

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:

Forte, J., 2015. Geotehnične analize in idejna zasnova kolesarskega poligona na območju degradiranih površin Rudnika Trbovlje-Hrastnik. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Logar, J., somentor Kuder, S.): 30 str.

Datum arhiviranja: 15-03-2016

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:

Forte, J., 2015. Geotehnične analize in idejna zasnova kolesarskega poligona na območju degradiranih površin Rudnika Trbovlje-Hrastnik. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Logar, J., co-supervisor Kuder, S.): 30 pp.

Archiving Date: 15-03-2016

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

JANEZ FORTE

**GEOTEHNIČNE ANALIZE IN IDEJNA ZASNOVA
KOLESARSKEGA POLIGONA NA OBMOČJU
DEGRADIRANIH POVRŠIN RUDNIKA TRBOVLJE-
HRASTNIK**

Diplomska naloga št.: 225/B-GR

**GEOTECHNICAL ANALYSIS AND DESIGN CONCEPT
FOR A BYCICLE POLYGON ON ABANDONED MINING
SURFACES IN TRBOVLJE**

Graduation thesis No.: 225/B-GR

Mentor:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

mag. Sebastjan Kuder

Ljubljana, 24. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

STRAN Z NAPAKO	VRSTICA Z NAPAKO	NAMESTO	NAJ BO

IZJAVA

Podpisani Janez Forte izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Geotehnične analize in idejna zasnova kolesarskega poligona na območju degradiranih površin Rudnika Trbovlje-Hrastnik«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 1. 9. 2015

Janez Forte

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.13:629.373.1(497.4)(043.2)
Avtor:	Janez Forte
Mentor:	izr. prof. dr. Janko Logar
Somentor:	asist. mag. Sebastjan Kuder
Naslov:	Geotehnične analize in idejna zasnova kolesarskega poligona na območju degradiranih površin Rudnika Trbovlje-Hrastnik
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	30 str., 4 graf., 9 preg., 13 sl., 4 en.
Ključne besede:	degradirane površine, sanacija, kolesarski poligon, geodetske meritve, laboratorijske raziskave

Izvleček

V okviru diplomske naloge je bil izdelan idejni načrt za izvedbo kolesarskega poligona na površinah, ki so bile v preteklosti v uporabi Rudnika Trbovlje-Hrastnik. Opravljen je bil predhodni ogled možnih lokacij za gradnjo, na podlagi katerega je bila izbrana najprimernejša površina za kolesarski poligon. Kriteriji, ki so vplivali na izbor optimalne površine, so bili minimiziranje stroškov izgradnje, minimalni posegi v prostor ter trajnostna gradnja.

Po izboru lokacije so bile opravljene geodetske meritve terena, katerih rezultat je omogočal umestitev kolesarskega poligona v prostor, ter geotehnične analize za ugotavljanje primernosti terena za gradnjo. Do vzorcev, potrebnih za laboratorijske raziskave, smo prišli prek dveh sondažnih jaškov, ki jih je izvedlo podjetje Sekopt, d. o. o, iz Trbovelj.

V laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani so bile opravljene raziskave za ugotavljanje meje plastičnosti, meje židkosti, naravne vlažnosti ter nedrenirane strižne trdnosti materiala. Iz rezultatov, pridobljenih iz omenjenih raziskav, smo podali oceno primernosti terena za gradnjo kolesarskega poligona.

Lotili smo se tudi dejanskega projektiranja kolesarskega poligona z umestitvijo poligona v prostor, določitvijo obsega potrebnih zemeljskih del, izrisom tlorisa ter prerezov poligona ter določitvijo količin potrebnega materiala za gradnjo (tamponski material, drenažni material, glina za gradnjo objektov poligona).

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	624.13:629.373.1(497.4)(043.2)
Author:	Janez Forte
Supervisor:	Assoc. Prof. Janko Logar, Ph.D
Cosupervisor:	Assist. Sebastjan Kuder, M.Sc
Title:	Geotechnical analysis and conceptual design for a bicycle polygon on abandoned mining surfaces in Trbovlje
Document type:	Graduation thesis – University studies
Thesis Scope and tools:	30 p., 4 graf., 9 tab., 13 fig., 4equ.
Keywords:	redevelopment, bicycle polygon, geodetic measurements, geotechnical analysis

Abstract

The aim of the thesis was to create an outline plan to build a bicycle obstacle course on the terrain formerly used by Trbovlje Hrastnik coalmine. First, a preliminary search for possible locations for the course's construction has been conducted. After the search, the most appropriate terrain for the bicycle obstacle course has been chosen. The criteria for finding the optimal location were minimal building expenses, minimal intervention in the area and sustainable construction.

After the location was chosen, geodetic measurements and geotechnical analysis of the location were performed. The result of the geodetic measurements enabled to place the obstacle course in the area. While the geotechnical analysis established, if the terrain is appropriate for the construction. With the help of Sekopt d. o. o., a company from Trbovlje, the samples for the laboratory analysis were gathered from two shafts.

The analysis on determining plastic limits, liquid limits, water content and undrained shear strength of the material was made in the laboratory of the Faculty of Civil and Geodetic Engineering Ljubljana. The results of this analysis gave an assessment on the adequacy of the terrain for building the bicycle obstacle course.

Moreover, the thesis describes the planning of the bicycle obstacle by placing it in the area, and tracing the ground plan and section of the course. In addition, the thesis estimates the amount of work and materials needed for the reconstruction of the terrain. The materials needed for the construction of the bicycle obstacle course are gravel, materials for drainage, clay for the building of the obstacle course's structures.

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil svoji družini za vso podporo, ki so mi jo nudili v času študija, mentorju izr. prof. dr. Janku Logarju ter somentorju asist. mag. Sebastjanu Kudru za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA.....	I
IZJAVA	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA	VII
KAZALO GRAFIKONOV	X
KAZALO PREGLEDNIC	XI
KAZALO SLIK	XII
1 UVOD	1
2 PREGLED IN OCENA USTREZNOSTI MOŽNIH LOKACIJ ZA IZVEDBO KOLESARKEGA POLIGONA	2
3 PREGLED OBSTOJEČIH GEOTEHNIČNIH PODATKOV Z BLIŽNJIH LOKACIJ	5
3.1 Splošno	5
3.2 Opis jedra vrtine	6
3.3 Standardni penetracijski preizkus (SPT)	6
3.3.1 Rezultati SPT-raziskave	6
4 TERENSKÉ RAZISKAVE, IZVEDENE NA POVRŠINI, PREDVIDENI ZA IZGRADNJO POLIGONA	9
4.1 Geodetske meritve	9
4.2 Sondažni jaški	10
4.3 Laboratorijske raziskave	11
4.3.1 Splošno	11
4.3.2 Vrste raziskav	13
4.3.3 Rezultati laboratorijskih raziskav.....	15
4.3.4 Ugotovitve na podlagi rezultatov raziskav	20
5 KOLESARSKI POLIGON.....	21
5.1 Kaj je »pumptrack«?.....	21
5.2 Idejna zasnova poligona »pumptrack« v Trbovljah.....	23
5.2.1 Izbira oblike poligona	23
5.2.2 Pripravljalna dela.....	26
5.2.3 Izvedbena dela	27

6 ZAKLJUČEK	29
VIRI	31

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Grafična določitev meje židkosti vzorca B.....	16
Grafikon 2: Grafična določitev meje židkosti vzorca D.....	18
Grafikon 3: AC-klasifikacija vzorca B.....	19
Grafikon 4: AC-klasifikacija vzorca D	19

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz rezultatov SPT-raziskave	6
Preglednica 2: Prikaz izvedenih raziskav na posameznih odvzetih vzorcih	15
Preglednica 3: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu A	15
Preglednica 4: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu B	16
Preglednica 5: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskave meje židkosti na vzorcu B	16
Preglednica 6: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu C	17
Preglednica 7: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu D	17
Preglednica 8: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskave meje židkosti na vzorcu D	18
Preglednica 9: Zbirna tabela rezultatov	20

KAZALO SLIK

Slika 1: Lokacija potencialnih površin za izgradnjo kolesarskega poligona (Vir: Atlas okolja, 2015) ..	2
Slika 2 Lokacija vrtine V1 glede na predvideno lokacijo kolesarskega poligona(Vir: Atlas okolja, 2015)	5
Slika 3: Dejanska situacija izbrane površine	9
Slika 4: Grafični prikaz ter opis zgradbe tal na lokaciji sondažnega jaška 1	10
Slika 5: Grafični prikaz ter opis zgradbe tal na lokaciji sondažnega jaška 2	11
Slika 6: Kolesarski poligon – »pumptrack« (Vir: Trialscapes, 2014)	21
Slika 7: Prikaz pravilnega prenosa teže kolesarja med vožnjo prek grbin (Vir: Primer pravilne tehnike vožnje prek grbin (Vir: McCormack, 2008).....	21
Slika 8: Primer pravilne tehnike vožnje prek grbin (Vir: McCormack, 2008).....	22
Slika 9: Različne oblike »pumptrackov« (Vir: Keloland TV, 2015).....	22
Slika 10: Tloris projektiranega kolesarskega poligona	24
Slika 11: Vzdolžni prerezi kolesarskega poligona	25
Slika 12: Prečni prerezi kolesarskega poligona.....	25
Slika 13: Prikaz delovanja sil v zavojju (Vir: McCormack, 2008)	26

1 UVOD

Rudarstvo je del zasavske kulture že od leta 1804. Tako je očitno, da je bilo v skoraj 200 letih (pred zapiranjem rudnika) pod površjem odprtih veliko rovov, ki so v zlatih časih rudarjenja omogočali pridobivanje rjavega premoga in za zasavske kraje prinašali velik dobiček, danes pa imajo na okolje bolj ali manj le neugodne vplive. Govorimo predvsem o posedanju tal in večjih zdrsih, ki so posledica rudarjenja. Tako so bili do danes na degradiranih površinah zaradi rudarjenja že izvedeni večji posegi v prostor (npr. izvedba berm, armiranje z geotekstilom, planiranje brežin ...), da bi se tovrstni dogodki preprečili ali pa vsaj upočasnili.

