



“CTU-IPKIN“ d.o.o. Bijeljina

CENTAR TEHNIČKIH USLUGA

**ISTRŽIVANJE, PROJEKTOVANJE KONSALTING INŽENJERING I
NADZOR**

www.ipkin.com

Izvod

ELABORAT

**GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA
NA PK BOGUTOVO SELO – JUG
U ZONI GROBLJA “SARIJE“**

Bijeljina, Januar 2014 godine



“CTU-IPKIN” d.o.o. Bijeljina

CENTAR TEHNIČKIH USLUGA

ISTRŽIVANJE, PROJEKTOVANJE KONSALTING INŽENJERING I NADZOR

www.ipkin.com ctu@ipkin.com

Broj: 04-01/14

Dana, 21.01.2014 godine

E L A B O R A T

GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA NA PK BOGUTOVO SELO – JUG U ZONI GROBLJA “SARIJE”



Odgovorno lice

[Signature]
Dr Živojin Arsenović, dipl. inž./



Naručilac:

Z.P. "R i TE Ugljevik" a.d. Ugljevik

Ugljevik bb, 76 330 Ugljevik

Izvođač:

"CTU - IPKIN" d.o.o. Bijeljina

Vidovdanska 48, 76300 Bijeljina

Ugovor broj:

19977/13 od 12.11.2013 godine

Naziv ugovora:

**GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA NA PK BOGUTOVO
SELO – JUG U ZONI GROBLJA “SARIJE”**

Predmet: Realizacija geofizičkih istraživanja u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije uz primjenu metode plitke reflektivne seizmike, refrakcione seizmike i geoletrične tomografije.

Cilj realizacije geofizičkih istraživanja uz primjenu metode plitke reflektivne seizmike je:

- kontinuirano kvalitativno i kvantitativno praćenje litostratigrafske građe stjenskog masiva duž istražnih reflektivno seizmičkih profila,
- definisanje dubine i položaja zaljevanja litoloških granica,
- identifikacija strukturno-tektonske građe stjenskog masiva i definisanje položaja tektonskih granica u dubljim segmentima stjenskog masiva istražnog prostora.
- zoniranje terena za potrebe programiranja strukturnog bušenja u cilju uzorkovanja stjenskih masa za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

Cilj realizacije geofizičkih istraživanja uz primjenu refrakciono-seizmičkih metoda istraživanja je da se putem kontinuirane - tomografske identifikacije refrakciono-seizmičkih horizonata za **uzdužne - P** i **poprečne- S** talase u vertikalnom 2D presjeku podpovršinskog segmenta stjenskog masiva do dubine zaljevanja od cca 30 m, duž trasa istražnih profila izvrši:

- preliminarna litostratigrafska identifikacija stjenskog materijala u stjenskom masivu istražnog prostora (*identifikacija genetskih tipova površinskih pokrivača i njihov litološki sastav po površini terena i dubini zaljevanja uz definisanje njihove prostorne pozicije i dimenzija u 2D presjeku trasa refrakcionih profila*) i identifikacija strukturnog sklopa stjenskog masiva u 2D presjeku trasa refrakciono-seizmičkih profila,
- klasifikacija tipova tla registrovanih refrakciono-seizmičkih horizonata prema glavnim mehaničkim karakteristikama površinskih naslaga u skladu sa eurokodom 8,
- kvantitativna ocjena inženjersko-geoloških uslova stjenskog masiva u zoni istražnog prostora,
- definisanje položaja, dubine i načina zaljevanja osnovne stijene (*definisanje litofacijalnog sastava i prostornog položaja geološkog substrata i geoloških struktura*), identifikacija dubine nestabilnosti, položaj, orijentacija i nagib pukotina, i ostalih dinamičkih parametara potrebnih za analizu stabilnosti stjenskog masiva i izradu geotehničkog modela podpovršinskog segmenta stjenskog masiva i sl.,
- definisanje položaja, dubine i načina zaljevanja klizne ravni, odnosno identifikacija morfologije klizne ravni u 2D i 3D modelu stjenskog masiva u zoni istražnog prostora,
- zoniranje terena za potrebe programiranja strukturnog bušenja u cilju uzorkovanja stjenskih masa za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

Geofizičko geoelektrična istraživanja uz primjenu geoelektrične tomografije provode se u cilju:

- litološko-stratigrafske identifikacije stjenskih masa u stjenskom masivu istražnog prostora (*identifikacija genetskih tipova površinskih pokrivača i njihov litološki sastav po površini terena i dubini zaljevanja uz definisanje njihove prostorne pozicije i dimenzija u 2D presjeku trase geoelektričnog profila*),
- kvantitativne ocjene hidrogeoloških karakteristika stjenskih masa i hidrogeoloških uslova u podpovršinskom segmentu stjenskog masiva istražnog prostora,
- zoniranja terena za potrebe programiranja strukturnog bušenja u cilju uzorkovanja stjenskih masa za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

Nosilac zadatka:

Dr. sci. Živojin Arsenović, dipl. inž. geologije

Autor:

Dr. sci. Živojin Arsenović, dipl. inž. geologije

Saradnici:

Siniša Arsenović, master geologije

Saradnici ispred investitora:

Branislav Načić, dipl. inž. rudarstva

Unutrašnja i tehnička kontrola:

Dr. sci. Živojin Arsenović, dipl. inž. geologije

1. UVOD

U skladu sa Ugovorom broj: 19977/13 od 12.11.2013 godine, privredno društvo "CTU-IPKIN" d.o.o. Bijeljina u svojstvu *Izvođača* u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, u drugoj polovini novembra mjeseca 2013-te godine, odmah po sticanju potrebnih meteoroloških uslova za programirane metode geofizičkih istraživanja, realizovalo je terenske geofizičko-istražne radove uz primjenu seizmičkih metoda reflektivne i refrakcione seizmike i metode geoelektrične tomografije - *Lund Imaging System* - LIS tehnika mjerenja specifičnog električnog otpora tla.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Geološka istraživanja uz primjenu geofizičkih metoda istraživanja provode se u cilju kvalitativne i kvantitativne identifikacija ležišnih uslova, zaljevanja, prostiranja, veličine i oblika geoloških struktura, strukturno-tektonske građe i dinamičkih fizičko mehaničkih karakteristika stjenskih masa u građi stjenskog masiva zone istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije.

Svrha realizacije predmetnih istraživanja je determinacija geotehničkog modela stjenskog masiva u novostvorenim prirodnim i tehnogenim uslovima njegovog zaljevanja u zoni istražnog prostora, na bazi kog je potrebno izvršiti usaglašavanje i optimalizaciju projektovanih parametara tehnologije otkopavanja sa novostvorenim proizvodnim uslovima eksploatacije mineralnog resursa u izdanačkoj zoni ležišta mrkog uglja Ugljevik u zoni PK Bogutovo Selo - Jug.

Zadatak korišćenja tomografskih varijanti metoda geofizičkih istraživanja je kontinuirano kvalitativno i kvantitativno praćenje, karakterizacija i determinacija:

- litostratigrafske građe stjenskog masiva duž istražnih profila,
- dubine i položaja zaljevanja litoloških granica,
- strukturno-tektonskog sklopa stjenskog masiva,
- položaja tektonskih granica u građi stjenskog masiva i
- geotehničkog modela stjenskog masiva, odnosno dinamičkih fizičko mehaničkih karakteristika stjenskih masa u novostvorenim tehnogenim uslovnima njihovog zaljevanja u stjenskom masivu zone istražnog prostora.

Cilj realizacije geofizičkih istraživanja u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije uz primjenu metode plitke reflektivne seizmike je:

- kontinuirano kvalitativno i kvantitativno praćenje litološko-stratigrafske građe stjenskog masiva duž istražnih reflektivno seizmičkih profila,
- definisanje dubine i položaja zaljevanja litoloških granic,
- identifikacija strukturno-tektonske građe stjenskog masiva i definisanje položaja tektonskih granica u dubljim segmentima stjenskog masiva istražnog prostora.
- zoniranje terena za potrebe programiranja strukturnog bušenja u cilju uzorkovanja stjenskih masa za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

Reflektivno seizmička istraživanjima potrebno je izvršiti uz primjenu CMP varijante reflektivno seizmičkih istraživanja sa parametrima terenskih mjerenja koji omogućavaju identifikaciju dubinskih reflektivno seizmičkih 2D presjeka do dubine od cca 200 m.

Cilj realizacije geofizičkih istraživanja uz primjenu refrakciono-seizmičkih metoda istraživanja je da se putem kontinuirane - tomografske identifikacije refrakciono-seizmičkih horizonata za **uzdužne - P** i **poprečne- S** talase u vertikalnom 2D presjeku podpovršinskog segmenta stjenskog masiva do dubine zaljevanj od cca 30/40 m', duž trasa istražnih profila izvrši:

- preliminarna litološko-stratigrafska identifikacija stjenskog materijala u stjenskom masivu istražnog prostora (*identifikacija genetskih tipova površinskih pokrivača i njihov litološki sastav po površini terena i dubini zaljevanja uz definisanje njihove prostorne pozicije i*

dimenzija u 2D presjeku trasa refrakcionih profila) i identifikacija strukturnog sklopa stjenskog masiva u 2D presjeku trasa refrakciono-seizmičkih profila,

- klasifikacija tipova tla registrovanih refrakciono-seizmičkih horizonata prema glavnim mehaničkim karakteristikama površinskih naslaga u skladu sa eurokodom 8, ili pak odrede geotehnički parametri ispitivanja kao što su SPP i CPT,
- kvantitativna ocjena inženjersko-geoloških uslova stjenskog masiva u zoni istražnog prostora,
- definisanje položaja, dubine i načina zaljevanja osnovne stijene (*definisanje litofacijalnog sastava i prostornog položaja geološkog substrata i geoloških struktura*), identifikacija dubine nestabilnosti, položaj, orijentacija i nagib pukotina, i ostalih dinamičkih parametara potrebnih za analizu stabilnosti stjenskog masiva i izradu geotehničkog modela podpovršinskog segmenta stjenskog masiva i sl.,
- definisanje položaja, dubine i načina zaljevanja klizne ravni, odnosno identifikacija morfologije klizne ravni u 2D i 3D modelu stjenskog masiva u zoni istražnog prostora,
- zoniranje terena za potrebe programiranja strukturnog bušenja u cilju uzorkovanja stjenskih masa za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

Refrakciono seizmičkim istraživanjima potrebno je izvršiti identifikaciju dubinske raspodjele brzina prostiranja **uzdužnih - P** (*longitudinalnih*) talasa uz primjenu **Delta t-V** metode (*WET - tomografija*) i **poprečnih - S** (*transferzalnih*) talasa uz primjenu **MASW** metode (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

Geofizičko geoelektrična istraživanja u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije uz primjenu geoelektrične tomografije provode se u cilju:

- litološko-stratigrafske identifikacije stjenskih masa u stjenskom masivu istražnog prostora (*identifikacija genetskih tipova površinskih pokrivača i njihovog litološkiog sastava po površini terena i dubini zalijeganja uz definisanje njihove prostorne pozicije i dimenzija u 2D presjeku trasa geoelektričnih profila*),
- kvantitativne ocjene hidrogeoloških karakteristika stjenskih masa i hidrogeoloških uslova u podpovršinskom segmentu stjenskog masiva istražnog prostora,
- zoniranja terena za potrebe programiranja strukturnog bušenja u cilju uzorkovanja stjenskih masa za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

Geofizička tomografska (*kontinuirana*) snimanja 2D presjeka raspodjele geoelektričnih horizonata duž trasa geoelektričnih profila u plićem djelu podzemlja, odnosno u podpovršinskom segmentu stjenskog masiva do dubine zalijeganja od cca 50 m potrebno je provesti uz primjenu LIS tehnike mjerenja specifičnog električnog otpora tla.

Dubinski geofizički 2D presjeci (*reflektivno seizmički, refrakciono seizmički i geoelektrični*), sa kontinuiranom, odnosno tomografskom identifikacijom geofizičkih horizonata (*reflektivno seizmički, refrakciono seizmički i geoelektrični*) predstavljat će “most” između istražnih bušotina pomoću kog će se vršiti transfer podataka determinacije bušotina i rezultata laboratorijskih i in situ opita sa tačkastim karakterom istraživanja u ostale segmente stjenskog masiva zahvaćenih trasama istražnih geofizičkih profila.

3. VRSTA I OBIM GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA

3.1. Reflektivno seizmička istraživanja

Geofizička reflektivno seizmička istraživanja u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, izvršena su uz primjenu CMP (**C**ommon **M**id **P**oint) varijante metode reflektivne seizmike.

Reflektivno seizmička mjerenja obavljena su po trasama šest reflektivno seizmičkih profila sa sljedećim parametrima:

Profil	Geofinski razmak	Ofset	Dužina trase profila (Dispozitiv)	
			Istražni	Interpretacioni
REFL - 1	3 m	9 m	117 m od tačke 1 do 40	112.5 m od tačke 2.5 do 40
REFL - 2	3 m	9 m	117 m od tačke 1 do 40	112.5 m od tačke 2.5 do 40
REFL - 3	3 m	9 m	117 m od tačke 1 do 40	112.5 m od tačke 2.5 do 40
REFL - 4	5 m	15 m	250 m od tačke 1 do 51	242.5 m od tačke 2.5 do 51
REFL - 5	3 m	9 m	117 m od tačke 1 do 40	112.5 m od tačke 2.5 do 40
REFL - 6	5 m	15 m	250 m od tačke 1 do 51	242.5 m od tačke 2.5 do 51

Ukupni istražni dispozitiv reflektivno-seizmičkih profila iznosio je 968 m, a ugovorini dispozitiv je 525 m, što je za 443 m više od ugovorenog obima.

Pozicija reflektivno-seizmičkih profila u zoni istražnog prostora predočena je u **Prilogu 1. Plan geofizičkih istraživanja (R - 1: 2000)**.



Slika 1. Fotografski snimak pozicije trase reflektivno-seizmičkog profila REFL – 3

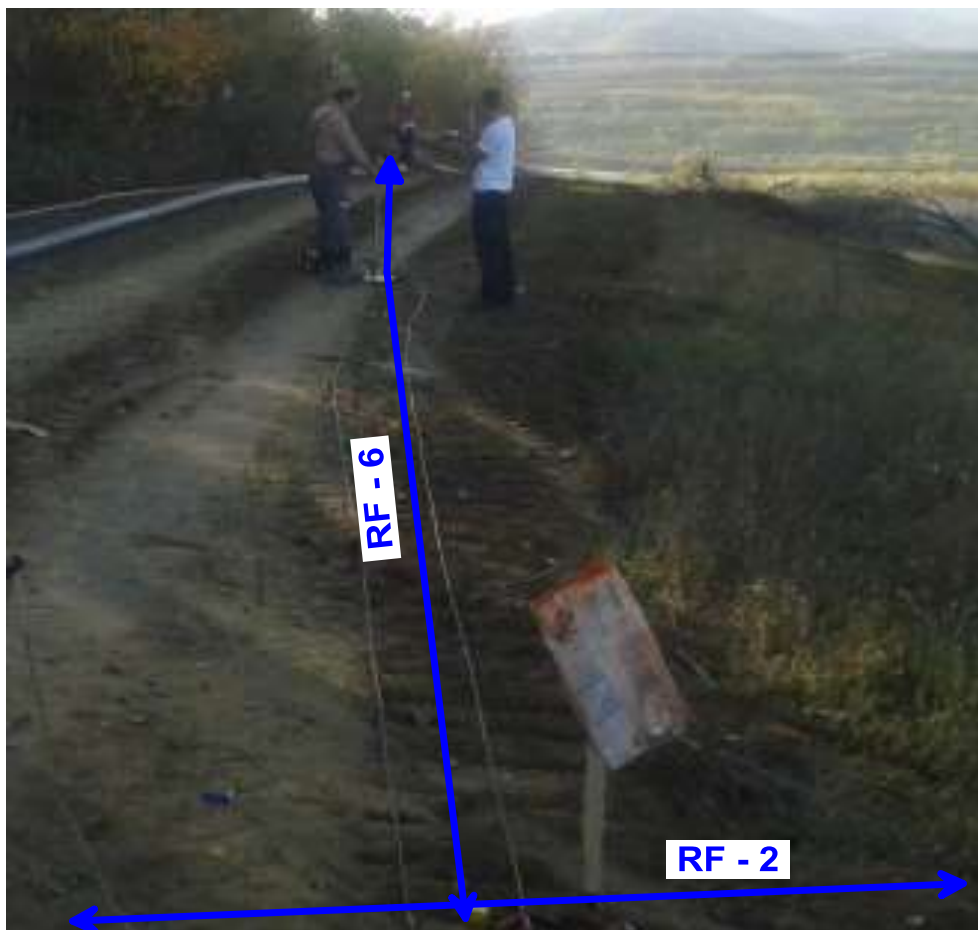
3.2. Refrakciono seizmička istraživanja

Geofizička refrakciono seizmička istraživanja u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, izvršena su uz primjenu metoda refrakcione seizmike i to:

- za identifikaciju dubinske 2D raspodjele brzina prostiranja **uzdužnih - P** (*longitudinalnih*) talasa (**RFP**) uz primjenu **Delta t-V** metode (*WET - tomografija*),
- za identifikaciju dubinske 2D raspodjele brzina prostiranja **poprečnih - S** (*transferzalnih*) talasa (**RFS**) uz primjenu **MASW** metode (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

Mjerenja su obavljena po trasama šest refrakciono-seizmičkih profila (**RF**) sa sljedećim parametrima:

Refrakciono seizmički profili	Reflektivno seizmički profili	Istražni dispozitiv	Interpretacioni dispozitiv	
			Uzdužni P talasi	Poprečni S talasi
RF - 1	REFL - 1	15 +115 + 15 = 145 m	125 m	115 m
RF - 2	REFL - 2	15 +115 + 15 = 145 m	125 m	115 m
RF - 3	REFL - 3	15 +115 + 15 = 145 m	125 m	115 m
RF - 4	REFL - 4	15 +115 + 15 = 145 m	125 m	115 m
RF - 5	REFL - 5	15 +115 + 15 = 145 m	125 m	115 m
RF - 6	REFL - 6	15 +115 + 15 = 145 m	125 m	115 m



Slika 2. Fotografski snimak pozicije trasa refrakciono seizmičkih profila RF – 2 i RF - 6

Ukupni interpretacioni dispozitiv refrakciono-seizmičkih profila iznosio je 750 m za P talase i 690 m za S talase, a ugovorini dispozitiv je 690 m za P i i 690 m za S talase , što je za 60 m više od ugovorenog obima za P talase.

Trase refrakciono seizmičkih profila, pozicije geofona i tačaka paljenja u njima u zoni istražnog prostora, snimila je geodetska služba Naručioca.

