

**РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ**  
**УДК**  
*Стручни рад*

---

Технички факултет у Бору – Универзитет у Београду, В.Ј. 12, 19210 Бор, Србија  
Катедра за минералне и рециклажне технологије  
Тел. +381 30 424 555, 424 556, Фак. +381 30 421 078

---

**ОЧУВАЊЕ ПРИРОДНИХ РЕСУРСА У ИЗГРАДЊИ САНИТАРНИХ ДЕПОНИЈА  
ОТПАДА, ПРИМЈЕНОМ TERROSTAB® ТЕХНОЛОГИЈЕ**

**PROTECTION OF NATURAL RESOURCES IN CONSTRUCTION OF SANITARY  
WASTE DEPOTS BY TERROSTAB® TECHNOLOGY**

**Един Рамић<sup>#</sup>**

„Меистер доо“ Тузла, Улица Туралибегова до број 24 ; 75000 Тузла

---

**ИЗВОД**

Количине комуналног чврстог отпада у свијету имају прогресиван раст, самим тиме све мање је расположивог простора за његово коначно одлагање, а постоји и реална опасност од исцрпљивања одређених природних ресурса у наредном периоду. С тим у вези, развијене земље свијета улажу напоре да дефинишу и примјене техничко-економски оптималан модел управљања отпадом тзв. Интегрисани систем управљања.

Међутим, данас је ипак најраспрострањенији систем управљања отпадом депоновање на санитарним депонијама отпада.

Изградња санитарних депонија, као и довођење ранијих одлагалишта на ниво прихватљив за околиш и у данашње вријеме у складу с позитивним законодавством претпоставља значајна финансијска средства којих нажалост већина земаља у транзицији нема.

Примјена Terrostab® технологије у изградњи депонија отпада, подразумијева упосленост локалних капацитета (радна снага и опрема) и подразумијева израду подлоге на депонијама или другим објектима нискоградње од преосталог отпада (пепела, талога, пијеска, самљевеног комуналног отпада). Овим поступком настаје материјал сличан глини. Поступком у којем се овом материјалу додаје водено стакло – минерални гел – смјеша не само да достиже степен дихтовања природне глине, него га чак шта више и превазилази.

Примјеном технологије Terrostab®, смањују се количине отпада који је потребно депоновати, смањује се депонијски простор и добива површина изнад депоније погодна за све намјене.

**Кључне ријечи:** Природни ресурси, отпад, водено стакло, Terrostab®

**ABSTRACT**

The amount of municipal solid waste has got a progressive growth in the world. As a consequence the areas for the final waste disposal are less available, and there is a real danger of exhaustion of certain natural resources in the years to come. That is why developed countries make efforts to define and apply technically and economically optimal waste management model, so called Integrated Management System.

However, the most widely present system for the waste management today is disposal on the sanitary waste depots.

Construction of the sanitary depots, as well as making previous depots acceptable for the environment, even today in accordance with positive legislation require financial funds which most countries in transition lack.

Use of Terrostab technology in construction of waste depots includes engagement of local capacities (labor and equipment) as well as construction of a base on the depots or other civil engineering objects, using the remaining waste (e.g. ashes, dregs, sand, grinded municipal waste). The result of this process is material which is similar to clay. When water glass- mineral gel- is added to this material the mixture not just reaches, but it exceeds the levels of natural clay's properties of permeability and absorption.

Usage of Terrostab technology lowers the quantity of the waste which should be disposed as well as the depot areas, and results in the land above the depot which may be used for various purposes.

**Key words:** Natural resources, waste, water glass, Terrostab®

---

<sup>#</sup> Особа за контакт: edo.ramic@gmail.com

## УВОД

Под одрживом привредом отпада се подразумјева, да се постојећи отпад сортира, како би се највећи дио отпада све до самог муља, уз помоћ сепарације и обраде рециклирао, а само неискористиви отпад одлагао на депонијама, и то на један сигуран начин уз високу заштиту подземних вода и цјелокупног околиша.

Изградња једне одрживе привреде отпада, у корист рециклаже и његовог поновног искориштавања за висококвалитетне сигурносне системе и за рекултивацију је ;

- економски оправдана

- штеди природне ресурсе

- отвара радна мјеста за сепарацију, компостирање и употребу обичних машина за земљоградњу,

- поред свега тога, рециклажа и поновно искориштавање органских отпада иде у корист заштите климе и околиша.

Један такав носиви и оствариви концепт захтјева довољно велике површине за примање отпада и одговарајућу радну снагу за сепарацију, као и депонију са једним осигураним темељом, према Европским нормама, ради заштите подземних вода.

