



STUDIJA

O UZROCIMA DEFORMACIJA NA OBJEKTIMA I U TERENU U NASELJU DRMNO KOD KOSTOLCA



Prof.dr Dragutin Jevremović, dipl.inž.geol.

Doc.dr Srđan Kostić, dipl.inž.geol.

Beograd, septembar 2016.g.

SADRŽAJ:

OPŠTI PODACI O STUDIJI

1. UVOD
2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA
3. IZVEŠTAJ O IZVEDENOM OBILASKU
4. PREGLED RANIJE IZVEDENIH ISTRAŽIVANJA
5. MIŠLJENJE O UZROCIMA REGISTROVANIH DEFORMACIJA
6. ZAKLJUČAK
7. SPISAK KORIŠĆENE LITERATURE I FONDOVSKE DOKUMENTACIJE

SPISAK SLIKA

- Slika 2.1. (a) Položaj sela Drmno u odnosu na površinski kop; (b) Lokacije deformisanih objekata obuhvaćenih i obilaskom terena
- Slika 3.1.1. Domaćinstvo Živorada Perića, X=7517281, Y=4952965
- Slika 3.1.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Živorada Perića: (a) Vertikalna pukotina na spoljašnjem zidu porodične kuće prema dvorištu; (b) Pukotina pretpostavljena u temelju
- Slika 3.2.1. Domaćinstvo Periše Stojadinovića, X=7517347, Y=4952742
- Slika 3.2.2. Registrovane deformacije na staroj kući Periše Stojadinovića: (a) i (b) ukrštene pukotine u zidovima u sobama stare porodične kuće, (c) pukotina u zidu u spavaćoj sobi, (d) i (e) pukotine u podu u kuhinji i gostinskoj sobi, paralelno sa granicom kopa; (f) pukotine u spoljašnjem zidu stare kuće iz ugla prozora
- Slika 3.3.1. Domaćinstvo Gojka Miloševića, X=7517325, Y=4952671
- Slika 3.3.2. Registrovane deformacije na staroj napuštenoj kući u okviru domaćinstva Gojka Miloševića: (a) Pukotina u zidu u dnevnoj sobi stare napuštene kuće; (b) suženi profil vrata od kuhinje prema kupatilu; (c) zjapeće pukotine u kupatilu; (d) pukotina od štoka vrata prema plafonu u spavaćoj sobi
- Slika 3.4.1. Domaćinstvo Zlatiše Nikolića, X=7517474, Y=4952448
- Slika 3.4.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Zlatiše Nikolića: (a) Pukotina u temelju objekta; (b) pukotina iznad vrata u unutrašnjosti kuće; (c) odvajanje terase od kuće; (d) zjapeća pukotina u betonu terase
- Slika 3.5.1. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Saše Arsića: (a) pukotina u hodniku; (b) pukotina iznad vrata u dnevnoj sobi
- Slika 3.5.2. Domaćinstvo Saše Arsića, X=7517792, Y=4952319
- Slika 3.5.3. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Saše Arsića: (a) nakrivljeni profil vrata; (b) pukotina u dečjoj sobi
- Slika 3.6.1. Domaćinstvo Ranislava Brkića, X=7517947, Y=
- Slika 3.6.2. Registrovane deformacije – kose pukotine na porodičnoj kući Ranislava Brkića
- Slika 3.7.1. Domaćinstvo Angeline Nikolić, X=7518025, Y=4952861
- Slika 3.7.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Angeline Nikolić: (a) vertikalna pukotina na spoljašnjem zidu prema dvorištu, na mestu spoja dva objekta; (b) pukotina pretpostavljeno da je iz temelja (*foto S. Kostić*)
- Slika 3.8.1. Domaćinstvo Novice Dimitrijevića, X=7517966, Y=4952903
- Slika 3.8.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Novice Dimitrijevića: (a) pukotine iz prozorskih okana prema dvorištu, (b) pukotine u hodniku kuće, sanirane
- Slika 4.1.1. Detalj Osnovne geološke karte L34-115 šireg područja istraživanja, list Bela Crkva, 1:100 000
- Slika 4.1.2. Geološki stub sa zastupljenim geološkim sredinama za list Osnovne geološke karte L34-115 šireg prostora list Bela Crkva, 1:100 000
- Slika 4.3.1. Detalj Osnovne inženjerskogeološke karte 1:100 000 šireg područja istraživanja, list Bela Crkva
- Slika 4.3.2. Detalj Osnovne inženjerskogeološke karte 1:100 000, List Bela Crkva, sekcija Požarevac sever 1:25000
- Slika 5.1. Promena režima podzemnih voda, usmeravanje toka podzemnih voda ka površinskom kopu i pojava nekontrolisanih sleganja objekata
- Slika 5.2. Sleganje izazvano usled odvodnjavanja kopova „Tamnava istok” i Tamnava zapad”: a) Proračunate vrednosti opadanja pijezometarskog nivoa i sleganja na lokaciji buduće TE Kolubara „B”; b) Proračunato sleganje po profilu A-B od oktobra 1987.g. do decembra 1997.g.
- Slika 5.3. Horizontalno pomeranje na ivicama površinskih kopova i pojava nekontrolisanih sleganja objekata.

SPISAK TABELA

- Tabela 2.1. Pregled lokacija objekata obuhvaćenih i obilaskom terena.
- Tabela 4.2.1. Tabela pregled vrednosti parametara fizičko - mehaničkih svojstava nevezanih i vezanih neokamenjenih stena

OPŠTI PODACI O STUDIJI

Naziv studije: Analiza uticaja rudarenja na objekte i teren u selu Drmno, delu sela Junkovac, selu Veliki Crljeni na potezu između Ibarske magistrale i železničke pruge, te domaćinstva Simićevih u Radljevu – Simića kraj

Naručilac: CENTAR ZA EKOLOGIJU I ODRŽIVI RAZVOJ SUBOTICA Korzo 15/13

Izvršilac: Prof. Dr Dragutin Jevremović, dipl.inž.geol.

Rukovodilac

izradom Studije: Prof. Dr Dragutin Jevremović, dipl.inž.geol.

Saradnik

na izradi Studije: Doc. Dr Srđan Kostić, dipl.inž.geol.

1 Uvod

Naselje Drmno kod Kostolca je jedno od potencijalno najugroženijih naselja zbog blizine eksploatacije uglja na tom području. Kako bi se procenio uticaj rudarenja na deformacije stambenih objekata u ovom naselju, izvršen je obilazak objekata i terena u naselju Drmno kod Kostolca dana 26.06.2016.g., od strane stručnog tima za utvrđivanje uticaja rudarenja na deformacije objekata.

Naručilac studije je udruženje CEKOR. Studija predstavlja nezavisno stručno mišljenje njenih autora, zasnovano na obilasku terena i navedenoj metodologiji.

Stavovi izneti u ovoj studiji su lično mišljenje i stručna procena autora nezavisno od stavova i ciljeva koje zastupa CEKOR.

Zadaci obilaska objekata i terena bili su:

- da se utvrde tipovi objekata, njihove konstruktivne karakteristike, starost objekata;
- da se utvrdi udaljenost objekata od površinskog kopa;
- da se registruje postojanje i tipovi deformacija i njihove geometrijske karakteristike (dužina, širina i zev pukotine, položaj pukotina);
- da se utvrdi eventualno postojanje deformacija u terenu.

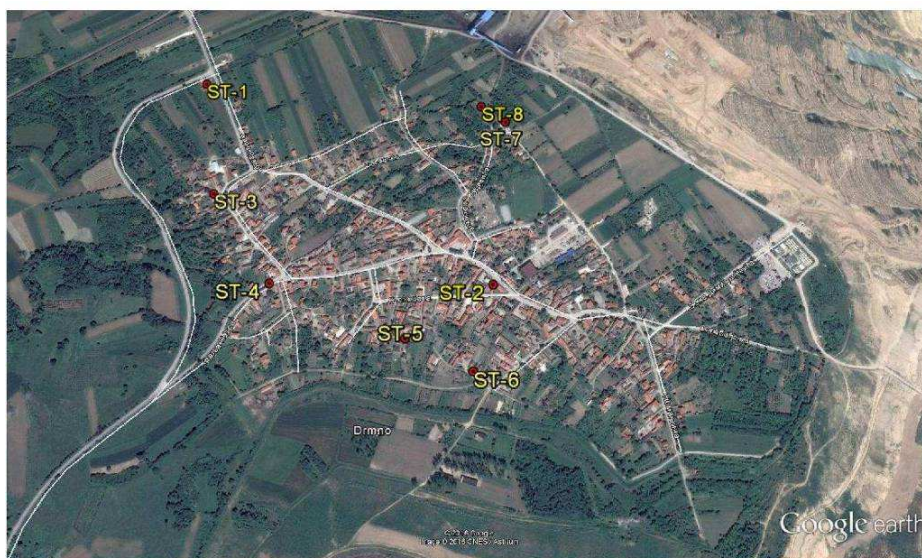
Obilazak terena izvršili su prof. dr Dragutin Jeremović i doc. dr Srđan Kostić, i u pratnji lokalnog meštana, g-dina Živorada Perića.

