

**NASLOV: Odlagalište otpada "Gorjak" u Krapini – prikaz
projekta**

Landfill "Gorjak" in Krapina – case study

AUTOR: MARTINA CVJETIČANIN, dipl.ing.građ.,
IPZ Uniprojekt MCF, Babonićeva 32, ZAGREB

KOAUTORI: prof.dr.sc. MENSUR MULABDIĆ, dipl.ing.građ.¹
DANKO FUNDURULJA, dipl.ing.građ.²

¹*Građevinski fakultet Osijek*

²*IPZ Uniprojekt TERRA, Babonićeva 32, ZAGREB*

SAŽETAK

Odlagalište otpada "Gorjak" u Krapini korišteno je i organizirano u blizini kamenoloma, na platou koji je ograničavao kapacitete odlaganja i zahtijevao skupa tehnička rješenja. Novim konceptom odlagališta otvoren je prostor u udolini ispod postojećeg odlagališta koja je omogućila veće količine odlaganja, povoljnija tehnička rješenja i dugoročnije korištenje lokacije. Međutim, to je podrazumijevalo i rješavanje niza problema (cesta, stabilnost padine, organizacija i postav objekata, sanacija postojećeg stanja) koji su relativno nestandardni. U radu se prikazuje razvoj koncepta i predloženo rješenje na novoj mikro-lokaciji sa analizom tehničkih rješenja koja su primijenjena.

Ključne riječi: odlagalište, prikaz, tehnička rješenja

SUMMARY

„Gorjak“ landfill in Krapina town is situated and used beside the quarry, on the area beside steep slope that puts some limits on its capacity and requires expensive technical solutions. New concept of the landfill opened new space for waste in the valley behind the toe of the landfill slope that enabled deposition of

more waste than before, better technical solutions and longer use of landfill. However, that concept required special nonstandard solutions for road, slope stability, organization of the landfill and remediation of existing landfill. In this paper basic concept of new landfill is presented including new micro-location, and analysis of applied technical solutions is presented.

Key words: landfill, case study, technical solutions

1. Uvod

Odlagalište komunalnog otpada "Gorjak" koristi se od 1976. godine za potrebe odlaganja otpada s područja Grada Krapine i općina Đurmanec, Jesenje, Petrovsko i Radoboj. Lokacija odlagališta nalazi se u brdovitom i šumskom predjelu, na udaljenosti oko 12 km cestovnim putem sjeverno od grada Krapine. Lokacija odlagališta povezana je s naseljima odvojkom s ceste Krapina – Jesenje. Lokacija je smještena unutar sitnozrnastih taložina panonske starosti. Vidljivi izdanci na površini terena neposredno uz samo odlagalište pripadaju svjetlosivim glinovitim sitnozrnastim pijescima koji se izmjenjuju s tankim slojevima sivih lapora. Glinoviti pijesci su pretežito kvarcni s povećanim udjelom tinjaca. Zato na tom poručju nema infiltracije oborinskih voda u podzemlje već prevladava površinsko otjecanje.

Odlagalište otpada "Gorjak" ne nalazi se u vodozaštitnom području. Najbliži vodotok odlagalištu je potok Žutnica u koji utječe potok bujičnjak koji je kanaliziran, zacijevljen ispod odlagališta.

Lokacija odlagališta nalazi se na strmini u neposrednoj blizini kamenoloma, u prirodnoj udolini između dva brežuljka. Otpad se odlaže na platou u gornjoj zoni lokacije, s vrlo strmim pokosom odloženog otpada koji se obrušava niz prirodni pokos terena. Visinska razlika terena na kom je smješteno odlagalište je oko 60m.

Projektom dokumentacijom iz 2004. godine bila je predviđena sanacija odlagališta s nastavkom odlaganja do izgradnje novog odlagališta na razini Županije. Kao godina konačnog zatvaranja uzeta je 2010. godina.

Slika 1 – gornji plato – stanje 2003. godine

Slika 2 – rub gornjeg platoa prema udolini - stanje 2003. godine

Organiziranim skupljanjem i odvozom komunalnog otpada na području Grada Krapine i općina Đurmanec, Jesenje, Petrovsko i Radoboj u 2003. godini bilo je obuhvaćeno oko 7.612 domaćinstava s oko 25.685 stanovnika. Obuhvatnost stanovništva organiziranim skupljanjem i odvozom otpada iznosila je 100%.

Tablica 1. - Procjena količina odloženog otpada za razdoblje od 1976.-2003. godine

Vremensko razdoblje	Količina otpada, t
1976 - 1986	21.928
1987 - 1997	32.598
1998 - 2003	24.916
UKUPNO:	79.443

Na temelju količina procijenjen je i volumen koji zauzima odloženi otpad, a uzimajući u obzir nasipne težine različitih vrsta odloženog otpada na odlagalištu.

Tablica 2. - Procjena volumena odloženog otpada za razdoblje od 1976.-2003. godine

Godina	Kumulativna količina otpada, m ³
1980	7.026
1990	42.731
2003	82.201

Specifična težina odloženog otpada iznosi 966 kg/m³.

U tablici 3. prikazane su ukupne količine komunalnog i industrijskog neopasnog otpada koji će se stvarati na analiziranom području u razdoblju do 2010. godine, kao i volumen stvorenog otpada.

