



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
Институт за рударство
Катедра за површинска експлоатација

АНКИЦА ИЛИЈЕВА СТОШИЌ, дипл. руд. инж.

**ДИЗАЈНИРАЊЕ НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ НА ПК 'РЖАНОВО ВО
ФУНКЦИЈА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ФАКТОРОТ НА СИГУРНОСТ**

-МАГИСТЕРСКИ ТРУД-

Штип, 2014

Комисија за оценка и одбрана:

- Ментор:** Проф. д-р Зоран Панов
Факултет за природни и технички науки
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
- Член:** Проф. д-р Ристо Дамбов
Факултет за природни и технички науки
Универзитет “Гоце Делчев” - Штип
- Член:** Проф. д-р Блажо Боев
Факултет за природни и технички науки
Универзитет “Гоце Делчев” - Штип

Членови на комисијата за оценка и одбрана:

- Претседател:** Проф. д-р Ристо Дамбов
Факултет за природни и технички науки
Универзитет “Гоце Делчев” - Штип
- Член:** Проф. д-р Зоран Панов
Факултет за природни и технички науки
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип
- Член:** Проф. д-р Блажо Боев
Факултет за природни и технички науки
Универзитет “Гоце Делчев” - Штип

Научно поле: Природни и технички науки

Научна област: Рударство

Датум на одбрана: _____

Благодарност

Во оваа прилика се заблагодарувам на Проф. д-р. Зоран Панов под чие менторство е изработен овој магистерски труд и изразувам голема благодарност за помошта, подршката и соработката во текот на целата изработката на овој труд.

Исто така ја користам можноста да искажам посебна благодарност до членовите на комисијата, Проф. д-р Ристо Дамбов и Проф. д-р Блажо Боев на нивните корисни сугестии и забелешки при изработката на трудот и нивната соработка во текот на целокупните постдипломски студии.

Голема благодарност искажувам и кон моето семејство за помошта, разбирањето и подршката што постојано ми ја даваат.

Анкица Илијева Стошиќ

Апстракт:

Развојот на современото рударство во светот е во постојан подем, благодарјеќи на сè поголемата директна примена на информатичката технологија во рудниците. Таа овозможува побрза обработка на податоците, интерпретација на добиените резултати, компјутерски моделирања и визуелно претставување на одделни рударски операции.

Основна цел на преземените активности во оваа магистерска работа е да се согледа моменталната состојбата на стабилност на површинскиот коп 'Ржаново и да се дизајнираат работните и завршните косини со задоволувачки фактор на сигурност $F_s \geq 1.3$.

При истражувањата и самата анализа на стабилноста избрани се шест репрезентативни профили, карактеристични за различни зони од копот.

Со извршените истражувања, на реален начин, во граница на потребната инженерска точност, се репродуцирани геолошките и генетските услови во склоп на теренот, односно анализите реално ја отсликуваат моменталната и очекуваната дизајнирана состојба на стабилност во рудникот Р'жаново.

За одредување на геотехничката стабилност на работните и завршни косини, во овој магистерски труд е користена студентската верзија на програмот GEO SLOPE. Со примена на методите на Fellenius Bishop, Spencer и Janbu направена е анализа на стабилност на шест модели. Овој програм овозможува пресметка на факторот на сигурност со помош на Monte Carlo анализите на веројатност.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: косини, стабилност, анализа, фактор на сигурност, Geo Slope,

Abstract:

The development of modern mining in the world is in constant growth, thanks to increasing direct application of information technology in the mines. It provides faster data processing, interpretation of results, computer modeling and visual representation of separate mining operation.

The main objective of the activities undertaken in this master thesis is, to see the current state of stability of open pit mine 'Rzanovo and design work and final slopes with factor of safety $F_s \geq 1.3$.

The research and analysis of the stability of selected six representative profiles specific to different areas of the pit.

The research carried out on realistic way to limit the required precision engineered, reproduced in geological and genetic conditions within the ground, or real analysis reflect current and expected, designed condition of stability in mine 'Rzanovo.

To determine the geotechnical stability of work and final slopes in this master thesis used the Student version of the program GEO SLOPE. With using the methods of Fellenius, Bishop, Spencer and Janbu an analysis of the stability of the six models. This program allows the calculation of the factor of safety using a Monte Carlo analysis of probability.

KEY WORDS: Slopes, Stability, Analysis, Factor of safety, Geo Slope.

СОДРЖИНА

| | |
|--|----|
| 1.0.ВОВЕД----- | 7 |
| 1.1.ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО ----- | 9 |
| 1.2. МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО----- | 11 |
| 1.3. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО----- | 11 |
| 1.4 ОСВРТ НА ДОСЕГАШНИТЕ ИСТРАЖУВАЊА----- | 12 |
| 2.0.ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПК Р'ЖАНОВО----- | 13 |
| 2.1.ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРПЕСТИТЕ МАСИ----- | 15 |
| 2.2.ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОСТОРОТ----- | 21 |
| 2.3.ОСНОВНИ ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОСТОРОТ----- | 24 |
| 2.4.ОСНОВНИ ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ----- | 25 |
| 2.4.1 Јакосни параметри на монолитни делови на карпите-- | 26 |
| 2.5. ГЕОМЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛНАТА СУРОВИНА И ОТКРИВКАТА----- | 27 |
| 2.5.1.Воспоставување на регресиони зависности за екстраполација на параметрите----- | 29 |
| 2.5.2 Состојба на испуканост----- | 31 |
| 2.5.3. Инженерскогеолошка класификација на карпите----- | 32 |
| 2.5.4 Геотехничка класификација на карпестите маси----- | 33 |
| 3.0.ОСНОВНА ГЕОМЕТРИЈА НА ПОВРШИНСКИ КОП 'РЖАНОВО----- | 35 |
| 3.1. ЕКСПЛОАТАЦИОНО ПОЛЕ----- | 35 |
| 3.2. ДЛАБОЧИНА НА ПОВРШИНСКИ КОП----- | 36 |
| 3.2.1. Висина на етажа ----- | 39 |
| 3.2.2. Работна ширина на етажа----- | 41 |
| 3.2.3. Генерален агол----- | 44 |

