

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Kastelic, M., 2016. GNSS-izmera divjega odlagališča odpadkov v okolici Gmajnic. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P., somentor Urbančič, T.): 24 str.

Datum arhiviranja: 06-07-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Kastelic, M., 2016. GNSS-izmera divjega odlagališča odpadkov v okolici Gmajnic. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P., co-supervisor Urbančič, T.): 24 pp.

Archiving Date: 06-07-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE TEHNIČNO
UPRAVLJANJE
NEPREMIČNIN**

Kandidat:

MIHA KASTELIC

**GNSS-IZMERA DIVJEGA ODLAGALIŠČA ODPADKOV
V OKOLICI GMAJNIC**

Diplomska naloga št.: 60/TUN

**GNSS SURVEY OF THE ILLEGAL LANDFILL OF
WASTE IN THE AREA OF GMAJNICE**

Graduation thesis No.: 60/TUN

Mentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 28. 06. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Miha Kastelic izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »GNSS-izmera divjega odlagališča odpadkov v okolici Gmajnic«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 31. 5. 2016

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.2(497.4)(043.2)
Avtor:	Miha Kastelic
Mentorica:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor:	asist. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod.
Naslov:	GNSS-izmera divjega odlagališča odpadkov v okolici Gmajnic
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – Visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	24 str., 5 pregl., 16 sl.
Ključne besede:	GNSS, RTK-metoda izmere, odlagališče odpadkov, volumen, Deulanayeva triangulacija

Izvleček

V diplomski nalogi podrobneje obravnavamo divje odlagališče gradbenih odpadkov na območju Ljubljanskega barja, ki je že nekoliko sanirano. Na danem območju smo s terensko izmero GNSS določili položaje točk na odlagališču, da bi lahko nadalje ocenili prostornino odpadkov. V prvem delu naloge opisujemo značilnosti Ljubljanskega barja in problematiko divjih odlagališč ter se navezujemo na spletno stran »*Očistimo Slovenijo v enem dnevu*«. V drugem delu predstavimo obdelavo terenskih meritev in izračun prostornin s postopkom Delaunayeve triangulacije. Glede na informacije lastnikov zemljišč, da so odpadke odlagali v gradbeno jamo z globino več metrov, smo ocenili vrednost prostornine, če se odpadki nahajajo pod nivojem terena. Prostornino odlagališča smo izračunali večkrat – z upoštevanjem različnih meril, da bi dobili oceno, katero število in razporeditev točk vplivata na končni izračun. V tretjem delu predstavljamo rezultate izračunov. V sklepnem delu podajamo predloge za nadaljnje delo, povezano z ugotavljanjem posedanja odlagališča.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	528.2(497.4)(043.2)
Author:	Miha Kastelic
Supervisor:	Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
Co-mentor:	Assist. Tilen Urbančič
Title:	GNSS-measurement of the illegal landfill of waste in the area of Gmajnice
Document type:	Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools:	24 p., 5 tab., 16 fig.
Keywords:	GNSS, RTK-method, landfill of waste, volume computation, Delaunay triangulation

Abstract

The diploma thesis deals with an illegal landfill of waste at the area of Ljubljansko barje, which has already been rehabilitated. GNSS terrain measurements have been performed to get the positions on the landfill waste for the volume computation. The first part of the thesis incorporates a short description of the Ljubljansko barje and describes the recent Slovenian project *Let's clean Slovenia in one day*. The second part includes steps of data processing with final volume computation using Delaunay triangulation. According to the landowners' information the landfill of waste deposited in the excavation at a depth of several meters. So we estimated also the volume, where the waste was located below the ground level. Landfill volume was calculated by several different criteria's in order to get an estimation of how the number as well as distribution of points affects the final calculation. At the end we propose further activities at the same area, that acquire also landfill waste subsidence estimation.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren in somentorju asist. Tilnu Urbančiču.

Zahvaljujem se svoji zaročenki Tini Hostnik za podporo in razumevanje ob pisanju diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi staršem in družini ter prijateljem, ker so mi stali ob strani med študijem in mi nudili pomoč.

UPORABLJENE KRATICE

GNSS angl. Global Navigation Satellite System

VRS angl. Virtual Reference Station

RTK angl. Real Time Kinematic

PDOP angl. Position Dilution of Precision

TIN angl. Triangulated Irregular Network

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 Namen in cilji naloge	1
1.2 Delovni hipotezi	1
1.3 Struktura diplomske naloge	2
2 LJUBLJANSKO BARJE	3
2.1 Opis in lega območja	3
2.2 Mlajši sedimenti	4
3 PROBLEMATIKA DIVJIH ODLAGALIŠČ	5
3.1 Ekologi brez meja	5
3.1.1 Registracija divjega odlagališča na portalu »Očistimo Slovenijo«	5
4 TERENSKI OGLED DELOVIŠČA	8
4.2 Primerjava stanja terena med letoma 2007 in 2014	9
4.3 IZVEDBA MERITEV NA TERENU	12
5 OBDELAVA TERENSKIH MERITEV	13
5.2.1 Teoretična izhodišča Delaunayeve triangulacije	14
5.2.2 PROGRAM AutoCAD IN DELAUNAYEVA TRIANGULACIJA	15
6 REZULTATI	19
6.1 Izračun prostornine z vsemi izmerjenimi točkam	19
6.2 Izračun prostornine po merilih	20
6.3 Primerjava ocene velikosti prostornin	21
7 ZAKLJUČEK	23
VIRI	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koordinate obravnavanega območja (globalni koordinatni sistem).....	7
Preglednica 2: Približne koordinate načrtovane izmere divjega odlagališča v globalnem sistemu	9
Preglednica 3: Rezultati z upoštevanjem vseh točk/referenčna vrednost točk volumna	20
Preglednica 4: Rezultati obdelave, določene z upoštevanjem meril, predstavljenih na strani 19	21
Preglednica 5: Relativna napaka izračunanih prostornin	22

KAZALO SLIK

Slika 1: Območje nature 2000 v Sloveniji.....	3
Slika 2: Območje Nature 2000 na Ljubljanskem barju	4
Slika 3: Prikaz izseka iz uradne spletne strani.	6
Slika 4: Podrobnejši prikaz odlagališča.....	7
Slika 5: Prikaz obsega meritev (z rumeno) in vse izmerjene točke (z rdečo) ter predviden obseg meritev cca 100 m (z oranžno).....	8
Slika 6: a) levi skrajni rob izmere; b) desni skrajni rob izmere.....	9
Slika 7: Prikaz izkopa gradbene jame za poznejše odlagališče gradbenih odpadkov	10
Slika 8: Prikaz saniranega območja odlagališča gradbenih odpadkov	11
Slika 9: Prod na površju po preteku osmih let.....	11
Slika 10: Prikaz vseh izmerjenih točk na državnem ortofotu.....	13
Slika 11: Prikaz točk in višin.....	14
Slika 12: Delaunayeva triangulacija z očrtanimi krogi	15
Slika 13: a) Izbrane točke osnovne ploskve; b) Izdelana Delaunayeva triangulacija med točkami osnovne ploskve	16
Slika 14: a) Izmerjene točke primerjalne ploskve; b) Izdelana Delaunayeva triangulacija med točkami primerjalne ploskve	16
Slika 15: a) Na sliki sta vidni obe ploskvi: osnovna (na sliki spodaj) in primerjalna (na sliki zgoraj), ki sta druga nad drugo; b) Izsek prekrivanja obeh mrež – t. i. skupna mreža TIN.....	17
Slika 16: Določitev površine trikotnika pri izračunu prostornin z metodo mreže TIN; primer izdelave skupne mreže TIN in prostorskega segmenta iz dveh ploskev mreže TIN.	17

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Divja odlagališča kvarijo okolico, povzročajo škodo na vegetaciji in so lahko nevarna za onesnaženje podtalnice, zato lahko vplivajo na zdravje ljudi in živali (Matos, Oštir in Kranjc, 2012). Kljub ozaveščanju ljudi o nevarnosti divjih odlagališč, tudi s projektom iz let 2010 in 2012 »Očistimo Slovenijo v enem dnevu«, se ta še vedno na novo pojavljajo. Divja odlagališča lahko kot posamezniki zaznamo in umestimo v prostor na spletni strani projekta. Eno izmed teh smo na območju Ljubljanskega barja podrobneje obravnavali v dani diplomski nalogi. Gre za divje odlagališče gradbenih odpadkov, ki je nastajalo daljši čas v letu 2007. Kljub dolgotrajnim prijavam in posredovanjem informacij lastnikov zemljiških parcel med širjenjem ga za to pristojni inšpekcijski službi *Ministrstva za okolje in prostor* ni uspelo ustaviti. Območje odlagališča je zelo pomembno pri odvajanju meteoritnih voda južnega dela Ljubljane. Nahaja se v območju Nature 2000, na katerem gre za posebne varnostne ukrepe za ohranjanje okolja. Ker je odlagališče že nekoliko sanirano, danes na prvi pogled kazi okolico v taki meri, da je območje višje od okoliških zemljišč. S podrobnejšim terenskim ogledom vidimo prodnike, ki niso naravni geološki gradniki barja. Študij o nevarnosti za okolje konkretnega odlagališča po nam znanih informacijah ni bilo narejenih.

