosfata karakteristična

isključivo kod uređaja s trećim stupnjem čišćenja. Prema Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 81/10), na CUPOVZ-u mora se nadograditi za uređaj s trećim stupnjem pročišćavanja (uklanjanje hranjivih soli dušika i fosfora). Na planetu Zemlji ograničene su ukupne količine fosfora, a kako se dio fosfora koji se koristi u poljoprivredi gubi u rijekama i dubokim morima, postoji opasnost da će nedostajati uporabljivost fosfornih spojeva na Zemlji te bi on mogao biti ograničavajući čimbenik u poljoprivrednoj proizvodnji.

U Austriji, gdje je za velike gradove poput Beča, Linza, Graza i druge, termička obrada mulja jedino rješenje za dugoročno postupanje s muljem, razmišlja se kako će zajedničku termičku obradu s ostalim krutim otpadom zamijeniti s monotermskom obradom mulja, kako bi se mogao reciklirati fosfor iz pepela [24]. Upravo noviji centar za termičku obradu otpada u Beču (Simmeringer Haide) primjer je kako se unutar toga centra termički obrađuje komunalni otpad, opasni otpad i mulj, ali svaki u posebnoj peći (objektu), s obzirom na specifičnost pojedinog otpada. Kapacitet centra je 200.000 tona godišnje mulja, 100.000 tona godišnje opasnog otpada, 100.000 tona godišnje komunalnog otpada i 4.000 tona godišnje starih akumulatora.

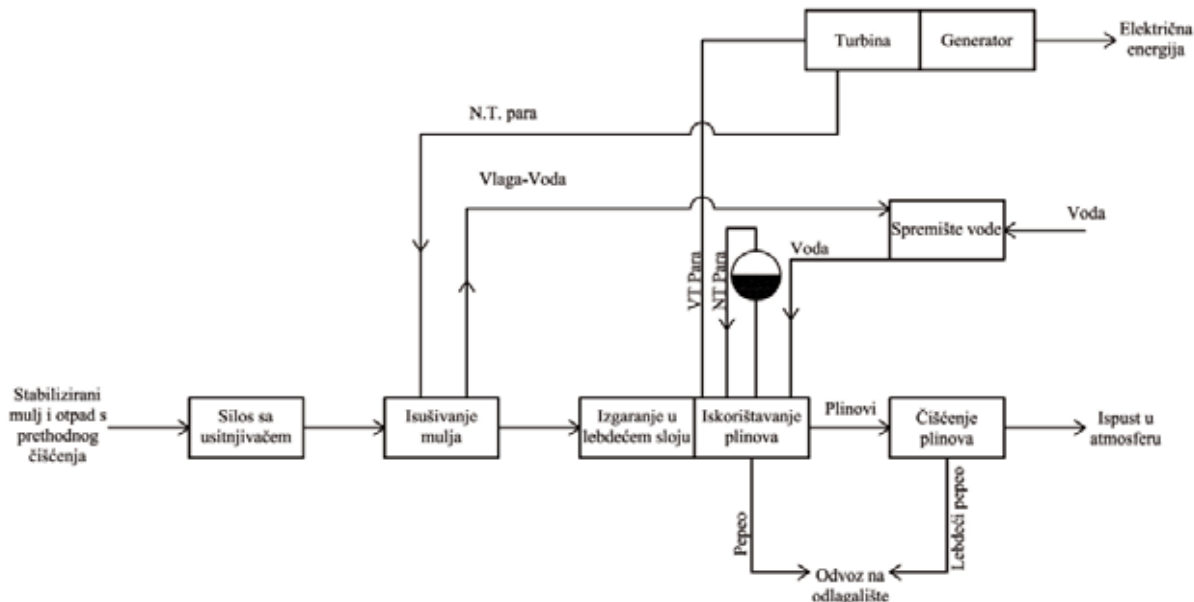
U Austriji se pripremaju novi propisi o gospodarenju muljem, u kojima će se istaknuti potreba korištenja glavnih sastojaka u mulju te s tim u vezi primjena monotermske obrade mulja, s obzirom na to da kod zajedničke termičke obrade pepeo predstavlja izgubljen fosfor u biogeokemijskom ciklusu na Zemlji.

