

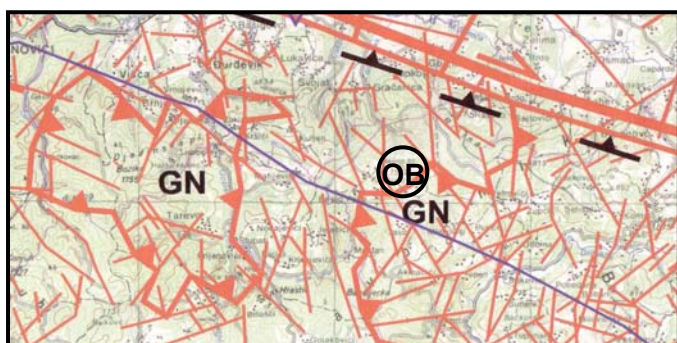
UNIVERZITET U TUZLI
RUDARSKO – GEOLOŠKO – GRAĐEVINSKI FAKULTET TUZLA

Dr. sci. Indira SIJERČIĆ, dipl. inž. geologije

**PUKOTINE I PUKOTINSKI SISTEMI KOSINA KAMENOLOMA U STRUKTURNO -
TEKTONSKI KOMPLEKSNI KREČNJAČKIM FORMACIJAMA**

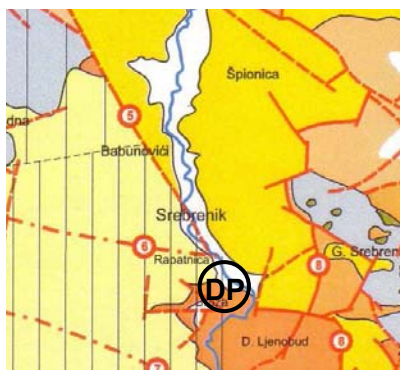
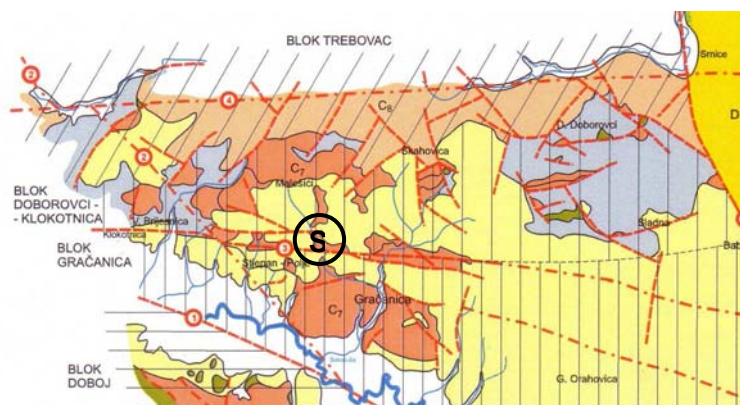
– Sažetak doktorske disertacije –

Istraživanja pukotina, pukotinskih sistema i drugih strukturno – tektonskih uticajnih faktora na uslove eksploatacije, vršena su na tri kamenoloma krečnjaka koji se nalaze u različitim strukturno – tektonski kompleksnim formacijama: „Oštro Brdo“ Gračanica – opština Živinice, „Sklop“ Malešići – opština Gračanica i „Duboki Potok – Bijela rijeka“ Duboki Potok – opština Srebrenik.



Strukturno – tektonsko oblikovanje ležišta krečnjaka „Oštro brdo“ vršeno je pod direktnim uticajem kretanja bliskih regionalnih struktura, koje predstavljaju Sprečki duboki rasjed, centralna ofiolitska zona i Golijska navlaka. Pravac pružanja ovih struktura je SZ – JI. Sve strukture su kretanje u lijevo, u pravcu SZ.

Šire područje ležišta „Sklop“ ograničavaju četiri velika rasjeda: Klokočnica, Rudanka – Srnice, Veličanka – Gračanica i Tinjsko – moluški duboki rasjed, koji grade blok oblika romboida nagnutog prema zapadu. Rasjed Veličanka – Gračanica u direktnoj vezi je sa Sprečkim dubokim rasjedom, južno od ovog bloka.