Tablica 3. - Ukupne količine i volumen otpada do 2010. godine

Godina	Komunalni otpad t/god	Industrijski Otpad* t/god	Ukupni otpad t/god	Kumulativne količine t	Kumulativno volumen m³
2003.	4.650	241	4.891	4.891	7.525
2004.	4.728	248	4.976	9.867	15.181
2005.	4.808	256	5.063	14.931	22.970
2006.	4.910	263	5.173	20.104	30.929
2007.	5.014	271	5.285	25.389	39.061
2008.	5.121	279	5.400	30.789	47.368
2009.	5.229	288	5.517	36.307	55.856
2010.	5.341	296	5.637	41.944	64.529

* - sličnih svojstava komunalnom otpadu

Površina baze tijela odlagališta za odlaganje komunalnog otpada iznosi cca 8.400m². Raspoloživi prostor za odlaganje otpada na lokaciji odlagališta "Gorjak" iznosi oko 71.300 m³. Uz vrijednost zbijanja otpada na odlagalištu od 0,65 t/m³ i efekte slijeganja, procijenjeno je da je pravilnim radom na odlagalištu na postojećoj lokaciji moguće odložiti sav nastali otpad na razmatranom području u razdoblju do 2010. godine.

Obzirom da je vijek odlagališta potrebno produljiti do početka rada Regionalnog centra gospodarenja otpadom "Piškornica", koji se očekuje u 2015. godini, nakon analize uvjeta korištenja lokacije i tehničkih zahtjeva za izvedbu sanacije postojećeg odlagališta otpada, pojavila se ideja da se pristupi novom konceptu sanacije i izgradnje odlagališta otpada, kojim će biti obuhvaćen prostor koji nije bio predviđen starijim rješenjem. O ta dva rješenja (stari i novi koncept) govori se u nastavku rada.

Slika 3 – stari i novi koncept tijela odlagališta – tlocrt

2. Stari i novi koncept

Sjeverni pokos postojećeg odlagališta dopire do podnožične udoline i zahtijeva skupu i tehnički osjetljivu izvedbu slojeva odlagališta (glina i temeljni sustav na strmom pokosu, mali prostor koji se oslobađa za otpad te skučen radni prostor za izvedbu). Taj i problem nedostatnog raspoloživog volumena na postojećem platou natjerao je projektante da osmisle alternativni način sanacije. Tako je razvijeno rješenje kojim se odlagalište proširilo na dio terena u udolini ispod sadašnje lokacije, s namjerom da se ostvari nova zona odlaganja koja će se u konačnici spojiti u jednu cjelinu s postojećim odlagalištem.

Osnovno obilježje novog koncepta odlagališta je da se ono proširuje na udolinu ispod postojećeg odlagališta, koja se uređuje dotjerivanjem temeljnog tla i pokosa na bokovima, čime se formira novi plato, a postojeći se teren (kosina) između stare i nove plohe iskopom uređuje na nagib 1:1,5.

Slika 4 – stari i novi koncept tijela odlagališta – presjek

Prema starom konceptu razlika visinskih kota donje i gornje točke odlagališta je cca 60 m, uz pokose nagiba 1:2, a ukupna površina zahvata iznosi oko 1,16 ha.

S radovima na sanaciji započelo se sredinom 2006. godine. Otpad se tijekom izvođenja radova odlagao na postojećem dijelu odlagališta (gornji plato) te je došlo do povećanja ovog dijela tijela odlagališta i tlocrtno (1,0 ha) i visinski, tako da je najviša kota danas odloženog otpada 373 mm. Obzirom da se otpad u ovom periodu sve više gurao prema rubu postojećeg odlagališta, na pokosu prema podnožičnoj udolini uočena je pojava nestabilnosti te su radi toga tijekom 2008. godine izvedeni dodatni istražni radovi. Izrađena je nova geodetska snimka iz koje je vidljivo da je pokos, koji je formiran od odloženog otpada, značajno strmiji u odnosu na stanje koje je bilo kada su rađene geodetske podloge za postojeću projektну dokumentaciju. Nakon konzultacija i novih preliminarnih

projekcija zaključeno je da je u određenim dijelovima potrebno pristupiti preprojektiranju.

Slika 5 - pokos postojećeg odlagališta na kojem su uočene nestabilnosti

3. Novo odlagalište

Novim je konceptom predviđeno sljedeće:

- Postojeće tijelo odlagališta (gornja ploha) se zatvara izgradnjom završnog pokrovnog sloja, bez mogućnosti daljnjeg odlaganja novog otpada, i spaja se s novim dijelom odlagališta u konačnu jedinstvenu cjelinu
- Radi osiguranja stabilnosti postojećeg tijela odlagališta projektirani nagib pokosa konačnog odlagališta ublažava se na 1:3, zbog čega se donji (nožični) nasip novopredviđene plohe odlagališta pomiče prema sjeveru, čime se povećava površina saniranog i zatvorenog tijela odlagališta koja sad iznosi cca 2,6 ha
- Mijenja se sadržaj i dispozicija ulazno – izlazne zone – otkupljene su dodatne katastarske čestice pa je spojna cesta do nekadašnjeg ulaza u odlagalište sada smještena unutar ograde. Time je omogućena promjena dispozicije ulazno – izlazne zone i pomicanje nožičnog nasipa na prostor koji je starim konceptom bio predviđen za izgradnju lagune i slapišta. Na samom ulazu na odlagalište dobiven je i dodatni prostor koji je iskorišten za ugradnju vage. Novim konceptom ne predviđaju se laguna i garaža. Zbog vrlo strme konfiguracije terena, prostor za smještaj svih predviđenih objekata u ovoj zoni osiguran je izgradnjom potpornih konstrukcija.

