

Факултет: Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

1/78Веће научних области техничких наука

(Назив већа научних области коме се захтев упућује)

(Датум)

26.04.2011.**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду („ Гласник Универзитета“, бр. 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Мр Владимира (Радослав) Чебашека, дипл. инж. рударства

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ

Мр Владимир (Радослав) Чебашек, дипл. инж. рударства

(име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„ГЕОМЕХАНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА СТЕНСКОГ МАСИВА ЗА ПОТРЕБЕ СКЛАДИШТЕЊА МАТЕРИЈАЛА
У ОТКОПАНИМ ПРОСТОРИМА“ Из научне области: Рударство

Универзитет је дана 24.02.2003.
 докторске дисертације која је гласила:

својим актом под бр.

03 Број: 35/1-16

дао сагласност на предлог теме

„ГЕОМЕХАНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА СТЕНСКОГ МАСИВА ЗА ПОТРЕБЕ СКЛАДИШТЕЊА МАТЕРИЈАЛА У
ОТКОПАНИМ ПРОСТОРИМА“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата

мр Владимира (Радослав) Чебашека, дипл. инж. рударства

(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 23.12.2010., одлуком факултета под бр. 1/400, у саставу:

Име и презиме члана комисије

звање

научна област

1. др Божо Колоња, ред. проф. Рударство
2. др Небојша Гојковић, ред. проф. Рударство
3. др Радмило Обрадовић, научни саветник у пензији Геологија
4. _____
5. _____

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 21.04.2011.

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедба било.



3. ДЕКАН
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Владица Цветковић

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.04.2011. године, сходно члану 175. став 4. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је

ОДЛУКУ

1. Усваја се извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **мр Владимира Чебашека**, дипл. инж. рударства, под насловом „*Геомеханичка истраживања стенског масива за потребе складиштења материјала у откопаним просторима*“, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 24.02.2003. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Божо Колоња, ред. проф.; др Небојша Гојковић, ред. проф.; др Радмило Обрадовић, научни саветник у пензији.
4. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
5. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.



Председавајући Већа

[Signature]
др Драган Игњатовић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај о докторској дисертацији
мр Владимира Чебашека, дипл. инж. рударства

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду бр. 1/400 од 24.12.2010. године именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Владимира Чебашека, дипл. инж. рударства под насловом:

**”ГЕОМЕХАНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА СТЕНСКОГ МАСИВА ЗА ПОТРЕБЕ
СКЛАДИШТЕЊА МАТЕРИЈАЛА У ОТКОПАНИМ ПРОСТОРИМА”**

Комисија подноси Наставно-научно већу Рударско-геолошког факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

- Наслов и обим дисертације**

Докторска дисертација кандидата мр Владимира Чебашека, дипл. инж. рударства под насловом **”ГЕОМЕХАНИЧКА ИСТРАЖИВАЊА СТЕНСКОГ МАСИВА ЗА ПОТРЕБЕ СКЛАДИШТЕЊА МАТЕРИЈАЛА У ОТКОПАНИМ ПРОСТОРИМА”**, садржи текстуални део на укупно 269 нумерисаних страна, 115 табела и 147 слика.

- Хронологија одобравања и израде дисертације**

Докторант (кандидат)	мр Владимир Чебашек, дипл. инж. рударства
Тема дисертације	Геомеханичка истраживања стенског масива за потребе складиштења материјала у откопаним просторима
Ментор	проф. др Божо Колоња
Научна област	Рударство
Ужа научна област	Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена
Пријава кандидата	22.10.2002. године
Одлука ННВ РГФ УБ о теми, квалификованости кандидата и ментора	Одлука бр. 1/3 од 09.01.2003. године
Одлука Стручног већа за рударске и геолошке науке Универзитета у Београду о давању сагласности	Одлука 03 бр. 35/1-16 од 26.12.2002.године
Формирање Комисије на ННВ РГФ УБ за оцену и одбрану докторске дисертације	Одлука бр. 1/400 од 24.12.2010. године

- **Место дисертације у одговарајућој научној области**

Научна област докторске дисертације је рударство, а ужа научна област експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена.

- **Биографски подаци о кандидату**

Владимир Чебашек је рођен 04.11.1973 године у Београду. Основну и средњу школу похађао је у Београду, где је 1992. године матурирао са одличним успехом. Школске 1992/93. године уписао се на Рударско-геолошки факултет, Рударски одсек, на коме је апсолвирао новембра 1997. године. Испите предвиђене статутом је положио са просечном оценом 8,57. 26.11.1997 године одбранио је дипломски рад под насловом *“Упоредна анализа стабилности косина површинског копа “Заград” са оценом 10.*

Након дипломирања 28.06.1998. године запослио се на Рударско-геолошки факултет у Београду, у звање асистента-приправника за предмет МЕХАНИКА СТЕНА, где и данас ради.

Школске 1998/99. године уписао се на III степен студија на Рударско-геолошком факултету у Београду. 28.06.2002. године успешно је одбранио магистарски рад, под насловом *“Избор параметара чврстоће на смицње чврстих стена за потребе пројектовања у рударству”*. 28.02.2001. године положио је стручни испит прописан за дипломирање инжењере рударства.

23.01.2003. изабран је у звање асистента за ужу научну област: група предмета на Катедри за механику стена.

У досадашњем раду највише времена провео је на радовима везаним за испитивање физичко-механичких и техничких особина стена, руда и угља, проучавању стабилности косина површинских копова и одлагалишта, као и на осталим проблемима из области примењене механике стена.

У току свог истраживачког рада објавио је 34 стручних и научних радова, био је коаутор једне монографије и четири књиге из области стабилности косина површинских копова и одлагалишта. Учествовао је у изради 5 студија, 132 привредна пројекта, елабората и извештаја и на више истраживачких пројеката финансираних од стране Министарства за науку.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидата мр Владимира Чебашека, дипл. инж. рударства под насловом *“Геомеханичка истраживања стенског масива за потребе складиштења материјала у откопаним просторима”*, представљена је текстуалним делом са укупно 269 нумерисаних страна у девет поглавља. Поред тога, рад садржи 147 слика и дијаграма и 115 табела. На крају текстуалног дела рада, дат је списак од 73 коришћена литературна навода.

С обзиром на предмет истраживања и постављене циљеве, структура ове дисертације је изложена у девет поглавља.

1. Увод,
2. Могућност складиштења материјала у склопу рударске производње,

3. Основе пројектовања у геомеханици,
4. Улазни параметри за потребе пројектовања,
5. Емпиријске методе пројектовања у геомеханици,
6. Аналитичке методе пројектовања у геомеханици,
7. Утицај времена у геомеханици,
8. Геомеханичко пројектовање стабилности косина и
9. Закључак.