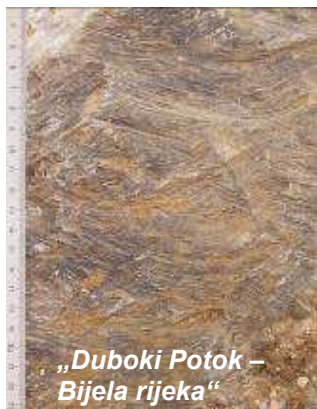
Ležište krečnjaka „Duboki Potok – Bijela rijeka“ nalazi se u neposrednoj blizini Tinjsko – moluškog dubokog rasjeda, duž kojeg su vršena kretanja koja su uslovlila pravce ubiranja i rasjedanja ovog krečnjačkog masiva. Na osnovu stepena sabijanja pojedinih slojeva na manji prostor, utvrđeno je horizontalno kretanje od 0,5 km na Tinjsko – moluškom dubokom rasjedu (I. Soklić, 1964).

Terenska istraživanja pukotina, pukotinskih sistema i drugih diskontinuiteta na radnim kosinama kamenoloma provedena su tokom 2005. godine.



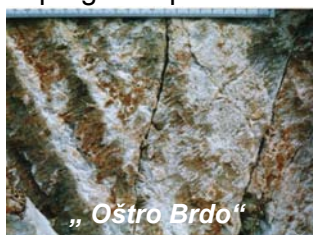
Istraživanja i sva mjerenja, obuhvatala su samo sistematske pukotine, koje grade pravilne skupove u sklopu, i od velikog su značaja za analizu geneze, naponskih stanja i elipsoida deformacija. Veliki broj, oko 1100 mjerenja, zadovoljio je kriterije statističkog uzorka; „slučajno“ izabran u statističkom smislu i dovoljno velik da odražava zakonitosti populacije.

Sistematske pukotine na ležištu krečnjaka „Oštro Brdo“



„Duboki Potok –
Bijela rijeka“

Na rasjednim ravninama, osim elemenata pada, mjereni su uglovi zakosa ζ tragova kretanja i određivano je relativno kretanje krila rasjeda. Za svaki izmjereni ugao zakosa urađen je Šmitov dijagram i izvršena rekonstrukcija pravaca djelovanja glavnih napona i prognoza pukotinskih sistema.

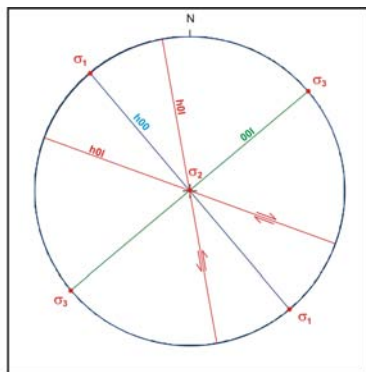


„Oštro Brdo“

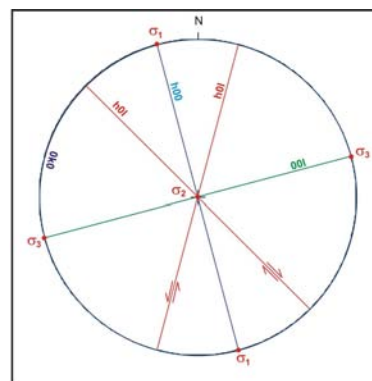


„Sklop“

Rasjedi u ležištima „Oštro brdo“, „Sklop“ i „Duboki Potok – Bijela rijeka“ su intermitentni rasjedi koji imaju više perioda kretanja, različitih po pravcu i smjeru, što ukazuje da je u strukturnom oblikovanju ležišta bilo prisutno nekoliko kinematskih faza, vjerovatno vremenski dosta razmaknutih.



Desno kretanje po Sprečkom rasjedu (dijagram lijevo) proizveo je potisak iz pravca SSZ (320°) koji je doveo do nastanka Tinjsko – moluškog i rasjeda Veličanka – Gračanica. Kretanje po ovim rasjedima (dijagram desno) proizveo je potisak iz pravca JJI (165° , 162°), što odgovara pravcu vladajućeg potiska u litosferi srednje Evrope od 163° (I. Soklić, 1964)). Djelovanjem regionalnih napona istog pravca, nastali su i drugi veliki rasjedi na ovom području, čijim kretanjem je vršeno strukturno – tektonsko oblikovanje istraživanih ležišta. Regionalni naponi pravca SSZ – JJI vršili su sjeverozapadna desna i sjeveroistočna lijeva horizontalna kretanja.