Slika 6 – situacija ulazno – izlazne zone

Novom projektnom dokumentacijom (novi koncept) predviđeno je da se novoplanirana ploha izvodi u podnožju postojećeg odlagališta, u udolini, u

dvostrešnom padu u smjeru sjever – jug i istok-zapad. Za njeno je formiranje potrebno izgraditi temeljni brtveni sustav, nasipe (temeljni - nožični i tehnološki) te urediti bokove za spoj donjeg i bočnih dijelova temeljnog brtvenog sustava.

Slika 7 – novoplanirana ploha

Nožični nasip ima visinu oko 3,5 m, izgrađen je od kamenog materijala, služi za stabilizaciju pokosa i temeljenje nožice odlagališta otpada. Prije izvedbe nasipa bilo je potrebno izvesti djelimično zapunjavanje korita potoka kamenim nabačajem, kako bi se osiguralo dobro temeljenje nasipa i nožice odlagališta otpada. Novoplanirana servisna cesta prelazi preko njega u zavoju na istočnom boku formirajući ulazno – izlaznu rampu na tijelo odlagališta, a kruna nasipa će biti slobodna za prolaz i u fazi eksploatacije. Gornji nasip je manji (visina 1,5 m) i služi kao tehnološki nasip, kojim se omeđuje temeljni sustav novoplaniranog tijela odlagališta i pokosa postojećeg terena prema starom odlagalištu. On predstavlja tampon zonu prema neuređenom pokosu postojećeg odlagališta, kojem se zbog konfiguracije terena ne može pristupiti s mehanizacijom koja bi omogućila radove na sanaciji. Kako će se odlagalište puniti i dizati, omogućit će se pristup navedenom pokosu, koji će se onda uređivati kako radovi budu napredovali.

Slika 8 – novoplanirana ploha - stanje na terenu - 11.2009. g.

Dno novoplanirane plohe odlagališta uređuje se kao vodonepropusno izgradnjom donjeg brtvenog sloja.

Slika 9 – detalj donjeg brtvenog sloja

Postojeća podloga se poravnava i čisti, na nju se nanosi novi glineni sloj od 50 cm debljine, a zatim bentonitni tepih i drenažni sloj. Ispod temeljnog sustava izgrađen je sustav za odvodnju oborinskih voda, koje dotječu s pokosa. Navedeni sustav je

privremenog karaktera i odvojen je od svih budućih sustava odvodnje, kako se ne bi ometala izvedba novog dijela odlagališta, a bit će blokiran kada se izgradnjom novog dijela odlagališta iza tehnološkog nasipa omogući prihvat tih voda. Odvodnja tijela odlagališta riješena je poprečnim i uzdužnim nagibom posteljice te se putem drenaže skupljena voda odvodi u sabirni bazen. Tlocrtno se čitava temeljna ploha između dva nasipa manjim podužnim nasipom (razdjelni nasip) dijeli na dvije kazete kako bi se osiguralo da se odvojeno prikuplja procjedna voda na aktivnoj plohi odlaganja od kišnice koja se skuplja na drugoj plohi i time se rastereti sabirni bazen. U tu svrhu izgrađeni su odvojeni drenažni sustavi za te dvije plohe, koji se spajaju u kontrolnom šahtu ispred nožičnog nasipa i gdje se vodama iz njih može upravljati bez međusobnog miješanja i uz međusobno miješanje. Kada obje plohe budu u funkciji odlaganja te dvije drenažne vode će se u šahtu spajati u istu cijev koja procjedne vode odvodi u sabirni bazen.

Nakon popunjavanja tijela odlagališta potrebno je izraditi završni pokrovni sloj koji se onda rekultivira. Kao završni pokrovni sloj predviđen je sustav s bentonitnim tepihom i prirodnim drenažnim slojem.

Slika 10 – detalj završnog pokrovnog sloja

Završni pokrovni sloj izvodi se u nagibu 1:3, čime se osigurava njegova stabilnost u uvjetima velike duljine pokosa.

Slika 11 – presjek zatvorenog odlagališta – novi koncept

Ukupna površina čestice zahvata iznosi cca 4,27 ha, od čega površina unutar ograde zahvata iznosi cca 4,22 ha. Ukupna površina tijela odlagališta je cca 2,6 ha, od čega je površina postojećeg tijela odlagališta koje se zatvara cca 1,0 ha. Razlika visinskih kota donje i gornje točke tijela odlagališta je 58 m. Raspoloživi volumen odlagališta od oko 136.800 m³ bit će dovoljan za dnevno rješavanje

problema zbrinjavanja komunalnog i njemu sličnog neopasnog proizvodnog otpada do otvaranja regionalnog centra za gospodarenje otpadom "Piškornica", koje se očekuje do 2015. godine.