| | |
|--|----|
| 3.3. КОСИНИ НА ПОВРШИНСКИ КОП----- | 45 |
| 3.3.1. Работни косини на ПК----- | 47 |
| 3.3.2. Завршна косина на ПК----- | 48 |
| 4.0. СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИ НА ПОВРШИНСКИ КОП----- | 50 |
| 4.1. УСЛОВ ЗА СТАБИЛНОСТ НА КОСИНА ----- | 53 |
| 4.2. ФАКТОР НА СИГУРНОСТ----- | 54 |
| 4.3. МЕТОДИ НА ГРАНИЧНА РАМНОТЕЖА----- | 59 |
| 4.3.1. Анализа на глобална стабилност----- | 59 |
| 4.3.2. Анализа на рамнински лом вдоль слоевитост----- | 62 |
| 4.3.3. Анализа на клиновидни ломови----- | 65 |
| 5.0. ДИЗАЈНИРАЊЕ НА РАБОТНИ КОСИНИ ВО ФУНКЦИЈА НА ФАКТОРОТ НА СИГУРНОСТ----- | 66 |
| 5.1. ПРИКАЗ НА АКТУЕЛНАТА СОСТОЈБА----- | 70 |
| 5.2. ИЗБРАНИ ПРОФИЛИ И ПАРАМЕТРИ ЗА АНАЛИЗА----- | 74 |
| 5.3. АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТ НА РАБОТНИ И ЗАВРШНИ КОСИНИ НА ПК 'РЖАНОВО----- | 77 |
| 5.3.1. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 28-28' ----- | 78 |
| 5.3.2. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 48-48'----- | 80 |
| 5.3.3. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 64-64'----- | 82 |
| 5.3.4. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 76-76'----- | 84 |
| 5.3.5. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 88-88'----- | 86 |
| 5.3.6. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 100-100'----- | 88 |

| | |
|--|------------|
| 6.0. ДИСКУСИЈА НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ----- | 91 |
| 7.0. ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ ЗА ПОНАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА----- | 98 |
| ПРИЛОЗИ----- | 101 |
| КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА----- | 122 |

1.0. ВОВЕД

Нестабилноста на косините претставува честа појава на површинските копови и одлагалишта. Иако добро проектирани со дозволен фактор на сигурност, честопати се случува да дојде до лизгање на самите косини.

Причина до која доаѓа до лизгање на косините треба да се бара во анализата на многубројните природни и технички параметри кои во крајна линија влијаат на сигурноста, односно на изборот на вистинскиот фактор на сигурност.

Доаѓа до промена на физичко – механичките својства, промена на нивото на подземните води, нивното замрзнување и одмрзнување и слично. Со ова се создаваат промени во напонската состојба на карпестата маса, кои доведуваат до појава на нестабилности на косината.

Во вакви случаи се јавува преоптоварување и деформации во поедини делови на карпестите маси, со што се предизвикува смалување на стабилноста на косината во целина.

Услов на секоја косина е да постои рамнотежа меѓу надворешните сили и внатрешниот отпор на средината од косината.

За да се добијат поточни вредности за пресметка на факторот на сигурност, при пресметките за стабилност на косини, потребно е да се испита стабилноста за голем број на пробни лизгачки кругови и да се усвои најмалата добиена вредност за факторот на сигурност.

Познавањето на геолошките и деталните карактеристики на работната средина се основа за оптимално проектирање, изведување и сигурно користење на геотехничките објекти. Како знаењата за геотехничките услови се продлабочуваат и зголемуваат, така ризикот од непредвидени случаи на загрозување на стабилност на косините се намалува.

Во основа, геотехничкиот дизајн може да се подобри само преку зголемување на факторот на сигурност. Добро дизајнирана косина, значи минимизирање на ломовите и зарушувањата на карпестите маси, создавање

на сигурен систем за луѓето и машините, односно создавање на услови за сигурно користење на геотехничкиот објект.

За формирање на стабилни завршни косини на П.К. 'Ржаново, според дадените профили ќе треба да се изврши дизајнирање на нови работни косини со минимизирање на факторот на сигурност, $F_s \geq 1.3$, преку промена на геометријата на косините на копот во вид на растоварување.

Во овој магистерски труд за пресметка на стабилноста на работните и завршните косини е користена студентската верзија на програмот GEO SLOPE кој ја користи теоријата на гранична рамнотежа за да го пресмета факторот на сигурност кај косините. GEO SLOPE има вграден Auto Cad за цртање, графички кориснички интерфејс, моделите едноставно се дефинираат, се вметнуваат или цртаат скици од Auto Cad, Corel и други графички програми.

GEO SLOPE, користи повеќе анализи за стабилност на косините, односно ги користи методите на: Bishop, Janbu, Spencer и други.

Дел од анализираните профили покажаа дека факторот на сигурност на генералната косина на копот е помал од дозволеният за ваков вид на косини.

Врз основа на спроведените анализи на избраните профили, добиени се следните параметри:

- генерален наклон на копот $\alpha = 35^{\circ}$
- агол на завршната косина на етажите $\beta = 68^{\circ}$

За да се добијат сите овие податоци, при пресметките се користени резултатите од најновите геолошки, геомеханички истражувања, ситуационата карта на копот (состојба јуни, 2011), ажурираните технолошки профили како и увидот на површинскиот коп.

1.1. ПРЕДМЕТ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Основен проблем при експлоатација во рудникот 'Ржаново е стабилноста на косините, затоа и предмет на истражување на оваа магистерска работа е „Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност“. При истражувањата и самата анализа на стабилност се избрани репрезентативни профили, карактеристични за разни зони од копот.

Покрај другото, потребни се и сознанија поврзани со условите за стабилност на ископот кај работните и завршните косини. Така што стабилноста на теренот е вршена како за сегашни услови, така и за варијанти до дизајнираната кота 750 м.н.в.

Направените анализи треба да послужат како појдовна точка, врз основа на кои во иднина ќе се проектира соодветна технологија на ископ.

Поранешните истражувања и испитувања се како од регионален, така и од наменски карактер. Регионалните истражувања се изведувани за потребите на изработката на Основната геолошка карта на Македонија во мерка 1:100 000, додека површинскиот коп „'Ржаново“ систематски и наменски е истражуван во тек на подолг временски период, но со главна ориентација на дефинирање на резервите на корисна минерална материја.

Концепцијата на експлоатација на копот е главно базирана на „Главен рударски проект за експлоатација на површинскиот коп 'Ржаново до кота 850“ и „Дополнителен рударски проект за експлоатација на површинскиот коп до кота 750“, изработени од Рударски институт – Скопје. Постојат и одреден фонд на податоци за геотехничките и геофизичките карактеристики на теренот, кои се сублимирани во следните документи:

- Површински коп 'Ржаново, Длабинска прогноза на физичко–механичките карактеристики на геотехничката средина на копот, книга 1: Инженерско–геофизички истражувања, ИЗИИС, Скопје, 1998 година;

- Површински коп 'Ржаново, Длабинска прогноза на физичко–механичките карактеристики на геотехничката средина на копот, книга 2: Анализи на стабилност на копот, Унимаг Инженеринг, ИЗИИС, МАККО Инженеринг, Скопје, 1998 година.

Во овие книги, исто така, извршена е и реинтерпретација на податоците од истражувањата на физичко–механичките карактеристики на материјалите (вршени од страна на Рударски институт – Белград во 1978 и 1983 год.). Овде, проценката на параметрите е вршена главно според геофизичките сеизмички истражувања, како и јакосните параметри на монолитните делови на карпата, но не се направени поконкретни теренски испитувања кои се потребни за екстраполација на параметрите од монолит на ниво на карпест масив.