Tudi moje diplomsko delo predstavlja dejanski idejni načrt v sklopu »obnovitve površin, ki so bile degradirane zaradi večletnega rudarjenja« v Trbovljah. Glavni pobudnik tega projekta je Rudnik Trbovlje-Hrastnik, ki je z evropskimi sredstvi do danes že pričel s sanacijo površin v obliki izgradnje umetnih jezer, postavitve zunanjih fitnes naprav, zatratitve površin ipd. Zdaj pa so se obrnili na kolesarski klub MTB Trbowle iz Trbovelj, katerega član sem tudi sam, v želji, da bi skupaj zasnovali neki idejni načrt za izvedbo kolesarskega poligona na omenjenih površinah.

Dogovorjen je bil sestanek z direktorjem Rudnika Trbovlje-Hrastnik gospodom Bojanom Jelenom, u. d. i. rud, na katerem so nam predstavili možne površine, ki bi bile primerne za ta projekt, ter predali tehnično dokumentacijo o geotehničnih raziskavah, ki so že bile opravljene na tem območju. Opravili smo tudi primarni ogled nekaj različnih lokacij, da bi ugotovili primernosti terena za izvedbo poligona.

V okviru diplomskega dela pa smo se podrobno lotili priprave samega projekta. Izvedena je bila podrobna raziskava ter ocena primernosti terena, projektiranje osi kolesarskega poligona ter njegova dejanska umestitev v prostor. Določen je bil obseg del, potreben za učinkovito izvedbo projekta v smislu optimalne masne bilance.

2 PREGLED IN OCENA USTREZNOSTI MOŽNIH LOKACIJ ZA IZVEDBO KOLESARSKEGA POLIGONA

Rudnik Trbovlje-Hrastnik, d. o. o, je predlagal tri potencialne lokacije za izgradnjo kolesarskega poligona, in sicer na območju Ojstrega, ki leži na meji med občinama Trbovlje in Hrastnik. Predlagan teren je lociran ob vznožju hriba Ostenk (Žrebljev hrib), ki ima najvišjo točko 721 metrov nad morjem. Večinoma gre za zelene površine, ki so v preteklosti služile kot odlagališča odvečnega izkopanega materiala Rudnika Trbovlje-Hrastnik. Čez območje poteka industrijska cesta, ki je delno odprta tudi za lokalni promet. Ta bi omogočala urejen in hiter dostop do predvidenega poligona tako iz Trbovelj kot iz Hrastnika. Na samem območju so dobro vidne posledice 200 let rudarjenja v naših krajih. Posledica posegov v prostor (dnevni kop, izkop rovov ...) je zmanjšana stabilnost in nosilnost tal, kar se na površju kaže v obliki prelomov in razpok. V zadnjih treh letih je v okviru sanacije degradiranih površin, ki so bile prizadete zaradi rudarjenja, Rudnik Trbovlje-Hrastnik na tej lokaciji zgradil dve umetni jezeri, začel s ponovno zasaditvijo dreves ter uredil določene kritične brežine z izdelavo berm in ureditvijo odvodnjavanja.

V aprilu smo izvedli primarni ogled vseh treh lokacij, na podlagi katerega sem lahko podal prvo oceno o ustreznosti terena za izgradnjo kolesarskega poligona.



Slika 1: Lokacija potencialnih površin za izgradnjo kolesarskega poligona (Vir: Atlas okolja, 2015)

Površina A

Gre za večjo površino, ki je rahlo oddaljena od ostalih dveh potencialnih lokacij. Uporabna površina meri do 6.500 m². Gre za del, ki je bil pred leti delno že saniran s strani Rudnika Trbovlje-Hrastnik. Na tem območju so, da bi preprečili oz. vsaj upočasnili plazenje tal, zgradili berme ter uredili odvodnjavanje, kar se je izkazalo za izredno učinkovit poseg. Istočasno pa so začeli s ponovno zasaditvijo dreves po celotnem območju, tako da je predlagana površina danes v celoti poraščena z nizkim in srednje visokim rastjem. To bi v primeru izgradnje kolesarskega poligona na tem območju pomenilo odstranitev na novo posajenih dreves, kar pa je dejansko nesmotrno in hkrati pomeni obsežnejši ter zahtevnejši poseg v prostor, predvsem pa večji strošek za investitorja. Neugoden dejavnik za izgradnjo poligona je tudi izredno razgiban in strm teren.

Površina B

Leži tik ob vznožju hriba Ostenk (Žrebljev hrib). Celotna površina pregledanega območja je približno 4.700 m² in je v celoti travnata. Padec terena poteka v smeri SZ–JV. Na tem območju je delno urejeno odvodnjavanje z betonskimi kanaletami, ki je bilo izvedeno med gradnjo ceste, vendar pa ne odvaja vse vode, ki priteče s pobočja Ostenka, tako da so na tej lokaciji zamočvirjeni deli, kjer voda stoji oz. ne odteka popolnoma. V primeru, da se odločimo za površino B kot površino, kjer bo zgrajen kolesarski poligon, bi bilo treba vzpostaviti sistem odvajanja odvečne vode pod poligonom in na njem ter ga priključiti na že obstoječe odvodnjavanje. Lokacija bi bila idealna za izgradnjo »flow-line« kolesarskega poligona, ki zahteva, da je med začetkom in koncem trase poligona dovolj višinskega padca, saj ta omogoča, da kolesar prevozi celotno traso brez poganjanja. Površina B je ugodna tudi z vidika priključevanja kolesarskega poligona na že obstoječe kolesarske poti, ki vodijo proti Ostenku in nazaj.

Površina C

Lokacija površine C je približno 100 m zračne razdalje jugozahodno od površine B in se nahaja okoli 420 metrov nad morsko linijo. Teren na tem območju ni razgiban (večinoma ravnina), kar v kombinaciji s slabo prepustno zgradbo tal povzroča zastajanje površinske vode. V primeru gradnje kolesarskega poligona na lokaciji C bi bil prav tako kot na površini B potreben sistem odvajanja odvečne vode. Na takšni lokaciji je najbolj smiselna izvedba kolesarskega poligona »pumptrack«. Tovrstni poligoni so sestavljeni iz komponent (objektov), ki kolesarju omogočajo, da lahko celotno traso prevozi brez poganjanja, in se večinoma gradijo na ravnih površinah.

Z vidika potencialnega uporabnika kolesarskega poligona sta najugodnejši površini B in C, saj je dostop do njiju omogočen iz obeh občin po že prej omenjeni cesti. Obe površini sta poraščeni z nizkim rastjem (grmičevje, trava) in večino dneva sta obsijani s soncem. To je ključnega pomena pri

zagotavljanju maksimalne uporabnosti kolesarskega poligona, saj je ta v celoti zgrajen iz zemljine (ilovica) in se mora po dežju čim hitreje posušiti.

Na podlagi opravljenega ogleda možnih površin, postavitve primarne ocene o ustreznosti posameznih lokacij, da se projekt izvede tako, da bo poseg v prostor minimalen in stroški za investitorja čim nižji, smo se odločili, da predvideni kolesarski poligon umestimo na površino C.

3 PREGLED OBSTOJEČIH GEOTEHNIČNIH PODATKOV Z BLIŽNJIH LOKACIJ

3.1 Splošno

Rudnik Trbovlje-Hrastnik, d. o. o., nam je predal tehnično dokumentacijo o geoloških raziskavah in študiji izvedbe cestne povezave Trbovlje-Hrastnik prek območja Ojstro. Ta cestna povezava poteka v bližini površine, na kateri je predviden kolesarski poligon. Na trasi predvidene cestne povezave je bilo izvedenih 11 geotehničnih vrtin, katerih lokacija je bila določena na podlagi obstoječih podatkov o geološki zgradbi tal. Vrtine so bile izvedene na globini od 3 do 9,3 m, vse pa so segle v trdno podlago.

Vrtanje je izvedla ekipa RTH, d. o. o., Razvoj in raziskave julija leta 2001. Vrtano je bilo s strojno vrtalno garnituro Mustang A 66 CBT rotacijsko s 100-odstotnim jedrovanjem. V vrtinah so bili izvedeni preizkusi standardne dinamične penetracije (SPT). Rezultati SPT so bili potem izrednoteni po Eurocode 7 in upoštevani pri določitvi geotehničnih karakteristik materialov (Ozzing d.o.o, 2001).

Za oceno geotehničnih karakteristik tal, ki bi lahko veljale tudi za območje, kjer je predviden kolesarski poligon, sem vzel podatke, pridobljene iz vrtine 1 (V1), ki se nahaja v neposredni bližini naše izbrane lokacije.