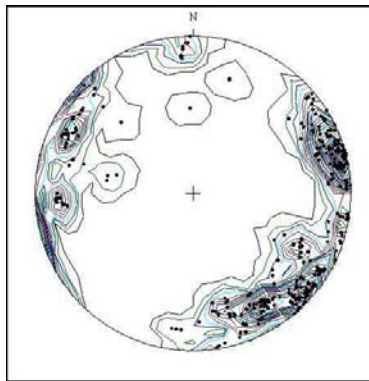


Prema mehanizmu nastanka, rasjedi su određeni kao tenzioni i rasjedi smicanja. Prelaskom kompresionih u tenzione napone, mijenja se smjer kretanja duž rasjednih ravnina, a pukotine relaksacije prelaze u rasjede smicanja. Duž rasjednih ravnina vršena su uglavnom horizontalna kretanja, sa djelimično izraženom gravitacionom komponentom.

Prema mehanizmu nastanka, rasjedi su određeni kao tenzioni i rasjedi smicanja. Prelaskom kompresionih u tenzione napone, mijenja se smjer kretanja duž rasjednih ravnina, a pukotine relaksacije prelaze u rasjede smicanja. Duž rasjednih ravnina vršena su uglavnom horizontalna kretanja, sa djelimično izraženom gravitacionom komponentom.

Pukotine i rasjedi, sistematizovani su prema dvije osnovne klasifikacije: morfološkoj i kinematskoj. Morfološka klasifikacija određuje grupe prema azimutima pada i padnim uglovima, a time i položaj u odnosu na geološku strukturu ili radne kosine kamenoloma.

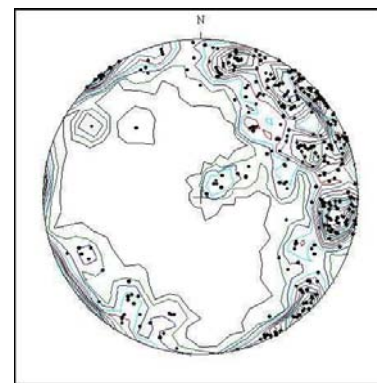
Kinematska klasifikacija je mnogo teža jer su pukotine i rasjedi prošli kroz više kinematskih faza, i u svakoj, zadržavale ili mijenjale kinematski tip.



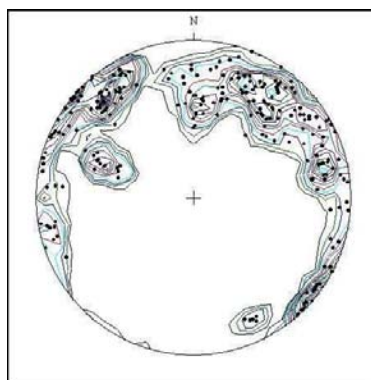
Σ 381; 0,01 – 0,50 – 100 %

Konturni dijagram pukotina i pukotinskih sistema na ležištu krečnjaka „Oštro Brdo“ pokazuje 12 pukotinskih sistema, bolje ili slabije izraženih. Pukotinski sistemi su izdvojeni u grupe prema vrijednostima azimuta pada, u okviru kojih su se razlikovali sistemi sa različitim vrijednosti padnih uglova. Najbolje su razvijeni pukotinski sistemi azimuta pada od 230° do 320° . Na radnim kosinama nisu registrovane pukotine azimuta pada od 0° do 80° i od 180° do 230° .

Konturni dijagram pukotina i pukotinskih sistema na ležištu krečnjaka „Sklop“ ne pokazuje uređen pukotinski sklop pa je izdvojeno 15 pukotinskih sistema različitih azimuta pada i padnih uglova. Na kamenolomu nisu registrovane pukotine azimuta pada od 340° do 10° i od 70° do 120° . Pukotinski sistemi su uglavnom orijentisani azimom pada od 200° do 340° .