2 Metodologija istraživanja

Na terenu je izvršen obilazak 8 (osam) objekata, odabranih od strane g-dina Živorada Perića (slika 2.1 i Tabela 2.1). Lokacije objekata registrovane su pomoću ručnog GPS uređaja marke GARMIN GPSMAP 64s, u 7. zoni Gaus-Kriggerovog državnog koordinatnog sistema, orijentacija na terenu je vršena pomoću geološkog kompasa tipa KLAR, a karakteristike registrovanih deformacija na objektima određivane su vizuelno. Deformacije na objektima registrovane su fotoapratom marke NIKON Coolpix S9300 radi formiranja odgovarajuće foto-dokumentacije.



(a)



(b)

Slika 2.1. (a) Položaj sela Drmno u odnosu na površinski kop; (b) Lokacije deformisanih objekata obuhvaćenih i obilaskom terena [podloga je preuzeta sa internet-stranice www.googleearth.com]

Tabela 2.1: Pregled lokacija objekata obuhvaćenih i obilaskom terena.

Objekat br.	Domaćinstvo	Koordinate		Najkraća udaljenost od granice površinskog kopa (m, vazdušnom linijom)
		X	Y	
ST-1	Domaćinstvo Živorada Perića	7517281	4952965	≈ 800
ST-2	Domaćinstvo Periše Stojadinovića	7517347	4952742	≈ 550
ST-3	Domaćinstvo Gojka Miloševića	7517325	4952671	≈ 820
ST-4	Domaćinstvo Zlatiše Nikolića	7517474	4952448	≈ 880
ST-5	Domaćinstvo Saše Arsića	7517792	4952319	≈ 770
ST-6	Domaćinstvo Ranislava Brkića	7517947	4952244	≈ 740
ST-7	Domaćinstvo Angeline Nikolić	7518025	4952861	≈ 170
ST-8	Domaćinstvo Novice Dimitrijevića	7517966	4952903	≈ 170

3 Izveštaj o izvedenom obilasku

3.1 Domaćinstvo Živorada Perića

U okviru domaćinstva Živorada Perića (slika 3.1.1) značajnije deformacije uočene su sa unutrašnje strane (iz dvorišta) na porodičnoj kući. U pitanju su vertikalne pukotine za koje se čini da su nastale u temelju, što je potrebno proveriti raskopavanjem temelja (slika 3.1.2). Takođe, uočavaju se deformacije u betonu kojim je prekriveno dvorište. Deformacije se javljaju u vidu pukotina paralelno sa granicom kopa. Po rečima vlasnika, kuća je sagrađena 1985.g., a dograđena 2003.g. Po rečima vlasnika, prve deformacije javile su se pre desetak godina.



Slika 3.1.1. Domaćinstvo Živorada Perića, X=7517281, Y=4952965 (foto S. Kostić)



(a)



(b)

Slika 3.1.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Živorada Perića: (a) Vertikalna pukotina na spoljašnjem zidu porodične kuće prema dvorištu; (b) Pukotina pretpostavljena u temelju (foto S. Kostić)

3.2 Domaćinstvo Periše Stojadinovića

U okviru domaćinstva Periše Stojadinovića (slika 3.2.1) značajnije deformacije uočene su u zidovima i podu unutar stare kuće. U gostinskoj sobi registrovana je pukotina u podu širine do 5cm, dužine oko 3m, sa skokom prema granici kopa od oko 1cm. U dnevnoj sobi registrovane su dve paralelne pukotine u podu, orijentisane paralelno sa granicom kopa. Takođe sa spoljašnje strane kuće uočavaju se manje pukotine iz uglova prozora (slika 3.2.2). U dvorištu kuća registrovan je bunar, izrađen pre oko 50 godina, iz kojeg se koristila voda, koja je, po rečima vlasnika, bila blizu površine terena, ali je, u međuvremenu, presahla (slika 3.2.3). Po rečima vlasnika, kuća je sagrađena 70-ih godina prošlog veka.



Slika 3.2.1. Domaćinstvo Periše Stojadinovića, X=7517347, Y=4952742 (foto S. Kostić)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Slika 3.2.2. Registrovane deformacije na staroj kući Periše Stojadinovića: (a) i (b) ukrštene pukotine u zidovima u sobama stare porodične kuće, (c) pukotina u zidu u spavaćoj sobi, (d) i (e) pukotine u podu u kuhinji i gostinskoj sobi, paralelno sa granicom kopa; (f) pukotine u spoljašnjem zidu stare kuće iz ugla prozora (*foto S. Kostić*)



Slika 3.2.3. Bunar bez vode u dvorištu domaćinstva Periše Stojadinovića (foto S. Kostić)

3.3 Domaćinstvo Gojka Miloševića

U okviru domaćinstva Gojka Miloševića (slika 3.3.1) značajnije deformacije uočene su u zidovima stare kuće, u dnevnoj sobi, kuhinji i kupatilu. Usled deformacija, sužen je i profil vrata od kupatila (slika 3.3.2). Po rečima vlasnika, kuća je sagrađena pre oko 50 godina. Zbog deformacija, kuća se više ne koristi.



Slika 3.3.1. Domaćinstvo Gojka Miloševića, X=7517325, Y=4952671 (foto S. Kostić)



(a)



(b)



(c)



(d)

Slika 3.3.2. Registrovane deformacije na staroj napuštenoj kući u okviru domaćinstva Gojka Miloševića: (a) Pukotina u zidu u dnevnoj sobi stare napuštene kuće; (b) suženi profil vrata od kuhinje prema kupatilu; (c) zjapeće pukotine u kupatilu; (d) pukotina od štoka vrata prema plafonu u spavaćoj sobi (foto S. Kostić)

3.4 Domaćinstvo Zlatiše Nikolića

U okviru domaćinstva Zlatiše Nikolića (slika 3.4.1) značajnije deformacije uočene su u temelju stare kuće, kao i odvajanje terase od ostalog dela kuće. Manje deformacije uočavaju se i u samoj kući, iznad vrata i po zidovima (slika 3.4.2). Po rečima vlasnika, kuća je sagrađena pre oko 80 godina.



Slika 3.4.1. Domaćinstvo Zlatiše Nikolića, X=7517474, Y=4952448 (foto S. Kostić)



(a)



(b)



(c)



(d)

Slika 3.4.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Zlatiše Nikolića: (a) Pukotina u temelju objekta; (b) pukotina iznad vrata u unutrašnjosti kuće; (c) odvajanje terase od kuće; (d) zjapeća pukotina u betonu terase (foto S. Kostić)

3.5 Domaćinstvo Saše Arsića

U okviru domaćinstva Saše Arsića (slika 3.5.1) značajnije deformacije uočene su u vidu pukotine iznad ulaznih vrata u dnevnoj sobi, širine do 1cm, zatim u vidu zjapeće pukotine u dnevnoj sobi širine do 5mm, kao i pukotine u dečijoj sobi. Usled deformacija objekta, vrata dnevne sobe su nakrivljena i ne mogu da se zatvore (slika 3.5.2 i 3.5.3). Po rečima vlasnika, kuća je sagrađena 1972.g.



Slika 3.5.1. Domaćinstvo Saše Arsića, X=7517792, Y=4952319 (foto S. Kostić)



(a)



(b)

Slika 3.5.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Saše Arsića: (a) pukotina u hodniku; (b) pukotina iznad vrata u dnevnoj sobi (foto S. Kostić)



Slika 3.5.3. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Saše Arsića: (a) nakrivljeni profil vrata; (b) pukotina u dečjoj sobi (*foto S. Kostić*)

3.6 Domaćinstvo Ranislava Brkića

U okviru domaćinstva Ranislava Brkića (slika 3.6.1) uočene su deformacije u malteru samo na spoljnjem zidu prema ulici (slika 3.6.2). S obzirom na to da vlasnik nije bio kod kuće (po rečima Živorada Perića vlasnik je u inostranstvu), nisu registrovani podaci o starosti objekta, eventualnim deformacijama u unutrašnjosti kuće.



