

Izrada geotehničkog profila dijela trase magistralnog plinovoda Bosiljevo - Sisak DN 800/100 na prijelazu preko rijeke Dobre

Matjašić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:690590>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

IZRADA GEOTEHNIČKOG PROFILA DIJELA TRASE
MAGISTRALNOG PLINOVODA BOSILJEVO – SISAK DN 800/100 NA
PRIJELAZU PREKO RIJEKE DOBRE

Završni rad

Marko Matjašić

G2053

Zagreb, 2020.

IZRADA GEOTEHNIČKOG PROFILA DIJELA TRASE MAGISTRALNOG
PLINOVODA BOSILJEVO – SISAK DN 800/100 NA PRIJELAZU PREKO RIJEKE
DOBRE

MARKO MATJAŠIĆ

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U okviru izrade ovog završnog rada načinjena su strukturno-geološka mjerenja na širem području rijeke Dobre, duž magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 od stacionaže 6+000 do 9+000. Svrha terenskih istraživanja bila je prikupiti i analizirati strukturno-geološke podatke za potrebu izrade geotehničkog profila u mjerilu 1:5000/500. Nadalje, analizirane su i opisane jezgre izrađenih geomehaničkih bušotina na zapadnoj i istočnoj obali rijeke Dobre, od strane tvrtke Calx d.o.o. U sklopu geomehaničkih radova identificirane litostratigrafske jedinice na trasi su prema *BRAUN-STINY-evoj* klasifikaciji smještene u odgovarajuće kategorije iskopa prema njihovim inženjerskogeološkim svojstvima. Za potrebe izrade geotehničkog profila, opisan je postupak izrade trase plinovoda s pripadajućim podacima u softveru *ESRI ArcMap*.

Završni rad sadrži: 38 stranica, 6 tablica, 21 sliku

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Doc. dr .sc. Bojan Matoš
Komentor Izv. prof. dr. sc. Dario Perković
Ocjenjivači: Doc. dr .sc. Bojan Matoš
Izv. prof. .dr. sc. Dario Perković
Doc. dr. sc. Uroš Barudžija

Datum obrane: 22. rujna 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE DUŽ TRASE MAGISTRALNOG PLINOVODA.....	3
3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA DUŽ TRASE PLINOVODA	9
4. METODE I REZULTATI IZRADI GEOTEHNIČKOG PROFILA TRASE PLINOVODA.....	17
4.1. POSTUPCI U GIS SOFTVERU PRI IZRADI GEOTEHNIČKOG PROFILA TRASE PLINOVODA	17
4.2. TERENSKA ISTRAŽIVANJA DUŽ TRASE PLINOVODA.....	23
4.3. ISTRAŽNO BUŠENJE	26
4.4. INŽENJERSKOGEOLOŠKA I TEHNIČKA KLASIFIKACIJA STIJENA I TALA	30
4.5. KONSTRUKCIJA GEOTEHNIČKOG PROFILA.....	32
5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK	36
6. LITERATURA	37

POPIS SLIKA

Slika 1-1 Topografska karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s naznačenim stacionažama	2
Slika 3-1 Geološki stupovi listova OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983) i OGK Sisak (Pikija, 1987)	10
Slika 3-2 Osnovna geološka karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s naznačenim stacionažama (prema Bukovac i dr., 1983, Benček i dr., neobjavljeno, Korolija i dr., 1979., Pikija, 1987)	11
Slika 3-3 Prikaz jedinica geološkim stupom na širem području rijeke Dobre prema OGK Črnomelj, M 1:100000 (prema Bukovac i dr., 1983)	12
Slika 3-4 Geološka građa na širem području rijeke Dobre prema OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983)	13
Slika 3- 5 Uzorak s lokacije BS-5, vapnenac mikritskog tipa	14
Slika 3-6 Uzorak s lokacije BS-8, vapnenac svijetlije sive boje i oštrobriđnog loma.....	15
Slika 3-7 Crvene boksitične gline (terra rossa) na lokaciji BS-5	16
Slika 4-1 Prikaz slojeva u GIS-u	18
Slika 4-2 ArcCatalog\Shapefile Properties\XY Coordinate System\HTRS 96 Croatia TM\Save as	19
Slika 4-3 A Naredba Construct Points; B Izraz koji se unosi u Field Calculator	20
Slika 4-4 A Arctoolbox\Data Management Tools\Projections and Trasformations\Feature\ Batch Project, B Arctoolbox\ Conversion Tools\To KML\Layer to KML.....	22
Slika 4-5 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim terenskim točkama od stacionaže 6+000 do 9+000.....	24
Slika 4-6 Terenska točka BS-8; debelo uslojeni vapneneci kimeridža i titona.....	24
Slika 4-7 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim terenskim točkama	25
Slika 4-8 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim pozicijama bušotina na prijelazu trase preko rijeke Dobre.....	26
Slika 4-9 A Izrada plitke geotehničke bušotine BBS-1 na stacionaži 7+263 na zapadnoj obali rijeke Dobre B Izbušeni slijed naslaga (jezgra) na bušotini BBS-1 (Calx, 2019)	27
Slika 4-10 A Izrada plitke geotehničke bušotine BBS-2 na stacionaži 7+339 na istočnoj obali rijeke Dobre B Izbušeni slijed naslaga (jezgra) na bušotini BBS-2 (Calx, 2019)	28
Slika 4-11 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim bušotinama.....	29
Slika 4-12 Trasa plinovoda na približno st. 6+060 na kojoj se vidi paleodepresija u srednjejurskim vapnencima koja je ispunjena crvenim boksitičnim glinama (Calx, 2019).....	34
Slika 4-13 Vapnenac svrstan u IV./VI. kategoriju iskopa prema BRAUN-STINY-evoj tehničkoj klasifikaciji	35

POPIS TABLICA

Tablica 2-1 Prijelazi trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 preko vodotoka, s pripadajućim stacionažama	4
Tablica 2-2 Prijelazi trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 preko prometnica, s pripadajućim stacionažama	6
Tablica 4-1 Primjer tablice izrađene u <i>Microsoft Excel</i> -u kao ulazni podatak za <i>ESRI ArcMap</i>	21
Tablica 4- 2 <i>BRAUN-STINY</i> -eva klasifikacija stijenskih masa i tala	30
Tablica 4- 3 Proračunska tablica za prividni ustrmljeni kut nagiba	32
Tablica 4- 4 Konverzijska tablica za dobivanje prividnog kuta nagiba (Bahun, 1993)	33

GRAFIČKI PRILOZI

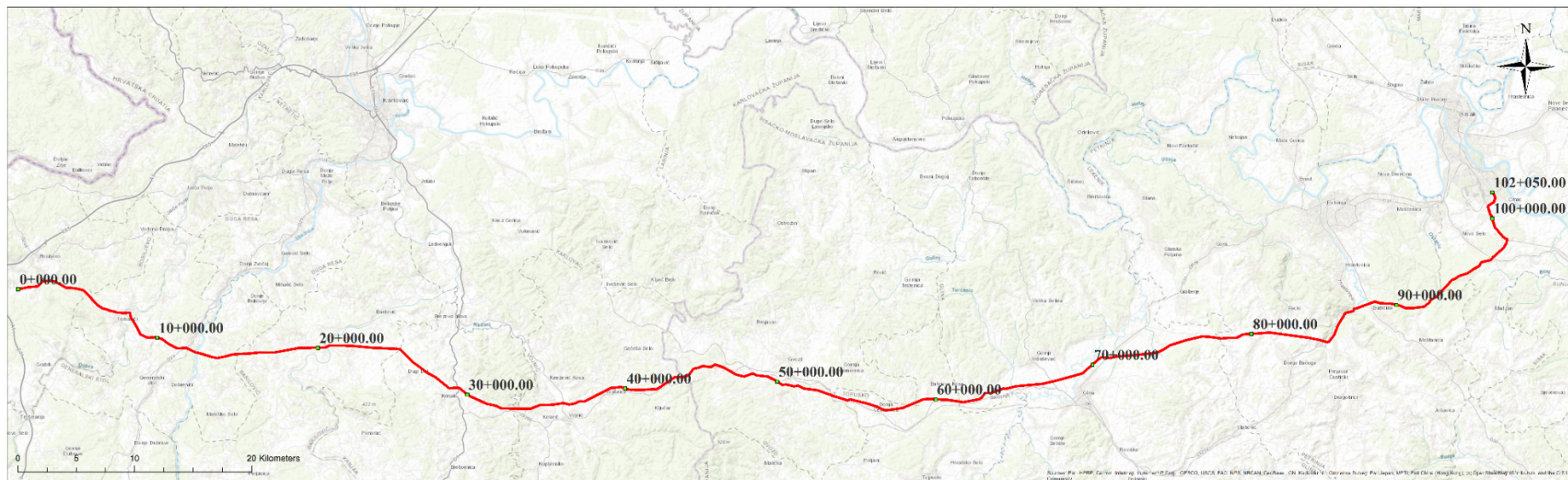
Prilog 1. Geotehnički profil trase dijela trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 na prijelazu preko rijeke Dobre, stacionaže 6+000 do 9+000

1.UVOD

Trasa magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 duljine 102050 m proteže se od Bosiljeva preko Zvečaja, Krnjaka, Vojnića, Gvozda, Gline, i Komareva do Siska (Slika 1-1). Osnovna namjena plinovoda je transport prirodnog plina za susjedne zemlje, odnosno tranzit plina kroz Republiku Hrvatsku. Planirani plinovod nalazi na strateškom pravcu kojim se povezuje budući terminal za ukapljeni prirodni plin (UPP) u Omišlju na otoku Krku (LNG terminal), s postojećim plinskim transportnim sustavom u panonskom dijelu Hrvatske. Na trasi plinovoda predviđeno je sedam blokadnih stanica i jedna međučistačka/blokadna stanica. Blokadna stanica služi za zatvaranje dionice plinovoda u slučaju potrebe (remont, pregled) ili u slučaju naglog istjecanja plina.

U okviru završnog rada, kao dio geoloških istraživanja koja je provodila tvrtka Calx d.o.o., duž trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 provedena su geološka, inženjerskogeološka, hidrogeološka, geomehanička i geofizička istraživanja. Svrha istraživanja bila je izrada podloga iz područja geologije, inženjerske geologije, hidrogeologije i geomehanike, za potrebe izrade geotehničkog profila. Rezultati navedenih istraživanja bili su potrebni su za daljnje projektiranje plinovoda i pratećih objekata. Shodno navedenome, duž osi plinovoda prema metodologiji izvođenja geotehničkih i gemehaničkih radnji tvrtke Calx d.o.o., izvedeno je 29 geomehaničkih bušotina, a njihove lokacije određene su s obzirom na geološke granice te na prijelazima vodotoka, državnih, županijskih i lokalnih cesta te željezničke pruge.

Plinovod je zatvoreni tehnološki sustav koji se sastoji od čelične plinovodne cijevi ukopane čitavom dužinom u tlo te uređaja i opreme koji su potrebni za njegov siguran i pouzdan rad. Planirani magistralni plinovod Bosiljevo – Sisak DN 800/100 bit će položen najvećim dijelom u koridoru postojećeg magistralnog naftovoda JANAF-a, na udaljenosti od približno 12 metara od postojećeg naftovoda. Početna točka magistralnog plinovoda je u budućem plinskom čvoru (PČ) Bosiljevo dok je završna točka magistralnog plinovoda u rekonstruiranoj mjerno-redukcijskoj stanici (MRS) Sisak (Slika 1-1).



Slika 1-1 Topografska karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s naznačenim stacionažama

2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ I GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE DUŽ TRASE MAGISTRALNOG PLINOVODA

Planirani magistralni plinovod Bosiljevo – Sisak DN 800/100 biti će položen područjem Karlovačke i Sisačko-moslavačke županije, a prolaziti će kroz općine Bosiljevo, Generalski Stol, Barilović, Krnjak, Vojnić, Gvozd, Topusko, te gradove Glina, Petrinja i Sisak (Slika 1-1). Položit će se na području katastarskih općina Podrebar, Novo Selo Bosiljevsko, Lašće, Erdelji, Gornji Zvečaj, Mateško Selo, Cerovac Barilovački, Kosijersko Selo, Donji Budački, Krnjak, Poljana Vojnička, Zimić, Kolarić, Vojnić, Slavsko Polje, Vrginmost, Podgorje, Čemernica, Batinova Kosa, Šatornja, Viduševac, Glina, Prekopa, Majske Poljane, Novo Selo Glinsko, Luščani, Pecki, Bačuga, Klinac, Hrastovica, Budičina, Taborište, Moštanica, Gornje Komarovo, Novi Sisak i Crnac.

Magistralni plinovod Bosiljevo – Sisak DN 800/100 položiti će se najvećim dijelom trase izvan građevinskog područja naselja. Planirana trasa plinovoda prolazi po poljoprivrednom i šumskom zemljištu, prolazi ispod lokalnih, županijskih, državnih cesta, ispod željezničkih pruga te ispod manjih vodotoka i rijeka (Slika 1-1).