Slika 12 – situacija zatvorenog odlagališta – novi koncept

4. Primijenjena tehnička rješenja

Posebnost novog koncepta objedinjenog odlagališta zahtijevala je i posebna rješenja. Ona se odnose na:

- a) uređenje temeljne plohe (čišćenje mekih zona, poravnanje i zbijanje postojećeg tla)
- b) izvedbu glinenog podložnog sloja debljine 50 cm na uređenoj podlozi (prema EC direktivi)
- c) izvedbu drenažnog sustava privremenog karaktera, ispod novog temeljnog sustava - za sljevne vode s pokosa (mogu biti opterećene jedino suspendiranim tvarima), radi osiguravanja normalnog rada (u suhom) na temeljnoj plohi novog dijela odlagališta
- d) izvedbu nasipa na nožici pokosa novoga odlagališta (temeljni nasip, predstavlja uporište za pokos novog odlagališta)
- e) izvedbu nasipa poprečno na dulji smjer (tehnološki nasip), a ispod nožice postojećeg pokosa obronka na kojem se trebao izvesti pokos po starom konceptu (taj će omogućiti uredno korištenje novog odlagališnog prostora i čišćenje i pripremanje starog pokosa za zapunjavanje tijekom sukcesivnog rasta otpada u novom dijelu odlagališta);
- f) niski podužni (razdjelni) nasip između nožičnog (temeljnog) i poprečnog (tehnološkog) nasipa - njime se ploha odlaganja dijeli na dva dijela, tako da se dobiju dvije kazete, od kojih se prvo puni jedna, a zatim druga, pri

čemu se ne miješaju oborinske vode na jednoj kazeti bez otpada s procjednim vodama na drugoj kazeti sa otpadom

- g) izvedbu odvojenih drenažnih sustava za dvije kazete temeljne plohe,
- h) posebnu izvedbu drenaže u bočnim pokosima u izgradnji odlagališta
- i) izvedbu završnog pokrova i obodnog kanala za odvodnju oborinske vode.

Posebno je obrađivan slučaj bočnih kanala za odvodnju površinskih voda koje se slijevaju prema odlagalištu po pokosima.

Slika 13 - detalj bočnog zasjecanja

Svakih dva metra visine izvodit će se zasječeni kanal u kojem će se sidriti bentonitni tepih, i koji će se zapunjavati drenažom čija je uloga da odvodi dospjelu vodu s pokosa prema donjem dijelu odlagališta i time sprečava njenu pojavu u odlagalištu otpada. Time se osigurala postupna izvedba bočnog nepropusnog sustava i sidrenja bentonitnog tepiha u etažama po visini, kako napreduje odlaganje, i zaštita od nepotrebne izvedbe čitavog bočnog sustava odjednom, što je skupo i podložno oštećenjima kroz vrijeme dok se ne postigne ukupna visina odlagališta.

Konačna će se odvodnja površinske vode i starog i novog dijela odlagališta (kada oba odlagališta postanu jedna cjelina) obaviti obodnim kanalima.

Prilazna cesta i područje prališta i bazena zahtijevali su izvedbu potpornih konstrukcija i zaštitu vodotoka. Potporni će zidovi biti izgrađeni od kamena i gabiona, budući da se uz odlagalište nalazi kamenolom i da se zahtijeva otpornost na bujice koje se u potoku mogu pojaviti.

Istražnim radovima je utvrđeno da se bokovi nove zone odlagališta sastoje od tvrdih i slabo propusnih naslaga gline, lapora i meke stijene. Zbog te zatečene nepropusnosti bočne podloge ocijenjeno je dovoljnim da se na bokovima postavi

kao dodatna nepropusna barijera samo bentonitni tepih. Relativno strmi pokosi bokova omogućit će brzo otjecanje filtrata, ali će povećati trenje na brtveni sustav od slijeganja otpada. Zato će etažna izvedba sidrenja brtvenog sustava na boku pomoći da se ta sila od trenja prenosi na manjim etažama sa višestruko sidrenim dionicama u brtvenom sustavu.

5. Komentar i zaključak

Uobičajeno se sanacija starog odlagališta provodi na zauzetom prostoru odlaganja. Ponekad se isplati provjeriti i druge koncepte, naročito kada se očekuje da će očekivane količine otpada biti veće od kapaciteta odlagališta i/ili kada okolnosti u okolišu i odlagalištu omogućuju primjenu drugih koncepata – nestandardnih, ali isplativih i dugoročno povoljnijih. Takva je situacija opisana u ovome radu na slučaju odlagališta u Krapini.

U slučaju sanacije i osposobljavanja odlagališta u Krapini pokazalo se da se iskorištavanjem prirodne udubine ispod odlagališta može riješiti i problem osjetljive stabilnosti pokosa postojećeg odlagališta i osigurati urednije i pogodnije odlaganje veće količine otpada u budućnosti. Investitor je pozdravio inicijativu za novi koncept i podržao novo rješenje, jer se ono pokazalo boljim od starog koncepta.

Takav je pristup zahtijevao rješavanje prostornih, tehničkih i tehnoloških zadataka u nestandardnom obliku (koncept, nasipi, drenaže, brtveni sustavi, cesta, korito potoka, bazen). Posebnost rješenja ogledala se u sustavima drenaže, pratećim objektima (servisna cesta, bazen) koncepta odlagališta (nasipi, fazna izvedba, brtveni sustavi), održivog korištenja sa stanovišta količine otpada, dinamike korištenja i mogućnosti izvedbe. Još jednom se pokazalo da je racionalno projektiranje odlagališta otpada zahtjevan zadatak i da se klasična rješenja i

koncepti uvijek mogu unaprijediti uz dobra inženjerska rješenja, na dobrobit zajednice i investitora.