• Кратак приказ појединачних поглавља

У **уводном делу** је приказан процеса добијања добивања корисних минералних сировина из Земљине коре помоћу савремених рударских технологија. Увидом у активности рудника и складиштења материјала, јасно се може уочити истоветност радова, а инверзност циљева, тј. рудно тело желимо извадити из Земљине коре, а одређени материјал складиштити у Земљу. Све ово даје обавезу и право рударским стручњацима да се више и смелије укључе у ову проблематику, посебно што се складиштење материјала може повезати и са напуштеним рудницима и природним просторима погодним за ове намене.

У урбаним срединама, где не постоје напуштени или активни рудници, који представљају погодан простор за складиштење материјала, постоји могућност изградње наменских објеката претежно подземних. Економске анализе трошкова изградње и одржавања наменских подземних складишта показују велику рентабилност у односу на конвенционалне резервоаре и складишта на површини, а при томе не треба занемарити стратешки војни значај и очување животне околине. У току последњих година може се приметити тенденција повећања изградње подземних складишта у различитим геолошким формацијама, те се на подземни простор треба гледати као природни ресурс који треба мудро користити, исто онако како се користе вредни минерали и водени потенцијали.

Суштину функционалности и економске исплативости развоја овакве инфраструктуре представља утврђивање постојања повољних геомеханичких услова у самом стенском масиву. Други услов представља познавање одговарајуће технологије, посебно њена економска и техничка својства. Све ово нам указује да је суштински најбитније познавати стенски масив не само са геолошке стране, већ га је потребно детаљно геомеханички сагледати и упознати кроз класификације, испитивања и детаљне анализе.

За детаљну геомеханичку анализу утицаја израде објеката на стенски масив користе се геомеханички модели стенског масива, који мање или више прецизно опонашају стенски масив у природи. За стварање модела стенског масива потребно је извести низ истраживања, испитивања и мерења, како у природним условима "in situ", тако и у лабораторији. Често наведена испитивања се разликују од уобичајених метода за испитивање стенског масива, јер требају да омогуће детаљнији опис одређених својстава стенског масива, као што су способност пузања, сталних (континуалних) деформација, чак и под утицајем великог напона. На овај начин је једино могуће дати тачну прогнозу и оцену могућности коришћења одређеног простора за складиштење материјала.

Из тих разлога и циљ овог рада је да прикаже како треба приступити геомеханичком пројектовању оваквих објеката, које подлоге је неопходно припремити,

као и која истраживања и испитивања треба спровести да би се израдио геомеханички модел и на тај начин свестрано и детаљно сагледао потенцијал одређене локације за складиштење материјала.

У првом поглављу је приказана могућност складиштења материјала у склопу рударске производње. Човек је, још од прапочетака цивилизације, користио природне подземне објекте као просторије за живљење и чување намирница. Ово је представљало веома ефикасан начин за искоришћење непосредне околине, као што је то и данас. Рударском производњом обухваћен је процес уклањања јаловинских наслага чиме се омогућава откопавање корисне минералне сировине. На овакав начин ствара се слободан простор који може да се искористи за различите намене укључујући и складиштење материјала.

У оквиру површинске експлоатације обухваћен је скуп свих активности којима се врши уклањање откривке у кровини и подини лежишта са циљем да се приступи и откопа корисна минерална сировина. Откопавање великих количина откривке, које по правилу знатно премашују количину корисне минералне сировине, представља суштину површинске експлоатације. Код оваквих система експлоатације јасно се може уочити да се, истовремено, са напредовањем радова на откопавању рудног тела ствара слободан простор, који може да послужи за врло ефикасно складиштење разних материјала. Ово је посебно интересантно ако се у обзир узме да су приликом експлоатације на површинском копу и код самог складиштења материјала исти припремни, текући и завршни радови (технологија), као и да се поклапају век експлоатације минералне сировине и складиштења материјала. Ово даје могућност да се стручњаци из области рударства више и смелије укључе у проблематику искоришћења површинских копова за потребе складиштења материјала.

Подземна експлоатација минералних сировина обавља се у лежиштима веома различитих рударско-геолошких карактеристика. У подземној експлоатацији се са напредовањем радова на откопавању рудног тела ствара слободан простор, који може да послужи за врло ефикасно складиштење разних материјала. Дакле, рударском производњом ствара се нови – слободни простор, издваја се кровински и међуслојни јаловински материјал који се мора ионако негде сместити, постоји механизација која може да задовољи потребе рударске производње и истовремено складишти разне материјале, те на крају радна посада која све активности око складиштења материјала може највећим делом обавити успутно. Врло је значајно да, концептом укључивања складиштења отпадног материјала у откопане рударске просторе током текуће производње омогућено је брзо – тренутно прекривање складиштеног материјала већ како он буде пристизао од стране задужене организације.

У новије време се израђују и наменске подземне просторије које се користе за изградњу објеката различитих намена као што су: хидроелектране, складишта различитих врста материјала, архивски простори, одбрамбени системи, концертне дворане, цркве, спортски објекти и др. У густо насељеним областима, мањак слободног простора на површини терена нас ограничава да велике објекте градимо даље од урбаних срединам, док се подземне просторије, које се често налазе или се могу изградити у непосредној близини, могу користити за изградњу оваквих објеката упркос чињенице да је потребно извршити и пројектовање приступа, осветљења, климатизације итд. Трошкови одржавања оваквих објеката су слични или чак мањи од трошкова код објеката на површини терена. Предности коришћења подземних просторија подразумева знатно стабилнију температуру, мање трошкове грејања и затворену, сигурнију околину.

Подземна складишта нафте и гаса представљају широко примењену и економски оправдану замену за површинске објекте исте намене. Овакви објекти омогућавају бољу заштиту околине и коморе које се налазе на већим дубинама су идеална за складишта под притиском, под условом да опште особине стена задовољавају ове потребе. Складиштење нафте и гаса у откопаним подземним просторијама представља релативно јефтин и практичан поступак и ово је веома битно за њихов транспорт и даље коришћење. Овакав систем складиштења може бити исплатив уколико се минимална запремина складишног простора креће у границама од 45000 м³ до 70000 м³.

Проблем одлагања нуклеарног отпада довео је до идеје да се за одлагање искористе и подземни објекти на већим дубинама. Током дугог низа година предложени су многи концепти за трајну изолацију отпада високог нивоа радиоактивности, који су обухватили одлагање отпада испод дан мора или одлагање у свемиру, али се метода одлагања у подземним просторијама у одговарајућим геолошким срединама сматра као најповољније решење. Целокупни концепт одлагања нуклеарног отпада у дубоким геолошким складиштима ствара велике изазове, како са техничке, тако и са друштвено-економске тачке гледишта. Циљ одлагања у подземним просторијама у одговарајућим геолошким срединама је да се обезбеди сигурна изолација нуклеарног отпада за најмање 10.000 година да би се укупна емисија радијације у непосредно окружење, у току рада самог складишта, као и након његовог затварања, смањила на најмању могућу меру.