1.1 Namen in cilji naloge

Namena diplomske naloge sta umestitev divjega odlagališča gradbenih odpadkov v prostor in GNSS-izmera za določitev prostornine gradbenih odpadkov. Predvidevamo, da se območje, na katerem je bila opravljena izmera, poseda. Ker so dodatno izkopali gradbeno jamo za odlagališče, je prostornina precej večja od prostornine, ki jo določimo le na osnovi zvišanega območja.

Za zahtevani namen teh predpostavk smo določili glavne cilje diplomske naloge:

- umestitev divjega odlagališča v prostor v aktualnem državnem koordinatnem sistemu;
- izračun prostornine odlagališča po prvi izmeri novembra 2014, ki naj bi ji sledile ponovne;
- izračun prostornine, če upoštevamo samo del, ki je nad nivojem terena;
- izračun in ocena prostornine pod nivojem terena.

1.2 Delovni hipotezi

Pri obravnavanju problematike smo si zastavili delovni hipotezi, in sicer:

Hipoteza 1:

Površina in prostornina odlagališča, vpisani na spletni strani »Očistimo Slovenijo«, je le okvirna ocena velikosti.

Hipoteza 2:

Glede na slike izkopov lahko predpostavimo, da se gradbeni odpadki nahajajo tudi pod terenom zemljišča, zato sta prostornina in vplivno območje odlagališča precej večja.

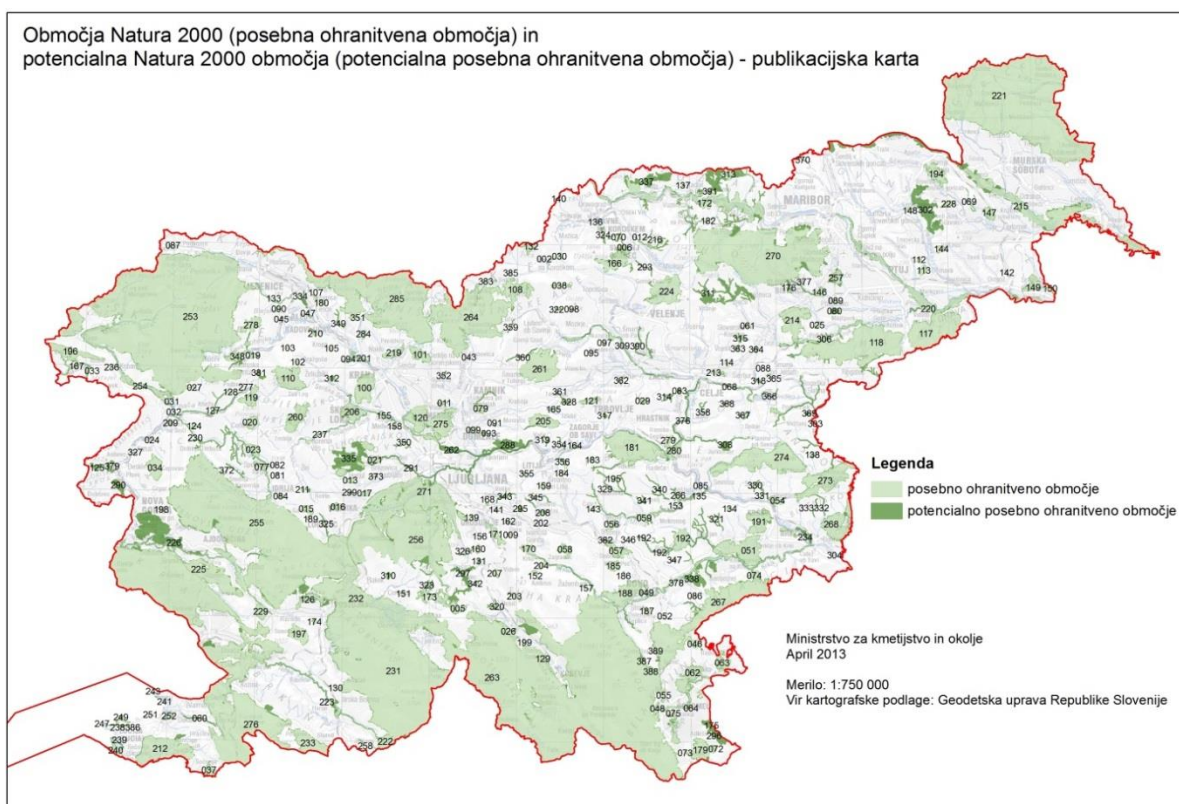
1.3 Struktura diplomske naloge

V drugem poglavju diplomske naloge se najprej osredinimo na opis sestave tal, da bi lahko prikazali razlog za posedanje. V nadaljevanju opisujemo problematiko odlagališč in se navežemo na spletno prijavljanje divjih odlagališč na portalu »Očistimo Slovenijo«. Sledi opis postopka terenske izmere in obdelave meritev do izračuna prostornine odlagališča. Na koncu je zapisana primerjava izračunov prostornin iz različnih izmer.