Slika 3.6.1. Domaćinstvo Ranislava Brkića, X=7517947, Y=4952244 (foto S. Kostić)



Slika 3.6.2. Registrovane deformacije – kose pukotine na porodičnoj kući Ranislava Brkića (foto S. Kostić)

3.7 Domaćinstvo Angeline Nikolić

U okviru domaćinstva Angeline Nikolić (slika 3.7.1) značajnije deformacije uočene su u vidu pukotine na spoljnjem zidu i temelju (od kamena i maltera), na spoju dva objekta (slika 3.7.2). Po rečima vlasnika, kuća je sagrađena 1974.g.



Slika 3.7.1. Domaćinstvo Angeline Nikolić, X=7518025, Y=4952861 (foto S. Kostić)



(a)



(b)

Slika 3.7.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Angeline Nikolić: (a) vertikalna pukotina na spoljašnjem zidu prema dvorištu, na mestu spoja dva objekta; (b) pukotina pretpostavljeno da je iz temelja (foto S. Kostić)

3.8 Domaćinstvo Novice Dimitrijevića

U okviru domaćinstva Novice Dimitrijevića (slika 3.8.1) značajnije deformacije uočene su u vidu pukotina iz uglova prozora na spoljašnjem zidu sa zadnje strane kuće. Takođe, u samoj kući su se javile pukotine koje su naknadno sanirane (slika 3.8.2). Po rečima vlasnika, kuća je sagrađena 1992.g. od blokova.



Slika 3.8.1. Domaćinstvo Novice Dimitrijevića, X=7517966, Y=4952903 (foto S. Kostić)



Slika 3.8.2. Registrovane deformacije na porodičnoj kući Novice Dimitrijevića: (a) pukotine iz prozorskih okana prema dvorištu, (b) pukotine u hodniku kuće, sanirane (foto S. Kostić)

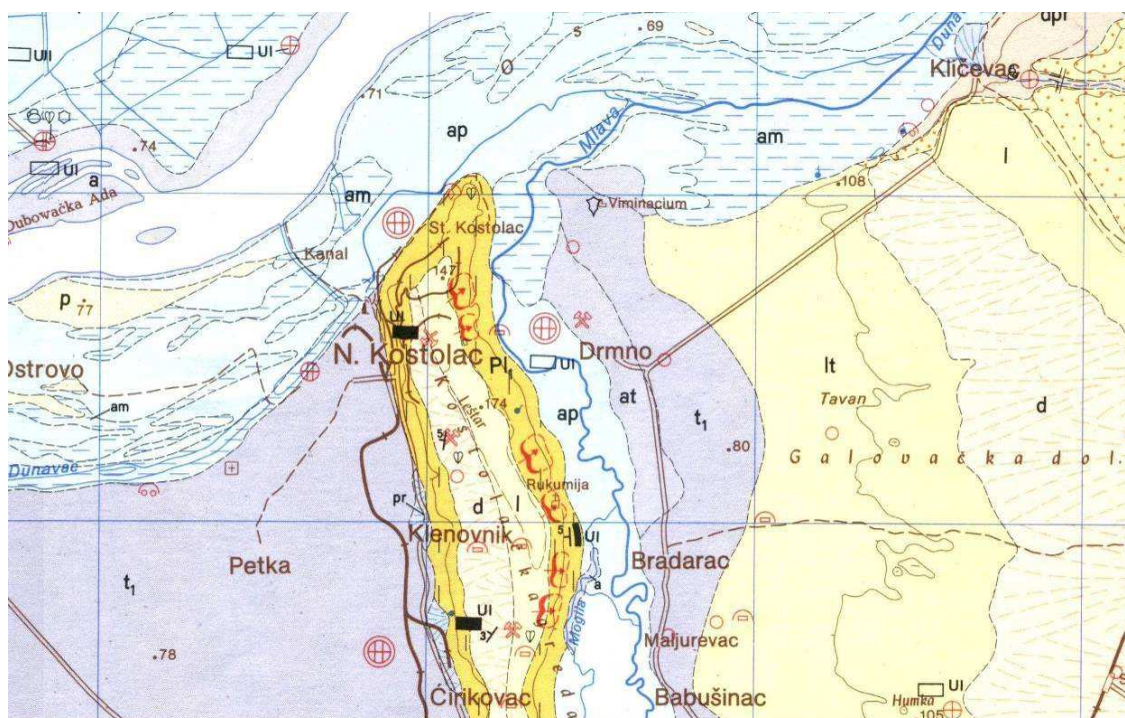
4 Pregled ranije izvedenih istraživanja

Prva geološka istraživanja područja Kostolačkog ugljonosnog basena počela su krajem 19.veka i sa različitim intenzitetom se nastavljaju do današnjih dana. Geološko - ekonomske karakteristike tih istraživanja se ogledaju kroz istorijat rudarske delatnosti i razvoja termoenergetskih kapaciteta. Zavod za geološka i geofizička istraživanja SR Srbije je 1955. godine izvršio probna geofizička ispitivanja refrakcionom seizmičkom metodom, radi pronalaženja ugljenih naslaga u široj okolini Kostolca. Prvu geološku kartu Kostolačkog basena u razmeri 1 : 25 000 uradila je ekipa Zavoda 1957. godine, a 1965. godine izvršena je i prospekcija istočnog dela Kostolačkog basena. Izradom OGK razmere 1 : 100 000, listova Bela Crkva (M.Rakić i dr., 1980.god.) i Požarevac (M.Malešević i dr., 1978.god.) sa odgovarajućim tumačima, objedinjeni su rezultati prethodnih istraživanja, uz detaljan prikaz geološke građe i tektonike područja. Prostor zapadnog dela Kostolačkog basena najintenzivnije je istraživan u periodu 1985–1990 god. Pored brojnih regionalnih i osnovnih geoloških istraživanja na predmetnom prostoru su se vršila i specijalistička inženjerskogeološka, odnosno geotehnička istraživanja.