Geomorfološki položaj područja kojim prolazi trasa magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 definira dodirno područje Dinaridskog gorskog sustava s Panonskim bazenom. Planirani plinovod djelomično prolazi i dolinom rijeke Dobre koja se nalazi na Unsko-koranskoj zaravni, dok je njen krški reljef posljedica je površinskih erozijskih procesa (Calx, 2019). Nagib padina doline rijeke Dobre je blag, najveću površinu zauzima kategorija 0-5° (Calx, 2019). Unsko-koranska zaravan prostire se od doline Korane na jugoistoku do doline Kupe na sjeverozapadu. Zaravan je prosječne visine oko 200–300 m. Od morfoloških oblika u kršu prevladavaju ponikve, ljevkasta udubljenja nastala otapanjem vapnenaca u tektonski razlomljenim područjima te okršene suhe i slijepe doline. Na području Unsko – koranske zaravni ima više stotina speleoloških objekata od kojih prevladavaju špilje (Calx, 2019). Izdvojena dionica na planiranom plinovodu koja prelazi dolinom rijeke Dobre najvećim dijelom izgrađena je od naslaga jurske i kredne starosti koje čine različiti varijeteti vapnenaca i dolomita (Slika 3-4).

Dobra je krška rijeka kod koje je podzemni i nadzemni dio toka povezan složenim pukotinskim sustavom, kroz koji se voda procjeđuje vrlo brzo uz minimalnu filtraciju. Zbog toga podzemni tokovi krških rijeka vrlo su podložni zagađenju. Podzemni vodeni putevi su tektonskog porijekla, a voda ih je samo proširivala. Na širem području rijeke Dobre postoji

mogućnost pojave krških oblika kao što su ponikve, vrtače, spilje i ponori koji mogu izazvati rizik pri izgradnji plinovoda, a mogu biti i ispunjeni kvartarnim sedimentima (Calx, 2019).

U ovom radu, s obzirom na važnost prijelaza trase preko vodotoka i prometnica u vidu njihovih stacionaža iste su dobivene su korištenjem geografskog informacijskog sustava *ESRI ArcMap*. Georeferencirana linija trase plinovoda, s pripadajućim glavnim i sporednim stacionažama preklapala se s podlogama s vodotocima i prometnicama. Mjerenjem udaljenosti od najbliže poznate stacionaže do elemenata s podloge dobiva se njegova udaljenost od početka plinovoda. Za prijelaze preko prometnica, uz podloge s njihovim oznakama, bilo je potrebno koristiti i Odluku o razvrstavanju javnih cesta, iz koje su preuzeti nazivi prometnica (NN 103/2017).

Prijelazi trasa magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 preko svih vodotoka s pripadajućim stacionažama prikazani su u Tablici 2-1, a prijelazi preko prometnica u Tablici 2-2. Najvažniji vodotoci koje prelazi su: rijeka Dobra, rijeka Globornica, rijeka Mrežnica, rijeka Korana, rječica Rijeka, potok Kuplenski potok, rječica Radonja, rijeka Glina, rječica Maja, potok Utinja, rijeka Petrinjčica, rječica Moštanica, potok Vujašina.

Tablica 2-1 Prijelazi trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 preko vodotoka, s pripadajućim stacionažama

Rbr. prijelaza	Opis	Stacionaža	Os vodotoka
1	Rijeka Dobra	7+268 – 7+318	7+293
2	Rijeka Globornica	10+062 – 10+070	10+066
3	Rijeka Mrežnica	12+670 – 12+720	12+695
4	Rijeka Korana	20+584 – 20 +648 (ada u širini 26 m)	20+616 (ide po sredini ade)
5	Rječica Rijeka	29+652 – 29+668	29+660
6	Potok Kuplenski potok		35+707
7	Rječica Radonja	35+947 – 35+953	35+950
8	Neimenovani povremeni vodotok		37+188
9	Neimenovani povremeni vodotok		37+725

10	Potok Vojišnica		38+716
11	Potok Bereki		39+392
12	Neimenovani povremeni vodotok		39+944
13	Potok Vujića potok		40+363
14	Neimenovani povremeni vodotok		43+134
15	Neimenovani povremeni vodotok		43+928
15	Neimenovani povremeni vodotok		44+100
16	Neimenovani povremeni vodotok		46+072
17	Potok Velika Bistra		47+616
18	Potok Velika Trepča		48+163
19	Potok Brnjavac		48+327

20	Neimenovani povremeni vodotok		48+620
21	Neimenovani povremeni vodotok		48+826
22	Neimenovani povremeni vodotok		49+417
23	Potok Velika Trepča		49+610
24	Neimenovani povremeni vodotok		49+930
25	Neimenovani povremeni vodotok		50+139
26	Neimenovani povremeni vodotok		50+162
27	Neimenovani povremeni vodotok		50+847
28	Neimenovani povremeni vodotok		51+093
29	Neimenovani povremeni vodotok		51+305
30	Neimenovani povremeni vodotok		53+579
31	Neimenovani povremeni vodotok		54+222
32	Neimenovani povremeni vodotok		55+072
33	Potok Zubovac		55+160
34	Neimenovani povremeni vodotok		56+063
35	Neimenovani povremeni vodotok		56+537
36	Potok Rastovac		56+785
37	Neimenovani povremeni vodotok		56+873
38	Neimenovani povremeni vodotok		57+113
39	Neimenovani povremeni vodotok		57+368
40	Neimenovani povremeni vodotok		57+535
41	Neimenovani povremeni vodotok		58+300
42	Potok Kuruzna		59+044

43	Neimenovani povremeni vodotok		59+931
44	Neimenovani povremeni vodotok		60+113
45	Neimenovani povremeni vodotok		60+529
46	Neimenovani povremeni vodotok		61+000
47	Rijeka Šatornja		61+608
48	Neimenovani povremeni vodotok		62+035
49	Neimenovani povremeni vodotok		62+252
50	Potok Bent		63+183
51	Potok Slakovac		64+048
52	Potok Turčenica		64+785
53	Neimenovani povremeni vodotok		65+147
54	Neimenovani povremeni vodotok		65+573
55	Neimenovani povremeni vodotok		66+930
56	Neimenovani povremeni vodotok		67+712
57	Neimenovani povremeni vodotok		68+243
58	Neimenovani povremeni vodotok		68+378
59	Neimenovani povremeni vodotok		68+425
60	Rijeka Glina	69+794 – 69+810	69+802
61	Neimenovani povremeni vodotok		69+150
62	Neimenovani povremeni vodotok		70+197
63	Neimenovani povremeni vodotok		70+254
64	Neimenovani povremeni vodotok		70+481
65	Neimenovani povremeni vodotok		71+195
66	Neimenovani povremeni vodotok		71+304

67	Rječica Maja	71+889 – 71+895	71+892
	Neimenovani povremeni vodotok		72+016
68			
	Neimenovani povremeni vodotok		73+369
69			
	Potok Moštanica		74+264
70			
	Neimenovani povremeni vodotok		76+441
71			
	Potok Šanja		79+000
72			
	Neimenovani povremeni vodotok		80+733
73			
	Neimenovani povremeni vodotok		81+073
74			
	Potok Utinja		81+744
75			
	Rijeka Petrinjčica		84+555
76			
	Neimenovani povremeni vodotok		84+786
77			

	Neimenovani povremeni vodotok		84+917
78			
	Neimenovani povremeni vodotok		85+459
79			
	Rijeka Petrinjčica		86+838
80			
	Rijeka Petrinjčica		87+829
81			
	Neimenovani povremeni vodotok		87+944
82			
	Neimenovani povremeni vodotok		88+094
83			
	Neimenovani povremeni vodotok		88+146
84			
	Rječica Moštanica		91+950
85			
	Rječica Moštanica		93+191
86			
	Neimenovani povremeni vodotok		99+359
87			
	Potok Vujašina		99+902
88			

Tablica 2-2 Prijelazi trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 preko prometnica, s pripadajućim stacionažama

Rbr. prijelaza	Prometnica	Stacionaža
1	Nerazvrstana cesta	0+190
2	ŽC 3175 (Vukova Gorica (D3) – Resnik Bosiljevski (D204) – Orišje – Ogulin (D42))	1+043
3	Nerazvrstana cesta	1+296
4	ŽC 3176 (Orišje (Ž3175) – Lešće – Generalski Stol (D23))	3+291
5	LC 34058 (Tomašići (Ž3176) – Radočaji)	7+143
6	Nerazvrstana cesta	8+131
7	Nerazvrstana cesta	8+377
8	DC 23 (Duga Resa (D3) – Josipdol – Žuta Lokva – Senj (D8))	11+959
9	Željeznička pruga M202 Zagreb – Karlovac – Rijeka	12+033
10	LC 34106 (Jankovo Selište – Kejčići – Ž3185)	13+951
11	Nerazvrstana cesta	14+160
12	Nerazvrstana cesta	16+303
13	LC 34108 (Ž3185 – Cerovac Barilovički – Žabljak)	18+445
14	ŽC 3185 (A.G. Grada Karlovca – Barilović – Perjasica – Generalski Stol (D23))	18+958
15	Makadam	19+426
16	Nerazvrstana cesta	20+186
17	Nerazvrstana cesta	20+519
18	Nerazvrstana cesta	20+821
19	LC 34112 (Ž3189 – Donji Skrad – Veliki Kozinac)	22+371
20	ŽC 3189 (Barilović (Ž3185) – Krnjak (D1))	24+870
21	Nerazvrstana cesta	25+912
22	LC 34114 (Dugi Dol (Ž3189) – Donji Budački (D1))	26+895
23	Makadam	27+626
24	Nerazvrstana cesta	28+316
25	DC 1 (G.P. Macelj (gr. R. Slovenije) – Krapina – Zagreb – Karlovac – Gračac – Knin – Brnaze – Split (D8))	29+334

26	Nerazvrstana cesta	29+752
27	Nerazvrstana cesta	30+036
28	Nerazvrstana cesta	35+593
29	DC 216 (Vojnić (D6) - Kolarić - G.P. Maljevac (gr. BiH))	36+127
30	LC 34091 (A.G. Grada Karlovca – Vojišnica (D6))	38+677
31	Nerazvrstana cesta	39+738
32	Nerazvrstana cesta	40+135
33	Nerazvrstana cesta	41+968
34	Nerazvrstana cesta	42+061
35	Nerazvrstana cesta	42+550
36	LC 34095 (L34091 – Utinja Vrelo – Malešević Selo – Vojišnica (D6))	42+832
37	DC 6 (G.P. Jurovski Brod (gr. R. Slovenije) – Ribnik – Karlovac – Brezova Glava – Vojnić – Glina – Dvor – gr. BiH)	43+670
38	Nerazvrstana cesta	44+992
39	DC 6	45+765
40	DC 6	46+188
41	LC 33075 (Crevarska Strana (D6) – D6)	47+292
42	Nerazvrstana cesta. Od tog prijelaza pa do stacionaže 49+000 trasa prolazi najbliže (10–ak metara južno) željezničkoj pruzi Sisak Caprag –Karlovac, zatvorenoj za sav promet	48+919
43	Nerazvrstana cesta	49+656
44	Nerazvrstana cesta	49+895
45	ŽC 3186 (A.G. Grada Karlovca – Sjeničak Lasinjski – A.G. Grada Karlovca – Gvozd – Pema (Ž3228))	50+514
46	Pruga Sisak Caprag –Karlovac, zatvorena za sav promet	53+612
47	Nerazvrstana cesta	53+782
48	DC 6	54+621
49	Makadam	56+294
50	Makadam	56+307
51	Nerazvrstana cesta	58+032
52	LC 33083 (G. Čemernica (Ž3152) – D6)	59+222
53	Makadam	59+755
54	Makadam	60+751
55	Makadam	61+309
56	LC 33085 (Šatornja – D6)	62+168
57	Nerazvrstana cesta	62+522
58	Staza	63+084
59	Nerazvrstana cesta	63+387
60	DC 31 (V. Gorica (D30) – Pokupsko – G. Viduševac – D6)	67+437
61	T raskrižje između ŽC 3223 (Hađer (Ž3195) – Dvorište – D. Viduševac – Glina (D6)) i jedne nerazvrstane ceste	68+090
62	Makadam	69+040
63	Makadam	69+209
64	Makadam	69+293
65	Nerazvrstana cesta	70+442
66	DC 37 (Sisak (D36) – Petrinja – Glina (D6))	71+127
67	Šumski put	75+406
68	Šumski put	75+898
69	Makadam	77+150
70	Nerazvrstana cesta	80+116
71	ŽC 3233 (L33042 – Luščani – Ž3235)	80+770
72	LC 33042 (D37 – Križ Hrastovački – Pecki – D. Bačuga (Ž3235))	81+201
73	Nerazvrstana cesta	81+462
74	Nerazvrstana cesta	82+646
75	Nerazvrstana cesta	83+395
76	LC 33099 (Gornja Bačuga – Ž3235)	83+819
77	Pruga Sisak Caprag –Karlovac, zatvorena za sav promet	84+520
78	ŽC 3201 (D30 – Donja Mlinoga – Jabukovac (Ž3234))	84+712
79	DC 30 (Velika Kosnica (NC311670) – čvorište Kosnica (A3) – V. Gorica – Petrinja – Hrv. Kostajnica – G.P. Hrv. Kostajnica (gr. BiH))	88+481
80	Staza	88+711
81	Šumska staza	93+084
82	DC 224 (Mošćenica (D37) – Blinjski Kut – Sunja – Panjani (D30))	97+023
83	Željeznička pruga M502 Zagreb GK – Sisak – Novska	98+460