U Nacrtu plana [17] se ističe kako je glavni proizvod termičke obrade energija, pa se komunalni otpad prema postojećoj Direktivi EU svrstava u obnovljive energente koji u razvijenom svijetu imaju financijsku i drugu potporu.

U slučaju da se i u Zagrebu primijeni slična koncepcija, bilo bi moguće graditi postrojenje za termičku obradu otpadnog mulja kao zaseban objekt, ali u sklopu centra za termičku obradu otpada na istoj lokaciji, dakle postupna realizacija cjelokupnog centra. Otpad nastao od izgaranja kao i pepeo iz uređaja za čišćenje zraka zajedno bi se obrađivali, dakle u svemu prema Nacrtu plana gospodarenja otpadom, slika 4.

U Nacrtu plana nigdje se izričito ne navodi da se termička obrada ostatka komunalnog otpada i mulja mora obavljati u jednom objektu (peći), pa bi izgradnja odvojenog postrojenja za termičku obradu mulja bila u skladu s Nacrtom plana.

Prema Nacrtu plana gospodarenja otpadom, za početak gradnje, opremanja za objekte termičke obrade komunalnog otpada, neopasnog proizvodnog otpada i mulja sa CUPOVZ-a bila je određena 2013. godina, s tim da prethodni radovi (studija, lokacija i ostalo) započnu od 1. rujna 2009.



Slika 4. Shema monotermske obrade mulja

Budući da Nacrt plana nije usvojen kao Plan gospodarenja otpadom, sve rokove treba pomaknuti barem za dvije godine, odnosno početak gradnje postrojenja za termičku obradu oko 2015. godine, s pretpostavkom da će se svi radovi, a posebice prethodni, obavljati bez zastoja.

Prema Konceptualnoj studiji zbrinjavanja mulja, u slučaju da se do 2013. godine ne riješi trajno gospodarenje muljem, jedino će preostati da se mulj odvozi na neku vanjsku lokaciju. Temeljem svega navedenog koncesionar je naručio Studiju

o monotermskoj obradi mulja. Studija o monotermskoj obradi mulja obuhvaća sve nužne radove za izgradnju postrojenja, uključivo i dodatne radove za zaštitu okoliša [25]. Monospalionica bila bi locirana u neposrednoj blizini objekata za stabilizaciju i odvodnjavanje mulja, slika 5. Vrijeme za izradu projekata, ishodenje potrebnih dozvola te izvedba građevinskih, strojarskih i elektrotehničkih radova, okvirno bi trebalo četiri godine. Kako dosad još nije donesena odluka o konačnom gospodarenju muljem, lako se može utvrditi da u



Slika 5. Pogled na CUPOVZ s označenim dijelom prostora za termičku obradu mulja

skoroj budućnosti predstoji nepotrebno trošenje sredstava za odvoz mulja izvan lokacije uređaja. Radi objašnjenja, može se navesti kako bi godišnji troškovi odvoza mulja, primjerice u Mađarsku, iznosili okvirno oko 10% troškova izgradnje postrojenja za monotermičku obradu mulja.

### 3. Zaključak

Tijekom trideset godina razmatralo se rješenje obrade i konačnog odlaganja mulja na CUPOVZ. Konačne odluke još uvijek nema. Od prvih rješenja do danas mulj se nikad nije promatrao kao bezvrijedan otpad, već se uvijek vrednovala

njegova energijska razina, kao i sastav te količina hranjivih tvari koje bi se mogle koristiti kao poboljšavač tla u poljoprivredi, ali i u šumarstvu. Treba istaknuti da se već od prvoga idejnog rješenja procjenjivalo kako bi zajednička obrada mulja i krutog (posebice komunalnog) otpada bila korisna na istoj lokaciji. Nakon višegodišnjeg razmatranja, čini se, prema raspoloživoj dokumentaciji, da će se konačna obrada mulja i komunalnog otpada obavljati na lokaciji uređaja. Predviđena je termička obrada uz iskorištavanje energijske razine. Iskustva drugih zemalja pokazuju da i kod termičke obrade mulja treba ipak razmotriti mogućnost korištenja ostatka obrade – pepela kao poboljšavača tla.