2 LJUBLJANSKO BARJE

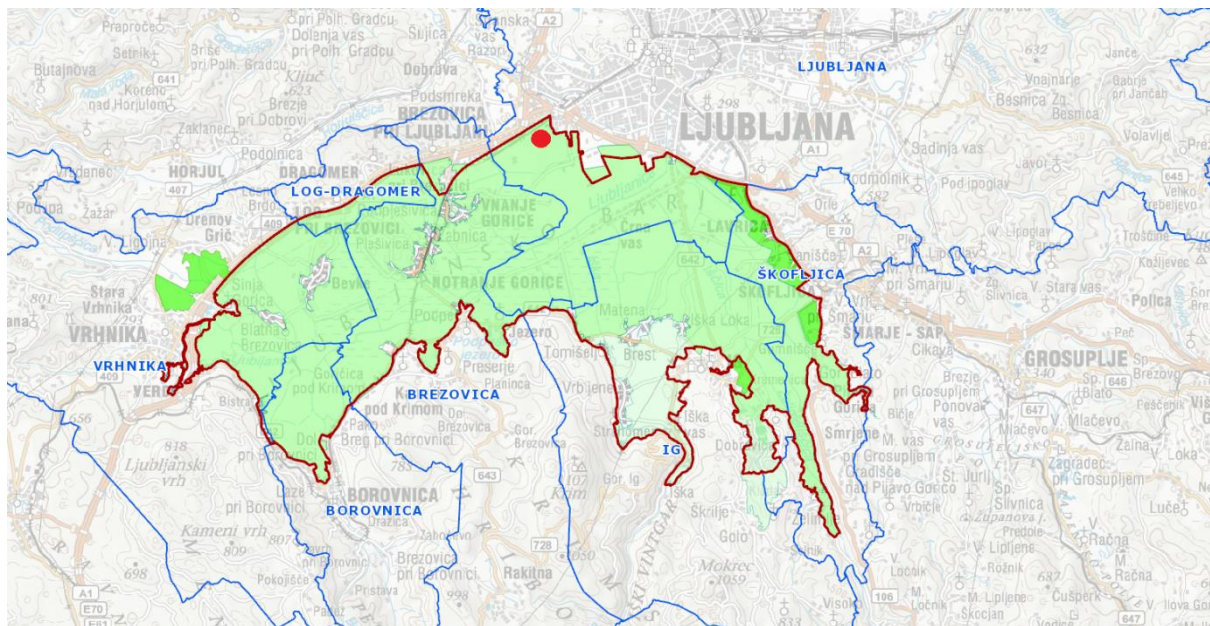
2.1 Opis in lega območja

Ljubljansko barje se nahaja južno od Ljubljane. Gre za ravninski svet z značilnimi prelomi, ki je v grobem pravokotne oblike in meri približno 163 km². Nastalo je s tektonskim ugrezanjem. V prehodu iz pliocena v pleistocen so na tem območju nastale značilne udornine in kotline. Površje Barja leži na približno 290 m nadmorske višine, kamninsko podlago pa lahko najdemo šele nekje 150 m pod površjem. Ta vmesni del je v 75 % površja Barja zapolnjen z rečnimi in prodno-peščenimi nanosi (Zajc, 2010). Ljubljansko barje spada v območje Nature 2000, zato na tem mestu veljajo posebni varnostni ukrepi zavarovanja okolja (sliki 1 in 2). Na sliki 1 so prikazana območja Nature 2000 po celotni Sloveniji v velikosti 37,16 % celotnega ozemlja (<http://www.natura2000.si/index.php?id=45&L=>). Območje Nature 2000 na Ljubljanskem barju je označeno pod številko 271. S slike 2, ki predstavlja podrobnejši izsek, vidimo, da je le majhen del strnjeno poseljenega območja izključen iz Nature 2000. Z rdečo črto je označena meja Ljubljanskega barja, z zeleno območje Nature 2000, z rdečim krogom pa je označeno obravnavano odlagališče.



Slika 1: Območje nature 2000 v Sloveniji

(http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/zakonodaja/2013_04_18_PrilogaUredbe2_SCI_april2013.jpg, 9. 2. 2016)



Slika 2: Območje Nature 2000 na Ljubljanskem barju

(http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso9.2.2016, 9. 2. 2016)

Obravnavano divje odlagališče se nahaja na severnem delu Barja, na katerem lahko najdemo starejše kamnine: skrilave glinavce, peščenjake in konglomerate iz obdobja karbona in prema, triasne skrilave glinavce in kremenove peščenjake, delno tudi triasne dolomite in apnenec (Zajc, 2010).

2.2 Mlajši sedimenti

Največji del sedimentov Ljubljanskega barja je iz pleistocenske dobe, in sicer peščena in mejna glina, ki ponekod dosega debelino 116 m. Glin iz tega obdobja je več, in sicer siva, sivo-zelena ali rjavo-siva, ki se menjava s plastmi proda, peska in melja. Meja med pleistocenom in holocenom je nekje na 18 m globine. V holocenu so nastali: temno siva glina do globine 10 m, višje pa sivo-zelena, močno karbonatna, drobnozrnata kredo, do nekje 0,8 m, kjer preide v šoto, nato pa sledijo le še značilna črna barjanska tla (Zajc, 2010).

Zaradi takšne sestave je za Barje značilno posedanje tal, kar predstavlja splošno nevarnost za obsežnejše poplave na poseljenih območjih. V našem primeru nas zanima posedanje divjega odlagališča, saj je območje zelo pomembno pri odvajanju voda. Če pri tem upoštevamo naravno posedanje in človeški vpliv na posedanje, ocenjujemo, da bi lahko letno posedanje znašalo več cm.

3 PROBLEMATIKA DIVJIH ODLAGALIŠČ

Divja odlagališča so veliki onesnaževalci okolja in predstavljajo resno grožnjo tudi ljudem. Zaradi sestave in raznovrstnih nevarnih odpadkov lahko nevarne snovi prodrejo v podtalnico in onesnažijo vire pitne vode. Raziskava iz leta 2006 je pokazala, da se v Mestni občini Ljubljana nahaja več kot 1.000 divjih odlagališč odpadkov (Smrekar, 2007).

3.1 Ekologi brez meja

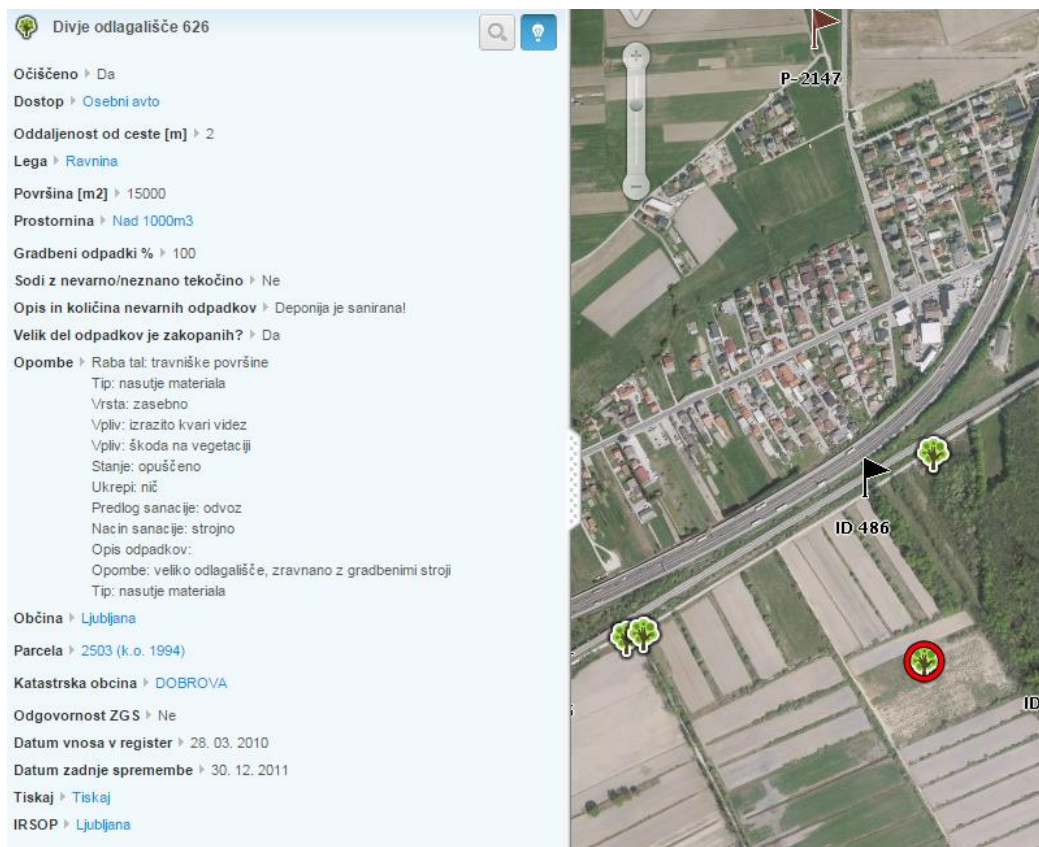
V letih 2010 in 2012 so organizirali akcijo »*Očistimo Slovenijo v enem dnevu*«. Ob tem največjem prostovoljskem dogodku v zgodovini Slovenije, ki se ga je udeležilo okoli 280.000 posameznikov, je nastalo društvo *Ekologi brez meja*, ki povezuje navdušene aktiviste. Preprečujejo nezakonito odlaganje odpadkov, ozaveščajo javnost, zavzemajo se za izboljšanje stanja okolja ter poudarjajo učinkovito rabo virov in zmanjšanje odpadkov.

3.1.1 Registracija divjega odlagališča na portalu »*Očistimo Slovenijo*«

Odlagališča na terenu zaradi javnih naročil ali naročil posameznikov preverjajo člani društva *Ekologi brez meja* in prostovoljci, nekaj pa tudi okoljski inšpektorji, kar so zaradi prijav dolžni opraviti.