Slika 2 Lokacija vrtine V1 glede na predvideno lokacijo kolesarskega poligona (Vir: Atlas okolja, 2015)

3.2 Opis jedra vrtine

Vrtina 1(V1) je bila izvrtana do globine 9,3 m. Že pri globini 6 m se začne trdni sloj suhega temno sivega glinastega skrilavca, sicer pa je do globine 6 m še pet različnih slojev. Od nivoja terena do globine 0,7 m je sloj grušča litovskega apnenca z glinenim vezivom. Gre za nasip materiala, ki je nastal v času odlaganja odvečnega materiala Rudnika Trbovlje-Hrastnik na tej lokaciji. Sledi sloj rjave glinice z gruščem skrilavca do globine 1 m (AC-klasifikacija N(GFc)). Od globine 1 m do 2,6 m se nahaja sloj temno sivega grušča skrilavca z glinenim vezivom (AC-klasifikacija GFc). Med 2,6 m in 4,6 m je sloj izredno vlažnega temno sivega grušča skrilavca z glinenim vezivom (AC-klasifikacija GFc). Sloj med globino 4,6 m in 6,0 m pa je sestavljen iz preperelega temno sivega glinastega skrilavca, ki je zelo vlažen. Podtalna voda je bila v vrtini odkrita na globini 5,5 m (Ozzing d.o.o., 2001).

3.3 Standardni penetracijski preizkus (SPT)

V vrtini 1 (V1) je bil izveden standardni penetracijski preizkus (SPT), da bi določili geotehnične značilnosti materialov. Gre za raziskavo, ki omogoča določitev trdnostnih in deformabilnostnih karakteristik tal pri dejanskem napetostnem stanju. Meritve ter izračuni so bili izvedeni v skladu s standardom SIST EN ISO 22476-3:2005/A1:2012.

Na dno vrtine maksimalnega premera 150 mm, ki ga predhodno očistimo, spustimo vrtalno drogovje z izbrano konico. Za namen SPT-raziskave je Rudnik Trbovlje-Hrastnik uporabljal strojno vrtalno garnituro Mustang A 66 CBT. S pomočjo uteži, ki je spuščena z višine 760 mm na drogovje, primarno zabijemo konico 15 cm v tla in s tem preidemo cono poškodovanosti zaradi vrtnanja. Nato merimo število udarcev (penetracijski odpor), potrebnih, da se konica zabije nadaljnjih 30 cm oz. izmerimo penetracijo konice pri 50 udarcih. Pri SPT-raziskavi, izvedeni v vrtini 1 (V1), je bila penetracija v trdnem sloju (na globini 8 m) izmerjena pri 66 udarcih in je znašala 27,5 cm (Ozzing d.o.o., 2001).

3.3.1 Rezultati SPT-raziskave

Preglednica 1: Prikaz rezultatov SPT-raziskave

Globina (m)	Izmerjeni N	Gostota zemljine			Normalni tlak (v kPa/100)	C _N	Lambda	N ₆₀
		Rahlo sr. gosto	Gosto zelo gosto	Prekonsolidirano				
1	21	1	0	0	0,2	1,667	0,75	24,2
3	8	1	0	0	0,6	1,25	0,85	7,8
5	33	0	1	0	1	1	0,95	28,8
8	66	0	0	1	1,6	0,739	0,95	42,6

Interpretacija rezultatov SPT-raziskav temelji na empiričnih korelacijah. Pri vrednotenju je bilo treba upoštevati naslednje korekcije (katerih vrednosti so vidne v zgornji tabeli):

- korekcija zaradi dejanskega prenosa energije na drogovje – C_e ,
- korekcija zaradi dolžine drogovja – λ ,
- korekcija zaradi efektivnega tlaka – C_n .

Iz vhodnega podatka, ki je v tem primeru število udarcev (N), izmerjenih na posameznih slojih, lahko prek enačbe (1)

$$N_{60} = N * C_e * \lambda * C_n \quad (1)$$

izračunamo vrednost N_{60} , na podlagi katere sta bila za posamezne sloje vrtnice 1(V1) določena strižna trdnost(φ, c) ter modul stisljivosti (M_v), neposredno pa sta bili ocenjeni še prostorninska teža ter kategorija izkopa preizkušanih slojev (Ozzing d.o.o, 2001).

Rezultati so razkrili naslednje geotehnične karakteristike ter AC-klasifikacijo posameznih slojev

1. **Nasip grušča litovskega apnenca z glinenim vezivom**

globina: 0 m–0,7 m

AC-klasifikacija: GC

2. **Rjava glina z gruščem skrilavca, težko gnetna**

globina: 0,7 m–1 m

AC-klasifikacija: CL

3. **Grušč skrilavca in laporja z glino, rahel do srednje gost**

To je svetlo rjav do temno siv grušč glinastega skrilavca in laporja z glinenim vezivom, pod površino pa prevladuje peščena rjava glina. Zemljina je v rahlem do srednje gostem gostotnem stanju.

Tovrsten material je bil najden od globine 1 m do 6 m. Z globino se je večala naravna vlažnost.

AC-klasifikacija: GC, CL

prostorninska teža: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

strižna trdnost: $\varphi = 28^{\circ}$, $c = 10 \text{ kN/m}^2$ (*izkustvena ocena, podana v geotehničnem poročilu (Ozzing d.o.o, 2001))

modul stisljivosti: $M_v = 17000 \text{ kN/m}^2$

Ovrednoteno z uporabo Begemannove enačbe (2) za $N < 15$. Pri tem je bil za vrednost N uporabljena korigirana vrednost N_{60} ter korekcijski faktor c , ki ima vrednost 1,2 (Logar, 2015c).

$$E(\text{MPa}) = c * (N + 6) \quad (2)$$

kategorija izkopa: III. (lahka zemljina)

4. **Trden glinast skrilavec (v plasteh oligocenske morske gline)**

globina: 6 m–9,3 m

prostorninska teža: $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$

kategorija izkopa: V. (mehka kamnina)

4 TERENSKA RAZISKAVE, IZVEDENE NA POVRŠINI, PREDVIDENI ZA IZGRADNJO POLIGONA

4.1 Geodetske meritve

Da bi ocenili dejansko situacijo terena, kjer naj bi bil kolesarski poligon, smo opravili geodetske meritve na sami lokaciji. Z rezultati, pridobljenimi iz meritev, je bila lahko izvedena dejanska umestitev kolesarskega poligona v prostor na način, ki v primeru realizacije projekta pomeni za investitorja minimalen strošek izgradnje.



Slika 3: Dejanska situacija izbrane površine

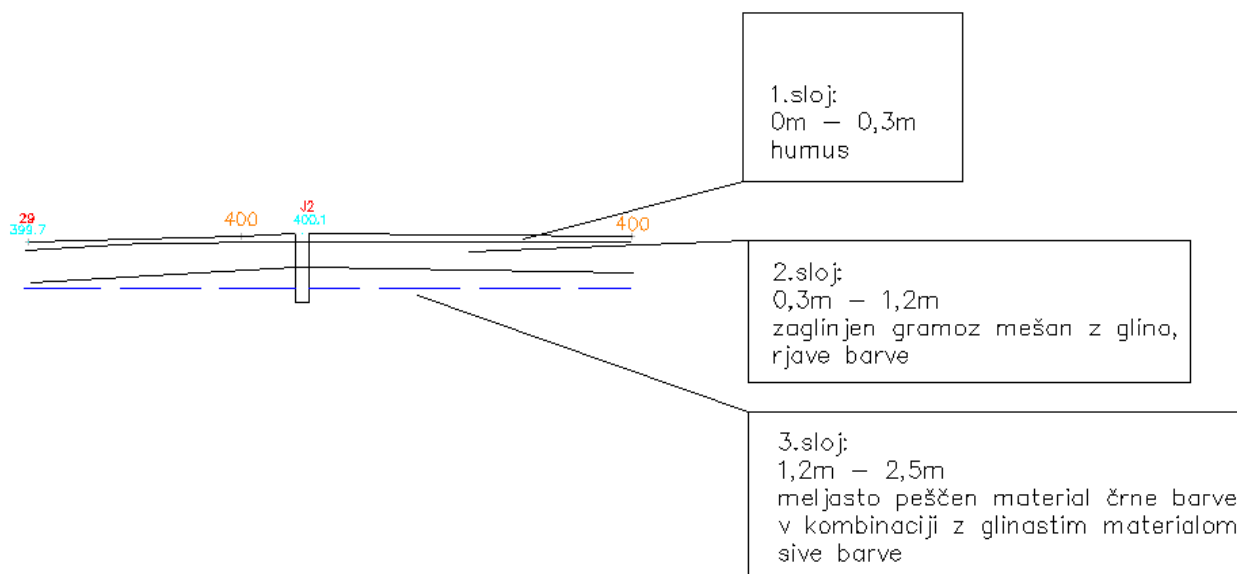
Učinkovita izraba terena v smislu čim manjšega posega v prostor je bila omogočena z izrisom prečnih ter vzdolžnih profilov površine, namenjene za poligon, na podlagi katerih smo pridobili količine materiala, ki bi ga bilo treba izkopati ter deponirati na lokaciji ali na prej določeni deponiji. Glede na fiksne točke, ki so bile posnete, se bo lahko v začetni fazi izgradnje izvedla točna zakoličba posameznih objektov kolesarskega poligona.

4.2 Sondažni jaški

Gradbeno podjetje Sekopt, d. o. o., ki ima pogodbo z Rudnikom Trbovlje-Hrastnik za izvajanje sanacijskih del, je na površini C izvedlo dva sondažna jaška, da bi pridobili dejansko sliko o zgradbi tal. Odzeti so bili tudi fizični vzorci ključnih materialov, da bi lahko z laboratorijskimi raziskavami ocenili določene geomehanske značilnosti.