Σ 382; 0,01 – 0,50 – 100 %

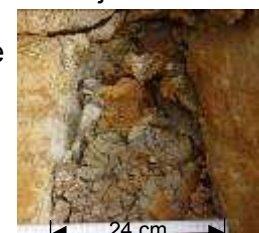


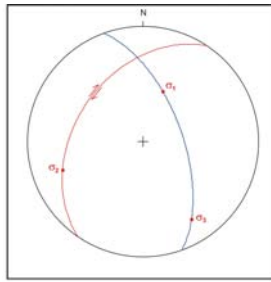
Σ 286 0,50 – 1,00 – – 100 %

Konturni dijagram pukotina i pukotinskih sistema na ležištu krečnjaka „duboki Potok – Bijela rijeka“ pokazuje nešto bolje uređen pukotinski sklop i koncentraciju pukotina oko jugozapada i jugoistoka. Prema azimutima pada i padnim uglovima izdvojeno je 8 pukotinskih sistema. Najzastupljenije su pukotine azimuta pada od 170° do 220° . Nisu registrovane pukotine azimuta pada od 335° od 73° , od 150° do 170° i od 275° do 290° .



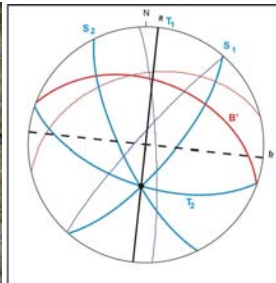
Pukotinska ispuna različita je za svako ispitivano ležište. U ležištu „Oštro Brdo“ predstavljena je krečnjačkim brečama, glinovitom ispunom, konglomeratima u višim, i zjapećim kavernama nepoznatih dimenzija u nižim dijelovima ležišta (gore lijevo). U ležištu „Sklop“ to su uglavnom razne vrste glina, a duž nekih pukotina javljaju se zjapeće kaverne manjih dimenzija (desno). Na istočnoj strani ležišta „Duboki Potok – Bijela rijeka“ javlja se bogata kalcitna ispuna, debljine preko 30 cm, koja se smanjuje prema hipsometrijski višim dijelovima ležišta, a prema zapadu postepeno prelazi u glinovitu (dole lijevo).





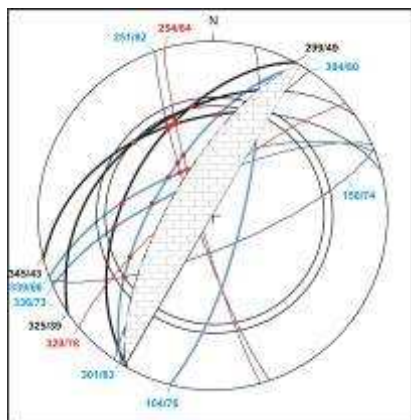
Ravnine slojevitosti u ležištu „Oštro Brdo“ orijentisane su padom prema SZ, što je posljedica kretanja Golijske navlake iz pravca JI. Srednja statistička vrijednost elemenata pada iznosi 325/39. Maksimalni glavni napon iz pravca SSI vršio je kretanja duž ravnina slojevitosti.

Ravnine slojevitosti u ležištu „Sklop“ ujednačenih su elemenata zalijeganja, približno horizontalnog položaja, pružanja u pravcu SSI. Horizontalna kretanja u ležištu, vršila su horizontalno pomijeranja, nisu registrovani skokovi duž rasjednih ravnina, pa ravnine slojevitosti možemo pratiti, skoro u kontinuitetu na radnim etažama kamenoloma.



U sjevernom krilu antiklinale ležišta Duboki Potok – Bijela rijeka javljaju se slojeviti krečnjaci, sa padom prema SSZ, i bankoviti, sa padom prema SSI. Nabiranje krečnjačkog masiva proizveo je tenzioni napon, pravca približno S – J, upravan na osu antiklinale, odnosno, radi se o nabiranju uz izrazito izdizanje.

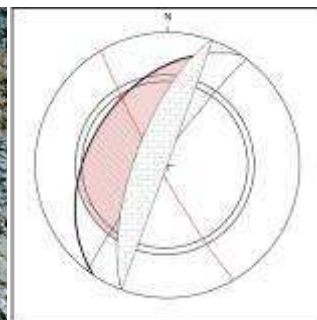
Rezultati istraživanja pukotina, pukotinskih sistema, rasjeda i ravnina slojevitosti, primijenjeni su na pravce napredovanja radnih kosina kamenoloma, pa su za kamenolom „Oštro Brdo“ analizirana dva, za kamenolom „Sklop“ četiri, a za kamenolom „Duboki Potok – Bijela rijeka“ tri pravca. Ugao trenja nije isti u svim dijelovima ležišta i na dijagramima je predstavljen sa dva kruga trenja.