После одреден прекин во истражувањата, во тек на 2006 година се пристапи кон реализирање на дополнителни истражувања и испитувања, проектирани во *Програма за геолошки и геотехнички доистражувања на П.К. 'Ржаново*, изработена од ГИМ – Скопје и Градежен Факултет – Скопје, катедра за Геотехника во тек на 2005 година.

Крајниот фонд на истражувања и испитувања е базиран на изведените теренски истражувања и испитувања во 2006 год. од страна на Градежен институт „Македонија“, А.Д. – Скопје. Тие имаат комплексен карактер со цел да се дефинираат геолошките, структурно–геолошките, инженерскогеолошките, хидрогеолошките, геофизичките и геотехничките карактеристики на застапените литолошки членови.

1.2.МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Со податоците на Елаборатот од геотехничките истражувања и испитувања на површинскиот коп 'Ржаново од 2006год. И податоците од извршените теренски истражни работи и лабораториски испитувања, добиени се соодветни параметри за екстраполација на карактеристиките од монолит на масив, кои се и меродавни за механичкото однесување на средината и нејзината стабилност. Методологијата на истражување не само што вклучува теренски и лабораториски истражувања, туку вклучува и проценка на геотехничката стабилност на копот со математичко анализирање со современи методи на гранична рамнотежа за стабилност на косини. При што во овој магистерски труд анализата на стабилност на одредени профили ќе биде направена со најкарактеристичните методи и тоа: метода на Ламели, Bishop, Spenser и Janbu.

1.3.ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Рудникот 'Ржаново со активна работа е отпочнат уште пред 30-тина години. Во периодот од 1980 годин до денес од овој рудник се експлоатирани околу 11 000 000 тони руда со средна содржина на никел 0,92-0,94 % Ni.

Според моменталната ситуација на копот остануваат уште околу 2 000 000 тони руда, која би биле доволни за уште 3-4 годишно работење на рудникот до проектираната кота на експлоатација K-750.

Главна цел на истражувањето на овој магистерски труд е да се согледа моменталната состојба на стабилност на површинскиот коп како целина преку избрани профили, кои ќе бидат анализирани со методите на гранична рамнотежа и со методот на конечни елементи и дизајнирање на работните и завршните косини со факторот на сигурност $F_s \geq 1.3$, со кој ќе се овозможи стабилност на копот.

Податоците добиени од деталното инженерско геолошко картирање на теренот укажува дека во централниот дел на копот има појави на поместување

на масите кои имаат карактер од активно свлекување до ползење. Карактерот на процесот може да се контролира. До овој момент не е изразен со многу голема брзина и динамика.

Според податоците од истражните дупнатини како и според геофизичкиот профил, може да се констатира дека масите кои се зафатени со свлекување се од тип на сипаришна дробина со дебелина од 5,0 - 10,0м, вакви помали појави на локални поместувања се забележани и на други места по работните косини.

Целта на инженерско–геолошките истражувања на површинските копови е зголемување на економичноста и сигурноста во експлоатацијата на наоѓалиштата. За разлика од економско-геолошките истражувања кои имаат поголем одраз на економичноста во експлоатацијата на наоѓалиштето, инженерско-геолошките истражувања се значајни за утврдување на условите за работа и безбедност во експлоатацијата.

1.4.ОСВРТ НА ДОСЕГАШНИТЕ ИСТРАЖУВАЊА

Површинскиот коп 'Ржаново се карактеризира со исклучително комплицирана геолошка и структурна градба. Во досегашните истражувања се направени многу анализи кои даваат резултати за стабилноста на работните косини.

Во период од една година се прават четири месечни извештаи, на секои три месеци се изработува извештај за анализа на стабилноста на работните и завршните косини од страна на Градежен институт „Македонија“ А.Д.-Скопје. Од овие извештаи се следи стабилноста на критичните и работните профили.

Од направените испитувања, очигледно е дека се застапени повеќе видови материјали со доста широки варијации на нивните физичко-механички карактеристики. Со внимателен избор на соодветни влезни параметри, извршена е геотехничка класификација на сите главни видови карпести маси,

со цел да се обезбедат параметри за реална проценка на деформабилноста и јакоста на смолкнување кај каменитите и полукаменитите карпи. Извршена е категоризација на карпестите маси според Bieniawski (1989) и познатиот емпириски генерализиран критериум на лом според Noek и Brown.

2.0. ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПК 'РЖАНОВО

Основните карактеристики на површинскиот коп 'Ржаново се: геолошки и тектонски карактеристики како и хидрогеолошки, инженерскогеолошки карактеристики на наоѓалиштето и геомеханичките својства на минералната суровина и откривка.

Основните карактеристики на копот ќе бидат анализирани и искористени за одредување на стабилноста на копот со методите на гранична рамнотежа.

Географска местоположба и комуникации на ПК 'Ржаново

Површинскиот коп за железо и никел 'Ржаново се наоѓа на околу 50 km јужно од Кавадарци во рамките на планинскиот масив на Кожув Планина, во близина на македонско – грчката граница. Комуникациските врски на рудникот 'Ржаново со околните населени места Мрежичко, односно Кавадарци е со асфалтен пат. Од асфалтниот пат Кавадарци – Мрежичко – Рожден до предметниот локалитет води асфалтно – макадамски пат. Со долга лентеста трака од околу 38km. се врши транспорт на рудата од Рудникот 'Ржаново до Топилницата Фени Индустри. Од површинскиот коп Р'жаново се експлоатира хематит – магнетитна руда со околу 1%никел и 30%железо.

Никелот како стратегиски и многу важен легирачки метал, во Република Македонија се експлоатира од наоѓалиштето 'Ржаново во дисконтинуитет од скоро три децении.

На пошироката околина на рудоносниот локалитет 'Ржаново, регионални, полудетални и детални истражувања се вршени на околу 30 km². Најголем дел од деталните геолошки истражувања се вршени на простор од

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

околу 10км² кои го опфаќаат главно минерализираниот простор околу рудникот
'Ржаново.