- Sondažni jašek 1

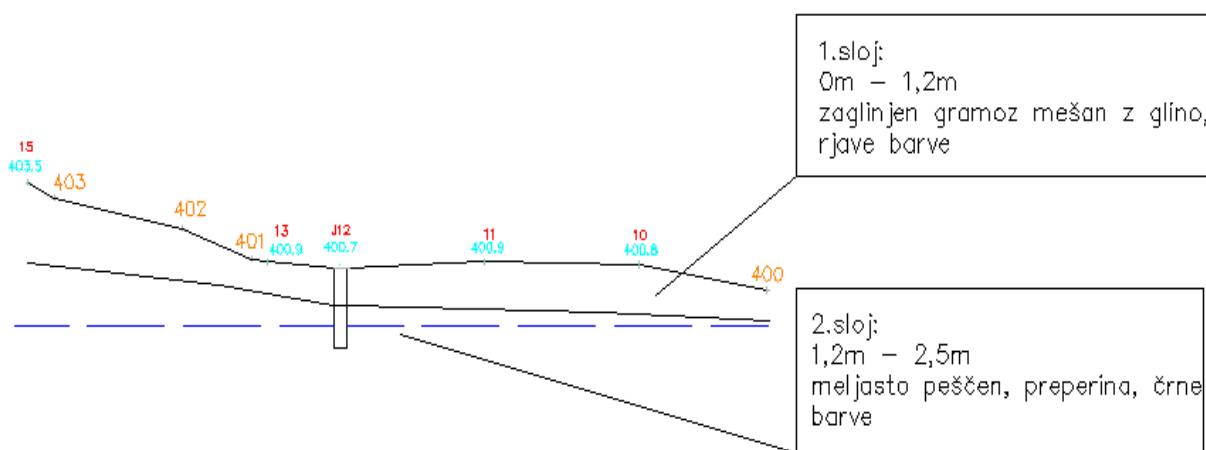
Lokacija jaška (glej Prilogo: Situacija površine C) je na skrajnem zahodnem delu površine, predvidene za kolesarski poligon. Izkop je bil izveden do globine 2,5 m. Globlji izkop ni bil možen zaradi podtalne vode, ki se nahaja na globini 2 m in je v zelo kratkem času napolnila dno sondažnega jaška. Do globine 2,5 m so tla sestavljena iz treh slojev. Od nivoja terena do globine 0,3 m je sloj humusa, sledi mu sloj zaglinjenega gramoz, ki je mešan z rjavo glino do globine 1,2 m, ter tretji sloj meljasto peščenega črnega materiala v kombinaciji z glinastim sivim materialom, ki sega vsaj do globine 2,5 m. Iz sondažnega jaška so bili vzeti vzorci drugega (0,3–1,2 m) ter tretjega (1,2–2,5 m) sloja v obliki kocke dimenzij 15 x 15 x 15 cm in bili v laboratorij dostavljeni v plastičnih vrečkah, ki so bile dobro zatesnjene, tako da material ni izgubljal vlažnosti.



Slika 4: Grafični prikaz ter opis zgradbe tal na lokaciji sondažnega jaška 1

Sondažni jašek 2

Lokacija jaška (glej Prilogo: Situacija površine C) je na skrajnem vzhodnem delu površine predvidene za kolesarski poligon. Izkop je bil zaradi pojava podtalne vode (na globini 2,2 m) tako kot pri prvem sondažnem jašku izveden do globine 2,5 m. Ugotovljeno je bilo, da so tla na tej lokaciji sestavljena iz dveh slojev, in sicer je prvi sloj sestavljen iz zaglinjenega gramoza, mešanega z rjavo glino, ki sega od nivoja terena do globine 1,2 m, ter drugi sloj, ki sega vsaj do globine 2,5 m in sestoji iz meljasto peščene črne preperine. Iz obeh slojev sta bila odvzeta vzorca v obliki kocke 15 x 15 x 15 cm.



Slika 5: Grafični prikaz ter opis zgradbe tal na lokaciji sondažnega jaška 2

4.3 Laboratorijske raziskave

4.3.1 Splošno

Iz terena vzeti vzorci materialov so bili preneseni v laboratorij Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Po pregledu ohranjenosti in pomembnosti vzorcev posameznih slojev smo se odločili, na katerih vzorcih bomo delali raziskave. Izbrani so bili štirje vzorci.

Vzorec a)

VRTINA: sondažni jašek 1

GLOBINA: 1,2 m–2,5 m

OPIS ZEMLJINE: siv glinasti material

OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

Vzorec b)

VRTINA: sondažni jašek 1

GLOBINA: 1,2 m–2,5 m (nad nivojem talne vode)

OPIS ZEMLJINE: meljasto peščeni črn material

OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

Vzorec c)

VRTINA: sondažni jašek 2

GLOBINA: 0 m–1,2 m

OPIS ZEMLJINE: gramoz v kombinaciji z rjavo glino

OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

Vzorec d)

VRTINA: sondažni jašek 2 (nad nivojem talne vode)

GLOBINA: 1,2 m–2,5 m

OPIS ZEMLJINE: meljasto peščena črna preperina

OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

4.3.2 Vrste raziskav

UGOTAVLJANJE (MERITVE) NARAVNE VLAŽNOSTI

Meritve ter izračuni se izvedejo v skladu s standardom CEN ISO/TS 17892 – 1:2004.

Količina vode v materialu se določi kot razlika mas vlažnega in suhega vzorca materiala. Poda se v odstotkih glede na maso vzorca suhega materiala. Pred izvedbo raziskave je treba zaščititi vzorčni material pred izgubo ali povečanjem vlažnosti. Vlažen vzorec najprej stehtamo (M_v), potem pa ga posušimo v sušilniku pri temperaturi $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, da dobimo težo popolnoma suhega vzorca (M_s). Delež vode v materialu se potem izračuna po naslednji enačbi(2).

$$w[\%] = \frac{M_v - M_s}{M_s} \times 100 \quad (3)$$

UGOTAVLJANJE (MERITVE) MEJE PLASTIČNOSTI

Meritve ter izračuni se izvedejo v skladu s standardom SIST-TS CEN ISO/TS 17892-12:2004.

Za določitev meje plastičnosti iz testiranega materiala naredim plastično kroglo, iz katere potem oblikujemo svaljke dolžine 30 mm in premera 3 mm. Svaljkamo toliko časa, da se iz vzorcev izgubi tolikšna količina vlage, da se svaljki začnejo drobiti. Potem izračunamo vlažnost teh vzorcev tako kot pri ugotavljanju naravne vlažnosti materiala. Raziskava je bila izvedena na vzorcih b in d. Za vsak material sta bila narejena po dva ločena preizkušanca za zagotavljanje zanesljivejših rezultatov. Za določitev meje plastičnosti (w_p) smo potem izračunali le še povprečno vrednost pridobljenih rezultatov.

UGOTAVLJANJE (MERITVE) MEJE ŽIDKOSTI

Meritve ter izračuni se izvedejo v skladu s standardom SIST-TS CEN ISO/TS 17892-12:2004.

Mejo židkosti določimo s konusom 60g/60°. Vzorec materiala po potrebi navlažimo in ga zgnetemo v homogeno pastozno zmes. Vzorec potem skrbno vgradimo v posodico in pri tem pazimo, da v njem ne nastanejo zračni mehurčki, ki bi vplivali na merodajnost dobljenih rezultatov. Vrhno površino vzorca

popolnoma zgladimo na ravni robov posodice. Konus namestimo v pravilno pozicijo in konico konusa skrbno približamo na predhodno obdelano površino vzorca in ga prosto spustimo. Na skali potem odčitamo penetracijo konusa v mm. Pri pravilni izvedbi preiskave penetracija konice ne sme biti manjša od 7 mm in ne sme presegati 15 mm.

Za vsak testiran material (a, b, c, d) smo vzeli po 5 vzorcev in na vsakem izmed teh vzorcev naredili test s konusom, in sicer dvakrat na vsakem vzorcu, ter iz tega izračunali povprečno vrednost penetracije. Potem smo za vsak posamezen vzorec ugotovili še vlažnost, ki predstavlja mejo židkosti, po enakem postopku kot pri ugotavljanju naravne vlažnosti materiala.

Za določitev meje židkosti (w_L) je treba izrisati graf, na katerega na abscisno os nanašamo vlažnost vzorca v odstotkih, na ordinatno os pa povprečno vrednost penetracije konusa v mm. Mejo židkosti odčitamo iz grafa, in sicer pri penetraciji 10 mm.

UGOTAVLJANJE (MERITVE) NEDRENIRANE STRIŽNE TRDNOSTI

Meritve ter izračuni se izvedejo v skladu s standardom SIST-TS CEN ISO/TS 17892-6:2004.

Nedrenirano strižno trdnost (c_u) določimo s konusom 400g/30°. Vzorec materiala, ki ga testiramo, vgradimo v testno posodico in pri tem pazimo, da ga vgradimo tako, da ne pride do zračnih mehurčkov v vzorcu. Vrhno površino vzorca popolnoma zgladimo v nivoju robov posodice. Konus namestimo v pravilno pozicijo in konico konusa skrbno približamo na predhodno obdelano površino vzorca ter ga prosto spustimo. Merimo penetracijo (i), ki pa ne sme biti manjša od 5 mm oz. večja od 20 mm. Če je penetracija manjša od 5 mm, za namen raziskave izberemo težji konus s konico, ki ima ostrejši kot, če pa je penetracija večja od 20 mm, izberemo lažji konus z večjim kotom.