4.1 Opšta geološka građa istražnog područja

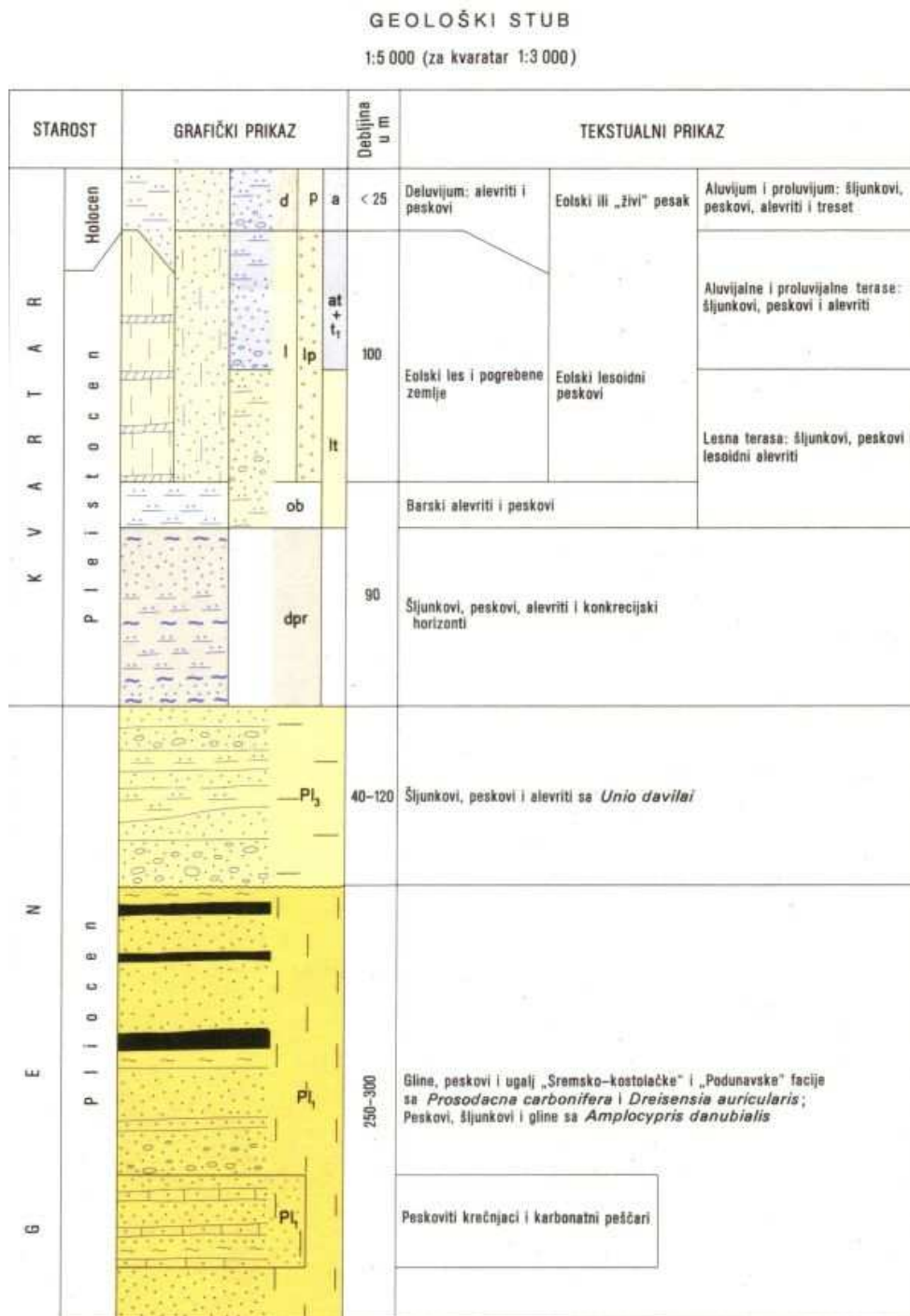
Na osnovu podataka iz Tumača za Osnovnu geološku kartu 1:100 000, list Bela Crkva, uže područje sela Drmno izgrađeno je od neogenih i kvartarnih naslaga (Slika 4.1.1). Sedimenti neogene (pliocenske) starosti predstavljeni su glinama, peskovima i ugljevima Sremsko-kostolačke serije sa pojavom peskovitih krečnjaka i karbonatnih peščara. Debljina ovih naslaga je u intervalu 250-300m. U povlaci donjepliocenskih naslaga javljaju se šljunkovi, peskovi i alevriti gornjepliocenske starosti, debljine 40-120m. Najstarije kvartarne tvorevine predstavljene su proluvijalno-deluvijalnim sedimentima Kličevačke serije, šljunkovima, peskovima i alevritima. Sedimenti Kličevačke serije leže diskordantno preko neogenih članova, a ispod lesa. Granice prema podini i povlaci su neravne i predstavljaju blago zatalasane površi. Kličevačka serija izgrađena je od lesodinih peskovito-glinovitih alevrita i alevritičnih peskova, šljunkova, peskovitih krečnjaka, peščara i bigra. Zajedno sa pomenutim članovima nalaze se horizonti krupnih karbonatnih konkrecija. Debljina ove serije iznosi 90m. (Slika 4.1.2). Lesna terasa, u povlaci Kličevačke serije, relativne visine 25-35m, izgrađena je od starijih sedimenata aluvijalnog porekla i mlađih sedimenata eolske starosti. Stajni deo je predstavljen šljunkovito-peskovitim sedimentima, koji odgovaraju modifikovanoj faciji rečnog korita. Mlađi deo izgrađen je od peskova, alevritskih peskova i peskovito-glinovitih alevrita lesoidnog habitusa. Sedimenti se javljaju u vidu dva do tri nivoa lesa razdvojenih humusnim zonama. Les je žućkaste do svetlo smeđe boje. Prema strukturnim karakteristikama odgovara peskovitim i glinovitim alevritu. U deluvijalnim facijama pomenuti članovi redovno sadrže šljunkoviti detritus čiji sastav ukazuje na pretaložavanja procesom spiranja. Les je bogat kalcijum-karbonatom, koji se javlja u vidu pojedinačnih konkrecija i horizonata različitih debljina. Od najmlađih pleistocenskih naslaga treba izdvojiti aluvijalnu terasu, izgrađenu od šljunkova, peskova i alevrita facije korita i facije povodnja, i proluvijalnu terasu, izgrađenu od šljunkovito-alevritičnih naslaga debljine do 7m, koja se smenjuju u vidu nepravilnih sočiva u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Od holocenskih naslaga uže područje naselja Drmno izgrađuju deluvijalni lesoidni peskovi i alevriti, koji sadrže dosta šljunkova, i plavinski konusi (proluvijum). Od aluvijalnih sedimenata kvartarne starosti, u građi istražnog područja učestvuju peskovi, alevriti i treset (facija starača), peskovi i alevriti (facija povodnja) i šljunkovi i peskovi (facija korita).

Ugljena serija u Kostolačkom basenu javlja se na površini od oko 130km², sa ukupnom prosečnom debljinom od oko 150m. Leži između donjopontijskih peskova i kvartarnih naslaga različitog sastava i geneze. U okviru serije nalaze se tri ugljena sloja koja se eksploatišu na površinskim kopovima Kostolac, Ćirikovac i Drmno. Ugljeni slojevi karakterišu se prostom geološkom građom i malom izmenljivošću. Njihova ukupna debljina iznosi oko 40m, ali se znatno razlikuje kod svakog sloja. Ugljevi pripadaju grupi lignita.



Slika 4.1.1. Detalj Osnovne geološke karte L34-115 šireg područja istraživanja, list Bela Crkva, 1:100 000 [Savezni geološki zavod, 1979].

Legenda: a – aluvijum – facija korita: šljunkovi i peskovi, ap – aluvijum – facija povodnja – peskovi i alevriti, am – aluvijum – facija starača: barski peskovi i alevriti, at – aluvijum – terasa (3-5m): alevriti i peskovi, pr – proluvijum – konusi plavina: šljunkovi, peskovi i alevriti, d – deluvijum – lesoidni alevriti i peskovi, p – eolski pesak, t₁ – aluvijalna terasa (7-12m): šljunkovi, peskovi i alevriti, l – eolski les, lt – lesna terasa (25-35m): šljunkovi, peskovi i lesoidni alevriti, Pl₁ – pont – peskovi, gline i ugalj, peskoviti krečnjaci i karbonatni peščari, U1 – nalazišta uglja.



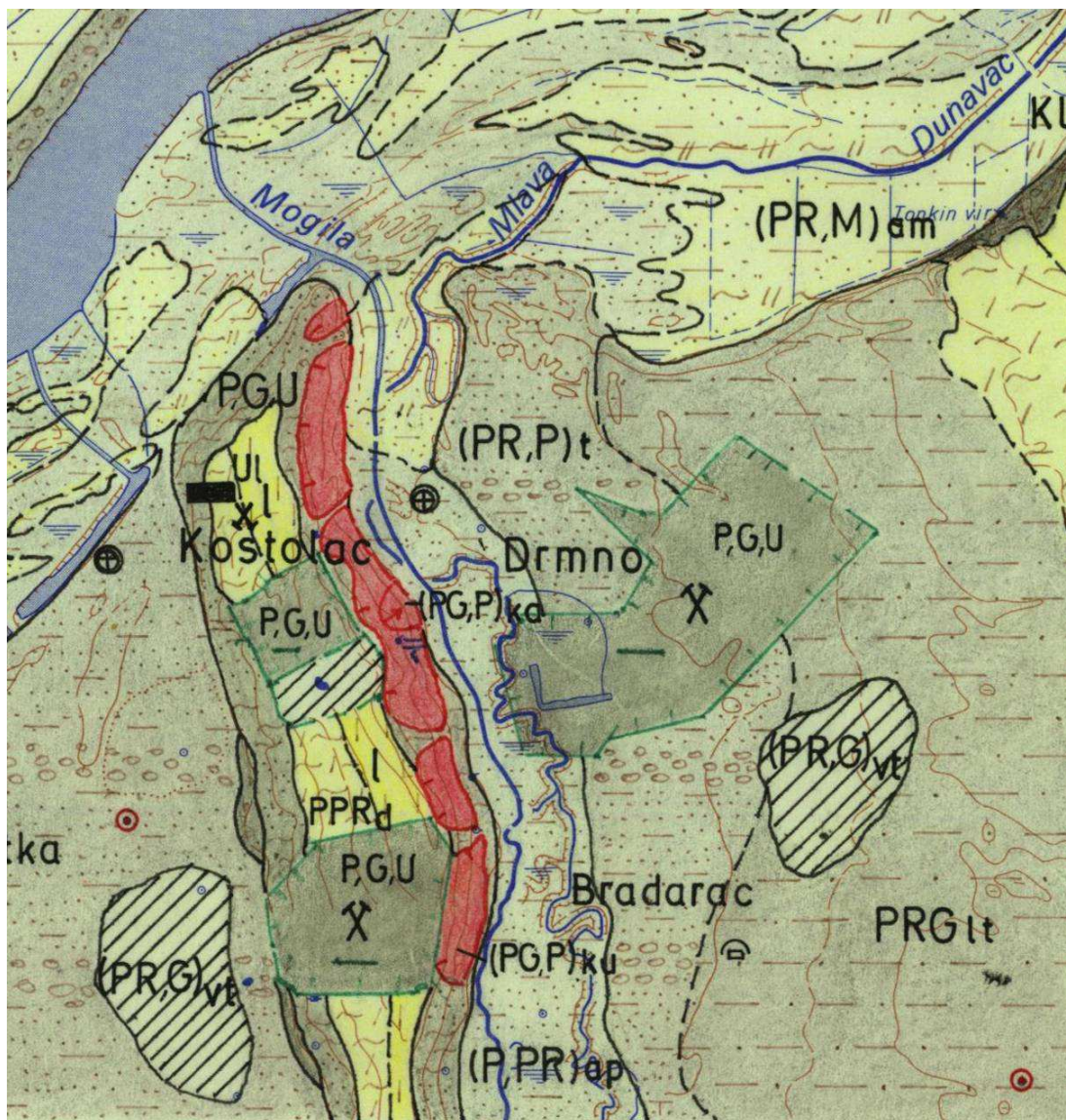
Slika 4.1.2. Geološki stub sa zastupljenim geološkim sredinama za list Osnovne geološke karte L34-115 šireg prostora list Bela Crkva, 1:100 000 [Savezni geološki zavod, 1979]