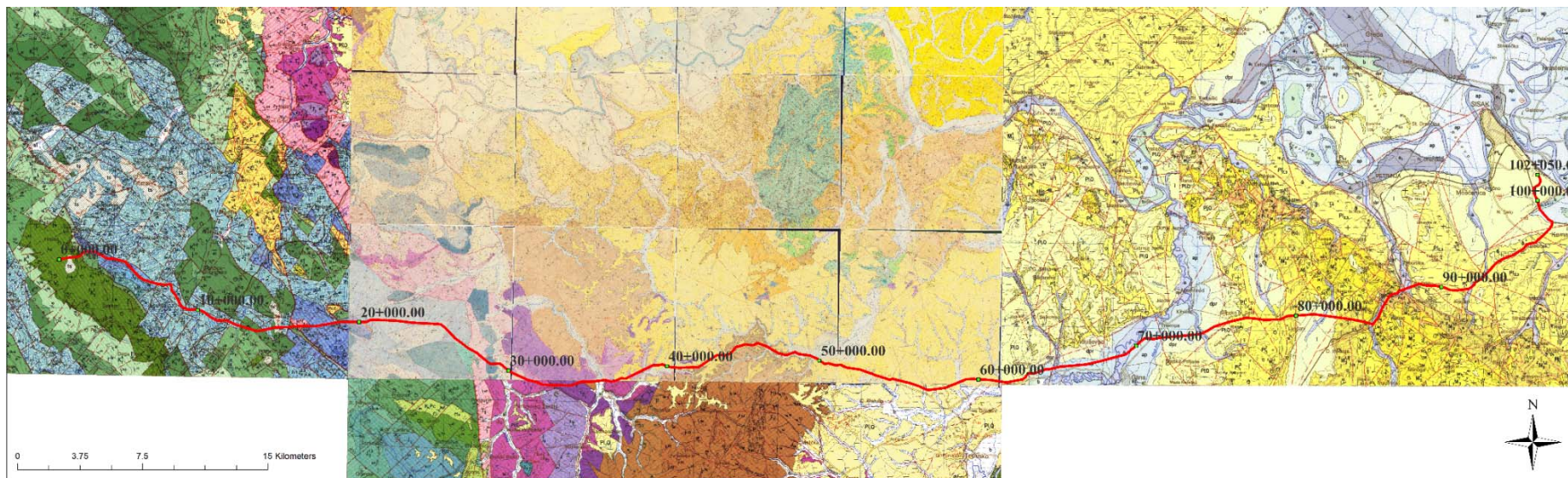
84	Nerazvrstana cesta	100+429
85	ŽC 3205 (Sisak (D37) – Topolovac – D36)	100+979
86	Industrijska pruga	101+896

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA DUŽ TRASE PLINOVODA

Geološka građa terena kojim prolazi trasa magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 prikazana je na sljedećim listovima Osnovne geološke karte (OGK): Črnomelj, M 1:100000 (Bukovac i dr., 1983) ; Karlovac, M 1:100000 (Benček i dr., neobjavljeno) ; Slunj, M 1:100000 (Korolija i dr., 1979.) te Sisak, M:1:100000 (Pikija, 1987). Korišteni su podaci prikazani na osnovnim geološkim kartama mjerila 1:100.000, s pripadajućim tumačima. U geološkom smislu duž trase plinovodnog sustava izdvojeno je ukupno dvadeset i sedam litostratigrafskih jedinica, a među kojima dominiraju naslage paleozojske, trijaskе, jurske, kredne, paleogenske, neogenske te kvartarne starosti (Calx, 2019) (Slika 3-1). S obzirom na relativno veliki broj litostratigrafskih jedinica koje obilježavaju šira područja predmetnog plinovoda, za potrebe ovog rada su opisane samo jedinice na širem području rijeke Dobre, od stacionaže 6+000 do 9+000. Na širem području rijeke Dobre izdvojene su četiri litostratigrafske jedinice: debelouslojeni vapnenci srednje jure (J₂), izmjena plitkovodnih vapnenaca i dolomita gornje jure (J₃^{2,3}), crvene boksitične gline (terra rossa) holocena (ts) i aluvijalni nanos recentnih tokova holocena (a, al).

Trasa magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 približno je okomita na pružanje Dinaridskih struktura (SZ-JI) (Slika 3-2).

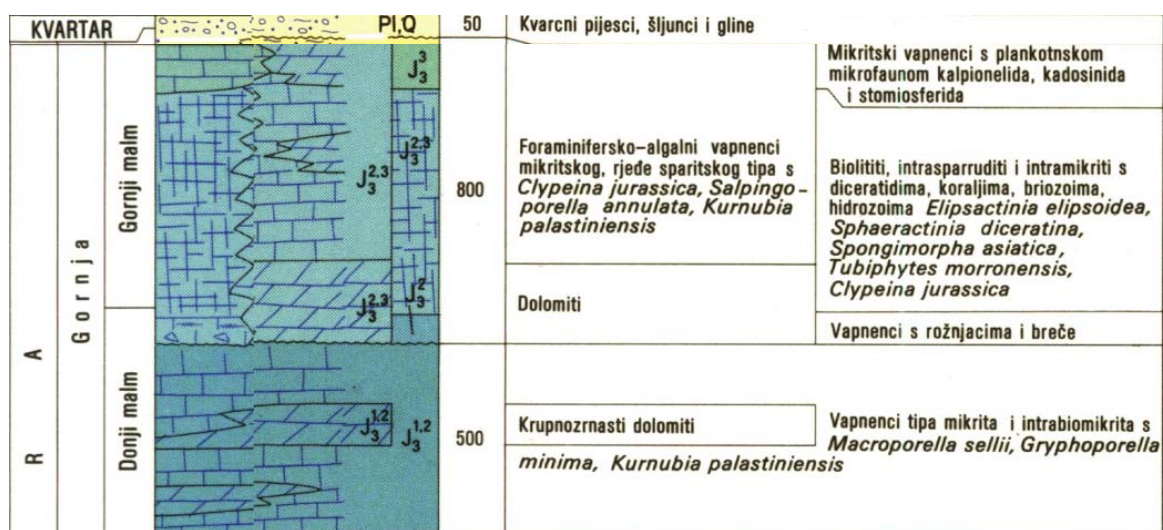
Na području današnjih Unutarnjih Dinarida tijekom gornje jure i krede dominiraju sedimentacijski procesi. Jadranska karbonatna platforma postupno se produbljuje i sedimentacija je relativno kontinuirana. Na prijelazu iz krede u paleogen dolazi do emerzije Jadranske karbonatne platforme i prestanka sedimentacije kao rezultata intenzivnih deformacija na širem području (Calx, 2019).



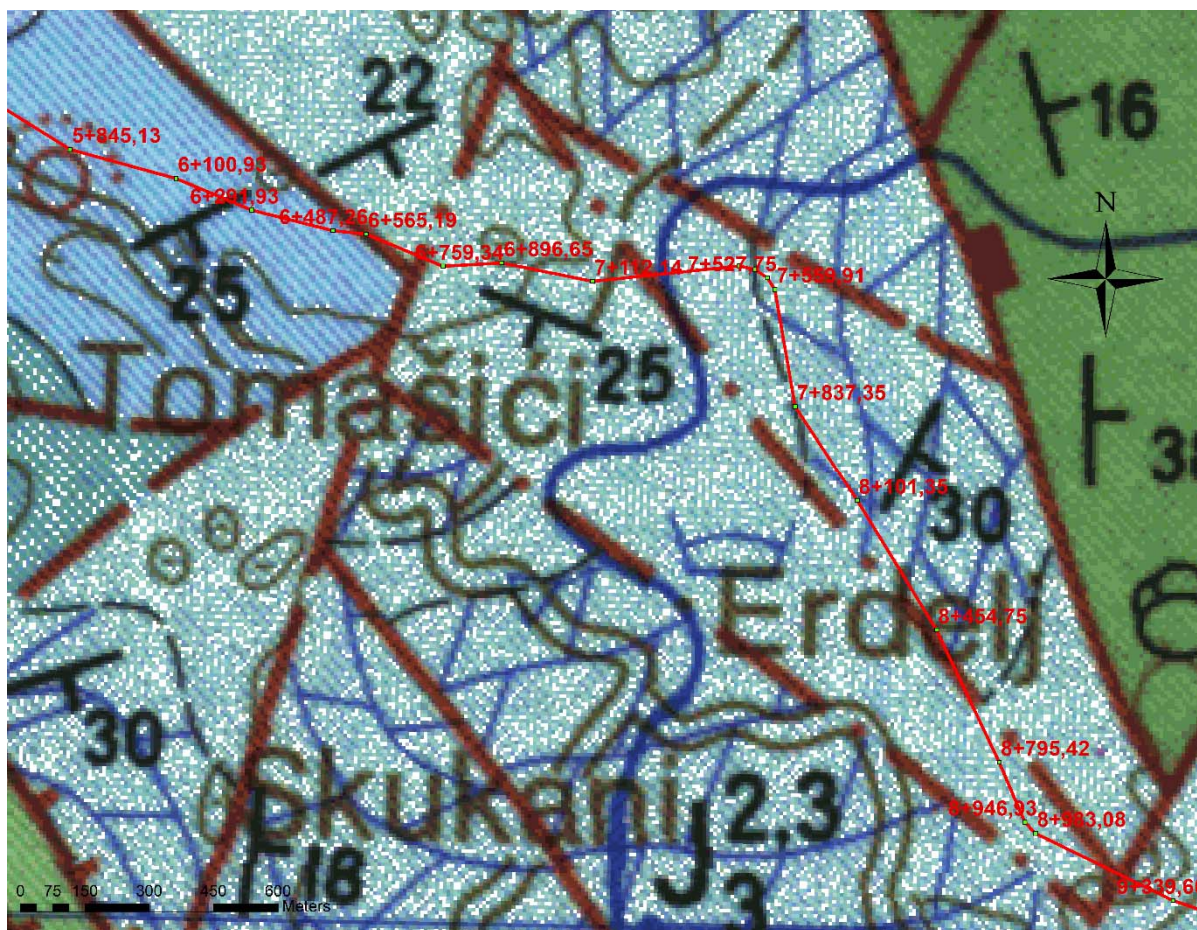
Slika 3-2 Osnovna geološka karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s naznačenim stacionažama (prema Bukovac i dr., 1983, Benček i dr., neobjavljeno, Korolija i dr., 1979., Pikija, 1987)

3.1. GEOLOŠKE ZNAČAJKE NA ŠIREM PODRUČJU RIJEKE DOBRE, OD STACIONAŽE 6+000 DO 9+000

Na prijelazu preko rijeke Dobre, tj. od stacionaže 6+000 do 9+000, trasa plinovoda prolazi preko vapnenaca srednje jure (doger), na koje se nastavljaju algalno-foraminiferski vapnenci i dolomiti gornje jure (kimeridž-titon) (Slika 3-3 i 3-4). Na samom prijelazu rijeke Dobre trasa prolazi šljuncima, pijescima i glinama koji pripadaju aluvijalnim nanosima recentnih tokova holocena (a, al). Na tri lokacije nalazimo paleodepresije ispunjene crvenim boksitičnim glinama (*terra rossa*) holocena (ts).



Slika 3-3 Prikaz jedinica geološkim stupom na širem području rijeke Dobre prema OGK Črnomelj, M 1:100000 (prema Bukovac i dr., 1983)



Slika 3-4 Geološka građa na širem području rijeke Dobre prema OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983)

3.1.1. Srednja jura (J₂) – debelouslojeni vapnenci

Naslage dogera nalježu u kontinuiranom superpozicijskom slijedu na mrljaste vapnence gornjeg lijasa, odnosno dolomite lijasa. Dogerski sedimenti su predstavljeni vapnencima mikritskog tipa (Slika 3-5) koje odlikuje bankovita uslojenost debljine 80 do 200 cm i visoki stupanj čistoće (Bukovac i dr., 1983). Alokemi su vrlo rijetki i svedeni na intraklaste homogene, mikritske, rjeđe biomikritske građe i sferične mikrokristalaste pelete. Pojavljuju se i oolitični vapnenci u kojima nalazimo i sparitski cement i zaostali mikritni matriks (Bukovac i dr., 1983). U bazalnom dijelu, neposredno na mrljastim vapnencima, obično nalazimo paket dolomita, a nalazimo ih povremeno i u višim dijelovima sedimentacijskog stupa. Dolomiti su sitnozrnate do krupnozrnate građe. Udio dolomita je oko 92 %, zrna su

pretežno idiomorfna, rompskog presjeka, a relikti primarne strukture nisu vidljivi zbog visokog stupnja dolomitizacije (Bukovac i dr., 1983).