У овом поглављу приказана су и основна геомеханичка истраживања која имају врло важну улогу у самом пројектовању и изградњи складишта, као и у самој експлоатацији складишта.

У другом поглављу описане су основе пројектовања у геомеханици. Уопштено, инжењерско пројектовање представља процес стварања система, компоненте или процеса којим се задовољавају одређене потребе. Ово је процес доношења одлука (често итеративан) у коме се примењују основне науке, математика и инжењерске науке, да би се одређени ресурси оптимално прилагодили да задовоље захтевани циљ. Основни елементи процеса пројектовања су: уочавање одређене потребе или могућности, одабир или стварање методе, концепта или модела, анализа и/или испитивање, одлучивање, развој и примена. Суштински део процеса представљају синтеза и анализа, које имају главну улогу и истовремено се међусобно надопуњују. Процесом пројектовања је потребно узети у обзир и социолошке, економске, естетске, правне и етичке аспекте. Сходно претходном, решење било ког стварно инжењерског (геомеханичког) проблема никад није чисто технолошко.

У оквиру овог поглавља приказане су методе пројектовања у геомеханици, а које се могу сврстати у следеће категорије: емпиријске методе, аналитичке методе и опсервационе методе. Поред наведених, приказана су и још два приступа, и то: геолошке технике и придржавање законских ограничења (рударска законска регулатива). *Емпиријске методе* омогућавају утврђивање стабилности рудника и тунела на основу примене статистичке анализе резултата прегледа и осматрања објеката. Инжењерске класификације стенског масива представљају најбољи емпиријски поступак за одређивање стабилности рударских објеката израђених у стенском материјалу. У задње време класификације стенског масива имају значајну примену, тако да се користе као једина практична основа за пројектовање у рударству. *Аналитичке методе* се заснивају на анализи напона и деформација у околини рударских објеката. Ове методе обухватају технике као што су системи са јединственим решењем, нумеричке методе (коначни елементи, коначне разлике, гранични елементи), аналогне симулације (електричне и фотоеластичне) и физички модели. *Опсервационе методе* се ослањају на стварно праћење (мониторинг) померања терена током ископа у циљу утврђивања мерљиве нестабилности

и за анализу међусобног утицаја подграде и стенског масива. Иако се овај приступ разматра као засебна група метода, опсервација представља једини начин да се провере резултати и предвиђања других метода. *Геолошке методе* се примењују да би се утврдиле геолошке структуре и друга својства стенског масива која утичу на структурну стабилност рударских објеката. За ове потребе се користе истражно бушење, геолошко картирање, аерофотограметрија, анализа топографије терена и сателитско снимање. Такође, користи се и метода анализе ризика, а све чешће се примењује геолошко осматрање из свемира помоћу сателита или свемирских летилица. *Усклађеност са одговарајућом законском регулативом* мора бити узета у обзир приликом анализе резултата примењене методе за пројектовање, јер пројектант мора да усагласи пројектна решења за законском регулативом из области рударства, као и са ограничењима експлоатације као што су: одводњавање, транспорт, проветравање и др. Такође, треба навести једну врло битну чињеницу да ниједан геомеханички пројекат се не може сматрати завршеним све док се изградња самог објекат не заврши.

У **трећем поглављу** приказани су улазни параметри за потребе геомеханичког пројектовања. Обезбеђивање поузданих улазних података за пројектовање објеката у стенском масиву је један од најтежих задатака са којим се инжењер пројектант сусреће. Веома је битно да квалитет улазних параметара задовољи потребе сложености одређене методе за пројектовање. Често се показало да су одређене методе пројектовања, као што су нумеричке технике, надмашиле наше могућности да обезбедимо квалитетне улазне податке који су неопходни за примену ових метода. Очигледно, треба схватити да уколико се користе нетачни улазни подаци добићемо и нетачне податке и информације као резултат пројектовања. Говорећи информатичким речником, овој ситуацији би у потпуности одговарала изрека "ђубре улази, ђубре излази".

Улазне информације које су неопходне за геомеханичко пројектовање уопштено обухватају геолошки опис и класификацију стенског масива, процену примарног напонског стања и механичких својстава, који дефинишу стенски масив у његовом природном стању. Без обзира који се поступци и технике примењују за утврђивање улазних параметара, неопходно је нагласити да сваки поступак и техника требају да буду примењени само ако могу да задовоље потребе конкретног пројекта. Другим речима, мерење и истраживања морају бити пажљиво планирана и усклађена са наменом пројекта, при чему свако извршено истраживање и испитивање треба претходно у потпуности сагледати и оправдати. Стога, неке може бити изненађујуће чињеница да су за потребе бројних пројеката широм света спроведена обимна истраживања чији су резултати представљали слабу основу за даље пројектовање објеката у стенском масиву. Иако је велика количина новца и труда уложена у ова истраживања.

Утврђивање улазних података за потребе пројектовања обухвата геолошко картирање локације, утврђивање напонског стања, утврђивање стања подземних вода и утврђивање механичких својстава стенског масива.

У **четвртном поглављу** приказане су емпиријске методе пројектовања које повезују практично искуство стечено у претходним пројектима са стањем које је затечено на конкретној локацији. Класификациони системи стенског масива представљају основу емпиријског приступа у пројектовању и имају веома широку примену у геомеханичком пројектовању. У стварности, у многим пројектима примена класификационих система представља једину практичну основу за пројектовање врло сложених рударских конструкција. Код већине површинских и подземних рударских објеката који се данас израђују су примењени поједини класификациони системи. Најчешће коришћена и најпознатија класификација је Terzaghi-јева теорија свода растерећења која је предложена давне 1946. године. Од тада па до данас овај класификациони систем је измењен (Deeg и

сарадници, 1970) и предложени су нови класификациони системи стенског масива. Ови системи су обухватили нова сазнања у технологији подграђивања, посебно сидрењем и прсканим бетоном, као и потребе различитих области пројектовања у рударству: ходника, комора, поткопа, косина и темеља. Данас, постоји више различитих класификационих система стенског масива, тако да су у овом поглављу приказани само они системи који се најчешће примењују.

У области пројектовања и изградње рударских објеката различити системи класификације се користе као помоћно средство. Ови системи класификације засновани су на једном или више различитих параметара, који могу бити међусобно повезани али не морају, а што све зависи од степена сложености система класификације и параметара који се користе. До ових параметара обично се долази или аналитички, путем осматрања већ израђеног објекта на терену, или на основу емпиријских података прикупљених приликом изградње сличних рударских објеката и у сличним радним условима.