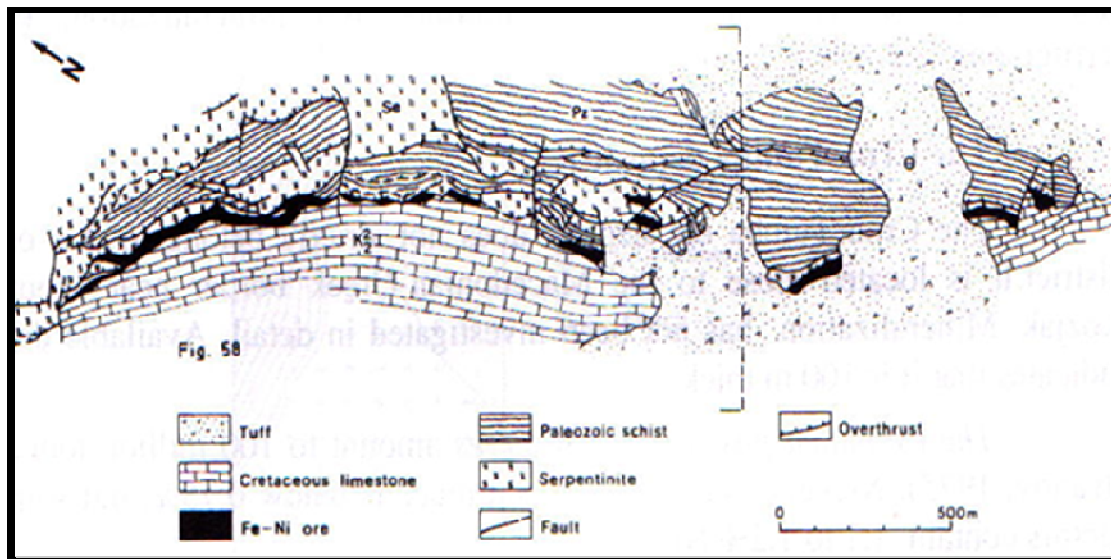


Слика 1. Комуникациона карта
Figure 1. Kommunikation map

2.1 ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРПЕСТИТЕ МАСИ

Испитуваното подрачје како дел на западниот офиолитски појас на Вардарската зона, во основа е изградено од неколку литостратиграфски единици кои се одликуваат со посебна минералологија, како и со посебна историја на создавање. Основните единици на геолошката градба на испитуваниот терен се прикажани на следната геолошка карта (слика 2).

Наоѓалиштето „'Ржаново“ претставува дел од рудната зона на никлоносно железо 'Ржаново – Студена вода.



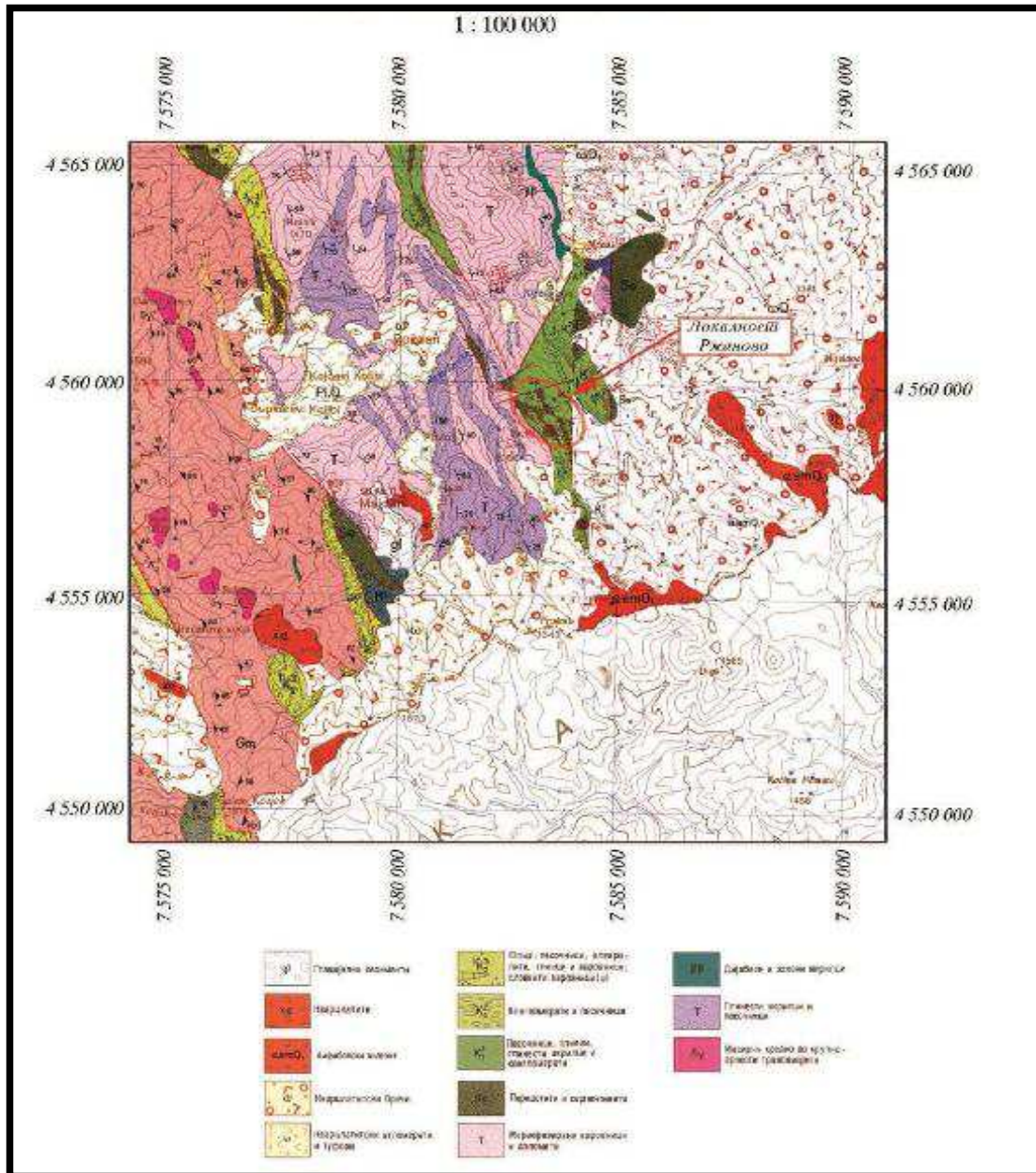
Слика 2. Геолошка карта на подрачјето 'Ржаново – Студена Вода
Figure 2. Geological map of the territory R'zanovo – Studena Voda

На теренот поминуваат неколку големи дислокации долж кои се фиксирани маси од серпентинизирани ултрабазити. Зоната на привлекување се манифестира со низа паралелни навлаки во кои наизменично се повторуваат серпентинити, шкрилци и мермеризирани варовници и тоа:

- Варовници од албценоманска старост,
- Латеритски Fe – Ni руди со кредна старост,
- Серија на шкрилци најверојатно со кредна старост,

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност

- Ултрабазични карпи (серпентинити) со габропегматити и родингити,
- Серија на терциерни вулкански карпи и пирокластити.



Слика 3. Геолошка карта на пошироката област околу рудникот 'Ржаново
Figure 3. Geological map of the general area around the mine R'zanovo

- **Литолошки состав**

За површинскиот коп 'Ржаново можеме да кажеме дека се карактеризира со исклучително комплицирана геолошка и структурна градба. Основните карпи и рудниот слој се од кредна, јурска и тријаска геолошка старост. Надвор од зоната на површинскиот коп во зоната на постојното одлагалиште, застапени се и плиоценски вулканогено–седиментни карпести маси. Како резултат на техногените мерки (ископот), во одредени делови од копот се формирани и вештачки творби од тип на сипаришна дробина, материјал зафатен со ползење и локални одрони.