4.2 Inženjerskogeološka svojstva terena

Prema Osnovnoj inženjerskogeološkoj karti 1:100 000, list Bela Crkva [Ministarstvo nauke i životne sredine, Beograd] (slika 4.2.1), istražno područje izrađuju sledeće inženjerskogeološke jedinice:

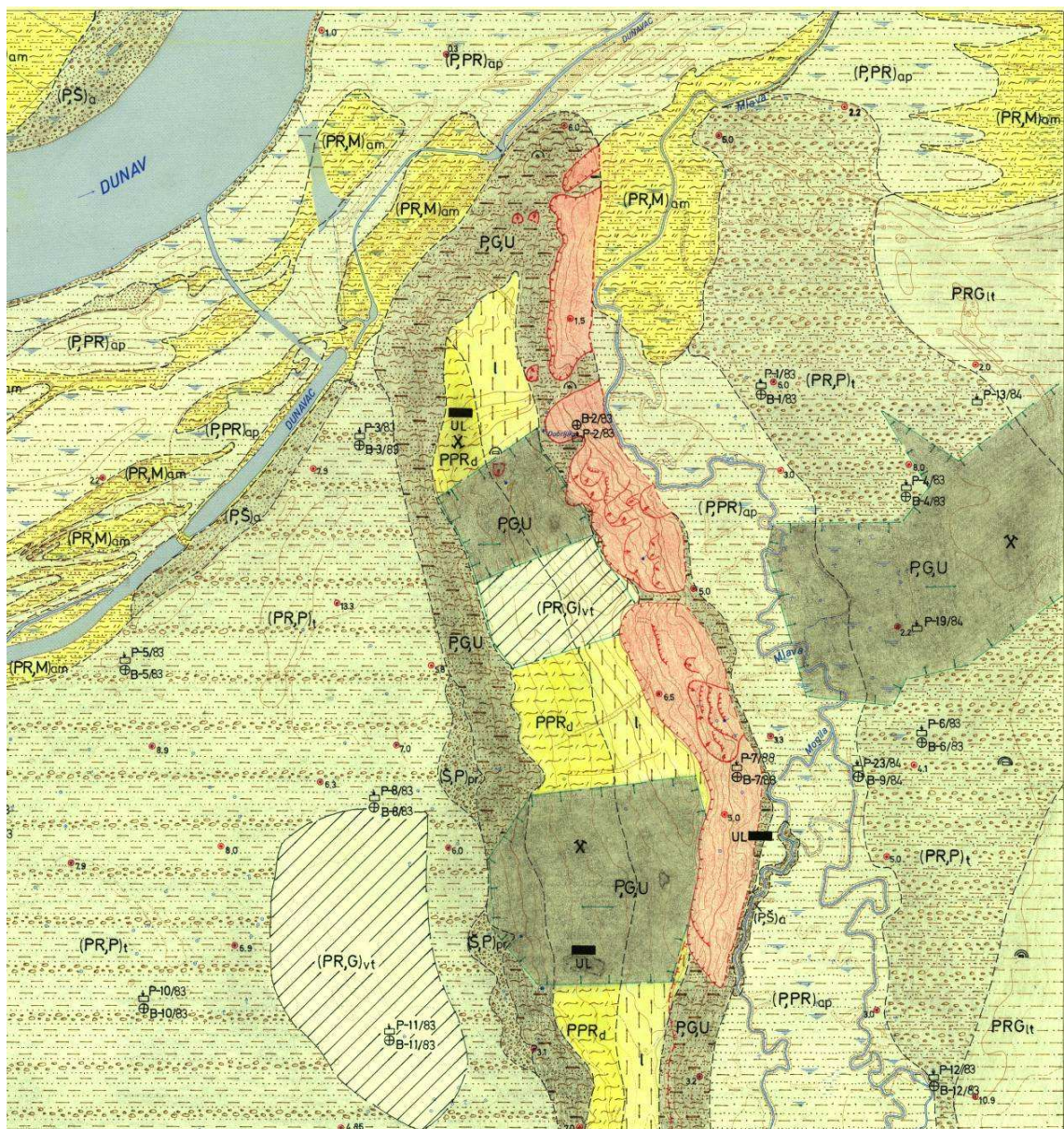
- Nevezane stene:
 - (P,PR)ap – peskovi i prašine aluvijalni, facija povodnja – leže u povlaci aluvijalnog kompleksa, neujednačenih svojstava, srednje vodopropusnosti, povremeno odvodnjeni i srednje do znatno stišljivi
 - (PR,P)t --- prašine, peskovi i šljunkovi, u delubljim delovima, rečno-terasni – pretežno dobrih inženjerskogeoloških odlika, dobre vodopropusnosti, neujednačene odvodnjenosti i dobre vodoodčnosti;
 - PRG_{lt} – lesodine prašine, peskovi i šljunkovi, lesno-terasni – stariji, donji deo kompleksa je peskovito-šljunkovit, a mlađi, gornji je lesoidni, različitih inženjerskogeoloških odlika i hidrogeoloških uslova.
- Inženjerskogeološki kompleks nevezanih i vezanih neokamenjenih stena:
 - (PR,G)vt – peskovi, prašine i gline veštačkih tvorevina – heterogene naslage, nekonsolidovane, izmenjenih, uglavnom nepovoljnih svojstava, deponovani u vdu jalovišta;
 - (PG,P)ka – prašinasto-peskovite gline i peskovi, tela aktivnih klizišta – loših svojstava, velike rastrešenosti, sredina je poremećena i veoma stišljiva, u stalnom pokretu sa različitim intenzitetom;
 - (PG,P)ku – prašinasto-peskovite gline i peskovi, tela umirenih klizišta – pretežno loših svojstava, u stanju labilne ravnoteže, sa mogućnošću reaktiviranja procesa;
 - (PR,M)am – prašine, peskovi i muljevi – meka, stalo odvodnjena, loših svojstava, znatne stišljivosti.
- Vezane neokamenjene stene
 - l – prašinaste gline, prašine i prašnasti peskovi – les – pretežno prašinasta sredina, dobro sortirana, površinski degradirana, vertikalno dboro porozna i vodopropusna, slabo odvodnjena, čija se svojstva pogoršavaju sa provlažavanjem.
- Inženjerskogeološki kompleks nevezanih, vezanih neokamenjenih i slabo okamenjenih stena
 - P,G,U – peskovi, gline i ugalj – kompleks neujednačenih svojstava, peskovi sitnozrni do srednjevzrni, dobre poroznosti i neujednačene odvodnjenosti; gline pripovršinski degradirane i zahvaćene kliženjem na padinama.
- Ležišta mineralnih sirovina
 - Ul – ležišta lignita

Na slici 4.2.2 prikazan je detalj inženjerskogeološke karte užeg područja istraživanja, u razmeri 1:25000. U Tabeli 4.2.1 dat je tabelarni pregled vrednosti parametara fizičko-mehaničkih svojstava stenskih masa koje izgrađuju istražno područje.



Slika 4.3.1. Detalj Osnovne inženjerskogeološke karte 1:100 000 šireg područja istraživanja, list Bela Crkva [Lazić, M., Vukadinović, I., nepublikovano].