Основа свих класификационих система су различити показатељи и они могу бити: емпиријски, квалитативни и квантитативни. Који ће од ових показатеља бити коришћен, то искључиво зависи од расположивих података, њиховог нивоа поузданости и степена истражености стенског масива или разматране појаве. *Емпиријски показатељи* предстаљају искуствене податке добијене у неким другим стенским масивима за које се процењује да су сличних или истих карактеристика и понашања као и стенски масив који анализирамо. *Квалитативни показатељи* засновани су на конкретнијим подацима добијеним одговарајућим испитивањима стенског масива, на основу којих је могуће детаљније квалитативно одређивање. *Квантитативни показатељи* дају већ знатно прецизније податке о квалитету и својствима стенског масива, не само за једну тачку већ по читавој површини и запремини рударских објеката. Овим показатељима обухваћене су и бројчане вредности основних својстава стенског масива, као што су: степен испуцалости, чврстоћа, деформабилност, отпори према резању, хидролошки параметри и друга својства.

Класификациони системи стенског масива могу бити веома корисни у почетним фазама пројектовања када се располаже са врло мало детаљних података или их уопште нема. Под овим се подразумева потпуно исправна и доследна примена изабраног система. Улазни параметри за класификационе системе су често везани за описивање стања дисконтинуитета, као што су број пукотинских система, растојање између пукотина, храпавост површина пукотина, распаднутост и испуњеност пукотина, стање подземних вода, а понекад се користи и чврстоћа непоремећеног стенског материјала и интезитет напона. Резултат примене класификационих система је субјективна процена стабилности која је одређена изразима као што су лоше, прихватљиво, добро или врло добро. Вредности које се одређују појединим класификационим системима омогућавају примену критеријума лома којима се врши процена или прорачун чврстоће стенског масива. Такође, применом класификационих система могуће је проценити који систем подграђивања је неопходно применити за обезбеђење стабилности рударских објеката.

Постојећи системи класификације најчешће су засновани на искуствима стеченим код већ изграђених рударских објеката, и везани су за имена истраживача који су их предложили или институција у којима су ови истраживачи радили. Сви класификациони системи разматрају стенски масив са становишта стене као материјала, са становишта стабилности стенског масива после израде рударског објекта и са становишта радних услова. Ова подела је исувише начелна и груба, али ипак омогућава да се изврши раздвајање стенске масе у одговарајуће групе, као и да се издвоје зоне са приближно истим понашањем. Тиме је касније омогућена основна подела за потребе дефинисања рударских профила и припрему података за израду нумеричких модела.

У петом поглављу су приказане аналитичке методе пројектовања у геомеханици. Ове методе подразумевају формулацију и примену одређених концептуалних модела за потребе пројектовања. Циљ ових метода пројектовања је да се симулира понашање и реаговање природног стенског масива као структуре. Аналитичке методе, код геомеханичког пројектовања, могу да обухвате следеће приступе:

- концептуално моделовање као полазница за истраживања – критеријуми лома стенског материјала,
- физичке моделе,
- математичко моделовање (систем хомогених једначина) и
- нумеричко моделовање (технике коначних елемената итд.).

Иако се понекад математичке и нумеричке методе називају "аналитичка или теоретска истраживања", прикладније је математички приступ дефинисати као онај који обухвата систем хомогених једначина, док нумеричке методе обухватају технике као што су коначни елементи, коначне разлике, гранични елементи итд. У геомеханици је извођење неопходног система хомогених једначина сложено или чак немогуће, па стога технике нумеричког моделовања имају посебну важност.

Упркос њиховом великом потенцијалу, аналитичке методе у геомеханичком пројектовању су у почетку, углавном, биле примењене за упоређење резултата пројектовања и параметарска истраживања и морала су бити допуњена другим поступцима у пројектовању да би се дошло до решења за конкретне инжењерске проблеме. Ова ограничења су у савременом геомеханичком пројектовању у потпуности превазиђена развојем рачунарске технике.

Теорија лома је наука која има задатак да предвиди услове под којима чврсти материјали губе своју чврстоћу услед деловања спољног оптерећења. Математички речено, теорија лома је изражена у облику разних критеријума лома који важе за поједине материјале. Критеријуми лома су функције у пољу напона или релативне деформације, које представљају границу између стања лома и стања када нема лома. У геомеханици критеријум лома представља алгебарски израз механичких услова услед којих долази до појаве лома у материјалу распуцавањем или деформисањем преко одређене границе. Овај критеријум може бити изражен преко оптерећења, деформације, напона, релативне деформације или других параметара. У овом поглављу су приказани класични критеријуми лома стенског материјала, емпиријски критеријуми лома за непоремећени материјал, критеријуми лома за крте стенске материјале и емпиријски критеријуми лома за стенски масив. У овом поглављу су приказани само они критеријуми лома који се данас најчешће примењују.

У овом делу текста су приказане и методе за нумеричко моделовање у геомеханичком пројектовању. У геомеханици, нумеричке методе за анализу напонског стања могу се поделити у две групе: *граничне методе* и *домен методе*. Ове две групе метода за анализу се могу комбиновати у облику хибридних модела како би се повећале предности и смањили недостаци сваке методе. Током протеклих неколико деценија развијен је већи број програмских пакета намењених за анализу нумеричким методама на рачунарима, чиме је омогућено решавања проблема груписаних рударских објеката који формирају сложене тродимензионалне облике.

Посебно је обрађена примена методе коначних елемената за анализу стабилности косина која представља другачији квалитетан приступ који је прецизан, свестран и захтева много мање претходних претпоставки, нарочито по питању механизма лома. Примена методе коначних елемената има предности код решавања проблема стабилности косина са сложеном геометријом или ако се јављају промене у материјалу које се не могу

анализирати коришћењем традиционалних метода. Нелинеарне анализе су по својој природи итеративне, због својстава материјала и/или геометрије проблема који су и сами у функцији решења. У почетку примена, основне замерке нелинеарној анализи су биле да је захтевна по питању рачунарске снаге, а што је превазиђено развојем рачунарске технике и опадањем њихове цене. Стони рачунари са уобичајеним процесорима су способни да изврше нелинеарне анализе у разумном временском року у трајању од неколико минута. Графичке могућности програмских пакета за примену методе коначних елемената такође омогућавају боље разумевање механизма лома, поједностављујући сам ток, јер се излазни подаци приказују применом корисних дијаграма и цртежа померања и напона.