Dispozicija trase refrakciono-seizmičkih profila: **RF - 1** do **RF - 6**, u zoni istražnog prostora predočena je u **Prilogu 1. Plan geofizičkih istraživanja (R - 1: 2000)**

Seizmičko-refrakciona metoda zasniva se na refrakciji elastičnog talasa na granici dviju sredina čije brzine zadovoljavaju uslov: $V_2 > V_1$ (V_1 - brzina u gornjoj sredini, V_2 - brzina u donjoj sredini). Elastični talas se generše na površini i počinje se širiti brzinom prve sredine. Za ovu metodu je najvažniji talas koji na granicu sredina dolazi pod kritičnim uglom ili uglom totalne refleksije. On se dalje širi duž granice brzinom donjeg medija V_2 i vraća na površinu (prema Hygensovom principu), gdje se njegov nailazak registruje geofonima. Iz geometrije rasporeda geofona i tačaka paljenja na površini terena, te registrovanih vremena prvih nailazaka elastičnog talasa formiraju se **s-t dijagrami** (s-udaljenost, t-vrijeme), tzv. hodohrone. Primjenom direktnih metoda i metoda inverznog modeliranja iz hodohrona se određuju dubine refrakcionih granica (*horizontata*) i prostorni raspored elastičnih diskontinuiteta u strukturnom sklopu stjenjenskog masiva.

• Delta - t-V metoda određivanja brzina širenja P talasa

Za uspješnu primjenu direktnih i regresivnih metoda obrade podataka seizmičke refrakcije (*plus-minus metoda, metoda talasnog fronta, CMP-metoda, GRM-metoda i sl.*), kod određivanju granica različitih sredina po dubini treba postojati tzv. normalan niz brzina, što znači da se materijali veće brzine širenja elastičnog talasa trebaju nalaziti ispod onih sa manjom brzinom. Ovaj uslov je do sada predstavljao glavno ograničenje za primjenu refrakcijske metode jer je inverzija brzina česta pojava u prirodi, npr. u kršu kod pojave kaverni, zatim razlomljenih krečnjaka ispod kompaktnih krečnjaka, flišnih lapora ispod krečnjaka, sočiva mulja u podpovršinskim šljunkovito-pjeskovitim aluvijalnim sedimentima i sl.

Uvođenjem novih metoda obrade podataka inverznim modeliranjem, što je bilo moguće zahvaljujući razvoju jakih i brzih personalnih računara, ovo ograničenje je praktično uklonjeno i u značajnoj mjeri je povećan domen u primjeni refrakcijske seizmičke metode u rješavanju kompleksnih geoloških problema.

Metoda obrade refrakcijskih podataka inverznim modeliranjem - **Delta - t-V metoda** je uvedena u praksu 1999. godine premda su joj teorijsku osnovu dali autori: Gebrande i Miller još 1985. godine. Po njoj se dobije kontinuiran raspored brzina s dubinom ispod svakog geofonskog mjesta pri čemu se uključuju: vertikalni gradijenti brzina, linearni porast brzine s dubinom i inverzni rasporedi brzina.

• MASW metoda određivanja brzina širenja S talasa

Aktivna **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) metoda koristi se za in-situ određivanje dubinske dvodimezionalne raspodjele poprečnih (*smičućih*) - **S** talasa preko površinskih Rayleigh-ovih talasa.

Terenskim mjerenjem prikupljaju se podaci na sličan način kao kod metode refleksije, samo s većom dužinom pojedinih snimaka. Izvor talasa se sukcesivno pomiče za isti razmak (dx) duž profila, pri čemu se za jednak razmak pomiče i dispozitiv (*spread, aktivni kanali*).

Obrada snimljenih podataka zasniva se na činjenici da su površinski talasi disperzivni, tj. da im je fazna brzina ovisna o frekvenciji. Spektralnom analizom izračunava se kriva disperzije površinskog talasa. Iz krive disperzije inverznim modeliranjem se dobija raspodjela brzina Rayleigh-ovog površinskog talasa. Ove brzine se preračunaju u brzine širenja poprečnog **S** talasa (V_s), koristeći se poznatim teorijskim odnosom:

$$V_s = V_R/0,9194$$

Za svaki od dobijenih snimaka vrši se spektralna analiza i kao konačan rezultat se dobije dubinska raspodjela brzina **S** talasa.

3.3. Geoelektrična istraživanja

Geofizičko-geoelektrična istraživanja izvedena su uz primjenu metode geoelektrične tomografije, odnosno: **Lund Imaging System - LIS** tehnike mjerenja specifičnog električnog otpora stijenskih materijala u podpovršinskom segmentu stjenkog masiva u trasi istražnog profila.

Realizovani obim geoelektričnih istraživanja iznosio je ukupno 3 LIS profila sa sljedećim parametrima:

Geoelektrični profil	Reflektivno seizmički profil	Refrakciono seizmički profil	Elektrodni razmak	Dužina trase profila (Dispozitiv)
LIS - 1	REFL - 1	RF - 1	5 m	200 m
LIS - 2	REFL - 4	RF - 4	5 m	200 m
LIS - 3	REFL - 6	RF - 6	5 m	200 m

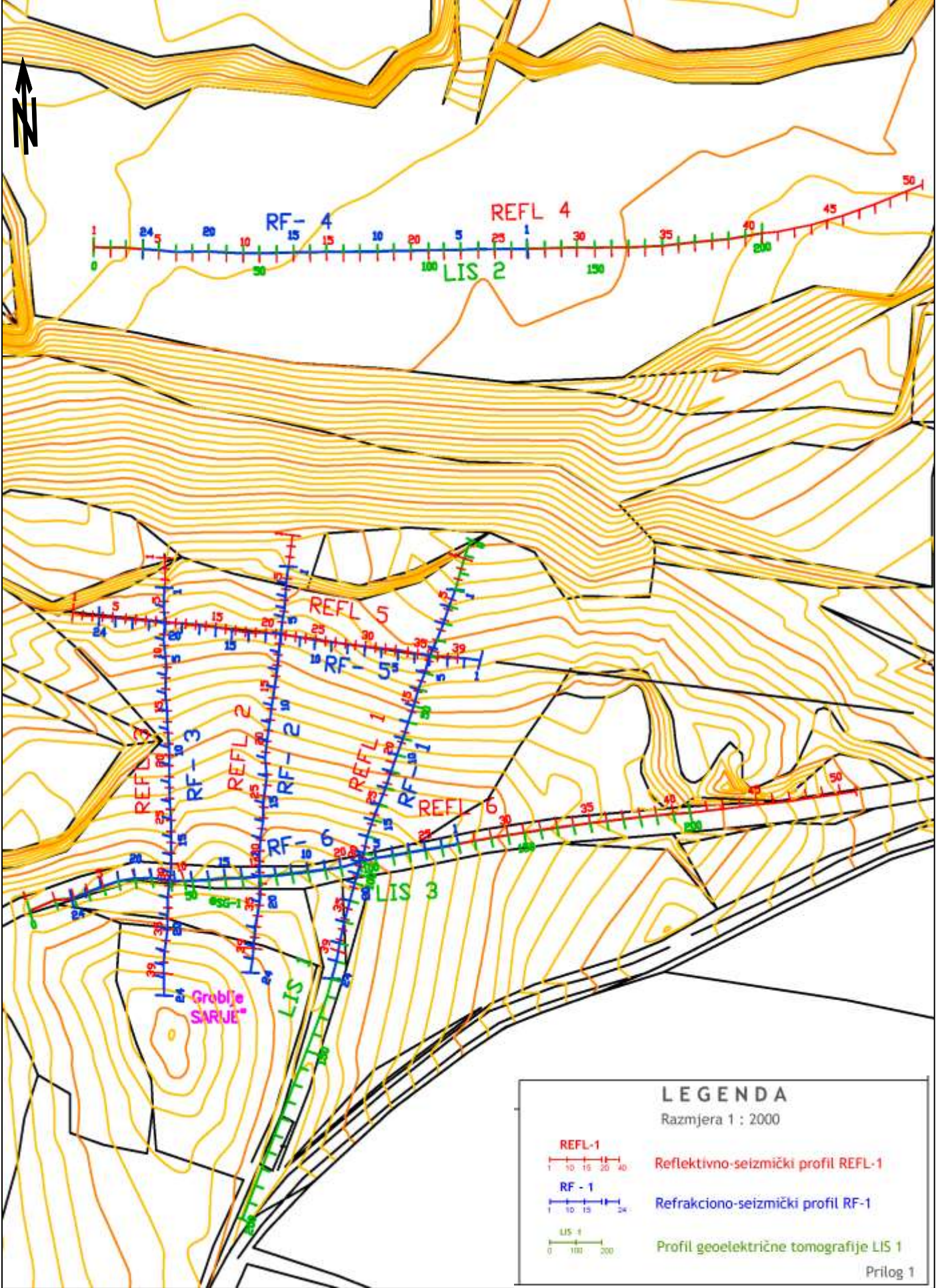
Ukupni dispozitiv geoelektričnih profila iznosio je 600 m, a ugovorini dispozitiv je 200 m, što je za 400 m više od ugovorenog obima.

Trase geoelektričnih profila i pozicije elektroda u njima u zoni istražnog prostora, snimila je geodetska služba Naručioca.

Prostorni raspored geofizičko-istražnih radova iz primjenu metode geoelektrične tomografije prikazan je u **Prilogu 1. Plan geofizičkih istraživanja (R 1:2000)**.



Slika 3. Fotografski snimak pozicije centralne tačke geoelektričnog profila LIS-2



4. REZULTATI GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA

U cilju da rezultati geofizičkih istraživanja budu korisnički orjentisani, to su u maksimalno mogućoj mjeri korištene metode tabelarnog i grafičkog prikaza i prezentacije dobijenih rezultata istraživanja, a tekstualni opis zadržan na minimalnom nivou.

Iz grafičkih priloga se na brz jednostavan, pregledan i uočljiv način mogu sagledati, očitati i dobiti svi relevantni podaci zahtjevani i dobijeni realizovanim vrstama geofizičkih istraživanja, a neophodni su kako za donošenje ispravnih poslovnih odluka tako i za realizaciju poslova i radnih zadataka u fazama istraživanja i projektovanja koje slijede.

4.1. Reflektivno seizmička istraživanja

Rezultati istraživanja uz primjenu CMP (**C**ommon **M**id **P**oint) varijante metode reflektivne seizmike, prikazani su u vidu 2D prikaza interpretiranih dubinskih reflektivno-seizmičkih presjeka u prilogima:

2. Dubinski reflektivno seizmički 2D presjeci:

- 2.1. Reflektivno seizmički profil: REFL - 1
- 2.2. Reflektivno seizmički profil: REFL - 2
- 2.3. Reflektivno seizmički profil: REFL - 3
- 2.4. Reflektivno seizmički profil: REFL - 4
- 2.5. Reflektivno seizmički profil: REFL - 5
- 2.6. Reflektivno seizmički profil: REFL - 6

Dispozicija reflektivno-seizmičkih profila u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, predočena je u **Prilogu 1. Plan geofizičkih istraživanja (R - 1: 2000)**.

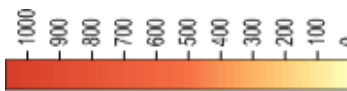
U stjenskom masivu u zoni istražnog prostora zahvaćenim trasama reflektivno-seizmičkih profila registrovana je voma složena stratigrafska i struktrno-tektonska građa. Pored prirodne degradacije strukturnog sklopa izražene u vidu rasjeda i pukotinskih sistema, registrovana je i degradacija strukturnog sklopa izražena u vidu rasjeda i pukotinskih sistema tehnogenog porijekla, odnosno degradacija strukturnog sklopa stjenskog masiva izazvana rudarsko-eksploatacionim radovima u zoni eksploatacionog polja PK Bogutovo selo.

Na reflektivno seizmičkim 2D presjecima registrovano je prisustvo ubiranja slojnih – litološko stratigrafskih granica koje je u podpovršinskom segmentu stjenskog masiva do dubine zaljezanja od cca 50 m gdje u litološko-stratigrafsko građi stjenskog masiva preovladavju stjenski materijali sa pretežnom glinovitom komponentom, izrokovano plastičnim deformacijama u vidu “puzanja”, “tečenja” i “naguravanja” stjenskih masa. U dubljima zonama stjenskog masiva gdje u litološko-stratigrafsko građi stjenskog masiva preovladavju stjenski materijali sa preovlađujućom laporovitom komponentom u segmentima između rasjeda, ubiranje slojnih granica uzrokovano je elsto-plastičnim ponašanjem stjenskih masa na promjenu naponskog stanja u stjenskom masivu.

Ono što je karakteristično za zonu istražnog prostora, je to da su na reflektivno-seizmičkim profilima u stratigrafskom stubu sa granice litoloških članova koji se odlikuju različitim brzinama rasprostiranja seizmičkih talasa, njima pripadajući registrovani reflektivno seizmički horizonti identifikovani na bazi intenziteta refleksa sa njihovih graničnih zona u stjenskom masivu u funkciji njima pripadajuće seizmoakustičke impedanse i to za:

- $(V_{\text{niže zaležućeg litološkog člana}}/V_{\text{više zaležućeg litološkog člana}}) > 1$:

- Pozitivna amplituda intenziteta refleksa:

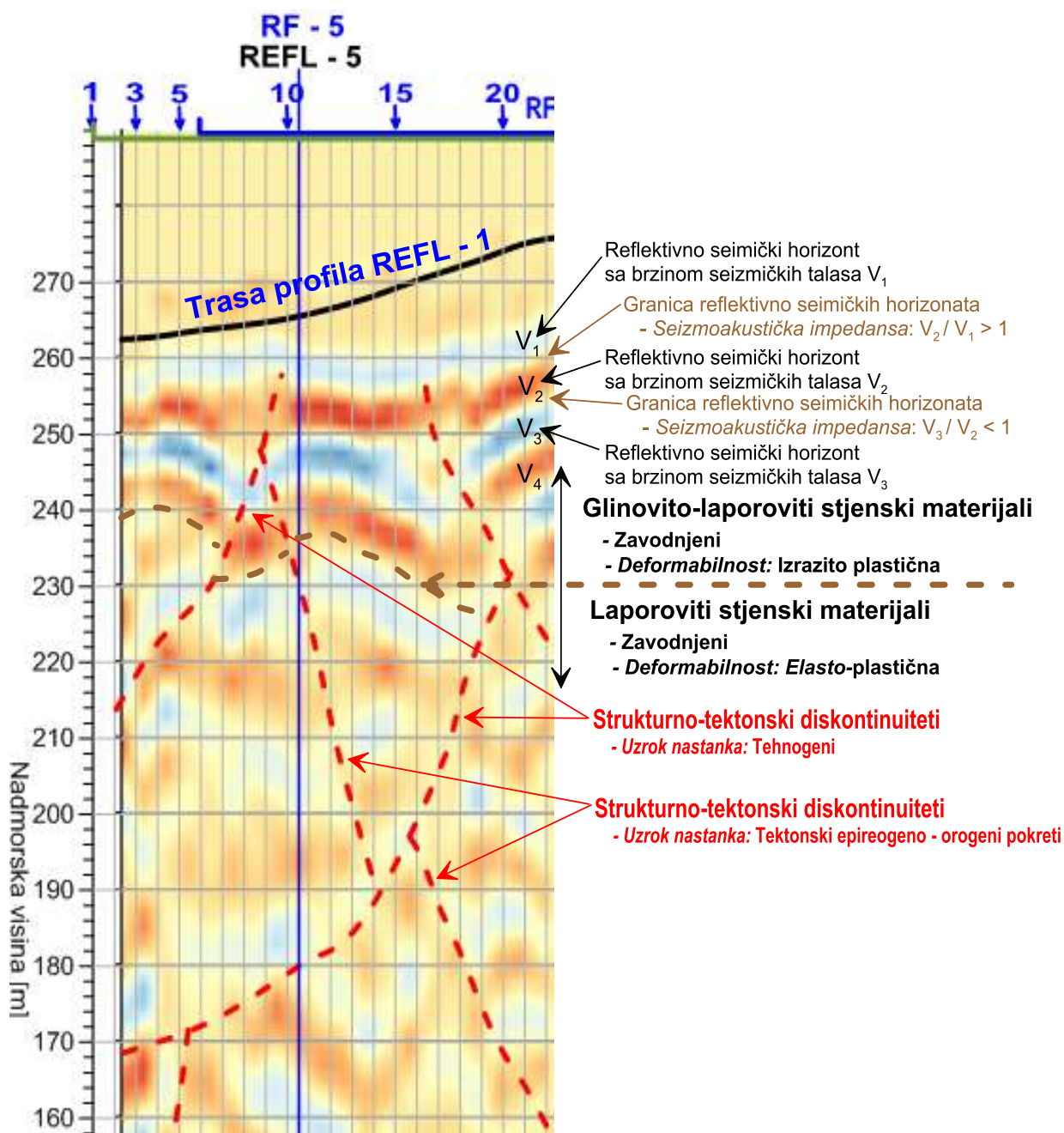


- $(V_{\text{niže zaležućeg litološkog člana}}/V_{\text{više zaležućeg litološkog člana}}) < 1$:

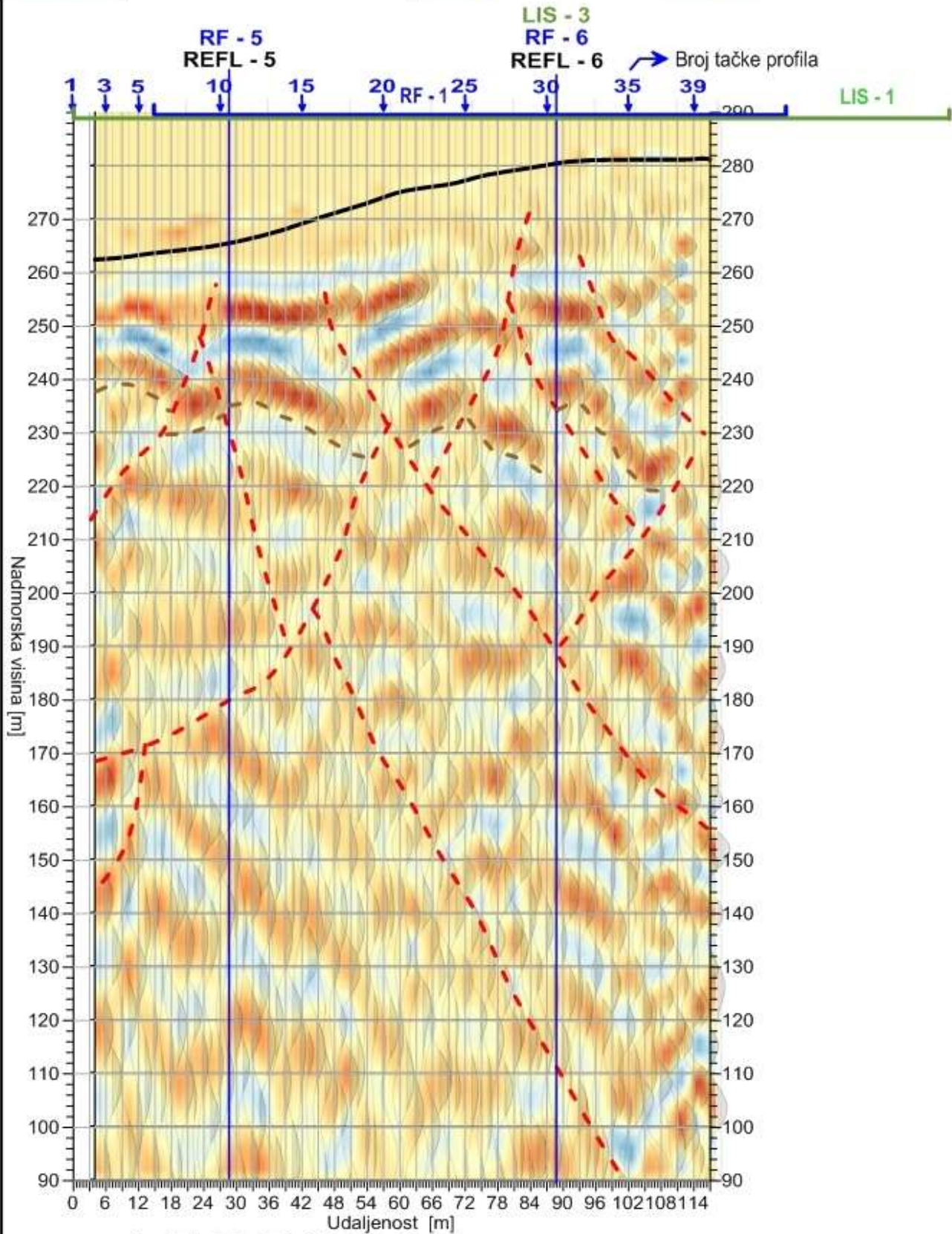
- Negativna amplituda intenziteta refleksa:




Na *Slici 4.* prikazan je metodološki model grafičkog prikaza reflektivno seizmičkih horizonata i strukturno-tektonske građe u litološko-stratigrafskom stubu stijenskog masiva u 2D dubinskim reflektivno seizmičkim presjecima stijenskog masiva zahvaćenog trasama reflektivno seizmičkih profila u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije.