Рудниот слој е всушност преталожена латеритска кора со хематитски состав и црвенкаста боја, која со тек на време е консолидирана и изместена од регуларната положба.



Слика 4. Руден слој
Figure 4. Ore body

Протегањето на рудното тело е СЗ – ЈИ, а падниот агол е доста стрмен кој изнесува од 65 до 90⁰. Покрај него, во склоп на теренот се застапени следните литолошки членови:

Тријаски мермеризирани варовници, кои се среќаваат во најгорните зони од СИ дел од копот во вид на траки. Се карактеризираат главно со масивност во нивната појава, а бојата им е главно бела до сивкасто бела.

Кварц–серицит–карбонатни шкрилци, кои се карактеризираат со интензивна ушкриленост и црна боја. Заради бојата, многу потсетуваат на аргилошисти. Според досегашните податоци, нивната старост е дефинирана како кредна. Наместа, низ овие шкрилци се среќава и поголема концентрација на карбонатна материја вдоль рамнините на фолијацијата.



Слика 5. Тријаски варовници и кварц – серицитски карбонатни шкрилци
Figure 5. Triassic limestone and quartz sericit carbonate schist

Серицитски до серицит–глиновити шкрилци, кои заради нивната зеленкаста боја потсетуваат на филити, кои се најверојатно со кредна старост. Како и црните вариетети, тие се карактеризираат со интензивна ушкриленост и испуканост.



Слика 6. Темно сиви кварц-серицит глиновити шкрилци
Figure 6. Dark gray quartz sericit loamy schist

Алтерисани серпентинити, кои се карактеризираат со интензивна ушкриленост и изменетост. Локално потсетуваат на талкшисти. Карактеристична им е светло–зелената боја. Се смета дека се со јурска геолошка старост.

Тектонизирани блоковити серпентинити, кои се карактеризираат со значајна испуканост, локална изменетост и масивност во нивната појава. Се смета дека се со јурска геолошка старост.

Во одредени делови од копот, констатирани се и појави на пегматитски тела во рамките на серпентинитите, во вид на **габропегматити**.

Кредни варовници и карбонатни шкрилци, кои се главно во непосреден контакт со рудното тело и се среќаваат во ЈЗ дел на копот. Се карактеризираат со јасно изразена слоевитост и издвојувања вдолж рамнините на слоевитост. Бојата им е главно сивкаста, локално до темносива. Карбонатните шкрилци се среќаваат во одредени делови од копот на контактот рудно тело – кредни варовници. За нив е карактеристична темносивата боја и значителната ушкриленост.



Слика 7. Плочести варовници со субвертикален пад и видливи системи на пукнатини.

Figure 7. Limestone tile with a drop sub vertical and visible systems of cracks

Покрај наведените литолошки единици, на работните косини се регистрирани чести појави на осипувања, одронувања и свлекувања, главно поврзани за централниот дел на копот. Овие зони според својата сегашна состојба потсетуваат на дробински до сипаришен материјал кој се одликува со слаба збиеност и се резултат на техногените активности во копот.

Во највисоките нивоа на СИ дел од копот, депонирани се значајни маси од ископот (јаловински маси), кои ги градат зоните на одлагалиштето.

Врз основа на прикажаниот начин на поделба на литолошките единици, понатаму се вршени потребните геотехнички зонирања.

2.2.ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОСТОРОТ

Во поглед на тектонската состојба на теренот, треба да се напомене дека сите овие единици се во чести вертикални и странични измени, со голем број на тектонски контакти. Ова условува исклучително комплицирана тектонска градба, што има и многу значајно влијание врз состојбата и карактеристиките на карпестите маси.

Почетно, зоната на рудното наоѓалиште била создадена во рифтната фаза на развојот на Вардарската зона во средна јура. Подоцна, со современите фази на алпската орогенеза, структурно–тектонскиот склоп на теренот е интензивно преработуван и деформиран, со сложено поле на тектонски напрегања и метаморфоза на првобитната седиментна серија.

Како резултат на комплексните процеси, меѓуслојните граници создадени во јура и површините на фолијација во јурските и кредните седименти, се доведени во стрмна положба. Најкарактеристично што со фазите на неотектонска активност, кредните слоевити варовници се доведени во т.н. инверзна состојба.

Присуството на примарно ултрабазичните карпи, со процесите на метаморфоза се доведени до степен на серпентинити, кои се всушност по дијапирски пат втиснати во кровинските шкрилести творби.

Во пострифтната фаза на развој, тектонската состојба е дополнително усложнувана, така што во моментот има застапеност на следните структурни (раседно–пукнатински) форми:

- Реверсни раседи со протегање СЗ – ЈИ и со стрмен пад од околу 60 – 80° (за кои се смета дека потекнуваат од ларамиската фаза). Во овие

форми доминираат следните структури:

- Рудниот слој и блоковитите серпентинити во контактот со него,
 - Алтерисаните (талкизирани) серпентинити и шкрилестите творби и
 - Кредните шкрилци.
- Гравитациони раседи со протегање С – Ј до ССИ – ЈЈЗ, кои обично се со стрмни падови;
 - Постоене на поголем број на пукнатински системи кои условуваат изделеност на масивот во блокови со разни форми.

Според досегашните анализи, од тектонски аспект, изделени се три одделни блокови и тоа:

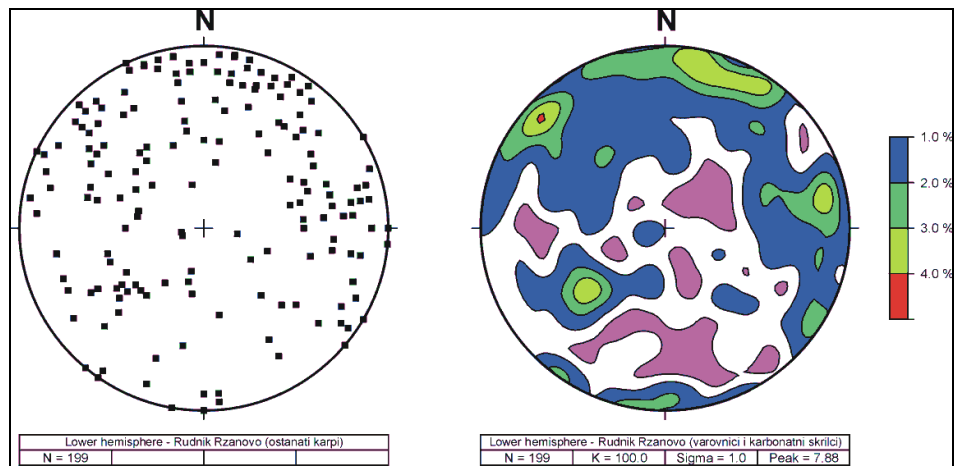
- Југозападен блок, изграден од кредни шкрилци и варовници, заедно со рудниот слој;
- Централен дел, со преовладување на серпентинитите и шкрилците;
- Североисточен дел, каде преовладуваат алтерисани до талкизирани серпентинити, кредни шкрилци и тријаски варовници.