## ОПИС КОНЦЕПТА TERROSTAB®

За осигуравање депонија отпада потребни су темељни и површински абдихтунзи, који задржавају штетне материје, ради заштите тла и подземних вода.

У основи, за производњу темељног заптивача, потребне су двије компоненте, независне једна од друге, од различитог материјала, који морају бити такви да: исушивање, изобличење, механичка перфорација, грешке или оштећења, немају негативан утицај, односно да се настале грешке у изградњи могу успјешно санирати.

При употреби минералних компоненти за заптивач, вриједност пропустљивости мора износити најмање  $k_f = 5 \times 10^{-10}$  m/s.

Концепт израде дихтунга на одлагалиштима израђен је 1994. године и патентиран од стране инжињерског бироа Kügler у Есену 1996. године и подразумјева израду подлоге на депонијама или другим објектима нискоградње од преосталог отпада (пепела, талога, пијеска, самљевеног комуналног отпада). Овим поступком настаје материјал сличан глини. Поступком у којем се овом материјалу додаје водено стакло – минерални гел – не само да се достиже степен дихтовања природне глине, него се и превазилази.

Обогаћивање воденим стаклом изводи се тако што се у земљиште умијеша посебан, висококонцентриран прашак који је растворив у додиру с водом. Водено стакло се раствара у води која се налази у земљишту. Спајањем са састојцима који се налазе у саставу земљишта настају силикати и гелови. Они зачепљају и сљепљују поре и на тај начин настаје потребна густоћа, односно непропустљивост тла.

Овај концепт заптивача испуњава жељене захтјеве темељног заптивача у погледу ;

- производње

- репродуктивности

- непропустљивости,

- издржљивости, као и

- посебно спрјечавање продирања штетних материја, ради заштите подземних вода.

Функција одбијања штетних материја, обогаћивањем земљишта воденим стаклом, омогућава да се и органски, прерађени отпадни материјали и прочишћени муљ, као умјетно земљиште, помијешани са земљиштем из околине, могу користити за висококвалитетни површински заптивач.

Таква умјетна земљишта посебно се одликују кроз:

- велику еластичност без пукотина
- велики садржај воде уз истовремену непропустљивост
- добру способност прераде и
- високу издржљивост при утицају високих температура на површинске заптиваче.

Такви системи дихтовања имају високу механичку отпорност на оптерећење, деформација и наравно на различите температуре. Такође је кроз циљану изградњу система дихтовања доказано дјеловање „самопоправке“. Приликом екстремних деформација и настанка танке пукотине и приликом појављивања воде у њој кроз процесе седиментације, аутоматски долази до њеног затварања (инфилтрација).

На тај начин је заувјек очувано дјеловање непропустљивости у сваком дјелу – упркос оптерећењу и деформацијама.

Да би се испунили високи захтјеви тестова способности употребљених сировина и зајамчио квалитет смјесе, изграђена је посебна мобилна техника за мјешање ових материјала.

## **МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ**

Истраживачким радом, практично и теоретски, утврђено је да су настала сљедећа подручја примјене технологије :

- Производња заштитних површинских слојева од глине, пепела, пијеска и сл,
- Стабилизација и осигуравање старог слоја отпада који би се ради носивости и даље изградљивости могао искористити као подлога за даљу изградњу,
- Производња посебних умјетних земљишта за заштиту индустријских купишта која се налазе на стрмим нагибима,
- Прерада пустињског тла у циљу засађивања зеленишем, с циљем уштеде воде, и избјегавања испаравања вода и капиларног издизања соли, ради трајне одрживости засада,
- Заштита од ерозије вјетра,
- Производња базних дихтунга,

Додавање фракција се врши вагама којим се компјутерски управља, а у овисности о садржају воде у блату и отпадним материјалима додају се остале компоненте.

Додавање „тврдих“ фракција се врши багером у предајни левак постројења за мјешање, једне првобитне смјесе различитих фракција, усклађене за производњу одређеног слоја, која се производи под надзором материјала уз праћење садржаја воде у појединим компонентама (прочишћени муљ или водени муљ, различите врсте пијеска, те фракције преосталог отпада). Производња и омјер смјесе се такођер мора пратити и вршити у овисности топлоте.

Теоријским истраживањем и потврђивањем у пракси, великим техничким и успјешним примјенама, концепт заптивача са природним, пјесковитим и везујућим земљиштем, које постоји скоро у свим регионима, примјењив је готово свугдје у свијету.

- Производња површинских прекривача за запаљива купишта у Средоземљу помоћу постојећег тла, одговарајућих шљунковитих слојева од постојећих отпадних материјала (пепео, прашина, отпад од камене градње и сл),
- Производња култивисаних земљишта од отпадног материјала.