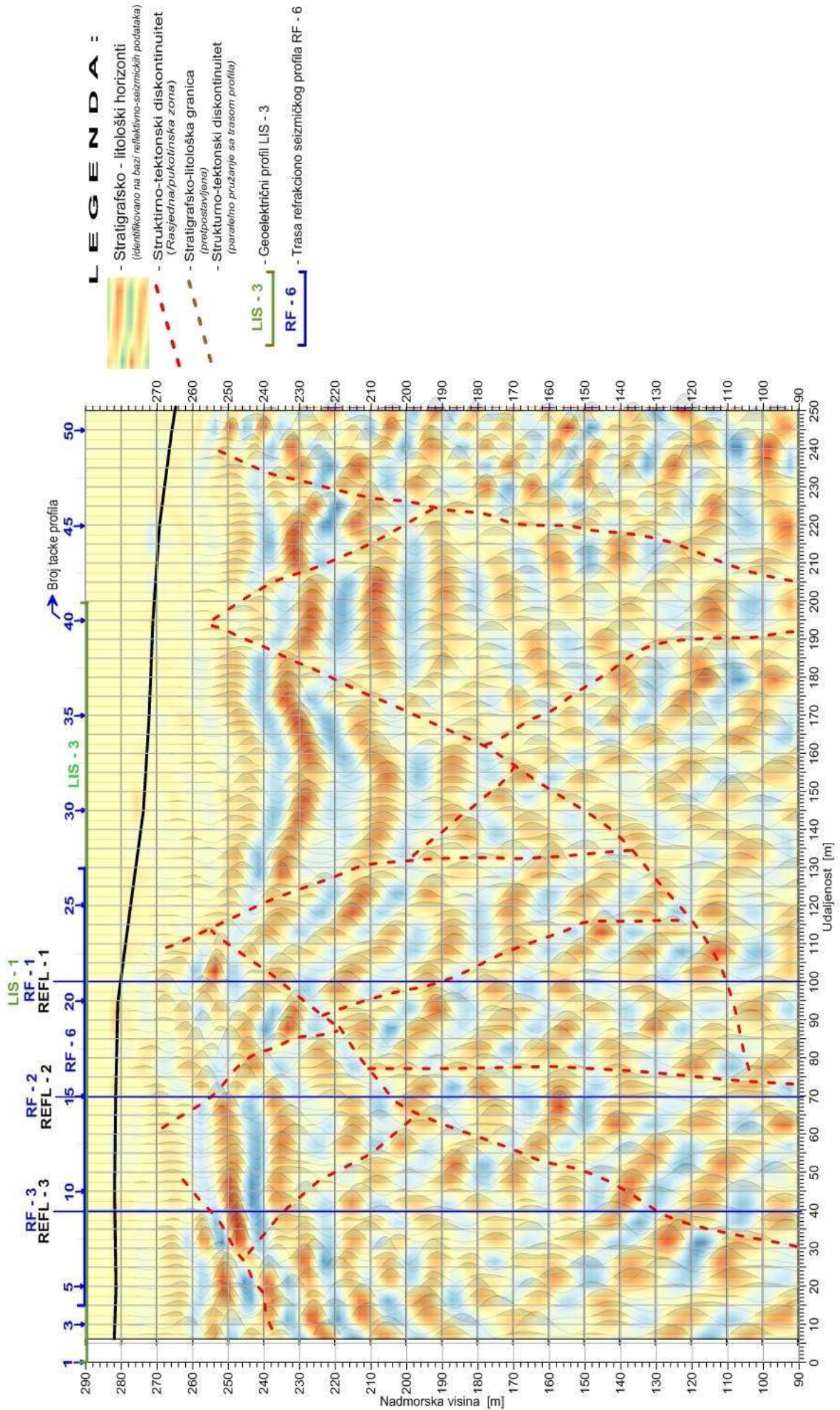
Slika 4. Model grafičkog prikaza reflektivno seizmičkih horizonata i strukturno-tektonske građe u litološko-stratigrafskom stubu stijenskog masiva u 2D dubinskim reflektivno seizmičkim presjecima



LEGENDA:

-  - Stratigrafsko - litološki horizonti
(identifikovano na bazi reflektivno-seizmičkih podataka)
-  - Strukturno-tektonski diskontinuitet
(Rasjedna/pukotinska zona)
-  - Stratigrafsko-litološka granica
(pretpostavljena)
-  - Strukturno-tektonski diskontinuitet
(paralelno pružanje sa trasom profila)
-  **RF - 1** - Trasa refrakciono seizmičkog profila RF - 1
-  **LIS - 1** - Geoelektrični profil LIS - 1

Prilog: 2.1.



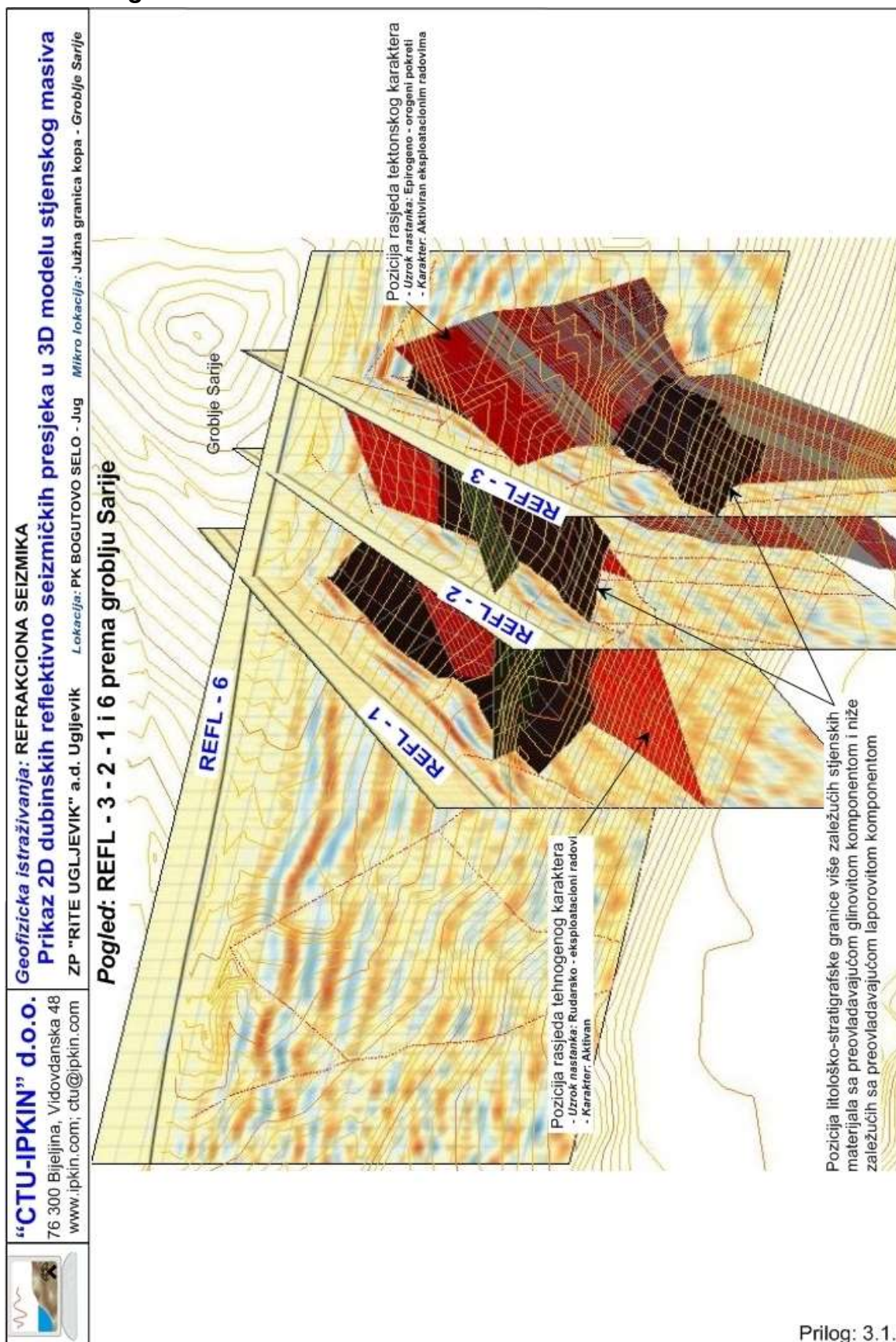
Rezultati reflektivno seizmičkih istraživanja u 3D modelu stjenskog masiva zone istražnog prostora prikazani su u prilozima:

3. Prikaz dubinskih 2D presjeka reflektivno-seizmickih profila u 3D modelu stjenskog masiva istražnog prostora:

3.1. *Pogled:* REFL - 3 - 2 - 1 i 6

3.2. *Pogled:* REFL - 6 - 1 - 2 i 3

3.3. *Pogled:* REFL - 3 - 2 i 1



Prilog: 3.1.



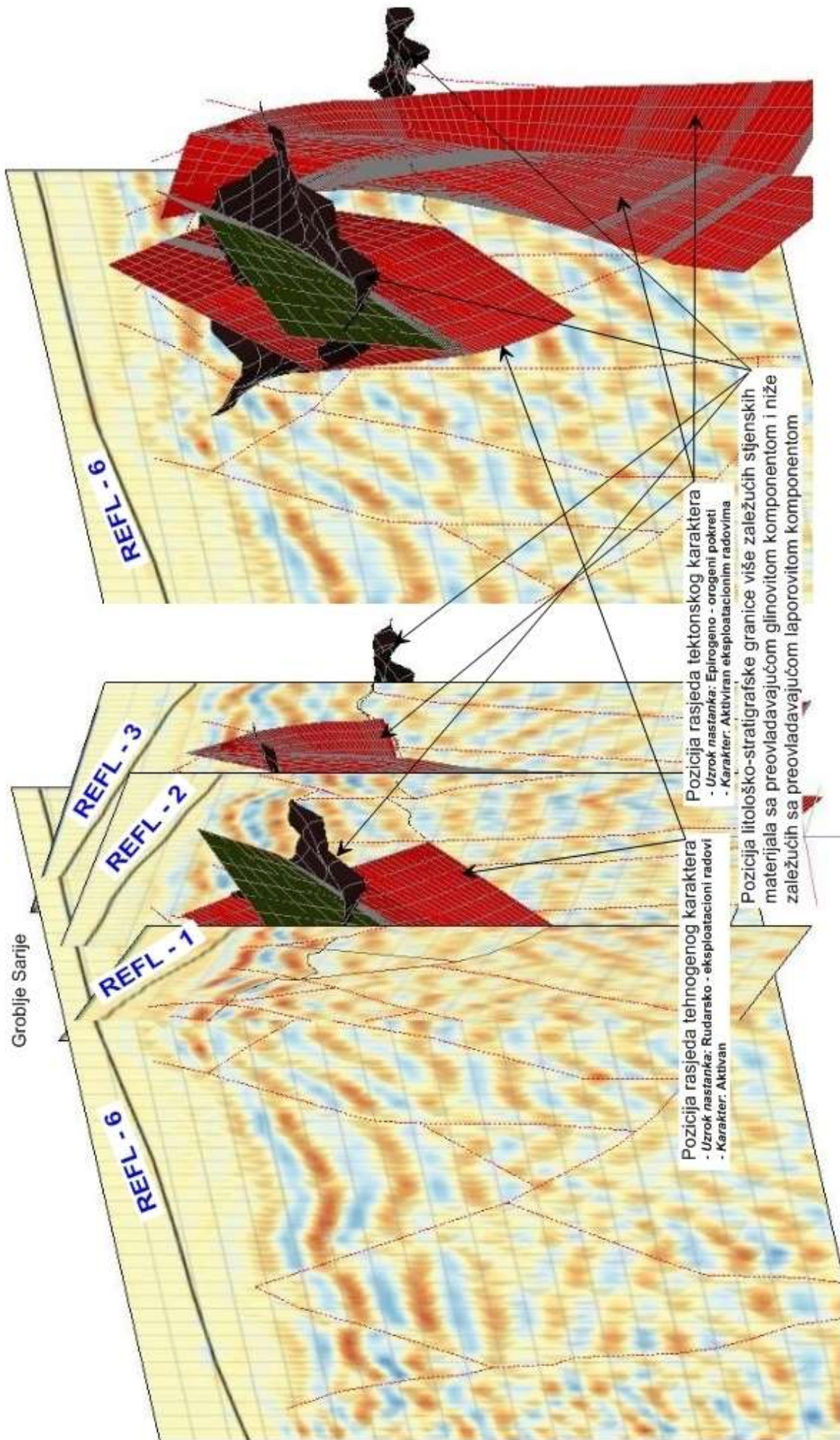
“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

Prikaz 2D dubinskih reflektivno seizmičkih presjeka u 3D modelu sjjenskog masiva

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarlje

Pogled: REFL - 6 - 1 - 2 i 3 prema groblju Sarlje



Prilog: 3.2.



“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

Prikaz 2D dubinskih reflektivno seizmičkih presjeka u 3D modelu stjenskog masiva

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik

Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarlje



Pozicija litološko-stratigrafske granice više zaležućih stjenskih materijala sa preovladavajućom glinovitom komponentom i niže zaležućih sa preovladavajućom laporovitom komponentom

Pozicija rasjeda tektonskog karaktera
- Uzrok nastanka: Epirogeno - orogeni pokreti
- Karakter: Aktiviran eksploatacionim radovima

Prilog: 3.3.

4.2. Refrakciono seizmička istraživanja

Dispozicija trasa refrakciono-seizmičkih profila: **RF - 1 do RF - 6** u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, predočena je u **Prilogu 1. Plan geofizičkih istraživanja (R - 1: 2000)**.

Rezultati refrakciono-seizmičkih istraživanja prikazani su u **Prilogu: 4. ,5., 6. i 7.** i to:

Prikazi po **Kriging-u** (*usrednjene vrijednosti brzina rasprostiranja seizmičkih P i S talasa*) i **Natural Neighbor** (*najbliže realnim vrijednostima brzina P i S talasa*) predstavljaju standardni oblik prikaza rezultata refrakcijskih istraživanja i pogodni su za korištenje rezultata istraživanja u oblastima geologije, hidrogeologije i baznih oblasti inženjerske geologije.

Prikaz u vidu **Delaunay-ve Triangulacije** predstavlja pogodan oblik prikaza rezultata refrakcijskih istraživanja za potrebe indentifikacije strukturnog sklopa i tektonske građe stjenskog masiva u 2D presjeku duž trase istražnog profila.

Prikaz u vidu **Modifikovane Delaunay-ve Triangulacije** ima za cilj da prikaže prostornu poziciju u 2D presjeku blokova stjenskih materijala sa sličnim fizičko-mehaničkim karakteristikama, što je od izuzetnog značaja za oblast inženjerske geologije i geotehnike u slučaju kada presudnu ulogu imaju fizičko mehanička svojstva stjenskog materijala i strukturno-tektonska građa stjenskog masiva u kombinaciji sa ostalim montan-geološkim, hidrogeološkim i inženjersko-geološkim uslovima prirodnog i tehnogenog zaljevanja stjenskog masiva u zoni istražnog prostora, odnosno pogodan je za identifikaciju **geotehničkog modela stjenskog masiva** u zoni istražnog prostora.