Резултатите од статистичката анализа на дисконтинуитетите се дадени на сликите 8, 9 и 10. За оваа анализа бил употребен софтверскиот пакет STERONET*.

Со анализа на дијаграмите, очигледно е дека кај шкрилестите карпи (каде се внесени и падовите на алтерисаните серпентинити) има доста значајни варирања во падовите на структурните елементи. Сепак, кога станува збор за генералната ориентација на падовите на фолијацијата (шкрилавоста), појасно се забележуваат падови со елементи $EP=50/47$.

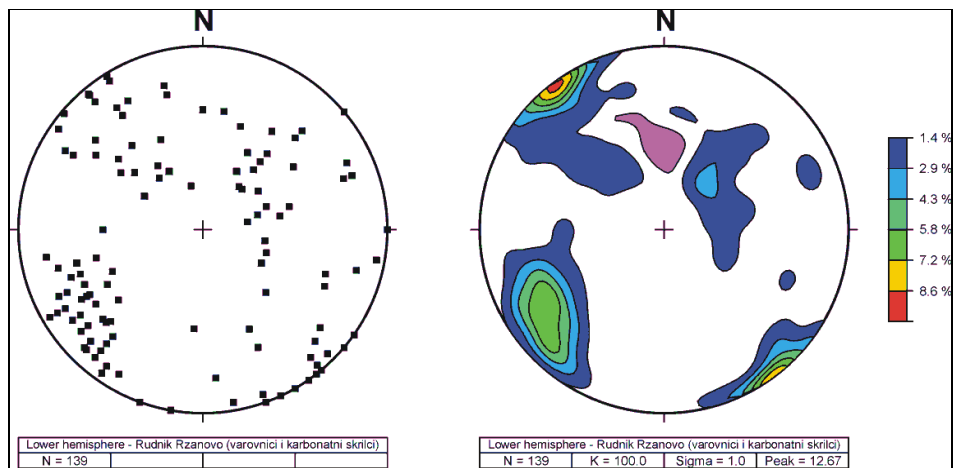
Кај кредните варовници се истакнува генералната ориентација на слоевитоста со $EP=55/68$, иако се среќава и јасно изразен пукнатински систем со $EP=142/85$.

Елаборат од геотехничките истражувања и испитувања на ПК 'Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршни косини Градежен институт „Македонија“ АД Скопје, 2006



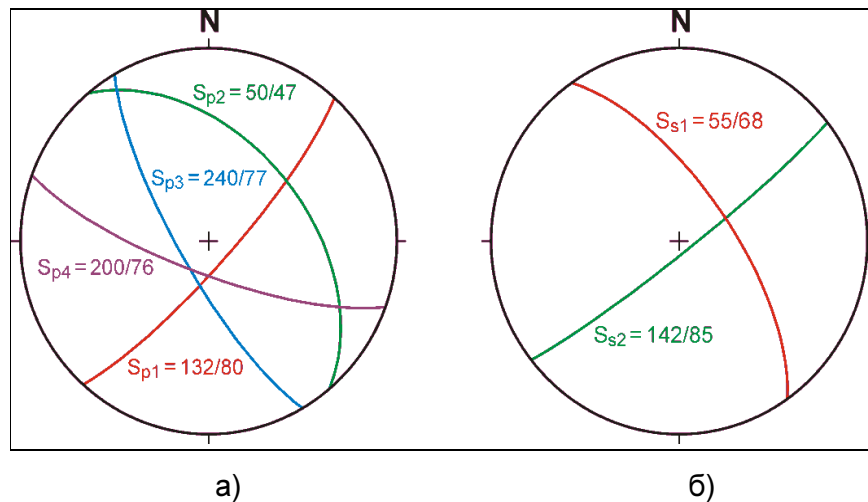
Слика 8. Точкаст и контурен дијаграм на дисконтинуитетите за шкрилести карпи.

Figure 8. Point and contour diagram discontinuities for schist rocks.



Слика 9. Точкаст и контурен дијаграм на дисконтинуитетите за варовници и карбонатни шкрилци.

Figure 9. Point and contour diagram discontinuities for limestone and carbonate schist



Слика 10. Дијаграми на статистички вредности: (а) за шкрилести карпи, (б) за варовници.

Figure 10. Diagrams statistical values: (a) for rock schist, (b) limestone.

Анализирајќи ги сите претставени работи, се заклучува дека геолошките и структурно–тектонските карактеристики во одредени делови на наоѓалиштето се доста сложени, што има големо значење на условите за ископ и состојбата на стабилност. Имено, застапена е голема хетерогеност на литолошкиот состав и другите параметри, додека анизотропијата е посебно изразена кај шкрилестите творби, така што од овој аспект, ситуацијата е доста комплексна.

2.3.ОСНОВНИ ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОСТОРОТ

Од хидролошките појави, најзначајни се атмосферските врнежи кои имаат одредено влијание врз состојбата на одводнетост на теренот. Имено преку инфилтрација на површинските води во подземјето се создаваат предуслови за постоење и на хидрогеолошки појави. Од хидрогеолошките појави, како показател на присуство на подземни води во подземјето, евидентно е присуство на следните појави:

1. Извори, влажни зони и истекувања на дел од отворените етажи и поткопи и

2. Појава на подземни води во дупнатините.

На целиот коп карактеристично е постоење на повеќе извори. Сите извори се од пукнатински тип, имаат мала издашност и се лоцирани во алтерисаните серпентинити. Издашноста на овие извори се проценува на околу $Q=0.10 - 0.20$ l/s поединечно.

Кај сипаришните материјали и одлагалиштето, ефективната порозност е вештачки создадена и е од интергрануларен карактер. Ако се има предвид ваквата хидрогеолошка состојба, јасно е дека локално вдоль пукнатините се јавуваат ефекти на хидростатичкото дејство на подземните води. Тоа во оваа фаза на анализите е симулирано со помош на коефициентот на порен притисок (r_U), или во вид на воден притисок вдоль дисконтинуитетите.

Со оглед дека во оваа зона се пристни локални свлекувања, овие извори можат повремено и да се затрупуваат.

Сите овие појави се врзани за ефективната порозност на карпестите маси заради испуканоста и укажуваат на локално постоење на разбиен издан. Овој факт укажува дека по должината на дисконтинуитетите е присутно хидростатичко дејство, кое има значително влијание врз состојбата на сабилност.