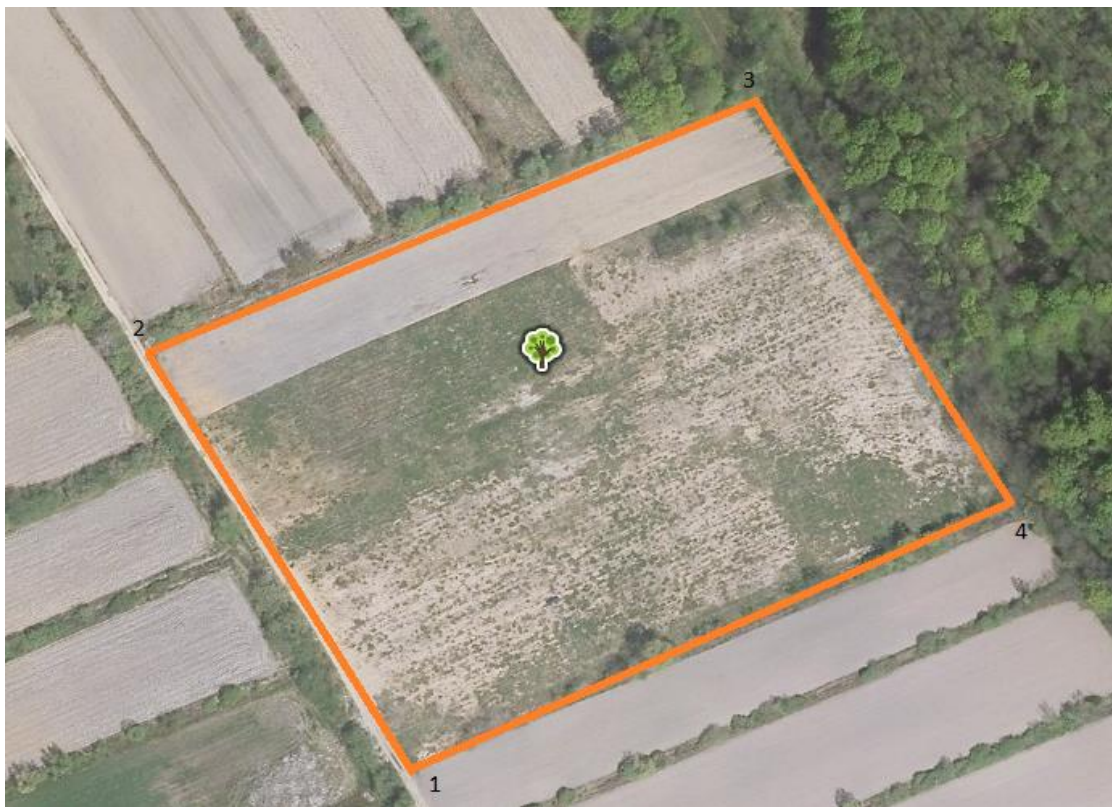
Ob ekološki akciji je nastal register divjih odlagališč. Namen registracije divjega odlagališča je ozavestiti širšo javnost o tem, kje se odlagališča nahajajo. Podatke bi lahko uporabili za poznejše ukrepe in sanacije. Ker se ukrepi, s katerimi bi zmanjšali onesnaževanje Slovenije, kljub temu še vedno niso izvrševali, take akcije v nadaljevanju niso več organizirali. Problematike reševanja odpadkov so se lotili drugače. Zdaj skušajo spreminjati navade in vzorce tudi na svetovni ravni, saj sodelujejo v mednarodnih mrežah organizacij, kot so Let's do it, Zero Waste Europe in Fusions. Izvajajo različne projekte, v katerih iz odpadnih lončkov in starih plastičnih vrečk naredijo različne umetnine, ki imajo ozaveščevalni pomen. Njihovi projekti poleg omenjenega so še: Tekstilnica in izmenjava oblačil, Trajnostni park Istra, Prijavi storilca, Ekokoncept, Recimo NE sežigu odpadkov, Zeleni okvir ... (<http://ebm.si/o/sl/o-nas> 2015).

Obravnavano odlagališče gradbenih odpadkov je že registrirano in zapisano. Tako smo v nalogi le preverili podatke o odlagališču, kar je prikazano na sliki 3.



Slika 3: Prikaz izseka iz uradne spletne strani (<http://register.ocisimo.si/RegisterDivjihOdlagalisc/>, 11. 12. 2015). Desno spodaj je z rdečim krogom označeno obravnavano odlagališče gradbenih odpadkov.

S slike 3 lahko razberemo, da gre za odlagališče s površino 15.000 m² in prostornino oz. z nasutim materialom nad 1.000 m³. Vidimo, da gre za ravninski del in nasute gradbene odpadke. Deponija naj bi bila že sanirana, vendar pod opombami piše, da odlagališče izrazito kvari videz in povzroča škodo na vegetaciji. Odlagališče se nahaja v Katastrski občini: 1994 – Dobrova na parcelni številki 2503; položaj je podan s koordinatami v globalnem koordinatnem sistemu: $\varphi = 46^{\circ} 01' 33,20''$ S in $\lambda = 14^{\circ} 26' 40,40''$ V. Vidimo, da so odlagališče vpisali v register 28. 3. 2010, zadnje spremembe pa so bile narejene 30. 12. 2011.



Slika 4: Podrobnejši prikaz odlagališča
(http://www.geopedia.si/?params=L6357_T1199_vL_b4#T1199_L6357_x499072_v112072_s9_b4, 11. 12. 2015)

Preglednica 1: Koordinate obravnavanega območja (globalni koordinatni sistem)

Številka točke	φ	λ
1	46° 01' 29,00" S	14° 26' 38,50" V
2	46° 01' 33,40" S	14° 26' 34,70" V
3	46° 01' 36,10" S	14° 26' 43,50" V
4	46° 01' 32,00" S	14° 26' 47,20" V

Na sliki 4 prikazujemo v nalogi obravnavano območje s položaji oglišč, podanimi v preglednici 1. Stranici med točkama 1 in 2 ter 4 in 3 znašata približno 160 m, med točkama 1 in 4 ter 2 in 3 pa 220 m. Divje odlagališče se razprostira na približno 35.200 m² površine, kar je dvakrat več, kot je zapisano v registru. Leta 2007, ko se je začel izkop za divje odlagališče, so lastniki podali pritožbe in prijave za to pristojni inšpekcijski službi, vendar se razen nekaj birokratskih sklepov ni zgodilo nič. Država se preprosto ni dovolj ostro odzvala in takoj ukrepala zoper storilce ter zahtevala, da se zemljišče povrne v prvotno stanje. Tako je zemljišče še danes le delno sanirano. S prodnato zemljo je nasuta le zgornja plast, v notranjosti pa ja nasut gradbeni material.

4 TERENSKI OGLED DELOVIŠČA

Vrhnja plast divjega odlagališča je prekrita s prstjo, kar nam daje lažni občutek, da gre za divje odlagališče. Zemljišča, na katerih se divje odlagališče nahaja, so s severne, z južne in vzhodne strani obdana z melioracijskimi jarki, ki so zaraščeni z grmičevjem, z vzhodne strani pa z gozdom. V neposredni bližini odlagališča so travniki in njive. Zaradi odprtosti terena smo se odločili za GNSS-metodo izmere. Naš namen je bil diskretno določiti točke na terenu, ki bi služile za izhodišče izračuna prostornine. Za poznejšo obdelavo smo potrebovali dve nivojski ploskvi terena, zato smo načrtovali izmero vrhnje ploskve na celotnem predvidenem območju divjega odlagališča. Za spodnjo je bila sprva predvidena izmera na širšem območju, okoli 100 m od območja izmere divjega odlagališča, kar je razvidno s slike 5. Tako smo pridobili izhodiščno ploskev, ki bi najbolje predstavljala ploskev, podaljšano pod nasutje divjega odlagališča. Pozneje smo za spodnjo nivojsko ploskev prevzeli le točke na robu izmere divjega odlagališča, saj gre za zelo raven teren na širšem območju izmere.