4.2.1 Refrakciono seizmička istraživanja – P talasi

Rezultati refrakciono-seizmičkih istraživanja za **uzdužne - P (longitudinalne)** talase uz primjenu **Delta t-V** metode (*WET - tomografija*) prikazani su u **Prilogu: 4. i 5.** i to:

4. Dubinski 2D presjeci raspodjele brzina P talasa:

4.1. Refrakciono seizmički profil: RFP – 1

4.1.1. *Prikaz: Natural Neighbor i Delaunay-va Triangulacija*

4.1.2. *Prikaz: Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

4.2. Refrakciono seizmički profil: RFP – 2

4.2.1. *Prikaz: Natural Neighbor i Delaunay-va Triangulacija*

4.2.2. *Prikaz: Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

4.3. Refrakciono seizmički profil: RFP – 3

4.3.1. *Prikaz: Natural Neighbor i Delaunay-va Triangulacija*

4.3.2. *Prikaz: Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

4.4. Refrakciono seizmički profil: RFP – 4

4.4.1. *Prikaz: Natural Neighbor i Delaunay-va Triangulacija*

4.4.2. *Prikaz: Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

4.5. Refrakciono seizmički profil: RFP – 5

4.5.1. *Prikaz: Natural Neighbor i Delaunay-va Triangulacija*

4.5.2. *Prikaz: Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

4.6. Refrakciono seizmički profil: RFP - 6

4.6.1. *Prikaz: Natural Neighbor i Delaunay-va Triangulacija*

4.6.2. *Prikaz: Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

5. Prikaz dubinskih 2D presjeka geotehničkih modela u 3D modelu stjenskog masiva zone istražnog prostora

5.1. 3D dispozicija zaljevanja i morfologija stalno aktivne klizne ravni

5.2. 3D dispozicija zaljevanja i morfologija povremeno aktivne klizne ravni

5.3. 3D dispozicija zaljevanja i morfologija potencijalne klizne ravni

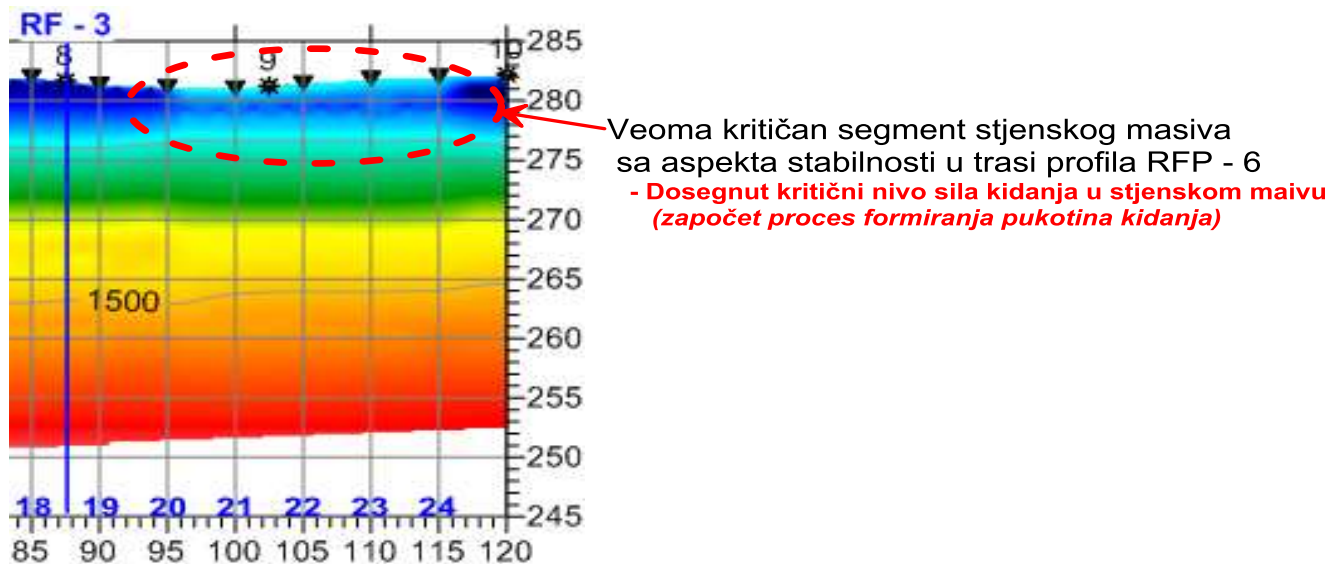
5.4. REFL- 6-1-2 i 3 - RF - 6-1-2 i 3

Sa aspekta postavljenih ciljeva na bazi kojih su programirana istraživanja uz primjenu **Delta-t-V metode** refrakcione seizmike, a vezan je za zonu podpovršinskog segmenta stjenskog masiva u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, na bazi rezultata istraživanja predočenih u prilogima 4.1.1., 4.2.1., 4.3.1., 4.4.1. 4.5.1., i 4.6.1. (**Prikazi: Natural Neighbor**), izdvojeni su refrakciono-seizmički horizonti koji se odlikuju sa sličnim fizičko-mehaničkim karakteristikama i na osnovu njih data je njihova preliminarna litološka identifikacija - Tabela. 1:

Tabela: 1.

Brzina P talasa [m/s]	Refrakciono-seizmicki horizonti <i>Preliminarna litološka identifikacija</i>
600	- Zona aeracije - Humus - Glinovito-prašinski stjenski materijali
800	- Glinovito-laporoviti stjenski materijali - Glinovito-pjeskovito-šljunkoviti stjenski materijali (<i>degradirani, slabo konsolidovani i zavodnjeni stjenski materijali</i>)
1000	- Podpovršinske zone ugljenog sloja
1200	- Laporovito-glinoviti stjenski materijali - Šljunkovito-glinovito-pjeskoviti stjenski materijali
1400	- Pješčari, konglomerati, breče (<i>degradirane, slabo konsolidovane i manje zavodnjene zone</i>)
1600	- Laporovito-glinoviti stjenski materijali - Šljunkovito-pjeskovito-prašinski stjenski materijali - Pješčari, konglomerati, breče (<i>jedre, konsolidovane i zavodnjene zone</i>)
2000	- Laporci - Laporci - Krečnjački laporci - Pješčari, konglomerati, breče - Laporoviti krečnjaci (<i>sa dubinom zaljevanja stepen degradacije i karstifikacije opada</i>)
2200	
2400	
2600	
2800	
3000	

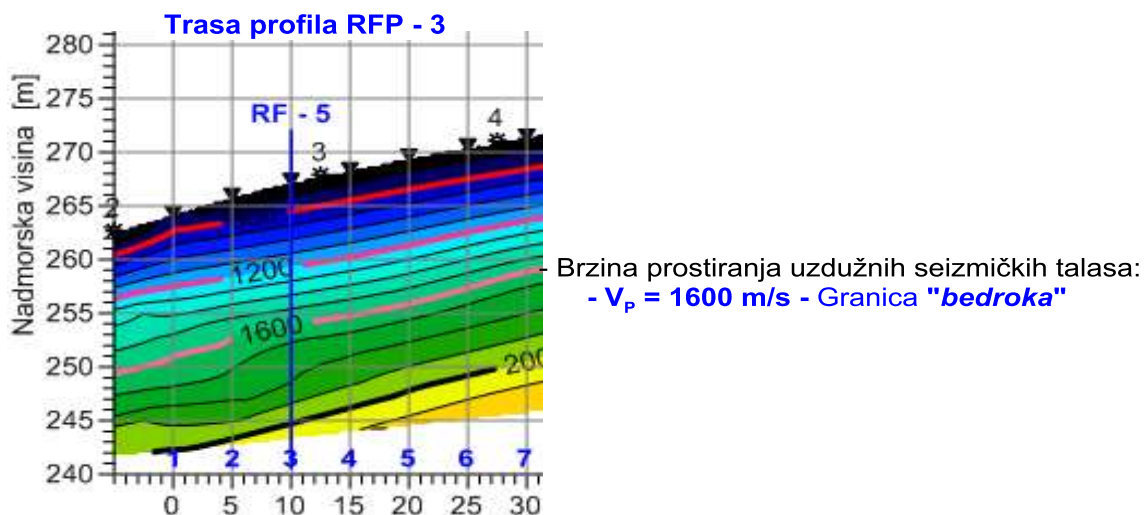
Na *Slici 5.* predočen je kritični segment stjenskog masiva u zoni istražnog prostora registrovan u trasi refrakciono seizmičkog profila RFP - 6 u kom su tenzioni naponi dosgli kritični nivo posmatrano sa aspekta stabilnosti stjenskog masiva, obzirom da je u ovom podpovršinskom segmentu stjenskog masiva registrovan aktivan proces formiranja pukotina kidanja stjenskih masa. Zbog plastičnog ponašanja stjenskih masa na dejstvo izrazito velikih tenzionih napona u ovom segmentu stjenskog masiva, na površini terena započeti proces formiranja pukotina kidanja je zamaskiran.



Slika 5. Kritični segment stjenskog masiva u trasi refrakciono seizmičkog profila RFP – 6
- Započet proces formiranja pukotina kidanja

Refrakciono seizmički horizont sa brzinom rasprostiranja P talsa od cca **1600 m/s** identifikovan je kao granica "**bedroka**" i u litološkom pogledu u preliminarnoj identifikaciji izvršenoj na bazi iskustava pri radu u sličnim montan-geološkim uslovima istražnog prostora može biti predstavljen laporima, laporcima ili pak degradiranim pješčarima. U stratigrafskom stubu više zaležućih sedimenata, registrovano je prisustvo naslaga melanža koji se u litološkom smislu može preliminarno identifikovati kao zavodnjene zone izgrađene pretežno od glinovito-prašinsto-laporovitih stjenskih materijala sa proslojcima pjeskovite i šljunkovite komponente, odnosno alom-silikatnih stjenskih materijala sa preovladavajućom natrijumskom komponentom u mineraloškom sastavu (*ilit, montmorionit i sl.*), odnosno minerala koji posjeduju strukturu kristalne rešetke koja u kontaktu sa vodom ima sposobnost da vezuje *n*-molekula vode što se ispoljava u vidu veoma negativnog efekta u inženjerskoj geologiji poznatim pod pojmom "**bubrenja**". Proces "**bubrenja**" stjenskih materijala u sadejstvu sa ostalim endogenim i ezogenim agensima, uzrokuje pojavu veoma negativnih geomorfoloških procesa ispoljenih u vidu raznorodnih erozionih procesa, počev od pojave osulina preko odrona do formiranja klizišta koja po obimu mogu dosegnuti i regionalni karakter. Registrovana dubina zaleganja ovih veoma nestabilnih zona u stjenskom masivu istražnog prostora kreće se od cca 10 m do cca 25 m.

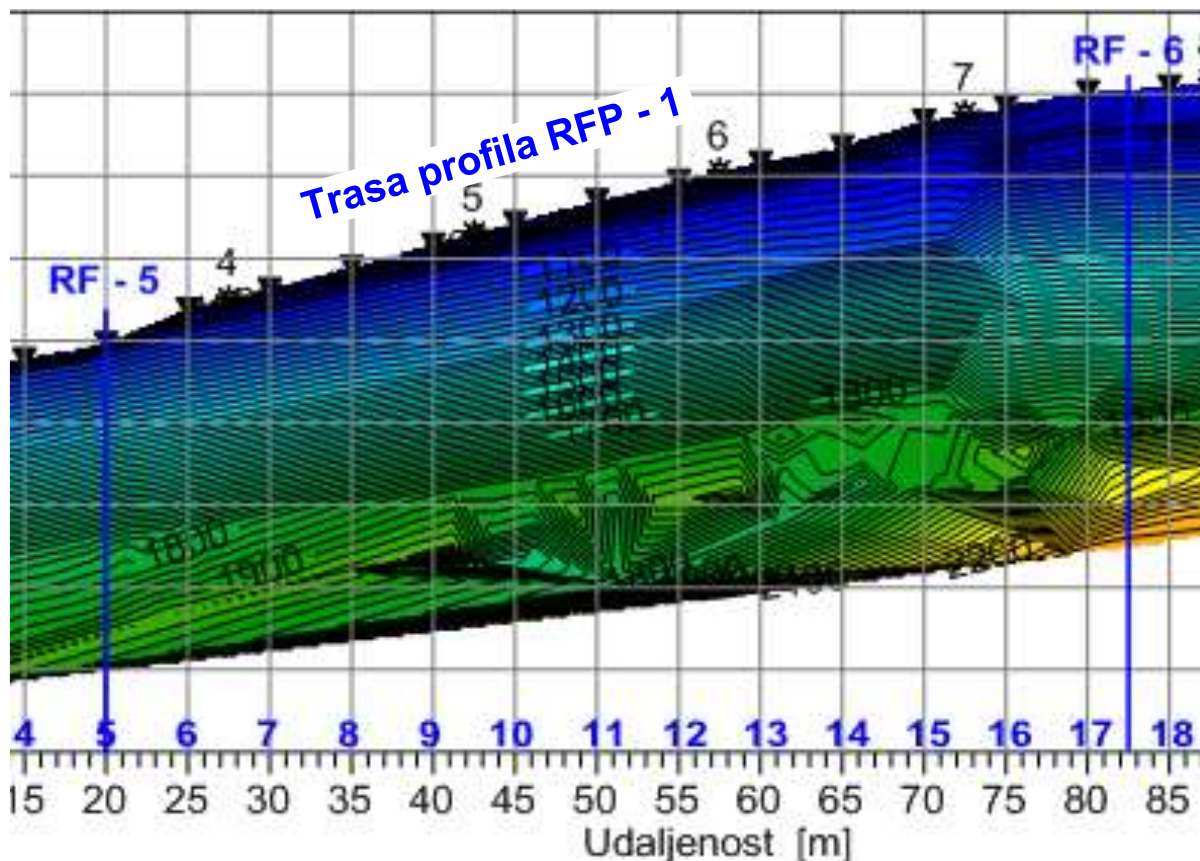
Na Slici 6. predočeno je grafičko rješenje prikaza položaja granice "**bedroka**" u 2D dubinskim presjecima stjenskog masiva: Na slici je predočen segment 2D dubinskog presjeka podpovršinskog segmenta stjenskog masiva zone istražnog prostora zahvaćenog trasom refrakciono seizmičkog profila RFP – 3.



Slika 6. Položaj granice "**bedroka**" u 2D dubinskim presjecima stjenskog masiva na segmentu trase refrakciono seizmičkog profila RFP - 3

U priložima: 4.1.1., 4.2.1., 4.3.1., 4.4.1. 4.5.1., i 4.6.1. (**Prikazl u vidu Delaunay-ve Triangulacije**), predložen je prikaz rezultata istraživanja koji omogućava identifikaciju **strukturnog sklopa** stijenskog masiva u zoni istražnog prostora zahvaćenog refrakciono seizmičkim profilima RFP – 1 do RFP – 6.

Na *Slici 7.* predloženo je metodološko rješenje grafičkog prikaza **strukturnog sklopa** u 2D dubinskim presjecima stijenskog masiva. Na slici je predložen segment 2D dubinskog presjeka podpovršinskog segmenta stijenskog masiva zone istražnog prostora zahvaćenog trasom refrakciono seizmičkog profila RFP – 1.

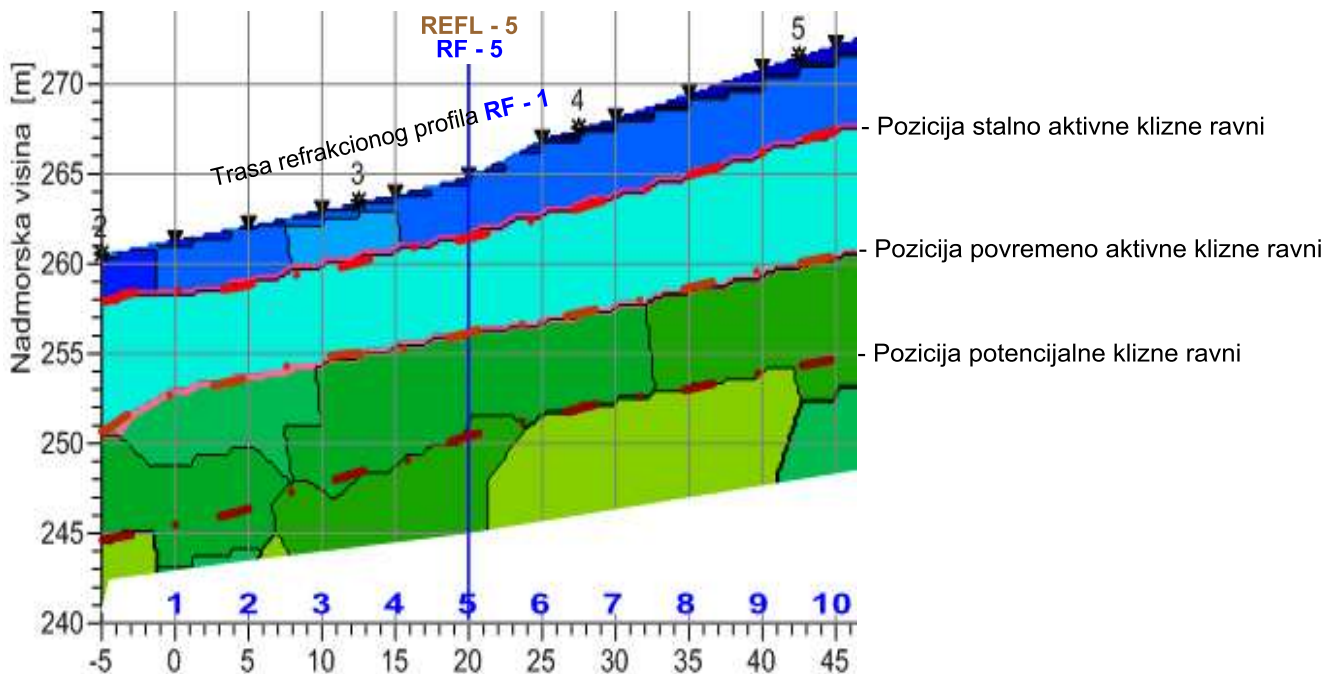


Slika 7. Prikaz strukturnog sklopa stijenskog masiva u 2D dubinskom presjeku na segmentu trase refrakciono seizmičkog profila RFP -1

Geotehnički 2D modeli stijenskog masiva predloženi su u Prilogu:

- 4.1.2. za profil RFP – 1,
- 4.2.2. za profil RFP – 2,
- 4.3.2. za profil RFP – 3,
- 4.4.2. za profil RFP – 4,
- 4.5.2. za profil RFP – 5 i
- 4.6.2. za profil RFP – 6.

U 2D modelima **geotehničkog presjeka** stijenskog masiva u trasama refrakciono seizmičkih profila naznačen je položaj, dubina i konfiguracija zaleganja klizne ravni - *Slika 8.*



Slika 8. Dispozicija kliznih ravni u 2D modelima geotehničkog presjeka stjenskog masiva u trasama refrakciono seizmičkih profila

Dubina zaljeganja klizne ravni kreće se za:

- **Stalno aktivnu zonu:** od cca 1 m do cca 7 m,
- **Povremeno aktivnu zonu:** od cca 8 m do cca 15 m i
- **Potencijalnu zonu:** od cca 15 m do cca 25 m.