Napredovanje kamenoloma „Oštro Brdo“ vrši se u pravcu JI, upravno na pravac pružanja ležišta. Potencijalne nestabilnosti radnih kosina identifikovane su u vidu ravninskih loma na jednom diskontinuitetu i klinastih lomova na dva i više diskontinuiteta.

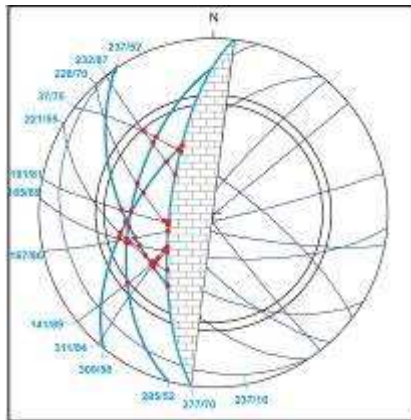
Na dijagramu (lijevo) izdvojeni su diskontinuiteti po kojima se događaju ravninski lomovi paralelno ili pod nekim uglom u odnosu na radnu etažu. Na presjeku ovih diskontinuiteta sa poprečnim diskontinuitetima, označeni su nepovoljni presjeci koji dovode do formiranja klinastih lomova.

Klinasti lomovi usitnjavaju stijensku masu u manje blokove, koji se sukcesivno pokreću na radnoj kosini. Kada ne bi postojali poprečni diskontinuiteti u ležištu, dolazilo bi do klizanja u kamenolom blokova krečnjaka velikih dužina i zapremine.



Klinasti i ravninski lom u vrhu etaže 430 m

Za četiri analizirana pravca napredovanja radnih etaža na kamenolomu „Sklop“ dobijen je različit uticaj na stabilnost istih pukotinskih sistema i rasjeda u ležištu. Važno je napomenuti da oko 40 % površine kamenoloma nije bilo dostupno za direktno mjerenje.

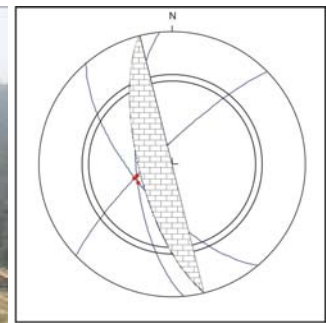


Identifikacija potencijalne nestabilnosti duž pukotinskih sistema na jednom od analiziranih pravaca

Nestabilnost u vidu prevrtanja blokova identifikovana je samo na jednom od analiziranih pravaca.

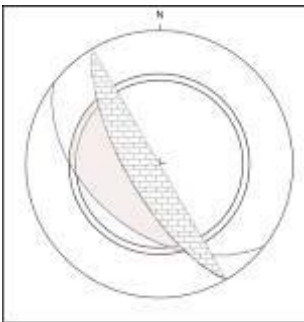
Zbog slabije uređenosti pukotinskog sklopa u odnosu na druga dva istraživana kamenoloma, i velikog broja podataka, pukotinski sistemi i rasjedi su analizirani na odvojenim dijagramima. Ravninski lomovi identifikovani su samo duž pukotinskih sistema. Na Šmitovim dijagramima, dva pravca, pokazuju ravninske lomove paralelne radnim kosinama, a druga dva pravca, ravninske lomove pod uglom u odnosu na radnu kosinu.

Broj klinastih lomova je različit za iste analizirane pravce. Na tri pravca klinasti lomovi se događaju duž presjeka rasjeda i pukotinskih sistema, a na jednom pravcu samo na presjecima pukotinskih sistema.



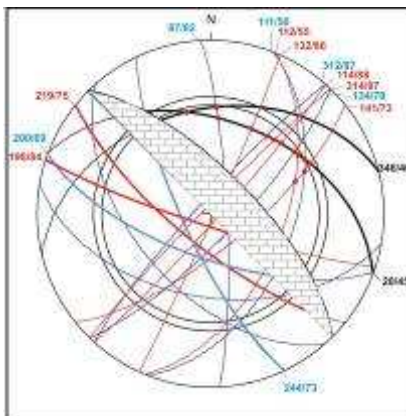
Klinasti lom u vrhu etaže 310 m

Izdvojeni pukotinski sistemi nisu zastupljeni ravnomjerno u svim dijelovima ležišta. Neki pukotinski sistemi su određeni na osnovu relativno malog broja mjerenja.