6. Literatura

1. IPZ Uniprojekt MCF d.o.o., Stručna podloga za izdavanje lokacijske dozvole odlagališta otpada "Gorjak" – Krapina, ožujak 2004.
2. IPZ Uniprojekt MCF d.o.o., Glavni projekt odlagališta otpada "Gorjak", listopad 2004.
3. IPZ Uniprojekt MCF d.o.o., Izvedbeni projekt odlagališta otpada "Gorjak", kolovoz 2005.
4. IPZ Uniprojekt MCF d.o.o., Idejni projekta za izmjene i dopune lokacijske dozvole odlagališta otpada "Gorjak" – Gornje Jesenje, srpanj 2010.
5. Council Directive 1999/31/EC on the landfill of waste

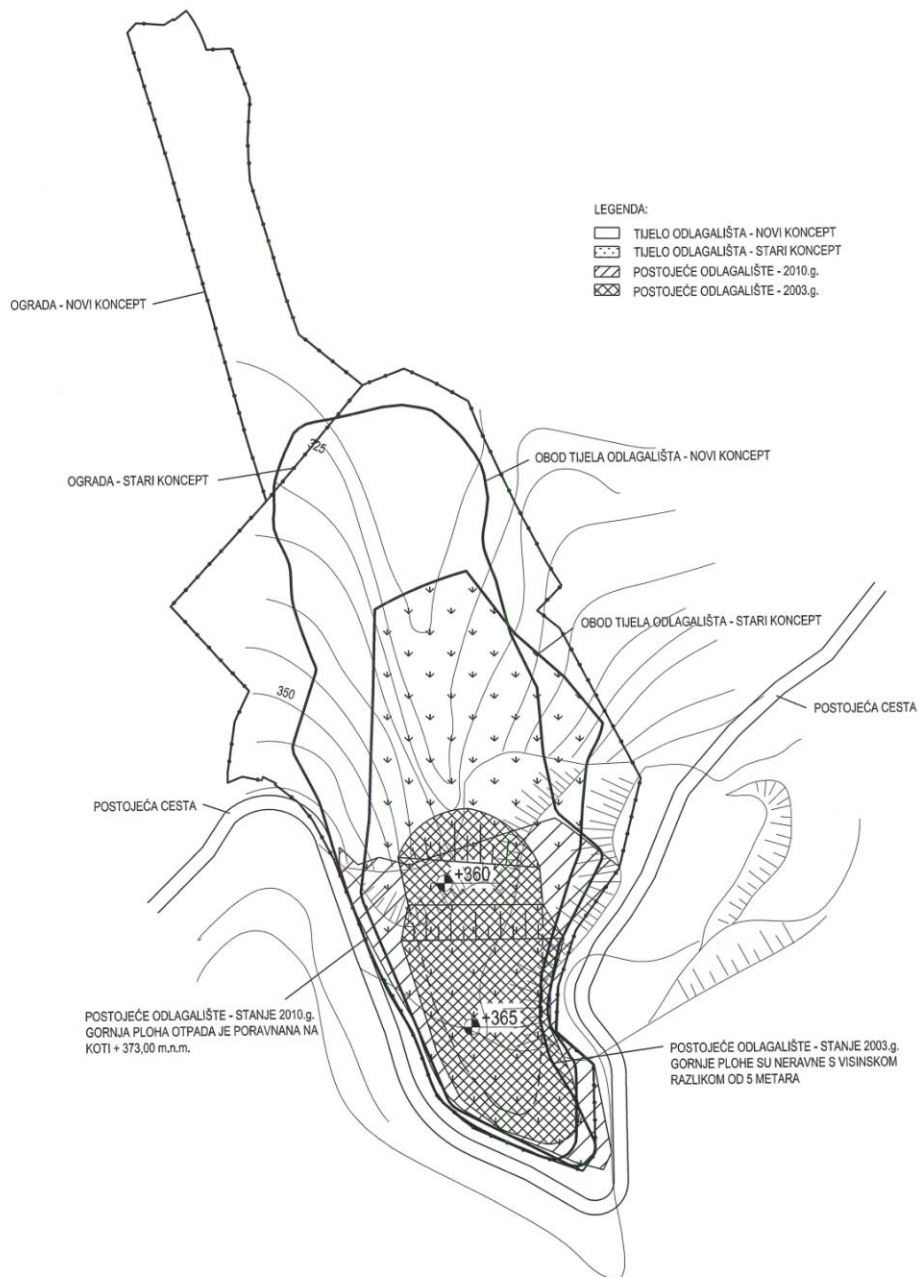
Slika 1 – gornji plato – stanje 2003. godine



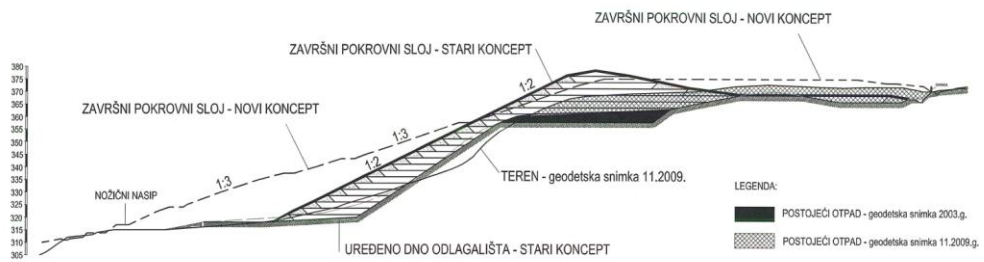
Slika 2 – rub gornjeg platoa prema udolini - stanje 2003. godine