Legenda: (P,PR)ap – peskovi i prašine aluvijalni, facija povodnja; (PR,P)t --- prašine, peskovi i šljunkovi, u delubljim delvoima, rečno-terasni, PRG_{lt} – lesodine prašine, peskovi i šljunkovi, lesno-terasni, (PR,G)vt – peskovi, prašine i gline veštačkih tvorevina, (PG,P)ka – prašinasto-peskovite gline i peskovi, tela aktivnih klizišta, (PG,P)ku – prašinasto-peskovite gline i peskovi, tela umirenih klizišta, (PR,M)am – prašine, peskovi i muljevi, l – prašinaste gline, prašine i prašnasti peskovi – les, P,G,U – peskovi, gline i ugalj, Ul – ležišta lignita



Slika 4.3.2. Detalj Osnovne inženjerskegeološke karte 1:100 000, List Bela Crkva, sekcija Požarevac sever 1:25000 [Lazić, M., Vukadinović, I., nepublikovano]

Tabela 4.2.1: Tabelarni pregled vrednosti parametara fizičko - mehaničkih svojstava nevezanih i vezanih neokamenjenih stena (K_f – koeficijent filtracije, cm/s; c – kohezija, kN/m²; W – prirodna vlažnost, %; M_s – modul stišljivosti, kN/m²; γ_w - prirodna zapreminska težina, kN/m³, φ - ugao unutrašnjeg trenja, °) [Lazić, M., nepublikovano]

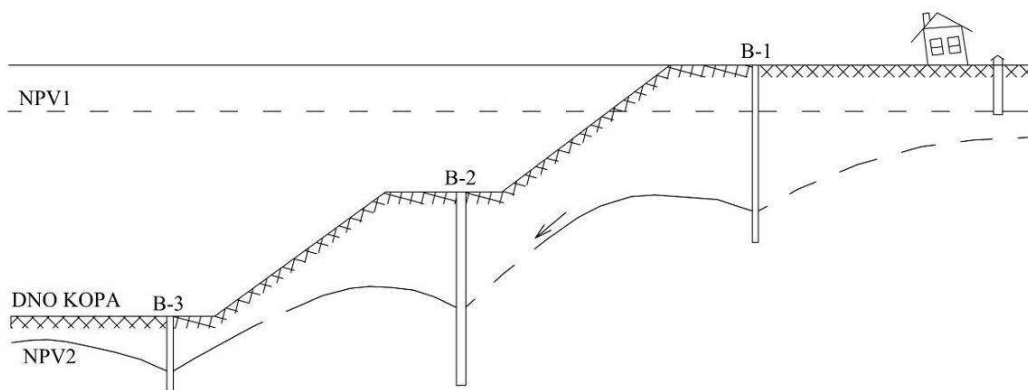
INŽENJERSKOGEOLOŠKA JEDINICA	LITOLOŠKA VRSTA	VREDNOSTI PARAMETARA FIZIČKO – MEHANIČKIH SVOJSTAVA					
		K_f	W	γ_w	φ	c	M_s
PESKOVI I PRAŠINE aluvijalni - facija povodnja (P,PR) _{ap}	Prašinasto - peskovite gline	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵	17-24	18.0-19.0	16-20	15-25	3600-5500
	Prašinasti peskovi	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴	15.4-20.0	19.0-20.0	22-27	0.0-5.0	7000-10000
LESOIDNE PRAŠINE, PESKOVI I ŠLJUKOVI lesno terasni (PRG) _{lt}	Prašinasto - peskovite gline	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵	14-24	17.8-20.7	15-30	18-22	3500-6000
	Prašinasti peskovi	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴	15.5-20.0	19.2-20.5	22-28	0.0-5.0	6000-10000
PRAŠINE, PESKOVI I ŠLJUKOVI, rečno - terasni (PR,P) _{lt}	Prašinast pesak	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴	15.6-20.2	19.1-20.4	22-30	0.0-3.0	6000-10000
	Prašinasta glina	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁵	19.5-34.0	18.0-19.0	17-22	12-20	3800-5200
PRAŠINASTE GLINE I PRAŠINASTI PESKOVI - LES (1)	Prašinaste gline i prašine	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁴	10.0-28.0	18.0-19.5	19-24	15-25	4000-8000

5 Mišljenje o uzrocima registrovanih deformacija

U literaturi, kao i u rudarskoj praksi, poznato je da površinska eksploatacija mineralnih sirovina (ugljonosni baseni) zahvataju velike površine terena gde se formiraju znatne dubine u terenu. Za rudarsku tehnologiju eksploatacije uglja od posebnog značaja je snižavanje (obaranje) nivoa podzemnih voda do potrebnog nivoa, tako da te aktivnosti dovode do velike promene, između ostalog, prirodnog stanja ovodnjenosti u terenu, režima podzemnih voda, kako u samoj zoni površinskog kopa tako i u znatno široj zoni površinskog kopa usled čega nastaje depresioni levak prečnika ponekad i više kilometara. Kod Kurska u Rusiji, gde je rudarskim radovima zahvaćeno oko 30.000 ha depresiona kupa dostiže 35 km, a površina isušivanja iznosi oko 1000 km².

Prema I. Perkoviću i A. Grujancu (1984), da bi se mogla vršiti površinska eksploatacija mineralnih sirovina, vrlo često se mora vršiti sniženje nivoa podzemnih voda (slika 5.1). Uticaj sniženja nivoa podzemnih voda do ispod najniže kote površinskog kopa u dužem vremenskom periodu, u cilju obezbeđenja stabilnosti kosina i radnih nivoa, obezbeđenja eksploatacije i transporta, oseća se na mnogo širem prostoru nego što je područje površinskog kopa. Regionalno obaranje nivoa podzemnih voda uslovaljava mnogobrojne promene:

- Tok podzemnih voda usmerava se ka površinskom koku, što može stvoriti značajne probleme u vodosnabdevanju lokalnog stanovništva (presušivanje bunara, izvora i manjih vodotoka), i sl.
- Usled sniženja nivoa podzemnih voda dolazi do povećanja sopstvene težine tla u zoni sniženja (smanjenjem uzgona), što dovodi do pojave naknadnih sleganja terena na širem prostoru;
- Zavisno od geološkog sastava, odnosno od prostornog rasporeda terenskih sredina i visine sniženja nivoa podzemnih voda, sleganja na površini terena mogu biti 0-150cm. Svi veštački objekti: naselja, industrija, objekti infrastrukture u oblasti obuhvaćenoj sniženjem nivoa podzemnih voda, ugroženi su pojavom naknadnih sleganja terena, koja za posledicu imaju značajne deformacije objekata uključujući i rušenja.



Slika 5.1. Promena režima podzemnih voda, usmeravanje toka podzemnih voda ka površinskom koku i pojava nekontrolisanih sleganja objekata [Perković, Grujanac, 1984].

Znajući za napred navedene pojave REIK „KOLUBARA” LAZAREVAC je svojevremeno naručila izradu „Studije sleganja terena na području predviđenom za izgradnju Te-To Kolubara „B”, u Kaleniću usled p.k. „Tamnava Zapadno polje” i „Tamnava Istočno polje”. Studiju je izradio Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi” iz Beograda 1988. godine (Savetovanje na temu „Unapređenje geotehničkih istraživanja” – primena u eksploataciji mineralnih sirovina, Beograd, 1989).

Iz zaključka navedene studije citiramo: „Kao primer iz prakse, dat je kratak prikaz izvršenih hidrodinamičkih i geomehaničkih proračuna sleganja buduće TE Kolubara „B”, a usled odvodnjavanja kopova „Tamnava istok” i Tamnava zapad”.