У **шестом поглављу** је анализиран утицај времена у геомеханици. Познавање еластичних својстава, пузања, дилатације, општећености, развоја лома, лома услед пузања, самог механизма лома и пермеабилности су од посебног значаја за потребе пројектовања рударских објеката (косина, ходника, окана и др.), тунела, складишта материјала и дубоких бунара, као и за примену у геофизици, тектоници и сеизмологији. Да би се омогућило свеобухватно стручно сагледавање и расуђивање једног пројектантског проблема неопходно је да детаљно упознамо материјал у коме изграђујемо објекте. Већина од наведених својстава су међузависна (пузање и дилатација, дилатација и лом услед пузања, дилатација и пермеабилност), па је неопходно да се утврде и истраже ове међузависности како би могли да их укључимо у свеобухватне конститутивне једначине и моделе стенског масива. Поред претходног, треба имати на уму да су многа својства зависна од времена или брзине прираштаја, нпр. чврстоћа у тренутку лома. Да би се одредили поуздани закони понашања и одговарајуће једначине, потребно је извести одређена лабораторијска и теренска истраживања и испитивања.

Врло битно својство стенског материјала које зависи од времена је временски зависна деформација или пузање. Пузање се може дефинисати као неповратна деформација у току времена при чему не долази до појаве пукотина и оно је, углавном, забележено код меких стенских материјала као што су камена со, угаљ и мање или више код сви осталих стенских материјала. Све врсте чврстих стенских материјала имају способност пузања у довољно великим временски интервалима. Ово се може приметити у геолошким структурама планинских масива широм света. Деформационо понашање различитих врста стенског материјала има много сличности (гранит, пешчар, кречњак, камена со, глина) али постоје и велика разлике за различите појавне облике исте врсте стенског материјала. Ове чињенице треба узети у обзир приликом анализе и решавања одређеног инжењерског проблема. За ове потребе је неопходно извести одређена лабораторијска и теренска испитивања, како краткотрајна, тако и дуготрајна. Резултате ових испитивања треба детаљно анализирати и интерпретирати и коначно укључити у конститутивне једначине, параметре, модуле и моделе стенског масива.

Одређивање конститутивних једначина мора да, поред резултата одговарајућих лабораторијских испитивања, буде поткрепљено и теоретски. Извођење одговарајућих конститутивних једначина може се извршити на основу теорије пластичности, реолошких модела или механизма појаве микроскопских деформација, а могуће је и комбиновати наведене приступе. Данас се најчешће врши комбинација теорије пластичности и теорије микроскопских деформација.

У **седмом поглављу** приказан је поступак за анализу дуготрајне стабилности косина. Овај приступ подразумева да је пре свега неопходно изучити утицај времена на геомеханичка својства стенског материјала. Како би се наведене анализе спровеле потребно је програмом истраживања обухватити и специфична испитивања, као што су испитивања реолошких својстава, нарочито пузања стенског материјала, како би се обезбедили потребни подаци за овакве прорачуне. Ова испитивања се изводе помоћу

опреме за једноосна и троосна испитивања чврстоће на притисак која су специјално конструисана за ове намене. Дата је допуна програма истраживања са одговарајућим испитивањима реолошких својстава стенског материјала. На овај начин се приликом пројектовања рударских објеката може детаљно сагледати дуготрајна стабилност рударских објеката, односно, у овом случају косина површинских копова.

Анализа утицаја времена у геомеханици је извршена на примеру лежишта лапорца "Филијала". Ово лежиште је изабрано као репрезентативно на основу чињенице да су готово целокупна досадашња испитивања физичко-механичких својстава извршена у Лабораторији Катедре за механику стена, Рударског одсека, Рударско-геолошког факултета. Анализом геомеханичких својстава лапорца обухваћена је целокупна расположива пројектно-техничка документација, са циљем да се изврши избор рачунских праметара појединих физичко-механичких својстава лапорца и да се спроведе одговарајућа класификација стенског масива. Класификација стенског масива лапоровитог комплекса је извршена на основу расположивих записника о картирању језгра из истражних бушотина, као и на основу детаљног картирања стенског масива који изграђује постојећи ископ, етаже и завршне косине применом опште прихваћене GSI (Geological Strength Index) класификације.

Анализа утицаја времена на стабилност косина површинског копа је извршена на основу резултата лабораторијских испитивања пузања лапорца код једноосног оптерећења пробног тела. Анализа утицаја времена на промену својстава стенског масива је извршена у два корака:

1. утврђивање функционалне зависности на основу апроксимације резултата испитивања пузања за лапорац који су одређени једноосним испитивањем чврстоће на притисак и
2. одређивање параметара стенског масива на основу претходно утврђене функционалне зависности.

Апроксимацијом резултата испитивања реолошких својстава лапорца одређена је функција којом је могуће описати утицај времена на промене, првенствено, механичких својстава стенског материјала, а који су битни за прорачун и анализу стабилности косина. Функционална зависност промена релативне деформације (ϵ_1) у времену (t) је одређена инверзијом експоненцијалне функције којом су апроксимирани резултати испитивања реолошких својстава. Применом претходно описаног поступка апроксимације добијена је функција следећег облика:

$$t = 0.54314 \cdot e^{1.20572 \cdot \epsilon_1} \quad \epsilon_1 = \frac{\ln\left(\frac{t}{0.54314}\right)}{1.20572}$$

Анализа промена параметара стенског масива у току времена је извршена на основу претходно утврђене функционалне зависности при чему је усвојено да су промене у стенском масиву директно пропорционалне променама деформације. Практично то значи да ће се почетне вредности GSI индекса стенског масива лапорца постепено редуковати током времена до неке коначне минималне вредности. Наведене промене доводе до промене (редуковања) вредности параметара чврстоће на смицање, угла унутрашњег трења ϕ и кохезије c , а коначно се смањује и вредност фактора сигурности F_s косина.

Анализа стабилности косина је извршена применом методе коначних елемената у зони која обухвата северни – северозападни део површинског копа лапорца "Филијала". За потребе дуготрајне анализе стабилности косина одређена су три карактеристична

профила. Анализирани профили се, у литолошком погледу, састоје из лапоровитог комплекса, алувијално-пролувијалног комплекса и лесних седимената, а за потребе прорачуна стабилности косина сви профили разматрани су као да су у потпуности изграђени од лапоровитог комплекса.

Прорачун дуготрајне стабилности косина на карактеристичним профилима је изведен са намером да се утврди промена фактора сигурности у одређеном временском периоду, односно да се прогнозира гранично равнотежно стање и појава нестабилности косина ($F_s \leq 1,00$). Детаљном графичком интерпретацијом резултата прорачуна сва три профила (1 – 1', 2 – 2' и 3 – 3') одређени су временски периоди за вредност фактора сигурности $F_s = 1,00$ када се очекује да ће косине на анализираним профилима доћи у гранично стање стабилности. Након наведених временских периода може се очекивати да ће доћи до појава нестабилности на анализираним косинама. Хронолошком анализом појава нестабилности косина на карактеристичним профилима уочено је да постоје одступања резултата прорачуна од промена стања косина која су се дешавала на површинском копу. Закључено је да понашање целокупног стенског масива условљено структурним својствима преко одговарајуће вредности геолошког индекса чврстоће (GSI). Утврђивање стварне вредности GSI индекса је извршено повратном анализом резултата прорачуна дуготрајне стабилности косина.