Slika 3- 5 Uzorak s lokacije BS-5, vapnenac mikritskog tipa

3.1.2. Gornja jura ($J_3^{2,3}$) – izmjena plitkovodnih vapnenaca i dolomita

Gornjojurske naslage algalno-foraminiferskih vapnenaca i dolomita pripadaju karbonatnom razvoju gornjeg malma – kimeridž-titonu. Na pojedinim lokalitetima utvrđena je dominantna prisutnost dolomita s proslojcima vapnenaca. U proslojcima vapnenaca utvrđena je bogata gornjo malmska provodna mikrofauna i flora, čime je njihova kronostratigrafska pripadnost sigurno određena (Bukovac i dr., 1983). Naslage vapnenaca, svrstane u gornji malm, odlikuju se bogatom mikrofosilnom zajednicom modro zelenih algi i foraminifera, pa se s pravom nazivaju algalno-foraminiferskim (Bukovac i dr., 1983). Litološki predstavnici ovih sedimenata su vapnenci i dolomiti. Vapnenci su uglavnom zastupljeni fosiliferim i peletoidalnim mikritima, dok su sparitski varijeteti podređeni. Biogena komponenta se sastoji od sačuvanih mikrofosila ili od rekristaliziranog ljuštarnog detritusa najčešće ruditnih dimenzija (Bukovac i dr., 1983). U stupu se izmjenjuju biomikriti i pelmikriti s intervalima biomikrudita u kojima dolaze fragmenti algi ili foraminifere kao ljuštarni detritus. Uz dominantni biodetritus dolaze i količinski podređeni slabo konturirani intraklasti pa se stoga teško diferenciraju od mikrokristalaste osnove (Bukovac i dr., 1983). Građa im je slična matriksu pa su to vjerojatno produkti intraformacijskog pretaložavanja.

Ponegdje su utvrđeni i vapnenci s karakterističnom kriptotalgalnom teksturom u kojoj se izmjenjuju lamine mikritnog i sparitnog vapnenca te odgovaraju algalnim stromatolitnim biolititima (Bukovac i dr., 1983). Dolomiti se javljaju kao proslojci u vapnencima ili kao dominantan član s proslojcima vapnenaca. Obično su krupnozrnati s brojnim kalcitnim mikrozrnatim inkluzijama (Bukovac i dr., 1983).



Slika 3-6 Uzorak s lokacije BS-8, vapnenac svijetlije sive boje i oštrobridnog loma

3.1.3. Holocen (ts) – crvene boksitične gline (*terra rossa*)

Kvartarne naslage duž izdvojene dionice plinovoda čine crvene boksitične gline poznate i kao *terra rossa* ili zemlja crvenica nalazimo na području lista Črnomelj, na i oko Bosiljevske zaravni (Slika 3-7). U njima se uz visok postotak željeznog oksida (Fe_2O_3) pojavljuje i aluminijski oksid (Al_2O_3) čiji udio može biti i do 25% te silicijski oksid (SiO_2), čiji udio može dosegnuti i do 50%. Prema listu Črnomelj, debljina ovih naslaga doseže od 3 m pa sve do 40 m (Bukovac i dr., 1983).



Slika 3-7 Crvene boksitične gline (*terra rossa*) na lokaciji BS-5

3.1.4. Holocen (a, al) – aluvijalni nanos recentnih tokova

Sedimenti recentnih tokova vezani su na uže područje stalnih tokova. Nastali su trošenjem okolnih stijena zbog čega njihov sastav često varira . Karakterizira ih raznolikost u granulometrijskom i mineralnom sastavu. Naslage aluvija sastoje se od muljeva i glina, te zaglinjenih šljunaka, pijesaka i glina s fragmentima starijih naslaga (Bukovac i dr., 1983). Debljine aluvijalnih nanosa su nepoznate, ali s obzirom na bušotinske podatke, one ne prelaze 5 m.

4. METODE I REZULTATI IZRADE GEOTEHNIČKOG PROFILA TRASE PLINOVODA

U ovom poglavlju opisan će se metodološki pristup koji je korišten u postupku izrade geotehničkog profila na dionici trase stacionaže od 6+000 do 9+000.

4.1. POSTUPCI U GIS SOFTVERU PRI IZRADI GEOTEHNIČKOG PROFILA TRASE PLINOVODA

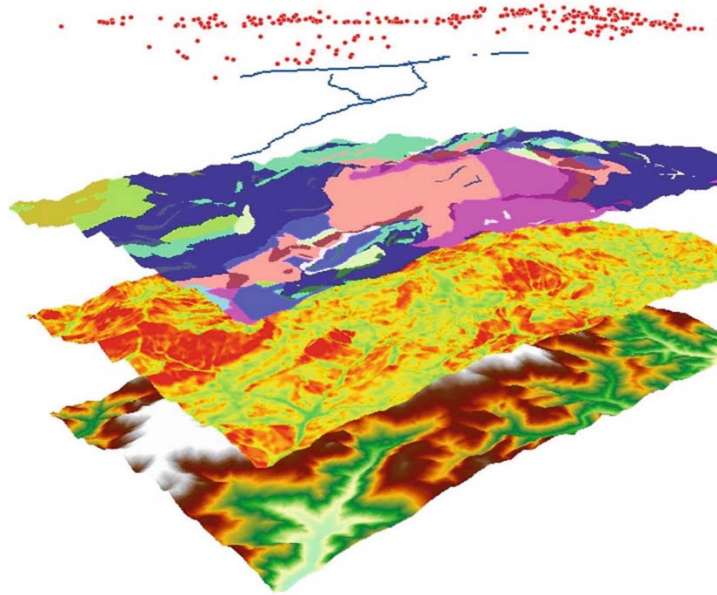
Geografski informacijski sustav (GIS) je sustav za upravljanje prostornim podacima i osobinama pridruženih njima. U najstrožem smislu to je računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. GIS podaci predstavljaju objekte u stvarnom svijetu (ceste, vodotoke, visinu) pomoću digitalnih podataka (Desa, 2011).

Postoje tri vrste ulaznih podataka s kojima možemo upravljati, a to su vektorski podaci, rasterski podaci i atributni podaci. Vektorski podaci su točka, linija i poligon. Objekte stvarnog svijeta prikazujemo točkom i njenim koordinatama. Rasterski podaci koriste mrežu osnovnih elemenata – polja (piksela) podijeljenu u retke i stupce. Vrijednost polja odgovara objektu stvarnog svijeta, a lokacija je određena retkom i stupcem mreže. Veličina polja određuje razlučivost rastera, tj. što je polje veće to je razlučivost manja. Atributni podaci su opisne informacije o objektima, a mogu biti tekstualne i numeričke vrijednosti (Desa, 2011).

Postoje mnogi formati vektorskih i rasterskih podataka s kojima GIS može upravljati. Neki od češće korištenih vektorskih formata su *shapefile*, XML i CAD, a rasterskih TIFF (TIF), GeoTIFF, JPG, JPEG200 i IMG (Desa, 2011). GIS ima vrlo široku primjenu te pruža mnogo mogućnosti za prikupljanje, uređivanje, upravljanje, analizu i vizualizaciju podataka. Podaci različitih formata mogu se koristiti istovremeno. Njihovim preklapanjem, o vektorskim podacima mogu se dobiti dodatne informacije s podloga. Kombiniranjem više slojeva (npr. terenskih točaka, bušotina, vodotoka, osnovne geološke karte, karte nagiba padina i topografske karte) dobiva se jasnija slika istraživanog područja (Slika 4-1).

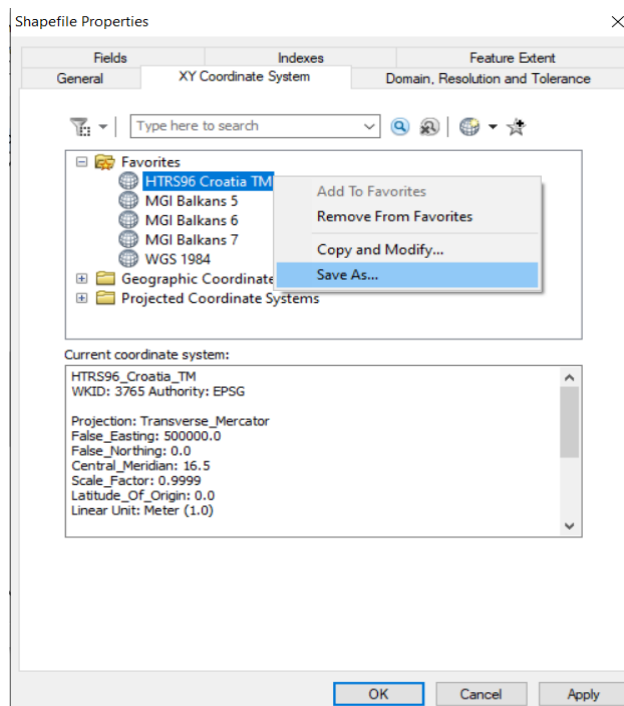
U svrhu izrade završnog rada korištene su funkcije prostorne analize. Neke od korištenih funkcija su upiti, preklapanje i analiza mreže (Desa, 2011). Upiti su najjednostavnije funkcije, služe za dohvaćanje atributnih podataka bez njihove promjene.

Preklapanje je kombiniranje više prostornih objekata da bi dobili nove podatke s pripadajućom geometrijom i atributima. Mogu se kombinirati vektorski i rasterski podaci. U ovome radu funkcija analize mreže služila je za određivanje najkraće udaljenosti od traženih objekata. U nastavku je opisan postupak izrade trase plinovoda u GIS-u za potrebe izrade geotehničkog profila.



Slika 4-1 Prikaz slojeva u GIS-u

U sklopu izrade geotehničkog profila trase plinovoda, inicijalni izvor podataka predstavlja geodetska podloga koja se najčešće dobiva u obliku datoteke u DWG formatu (izvorni format *AutoCAD* i nekih drugih *CAD* softvera). Dobivena datoteka je u HTRS 96 koordinatnom sustavu, no svejedno je potrebno kreirati PRJ datoteku kako bi *ESRI ArcMap* prepoznao koordinatni sustav. PRJ datoteka u sebi sadrži informacije o koordinatnom sustavu, projekciju i njene parametre te definiira linearne jedinice korištene u projekciji. DWG datoteka se u toj fazi otvara u *ArcCatalogu*, odabiremo naredbu *Shapefile Properties*, *XY Coordinate System* te odabiremo *HTRS96 Croatia TM* koordinatni sustav. S tim bi trebali dobiti datoteku istog naziva, ali u PRJ format. Ako se datoteka ne pojavi, potrebno je spremeniti koordinatni sustav, te ga preimenovati kao i datoteku (Slika 4-2).