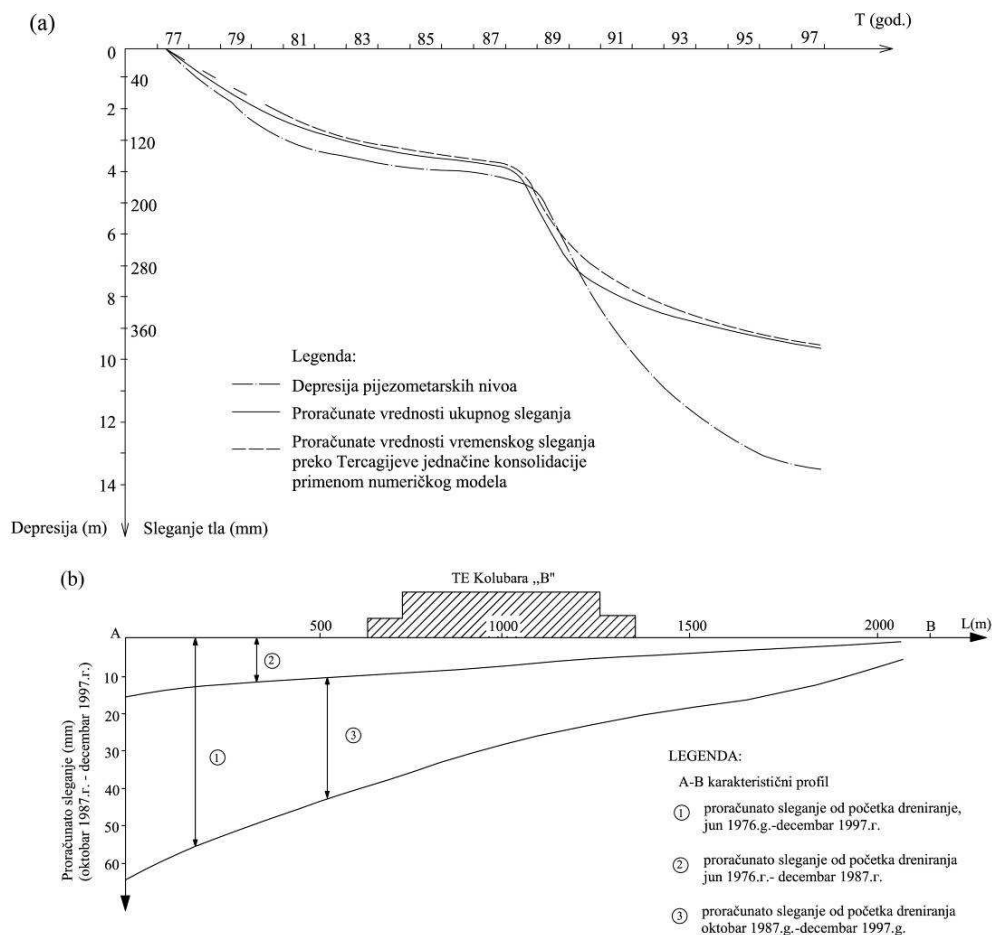
Kao rezultat geomehaničkih proračuna, ističe se da će se sleganje terena na lokalitetu buduće TE, usled odvodnjavanja kopova biti reda veličine 0,40 m (apsolutno sleganje) i oko 0,04 m/100 m (diferencijalno sleganje).

Svakako da su mnogobrojni primeri pojava rudarskih šteta u svetu i kod nas, pa je i primer prikazan u ovoj studiji, dovoljan pokazatelj za potrebu sistematske primene jednog pristupa, kakav je ovde prikazan za analizu pojave sleganja TE, usled odvodnjavanja kopova u našoj stručnoj praksi”. Na slici 5.2. dati su prognozni dijagrami opadanja pijezometarskog nivoa i sleganja na lokaciji buduće TE Kolubara „B”.

Dreniranje površinskih kopova, kao što je napred navedeno, dovodi do pada pijezometarskog nivoa u široj oblasti. Usled veoma značajnih depresija pijezometarskog nivoa, dolazi do povećanja efektivnih napona, konsolidacije i sleganja tla. Na deformacije na objektima i u terenu utiču: inženjerskogeološka građa terena, veličina pada pijezometarskog nivoa, blizina površinskog kopa i kvalitet gradnje objekata.

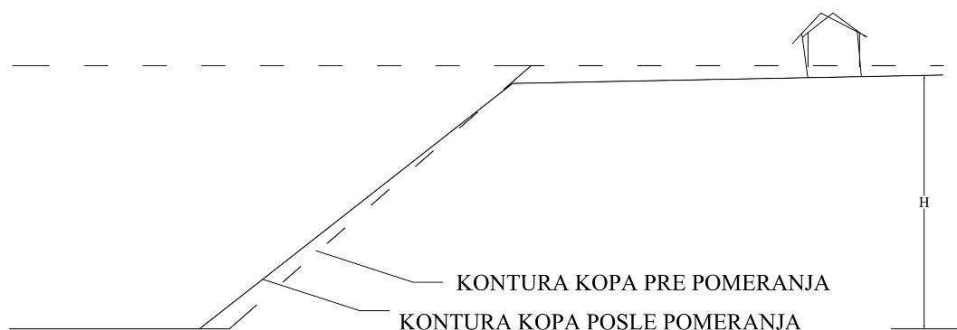
Izvedenim obilaskom terena utvrđene su deformacije na objektima koje se mogu pripisati sleganju terena. Međutim, o uzrocima sleganja terena nije moguće pouzdano govoriti, s obzirom na to da nisu poznati uslovi fundiranja objekata obuhvaćenih ovim obilaskom.

Takođe, pojedini objekti su dosta stari (poput porodičnih kuća Nikolić Zlatiše i Milošević Gojka), i sa slabo otpornim građevinskim materijalom. Treba naglasiti i da na pojavu deformacija može uticati i kvalitet gradnje (poput pukotina na spoju dva objekta u domaćinstvu Nikolić Angeline ili pukotina na kući Dimitrijević Novice).



Slika 5.2. Sleganje izazvano usled odvodnjavanja kopova „Tamnava istok” i Tamnava zapad”: a) Proračunate vrednosti opadanja pijezometarskog nivoa i sleganja na lokaciji buduće TE Kolubara „B”; b) Proračunato sleganje po profilu A-B od oktobra 1987.g. do decembra 1997.g. [Grupa autora, 1989].

Treba naglasiti i da se izvođenjem dubokih iskopa bitno remeti naponsko stanje u okolnom terenu, pa na ivicama površinskih kopova nastaju horizontalna pomeranja prema amfiteatru kopa, kao posledica težnje za uspostavljanjem prvobitne ravnoteže. Ova pomeranja u području najvećeg rasterećenja, prema podacima iz literature, mogu iznositi (u nevezanim i slabovezanim stenskim masama) i do 10cm nakon 6 meseci po izvođenju iskopa, za kopove dubine samo 40m (slika 5.3).



Slika 5.3. Horizontalno pomeranje na ivicama površinskih kopova i pojava nekontrolisanih sleganja objekata.

Horizontalna pomeranja mogu takođe biti uzrok nekontrolisanih sleganja i pojava nestabilnosti, odnosno klizanja kosina. Poznati su slučajevi iz prakse da klizanjem u nevezanim i slabovezanim stenskim masama mogu biti pokrenute ogromne mase (mereno milionima m³). Osim štete zbog prekida eksploatacije mogu biti ugroženi mnogobrojni objekti u široj okolini površinskog kopa, kao i obradivo zemljište.

5.1 Sleganje terena usled eksploatacije podzemnih voda (primeri iz literature)

U svetskoj praksi poznati su mnogi slučajevi sleganja površine terena usled eksploatacije podzemnih voda, koja su ponegde dostizala katastrofalne razmere. Kao ilustrativni primeri za ovaj vid sleganja mogu se navesti gradovi Venecija i Meksiko.

Danas je Venecija poznata u svetu kao grad čija je egzistencija ugrožena usled konstantnog sleganja. Ovaj grad je nastao u VII veku, kada je počelo naseljavanje grupe malih ostrva. Grad se nalazi u centru velike lagune koja je od Jadranskog mora odvojena nizom peščanih sprudova koji su još u XVIII veku učvršćeni nasipima. Lagunu izgrađuju nekonsolidovani kvartarni sedimenti debljine oko 800 m koje čine peskovi, alevriti i gline, a preko kojih se nalazi rečni mulj. U cilju poboljšanja nosivosti muljevutih sedimentata u tlo su pobijani drveni šipovi na kojima su fundirane građevine.

Venecija je od davnina izložena sleganju. Oko 70% površine grada nalazi se na visini od jedva jednog metra iznad srednjeg nivoa mora. Arheološka istraživanja su pokazala da je sleganje lagune u preistorijsko vreme dostiglo vrednost od 6 m, a od vremena starog Rima 2-3 m. Dakle, srednja vrednost sleganja u prošlosti bila je oko 1 mm/god. Kako pokazuju sledeći podaci o srednjem sleganju u toku godine, u XX veku je brzina sleganja katastrofalno rasla: 1909-1925. g. - 1 mm; 1926-1942. g. - 2,3 mm; 1943- 1952. g. - 3,5 mm; 1953-1961. g. - 5,0 mm. Očigledno je da su se pojavili neki novi faktori, među kojima je eksploatacija podzemnih voda na prvom mestu. Venecija se uvek snabdevala vodom crpljenjem pomoću bušotina iz mnogobrojnih vodonosnih horizonata u kvartarnim sedimentima. Počev od 1930. godine, u cilju snabdevanja vodom industrije u gradu Margera (zapadna Venecija), u sedimentima

lagune bilo je izbušeno preko 7.000 bušotina. Aktivna eksploatacija vode snizila je hidrostatski pritisak ispod Margere za više od 18 m, a ispod Venecije za više od 7,5 m. Najveće sleganje sedimenata desilo se na dubini od 100 do 300 m, a većina bušotina u Margeri crpela je vodu iz vodonosnih horizonata koji se nalaze na dubini od 200 do 300 m. Na sleganje Venecije, osim eksploatacije podzemnih voda, utiču još i opterećenje koje je izazvano intenzivnom izgradnjom objekata u laguni i eksploatacija gasa u delti reke Po.