Повратном анализом је утврђена зависност фактора сигурности F_s од вредности GSI индекса, апроксимацијом линеарном функцијом облика:

$$F_s = k \cdot GSI + n$$

Применом претходно описаног поступка апроксимације, извршена је анализа резултата прорачуна стабилности косина на карактеристичним профилима и утврђене функције за одговарајуће услове заводњености косина. На овај начин одређене су вредности GSI индекса које одговарају стварној хронологији догађања, тако да у зони профила 1 – 1' вредност GSI индекса се налази у интервалу од 27 до 28, а у зони профила 3 – 3' у интервалу од 37 до 38. На основу ових података у овом делу површинског копа "Филијала" издвојене три структурне зоне које обухватају непосредну околину анализираних карактеристичних профила. Ради лакшег сагледавања овакве интерпретације геомеханичких података и положаја наведених структурних зона, урађена је и одговарајућа ситуациона карта са назначеним структурним зонама.

У **закључку** је дат приказ целокупног истраживања са завршним коментаром. На основу добијених резултата истраживања може се закључити да је приказаним приступом геомеханичког пројектовања косина за потребе складиштења, могуће детаљно сагледати дуготрајну стабилност косина. Основу за геомеханичко пројектовање косина представљају подаци о структури стенског масива, а који се могу одредити на више начина. Анализу дуготрајне стабилности косина је једино могуће извести ако се приликом прорачуна, поред основних физичко-механичких својстава, у обзир узму релеванта реолошка својства стенског масива утврђена одговарајућим лабораторијским испитивањим и истраживањима. Ова испитивања је потребно обухватити програмом геомеханичких истраживања стенског масива. За анализу стабилности косина је потребно одредити и одговарајући критеријум лома стенског масива којим ће се апроксимирати понашање стенског материјала у природи и који ће послужити као основа за анализе применом методе коначних елемената. Примена одговарајућег критеријума лома омогућава нам да анализирамо утицај времена на стабилност косина преко промена структурних својстава стенског масива у току времена.

У овом делу су дати предлози за примену опсервационих метода у циљу контролисања стање косина и провере резултате истраживања дуготрајне стабилности

косина. Коначно, дате су и препоруке за даље активности на пољу истраживања и испитивања реолошких својстава стенског масива. Детаљним изучавањем ових својстава могуће је сагледати какве се промене дешавају у току времена у стенском масиву и како те промене утичу на саму стабилност рударских објеката. Оваквим приступом је могуће прогнозировать стабилност рударских објеката.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

- **Савременост, оригиналност и значај**

Докторска дисертација обрађује савремену област у проучавању геомеханичких услова за складиштење материјала у оквиру рударских објеката. Поређењем активности рудника и складиштења материјала, јасно се може уочити истоветност радова, а инверзност циљева. Експлоатацијом рудног тела се ствара нови – слободни простор који би требало сврсисходно искористити за складиштење материјала. У оквиру површинске експлоатације обухваћен је скуп свих активности којима се врши уклањање откривке у кровини и подини лежишта са циљем да се приступи и откопа корисна минерална сировина. Код оваквих система експлоатације јасно се може уочити да се, истовремено, са напредовањем радова на откопавању рудног тела ствара слободан простор, који може да послужи за врло ефикасно складиштење разних материјала.

Без обзира да ли процес складиштења материјала започиње у току саме експлоатације или после њеног завршетка на површинском копу, са складиштењем се започиње након извесног временског периода од када је формиран простор па самим тим и завршна косина површинског копа. Анализа поузданости косина формираних приликом експлоатације је од пресудног значаја, нарочито када се са складиштењем материјала започиње након завршетка експлоатације. Стога је неопходно детаљно проучити све промене које ће претрпети стенски масив у коме су изграђене косине у току одређеног временског периода. Тачније, треба изучити како ће се и колико променити физичка и механичка својства стенског масива у временском периоду од формирања косина до започињања процеса складиштења.

Приказаном методологијом анализе дуготрајне стабилности косина је представљен поступак за изучавање утицаја времена на геомеханичка својства стенског материјала. За ове анализе, програмом истраживања, обухваћена су и специфична испитивања реолошких својстава којима су обезбеђени потребни подаци за овакве прорачуне. На основу резултати испитивања реолошких својстава је одређена функционална зависност структурних промена стенског масива у времену са високим коефицијентом одређености ($r^2 = 0,98531$). Наведене промене доводе до промене (редуковања) вредности параметара чврстоће на смицање па самим тим се смањује и вредност фактора сигурности косина F_s .

- **Осврт на референтну и коришћену литературу**

У изради дисертације коришћено је 73 литературних референци, наведених у списку литературе. Референце обухватају научно-стручне радове, књиге и студије домаћих и страних аутора. Неколико наведених референци које је објавио мр Владимир Чебашек, дипл. инж. рударства, су публиковане у зборницима конференција и часописима. У њима су приказани резултати до којих је аутор дошао бавећи се облашћу која је предмет ове докторске

дисертације. Посебно треба истаћи књиге под називом "*Стабилност косина површинских копова*", "*Геомеханичка својства материјала одлагалишта површинских копова*", "*Стабилност косина одлагалишта површинских копова*" и "*Стабилност косина одлагалишта техногених материјала*", у којима је представљен дугогодишњи рад аутора везан за ову проблематику.

- **Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање**

С обзиром на значај коју стабилност косина има данас у свету и код нас при експлоатацији минералних сировина, и то посебно у погледу економичности и сигурности система, кандидат је у дисертацији извршио сагледавање овог проблема у целини. За остварење постављеног циља било је потребно дефинисати методологију истраживања која би обухватила аналитичко истраживање, засновано на научним методама. Детаљно је анализирана проблематика геомеханичког пројектовања у стенском масиву, како са теоријске тачке гледишта, тако и у практичној примени.

Програм истраживања и испитивања стенског масива у циљу сагледавања дуготрајне стабилности косина представља један посебан аналитички облик детаљног алгоритма геомеханичког пројектовања. Овим алгоритмом је дефинисан поступак којим је дефинисан сложени модел стенског масива којим је могуће извршити анализу промена стенског масива у току времена и њиховог утицаја на стабилност косина површинског копа. Ова посебна методологија представља нови приступ решавања овог проблема.