2.4.ОСНОВНИ ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Во склоп на наоѓалиштето застапени се материјали со различни карактеристики, кои често се менуваат во вертикала и хоризонтала.

Во овој контекст, од аспект на инженерскогеолошките карактеристики на карпите, анализирани се **јакоста на монолитните делови на карпестите маси и состојбата на испуканост**. Врз основа на овие параметри извршено е соодветна инженерскогеолошка класификација на карпите.

2.4.1 Јакосни параметри на монолитни делови на карпите*

За дефинирање на јакосните карактеристики на монолитни парчиња (примероци), најповеќе се користени испитувањата на индексот на јакост (J_c), како и сите стари и новодобиени резултати за јакоста на притисок (σ_p) и јакост на затегање (σ_z).

Индексот на јакост е добиен од т.н. point load test, според методологијата на меѓународното друштво за механика на карпи ISRM (International Society for Rock Mechanics), а пресметана е според основни формули:

$$J_c = p/D^2 \text{ [MPa]}$$

$$J_{c(50)} = F \times J_c$$

$$F = (D_e / 50)^{0.45}$$

$$D_e = 4A / \pi$$

$$A = W \times D$$

$$W = (W_1 + W_2) / 2$$

Каде се:

P - ила во момент на лом на примерокот [M/N];

D - Растојание меѓу точките на лом кај примерокот [мм];

W - средна димензија на примерокот, средина помеѓу ($W_1 + W_2$);

D_e - еквивалентен дијаметар на примерокот [мм];

J_c - некорегирана вредност на индексот на јакост [MPa];

$J_{c(50)}$ - корегирана вредност за дијаметар 50мм [MPa];

Јакоста на притисок на монолитни примероци се определува според следнива формула:

$$\sigma_p = P/F \text{ [MPa];}$$

Каде се: P - сила во моментот на лом на примерокот,

F - оптоварена површина.

* Елаборат од геотехничките истражувања и испитувања на ПК 'Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршни косини Градежен институт „Македонија“ АД Скопје, 2006

Јакоста на затегање според Бразилскиот метод се пресметува по следнава формула:

$$\sigma_z = \frac{2P}{\pi DL};$$

Каде се: P - сила во лом на примерокот,
D - дијаметар на примерок,
L - должина на примерок.

2.5. ГЕОМЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА МИНЕРАЛНАТА СУРОВИНА И ОТКРИВКА

Испитувањата за одредување на физичко-механичките карактеристики на минералната суровина и откривка на наоѓалиштето 'Ржаново се извршени во 1978 година, од страна на Рударски институт Белград.

За лабораториските испитувања биле земени проби од отворените делови на површинскиот коп, а дел од пробите за испитување на физичко-механичките карактеристики на рудата и од јамските простории.

Со оглед дека кај старите и новите податоци за физичко-механичките карактеристики на монолитните делови се забележани значителни варирања, најзначајните параметри се анализирани со примена на софтверскиот пакет STATISTICA*.

Некои од најтипичните статистички вредности од направените испитувања за јакост на притисок и јакост на затегање на монолитни примероци на карпите се дадени во Табела 1.

* Елаборат од геотехничките истражувања и испитувања на ПК 'Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршни косини Градежен институт „Македонија“ АД Скопје, 2006

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Табела 1. Најзначајните вредности на параметрите на монолитни делови на карпите

Table 1. The most important values of the parameters of monolithic pieces of rocks

| Вид на карпа | Средна вредност за јакост на притисок σ_p [MPa] | Средна вредност за јакост на затегање σ_z [MPa] | Средна вредност за волуменска тежина γ [kN/m ³] |
|--------------|--|--|--|
| серпентинит | 32,47 | 3,07 | 27,2 |
| шкрилци | 32,65 | 3,95 | 28,56 |
| руда | 73,51 | 8,39 | 36,48 |
| варовник | 23,62 | 3,22 | 27,18 |

Врз основа на лабораториските испитувања во следната табела се дадени најзначајните вредности на варирање на основните параметри за поедини литолошки средини според критериумот на лом на Mohr - Coulomb.

Табела 2. Основни параметри за поедини литолошки средини

Table 2. Basics parametars of individual areas

| Литолошка средина | Агол на внатрешно триење ϕ (^o) | Кохезија c (KN/m ²) | волуменска тежина γ [kN/m ³] |
|---------------------------|--|-----------------------------------|---|
| изменети серпентинити | 24.82-27.67 | 170-510 | 27.0-29.0 |
| зеленкасти шкрилци | 21.60-25.23 | 82-120 | 27.2-29.2 |
| слоевити кредни варовници | 41.54-42.00 | 505-539 | 26.5-27.8 |
| руда | 29.83-30.41 | 157-227 | 33.3-37.0 |

Од извршените теренски истражни работи и лабораториски испитувања, добиени се соодветни параметри за екстраполација на карактеристиките од

монолит на масив, кои се и меродавни за механичкото однесување на средината и нејзината стабилност.

2.5.1. Воспоставување на регресиони зависности за екстраполација на параметрите

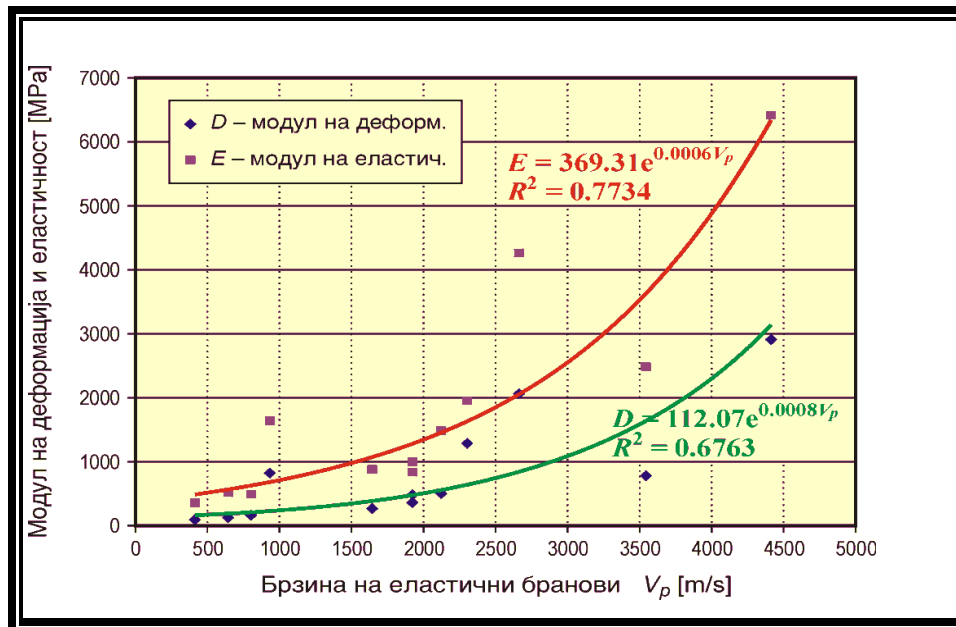
Други испитувања се извршени во 1983 и 1984 година, а врз база на нивните резултати од страна на Р.И.Белград, во 1992 година е изработен документационен елаборат и истовремено е извршена статистичка обработка на добиените физичко – механички параметри. Оваа обработка овозможи избор на основните параметри на работната средина, кои податоци се искористени во овој магистерски труд за пресметка на стабилноста на површинскиот коп 'Ржаново.