Glavni grad Meksika – Meksiko, koji su osnovali Asteci još 1325. godine, nalazi se u centralnom delu Meksičke visoravni na visini od 2257 metara. Grad Meksiko se nalazi se u kotlini koju izgrađuju jezerski pliocenski sedimenti. Od površine terena pa do dubine od oko 52 m nalaze se gline vulkanskog porekla koje se smenjuju sa vodozasićenim peskovima i šljunkovima. U njihovoj podini do dubine od oko 500 m smenjuju se peskovi i šljunkovi. Gline su montmorionitskog sastava. Javljaju se u vidu dva odvojena sloja: gornji sloj mekih glina na dubini od 6 do 33,6 m i donji sloj mekih glina sa nekoliko proslojaka peskova na dubini od 38,1 do 51,9 m. Jako su porozne, pri čemu je poroznost donjeg sloja 82%, a gornjeg sloja čak 88%. Drugim rečima, 88% (ili 7/8) gornjeg sloja meke gline je voda, a samo 12% je čvrsta mineralna materija. Činjenica da je voda u glinenim sedimentima vezana (iako vrlo slabo) čini da se gline ponašaju ne samo kao tečljivo blato - mulj, već i kao meki i vrlo plastični materijali. Ovako veliki grad nije se smeo graditi na ovakvoj steni. Nažalost, sve je to bilo poznato znatno kasnije, kada je grad već bio sagrađen.

U podlozi depresije nalaze veoma slabo vodopropustljive stenske mase koje su omogućile akumuliranje velikih količina podzemnih voda u jezerskim pliocenskim sedimentima. Podzemna voda je postala savršen rezervoar za snabdevanje naselja vodom. Povećanje naselja i razvoj industrije doveli su do toga da se iz izdani u depresiji crpela veća količina vode od one kojom se izdan prihranjivala. Ubrzano crpenje dovelo je do toga da je mulj počeo da se isušuje. Bez vode on nije bio sposoban da izdrži težinu stenskih masa u povlati i građevina. Grad je izgubio stabilnost - podlogu. To je zadalo ozbiljnu opasnost za naselje.

Sleganje Meksika prvi put je uočeno u XIX veku, kada su se neboderi i stari hramovi počeli naginjati na različite strane. Baš je u to vreme bilo pojačano crpenje vode iz bušotina koje su izvedene u peskovitim vodonosnim sedimentima koji se nalaze na dubini ispod 50 m. Žitelji Meksika su posebno zapamtili sleganje 1959. godine kada se deo grada slegao za oko 4 m, a maksimalno sleganje iznosilo je 7,6 m. Ulice su su bile ispunjene vodom, a kretanje je bilo moguće samo čamcima. Sleganje je u periodu od 1898. do 1938. godine u proseku iznosilo 4 cm godišnje, a u narednih deset godina ono je poraslo do 15 cm; u periodu 1948-1952. godine dostiglo je 30,5 cm, a mestimično je prekoračilo i 60 cm.

Prateći sleganje, meksički naučnici su ustanovili, da se i danas grad sleže otprilike istom brzinom. U zavisnosti od delova grada mesečno sleganje iznosi do 3-4 santimetra.

1948. godine postalo je jasno da je eksploatacija vode uzrok sleganja Meksika, no, još mnogo godina posle toga je preko 3.000 bušotina snabdevalo grad vodom i istovremeno „podrivalo” njegovu osnovu. Arteski pritisak u glavnom vodonosnom horizontu pre crpenja bio je blizu površine terena, a krajem pedesetih godina XX veka on se snizio na 20-30 m. Pad hidrostatskog pritiska u peskovima i šljunkovima odvijao se vrlo brzo. Kroz slojeve glina se

zbog vrlo niske vodopropustljivosti voda vrlo sporo cedila, pa su one, u ovom slučaju, usporavale ukupni pad pritiska i, naravno, sleganje tla.

Kao rezultat sleganja mnoge obložne kolone bušotina izašle su na površinu. Tako je jedna od bušotina, izbušena do dubine od 90 m, bila zadržana, pri čemu se njena obložna kolona nalazila u nivou površine zemlje. Godine 1954. to područje se sleglo za 6 m, a obložna kolona je izašla iz tla za 5,5 m. To jasno pokazuje da je čitavo sleganje bilo uzrokovano konsolidacijom gornjih 90 m sedimenata.

Slični problemi javljaju se i u Londonu, Moskvi, Šangaju, Tokiju i drugim velikim gradovima sveta.

U lučkom rejonu Long Biča, na jugu Los Anđelesa, usled eksploatacije nafte i vode formirala se zona sleganja, oblika elipse, prečnika oko 10 km, sa maksimalnim sleganjem u centru elipse oko 9 m, pri čem je brzina sleganja iznosila 75 cm/god.

6 Zaključak

Imajući u vidu veličinu registrovanih oštećenja na objektima, geološku građu terena, inženjerskogeološka i hidrogeološka svojstva terena, stenskih masa i temeljnog tla, dubinu i način fundiranja objekata, kao i dubinu površinskog kopa (cca 150m) i udaljenost objekata u naselju Drmno od površinskog kopa (170-880m), a na osnovu navedenih primera iz literature i dosadašnje inženjerske prakse u sličnim geološkim i inženjerskogeološkim uslovima, **može se tvrditi da su registrovane deformacije objekata rezultat površinske eksploatacije uglja**. Naime, tehnologija eksploatacije uglja podrazumeva obaranje nivoa podzemnih voda, što dovodi do mehaničke sufozije, odnosno do ispiranja sitnih čestica, a što može imati za posledicu sleganje terena i, posledično, deformacije objekata. Na obaranje nivoa podzemnih voda na istražnom području ukazuju i rezultati pregleda terena i objekata. Naime, bunar u dvorištu domaćinstva Periše Stojadinovića izgrađen pre oko 50 godina (po rečima vlasnika), koji je, po rečima vlasnika, u početku bio sa nivoom podzemne vode skoro do površine terena, sada je presušio.

Treba naglasiti da na pojavu i veličinu deformacija objekata utiče i kvalitet gradnje (vrsta materijala i način fundiranja), starost objekata, kao i lokalni inženjerskogeološki uslovi (fizičko-mehanička svojstva temeljnog tla).

7 Spisak korišćene literature i fondovske dokumentacije

1. Grupa autora. 1989. Studija sleganja terena na području predviđenom za izgradnju Te-To Kolubara „B”, u Kaleniću usled P.K. „Tamnava Zapadno Polje” i „Tamnava Istočno Polje, Savetovanje na temu „Unapređenje geotehničkih istraživanja” – primena u eksploataciji mineralnih sirovina, Beograd.
2. Grupa autora. 1979. Osnovna geološka karta 1:100 000, list Bela Crkva 34-115. Savezni geološki zavod, Beograd.
3. Grupa autora. 2009. Dokumentacioni elaborat o izvedenim osnovnim geološkim istraživanjima zapadnog dela kostolačkog ugljonosnog basena – I faza, Geoining group.
4. Grupa autora. 2010. Dopunski rudarski projekat trase cevovoda guste hidromešavine i odlaganja pepela i šljake TE Kostolac "B" u otkopani prostor PK "Ćirikovac" – varijanta jug, Rudarski Institut Beograd.
5. Grupa autora. 2011. Prostorni plan područja posebne namene kostolačkog ugljenog basena, koncept razvoja, uređenja i revitalizacije područja, Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije.
6. Grupa autora. 2014. Projekat geotehničkih istraživanja terena za izgradnju parka vetroelektrana na lokalitetu Kostolca, Geofa.
7. Grupa autora. 2015. Elaborat geotehničkih istraživanja terena za izgradnju parka vetroelektrana na lokalitetu Kostolca, Geomehanika, Beograd.
8. Jevremović, D. 2013. Studija uzroka nastanka deformacija na objektima preduzeća Xella Srbija, d.o.o. u Vreocima (Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd).
9. Lazić, M., Vukadinović, I. Osnovna inženjerskogeološka karta Republike Srbije List Bela Crkva 1 : 100 000, Ministarstvo nauke i životne sredine Republike Srbije, Beograd (nepublikovano).
10. Lazić, M. Tumač za Osnovnu inženjerskogeološku kartu Republike Srbije List Bela Crkva 1 : 100 000, Ministarstvo nauke i životne sredine Republike Srbije, Beograd (nepublikovano).
11. Perković, I., Grujanac, A.1984. Narušavanje čovekove sredine rudarskim radovima. Geološka istraživanja i privrednom i prostornom razvoju Beograda. Savez društava inženjera i tehničara Beograda, Knjiga 2, 585-595 str.