Анализа утицаја времена на промене у стенском масиву извршена је на примеру лапоровитог стенског масива. На бази резултата анализе структурних промена које се дешавају у стенском масиву у току времена извршени су прорачуни стабилности. Користећи резултате прорачуна приступило се одређивању закона промене фактора сигурности косина F_s у зависности од времена применом метода математичке анализе.

Спровођење врло сложених анализа је омогућено коришћењем одговарајућих програмских пакета за анализу напонског стања и деформација методом коначних елемената. За ове потребе примењен је програм Phase² који се користи за анализу и презентацију података добијених применом методе коначних елемената. Графичке могућности овог програмских пакета за примену методе коначних елемената омогућавају боље разумевање механизма лома, поједностављујући сам ток, јер се излазни подаци приказују применом корисних дијаграма и цртежа померања и напона.

- **Оцена примењивости и верификације остварених резултата**

Истраживање које је мр Владимир Чебашек дипл. инж. рударства обавио током израде докторске дисертације под насловом "*Геомеханичка истраживања стенског масива за потребе складиштења материјала у откопаним просторима*", осмишљена је на такав начин да се резултати истраживања могу применити у условима свих система површинске експлоатације.

На основу резултата приказаног поступка истраживања и испитивања стенског масива, као и приказаних резултата анализе дуготрајне стабилности косина могуће је констатовати следеће:

- Апроксимацијом резултата испитивања реолошких својстава лапорца могуће описати утицај времена на, првенствено, механичких својстава стенског материјала. Извођењем функционалне зависност промена релативне деформације у времену представља основу за анализу структурних промена у стенском масиву које су директно пропорционалне променама деформације. Ово практично значи да ће се почетне вредности вредности GSI индекса стенског масива постепено редуковати током времена до неке коначне минималне вредности. Наведене промене доводе до редуковања вредности параметара чврстоће на смицање, угла унутрашњег трења ϕ и кохезије c , а коначно се смањује и вредност фактора сигурности косина F_s ;
- Прорачуном дуготрајне стабилности косина могуће је утврдити промену фактора сигурности у одређеном временском периоду. Оваквим приступом извршено је прогнозирање временског периода након кога ће косина доћи у гранично равнотежно стање и када постоји велика вероватноћа појаве нестабилности косина ($F_s \leq 1,00$);
- Повратном анализом је утврђена зависност фактора сигурности F_s од вредности GSI индекса. Функционална зависност промена фактора сигурности F_s од геолошког индекса чврстоће (GSI) је одређена апроксимацијом резултата анализе стабилности косина при чему је одређена линеарна функционална зависност. На основу претходног су одређене вредности GSI индекса које одговарају реалном стању на самом површинском копу и у потпуности одговарају хронолошком следу догађаја.

Примена претходно описаног поступка анализе стабилности косина омогућава да се за сваки површински коп унапред одреди дуготрајна стабилност, односно одреди гранична геометрија косина са којом се може обезбедити сигурно и економично функционисање површинског копа. Ово нам пружа могућност да планирамо евентуалне појаве нестабилности, односно да обезбедимо дугорочну и безбедну експлоатацију на површинском копу. На тај начин смањују се негативни ефекти појава нестабилности, повећава ефикасност производње и уједно штите људство, рударски објекти и механизација и обезбеђују геомеханички услови за складиштење материјала у оквиру простора површинског копа, како у току саме експлоатације, тако и након завршетка ових активности.

Анализа је рађена на примеру лежишта лапоровитих менералних сировина које се експлоатише у оквиру површинског система експлоатације, што не искључује примењивост оваквог приступа и у рудницима са подземном експлоатацијом. У том смислу се може оценити да се резултати истраживања у потпуности могу применити у свим активним рудницима како са површинском тако и са подземном експлоатацијом.

• **Оцена способности кандидата за самостални научни рад**

Системским приступом проблему, анализом и обрадом разматраног проблема, коришћењем актуелне и референтне литературе, квалитетом рада на истраживању, приказаним резултатима и закључним разматрањима кандидат је показао да је способан да самостално решава инжењерске и научне проблеме и да успешно влада истраживачким методама.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

- **Приказ остварених научних доприноса**

Имајући у виду постављени циљ дисертације, коришћене научне методе и добијене резултате, могу се извести следећи научни доприноси:

- Применом савременог методолошког приступа приликом одређивања програма истраживања и испитивања стенског масива за потребе експлоатације лежишта чврстих минералних сировина, отварају се нове могућности за сагледавање могућности коришћења слободног простора који остаје у току експлоатације и након њеног завршетка за потребе складиштења материјала;
- У раду је примењена метода коначних елемената за анализу стабилности косина која омогућава да се помоћу одговарајућег критеријума лома стенског масива (Hoek-Brown) укључе и промене структурних својстава стенског масива као последица утицаја времена. На овај начин је могуће сагледати и утицај времена на стабилност косина.
- На основу добијених резултата истраживања закључено је да између резултата реолошких испитивања стенског материјала и промена структурних својстава стенског масива постоји врло јака и значајна криволинијска веза изражена добијеном функцијом и да се овако дефинисани модел може користити за израчунавање дуготрајне стабилности косина израђених у овом стенском масиву.
- Приказан је нов приступ решавања дуготрајне стабилности косина површинских копова у коме се на основу структурних промена које се јављају у току времена може дефинисати модел стенског масива, који веома добро апроксимира експерименталне податке.
- Значајно својство утврђене функционалне зависности промена фактора сигурности F_s од геолошког индекса чврстоће (GSI) је да омогућава анализу и одређивање вредности GSI индекса које одговарају реалном стању на самом површинском копу.

Докторска дисертација под темом *"Геомеханичка истраживања стенског масива за потребе складиштења материјала у откопаном просторима"* је резултат вишегодишњег рада кандидата у овој области и представља наставак и проширење истраживачких радова које је кандидат започео у оквиру своје магистарске тезе.

- **Критичка анализа резултата истраживања**

Истраживања спроведена у овој дисертацији, а која се односе на методолошки поступак истраживања и испитивања стенског масива за потребе површинске експлоатације лежишта чврстих минералних сировина у циљу складиштења материјала у откопаном простору, идентификовала су следеће значајне проблеме и понудила решења:

- При експлоатацији корисне минералне сировине у површинској експлоатацији ствара се одређени слободан простор који је могуће искористити и за складиштење материјала, уз примену одговарајуће методологије геомеханичког пројектовања;
- Складиштење материјала у откопаном простору је могуће једино применом одговарајућег поступка истраживања и испитивања стенског масива којим се

прикупљају сви неопходни улазни подаци за формирање одговарајућег модела стенског масива, а што условљава већи степен истражености лежишта;

- Детаљна обрада података истраживања и испитивања стенског масива за решавање проблема стабилности рударских објеката има све већи значај нарочито код сложених структурних облика лежишта.