Za vsak testiran material smo naredili po dva testna vzorca, na katerih je bila trikrat izmerjena penetracija konusa, seveda na različnih mestih na vzorcu, ki se medsebojno oddaljujejo vsaj 14 mm. Za potrebe izračuna nedrenirane strižne trdnosti materiala je bila vzeta povprečna penetracija.

Nedrenirano strižno trdnost izračunamo po enačbi (3):

$$c_u = c * g * \frac{m}{i^2} \quad (4)$$

kjer je c_u oznaka za nedrenirano strižno trdnost vzorca, c je konstanta, ki je odvisna od kota konice konusa in ima vrednost 0,80, če je konica 30°, ter 0,27, če je konica 60°. V enačbi je tudi gravitacijski

pospešek, ki ima oznako g ter vrednost $9,81 \text{ m/s}^2$. Masa konusa je v enačbi označena z m ter podana v gramih, penetracija konusa i pa se poda v milimetrih.

4.3.3 Rezultati laboratorijskih raziskav

Na posameznih vzorcih so bile izvedene naslednje raziskave:

Preglednica 2: Prikaz izvedenih raziskav na posameznih odvzetih vzorcih

VZOREC	Naravna vlažnost (w)	Meja plastičnosti (w_p)	Meja židkosti (w_L)	Nedrenirana strižna trdnost (c_u)
Vzorec a	✓	x	x	✓
Vzorec b	✓	✓	✓	✓
Vzorec c	✓	x	x	x
Vzorec d	✓	✓	✓	x

Vzorec a)

VRTINA: sondažni jašek 1

GLOBINA: 1,2 m–2,5 m

OPIS ZEMLJINE: siv glinasti material

OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

Preglednica 3: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu A

NARAVNA VLAŽNOST		NED.STRIŽNA TRDNOST	
PODATKI		PODATKI	
m_p (g)	227,35	p_1 (mm)	5,8
m_M (g)	274,18	p_2 (mm)	7,1
m_S (g)	260,28	p_3 (mm)	5,4
REZULTAT		REZULTAT	
w (%)	42,2	c_u (kPa)	84,36

m_p ...masa testne posodice

m_M ...masa vlažnega materiala

m_S ...masa suhega materiala

p_1 ...prva penetracija konusa

p_2 ...druga penetracija konusa

p_3 ...tretja penetracija konusa

Vzorec b)

VRTINA: sondažni jašek 1

GLOBINA: 1,2 m–2,5 m (nad nivojem talne vode)

OPIS ZEMLJINE: meljasto peščen črn material

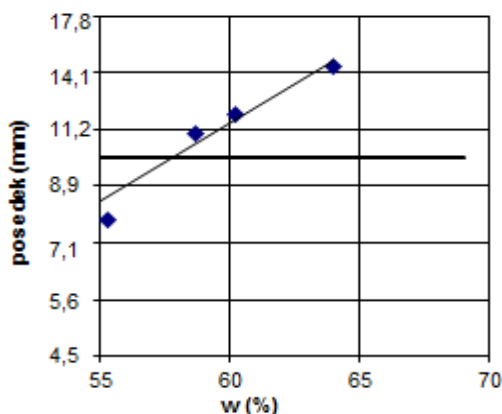
OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

Preglednica 4: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu B

NARAVNA VLAŽNOST		NED.STRIŽNA TRDNOST		MEJA PLASTIČNOSTI	
PODATKI		PODATKI		PODATKI	
$m_p(g)$	224,87	$p_1(mm)$	5,0	$m_p(g)$	35,965
$m_M(g)$	315,25	$p_2(mm)$	5,1	$m_M(g)$	40,64
$m_s(g)$	292,91	$p_3(mm)$	4,8	$m_s(g)$	39,777
REZULTAT		REZULTAT		REZULTAT	
$w (%)$	32,8	$c_v (kPa)$	125,57	$w_p (%)$	22,5

Preglednica 5: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskave meje židkosti na vzorcu B

MEJA ŽIDKOSTI					
PODATKI					
$p_1(mm)$	7,9	8,4	11,1	12	14,5
$p_2(mm)$	7,6	8,9	11	11,8	14,6
$m_p(g)$	34,567	34,469	34,46	36,15	35,131
$m_M(g)$	59,143	55,368	57,051	65,131	56,572
$m_s(g)$	50,396	47,992	48,701	54,236	48,207
REZULTAT					
$w_L (%)$					57,70



Grafikon 1: Grafična določitev meje židkosti vzorca B

Vzorec c)

VRTINA: sondažni jašek 2

GLOBINA: 0 m–1,2 m

OPIS ZEMLJINE: gramoz v kombinaciji z rjavo glino

OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

Preglednica 6: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu C

NARAVNA VLAŽNOST	
PODATKI	
m_p (g)	227,96
m_M (g)	358,06
m_S (g)	320,33
REZULTAT	
w (%)	40,8

Vzorec d)

VRTINA: sondažni jašek 2 (nad nivojem talne vode)

GLOBINA: 1,2 m–2,5 m

OPIS ZEMLJINE: meljasto peščena črna preperina

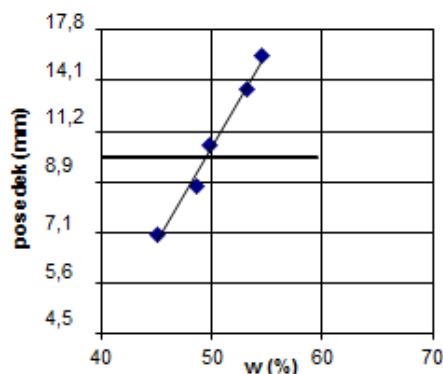
OBLIKA VZORCA: kocka (15 x 15 x 15 cm)

Preglednica 7: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskav, izvedenih na vzorcu D

NARAVNA VLAŽNOST		MEJA PLASTIČNOSTI		
PODATKI		PODATKI		
m_p (g)	227,78	m_p (g)	34,31	35,152
m_M (g)	336,16	m_M (g)	39,379	38,838
m_S (g)	311,36	m_S (g)	38,487	38,12
REZULTAT		REZULTAT		
w (%)	29,70	w_p (%)	22,80	

MEJA ŽIDKOSTI					
PODATKI					
p_1 (mm)	7	8,5	10,3	13,8	15,8
p_2 (mm)	7	9	10,8	13,4	15,9
m_p (g)	45,42	34,515	34,779	34,926	34,734
m_M (g)	50,747	51,623	56,386	65,74	59,583
m_s (g)	45,986	46,03	49,207	55,03	50,812
REZULTAT					
w_L (%)					49,50

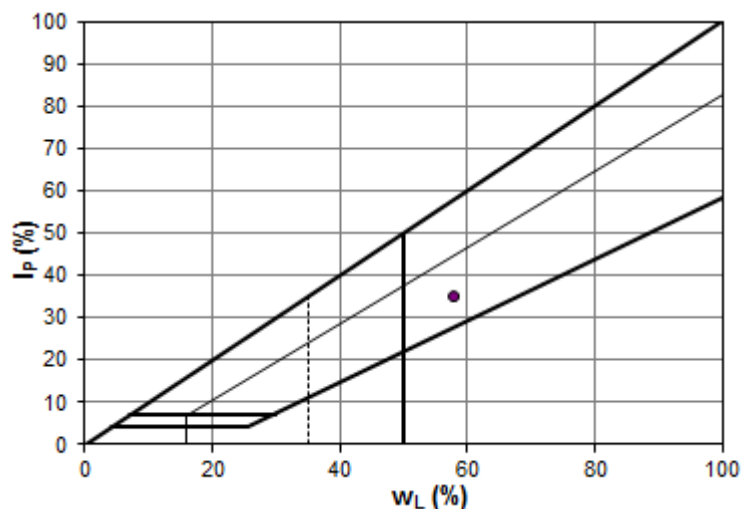
Preglednica 8: Prikaz vhodnih podatkov ter rezultatov raziskave meje židkosti na vzorcu D



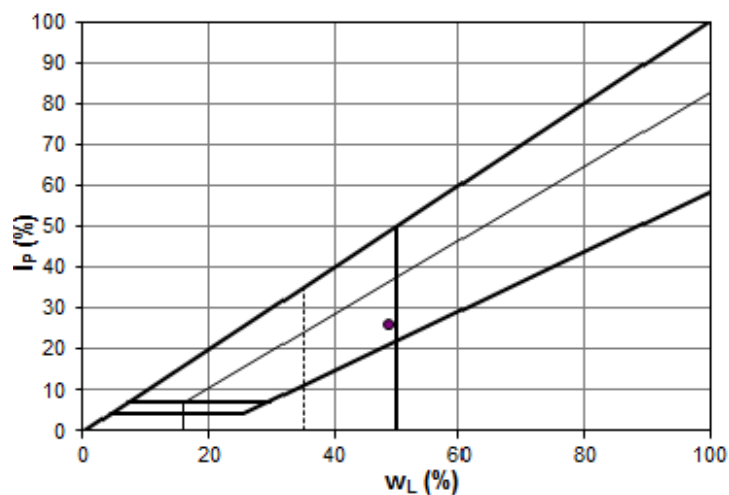
Grafikon 2: Grafična določitev meje židkosti vzorca D

Na podlagi pridobljenih rezultatov iz sondažnih jaškov ter opravljenih laboratorijskih raziskav lahko podamo oceno o primernosti temeljnih tal za izgradnjo poligona.