Slika 3 – stari i novi koncept tijela odlagališta – tlocrt



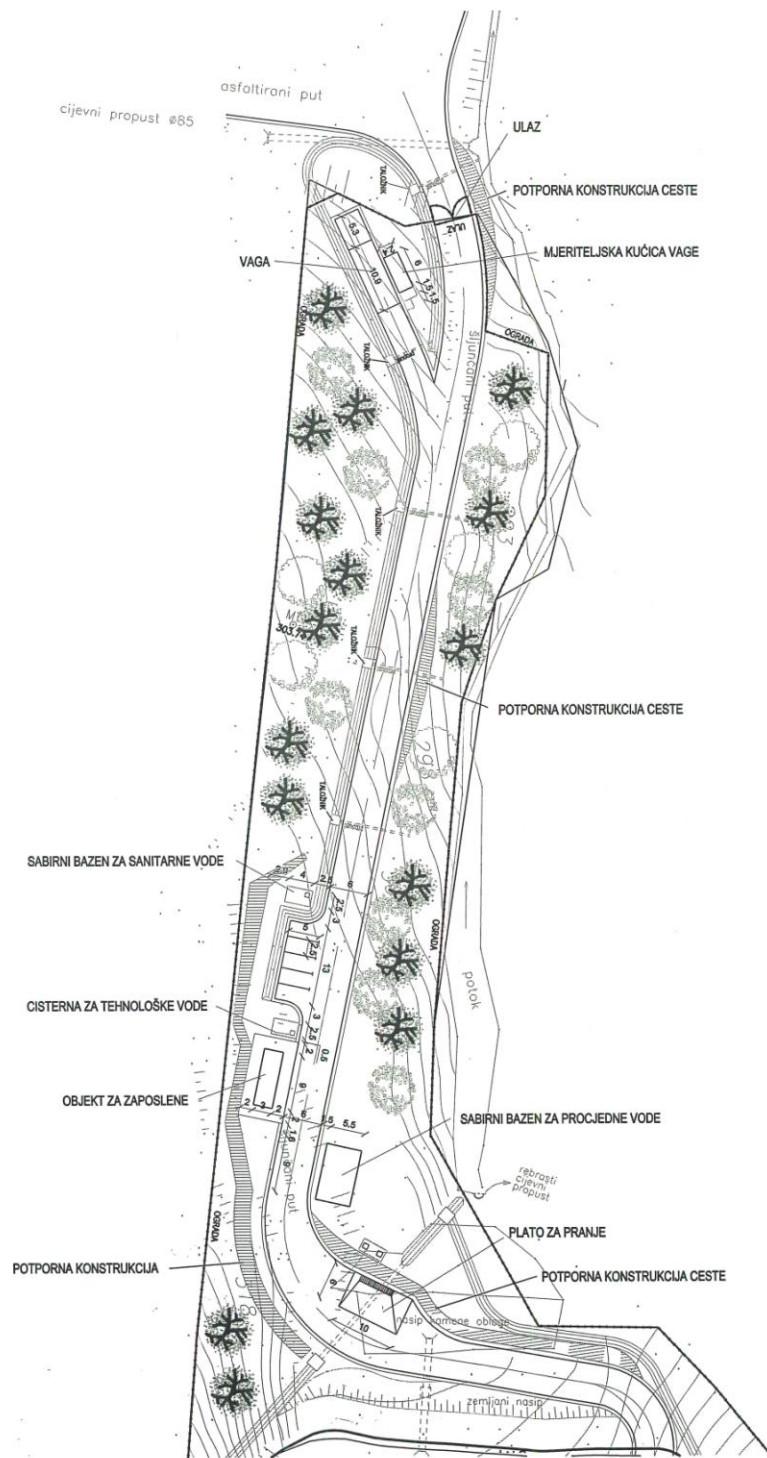
Slika 4 – stari i novi koncept tijela odlagališta – presjek