S slike 5 vidimo naše prvotno predvideno območje izmere, označeno z oranžno barvo, ki naj bi segalo še 100 m od roba krajnih točk dejanske izmere (označeno z rumeno). Površina območja znaša 40.800 m². Z rdečo barvo prikazujemo vse izmerjene točke, ki se nahajajo znotraj rumenega območja.



Slika 5: Prikaz obsega meritev (z rumeno) in vse izmerjene točke (z rdečo) ter predviden obseg meritev cca 100 m (z oranžno)

Preglednica 2: Približne koordinate načrtovane izmere divjega odlagališča v globalnem sistemu

Številka točke	φ	λ
1	46° 01' 26,20" S	14° 26' 37,00" V
2	46° 01' 35,00" S	14° 26' 28,70" V
3	46° 01' 41,90" S	14° 26' 46,00" V
4	46° 01' 30,80" S	14° 26' 52,60" V

4.1 Terenski ogled divjega odlagališča

Na dan izmere 27. 11. 2014 je bilo videti, da je bila na območju izmere posejana koruza (sliki 6 a in b). S slik je razvidno, da gre za razmeroma raven teren, ki se počasi vzpenja proti sredini in stran od jarkov. Na podlagi naravnih omejitev smo izmero omejili do roba jarka. Na sliki 6 a vidimo levi jarek in levi skrajni rob izmere. Na sliki 6 b vidimo desni jarek in desni skrajni rob izmere.



a)



b)

Slika 6: a) levi skrajni rob izmere; b) desni skrajni rob izmere

4.2 Primerjava stanja terena med letoma 2007 in 2014

Ker se inšpekcijska služba ni dovolj hitro odzvala in ustavila grobega posega v prostor, so izvajalci v letu 2007 izkopano gradbeno jamo zasuli z gradbenimi odpadki in jo zakrili s slojem prsti. Po izjavah

lastnikov parcel naj bi šlo za nasutje po celotnem območju, odlagališče pa naj bi segalo več metrov globoko.

Po teh navedbah smo mi izmero predvideli in izvedli na celotnem območju izkopa. Ob primerjavi slik iz let 2007 in 2014 nismo zaznali bistvenih sprememb v topografiji območja.



Slika 7: Prikaz izkopa gradbene jame za poznejše odlagališče gradbenih odpadkov

Na sliki 7 vidimo delovni stroj ob izkopu gradbene jame za namen odlaganja gradbenih odpadkov, ki so nastali z rušenjem večje stavbe. Nazorno vidimo vrhnjo črno plast prsti. Ob končanem izkopu in poznejšem nasutju z odpadnimi gradbenimi odpadki je sledilo saniranje le v obliki prekritja odlagališča s plastjo prsti (slika 8 a in b), čeprav so lastniki strogo zahtevali odvoz odpadkov. Vidimo tudi, da je vrhnji ustroj prsti pomešan s prodrom in je bolj ilovnat.



a)



b)

Slika 8: a in b) Prikaz saniranega območja odlagališča gradbenih odpadkov, a) skrajni desni rob izmere, b) skrajni levi rob izmere

Trenutno stanje prikazujemo na sliki 9. Na površju se nahajajo prodnati pasovi v širini okoli 10 m.



Slika 9: Prod na površju po preteku osmih let

4.3 IZVEDBA MERITEV NA TERENU

Vse meritve smo izvajali z GNSS-instrumenti Leica Viva GS08. Diskretno smo določali položaje točk z metodo RTK (angl. Real Time Kinematic) izmere GNSS z navezavo na točko VRS (angl. Virtual Reference Station). Na posamezni točki smo se ustavili za 5 sekund. V nadaljevanju smo uporabili položaje, ko je bil faktor kakovosti PDOP (angl. Position Dilution of Precision) manjši od 6 (www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1_0.doc). Meritve sta izvajala dva operaterja neodvisno in položaje določala približno na pet metrov. Največjo težavo je predstavljala orientacija smeri meritev, saj se z vznožja ene strani ni videlo na drugo, kljub majhni višinski razliki (iz meritev smo ugotovili višinsko razliko 2,255 m). Če bi hoteli zajem diskretnih položajev točk izboljšati, bi bilo treba celotno odlagališče signalizirati ter razdeliti vzdolžno in prečno. Naj poudarimo, da smer meritev ni vplivala na kakovost določitve položajev točk.

5 OBDELAVA TERENSKIH MERITEV

Po opravljeni terenski izmeri je sledila obdelava podatkov. Prostornino odlagališča smo računali v programskem paketu AutoCAD Civil 3D.

5.1 Prikaz območja

Na sliki 10 prikazujemo točke, katerih položaje smo določili s terensko izmero. Vidimo, da so točke vseeno precej sorazmerno razporejene po celotnem delovišču.

Na sliki 11 je izsek točk južnega dela območja; za boljšo višinsko predstavbo so točkam dodane še nadmorske višine, pridobljene z GNSS-višinomerstvom ob uporabi lokalnega modela geoida (Pribičević, 2000). Višine znašajo od 291 m do 296 m.



Slika 10: Prikaz vseh izmerjenih točk na državnem ortofotu



Slika 11: Prikaz točk in višin

5.2 Izračun prostornine

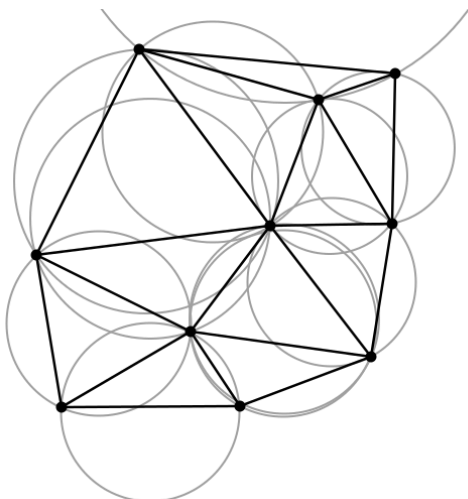
Glede na to, da smo točke določali diskretno, smo se odločili za izračun prostornine z Delaunayevno triangulacijo. Pridobljene podatke smo uvozili v program AvtoCAD Civil 3D, v katerem je bilo treba izbrati možnost za tvorjenje ploskve skozi točke z znanimi položaji. Tvorili smo dve ploskvi, in sicer:

- skozi točke spodnjega roba terena (slika 13 a);
- skozi točke zgornjega roba terena (slika 14 a).

5.2.1 Teoretična izhodišča Dealunayeve triangulacije

Delaunayeva triangulacija mora izpolnjevati naslednje pogoje (Pevec, 2013):

- točke med seboj tvorijo trikotnike, in sicer tako, da noben očrtan krog kateremu koli trikotniku znotraj triangulacije ne vsebuje druge točke (slika 12);



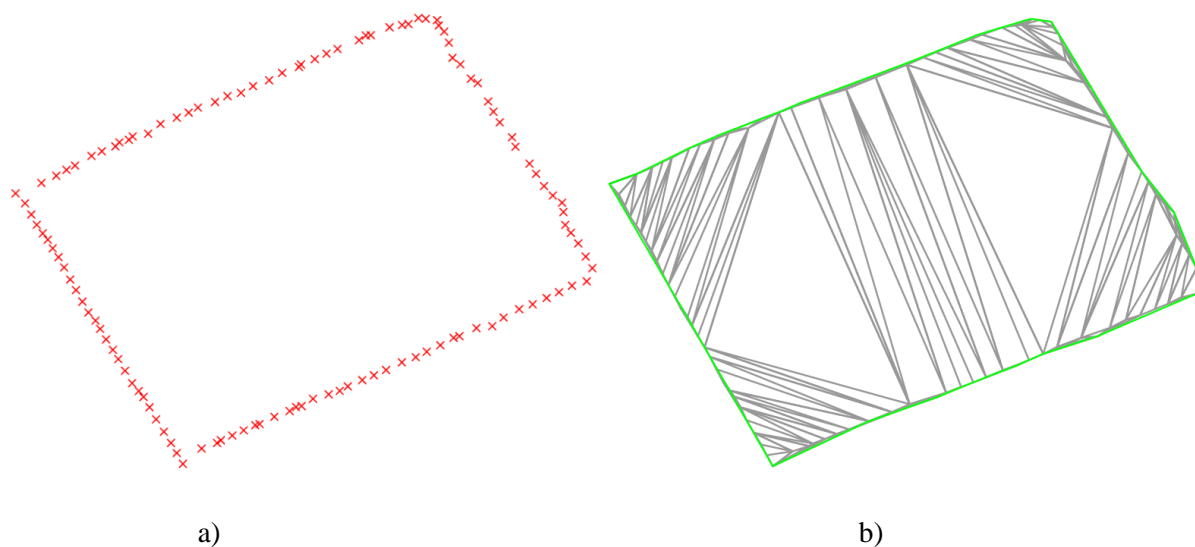
Slika 12: Delaunayeva triangulacija z očrtanimi krogi (<http://blog.kaflesushant.com.np/2013/11/understanding-delaunay-triangulation.html> , 27. 3. 2016)