Preko leznih mej (meja plastičnosti, meja židkosti), ki so bile izračunane za vzorca b in d, sta bila v nadaljevanju izračunana indeks konsistence in indeks plastičnosti. Ugotovljeno je bilo, da ima material težko gnetno konsistenčno stanje, saj se indeks konsistence giblje med 0,66 in 1. Dejanski indeks konsistence vzorca b je 0,71, vzorca d pa ima vrednost 0,74. Treba je poudariti, da se konsistenčno stanje ter naravna vlažnost pod delovanjem obtežbe s časom spreminjata (Logar, 2015b).



Grafikon 3: AC-klasifikacija vzorca B



Grafikon 4: AC-klasifikacija vzorca D

Iz zgornjih grafov se vidi, da gre tako pri vzorcu B (AC-klasifikacija CL) kot vzorcu D (AC-klasifikacija CH) za glinen material. Oba sta težkognetna in imata podobno naravno vlažnost. Razlika med vzorcema je v tem, da je vzorec B malo bolj masten (visoko plastičen), vzorec D pa bolj pust (Logar, 2015b).

Pridobljeni rezultati ovržejo prvotno oceno materiala. Vidimo, da material v obeh primerih ni meljasto peščen, kakršnega smo predpostavili, temveč je bolj glinen.

4.3.4 Ugotovitve na podlagi rezultatov raziskav

Dejanske objekte poligona bi lahko v geotehničnem pogledu opisali kot nižje nasipe. Teoretično glinen material, ki ima naravno vlažnost (w) večjo od meje plastičnosti (w_p) (kot v primeru naših odvzetih vzorcev), ni primeren za gradnjo nasipov, vendar se zaradi nezahtevne gradnje predpostavi, da bi bil izkopani material delno primeren za ponovno vgradnjo v kolesarski poligon. Uporaben material bi bilo treba pred začetkom vgradnje dobro osušiti.

Do manjših posedkov lahko pride zaradi konsolidacije, vendar ti ne bodo veliki zaradi majhnih višin objektov poligona, ki zato ne predstavljajo velike obremenitve na temeljna tla. Višina grbin je 0,65 m, višina zavojev pa 0,8 m. Večji nasipi so le na lokacijah treh skokov. Ti v višino sicer merijo 2 m, ampak njihova tlorisna površina ni velika (4,5 m x 1 m).

Ocenjujemo, da za ta projekt podrobna stabilnostna analiza ni potrebna v primeru, da bodo temeljna tla pripravljena po projektu (zagotovljena zadostna zbitost tamponskega materiala). Brežine elementov poligona bodo stabilne, saj bo material skrbno vgrajen, površina elementov pa bo redno vzdrževana, s čimer bo preprečen vdor padavinske vode in preprečen nastanek lokalnih poškodb. Na SV delu poligona, kjer bo izveden manjši vkop višine 3,8 m, bo za zagotavljanje stabilnosti izvedena površinska zaščita brežin (Logar, 2015d).

Zaradi neprepustnega glinenega materiala, ki onemogoča pronicanje padavinske vode v tla in je večinska sestava tal na izbranem območju, je treba izvesti učinkovit drenažni sistem, s katerim bi vodo zajeli, še preden pride do objektov kolesarskega poligona, in jo usmerili proč od uporabne površine.

Preglednica 9: Zbirna tabela rezultatov

VZOREC	Oznaka sondažnega jaška	Sloj, iz katerega je bil vzet vzorec	Globina (m)	Naravna vlažnost (w)	Meja plastičnosti (w_p)	Meja židkosti (w_L)	Nedrenirana strižna trdnost (c_u)	Konsistenčno stanje
Vzorec a	1	3. sloj	1,8	42,2 %	–	–	84 kPa	–
Vzorec b	1	3. sloj	1,9	32,8 %	22,5 %	57,7 %	125 kPa	težko gnetno
Vzorec c	2	1. sloj	1,0	40,8 %	–	–	–	–
Vzorec d	2	2. sloj	1,8	29,7 %	22,8 %	49,5 %	–	težko gnetno

5 KOLESARSKI POLIGON

5.1 Kaj je »pumptrack«?



Slika 6: Kolesarski poligon – »pumptrack« (Vir: Trialscapes, 2014)

Oblika kolesarskega poligona, ki bi bila primerna za izbrano lokacijo, se imenuje »pumptrack«. Pumptrack ima tlorisno obliko neprekinjenega kroga z grbinami, dolinami, skoki ter naklonskimi zavoji, ki ga lahko sestavljajo tudi prečne povezave, ki se med seboj križajo, in ga kolesar lahko prevozi brez poganjanja kolesa. Kolesar na tovrstnih poligonih pridobiva hitrost tako, da ob prihodu na grbino dvigne sprednji del kolesa, potem pa v točki, ko je vsaj polovica kolesa prek vrha grbine, težo prenese na zadnji del in s tem ustvari pospešek. Tudi v zavoju se zaradi kompresije hitrost povečuje ali pa vsaj ohranja. Taka pravilno izvedena tehnika vožnje je lahko za uporabnika zabaven in kakovosten kondicijski trening.



Slika 7: Prikaz pravilnega prenosa teže kolesarja med vožnjo prek grbin (Vir: Primer pravilne tehnike vožnje prek grbin (Vir: McCormack, 2008)



Slika 8: Primer pravilne tehnike vožnje prek grbin (Vir: McCormack, 2008)

Prve osnovne oblike »pumptrackov« so se začele pojavljati v ZDA v 70. letih prejšnjega stoletja, vzporedno z razvojem koles BMX, temelje sodobnih »pumptrackov« pa so postavili avstralski gorski kolesarji. Leta 2005 je bila svetu prvič na videu predstavljena oblika »pumptracka«, ki jo je za trening uporabljal profesionalni gorski kolesar Mick Hannah (McCormack, 2008). Danes so tovrstni poligoni primerni za uporabo in uživanje vseh skupin kolesarjev ne glede na starost, izkušnje ali kakovost kolesa.



Slika 9: Različne oblike »pumptrackov« (Vir: Keloland TV, 2015)

Stroški izgradnje takšnega poligona so izredno nizki. Za realizacijo tovrstnega projekta je potreben enkratni vložek, ki obsega nabavo drenažnega ter tamponskega materiala, gline za konstruiranje objektov ter najem gradbene mehanizacije.

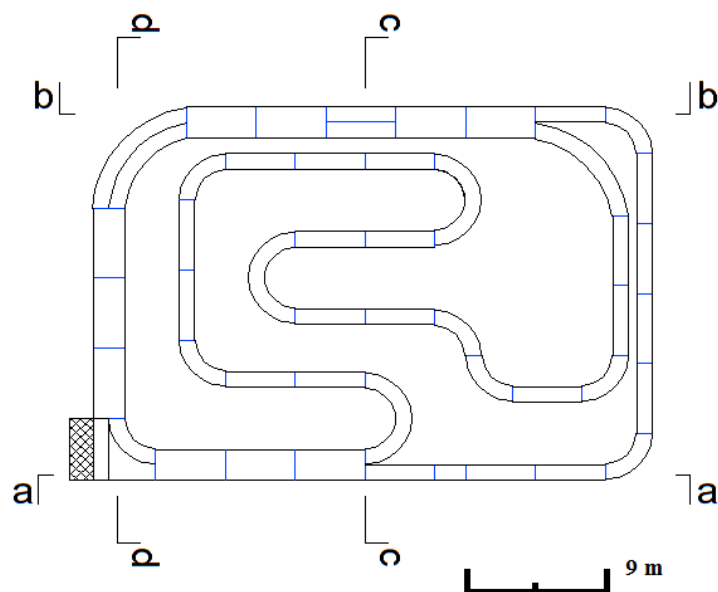
V želji po čim kvalitetnejši uporabi poligona je treba dobro načrtovati odvodnjavanje in s tem preprečiti zastajanje vode na uporabni površini tako na površju kot pod nivojem. Učinkovito izvedeno odvodnjavanje omogoča uporabo kolesarskega poligona večji del leta, saj se tudi v primeru padavin hitro suši in je tako optimalno pripravljen za uporabnika.

5.2 Idejna zasnova poligona »pumptrack« v Trbovljah

5.2.1 Izbira oblike poligona

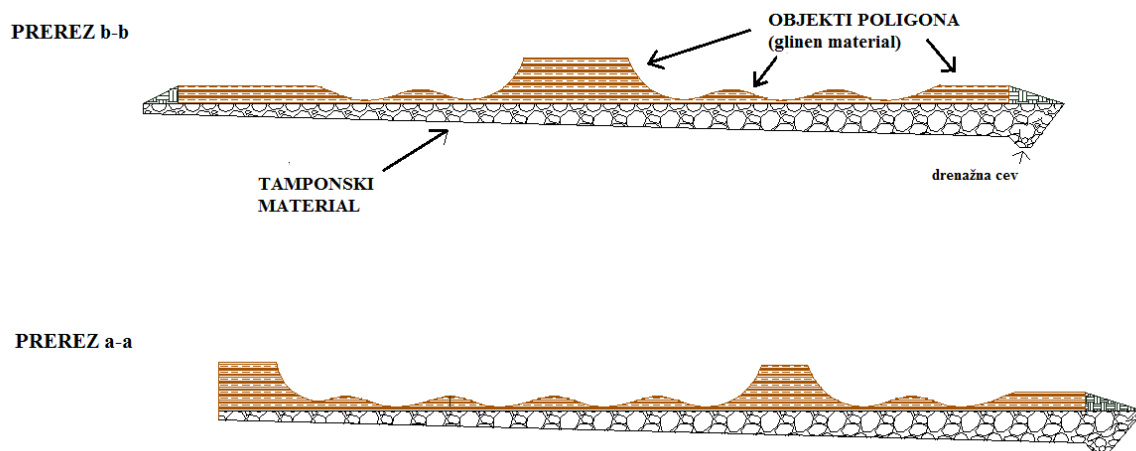
Na izbrani površini nam že trenutno stanje terena omogoča izvedbo katere koli izmed mnogih oblik tovrstnih poligonov. Ker gre za pretežno ravninski del, bi tako tudi minimizirali potrebna zemeljska dela in znižali stroške izgradnje. Po pregledu opravljenih geodetskih meritev je bil sprojektiran poligon, ki v tlorisu meri 900 m² (37,5 m x 24 m) in je bil optimalno postavljen v prostor, tako da je bila čim bolj izkoriščena ravnina.