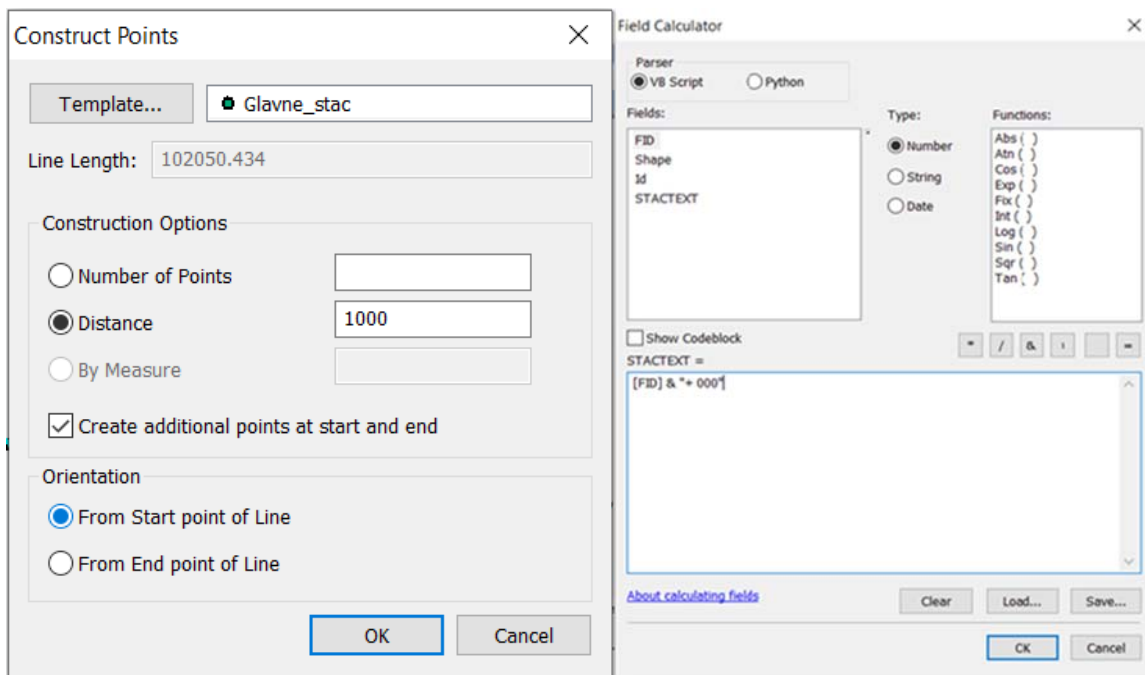


Slika 4-2 ArcCatalog\Shapefile Properties\XY Coordinate System\HTRS 96 Croatia TM\Save as

U sljedećoj fazi, DWG datoteka se otvara u *ESRI ArcMap* softveru gdje se u kolekciji točkastih, linijskih i poligonskih podataka izdvaja linijski vektorski podatak koji predstavlja trasu plinovoda te se pomoću funkcije *Export* kreira SHP datoteka (izvorni format ESRI-jevih i većine GIS softvera) koja sadrži samo trasu plinovoda. Sljedeći korak je izrada glavnih i sporednih stacionaža.

Potrebno je izraditi novi *shapefile* zapohranu točaka i atributne tablice. Funkcijom *construct points*, odabire se početak plinovoda te se svakih kilometar stvaraju točke za glavne stacionaže (slika 4-3 A). Kako bi se označile te točke, otvara se atributna tablica te se dodaje novo polje tekstualnog formata. Za novo polje otvara se *Field calculator* te se unosi izraz $STACTEXT = [FID] \& \text{“+ 000”}$ (Slika 4-3 B). FID je naziv prvog polja u atributnoj tablici kojem su pridruženi redni brojevi točaka na plinovodu, od početka prema kraju. Sporedne stacionaže konstruiraju se na svakoj lomnoj točki linije.

U radu je pomoću *ESRI ArcMap* ekstenzije *ET Geowizards* u kojoj se nalazi alat *Convert\Polyline to Point*, na svakom zavoju trase generirana točka, a alatom *Calculate point position along polylines* dobivena udaljenost točke od početka plinovoda. Dobivena duljina od početka trase plinovoda pretvorena je u drugi zapis. Stvaranjem novog polja tipa *float* i drugog polja tipa tekst te korištenjem naredbe slične kao i za glavne stacionaže dobiven je zapis u obliku $x + xxx,xx$.



Slika 4-3 A Naredba *Construct Points*; B Izraz koji se unosi u *Field Calculator*

U sljedećem koraku *ESRI ArcMap* alatom *Add data* omogućuje ubacivanje tablica izrađenih u *Microsoft Excel*-u. Tablica treba imati određenu formu kako bi njenim ubacivanjem dobili točke na karti na njihovim stvarnim lokacijama. Prvi stupac ID ili broj elemenata te stupci s X i Y koordinatama daju vektorski podatak o broju točaka i njihovim lokacijama. Naredbom *Display x,y data* generirane su točke te su naredbom *Export* kopirane u novi shapefile. Drugi stupac SIFRA je naziv točke, funkcijom *Label Features* generiranim točkama pridružuje se njihov naziv. Ostali stupci su atributne vrijednosti, mogu biti tekst ili broj, te daju dodatne podatke o točki. Na primjeru tablice 4-1 s pozicijama bušotina, to su podaci o dubini bušotine, udaljenosti od početka plinovoda te terenski opis točke.

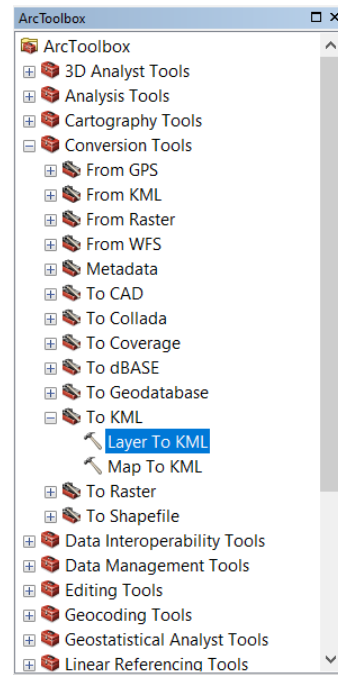
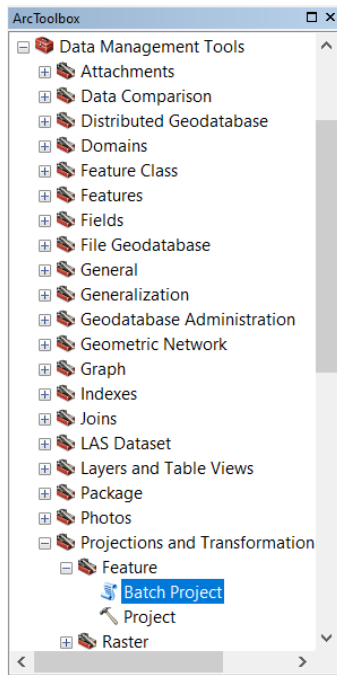
Tablica 4-1 Primjer tablice izrađene u *Microsoft Excel*-u kao ulazni podatak za *ESRI ArcMap*

Id	Sifra	HTRS_E	HTRS_N	Stacionaza	Tocka__TD	Dubina	Opis
0	BZB-11	403932	5029167	0+037		5	PČ - Bosiljevo. Dubi
1	BBS-1	410362.64	5027580.77	7+263	BS-7	min. 8 m	Prijelaz rijeke Dobre
2	BBS-2	410437.77	5027588.32	7+339	BS-9	8 do 10 m	Prijelaz rijeke Dobre
3	BBS-3	412266.35	5026072.71	10+056	BS-12	min. 7 m	Prijelaz vodotoka, b
4	BBS-4	414030.81	5025415.46	12+018	BS-14	min. 7 m	Prijelaz željezničke p
5	BBS-4A	413995.12	5025432.01	11+979			
6	BBS-5	414405.69	5025241.45	12+431		5 m	Bušotina na poziciji
7	BBS-6	414616.30	5025154.06	12+659	BS-15	10 m	Prijelaz rijeke Mrežr
8	BBS-7	422486.74	5025419.13	20+648	BS-20	do 10 m	Prijelaz rijeke Koran
9	BBS-8	426793.15	5025172.78	25+011	BS-21	min. 5 m	Kod BS-Krnjak, geon
10	BBS-9	430277.26	5022851.67	29+329	BS-24	do 10 m	Prijelaz državne ces
11	BBS-10	430561.61	5022684.51	29+682	BS-25	do 10 m	Prijelaz vodotoka Ri
12	BBS-11	433935.04	5021550.52	33+328		do 5 m	Dubina bušenja do
13	BBS-12	436259.00	5021809.56	35+699	BS-27	do 7 m	Geomehanika za st
14	BBS-13	436515.49	5021843.96	35+947	BS-28	do 7 m	Prijelaz vodotoka R
15	BBS-14	440045.20	5022796.34	39+728	BS-31	do 5 m	Po karti je pliokvart
16	BBS-15	442329.20	5022680.56	42+055	BS-32	do 5 m	Kontakt Pz i PIQ. De
17	BBS-16	443730.77	5023344.77	43+660	BS-34	do 10 m	Prizelaz državne ces

Preklapanjem dobivenih podataka s podlogama raznih namjena omogućeno je predviđanje potencijalno kritičnih mjesta duž trase plinovoda. Hidrogeološke podloge s vodotocima, zonama sanitarne zaštite i poplavnim zonama velikih vjerojatnosti daju precizan uvid u prijelaze koje treba bolje istražiti, njihove udaljenosti od početka plinovoda i nazive vodotoka.

U ovom radu, uz hidrogeološke podloge, korištene su i podloge s nazivima prometnica i osnovne geološke karte. Za potrebe terenskih istraživanja, tj. korištenja programa *Google Earth Pro* i *Avenza Maps*, nužno je transformirati HTRS 96 koordinatni sustav u WGS84. WGS84 je naziv elipsoida koji se koristi kao referentni koordinatni sustav za cijeli svijet.

Transformacija u ovome radu izvedena je korištenjem *ArcToolbox*-a, u kojem se nalaze naredbe *Data Management Tools\Projections and Transformations\Feature\Batch Project* (Slika 4-4 A). *Google Earth* kao ulazni podatak koristi KML datoteke. Karta (GIS projekt) spremljena je u MXD formatu dok su svi pripadajući vektorski slojevi spremljeni u obliku SHP datoteke, i ta dva formata *Google Earth* ne prepoznaje. Potrebno je napraviti konverziju datoteke koristeći *ArcToolbox* i naredbu *Conversion Tools\To KML\Layer to KML* (Slika 4-4 B).



Slika 4-4 A *ArcToolbox*Data Management Tools\Projections and Transformations\Feature\Batch Project, B *ArcToolbox* Conversion Tools\To KML\Layer to KML

4.2. TERENSKA ISTRAŽIVANJA DUŽ TRASE PLINOVODA

Istraživano područje kojim prolazi trasa magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 većim dijelom pokriveno je šumskim pokrovom, livadama, pašnjacima te poljoprivrednim kulturama. Terenskim kartiranjem obuhvaćen je radni prostor širine 200 m, po 100 m sa svake strane trase plinovoda. Zbog značajne pokrivenosti terena, terenskim kartiranjem vrlo je teško prepoznati geološke strukture i izdvojiti granice između naslaga. Za potrebe izrade geotehničkog profila, ukoliko je bilo moguće, opisani su petrografski, teksturni i strukturni elementi stijenske mase. Posebna pozornost obraćala se na procjenu debljine površinske trošne zone. Provedeni istražni radovi obuhvaćali su inženjerskogeološku prospekciju terena, geotehničko bušenje i geofizička istraživanja. Duž trase magistralnog plinovoda Bosiljevo - Sisak opisano je 48 terenskih točaka (slika 4-7). Izbušeno je ukupno 28 novih geotehničkih bušotina i snimljeno 5 geofizičkih profila na ključnim lokacijama. Od geofizički metoda korištena je seizmička refrakcija i geoelektrična tomografija.