- izpolnjen mora biti pogoj, da nobena izmed krožnic ne vsebuje štirih ali več točk;
- vse točke, ki so vključene v triangulacijo, ležijo znotraj konveksne lupine, označena z zeleno barvo na slikah 13 b) in 14 b), tvorjena iz krajnih točk izmere;
- triangulacija mora biti optimalna glede na notranje kote; to dosežemo z večkratnim tvorjenjem triangulacije nad istimi točkami; neka triangulacija je optimalna, če glede na kote in dolžine stranic tvorimo vektor pri različnih prej omenjenih triangulacijah, zadnji pa je največji; tako dobimo triangulacijo, ki določi najmanjši notranji kot;
- z določitvijo števila trikotnikov in robov nad neko množico točk, ki je poljubno velika in ima n število točk, tvorimo triangulacijo; »če želimo izvedeti število robov in trikotnikov je treba triangulaciji določiti konveksno lupino (pri tem ne smejo biti vse točke kolinearne) nad isto množico točk; tako dobimo množico k -točk, ki sestavljajo konveksno lupino; število trikotnikov v triangulaciji je potem $2n - 2 - k$, število robov pa $3n - 3 - k$ « (Pevec, 2013, str. 6).

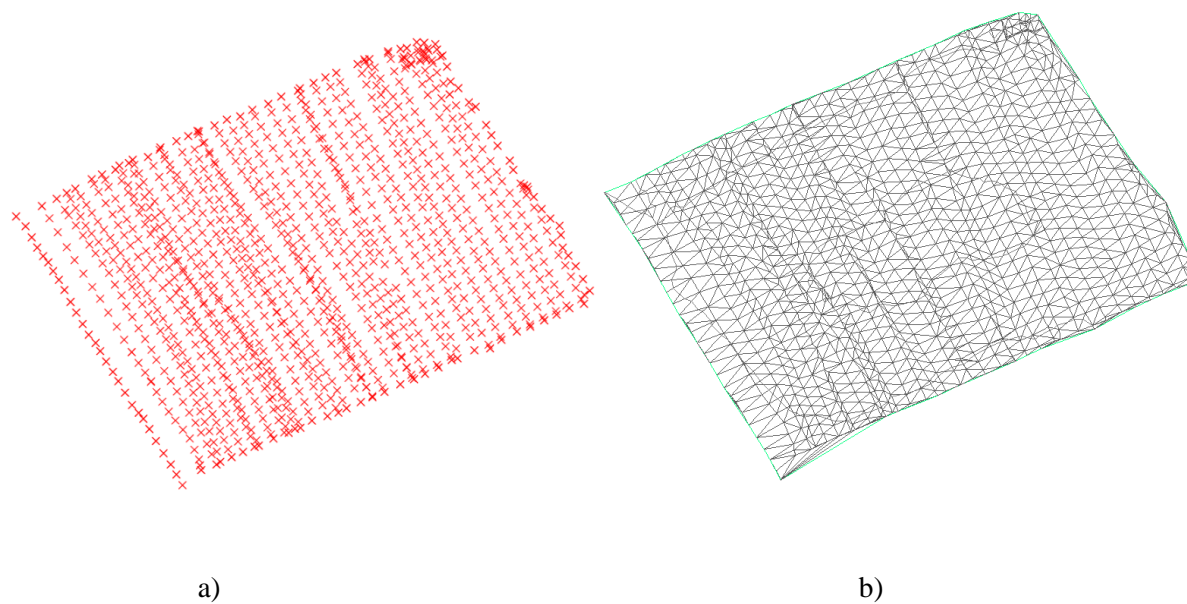
5.2.2 PROGRAM AutoCAD IN DELAUNAYEVA TRIANGULACIJA

V program AutoCAD Civil 3D smo najprej uvozili točke, posebej za osnovno nivojsko ploskev in posebej za točke na primerjalni nivojski ploskvi. Sledila je izdelava nivojskih ploskev. Ta postopek smo ponovili večkrat. Za prikaz površja je bilo treba izdelati plastnice, ki nastanejo na osnovi celične mreže ali mreže nepravilnih trikotnikov (TIN angl. Triangulated Irregular Network). Uporabili smo zadnji način, ki nastane s pomočjo Delaunayeve triangulacije, kar je vidno s slik 13 b) in 14 b). Ta način se tudi sicer najpogosteje uporablja za upodobitev nivojskih ploskev. Pri izdelavi ploskve je uporabljena interpolacija, ki ne vpliva na natančnost določitve prostornine, medtem ko ploskev

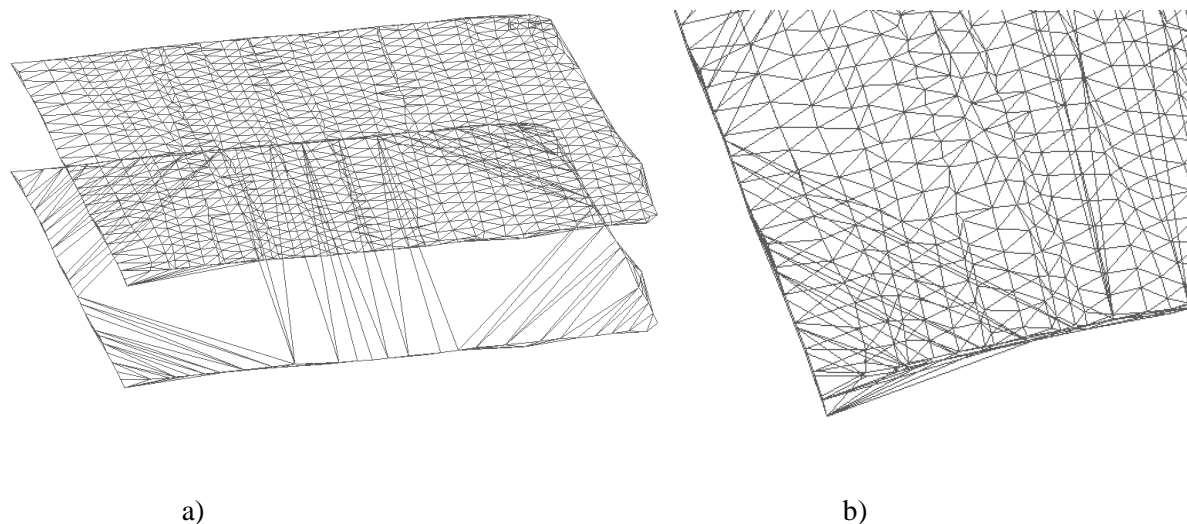
vsebuje vse izmerjene točke. Interpolacija nastopi samo takrat, ko prekrijemo zgornjo in spodnjo ploskev in prekriti trikotniki tvorijo štirikotnik. Interpolacija se izvede tako, da so upoštevani Delaunayevi pogoji; tako dobimo mrežo samih trikotnikov (TIN- mrežo), kar je vidno na slikah 15 a) in 15 b) (Urbančič, Grahor in Koler, 2015).