Zaradi ugodnega položaja, ki dopušča večji pumptrack, je bila od samega začetka gradnja načrtovana tako, da bi bil končni izdelek dejansko sestavljen iz dveh tras oz. linij vožnje, ki se med seboj prepletata. Po zunanjem obodu kolesarskega poligona bi potekala osnovna linija, ki bi bila sestavljena samo iz grbin ter štirih zavojev po 90⁰. Takšna linija bi bila primerna za univerzalnega uporabnika ne glede na starost, znanje ali kakovost kolesa. V poligon pa bi bila vključena tudi zahtevnejša linija, ki bi vključevala dva skoka dolžine 2 m in 4,5 m ter nekaj zahtevnejših odsekov, kot so zavoj za 180⁰ ter S-zavoj. Zahtevnejša linija bi tako privabila tudi naprednejše kolesarje ter omogočala izvedbo tekmovanj, ki jih je vsako leto več in privabljajo vedno večje množice gledalcev, istočasno pa bi začetnikom omogočala hitrejši napredek pri razvoju tehnike vožnje in izziv, zaradi katerega bi se večkrat vrnili na poligon.

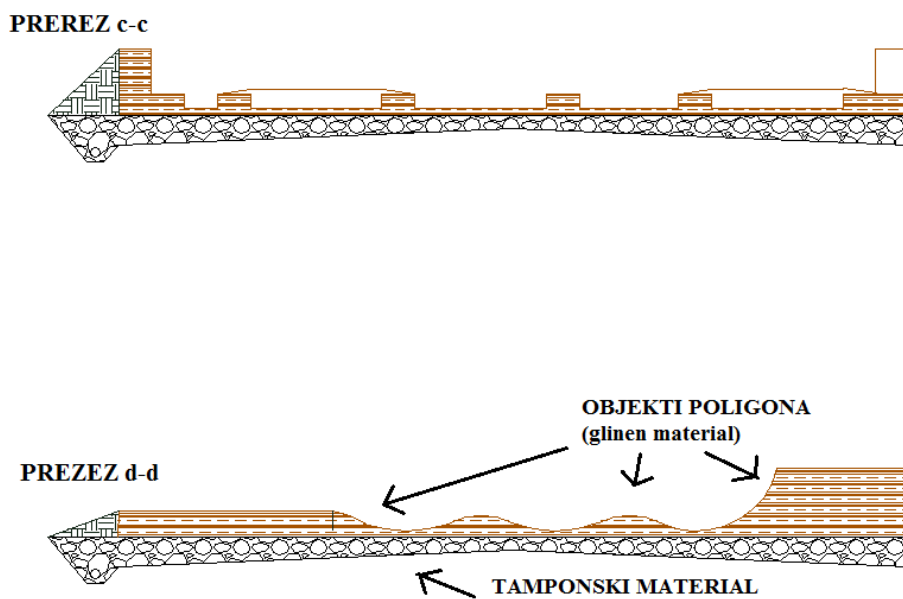


Slika 10: Tloris projektiranega kolesarskega poligona

Grbine, ki omogočajo kolesarju, da pridobiva hitrost brez poganjanja kolesa, bi v najvišji točki segale 0,65 m nad tamponsko podlago ter bi bile na medsebojni razdalji 4,5 m (McCormack, 2008), svetla višina grbin pa bi bila 0,45 m. Takšna razdalja in višina omogočata, da se uporabnik ves čas vožnje z obema kolesoma dotika podlage. Z grbinami dosežemo, da po trasi poligona dejansko ni ravne površine, ki bi upočasnjevala kolesarja, nasprotno, kolesarju omogoča stalno pridobivanje hitrosti.

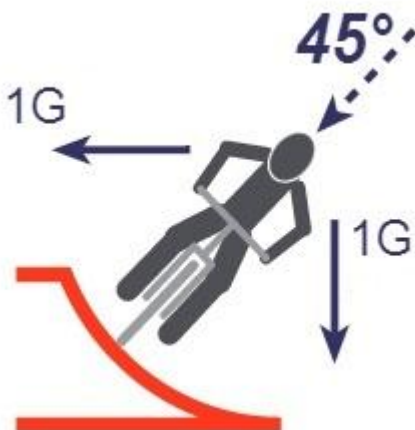


Slika 11: Vzdolžni prerezi kolesarskega poligona



Slika 12: Prečni prerezi kolesarskega poligona

V zavojih bi z materialom segali 0,8 m nad tamponski material (svetla višina 0,6 m). Takšna višina omogoča, da lahko kolesar tudi pri večji hitrosti varno odpelje ovinek. Pravilen vstop v zavoj je pod kotom 45° , ki omogoča maksimalen stik s podlago. Zavoji v projektiranem »pumptracku« imajo radij 3 m ter 7 m in so zgrajeni tako, da je vozna površina pod kotom 60° glede na horizontalo (McCormack, 2008).



Slika 13: Prikaz delovanja sil v zavoju (Vir: McCormack, 2008)

5.2.2 Pripravljalna dela

V sklop del, ki so potrebna pred dejansko graditvijo kolesarskega poligona, sodijo predvsem odstranitev obstoječega materiala, izdelava kakovostnega podložnega sloja ter učinkovita izvedba drenažnega sistema. Tako bi bil potreben izkop na obstoječem terenu. S pomočjo planimetriranja na podlagi prereзов, ki so bili izrisani glede na rezultate, pridobljene iz geodetskih meritev, smo določili količine materiala, ki ga je treba odkopati ($1.462,5 \text{ m}^3$). Nekaj izkopenega materiala bi bilo verjetno uporabnega za izdelavo objektov kolesarskega poligona, vendar je to le ocena, saj do dejanskega izkopa ne bomo vedeli, ali je tak material primeren oz. koliko ga je. Odvečni material se lahko delno razsipa po lokaciji (brežine ob zaključkih kolesarskega poligona), delno pa bi ga bilo treba odpeljati na primerno deponijo.

Za idealno izvedbo bi bil treba vgraditi 675 m^3 tamponskega materiala frakcije 0–32 mm ter ga dobro skomprimirati. Za odvodnjavanje bi spodnjo površino tamponskega sloja splanirali tako, da bi imel tamponski sloj po krajši stranici obliko strehe s padcem $1-2^{\circ}$ tako v levo kot v desno smer. Tako odvedeno morebitno talno vodo bi na eni strani usmerili v drenažno cev $\Phi 300 \text{ mm}$, ki bi potekala ob

celotni stranici poligona in proč od uporabne površine. Za dodatno varnost pa bi tamponski sloj po daljši stranici nagnili proti vzhodu, prav tako s padcem $1-2^0$ in prav tako kot prej morebitno odvedeno vodo usmerili v drenažno cev Φ 300 mm, ki bi potekala ob stranici na koncu poligona. Pod tamponskim materialom in nad njim se izvede ločevalni sloj iz filtrnega geosintetika.

5.2.3 Izvedbena dela

Najprimernejši material za gradnjo tovrstnih poligonov je glede na izkušnje, ki jih imajo graditelji, definitivno glina s čim manjšo vsebnostjo peska. Tovrstne poligone lahko v Sloveniji vidimo v Izoli, Šempetru pri Gorici ter v Mariboru. Za primerjavo je še najbolj merodajen poligon v Mariboru, kjer so podobne vremenske razmere kot v Zasavju (količina padavin, temperatura). Na podlagi izkušenj graditeljev poligona v Mariboru se v primeru rednega vzdrževanja ne pričakuje problemov zaradi izsuševanja ali zmrzovanja kolesarske steze. Glinen material je primeren iz dveh razlogov. Z njim preprosto oblikuješ traso, tako da so objekti (grbine, zavoji, skoki) pravilno dimenzionirani ter stabilni. Kompaktiran material, vgrajen tako, da ima steza minimalni prečni naklon, omogoča učinkovit površinski odtok padavinske vode do vmesnih površin poligona, ki so zatravljene, ali pa celo proč od uporabne površine poligona, kar zagotavlja hitro sušenje kolesarske steze. Problem kolesnic rešujemo z rednim vzdrževanjem kolesarske steze.

Glede na izbrano obliko kolesarskega poligona z vsemi objekti bi bilo za izvedbo potrebnih 250 m^3 primerne glinenega materiala (ob upoštevanju korekcijskega faktorja 1,3 zaradi komprimacije ob vgrajevanju).