4.2.1. Terenska istraživanja na prijelazu rijeke Dobre

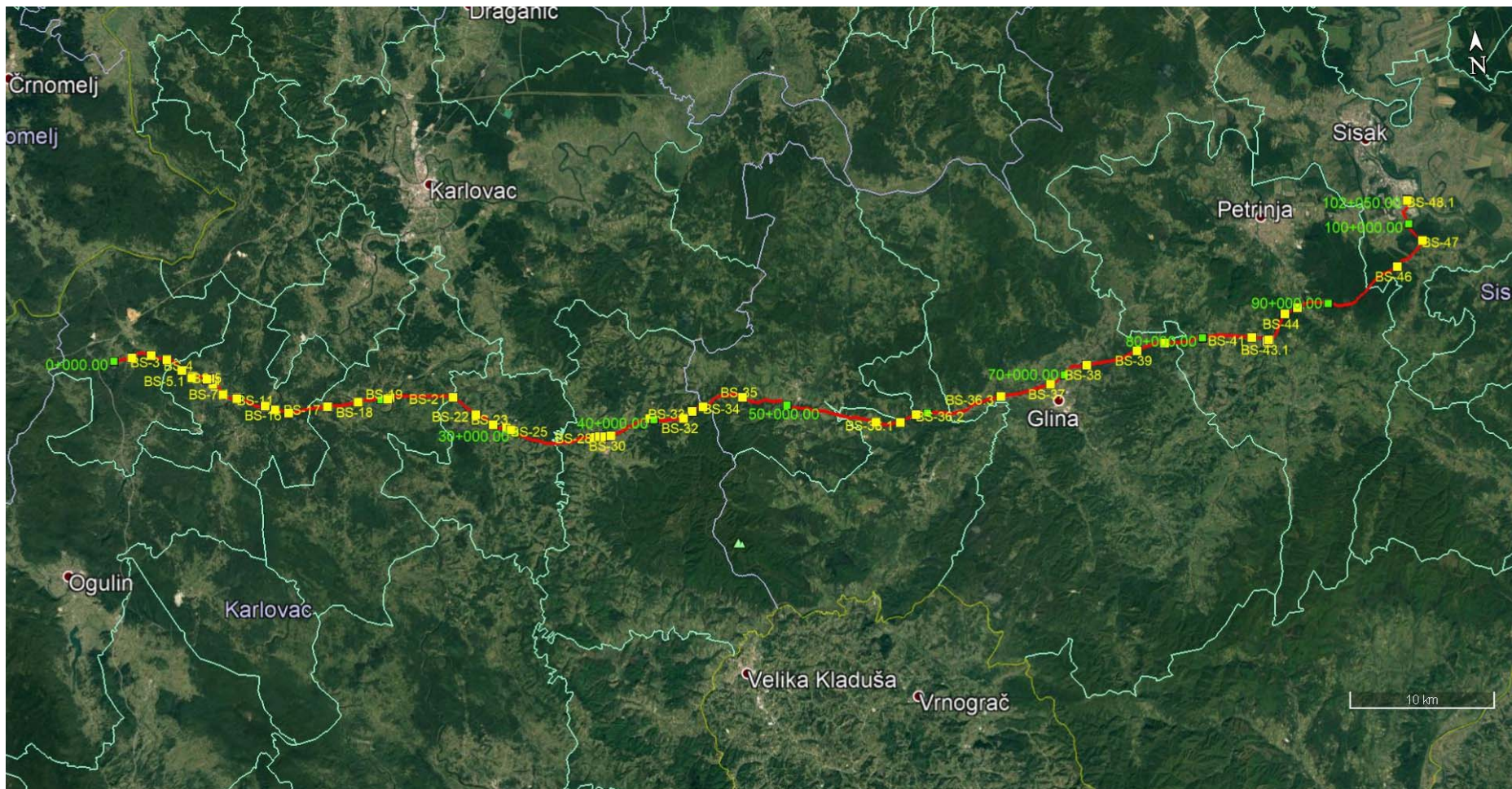
Na širem području rijeke Dobre, stacionaže od 6+000 do 9+000 opisano je pet terenskih točaka (Slika 4-5). Terenske točke imenovane su BS-5 do BS-10 (Bosiljevo Sisak – redni broj terenske točke). Za svaku terensku točku očitane su koordinate u HTRS 96 koordinatnom sustavu. Uzorci pronađeni uz trasu plinovoda ili odlomljeni s izdanaka petrografski su opisani (Slika 4-6). Za svaki uzorak opisana je njegova boja, lom, prijelomna površina te ako su prisutni i veličinu kristala. Na izdancima, ako je bilo moguće, izmjerena je slojevitost i setovi pukotina te zijev i ispuna pukotina. Koristeći *BRAUN-STINY-evu* klasifikaciju za stijensku masu i tlo duž trase plinovoda procijenjena je kategorija iskopa. Na širem području rijeke Dobre, debljina pokrivača vjerojatno je manja od 0,5 m, osim u paleodepresijama ispunjenim boksitičnim glinama i na samom prijelazu rijeke.



Slika 4-5 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim terenskim točkama od stacionaže 6+000 do 9+000



Slika 4-6 Terenska točka BS-8; debelo uslojeni vapnenci kimeridža i titona



Slika 4-7 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim terenskim točkama

4.3. ISTRAŽNO BUŠENJE

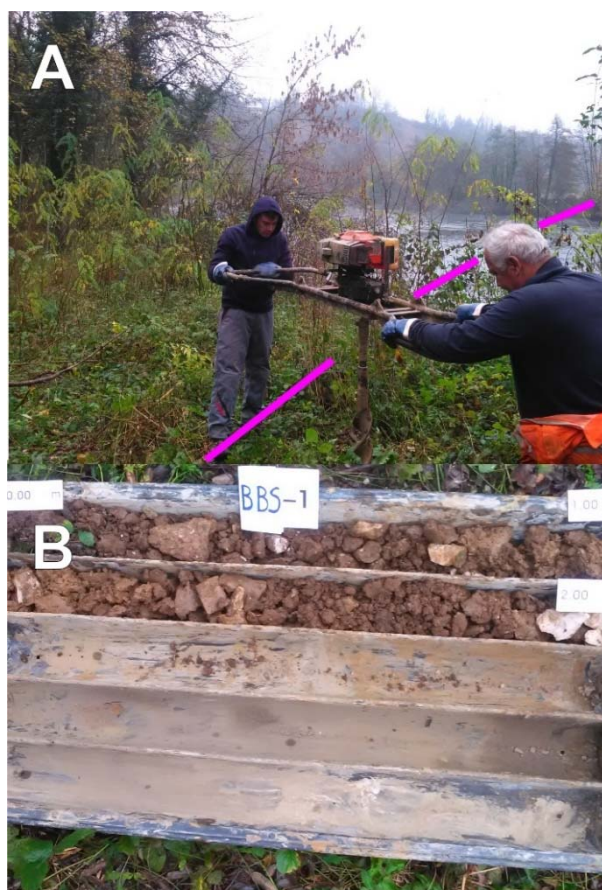
Duž trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 izbušeno je ukupno 28 novih geomehaničkih bušotina (Slika 4-11), a njihove lokacije određene su inženjerskogeološkom prospekcijom trase. Dubine bušenja bile su između 1 i 10 metara od površine terena. Osnovni ciljevi istražnog bušenja bili su utvrditi vrstu i svojstva stijena na ključnim lokacijama - prijelazima preko rijeka i vodotoka te prijelazima preko važnijih prometnica i željezničkih pruga. Iz istražnih bušotina također su prikupljeni podaci o razini podzemne vode i geomehaničkim svojstvima stijena i tala. Jezgra bušotina je pregledana, fotografirana i obrađena terenskom USCS klasifikacijom. Za daljnju laboratorijsku obradu uzimani su neporemećeni i poremećeni uzorci tla te su slani u Institut za građevinarstvo Hrvatske (IGH d.d.), a relativna zbijenost tla ispitivana je standardnim penetracijskim testom (SPT). Laboratorijska ispitivanja na jezgrama bušotina izvedena su na institutu IGH, na Zavodu za materijale i konstrukcije. Geotehnički laboratorij ispitivao je vlažnost uzoraka tla i stijene, gustoću čvrstih čestica tla, granulometrijski sastav tla, granice tečenja, granice plastičnosti, indeks plastičnosti i posmičnu čvrstoću tla u konsolidiranim i dreniranim uvjetima (Calx, 2019).



Slika 4-8 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim pozicijama bušotina na prijelazu trase preko rijeke Dobre

4.3.1. Istražno bušenje na prijelazu rijeke Dobre

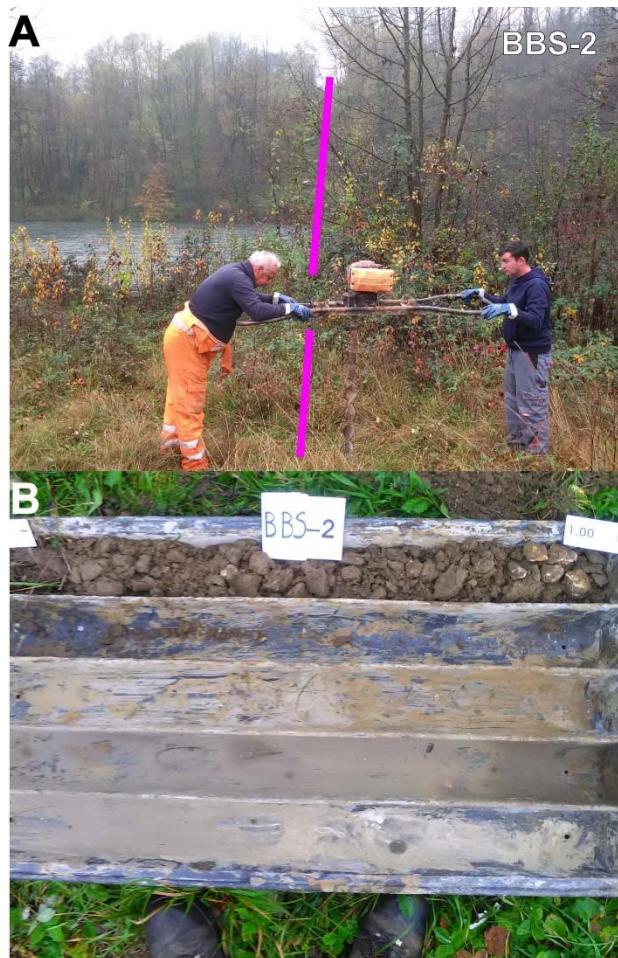
Na prijelazu rijeke Dobre izbušene su dvije bušotine BBS-1 i BBS-2. Bušotina BBS-1 dubine 2 m nalazi se na zapadnoj obali, a bušotina BBS-2 dubine 1 m na istočnoj obali (Slika 4-8). Rezultati geotehničkog bušenja na zapadnoj obali rijeke Dobre, na lokaciji BBS-1 (Slika 4-9 A) u ukupnom nabušenom intervalu od 2 m dominiralo je kršje stijena koje je bilo ispunjeno glinenom ispunom crvene boje (Slika 4-9 B). Nabušeni materijal predstavlja jednu litološku zonu, boksitične gline kvartarne starosti koje prekrivaju paleoreljef (Calx, 2019). Kršje stijena koje nalazimo u jezgri vjerojatno dolazi od paleoreljefa koji je relativno plitko ispod površine terena. Pojava vode nije bilo, međutim s obzirom na blizinu rijeke Dobre ista se vjerojatno nalazi na dubinama manjim od 3 m (Calx, 2019).



Slika 4-9 A Izrada plitke geotehničke bušotine BBS-1 na stacionaži 7+263 na zapadnoj obali rijeke Dobre B Izbušeni slijed naslaga (jezgra) na bušotini BBS-1 (Calx, 2019)

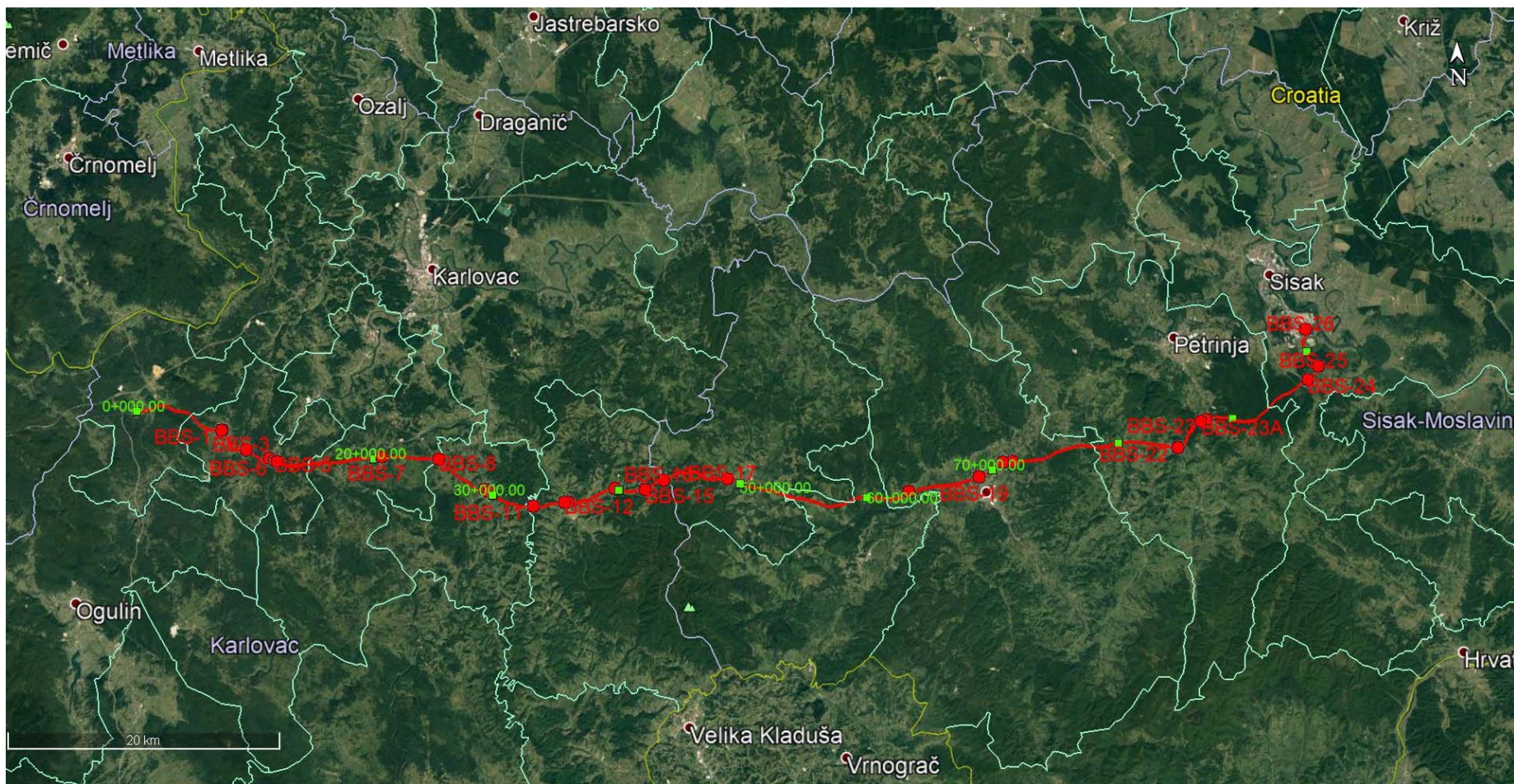
Rezultati geotehničkog bušenja na istočnoj obali rijeke Dobre, na lokaciji BBS-2 (Slika 4-10 A) u nabušenom intervalu od 1 m ukazivali su na tri litološki različite zone (Slika

4-10 B). Prvu zonu predstavlja površinsko tlo bogato humusom, koje je ukupne debljine od 0,30 m. Drugu zonu u rasponu od -0,30 m do -0,90 m, predstavlja glina s kamenjem, dok je u trećoj zoni, u rasponu od -0,90 m do -1,00 m nabušena temeljna karbonatna stijena (Calx, 2019). Slično kao i na lokaciji BBS-1, pojava vode nije bilo, međutim s obzirom na blizinu rijeke Dobre, ista se vjerojatno nalazi na dubinama manjim od 3 m (Calx, 2019).