Доказано је и у теорији и у пракси, да се од земљишта и отпадних метеријала, уз помоћ обогаћивања воденим стаклом, такође и уз одговарајуће, прерађене отпадне материјале, могу произвести висококвалитетни системи дихтовања за депоније, као и слојеви заптивача за рекултивацију у аридним подручјима уз најмању потрошњу воде као и очување околиша.

Овакав један концепт показује да се једном трајном привредом отпада, различити отпадни материјали позитивно искориштавају за добро друштва, тако што

се кориштени отпадни материјали и земљишта враћају у природни ток, а све у циљу глобалне заштите климе са еколошких и економских аспеката.

## **ПРЕДНОСТИ ОВИХ СИСТЕМА ЗАПТИВАЊА**

Отпадни материјали се могу рециклирати, што доприноси редукацији и уштеди депонијског простора.

Потребни, природни материјали за заптивање се налазе на лицу мјеста и прерађују се тако, да кроз обогаћивање стаклом настаје потребни систем заптивања.

Обогаћивање воденим стаклом (TERROSTAB®) постиже затварање пора, у које загађене воде, доказано, више не могу продирати.

Ради гаранције трајности се користи додатни принцип, који има функцију арматуре и по којем се у заптивајући слој ставља танка, отпорна, јака, на хемикалије неосјетљива тканина, која пружа отпор оптерећењу, смањује могућност настанка пукотина и омогућава способност поправке кроз седиментацију у дијелу пукотина на

истом мјесту приликом вишеструког понављања.

Ови системи имају и ту предност да се властитом радном снагом и властитим искуствима потребни Know-How за производњу висококвалитетних површинских и темељних заптивача, може трансферирати за различите потребе, као и за стварање нових радних мјеста.

Такви системи заптивања се већ годинама граде у Њемачкој, Холандији, Белгији и другим Европским земљама, а потребни квалитет је испитан и позитивно оцјењен од стране страних стручњака и високих школа.

Поред тога што се постиже врло висок степен дихтовања природним материјалима, основна предност овог концепта је да је далеко јефтинији од уобичајених метода.

## **ПОСТУПАК ИЗГРАДЊЕ ДЕПОНИЈЕ**

На обликованом дну јаме би се поставио трослојни,  $3 \times 25 \text{ cm} = 75 \text{ cm}$ , темељни заптивач чија вриједност пропустљивости износи  $k_f \leq 1 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ .

Темељни заптивач не смије бити од земље у чијем саставу има превише глине која је склона исушивању. Могу се искористити постојећа земљишта у чијем саставу је удио глине  $< 10\%$ .

Углавном постоји могућност да се од блата, глиновитог пјеска, па чак и одговарајуће прашине или мљевеног камења произведе субстрат за заптивање и усклади са жељеним механичким особинама земљишта и онда се додатно кроз обогаћивање воденим стаклом угради заптивач са жељеним квалитетом. На основу минималних,

очекиваних деформација није потребна уградња додатног, сигурносног принципа. Рубови јаме се такођер морају заптити и по потреби изравнати.

Упркос малој могућности деформације дна, темељни заптивач се прекрива инфилтрирајућим слојем, ради апсолутне сигурности, да се и при настанку најмање пукотине, кроз самопоправку и седиментацију сигурно производи трајан, дјелотворан заптивач.

Изнад инфилтрирајућег слоја се насипа површински филтер се  $30 \text{ cm}$  до  $50 \text{ cm}$  каменог слоја. У дубинске тачке се уграђују дренажни водови. Површински филтер одводњава до најдубље тачке. Ту се у једном базену скупљају процједне воде.

Изграђују се два одвојена базена. У првом базену се скупља вода од падавина са површине на којој још није одложен отпад. У другом базену се скупља вода од падавина са површине на којој је одложен отпад. Раздвајање се врши такође и у површинском филтеру кроз уградњу глинских насипа, који се већ од самог почетка уграђују по планираном плану изградње. Чиста вода се одводњава испумпавањем или природним почетком плиме. Процједне воде помјешане са депонијским водама се искориштавају за хидратацију пепела у тијелу депоније.

Производња гасних дренажа, насипање материјала за гасне дренаже (шљунак из околине, величине 4/16 mm), насипање дренажних јарака и постављање водова за гасну дренажу као систем скупљања гаса метана.

Производња и наношење профилног и носивог слоја од одговарајућег отпада уз додаток талога и хидраулично везивих материјала, као нпр. смеђег угља, цементног праха, праха од спаљеног смеђег угља, пепела папира и слично.

Јако добро се могу искористити сепарисани комунални отпади, односно органски отпад. Органски удио се кроз прах са рН-вриједношћу имобилизира и на тај начин стабилизира да настају јаки слојеви без настанка гаса метана. Влакнаста структура иситњеног отпада на слој дјелује као арматура и штити од настанка пукотина при деформацијама.