U 3D presjeku geotehničkog modela stjenskog masiva zone istražnog prostora, predložen je položaj i način zaljezanja kliznih ravni, odnosno morfologija njihovog zaljezanja u istraživnom segmentu stjenskog masiva. Geotehnički 3D modeli stjenskog masiva zone istražnog prostora predloženi su u Prilogima:

5.1. 3D dispozicija zaljezanja i morfologija stalno aktivne klizne ravni

5.2. 3D dispozicija zaljezanja i morfologija povremeno aktivne klizne ravni

5.3. 3D dispozicija zaljezanja i morfologija potencijalne klizne ravni

U **Prilogu 5.4. REFL- 6-1-2 i 3 - RF - 6-1-2 i 3**, predložen je integrisani prikaz 2D dubinskih reflektivno i refrakciono seizmičkih presjeka u 3D modelu stjenskog masiva



“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

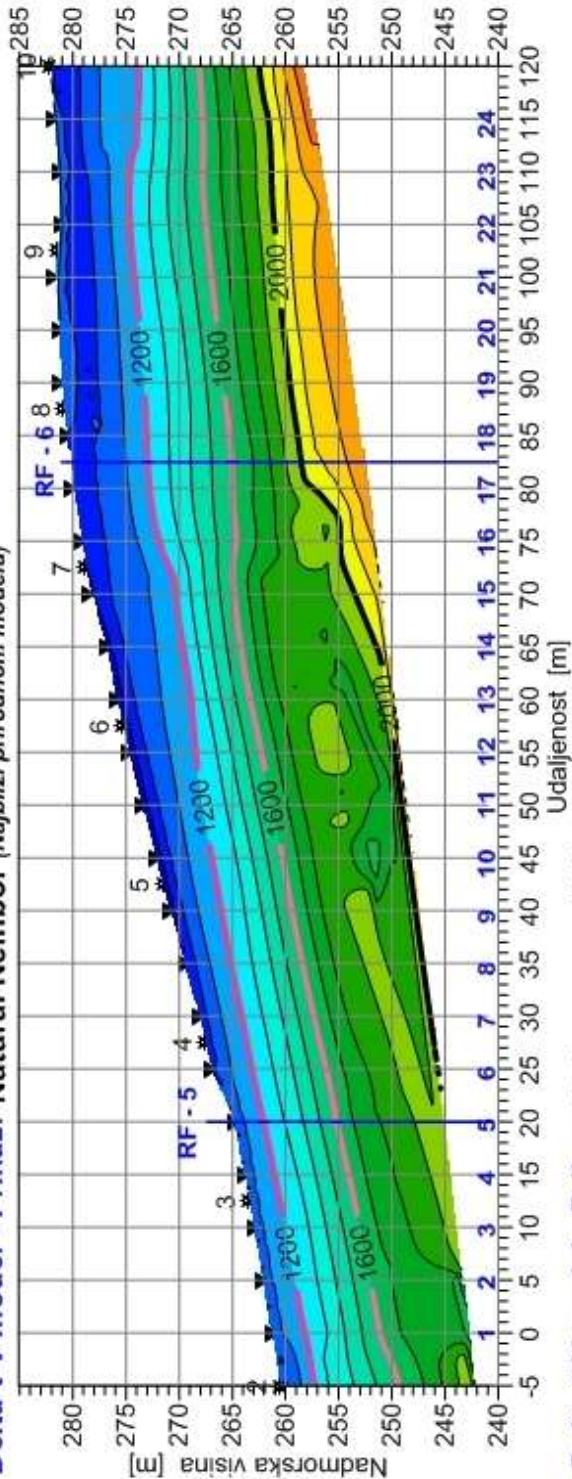
Geofizicka istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA
Dubinski 2D presjek raspjede brzina P talasa na profilu RFP - 1

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik

Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug

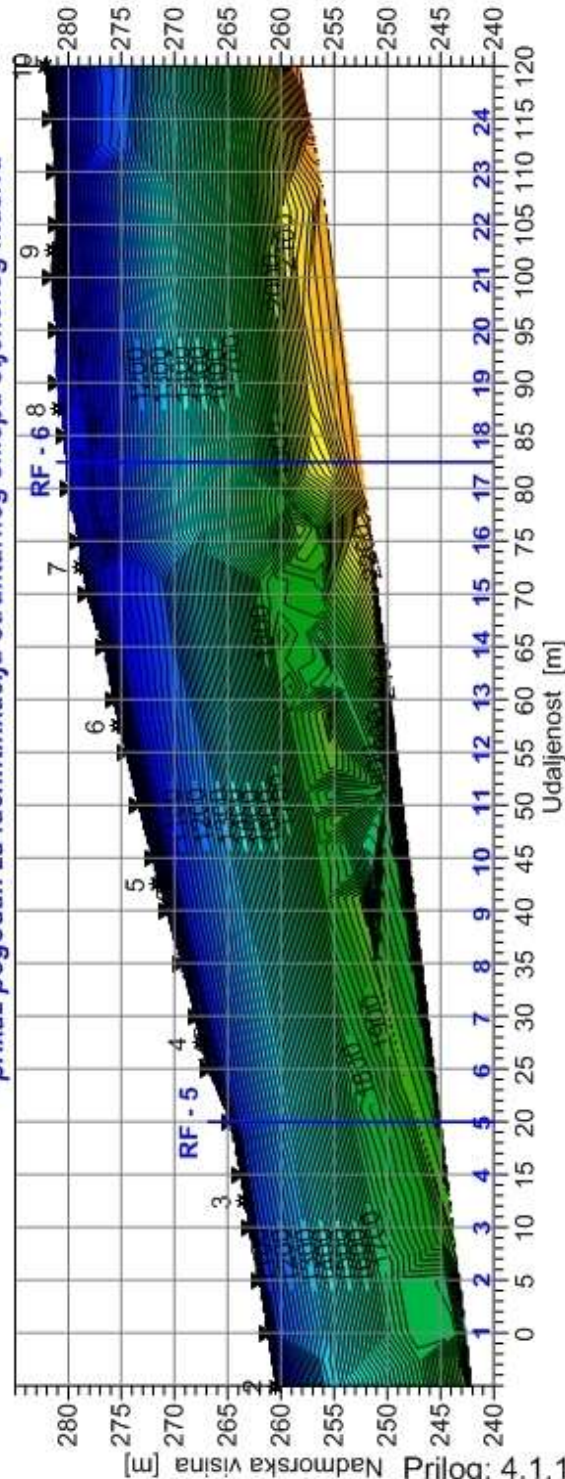
Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

Delta-t-V model - Prikaz: Natural Neihbor (Najbliži prirodnom modelu)



Delta-t-V model - Prikaz: Delaunay-eva Triangulacija

- prikaz pogodan za identifikaciju strukturnog sklopa stijenskog masiva



Prilog: 4.1.1.

Brzina P talasa [m/s]	LEGE N D A
600	Refrakciono-seizmicki horizonti
600 - 800	Preliminarna lito-loška identifikacija
600 - 800	- Zona aeracije - Humus
800 - 1000	- Glinovito-prašnasti stijenski materijali
1000 - 1200	- Glinovito-laporviti stijenski materijali
1000 - 1200	- Glinovito-pješkovito-šljunkoviti stijenski materijali (degradirani, slabo konsolidovani i zavodnjani stijenski materijali)
1200 - 1400	- Podpovršinske zone ugljenog sloja
1200 - 1400	- Laporvito-glinoviti stijenski materijali
1400 - 1600	- Šljunkovito-glinovito-pješkoviti stijenski materijali
1400 - 1600	- Pješčari, konglomerati, breče (degradirane, slabo konsolidovane i manje zavodnjene zone)
1600 - 1800	- Laporvito-glinoviti stijenski materijali
1600 - 1800	- Šljunkovito-pješkovito-prašnasti stijenski materijali
1800 - 2000	- Pješčari, konglomerati, breče (jevre, konsolidovane i zavodnjene zone)
2000 - 2200	- Laporci
2000 - 2200	- Laporci
2200 - 2400	- Krečnjački laporci
2400 - 2600	- Pješčari, konglomerati, breče
2400 - 2600	- Laporoviti krečnjaci
2600 - 2800	(sa dubinom zaijeganja stepen degradacije i karstifikacije opada)
2800 - 3000	

- ▼ 10 - Pozicija geofona broj 10
- ▼ 5 - Pozicija tacke paljenja broj 5
- ☀



“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizicka istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

Dubinski 2D presjek raspdjele brzina P talasa na profilu RFP - 1 - Geotehnički 2D model

RP "RITE UGLJEVIK" a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

Delta-t-V model - Prikaz: Modifikovana Delaunay-eva Triangulacija

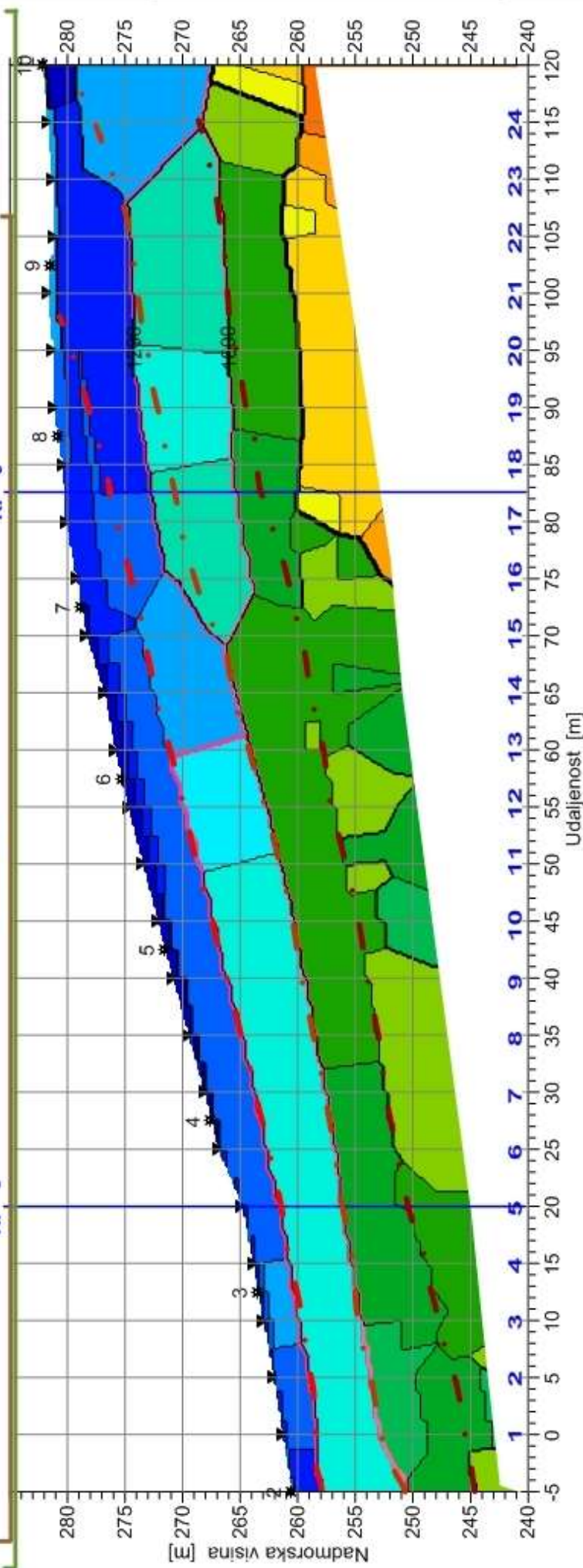
- Prikaz pogodan za identifikaciju geotehničkog modela stijenskog masiva
- Blokovi sa sličnim fiziko-mehaničkim karakteristikama

REFL - 5
RF - 5

REFL - 1

LIS - 3
REFL - 6
RF - 6

LIS - 1



LEGENDA:

- Pozicija stalno aktivne klizne ravni
- Pozicija povremeno aktivne klizne ravni
- Pozicija potencijalne klizne ravni

Prilog: 4.1.2.



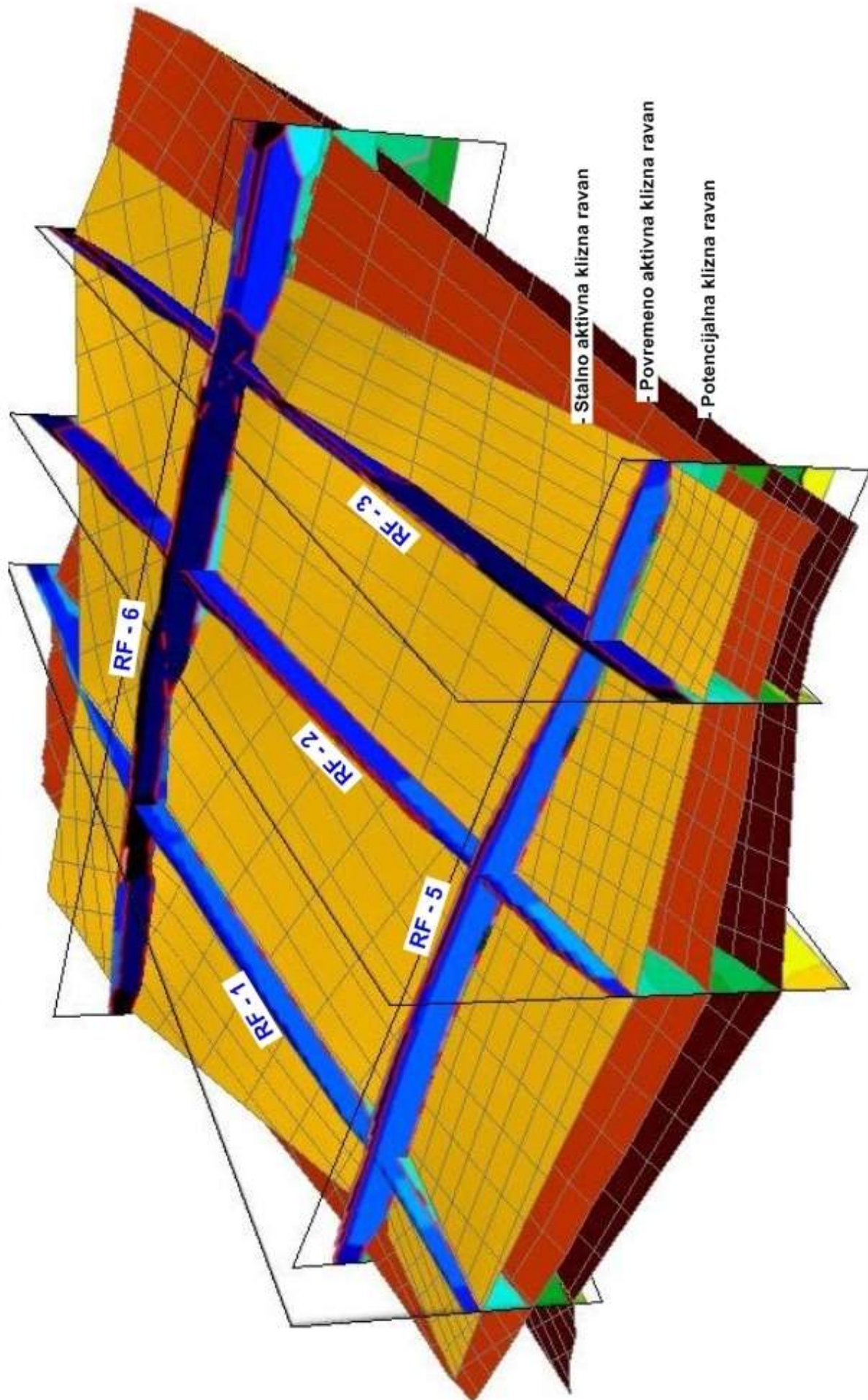
“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

Prikaz dubinskih 2D presjeka geotehničkih modela u 3D modelu stjenskog masiva

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

3D dispozicija zaljevanja i morfologija stalno aktivne klizne ravni



Prilog: 5.1.



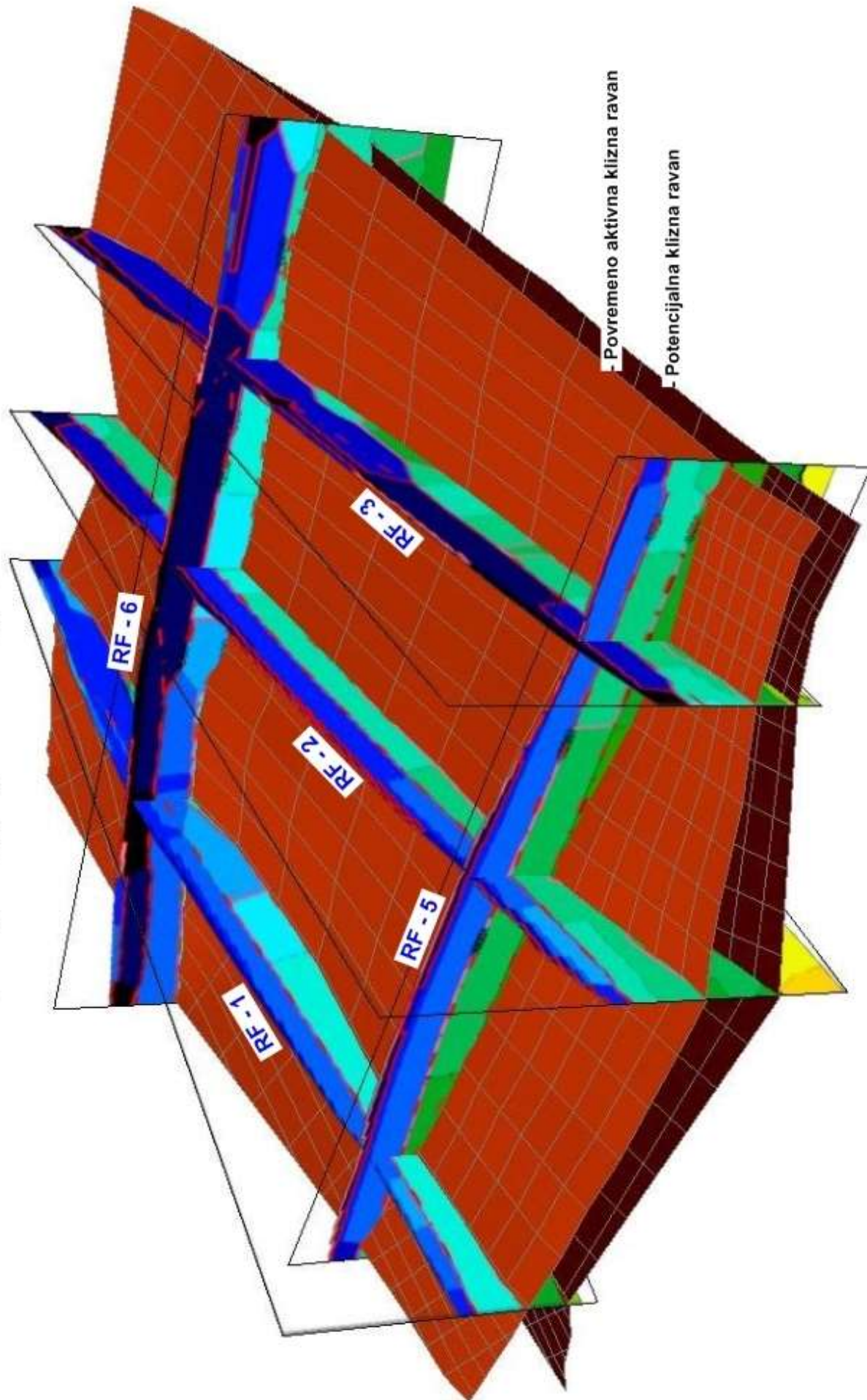
“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

Prikaz dubinskih 2D presjeka geotehničkih modela u 3D modelu stjenskog masiva

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

3D dispozicija zaljebanja i morfologija povremeno aktivne klizne ravni



Prilog: 5.2.