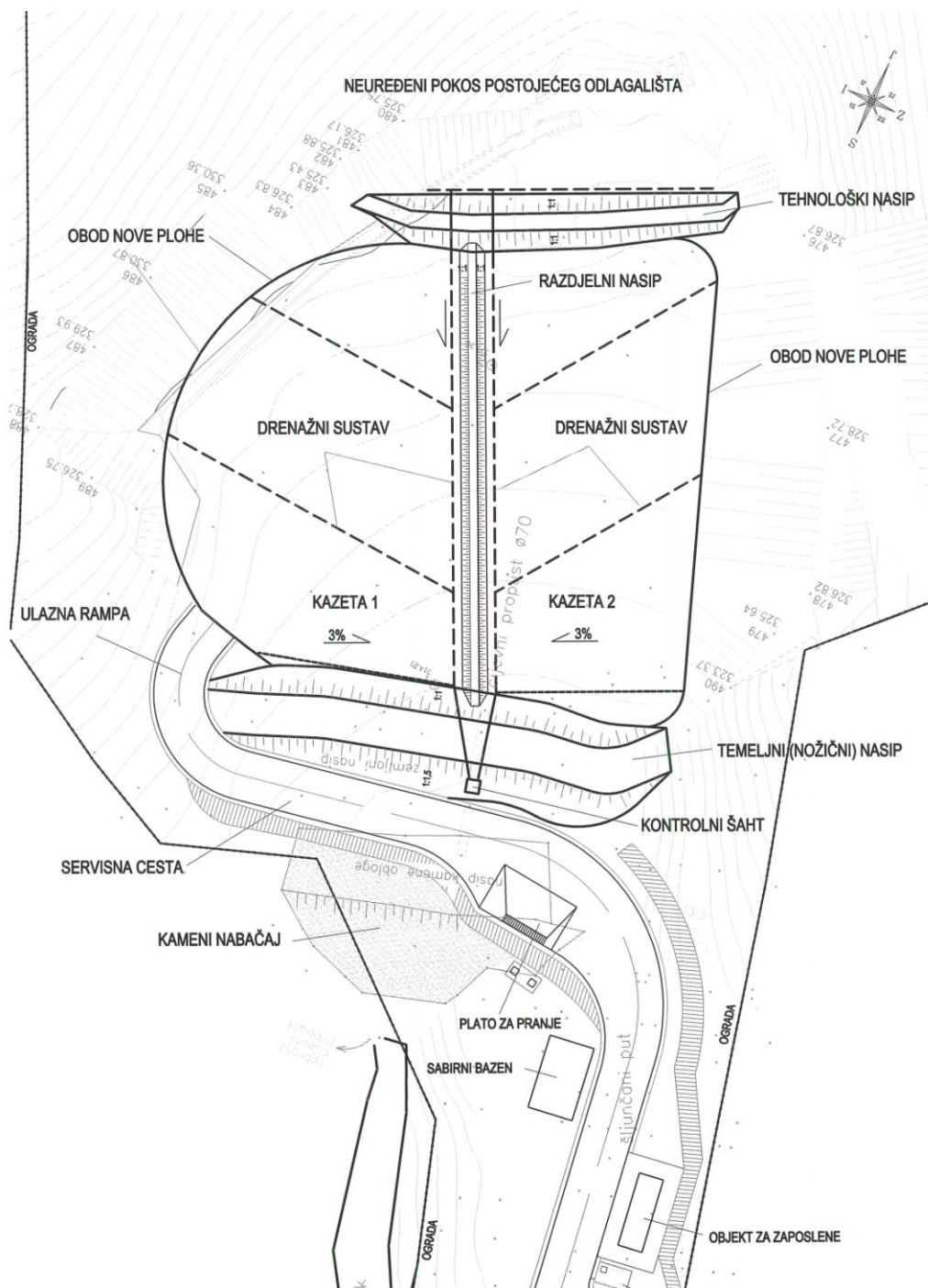
Slika 5 - pokos postojećeg odlagališta na kojem su uočene nestabilnosti



Slika 6 – situacija ulazno – izlazne zone



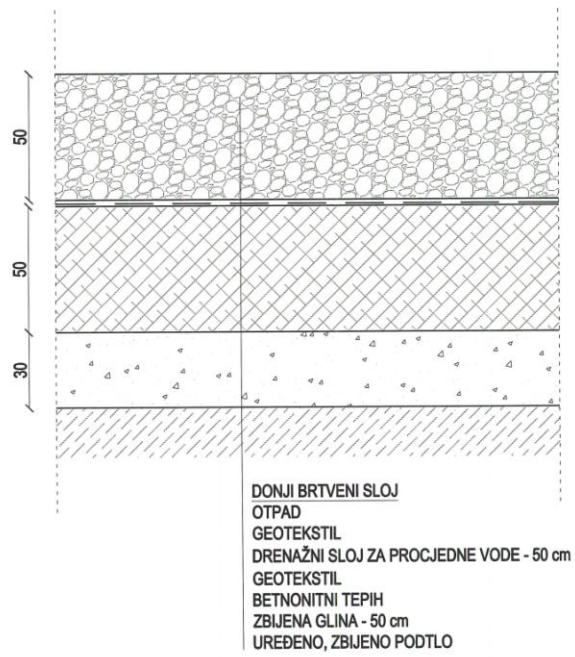
Slika 7 – novoplanirana ploha



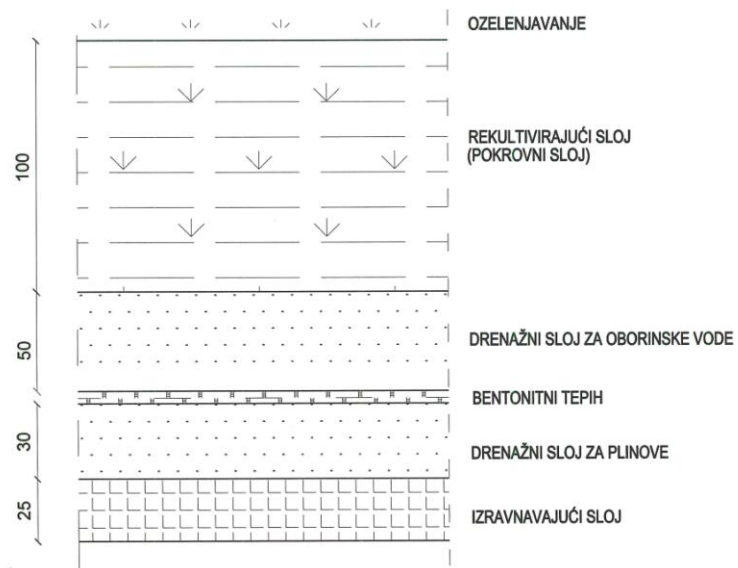
Slika 8 – novoplanirana ploha - stanje na terenu - 11.2009. g.