• Очекивана примена резултата у пракси

Добијени резултати имају не само научни већ и практичан значај. Предложеним методолошким поступком испитивања и истраживања стенског масива за потребе површинске експлоатације лежишта чврстих минералних сировина могуће је приступити решавању комплексних проблема дуготрајне стабилности косина. У том смислу, реално је очекивати да резултати истраживања добијени израдом докторске дисертација под насловом *"Геомеханичка истраживања стенског масива за потребе складиштења материјала у откопаним просторима"* буду примењени у циљу унапређења и проширења рада површинских копова и представљати основу за спровођење истих анализа у рудницима са подземном експлоатацијом.

Приказаним поступком за дефинисање модела стенског масива нам омогућава анализу дуготрајне стабилности косина и да унапред прогнозирамо промене стенског масива у току времена и на тај начин да предвидимо евентуалне појаве нестабилности косина. На овај начин, могуће је одредити геометрију косина која ће у погледу стабилности бити стављена под контролу, што уједно пружа могућност да се са активностима складиштења материјала на површинском копу настави и након завршетка експлоатације.

• Верификација научног доприноса

Резултати остварени у оквиру докторске дисертације су верификовани објављивањем књига и монографија, радова у зборницима међународних и домаћих конференција, научним часописима, као и при изради студија и пројеката:

* Књиге и монографије:

- Гојковић Н., Обрадовић Р., Чебашек В., 2004.: *Стабилност косина површинских копова*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Обрадовић Р., Чебашек В., 2008.: *Геомеханичка својства материјала одлагалишта површинских копова*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Обрадовић Р., Чебашек В., 2008.: *Стабилност косина одлагалишта површинских копова*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Обрадовић Р., Чебашек В., 2008.: *Стабилност косина одлагалишта техногених материјала*, Рударско-геолошки факултет, Београд

* Радови у зборницима међународним и домаћим конференцијама и часописима:

- В. Чебашек, Н. Гојковић, Ј. Радојевић, Н. Јокић, 2003.: *Утицај технологије експлоатације на геомеханичка својства стенског масива*, Зборник радова, Саветовање "КАМЕН '03", Аранђеловац, стр. 183-188, 8.-11. октобар 2003.

- В. Чебашек, Г. Живановић, Н. Гојковић, 2004.: *Анализа начина отварања површинског копа на стабилност косина*, Зборник радова, Европска конференција о природним грађевинским материјалима: Нове перспективе, Сарајево, 20.-21. мај 2004.
- В. Чебашек, Н. Гојковић, 2004.: *Теренске методе испитивања стенског масива у циљу одређивања могућности механичког откопавања*, Зборник радова, Европска конференција о природним грађевинским материјалима: Нове перспективе, Сарајево, 20.-21. мај 2004.
- Н. Гојковић, В. Чебашек, 2004.: *Корелације индексних параметара и чврстоћа стенског масива*, Зборник радова, Европска конференција о природним грађевинским материјалима: Нове перспективе, Сарајево, 20.-21. мај 2004.
- В. Чебашек, Н. Гојковић, 2004.: *Испитивања стенског масива за потребе утврђивања критеријума лома*, Зборник радова, Саветовање "КАМЕН 2004", Аранђеловац, стр. 20-26, 20.-23. октобар 2004.

*** Студије, пројекти, елаборати и извештаји:**

- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2007.: *Извештај о санацији северозападне завршне косине површинског копа "Филијала"*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2007.: *Елаборат о верификацији стабилности косина за лежиште лапорца "Филијала" у Беочину*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2007.: *Елаборат о геомеханичким условима стабилности косина површинског копа "Подбраћан" са анализом могућности повећања нагиба завршне косине*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2008.: *Извештај о анализи стабилности јужне косине површинског копа "Филијала"*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2008.: *Пројекат санације спољашњег одлагалишта "Часор" на површинском копу лапорца "Филијала" у Беочину*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2009.: *Студија верификације стабилности северне косине спољашњег одлагалишта површинског копа "Бели Камен"*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2009.: *Извештај о стабилности косина површинског копа "Подбраћан" рудника боксита Милићи*, Рударско-геолошки факултет, Београд
- Гојковић Н., Чебашек В., Обрадовић Р., 2010.: *Извештај о санацији западне косине површинског копа "Филијала" – Lafarge Беочинска фабрика цемента*, Рударско-геолошки факултет, Београд

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација мр Владимира Чебашека по свом садржају одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета у Београду. Тема и резултати остварени у докторској дисертацији су од несумњивог значаја за експлоатацију лежишта минералних сировина. Имајући у виду оно што је приказано у оквиру ове дисертације кроз разраду и аналитичка истраживања, може се закључити да је мр Владимир Чебашек овладао проблематиком која се односи на методологију геомеханичког истраживања и испитивања стенског масива за потребе експлоатације лежишта минералних сировина. Постављени задаци су квалитетно реализовани помоћу савремених научно-истраживачких поступака и решења, тако да дисертација представља допринос у области геомеханичких истраживања за потребе експлоатације неметаличних и металичних сировина. На основу свега наведеног комисија за преглед и оцену доноси заједнички закључак:

1. Увидом у текст докторске дисертације кандидата мр Владимира Чебашека, дипл. инж. рударства под насловом *"Геомеханичка истраживања стенског масива за потребе складиштења материјала у откопаним просторима"*, Комисија закључује да је кандидат на компетентан научно-стручни начин обрадио питање методолошког поступка геомеханичког истраживања и испитивања стенског масива и израде модела за анализу дуготрајне стабилности косина у стенском масиву, те да дисертација представља важан истраживачки рад, актуелан и значајан за рударску струку и праксу.

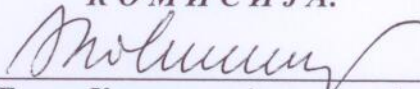
2. Кандидат је применом савременог истраживачког приступа при изради докторске дисертације, укључујући и остварене резултате до којих је дошао аналитичким истраживањем, дао одговарајући научно-стручни допринос у области која је била предмет докторске дисертације.

3. Узимајући у обзир све изнете чињенице, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију и предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај, а кандидата позове да јавно брани свој рад.

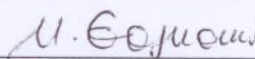
4. Предлаже се иста Комисија за одбрану.

У Београду, 12. 04. 2011. године

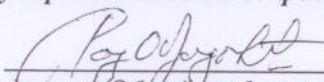
КОМИСИЈА:



Др Божо Колоња, редовни професор,
Рударско-геолошког факултета у Београду



Др Небојша Гојковић, редовни професор,
Рударско-геолошког факултета у Београду



Др Радмила Обрадовић, научни савтник у пензији,
Рударског института у Београду