Пад би требао износити 5% и требао би прелазити руб јаме, тако да се површинске воде могу одводњавати преко руба јаме.

Наношење минералног, двослојног, 2 x 25 cm = 50 cm јаког слоја међузаптивача, који се исто изграђује од одговарајућег отпада, праха, блата и/или глиновитих слојева који се налазе на том подручју, уз

обогаћивање воденим стаклом са вриједношћу пропустљивости од  $k_f < 1 \times 10^{-9}$  m/s.

Између та два слоја се уграђује арматура за спријечавање настанка пукотина.

Изнад тога уграђује се 10 cm јаки инфилтрирајући слој који се исто изграђује од одговарајућег, пјесковитог, постојећег, сепарисаног земљишта сходно DIN 18 300.

Изнад тога уграђује се слој хумуса: у доњем дијелу од пјесковитих, шљунковитих, камених и слабо глиновитих слојева (дробљени камен или шљунак и сл.), дробљено на величину зрна 0/45 mm, а горњи слој од везивног земљишта за садњу.

Унутар пропустљивог, доњег слоја хумуса уграђују се јарци за процједне воде за сакупљање површинских вода на слоју заптивача. Дренажни материјал се сортира из стјеновитог камења и дроби се на величину зрна од 0/45 mm.

Изградња филтрирајућих слојева изводи се тако да ни најфинија земљишта (блато) не утичу на филтрирајући слој, тако да он трајно задржава своје дејство, као што се и у природи дешава код слојева земљишта са различитим величинама дробљеног зрна.

Производња корита за одводњавање за сакупљање и одводњу површинских вода.

Одпад за одлагање требало би уситнити, помјешати са праховима и пепелом, како би био способан за уградњу и заптивање.

Потребне су и велике количине воде због одржавања влажности за оптималну земљоградњу.

У пракси градње је установљено да овакве депоније посједују јако слабо својство испирања, тако да су депонијске воде минимално угрожене. Тјело депоније је јако стабилно и при сухим временским приликама сорптивно може примити велике количине воде, а да не настану нове процједне воде.

## **ПРЕДНОСТ ОВАКВОГ НАЧИНА ДЕПОНИРАЊА**

Депонијске, процједне воде се без штете скупљају, а током фазе уградње се искориштавају и не морају се скупљеним мјерама прерађивати и прочишћавати.

Након затварања депоније не пријети поновна појава процједних вода. То се посебно доказало у пилотпројекту фирме Henkel KGАа, у шљунковитој јами која је обложена глиновитим слојем, на депонији у Monheim-у (Њемачка).

Слагање даљних отпадних материјала сљеди по планираним корацима изградње, по могућности брзо, до крајније висине,

како би се исто у корацима над депонираном отпаду могло квалитетно извршити површинско заптивање.

Након завршеног депонирања може се тврдити да је депонија сигурна, да нема никаквих негативних утицаја на земљиште, воду и зрак. На основу прахова високе рН-вриједности и с њима повезаном имобилизацијом органских материјала не могу се стварати испуштања гасова метана, тако да ће и за неколико година стварање метана потпуно престати.

## **ЗАКЉУЧАК**

Рециклажа отпадних материјала, уз примјену технологије Terrostab® је: економски оправдана, штеди природне ресурсе, отвара радна мјеста и иде у корист заштите климе и околиша.

Могућности примјене технологије су вишеструке а доприносе заштити околиша и одрживом развоју.

Примјеном наведене технологије, доприноси се редукацији и уштеди депонијског простора, смањују количине отпада за

депоновање и повећава површина корисног земљишта.

Потребни, природни материјали за заптивање се налазе на лицу мјеста и прерађују се тако, да кроз обогаћивање воденим стаклом настаје потребни систем заптивања.

Примјена технологије, као и изградња објеката нискоградње ангажује локалне ресурсе, доприноси очувању природних ресурса. Јефтина је.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Група аутора, „Енциклопедија – Животна средина и одрживи развој“, Завод за уџбенике и наставна средства С.Сарајево, Издавачко предузеће Ецолибри Београд, Београд 2003.
2. Белоусцхецк П., Кјглер Ј.У., Новотну Р., „Минерални материјали обогаћени воденим стаклом за системе дихтовања депонија“, Реферат за ДЕСЧЕМА – годишње засједање, стр.202, 1989.
3. Белоусцхецк П., Кјглер Ј.У., Новотну Р., „Системи за дихтовање обогаћени воденим стаклом“, ДЕПОНИЈА 3, стр.427-444, издавач Проф.Др.-Инг.К.Ј.