Slika 13: a) Izbrane točke osnovne ploskve; b) Izdelana Delaunayeva triangulacija med točkami osnovne ploskve

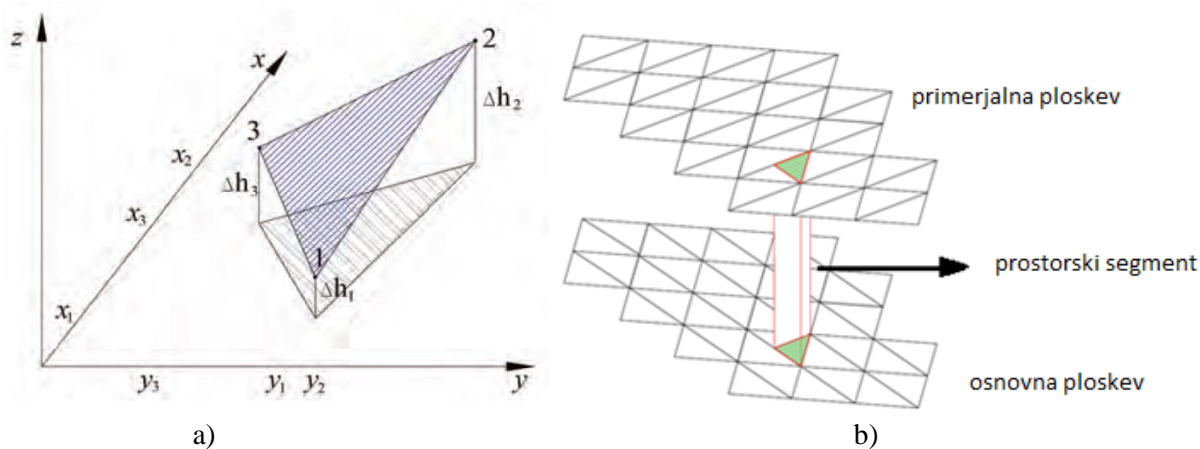


Slika 14: a) Izmerjene točke primerjalne ploskve; b) Izdelana Delaunayeva triangulacija med točkami primerjalne ploskve



Slika 15: a) Na sliki sta vidni obe ploskvi: osnovna (na sliki spodaj) in primerjalna (na sliki zgoraj), ki sta druga nad drugo; b) Izsek prekrivanja obeh mrež – t. i. skupna mreža TIN

Ko smo izdelali nivojske ploskve, smo lahko izračunali prostornine iz podatkov v mreži TIN. Prostornino določimo na podlagi primerjave osnovne in primerjalne ploskve, pri čemer primerjamo višine na obeh ploskvah za vsako mrežno celico (razvidno na sliki 15 a). Celici mreže povežemo in dobimo prostorninski segment, ki je v našem primeru tristrana prizma (vidno na slikah 16 a) in b)). Vse višine pomnožimo s površino prostorskega segmenta, ki jo izračunamo iz koordinat. Tako dobimo enodelni prostorski segment. Celotno prostornino določimo kot vsoto posameznih delnih prostornin prostorninskih segmentov (Urbančič, Grahor in Koler, 2015).



Slika 16: a) Določitev površine trikotnika pri izračunu prostornin z metodo mreže TIN; primer izdelave skupne mreže TIN in prostorskega segmenta iz dveh ploskev mreže TIN (Geodetski vestnik 59/2, str. 237); b) prikaz prostorskega segmenta

Delno prostornino izračunamo s pomočjo enačbe (Urbančič, Grahor in Koler, 2015):

$$V_j = P_j \cdot \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3}{3}$$

$$P_j = \frac{1}{3} [x_{j1} \cdot (y_{j2} - y_{j3}) + x_{j2} \cdot (y_{j3} - y_{j1}) + x_{j3} \cdot (y_{j1} - y_{j2})]$$

Celotno prostornino pa izračunamo s pomočjo enačbe:

$$V = \sum_{j=1}^m V_j$$

Δh_1 , Δh_2 in Δh_3 so višinske razlike v posameznem oglišču trikotnika med ploskvama, P_j je površina osnovne ploskve posameznega trikotnika ter (y_{j1}, x_{j1}) , (y_{j2}, x_{j2}) in (y_{j3}, x_{j3}) koordinate oglišča trikotnika v horizontalni ravnini.

6 REZULTATI

Glede na namen diplomske naloge, da bi pridobili čim boljši izračun prostornine odlagališča, smo se odločili za več izračunov, pri čemer smo posamezne točke izključili iz izračunov. Tako lahko vidimo, kako različno število točk vpliva na končne rezultate izračuna prostornin. Naj na tem mestu opozorimo, da gre pri vsaki geodetski izmeri za edinstven primer, tako da posploševanje naših ugotovitev na vse druge ne pride v poštev. V dani situaciji imamo precej pravilno geometrijsko strukturo terena, nimamo pa nikakršnih nenadnih sprememb v naklonu terena, kot so izraziti vrhovi ali globoke jame. Gre za teren, ki si ga lahko predstavljamo, kot da bi bil »napet« nad zunanjim robom izmere. Gre za nasutje in samo v severovzhodnem delu gre za nekakšno udornino, kjer bi lahko predvidevali, da se nasuti material pogreza v tolikšni meri, da zgornji nivo sega pod nivo zunanje meje izmere.

Naš namen je bil, da z enim programom z enakimi metodami izračuna primerjamo prostornine, ki jih dobimo z različnim številom podatkov, vključenih v izračun. Točke za izračun prostornine smo določili tako, da smo od vseh skupnih izmerjenih točk ročno odstranili tiste, ki niso zadoščale našim merilom, in sicer:

- a) za referenčno vrednost, od koder smo računali prostornino, smo vseskozi uporabljali isti nabor točk, torej točk nismo izključevali;
- b) točke, ki so ostale v obdelavi, morajo ležati v bližini linij, ki potekajo vzdolž odlagališča, in sicer v razmiku vsaj 10 m;
- c) točke, ki so ostale v obdelavi, morajo ležati v bližini linij, ki potekajo prečno na odlagališča, in sicer v razmiku 10 m;
- d) polovica točk ostane v obdelavi, in sicer vsaka druga;
- e) od vseh mogočih točk naj se iz obdelave izključi do 10 % naključno izbranih točk.

6.1 Izračun prostornine z vsemi izmerjenimi točkam

Na terenu smo z izmero GNSS določili položaje 1.083 točkam. Za modeliranje zgornje plasti smo uporabili vse točke, za spodnjo pa 119 najbolj krajnih točk. Ko smo točke uvozili v program, so se nekatere prekrivale, saj so točke, ki tvorijo spodnji rob, tudi točke zgornjega roba. Tako imamo za zgornji rob uporabnih le 964 točk.

Preglednica 3: Rezultati z upoštevanjem vseh točk/referenčna vrednost točk volumna

Število točk	Površina [m ²]	Nasip [m ³]	Izkop [m ³]	Nasip 1 [m ³]
1.083	33.091,23	41.657,75	29,46	107.840,21

V preglednici 3 predstavljamo rezultate izračunov z upoštevanjem vseh izmerjenih točk. Ti predstavljajo referenčne vrednosti za nadaljnje primerjave. Prvi stolpec prikazuje število točk, ki smo jih uporabili za izračun prostornine, drugi površino izmerjenega območja, tretji prostornino nasipa materiala, pri čemer moramo nasip razumeti kot nasuti gradbeni material med obema nivojskima ploskvama, četrti stolpec prikazuje prostornino izkopa, ker zgornja nivojska ploskev sega pod spodnjo, peti stolpec pa prikazuje prostornino nasipa materiala, če upoštevamo, da se spodnji nivo odlagališča nahaja 2 metra pod nivojem krajnih točk.

6.2 Izračun prostornine po merilih

Preglednica 4 prikazuje končne rezultate izračunanih prostornin glede na merila, zastavljena v poglavju 6. V drugem stolpcu je prikazano število točk, upoštevanih v izračunu prostornine. Tretji stolpec prikazuje površino izmerjenega območja. Vidimo, da je pri vseh enaka, saj pri obdelavi nismo izvzeli nobene krajne točke. Četrti stolpec prikazuje prostornino nasipa materiala, pri čemer smo upoštevali krajne točke izmere za nivo računanja. Vidimo, da je referenčna vrednost največja. To je pričakovano, saj so v izračunu upoštevane vse točke izmere. Z izključevanjem točk se zgornja ploskev popači; posledično so izračunane vrednosti prostornin drugačne. Največja vrednost prostornine nasipa je pričakovano pri referenčni vrednosti, merilo a), in znaša 41.657,75 m³ nadaljnje VN_a. Najmanjšo vrednost prostornine 41.298,20 m³ smo dobili pri merilu b) (merila so opisana v začetku 6. poglavja).