Slika 4-10 A Izrada plitke geotehničke bušotine BBS-2 na stacionaži 7+339 na istočnoj obali rijeke Dobre B Izbušeni slijed naslaga (jezgra) na bušotini BBS-2 (Calx, 2019)

S obzirom na dobivene geotehničke podatke na bušotinama BBS-1 i BBS-2, možemo pretpostaviti da se u koritu i poplavnom području rijeke Dobre nalaze boksitične gline kvartarne starosti koje su djelomično pomiješane s aluvijalnim materijalom. Podzemna voda je u direktnoj vezi s visinom vodenog stupca rijeke Dobre i vjerojatno se nalazi na dubinama manjim od 3 m (Calx, 2019).



Slika 4-11 Pregledna karta područja trase magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100 s ucrtanim bušotinama

4.4. INŽENJERSKOGEOLOŠKA I TEHNIČKA KLASIFIKACIJA STIJENA I TALA

Po inženjerskogeološkim značajkama teren kojim prolazi magistralni plinovod Bosiljevo – Sisak DN 800/100 izgrađen je od nevezanih, neokameljenih stijena (glina, prah pijesak, šljunak) do dobro vezanih, okamenjenih karbonatnih (vapnenci i dolomiti) i klastičnih stijena (dobrovezani konglomerati, pješčenjaci i siltiti) (Calx, 2019). Za procjenu kategorije iskopa stijenske mase i tala duž trase plinovoda koristi se *BRAUN-STINY*-eva klasifikacija, koja na temelju načina iskopa i utroška vremena potrebnog za iskop 1 m³ materijala, stijensku masu svrstava u jednu od sedam kategorija iskopa (Tablica 4-2). Način iskopa opisuje alat i količinu eksploziva potrebnu za iskop pojedine kategorije. Ova klasifikacija odabrana je zbog toga što ima veći broj predviđenih kategorija od drugih klasifikacija korištenih u cestogradnji. Ona daje detaljniji opis načina iskopa stijenske mase i tala s obzirom na njihove inženjerskogeološke karakteristike, a s time i precizniju procjenu troškova iskopa plinovoda.

Tablica 4- 2 *BRAUN-STINY*-eva klasifikacija stijenskih masa i tala

KATEGORIJA	NAČIN ISKOPA	VRSTE STIJENA
I	Rastresite i meke stijene ili slabo vezane stijene u kojima je rad moguć lopatom i štijačom. Za iskop 1 m ³ stijene potrebno je 0,5 do 0,9 sati rada.	Humus, prah (silt), pijesak, šljunak i njihove mješavine
II	Tereni od nešto čvršćih, ali slabo vezanih stijena, u kojima je rad moguć lopatom, štijačom i krampom. Za iskop 1 m ³ stijene potrebno je 0,9 do 1,5 sati rada.	Čvrste gline, prapor (les), slabo vezani pijesci i dr.
III	Slabo vezane stijene, neke dobro očvršle, ali meke stijene, u kojima je rad moguć istim alatima. Za iskop 1 m ³ stijene potrebno je 1,5 do 3,0 sati rada.	Prekonsolidirane gline, mekši lapori, slabo vezani pješčenjaci, mekši glinoviti škriljavci.
IV	Trošne ili jako ispucale dobro očvršle stijene ili slabo očvršle stijene. Rad istim alatima uz primjenu klinova, dljeta i čekića. Za iskop 1 m ³ stijene potrebno je 2,3 do 3,3 sati rada.	Jako ispucale ili trošne, dobro očvršle stijene, neki škriljavci, slabo vezani pješčenjaci.
V	Čvrste, mehanički oštećene stijene, za čiji iskop se osim, već spomenutih alata, koristi i eksploziv u količini do 1 N/m ³ . Vrijeme potrebno za iskop 1 m ³ stijene je 3,3 do 4,5 sati rada.	Ispucali ili tanko slojeviti vapnenci, škriljavci, tufovi, tanko uslojeni pješčenjaci.
VI	Čvrste stijene u kojima se za njihov iskop koristi eksploziv u količini do 2 N/m ³ . Za iskop 1 m ³ stijene potrebno je 4,5 do 6,0 sati rada.	Vapnenci, dolomiti, pješčenjaci, konglomerati, ispucale magmatske stijene, gnajsevi.
VII	Tereni izgrađeni od čvrstih i žilavih stijena u kojima se mora primijeniti do 5 N/m ³ jačeg eksploziva. Za iskop 1 m ³ stijene potrebno je 6,0 do 10,0 sati rada.	Graniti, sijeniti, gabro, dijabazi, andeziti, bazalti amfiboliti i dr.

Na širem području rijeke Dobre, od stacionaže 6+000 do 9+000 izdvojene su četiri litostratigrafske jedinice: debelouslojeni vapnenci srednje jure (J_2), izmjena plitkovodnih vapnenaca i dolomita gornje jure ($J_3^{2,3}$), crvene boksitične gline (*terra rossa*) holocena (ts) i aluvijalni nanos recentnih tokova holocena (a, al).

Debelouslojeni vapnenci srednje jure (J_2) i izmjena plitkovodnih vapnenaca i dolomita gornje jure ($J_3^{2,3}$) prema *BRAUN-STINY*-evoj klasifikaciji mogu biti svrstani u IV./VI. kategoriju. U ovu kategoriju spadaju trošne, jako ispucale, mehanički oštećene, čvrste i tanko slojevite karbonatne stijene. U IV. kategoriju spadaju trošne ili jako ispucale karbonatne stijene, pri čemu je za 1 m³ stijene potrebno 2,3 do 3,3 sata rada primjenom klinova, dljeta i čekića. Čvrste karbonatne stijene za čiji se iskop koristi eksploziv u količini do 2 N/m³ spadaju u VI. kategoriju, a za iskop je potrebno 4,5 do 6,0 sati rada.

Crvene boksitične gline (*terra rossa*) holocena (ts) i aluvijalni nanos recentnih tokova holocena (a, al) prema *BRAUN-STINY*-evoj klasifikaciji mogu biti svrstani u II. ili III. kategoriju. U ovu kategoriju spadaju čvrste i prekonsolidirane gline, mekši lapori slabo vezani pijesci i pješčenjaci, crvene boksitične gline (*terra rossa*), les, aluvijalni pijesci, šljunci i gline. S obzirom na dubinu i kompakciju, sedimenti u dubljim dijelovima mogu prelaziti u slabo vezane stijene i sadržavati više zbijene gline, zbog čega se svrstavaju u III. kategoriju. Iskop je moguć lopatom, štihadom i krampom, a za iskop 1 m³ tla potrebno je od 1,5 do 3,0 sati rada. Sedimenti u pripovršinskoj zoni manje su kompaktni, spadaju u II. kategoriju iskop je moguć s istim alatima, a za iskop 1 m³ tla potrebno je od 0,9 do 1,5 sati rada

4.5.KONSTRUKCIJA GEOTEHNIČKOG PROFILA

Cilj završnog rada bio je izrada geotehničkog profila dijela trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 na prijelazu preko rijeke Dobre, stacionaže 6+000 do 9+000 (Prilog 1). Geotehnički profil izrađen je na osnovi strukturno-geoloških mjerenja, podataka iz geotehničkih bušotina i prema OGK Črnomelj, M 1:100000 (Bukovac i dr., 1983). U prilogu 1. iznad geotehničkog profila nalaze se ortofoto karta i OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983)

U gornjem dijelu priloga nalazi se OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983) s ucrtanom trasom magistralnog plinovoda Bosiljevo - Sisak, pripadajućim glavnim i sporednim stacionažama i smjerom sjevera.

Iznad geotehničkog profila nalazi se ortofoto karta mjerila. Na karti su prikazani položaji slojeva i rasjeda, prijelazi cesta i vodotoka, lomne točke trase te lokacije geotehničkih bušotina i geofizičkih istraživanja. Pored toga, kao i na OGK, ucrtana je trasa, pripadajuće stacionaže i smjer sjevera.

Geotehnički profil izrađen je u mjerilu 1 : 5000/500, ali pri ispisu prilagođen je A3 formatu. Za kasnije projektiranje i za procjene troškova iskopa magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 najvažnije je bilo prikazati pripovršinske geološke odnose. Iz tog razloga vertikalno mjerilo je povećano 10 puta u odnosu na horizontalno. Zbog takvog odnosa mjerila, nagib slojeva jako je ustrmljen. U tablici 4-3 u stupcima azimut trase i položaj slojeva prikazani su podaci potrebni za proračun prividnog ustrmljenog kuta nagiba.

Tablica 4- 3 Proračunska tablica za prividni ustrmljeni kut nagiba

Segment trase	Azimut trase	Položaj slojeva	Kut između smjera nagiba sloja i pravca pružanja trase	Prividni kut nagiba	Prividni kut nagiba 10x uvećanje
1.	108	153/25	45°	18°	73°
2.	112	144/22	32°	17°	72°
3.	94	200/25	74°	9°	58°
4.	84	123/30	39°	23°	77°
5.	155	200/25	45°	17°	72°

Proračunom kuta koji zatvara pravac pružanja trase u odnosu na smjer nagiba slojevitosti dobiva se kut otklona trase. Sljedeći korak je dobivanje prividnog kuta pomoću konverzijske tablice (Tablica 4-4) koja uzima u obzir upravo kut otklona trase od smjera nagiba. Prividni kut je presječna retka sa stvarnim kutom nagiba i stupca s kutom između smjera nagiba i azimuta trase te je uvijek manji od pravog kuta nagiba.

Tablica 4- 4 Konverzijska tablica za dobivanje prividnog kuta nagiba (Bahun, 1993)

Stvarni kut nagiba	Kut između smjera nagiba i pravca profila							
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
10°	10	9	8	7	6	5	3	1
20°	19	18	17	15	13	10	7	3
30°	29	28	26	23	20	16	11	5
40°	39	38	36	32	28	22	16	8
50°	49	48	45	42	37	29	22	11
60°	59	58	56	53	48	40	30	16
70°	69	68	67	64	60	53	43	25
80°	79	79	78	77	74	70	62	44

Povećanjem vertikalnog mjerila povećava se debljina naslaga i nagib slojeva. Nagib slojeva s vertikalnim ustrmljenjem računa se po formuli : $\tan v = (f)(\tan n)$, gdje je v kut nagiba ustrmljenog sloja, f faktor povećanja i n prividni kut nagiba sloja. Za vertikalno povećanje od 10 puta, faktor povećanja iznosi 10.

Uz nagib slojeva, na geotehničkom profilu prikazane su granice litostratigrafskih jedinica, njihove šrafure, položaji rasjeda, lomne točke, prijelazi cesta i vodotoka te pozicije geotehničkih bušotina i geofizičkih profila. Ispod geotehničkog profila nalaze se podaci koji prate profil, a važniji od njih su: stacionaža, procijenjena debljina pokrivača, kategorija zemljišta (iskopa) određena prema *BRAUN-STINY*-evoj tehničkoj klasifikaciji, geološko-geomehanički istražni radovi, procijenjena dubina do vode i geološki rizik.

Na širem području rijeke Dobre, od stacionaže 6+000 do 9+000 geotehnički profil prema OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983) prolazi vapnencima i dolomitima relativno blagog nagiba do 30°, preko jednog rasjeda bez oznake karaktera i tri pretpostavljena rasjeda. Od stacionaže 6+000 do prvog rasjeda na stacionaži 6+565 trasa plinovoda prema OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983) prolazi terenom izgrađenim od vapnenaca i dolomita dogera. Slojevi padaju u smjeru pružanja trase plinovoda pod prividnim kutom nagiba od 18°. Na stacionažama 6+030 – 6+178, 7+040 – 7+192 i 7+724 – 7+808 trasa plinovoda prolazi

paleodepresijama u vapnencima i dolomitima ispunjenim boksitičnim glinama, na dijelovima debljine preko 5 m (Slika 4-12) . Prema *BRAUN-STINY*-evoj tehničkoj klasifikaciji svrstane su u II./VI. kategoriju iskopa.