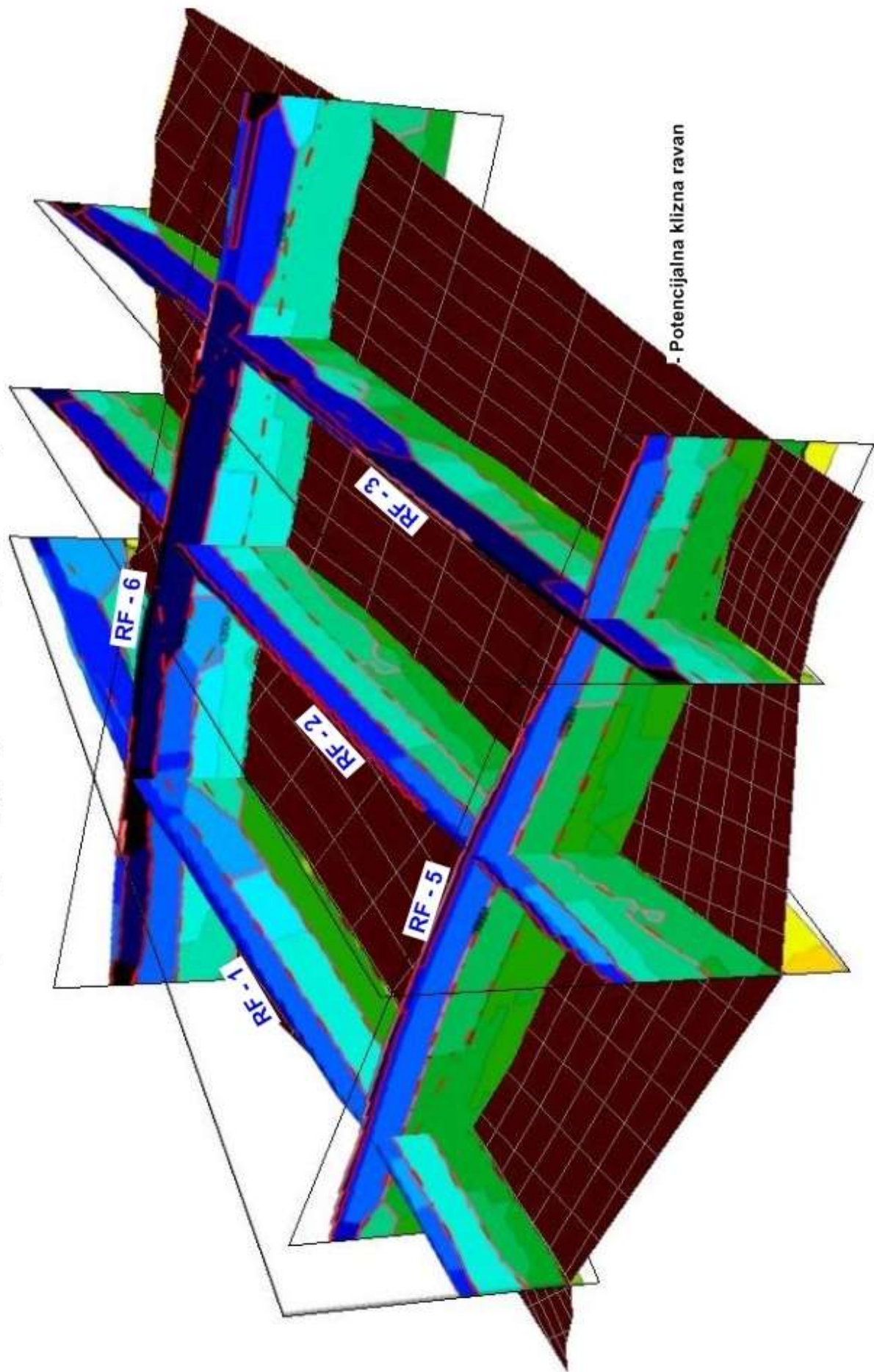
“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

Prikaz dubinskih 2D presjeka geotehničkih modela u 3D modelu stjenskog masiva

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

3D dispozicija zaljevanja i morfologija potencijalne klizne ravni



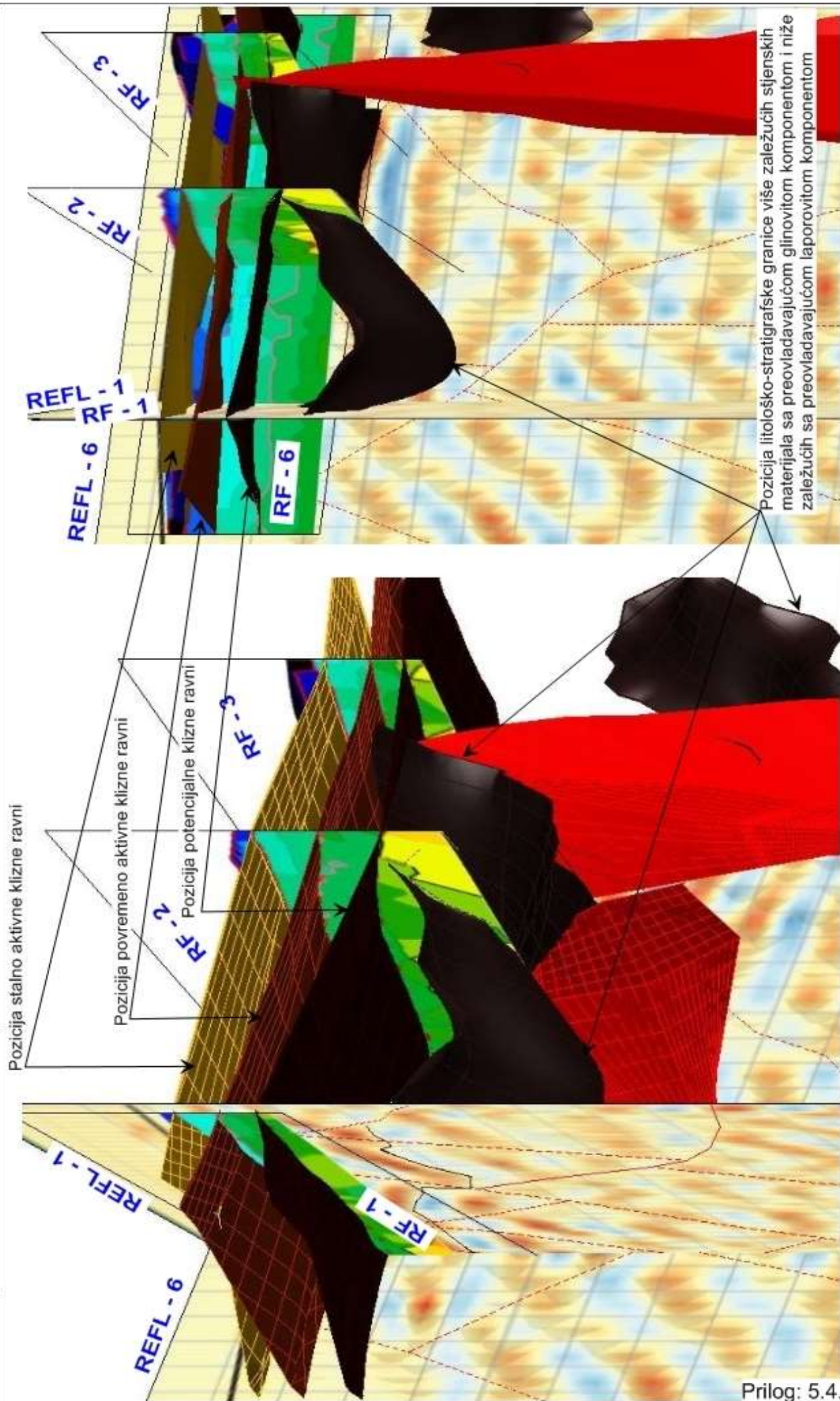
Prilog: 5.3.



“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

Prikaz 2D dubinskih reflektivno i refrakciono seizmičkih presjeka u 3D modelu stjenjskog masiva
ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije



Prilog: 5.4.

4.2.2. Refrakciono seizmička istraživanja – S talasi

Rezultati refrakciono-seizmičkih istraživanja za **poprečne - S** (*transferzalne*) talase uz primjenu MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) metode, odnosno dubinski 2D presjeci raspodjele brzina S talasa identifikovani su posredno preko površinskih talasa i prikazani su do dubine od cca 40 m u **Prilogu: 6.** i to:

6. Dubinski 2D presjeci raspodjele brzina S talasa:

6.1. Refrakciono seizmički profil: RFS – 1

6.1.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

6.1.2. Dijagram raspodjele brzine S talasa u funkciji dubune H

6.2. Refrakciono seizmički profil: RFS – 2

6.2.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

6.2.2. Dijagram raspodjele brzine S talasa u funkciji dubune H

6.3. Refrakciono seizmički profil: RFS – 3

6.3.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

6.3.2. Dijagram raspodjele brzine S talasa u funkciji dubune H

6.4. Refrakciono seizmički profil: RFS – 4

6.4.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

6.4.2. Dijagram raspodjele brzine S talasa u funkciji dubune H

6.5. Refrakciono seizmički profil: RFS – 5

6.5.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

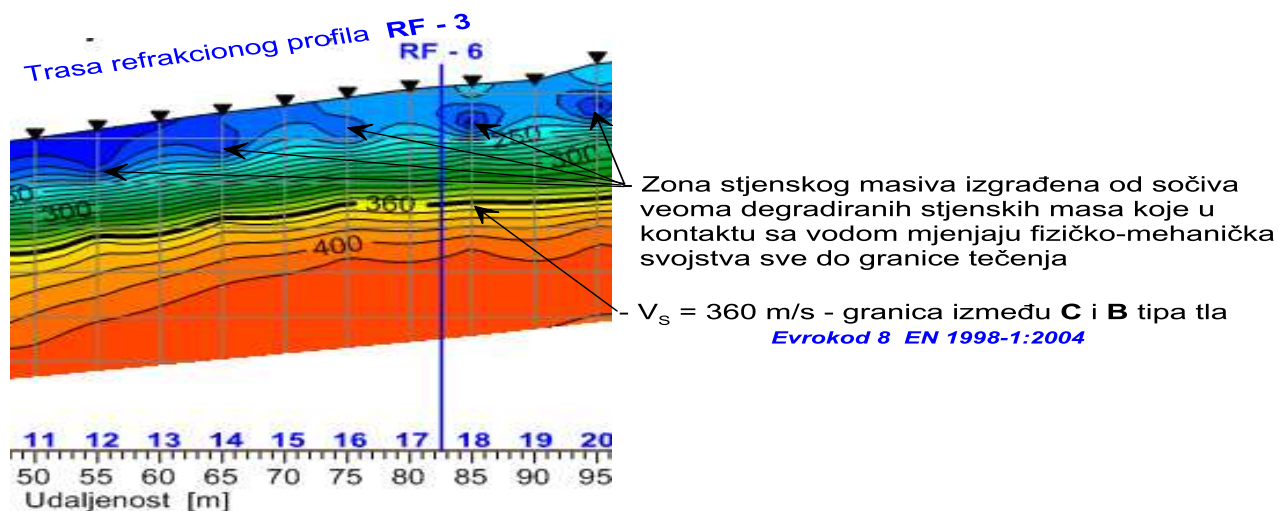
6.5.2. Dijagram raspodjele brzine S talasa u funkciji dubune H

6.6. Refrakciono seizmički profil: RFS – 6

6.6.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

6.6.2. Dijagram raspodjele brzine S talasa u funkciji dubune H

U dubinskim 2D presjecima raspodjele brzina S talasa identifikovane su zone stjenskog masiva izgrađene od sočiva veoma degradiranih stjenskih masa kojima se u kontaktu sa vodom pogoršavaju fizičko-mehanička svojstva tako da im koegzistencija može opasti sve do granice tečenja - *Slika 9.*



Slika 9. Segment dubinskog 2D presjeka raspodjele brzine S talasa u trasi profila RFS -3 gdje su identifikovane zone stjenskog masiva izgrađene od sočiva veoma degradiranih stjenskih masa

Sa aspekta postavljenih ciljeva na bazi kojih su programirana istraživanja uz primjenu **MASW metode** refrakcione seizmike, a vezan je za zonu podpovršinskog segmenta stjenskog masiva u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, na bazi rezultata istraživanja predočenih u priložima: 6.1.1., 6.2.1., 6.3.1., 6.4.1. 6.5.1., i 6.6.1. (**Prikazl: Kriging-a**), izdvojeni su refrakciono-seizmički horizonti koji se odlikuju sa sličnim fizičko-mehaničkim karakteristikama i na bazi kojih je data njihova litološka identifikacija u skladu sa EC8 (*Evrokod 8 EN 1998-1:2004*) - Tabela. 2:

Tabela: 2.

Brzina <i>S</i> talasa [m/s]	Refrakciono-seizmicki horizonti <i>Litološka identifikacija po EC8</i> (Evrokod 8 EN 1998-1:2004)	
	Tip tla	
150	D	Naslage rahlih do srednje zbijenih nekoherentnih tala (sa ili bez slojeva mekog koherentnog tla) ili preovladavajuće meka do čvrsta koherentna tla
180		
210	C	Naslage zbijenih ili srednje zbijenih pijesaka, šljunka ili krutih glina debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara
240		
270		
300		
330		
360		
390	B	Naslage vrlo zbijenih pijesaka, šljunka ili vrlo krute gline debljine nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnog poboljšanja mehaničkih svojstava sa dubinom zaljezanja
420		
450		
480		

Sistem terenskih refrakciono seizmičkih ispitivanja programiran je tako da omogući dosezanje dubine istraživanja od cca 30 m, odnosno 40 m za potrebe definisanja osrednjene vrijednosti brzine smičućih (*transferzalnih* – *S*) talasa na bazi koje se vrši klasifikacija tla na lokaciji “**gradilišta**” - zone istražnog prostora zahvaćene dispozitivom refrakciono seizmičkog profila (Evrokod 8 – EN 1998-1:2004).

U prilogima: 6.1.1., 6.2.1., 6.3.1., 6.4.1. 6.5.1. i 6.6.1. prikazani su dijagrami raspodjele brzine *S* talasa u funkciji dubine *h* na bazi kog se definišu osrednjene vrijednosti transferzalnih (*smičućih S*) talasa $V_{s,30}$ na nivou smičućih dilatacija od 10^{-5} ili manje za sloj *i* od ukupno *n* koji se nalaze u prvih **30 m** podpovršinskog segmenta stjenkog masiva, koja predstavlja osnov za klasifikaciju tipova tla na lokaciji “**gradilišta**” po Evrokodu 8 - EN 1998-1:2004.

U Tabeli 3. Prezentovana je identifikacija tipova tla na lokaciji “**gradilišta**”, odnosno na lokaciji istražnog prostora zahvaćenog istražnim refrakciono seizmičkim profiom RFS - 1 do RFS - 6 u skladu sa Evrokodom 8, odnosno standardom: EN1998-1:2004:

Tabela: 3.

KLASIFIKACIJA TIPRA TLA NA LOKACIJI REFRAKCIONO SEIZMIČKIH PROFILA					
Evrokod EN 1998-1:2004					
RFS	$V_{s,30}$ [m/sec]	N_{SPT} [udarci/30 cm]	C_u [kPa]	Kategorija tla	Opis geološkog profila
1	341.3	15 - 50	70 - 250	C	Naslage zbijenih ili srednje zbijenih pijeskova, šljunka ili krutih glina, sa debljinama od nekoliko desetina do nekoliko stotina metara
2	356.9				
3	336.4				
4	345.8				
5	349.9				
6	345.2				



“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

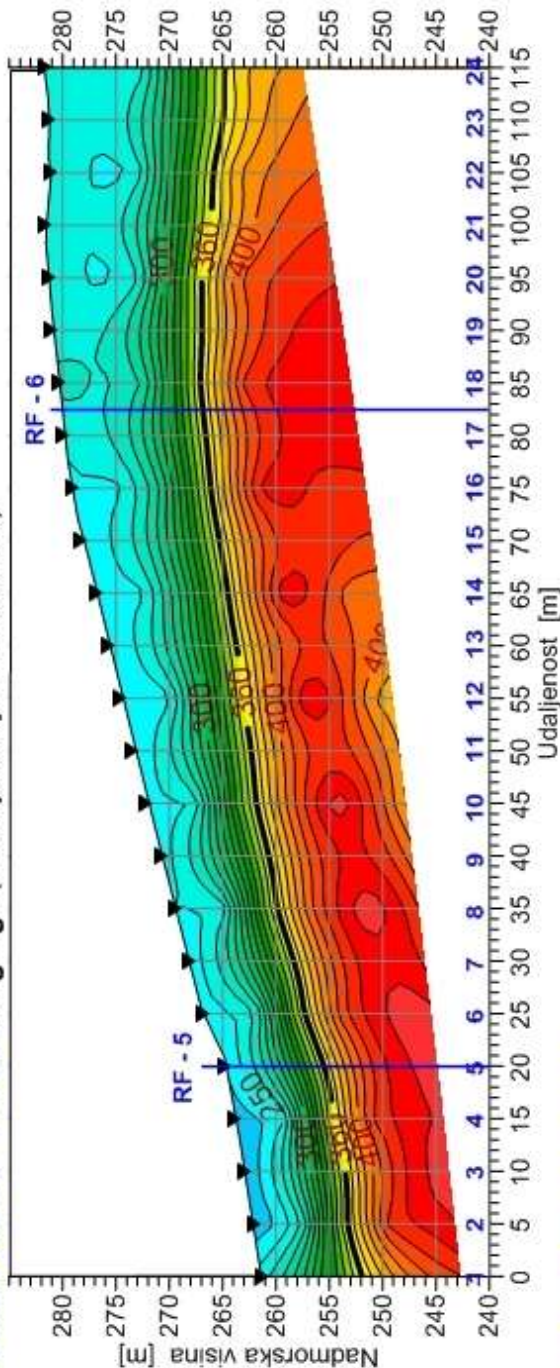
Geofizička istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA
Dubinski 2D presjek raspdjele brzina S talasa na profilu RFS - 1