Ravninski lom iz 2002. god, južna strana kamenoloma

Na slabo izraženim pukotinskim sistemima, može se dogoditi velika nestabilnost, kao što se dogodio ravninski lom na jednom diskontinuitetu marta 2002. godine. U jednom trenutku došlo je do progresivnog sloma, pokretanja i klizanja oko 10.000 – 12.000 m³ stijenske mase u osnovni plato kamenoloma.



Napredovanje radnih etaža na kamenolomu „Duboki Potok – Bijela rijeka“ vrši se u pravcu jugozapada, pod ostrim uglom na pravac pružanja ose antiklinale. Najnepovoljniji položaj za stabilnost radnih kosina imaju ravnine slojevitosti bankova. Pravci radnih etaža presjecaju ih pod uglom, pa je identifikovan ravninski lom na jednom diskontinuitetu sa bočnim ispadanjem blokova krečnjaka. Na ovoj ravnini slojevitosti nalaze se skoro svi klinasti lomovi, u nepovoljnim presjecima sa pukotinskim sistemima i rasjedima.



Čeono otkidanje i prevrtanje blokova odvija se duž pukotinskih sistema, suprotnog pada, približno paralelnih radnim kosinama. Padni ugao ovih pukotinskih sistema veći je od nagiba radne kosine.

Sistem pukotina sa padom suprotno nagibu radne kosine

Analizirajući odnose pukotina, pukotinskih sistema i drugih diskontinuiteta sa uglom trenja i orijentacijom kosina, može se učiniti da na radnim kosinama istraživanih kamenoloma postoji značajan dio nestabilnih područja. Postoje i dijelovi ležišta u kojima, u periodu istraživanja, nisu registrovani određeni pukotinski sistemi, ni drugi strukturni elementi. Uticaj opšte orijentacije pukotinskih sistema na stabilnost, ipak je analizirana i prikazana na dijagramima, u slučaju da se ti pukotinski sistemi pojave u toku buduće eksploatacije na nekim od pravaca napredovanja radnih kosina kamenoloma.

Neki pravci su povoljni, a neki nepovoljni, više ili manje, za sadašnje uslove eksploatacije. Novom orijentacijom pravaca napredovanja radnih kosina, tj. zakretanjem pravaca napredovanja kamenoloma, mogli bi se izbjeći nepovoljno orijentisani diskontinuiteti koji uzrokuju nastanak različitih vrsta nestabilnosti.

Poznavajući padne uglove nepovoljno orijentisanih ravnina pukotina i pukotinskih sistema, može se odrediti širina radnog platoa u pojedinim dijelovima kamenoloma, i spriječiti proširenje nestabilnosti na ostale etaže. Održavanjem manje visine radne etaže, u izuzetno nepovoljnim dijelovima kamenoloma, može se kontrolisati nestabilnost kosine.

U budućoj eksploataciji na istraživanim kamenolomima, od velikog značaja je praćenje razvoja pojedinačnih pukotina, pukotinskih sistema i ostalih strukturno – tektonskih elemenata u ležištu. Inženjersko – geološka istraživanja pukotina i pukotinskih sistema na ležištu kamenoloma „Duboki Potok – Bijela rijeka“, vršena 2002. i 2005. godine, pokazuju da postoje određene pravilnosti u njihovom pojavljivanju na etažama kamenoloma, što je od velikog značaja za sigurnost eksploatacije, uslove miniranja, pravce napredovanja radova, prelazak na gravitaciono dobivanje, i dr. i što treba iskoristiti kod određivanja uslova eksploatacije na istraživanim, i svim ostalim, kamenolomima, jer to omogućava povećanu sigurnost, maksimalnu ekonomičnost eksploatacije mineralne sirovine i optimalno iskorištenje ležišta.

*
* *

Mentor rada Dr. sci. Enver MANDŽIĆ, redovni profesor.

Doktorska disertacija odbranjena 28. 02. 2007. godine.

Broj UDK JU Narodna i univerzitetska biblioteka „Derviš Sušić“ Tuzla

551.243:553.551

553.551:624.131.1

Doktorska disertacija ima 174 stranice, 60 dijagrama i 99 slika inkorporiranih u tekst i 5 uvezanih grafičkih priloga.