Slika 4-12 Trasa plinovoda na približno st. 6+060 na kojoj se vidi paleodepresija u srednjejurskim vapnencima koja je ispunjena crvenim boksitičnim glinama (Calx, 2019)

Od stacionaže 6+565 do 9+000 trasa plinovoda prema OGK Črnomelj (Bukovac i dr., 1983) prolazi vapnencima i dolomita kimeridža i titona. Slojevi padaju u smjeru suprotnom od pružanja trase plinovoda pod prividnim kutom nagiba do 23°. Vapnenci i dolomiti, osim na izdvojenim dionicama, svrstani su IV./VI. kategoriju iskopa, te se nalaze na dubini manjoj od 0.5 m (Slika 4-13).



Slika 4-13 Vapnenac svrstan u IV./VI. kategoriju iskopa prema *BRAUN-STINY*-evoj tehničkoj klasifikaciji

Na prijelazu rijeke Dobre od stacionaže 7+262 do 7+320 trasa plinovoda prolazi aluvijalnim nanosima te uz rijeku postoji rizik od poplave.

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Planirana trasa magistralnog plinovoda Bosiljevo-Sisak DN 800/100, ukupne duljine 102 050,43 m, u cijelosti će biti položena na područjima Karlovačke županije i Sisačko-moslavačke županije koje predstavlja dodirno područje Dinarskoga gorskog sustava s Panonskim bazenom. Magistralni plinovod položit će se najvećim dijelom trase izvan građevinskog područja naselja. Trasa plinovoda prolazi po poljoprivrednom i šumskom zemljištu, prolazi ispod lokalnih, županijskih, državnih cesta, ispod željezničkih pruga te ispod manjih vodotoka i rijeka. U geološkom smislu duž trase plinovodnog sustava izdvojeno je ukupno 27 litostratigrafskih jedinica, a za potrebe izrade završnog rada opisane su četiri jedinice na širem području rijeke Dobre, od stacionaže 6+000 do 9+000. Izdvojene litostratigrafske jedinice su: debelouslojeni vapnenci srednje jure (J_2), izmjena plitkovodnih vapnenaca i dolomita gornje jure ($J_3^{2,3}$), crvene boksitične gline (terra rossa) holocena (ts) i aluvijalni nanos recentnih tokova holocena (a, al).

Duž trase magistralnog plinovoda Bosiljevo – Sisak DN 800/100 opisano je 48 terenskih točaka. Terenskim kartiranjem, zbog značajne pokrivenosti terena, vrlo je teško točno razlučiti i izdvojiti granice između naslaga od kojih je izgrađen teren što uzrokuje poteškoće u klasifikaciji stijenskih masa. Duž trase magistralnog izbušeno je ukupno 28 novih geomehaničkih bušotina, čija je dubina između 1 i 10 metara od površine. Osnovni ciljevi istražnog bušenja bili su utvrditi vrstu i svojstva stijena na ključnim lokacijama - prijelazima preko rijeka i vodotoka te prijelazima preko važnijih prometnica i željezničkih pruga. Za procjenu kategorije iskopa stijenske mase i tala duž trase plinovodnog sustava koristi se *BRAUN-STINY*-eva klasifikacija. Opisane jedinice na širem području rijeke Dobre svrstane su u rasponu od II. do VI. kategorije. Geotehnički profil mjerila 1 : 5000/500 objedinjuje navedena istraživanja i prikazuje situaciju na širem području rijeke Dobre. Vertikalno mjerilo je 10 puta veće od horizontalnog što uzrokuje prividno povećanje debljine naslaga i nagiba slojeva. Uz položaje strukturnih elemenata profil prate kolone s opisom debljine pokrivača, kategorijom iskopa, geološko geomehaničkim istražnim radovima i procjenom dubine podzemne vode.

6. LITERATURA

BENČEK, Đ., BUKOVAC, J., MAGAŠ, N., ŠIMUNIĆ (neobjavljeno) Osnovna geološka karta 1:100.000 list Karlovac. Geološki zavod Zagreb (1968–1987)

BENČEK, Đ., BUKOVAC, J., MAGAŠ, N., ŠIMUNIĆ (neobjavljeno) Tumač osnovne geološke karte 1:100.000 za list Karlovac. Geološki zavod Zagreb (1968–1987)

BUKOVAC, J., ŠUŠNJAR, M., POLJAK, M. i ČAKALO, M. (1983): Osnovna geološka karta 1:100.000 list Črnomelj L 33–91. Geološki zavod Zagreb (1972–1981), Geološki zavod, Beograd

BUKOVAC, J., ŠUŠNJAR, M., POLJAK, M. i ČAKALO, M. (1983): Tumač osnovne geološke karte 1:100.000 za list Črnomelj L 33–91. Geološki zavod Zagreb (1972–1981), Geološki zavod, Beograd

KOROLIJA, B., ŽIVALJEVIĆ, T., ŠIMUNIĆ, AN. (1981): Osnovna geološka karta 1:100.000 list Slunj L 33–104. Geološki zavod Zagreb (1968–1972), Geološki zavod, Beograd

KOROLIJA, B., ŽIVALJEVIĆ, T., ŠIMUNIĆ, AN. (1981): Tumač osnovne geološke karte 1:100.000 za list Slunj L 33–104. Geološki zavod Zagreb (1968–1972), Geološki zavod, Beograd

MATJAŠIĆ, I. (2019) Magistralni plinovod Bosiljevo – Sisak DN 800/100 - Elaborat o inženjerskogeološkim, hidrogeološkim, seizmičkim, geofizičkim i geotehničkim istražnim radovima. Zagreb. Calx d.o.o.

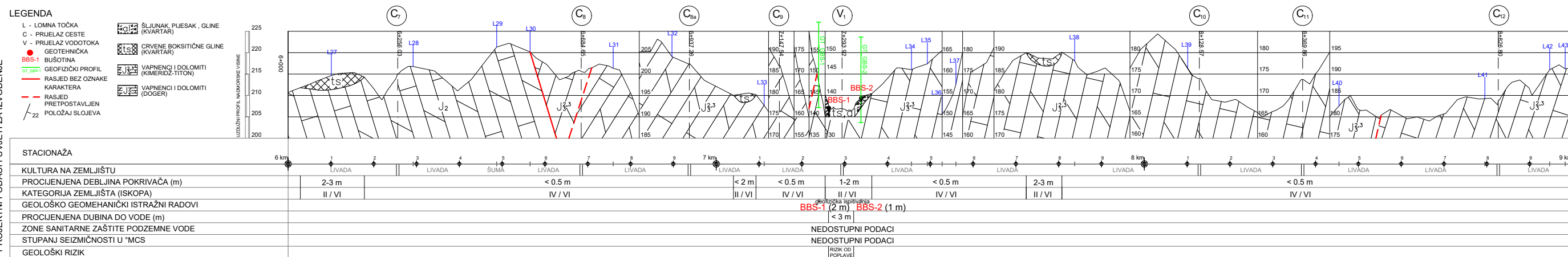
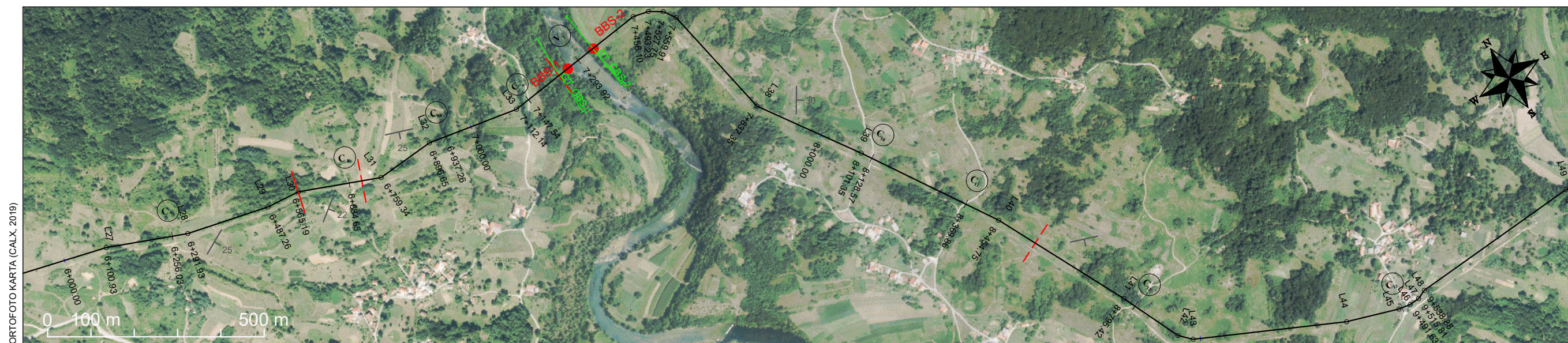
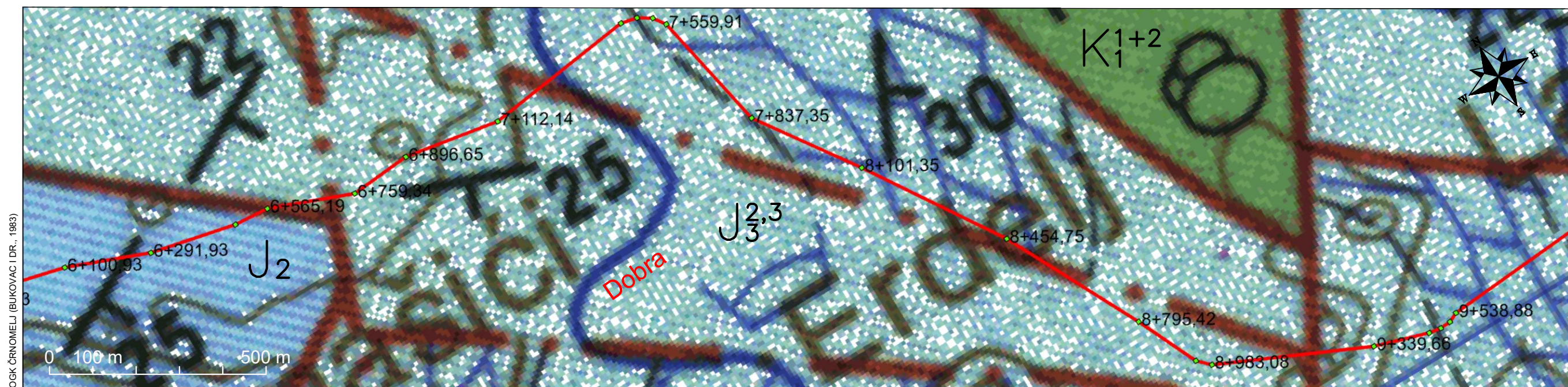
NARODNE NOVINE 103/2017. Odluka o razvrstavanju javnih cesta. Zagreb. Narodne novine d.d.

PIKIJA, M. (1987) Osnovna geološka karta 1:100.000 list Sisak L 33–93. Geološki zavod Zagreb (1975–1980), Geološki zavod, Beograd

PIKIJA, M. (1987) Tumač osnovne geološke karte 1:100.000 za list Sisak L 33–93. Geološki zavod Zagreb (1975–1980), Geološki zavod, Beograd

UDRUGA DESA (2011) Urban planning 4 citizens. Dubrovnik

GEOTEHNIČKI PROFIL DIJELA TRASE MAGISTRALNOG PLINOVODA BOSILJEVO – SISAK DN 800/100 NA PRIJELAZU PREKO RIJEKE DOBRE, STACIONAŽE 6+000 DO 9+000





KLASA: 602-04/20-01/201
URBROJ: 251-70-03-20-2
U Zagrebu, 10.09.2020.

Marko Matjašić, student

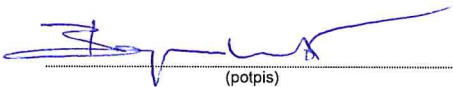
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM: 602-04/20-01/201, UR. BROJ: 251-70-13-20-1 od 04.09.2020. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

IZRADA GEOTEHNIČKOG PROFILA DIJELA TRASE MAGISTRALNOG PLINOVODA BOSILJEVO – SISAK DN 800/100 NA PRIJELAZU PREKO RIJEKE DOBRE

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Bojan Matoš, docent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentor dr. sc. Dario Perković, izvanredni profesor.

Voditelj



(potpis)

Doc. dr. sc. Bojan Matoš

(titula, ime i prezime)

**Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite**



(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko Ružičić

(titula, ime i prezime)

Komentor



(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dario Perković

(titula, ime i prezime)

**Prodekan za nastavu i
studente**



(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)