Iz rezultatov, pridobljenih iz raziskav tal s pomočjo sondažnih jaškov, ter predhodno izvedenih geotehničnih raziskav, opravljenih s strani Rudnika Trbovlje-Hrastnik, lahko pričakujemo, da bo nekaj izkopanega materiala primerne za ponovno vgradnjo, vendar dejanska količina ne bo ugotovljena do začetka izkopa.

Predvidene faze gradnje

Faza 1

Izvede se zakoličba zunanjega obrisa poligona ter izkop materiala do primerne globine od izbrane ničelne izhodiščne točke. Točka leži na mestu prvega sondažnega jaška na nadmorski višini 400 m (kota zgornje površine tamponskega sloja). Globina izkopa gradbene jame glede na referenčno točko je na lokaciji drenažne cevi 1,4 m ter 0,4 m po sredini kolesarskega poligona. Med izkopom je treba ločevati material, ki bi bil primeren za ponovno vgradnjo, ter material za deponiranje. Po končanem izkopu se izvede trajna brežina vkopa na SV delu

poligona, ki sega do višine 3,8 m na skrajnem vzhodnem delu in se na razdalji 16 m proti zahodu poravna s koto referenčne točke. Brežina se izvede v naklonu 1 : 1. Kot ojačitev brežine se predlaga površinska zaščita z žičnimi mrežami ali kamnito zložbo višine do 2m, od katere naprej brežino uredimo v blagem naklonu (Logar, 2015d). Potrebno je tudi pravilno planiranje in utrditev dna gradbene jame ter upoštevanje predpisanih projektnih naklonov.

Faza 2

Polaganje filtrnega geosintetika in drenažne cevi na lokacijo, določeno v projektu, ter njeno zasutje z drenažnim peskom (Logar, 2015a). Sledi vgradnja tamponskega materiala frakcije 0–32 mm v debelini 0,4 m do 0,9 m (zaradi upoštevanja projektnih naklonov dna gradbene jame). Tamponski material je treba zgostiti z valjarjem, da se doseže njegova zadostna zbitost. Po izvedeni kontroli kakovosti pripravljenega tamponskega sloja se ta prekrije s filtrnim geosintetikom.

Faza 3

Zakoličba trase kolesarskega poligona glede na prej izbrano izhodiščno točko (določena med geodetskimi meritvami).

Gradnja objektov poligona (grbine, skoki, zavoji) iz prej dostavljene gline. Med izvedbo je treba kontrolirati, ali so dimenzije enake projektnim, ali je material optimalno vlažen in ali so plasti vgrajenega materiala primerno zgoščene.

Faza 4

Fino planiranje trase poligona in brežin.

Faza 5

Ureditev ostalih površin znotraj poligona in okrog njega z zasaditvijo trave.

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi je bil izdelan idejni načrt za izvedbo kolesarskega poligona na področju degradiranih površin Rudnika Trbovlje-Hrastnik. Po primarnem ogledu možnih lokacij in izbiri primerne površine za gradnjo smo se odločili za izvedbo geotehnične analize terena predvsem zaradi posedanja tal, ki se kaže v obliki prelomnic, vidnih na površini, ter rovov pod površjem.

Za odvzem vzorcev so bili izvedeni sondažni jaški, prek katerih smo lahko tudi oblikovali grobo sliko o zgradbi tal na izbrani lokaciji za poligon. Ugotovljeno je bilo, da je zgornji sloj tal najverjetneje nasipni material, ki je bil na lokaciji deponiran iz Rudnika Trbovlje-Hrastnik, iz bližnjega (zdaj neaktivnega) dnevnega kopa premoga, ter bi ga bilo treba v prvi fazi gradnje odstraniti ter deponirati delno na lokaciji ter delno na predhodno določeni deponiji. Nižje sloje predstavljajo predvsem glineni materiali, ki bi bili delno lahko primerni za ponovno vgradnjo v objekte kolesarskega poligona. Ugotovljena je bila tudi globina podtalne vode na tej lokaciji, ki pa ne vpliva na gradnjo poligona.

Iz rezultatov, pridobljenih z laboratorijskimi raziskavami v laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, smo lahko podali preliminarno oceno nekaterih lastnosti zemljin z lokacije poligona, predvsem ugotavljanje primernosti materiala za ponovno vgradnjo v poligon. V večini gre za malo ter zelo stisljiv glinen material. Zaradi ugotovitve, da nižje sloje sestavljajo težkognetne gline, je bila predlagana vgradnja filtrnega in ločilnega geosintetika tako med dnom gradbene jame ter tamponskim materialom kot tudi med slojem tampona in glinenimi zemljinami, iz katerih bo grajena steza kolesarskega poligona. Vloga geosintetika je preprečevanje mešanja materiala in prehajanja drobnih glinenih zrn v čist tamponski material. Za podrobnejšo stabilnostno analizo terena se nismo odločili. Temelji te odločitve so bili kljub degradirani površini nizka obremenitev poligona za teren ter dokaj vodoravna lokacija gradnje, predvsem pa nizke brežine nasipov za stezo poligona. Ugotovljeno je bilo, da bo del izkopanega materiala težkognetna glina, ki bi bila v primeru, da ni preveč mešana s peskom, primerna za ponovno vgradnjo.

Na podlagi geodetskih meritev so bili izrisani prečni profili izbranega terena, s pomočjo katerih je bila umestitev poligona v prostor izvedena na način, da zahteva gradnja minimalen izkop materiala. Določeni so bili tudi volumni izkopa ter volumni potrebnega tamponskega materiala.

Ugotavljamo, da bi bilo za namen trajne gradnje ter reševanja problema slabega površinskega odtoka potrebno izvesti učinkovito odvajanje površinske in podtalne vode stran od lokacije kolesarskega poligona, za kar je bil v nalogi izdelan predlog rešitve.

Koncept kolesarskega poligona, ki bi se uporabil na tej lokaciji, bi bil za zasavske kraje inovativen ter učinkovit način sanacije degradiranih površin, istočasno pa bi širokemu krogu uporabnikov omogočal aktivno in zabavno preživljanje prostega časa izven štirih sten.

VIRI

Logar, J. 2015a. Geosintetiki pri zemeljskih delih. Gradnja nasipov: str. 4-5

http://ucilnica1415.fgg.uni-lj.si/pluginfile.php/15678/mod_resource/content/1/Predavanja_-_Logar/Gradnja_nasipov.pdf (Pridobljeno 3. 6. 2015)

Logar, J., 2015b. Osnovne fizikalne lastnosti zemljin. Študijsko gradivo: str. 13-23

http://ucilnica1415.fgg.uni-lj.si/pluginfile.php/7563/mod_resource/content/2/MT%20-%20FIZIKALNE%20LASTNOSTI.pdf (Pridobljeno 3. 6. 2015)

Logar, J., 2015c. Terenske preiskave. Korelacije z mehanskimi parametri: str. 22

http://ucilnica1415.fgg.uni-lj.si/pluginfile.php/15672/mod_resource/content/1/Predavanja_-_Logar/Terenske_preiskave_2011.pdf (Pridobljeno 16. 9. 2015)

Logar, J., 2015d. Gradnja vkopov. Študijsko gradivo: str. 8

http://ucilnica1415.fgg.uni-lj.si/pluginfile.php/15689/mod_resource/content/1/Predavanja_-_Logar/Gradnja_vkopov_2003.pdf (Pridobljeno 4. 6. 2015)

McCormack, L. 2008. Welcome to Pump Track Nation. How to build and ride the best pump track on Earth – Yours. Boulder CO, USA, Race Line Publishing, Lee Likes Bikes LLC: str. 27

<https://www.dropbox.com/s/d2dmjou0mzar063/Pump%20Track%20Nation%20-%20Lee%20McCormack.pdf?dl=0> (Pridobljeno 3. 6. 2015)

Ozzing d.o.o. 2001. Geološke raziskave in študija možnosti izvedbe cestne povezave Trbovlje-Hrastnik preko območja Ojstrega. Tehnična dokumentacija 387/01. Trbovlje, Ozzing d.o.o.: 52 f.

Standardi:

CEN ISO/TS 17892 – 1:2004. Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Laboratorijsko preskušanje zemljin – 1.del: Ugotavljanje vlažnosti (ISO/TS 17892 – 1:2004).

SIST-TS CEN ISO/TS 17892-12:2004. Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Laboratorijsko preskušanje zemljin – 12.del: Ugotavljanje Atterbergovih meja plastičnosti (ISO/TS 17892-12:2004).

SIST – TS CEN ISO/TS 17892-6:2004. Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin – 6.del: Preskus s konusom(ISO/TS 17892-6:2004).

SIST EN ISO 22476-3:2005/A1:2012. Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Preskušanje na terenu – 3.del: Standardni penetracijski preskus – Dopnilo 1 (ISO 22476-3:2005/Amd1:2011).

SEZNAM PRILOG:

Priloga A: DEJANSKA SITUACIJA OBRAVNAVANE POVRŠINE

Priloga A1: VZDOLŽNI PREREZI OBSTOJEČEGA TERENA

Priloga A2: PREČNI PREREZI OBSTOJEČEGA TERENA

Priloga B: TLORIS PREDVIDENEGA KOLESARKEGA POLIGONA

Priloga B1: VZDOLŽNI PREREZI PREDVIDENEGA KOLESARKEGA POLIGONA

Priloga B2: PREČNI PREREZI PREDVIDENEGA KOLESARKEGA POLIGONA

Priloga C: ODVODNJAVANJE NA LOKACIJI KOLESARKEGA POLIGONA