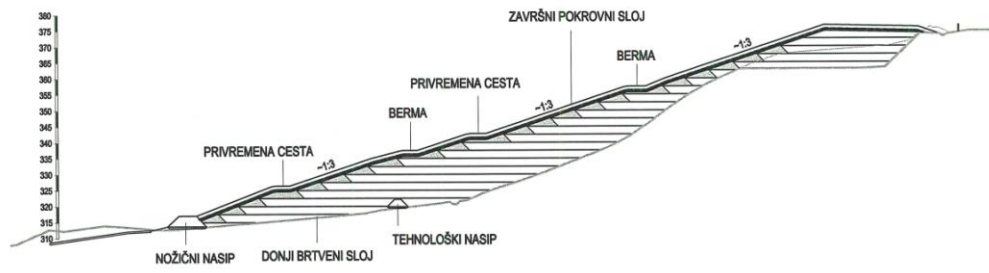
Slika 9 – detalj donjeg brtvenog sloja



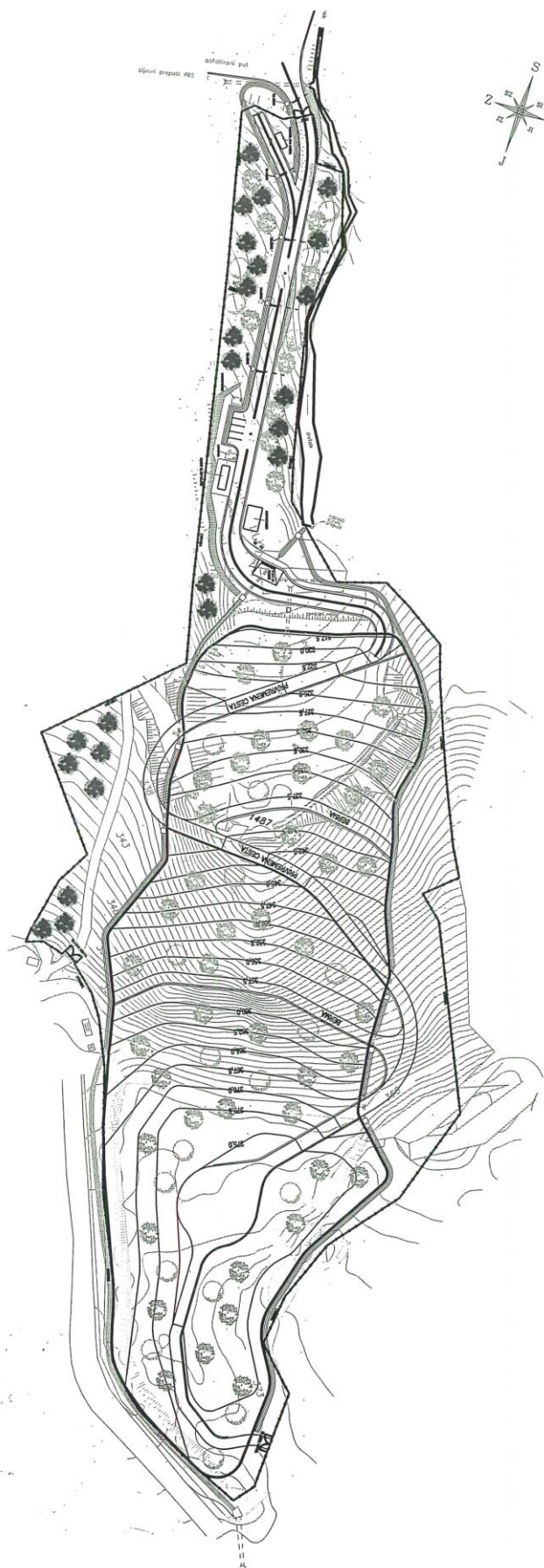
Slika 10 – detalj završnog pokrovnog sloja



Slika 11 – presjek zatvorenog odlagališta – novi koncept

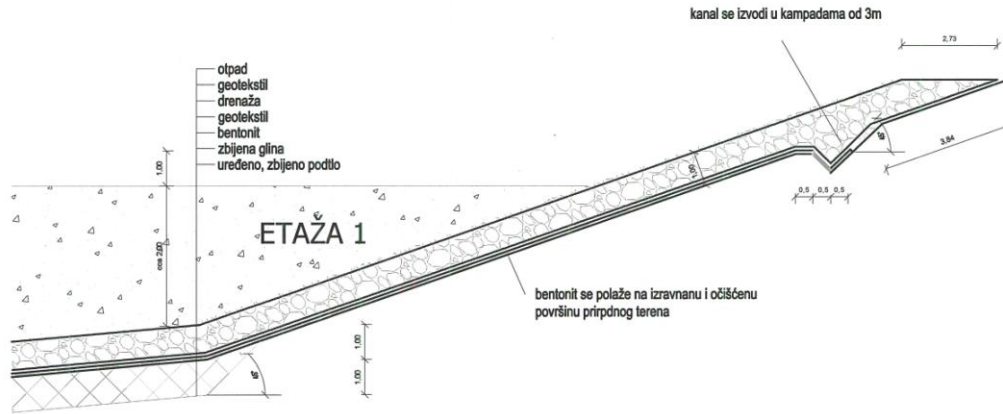


Slika 12 – situacija zatvorenog odlagališta – novi koncept



Slika 13 - detalj bočnog zasjecanja

FAZA 1



FAZA 2