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik

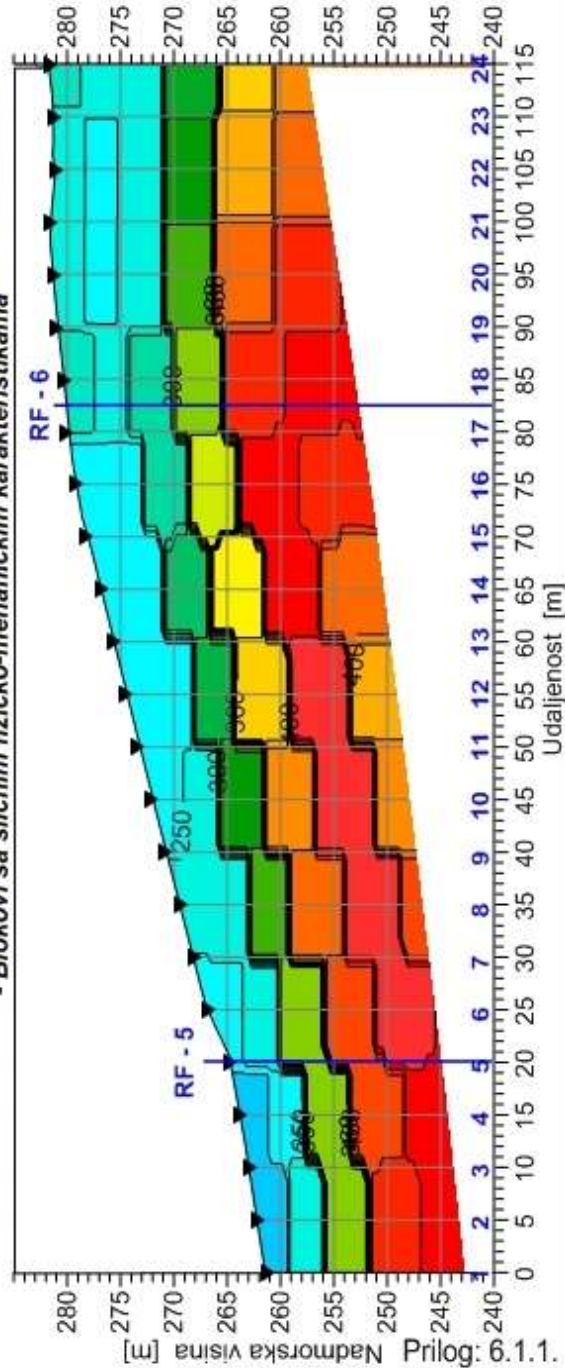
Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug

Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

MASW model - Prikaz: Kriginga (Osrednjene vrijednosti brzina Vs)



MASW model - Prikaz: Modifikovana Delaunay-eva Triangulacija
- Prikaz pogodan za identifikaciju geotehničkog modela stijenskog masiva
- Blokovi sa sličnim fizicko-mehaničkim karakteristikama



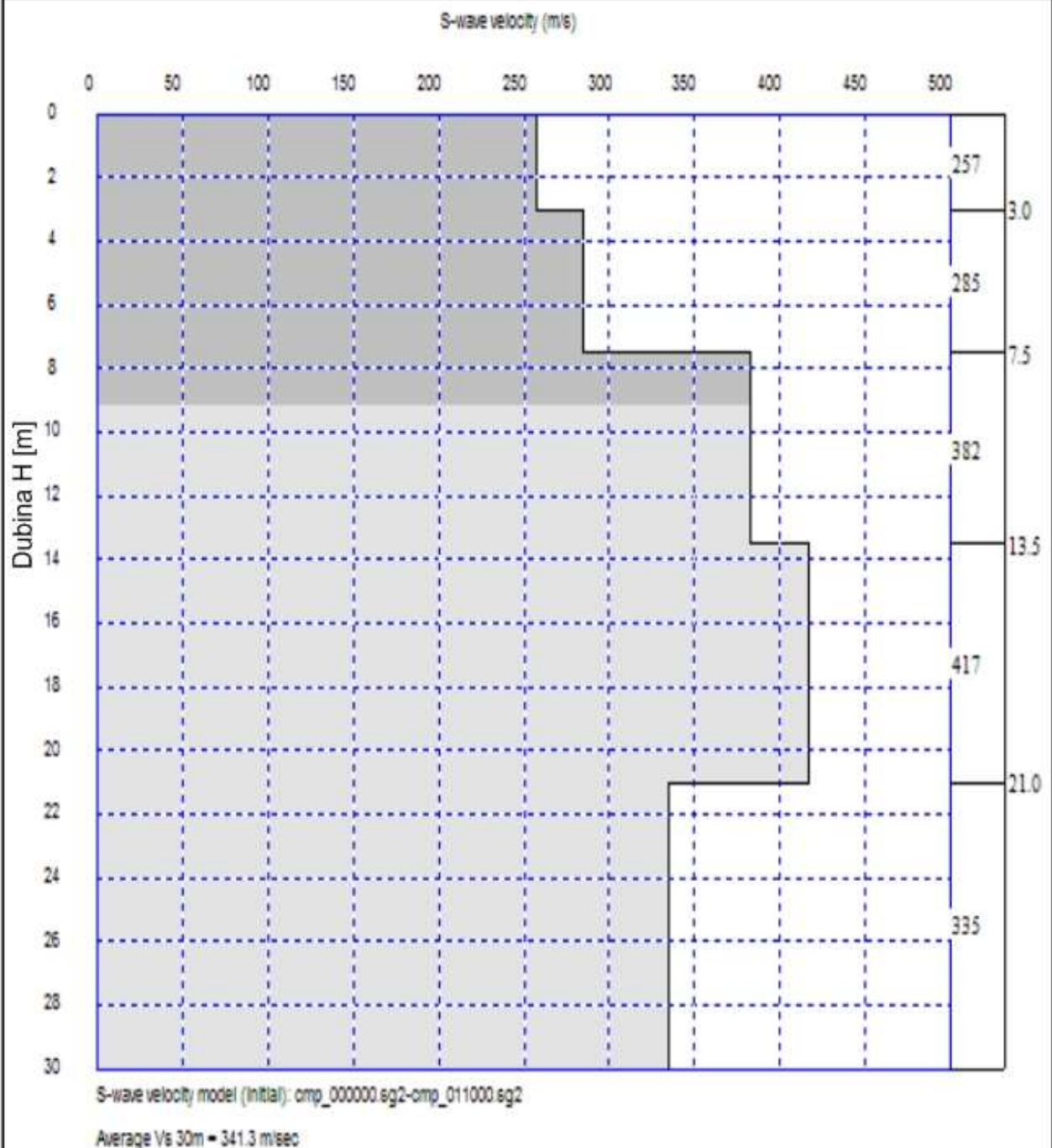
Prilog: 6.1.1.

L E G E N D A	
Brzina S talasa [m/s]	Refrakciono-seizmički horizonti <i>Litoška identifikacija po EC8</i> <small>To li (Evrokod 8 EN 1998-1:2004)</small>
150	D Naslage rahlilih do srednje zbijenih nekoherentnih tala (sa ili bez slojeva mekog koherentnog tla) ili prevladavajuće meka do čvrsta koherentna tla
180	C Naslage zbijenih ili srednje zbijenih pijesaka, šljunka ili krutih gina debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara
210	
240	
270	
300	
330	
360	B Naslage vrlo zbijenih pijesaka, šljunka ili vrlo krute gline debljine nekoliko desetaka metara, sa svojstvom potpunog poboljšanja mehaničkih svojstava sa dubinom zaljezanja
390	
420	
450	
480	

10 ▶ - Pozicija geofona broj 10



Dijagram raspodjele brzine S talasa u funkciji dubine - Profil RFS - 1



KLASIFIKACIJA TIPRA TLA NA LOKACIJI REFRAKCIONOG PROFILA RFS - 1 - Evrokod EN 1998-1:2004

$V_{S,30}$ [m/sec]	N_{SPT} [udarci/30 cm]	C_u [kPa]	Kategorija tla	Opis geološkog profila
180 - 360 341.3	15 - 50 -	70 - 250 -	C	Naslage zbijenih ili srednje zbijenih pijesaka, šljunka ili krutih glina, sa debljinama od nekoliko desetina do nekoliko stotina metara

Prilog: 6.2.1.

4.2.3. Integrisana refrakciono seizmička istraživanja – P i S talasi

Rezultati Integrisanih refrakciono seizmičkih istraživanja za **uzdužne P** (*longitudinalne*) i **poprečne - S** (*transferzalne*) talase uz primjenu **Delta t-V** metode (*WET - tomografija*) za P talase i **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) metode, odnosno dubinski 2D presjeci raspodjele poisson-ovog koeficijenta μ , prikazani su u **Prilogu: 7.** i to:

7. Dubinski 2D presjek raspodjele poisson-a:

7.1. Refrakciono seizmički profil: RF – 1

7.1.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

7.2. Refrakciono seizmički profil: RF – 2

7.2.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

7.3. Refrakciono seizmički profil: RF – 3

7.3.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

7.4. Refrakciono seizmički profil: RF – 4

7.4.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

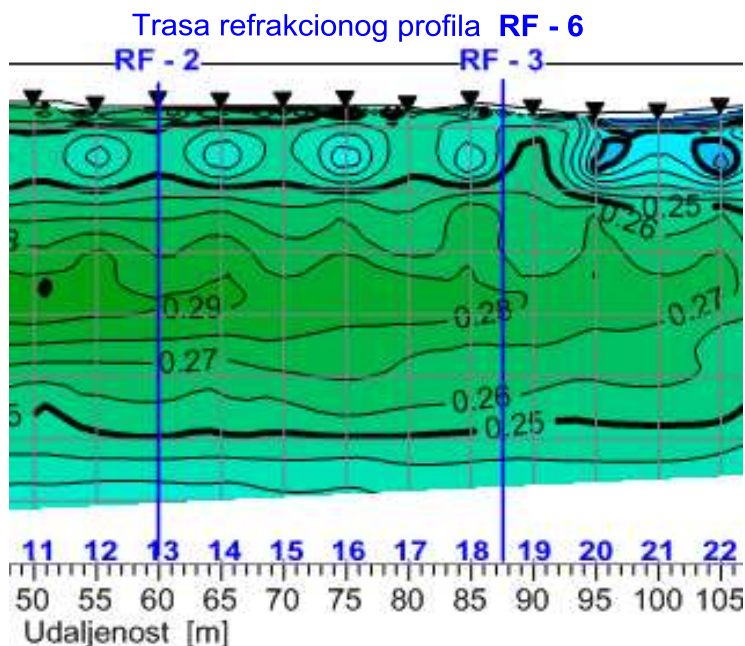
7.5. Refrakciono seizmički profil: RF – 5

7.5.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

7.6. Refrakciono seizmički profil: RF – 6

7.6.1. *Prikaz: Kriging i Modifikovana Delaunay-va Triangulacija – Geotehnički 2D model*

U dubinskim 2D presjecima raspodjele poisson-ovog koeficijenta μ identifikovane su zone stjenskog masiva izgrađene od sočiva veoma degradiranih i zavodnjenih stjenskih masa - *Slika 10.*

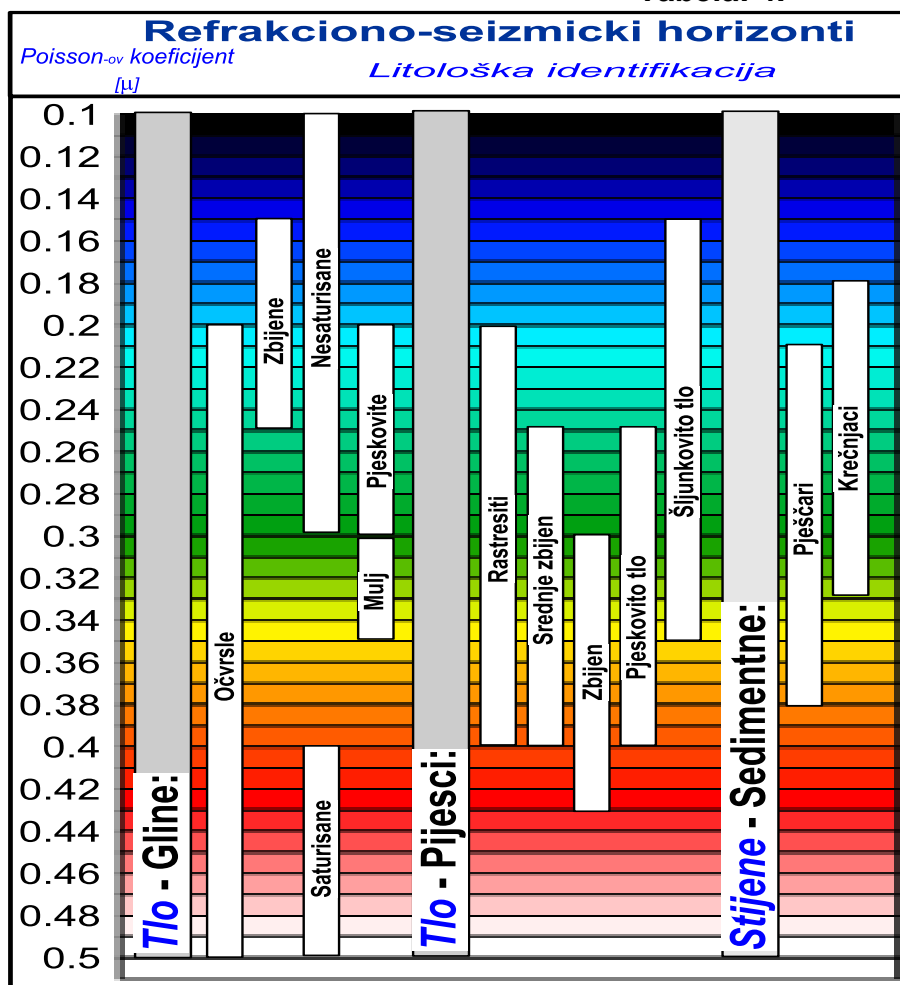


- Zona stjenskog masiva izgrađena od sočiva veoma degradiranih i zavodnjenih stjenskih masa

Slika 10. Segment dubinskog 2D presjeka raspodjele poisson-ovog koeficijenta μ u trasi profila RF -6 gdje su identifikovane zone stjenskog masiva izgrađene od sočiva veoma degradiranih i zavodnjenih stjenskih masa

U Tabeli 4. Pikazana je litološka identifikacija stjenskih masa na bazi dubinske 2D raspodjele poisson-ovog koeficijenta μ na lokaciji istražnog prostora zahvaćenog istražnim refrakciono seizmičkim profilima:

Tabela: 4.





“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizicka istraživanja: REFRAKCIONA SEIZMIKA

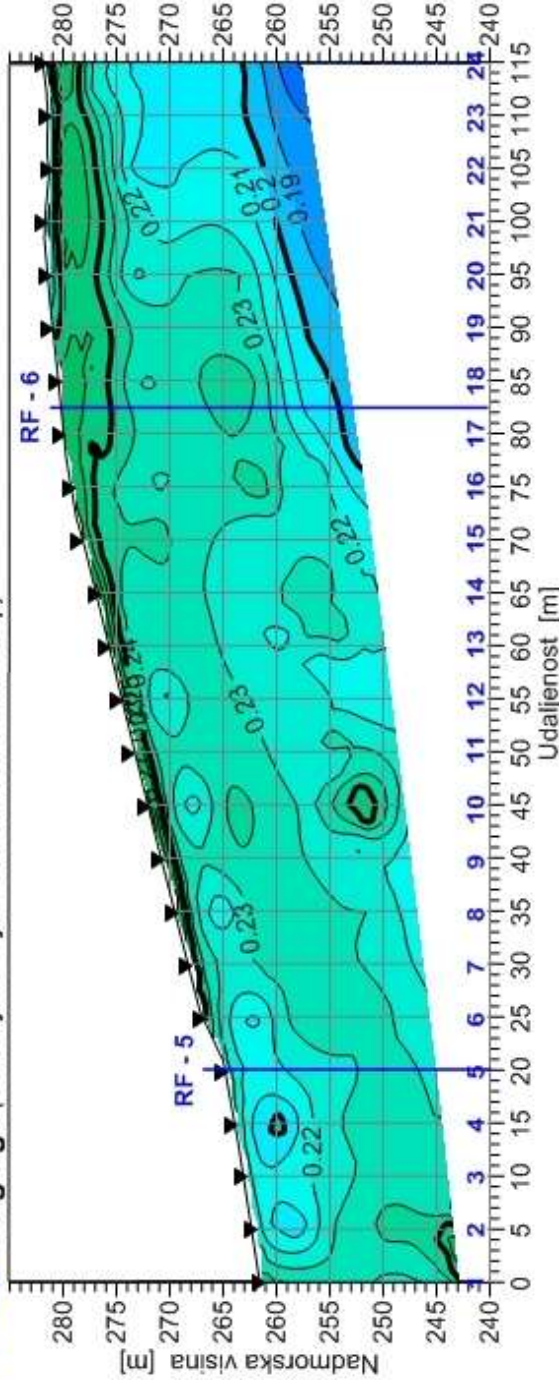
Dubinski 2D presjek raspdjele Poisson-ovog koeficijenta (μ) na profilu RF - 1

ZP "RITE UGLJEVIK" a.d. Ugljevik

Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug

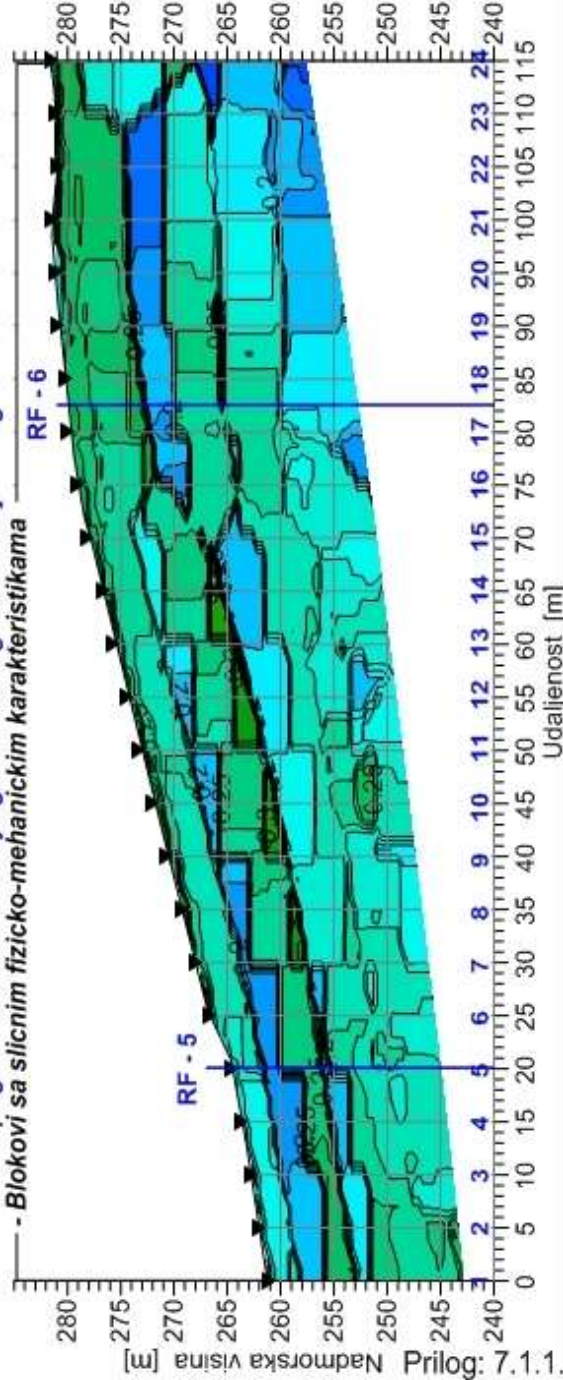
Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarlje

Prikaz: Kriginga (Osrednjene vrijednosti odnosa brzina Vs/Vp)



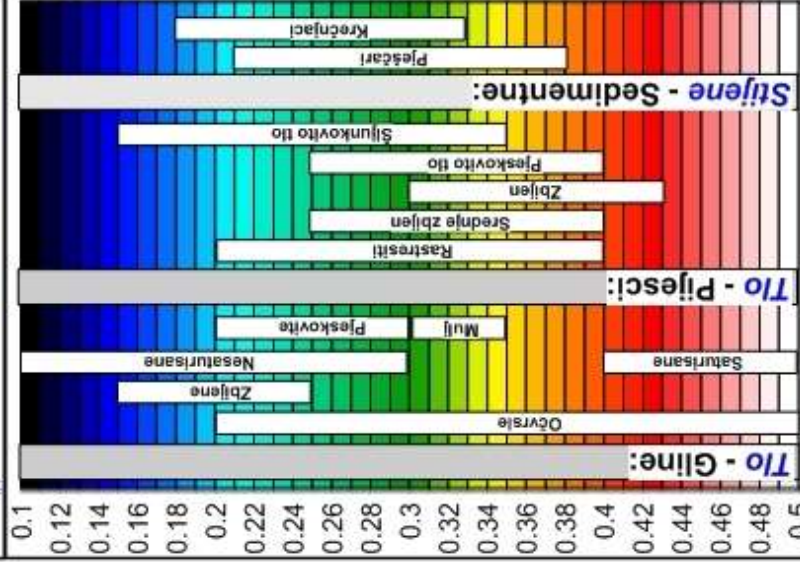
Prikaz: Modifikovana Delaunay-eva Triangulacija

- Prikaz pogodan za identifikaciju geotehnickog modela stjenskog masiva
- Blokovi sa slicnim fizicko-mehanicim karakteristikama



L E G E N D A

Refrakciono-seizmicki horizonti
Litošaska identifikacija



10 - Pozicija geofona broj 10

4.3. Geoelektrična istraživanja

Rezultati geoelektričnih istraživanja uz primjenu **LIS** tehnike mjerenja specifičnog električnog otpora tla (**Lund Imaging Sistem**), odnosno geoelektrične tomografije, prikazani su u vidu **Dubinskih geoelektrično tomografskih 2D presjeka - LIS (Lund Imaging System)** u prilogima:

8. Dubinski geoelektrični tomografski 2D presjeci - LIS (**Lund Imaging System**):

8.1. Geoelektrični profil: LIS - 1

8.2. Geoelektrični profil: LIS - 2

8.3. Geoelektrični profil: LIS - 3

Prostorni raspored geofizičko-istražnih radova iz primjenu metode geoelektrične tomografije prikazan je u **Prilogu 1. Plan geofizičkih istraživanja (R 1:2000)**.