## LITERATURA

- [1] Idejno rješenje uređaja za perspektivne potrebe grada, Građevinski institut – OOUR Fakultet građevinskih znanosti Zagreb i Inženjerski projektni zavod, Samoupravna interesna zajednica za vodno područje sliva Save, Zagreb, 1980.
- [2] Tedeschi, S.; Ondruš, M.: Tehnička dokumentacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba. Simpozij "Dani zaštite čovjekove sredine". Stalna konferencija gradova i općina Jugoslavije, Zagreb, 10.6.1981.
- [3] Tedeschi, S.: Prikaz sustava za pročišćavanje kanalskih voda grada Zagreba. Zbornik savjetovanja *Akumuliranje, tretman i evakuacija vode*, Subotica, 30.10.1981. Opće udruženje za vodoprivredu Jugoslavije, str. 122-135., 1981.
- [4] Tedeschi, S.: Mogućnost korištenja mulja iz otpadnih voda grada Zagreba, *Građevinar*, 5, 219-224. 1981.
- [5] Idejni projekt prve faze uređaja kod Ivanje Reke, Građevinski institut – OOUR Fakultet građevinskih znanosti Zagreb i Inženjerski projektni zavod Zagreb, Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za vodno područje sliva Save, Zagreb, 1982.
- [6] Izvještaj o rezultatima istraživanja primjene otpadnog mulja u poljoprivredi, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Zavod za ishranu bilja, Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za vodno područje sliva Save, Zagreb, 1992.
- [7] Istraživački radovi na pilot uređaju u polutehničkom mjerilu, Građevinski institut – OOUR Fakultet građevinskih znanosti Zagreb, Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za vodno područje sliva Save, Zagreb, 1986.
- [8] Istraživački radovi na pilot uređaju za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba, Građevinski institut – OOUR Fakultet građevinskih znanosti Zagreb, Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za vodno područje sliva Save, Zagreb, 1989.-1991.
- [9] Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima. Narodne novine 15, 25.3.1992.
- [10] TBU – Innsbruck, ITU Berlin, SFC – Salzburg: Cjeloviti koncept gospodarenja otpadom i muljem grada Zagreba. Zbrinjavanje gradskog otpada i sanacija, Zagreb, 1993.
- [11] Tedeschi, S.; Višić, I.: Mogućnosti izgradnje uređaja za čišćenje otpadnih voda grada Zagreba. Zbornik Sabora hrvatskih graditelja '96 – "Graditeljstvo u obnovi i razvitku Republike Hrvatske", Cavtat, 07.-09.11.1996., 985-990, 1996.
- [12] Vodoprivredna osnova grada Zagreba – Općine Samobor i Sesvete, Grad Zagreb, Gradski komitet za prostorno uređenje i komunalne poslove, Elektroprojekt, 1986.
- [13] Koncesija pročišćavanja otpadnih voda – Poziv za natječaj, Grad Zagreb, 1998.
- [14] Obrada komunalnog otpada i otpadnog mulja metodom ECOCYCLING, Global energy invest, Dalekovod, Zagreb, 2009.
- [15] Konceptualna studija zbrinjavanja otpadnog mulja. Zagrebačke otpadne vode, Kocks Consult GmbH, CUPOV Zagreb, Hrvatska, Zagreb, 2010.
- [16] Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi. Narodne novine 38, 2.4.2008.
- [17] Nacrt plana gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu za razdoblje do 2015. godine, Grad Zagreb, Gradski ured za gospodarstvo, Zagreb, 2009.
- [18] Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada. Narodne novine 50, 18.4.2005.
- [19] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske. Narodne novine 130/2005.
- [20] Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2007.-2015. godine. Narodne novine 85/2007.
- [21] Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske. Narodne novine 30/2008.
- [22] Program zaštite okoliša grada Zagreba. Službeni glasnik grada Zagreba 8/1999.
- [23] OTV Traiter et Valoriser les Boues. Liguge (France): Aubin Imprimeurs, str. 457, 1997.
- [24] Müller, H.: Wastewater sludge management under Austria's federal framework. "Water 21", 12, str. 32-33, 2009.
- [25] EVN umweltholding: Koncept postrojenja za monospalionicu otpadnog mulja Zagreb. Zagrebačke otpadne vode, Zagreb, 2010.