Peti stolpec prikazuje prostornino izkopa, pri čemer smo za nivo računanja upoštevali krajne točke. Vidimo, da referenčna vrednost ni najmanjša, saj smo pri merilu c) iz obdelave izključili kar nekaj točk udornine, ki niso bile v bližini vzdolžne linije točk. Največja vrednost je pri merilu b), pri katerem smo izključili nekaj robnih točk udornine in jo tako še povečali. Največja razlika med referenčno vrednostjo in prostorninami izkopa znaša 18,64 m³ pri merilu b) in najmanjša pri merilu d), in sicer 2,01 m³.

Šesti stolpec prikazuje prostornino nasipa materiala, če upoštevamo, da se spodnji nivo odlagališča nahaja 2 metra pod nivojem krajnih točk. Tu gre za enake ugotovitve glede na najmanjšo in največjo vrednost kot pri stolpcu štiri, saj smo pri vseh računanih prostorninah površino odlagališča le pomnožili z 2 m in prišteli nasip iz četrtega stolpca.

Sedmi stolpec predstavlja razliko med posameznimi prostorninami nasipa, ki smo jih izračunali tako, da smo referenčni vrednosti nasipa VN_a odšteli vrednosti nasipa za posamezna merila od b) do e) nadaljnje VN_{b-e} .

$$\text{Razlika}_{b-e} = VN_a - VN_{b-e}$$

Vidimo, da se referenčni vrednosti najbolj približa prostornina, računana po merilu e), pri čemer smo izključili 10 % vseh točk. To je smiselno, saj je v obdelavi ostalo največ točk.

Preglednica 4: Rezultati obdelave, določene z upoštevanjem meril, predstavljenih na strani 19

Merilo	Število točk	Površina [m ²]	Nasip [m ³]	Izkop [m ³]	Nasip 1 [m ³]	Razlika [m ³]
a)	1.083	33.091,23	41.657,75	29,46	107.840,21	–
b)	788	33.091,23	41.298,20	48,1	107.480,66	359,55
c)	756	33.091,23	41.603,75	27,2	107.786,21	54,00
d)	601	33.091,23	41.475,88	31,47	107.658,34	181,37
e)	975	33.091,23	41.621,74	33,79	107.804,20	36,01

6.3 Primerjava ocene velikosti prostornin

Za izhodišče primerjav smo privzeli vrednost prostornine, računane po merilu a), pri čemer nismo izključevali točk. S tem smo ohranili najboljšo upodobitev terena. Seveda bi pridobili še boljše rezultate s podrobnejšo izmero. Če upoštevamo, da je med merjenjem prišlo samo do napake v višinski določitvi (+5 cm) in robne točke ostanejo nespremenjene, bi dobili prostornino, večjo za 1.654,56 m³. Enako vrednost bi dobili za napako –5 cm, zato lahko sklepamo, da odstopanje ob predpostavki natančnosti določitve višin ±5 cm znaša 3.309,12 m³. Seveda ima natančnost določitve položaja velik vpliv na izračunano prostornino, vendar je v dani nalogi nismo upoštevali v oceno kakovosti določitve prostornin. Absolutna natančnost znaša 3.309,12 m³, relativna pa 7,94 %.

Preglednica 5: Relativna napaka izračunanih prostornin

Merilo	Število točk	Nasip [m ³]	Razlika [%]
a)	1.083	41.657,75	–
b)	788	412.98,20	0,86
c)	756	41.603,75	0,13
d)	601	41.475,88	0,44
e)	975	41.621,74	0,09

Iz preglednice 5 vidimo v četrtem stolpcu relativno razliko med prostorninami. V izračunu smo privzeli za absolutno vrednost nasipa, izračunano po merilu a). Vidimo, da vrednosti na različne načine izračunanih prostornin presežejo 1 % pri skoraj polovici izključenih točk, kar je posledica topografije terena.

7 ZAKLJUČEK

Po izračunih lahko sklenemo, da se obravnavano območje razprostira na 33.091,23 m² površine ter da gre za 41.657,75 m³ nasutega in vsaj 29,46 m³ izkopanega materiala. Ves nasuti material bi bilo treba sanirati in zemljišče povrniti v prvotno stanje. Ker se divje odlagališče nahaja na območju Ljubljanskega barja, bi bilo dobro, da se območje odlagališča spremlja in izvede ponovne meritve po preteku nekaj let.

Po pridobljenih končnih rezultatih smo lahko potrdili prvo hipotezo, tj. da sta površina in prostornina, vpisani na spletni strani »*Očistimo Slovenijo*«, le okvirni vrednosti. Površina, vpisana na spletni strani, znaša 15.000 m² in se razlikuje od dejansko izmerjene za 18.091 m².

Druga hipoteza je bila zastavljena samo za pomoč izračunu prostornine; tako je ne moremo ne ovreči ne potrditi. Namen druge hipoteze je samo pomoč pri izračunu in poenostavitvi dna odlagališča, ki naj bi se nahajal dva metra po površjem in enakomerno po obravnavanem območju.

Diplomska naloga je prvotno namenjena določitvi volumna; mi smo se odločili za meritve GNSS in nadaljnjo obdelavo podatkov z ustreznim programskim paketom. Za naš konkreten primer bi bilo mogoče meritve in obdelavo izdelati na več načinov; mi smo se glede na potrebe odločili za nas optimalno rešitev. V praksi za podobne situacije največkrat izvajajo postopke množičnega zajema podatkov.

V dani nalogi smo želeli pokazati, da je tako umestitev kot tudi ocena velikosti vplivnega območja divjih odlagališč zelo pomembna. Na ta način se lahko v prihodnje prilagodi nadaljnje dejavnosti v prostoru s končnim ciljem izboljšave storjene škode v naravi.

VIRI

Agencija RS za okolje, Atlas Okolja. 2016.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 9.02.2016).

Matos, J., Oštir, K., in Kranjc, J. 2012. Privlačnost cest za nelegalno odlaganje odpadkov glede na pokrajinske razlike v Sloveniji. Geografski zbornik 52, 2: 431–451.

Območje Nature 2000 in potencialna območja Nature 2000 – publikacijska karta. 2016.

http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/zakonodaja/2013_04_18_PrilogaUredbe2_SCI_april_2013.jpg (Pridobljeno 9.02.2016).

Pevec, A. 2013. Delaunayeva triangulacija s korakanjem. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (samozaložba A. Pevec): 4-6 str.

Pribičević, B. 2000. Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 179 str.

Register divjih odlagališč. 2015.

http://www.geopedia.si/?params=L6357_T1199_vL_b4#T1199_L6357_x499072_y112072_s9_b4 (Pridobljeno 11.12.2015).

Register divjih odlagališč. 2015.

<http://register.ocistimo.si/RegisterDivjihOdlagalisc/> (Pridobljeno 11.12.2015).

Smrekar, A. 2007. Divja odlagališča odpadkov. Geografski obzornik, letnik 54, 3/4 : 21–30.

Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru. 2007.

www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/ogs/razlicica1_0.doc. (Pridobljeno 11. 12. 2015.)

Understanding Delaunay Triangulation. 2016.

<http://blog.kaflesushant.com.np/2013/11/understanding-delaunay-triangulation.html>

(Pridobljeno 27.03.2016).

Urbančič, T., Grahor, V., in Koler, B. 2015. Vpliv velikosti mrežne celice in metod interpolacij na izračunano prostornino. Geodetski vestnik. 52, 2: 231–245.

Zajc, T. 2010. Odnos med posedki in poplavami na Ljubljanskem barju v luči klimatskih sprememb.

Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehniška fakulteta (samozaložba T. Zajc): 1-6 str.