U podpovršinskom segmentu stjenskog masiva primjenjeni sistem i parametri terenskih mjerenja kod geoelektrične tomografije omogućio je dostizanje maksimalnog nivoa visoke rezolucije identifikacije geoelektričnih horizonata u cca 70% dispozitiva profila do dubine zaljevanja od cca 30 do 50 m. U većini slučajeva upravo ovaj segment stjenskog masiva je kritičan sa aspekta stabilnosti posmatrano sa aspekta inženjerske geologije, obzirom da je podložan veoma negativnom ispoljavanju kako endogenih agensasa (*geološkii sastav stjenskih materijala, strukturno-tektonski sklop stjenskog masiva, hidrogeološki uslovi prihranjivanja i dreniranja podzemnih izdani i sl.*), tako i egzogenih agensasa (*geomorfološki uslovi terena, dejstvo površinskih voda – dinamika i intenzitet padavina i sl.*). Pored toga što geoelektrične metode omogućavaju precizniju litološko-stratigrafsku identifikaciju registrovanih geoelektričnih horizonata u odnosu na seizmičke metode istraživanja pri litološko-stratigrafskoj identifikaciji izdvojenih seizmičkih reflektivnih i refrakcionih horizonata, one omogućavaju i znatno konkretniju i detaljniju identifikaciju hidrogeoloških karakteristika stjenskih masa na kvantitativnom nivou. Iz prezentovanih razloga geoelektrične metode istraživanja često se koriste kao dopunske metode pri seizmičkim kako refrakcionim, tako i reflektivno seizmičkim istraživanjima.

Provedenim geoelektričnim istraživanjima uz primjenu LIS tehnike mjerenja specifičnog otpora tla ostvaren je postavljeni cilj za ovu vrstu istraživanja, odnosno izvršena je litološko-stratigrafska identifikacija stjenskih masa u stjenskom masivu istražnog prostora uz definisanje njihove prostorne pozicije i dimenzija u 2D presjeku trasa geoelektričnih profila i kvantitativna ocjena hidrogeoloških karakteristika stjenskih masa u podpovršinskom segmentu stjenskog masiva istražnog prostora do dubine zaljevanja od cca 20 m do maksimalno 50 m.

Sa aspekta postavljenih ciljeva na bazi kojih su programirana istraživanja uz primjenu **LIS** tehnika mjerenja specifičnog električnog otpora tla (**Lund Imaging Sistem**), odnosno geoelektrične tomografije, vezano za zonu podpovršinskog segmenta stjenskog masiva u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, izdvojeni su geoelektrični horizonti uz preliminarnu identifikaciju njihovog litološkog sastava i kvantitativnu funkcionalnu hidrogeološku identifikaciju - Tabela: 5.

Tabela: 5.

Geoelektrični horizonti			
Preliminarna litološka identifikacija Preliminarna hidrogeološka identifikacija			
Specifični otpor izdvojenih geoelektričnih horizontata [Omm]	4.45		<ul style="list-style-type: none"> - Glina <li style="padding-left: 20px;">- <i>zavodnjena zona</i> - Hidrogeološki izolator
	5.39		
	6.51		
	7.88		
	9.52		
	11.5		<ul style="list-style-type: none"> - Glinoviti lapor - Glinovito-prašinski stjenki materijali - Gline sa primjesama ulomaka laporovith stjenkih materijala <li style="padding-left: 20px;">- <i>zavodnjena zona</i> - Hidrogeološki izolator
	13.9		
	16.8		
	18.9		
	19.9		
	21.5		<ul style="list-style-type: none"> - Lapor - <i>zavodnjen i degradiran</i> - Glinovito-prašinko-pjeskoviti stjenki materijali - <i>zavodnjeni</i> - Hidrogeološki izolator
	23.5		
	25.5		
	27.5		
	29.5		
31.5		<ul style="list-style-type: none"> - Lapor/Laporac - <i>degradiran i zavodnjen</i> - Prašinko-pjeskoviti stjenki materijali - <i>zavodnjeni</i> - Hidrogeološki kolektor veoma male izdašnosti - <i>Izdan sa intergranularnom poroznošću</i> - Sitnozrni pješćari - <i>degradirani i zavodnjeni</i> - Hidrogeološki kolektor male izdašnosti - <i>Pukotinska izdan</i> 	
33.5			
35.5			
37.5			
39.5			

Prikaz dubinskih 2D presjeka geoelektričnih profila u 3D modelu stjenkog masiva istražnog prostora predočen je u prilogu:

9. Prikaz dubinskih 2D presjeka geoelektričnih profila u 3D modelu stjenkog masiva istražnog prostora:

9.1. Geoelektrični profil: LIS - 1 x LIS - 3

9.2. Geoelektrični profil: LIS - 3 x LIS - 1

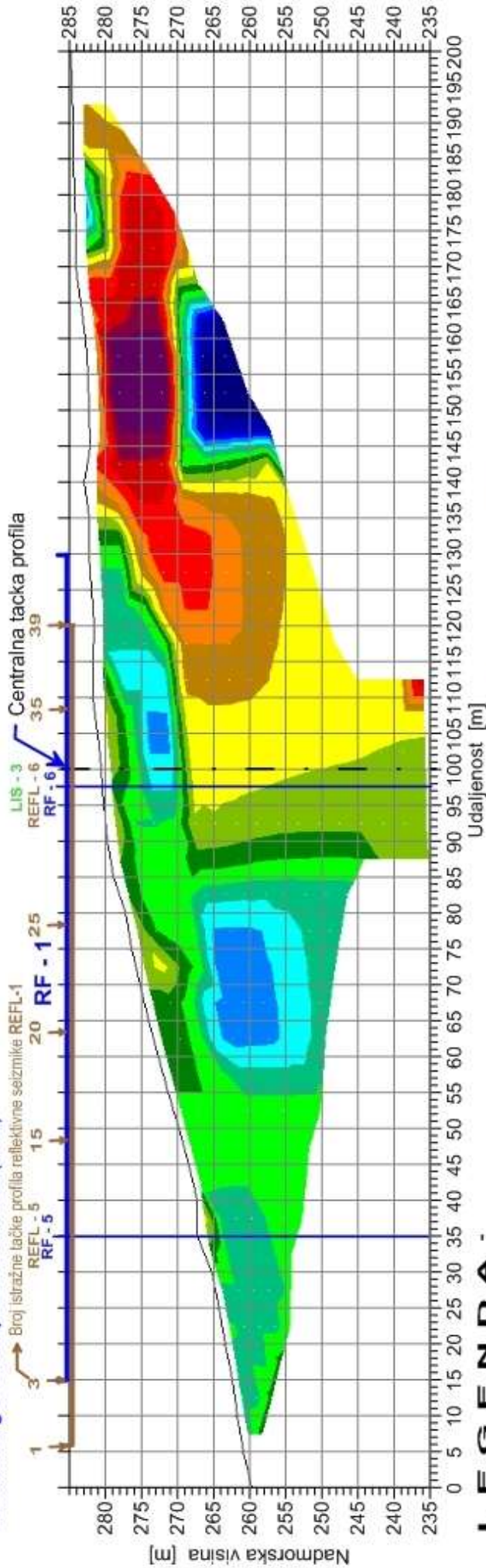


“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: GEOELEKTRICNA TOMOGRAFIJA
Dubinski 2D presjek na profilu LIS - 1

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

Schlumberger-ov raspored elektroda (GTS)



LEGENDA:

Preliminarna identifikacija litološkog sastava identifikovanih geoelektricnih horizonata	4-45	5-39	6-51	7-88	9-52	11-5	13-9	16-8	
	- Glina	- Hidrogeološki izolator	- Hidrogeološki izolator	- Glinoviti lapor	- Gline sa primjesama ulomaka laporovitih stijenskih materijala	- Glinovito-prašnasti stijenski materijali	- Lapor - zavodnjen i degradiran	- Glinovito-prašnasto-pjeskoviti stijenski materijali - zavodnjeni	- Hidrogeološki izolator
	- zavodnjena zona	- Hidrogeološki izolator	- zavodnjena zona	- Glinovito-prašnasti stijenski materijali - zavodnjeni	- Lapor - zavodnjen i degradiran	- Glinovito-prašnasto-pjeskoviti stijenski materijali - zavodnjeni	- Lapor/laporac - degradiran i zavodnjen	- Pršašnasto-pjeskoviti stijenski materijali - zavodnjeni	- Hidrogeološki kolektor veoma male izdašnosti - izdan sa integriranim porozostu
									- Stizozni pjesčari - degradirani i zavodnjeni
									- Hidrogeološki kolektor male izdašnosti - Pukotinska izdan

REFL - 1 - Trasa reflektivno seizmičkog profila REFL - 1

RF - 1 - Trasa refrakciono seizmičkog profila RF - 1

- Strukturno-tektonski diskontinuitet (Rasjedna/pukotinska zona)



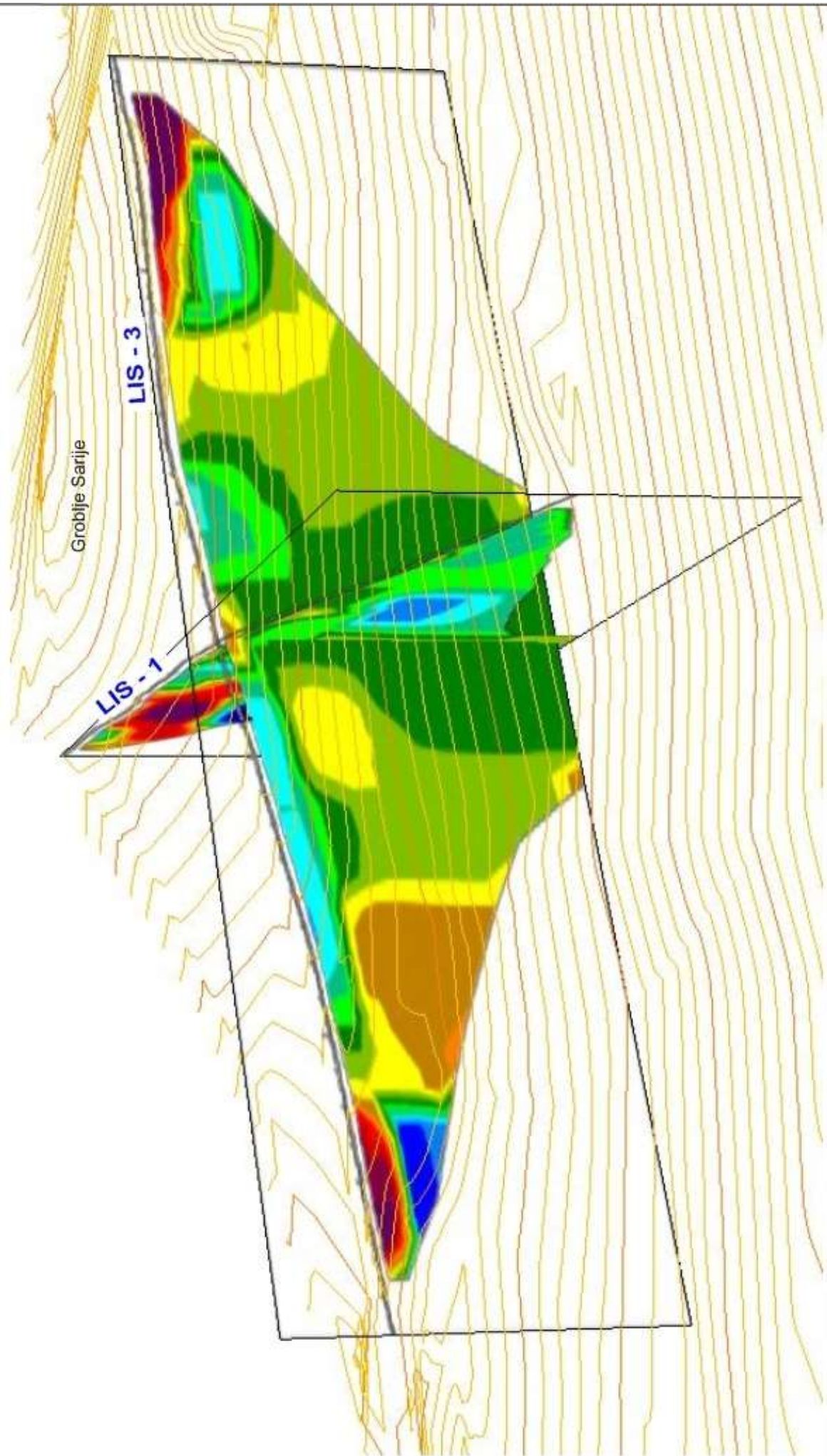
“CTU-IPKIN” d.o.o.
76 300 Bijeljina, Vidovdanska 48
www.ipkin.com; ctu@ipkin.com

Geofizička istraživanja: GEOELEKTRICNA TOMOGRAFIJA

Prikaz dubinskih 2D geoelektričnih LIS presjeka u 3D modelu stjenskog masiva

ZP “RITE UGLJEVIK” a.d. Ugljevik Lokacija: PK BOGUTOVO SELO - Jug Mikro lokacija: Južna granica kopa - Groblje Sarije

Pogled: LIS - 1 - LIS - 3 prema groblju Sarije



Prilog: 9.1.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati provedenih geofizičkih istraživanja, predstavljaju solidnu osnovu za programiranje narednih faza istraživanja u cilju prikupljanja nedostajućih inženjersko-geoloških i geotehničkih podataka i informacija o prirodnim i tehnogenim uslovima zaljeganja stjenskog masiva u okviru istražnog prostora na PK Bogutovo selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije, neophodnih za izradu **Projektlog rješenja** kojim bi se izvršilo usaglašavanje i optimalizacija projektovanih parametara tehnologije eksploatacije mineralnog resursa sa novostvorenim proizvodnim uslovima eksploatacije u izdavačkoj zoni ležišta mrkog uglja Pribojsko – Ugljevičkog ugljenog basena u zoni PK Bogutovo Selo – južna granica kopa u zoni groblja Sarije.

Na bazi izvršenog zoniranja stjenskog masiva predočenog u 2D i 3D dubinskim presjecima rezultata geofizičkih istraživanja uz primjenu kako metoda reflektivne i refrakcione seizmike, tako i geoelektrične tomografije u zoni istražnog prostora, potrebno je programirati realizaciju strukturnog bušenja u cilju kako, uzorkovanja stjenskih masa za laboratorijska geomehanička (*statičke metode*) ispitivanja, tako i za potrebe konačne litološke identifikacije registrovanih geofizičkih (*reflektivno seizmičkih, refrakciono seizmičkih i geoelektričnih*) horizonata.

Napomena: 3D presjeci stjenskog masiva u zoni istražnog prostora sa rezultatima provedenih geofizičkih istraživanja, nisu klasični izometrijski prikazi, već su to odabrane kopije ekranskih prikaza rotacije u prostoru prikaza rezultata geofizičkih istraživanja u 3D modelu stjenskog masiva u **AutoCAD** softverskom paketu.

Dubinski 2D geofizički (*reflektivno seizmički, refrakciono seizmički i geoelektrični*) presjeci sa kontinuiranom, odnosno tomografskom identifikacijom geofizičkih (*reflektivno seizmičkih, refrakciono seizmičkih i geoelektričnih*) horizonata, predstavljaju “most” između istražnih bušotina pomoću kog će se vršiti transfer podataka determinacije bušotina i rezultata laboratorijskih i in situ opita sa tačkastim karakterom istraživanja u ostale segmente stjenskog masiva zahvaćenih trasama istražnih geofizičkih profila.

Pored tekstualnog ukaza na rezultate istraživanja, grafički prikazi rezultata istraživanja sadrže još niz informacija i podataka o litološko-stratigrafskoj, strukturnoj i strukturno-tektonskoj građi podpovršinskog segmenta stjenskog masiva u zoni istražnog prostora, fizičko-mehaničkim svojstvima stjenskog materijala i ostalim montan-geološkim uslovima prirodnog i tehnogenog zaljeganja stjenskih masa u podpovršinskom segmentu stjenskog masiva u zoni istražnog prostora zahvaćenim trasama istražnih geofizičkih profila (*reflektivno seizmičkih: REFL, refrakciono seizmičkih: RF i geoelektričnih: LIS*), koji se koriste u oblasti inženjerske geologije i geotehnike.