Применетата методологија на работа, претставува формирање на зависности со кои е можна екстраполацијата на параметрите за волумен кој е споредлив со димензиите на површинскиот коп. За оваа цел се формирани зависности со комбинација на статичките вредности на деформабилноста (модулите D и E)* со брзините на простирање на еластичните бранови (V_p).

Покрај тоа, формирана е корелација од тип $RMR = f(V_p)$. Заради фактот што кај сите видови истражувања се забележани значителни варијации на влезните параметри, при формирањето на корелационите зависности.

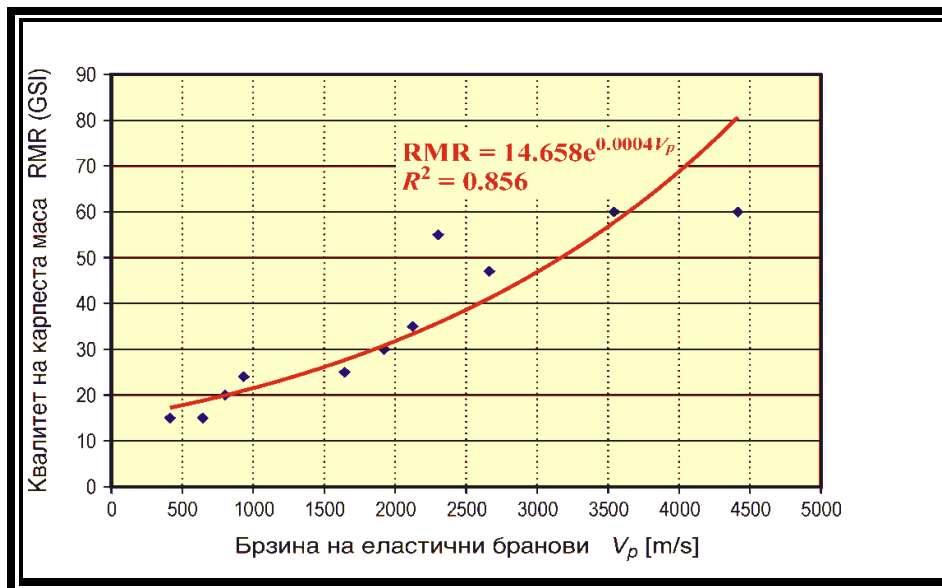
Екстремните вредности не се земени во предвид. Добиените зависности се прикажани на сликите 11 и 12.

* Елаборат од геотехничките истражувања и испитувања на ПК 'Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршни косини Градежен институт „Македонија“ АД Скопје, 2006



Слика 11. Регресиони криви од тип $D = f(V_p)$ и $E = f(V_p)$ за истражуваниот локалитет.

Figure 11. Regression curves of type $D = f(V_p)$ and $E = f(V_p)$ of the investigated locality.



Слика 12. Регресиона крива од тип $RMR = f(V_p)$ за истражуваниот локалитет.

Figure 12. Regression curve of type $RMR = f(V_p)$ of the investigated locality.

Прикажаните зависимости се применети при конечното усвојување на влезните параметри за анализите на стабилност со методот на конечни елементи.

2.5.2 Состојба на испуканост

Од состојбата на испуканост зависат механичките и хидрауличките својства на масивот, како и условите за појава на лом. За дефинирање на состојбата на испуканост применети се постапки на мерење на параметри како на површина на терен, така и во истражните пукнатини. Како основен параметар за степенот на испуканост користен е т.н. RQD показател (Rock Quality Designation), овој параметар е дефиниран од страна на D. Deere, 1974.

$$RQD = \frac{L_p}{L_t} 100[\%];$$

Каде се:

L_p – збир на должина на парчиња од јадра од истажна дупнатина, подолги од 10см.

L_t – должина на интервал на дупчење.

За дефинирање на состојбата на испуканоста се правени и голем број мерења на мерни места лоцирани на површината на теренот. Детали за сите потребни параметри на степенот на испуканост се земени од катастарот на пукнатини кои се дадени во прилог во Елаборатот од 2006год.

Јасно е дека состојбата на испуканост е со изразито нехомогена распределба, но сепак сите параметри укажуваат дека најиспукани се изменетите серпентинити и шкрилестите карпи, во споредба со блоковитите серпентинити и варовници. Врз основа на ваквата состојба, сите карпести маси се соодветно класифицирани.

2.5.3. Инженерскогеолошка класификација на карпите*

Користејќи ги податоците за јакоста и состојбата на испуканост на карпите, од практичен (инженерски) аспект, издвоени се следните групи на карпи:

а) Цврсто врзани каменити карпести маси. Овде се групирани масивните (блоковитите) серпентинити, тријаските варовници и кредните слоевити варовници.

За натамошни анализи, цврсто врзаните карпести маси се сметаат како крута средина, која во однос на другите инженерскогеолошки видови карпи се со повисоки вредности на јакоста на карпестиот масив. Вредноста на јакоста на притисок кај оваа група на карпи е главно околу $\sigma_p = 50 - 100$ МПа. Кај серпентинитите често јакоста е на граница кон полукаменитите вариетети, односно околу $\sigma_p = 50$ МПа. Скоро кај сите вариетети, пукнатинските површини се мазни до глатки, што е значајно за јакоста на смолкнување.

б) Цврсто врзани полукаменити карпести маси. Во оваа група се издвоени сите останати карпести маси и тоа црните и зеленкастите шкрилести творби, рудното тело и алтерисаните серпентинитски вариетети. За нив, добиени се вредности за јакоста на притисок главно во границите околу $\sigma_p = 14 - 30$ МПа. Овие резултати во целост одговараат на класата на полукаменити карпести маси. Се сметаат за исклучително анизотропни и пластични средини.

За сите овие видови на карпи (каменити и полукаменити), за проценка на параметрите на јакоста на смолнување (кохезијата, аголот на внатрешно триење, како и модулот на еластичност), искористен е познатиот емпириски критериум на лом. Ова се нагласува, со оглед дека овие параметри се најзначајни за анализите на стабилноста.

* Елаборат од геотехничките истражувања и испитувања на ПК 'Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршни косини Градежен институт „Македонија“ АД Скопје, 2006

в) Неврзани карпести маси. Овие маси се однесуваат на сипариштата по должина на работните косини. Основна карактеристика им е малата збиеност и растреситост. Во анализите за оваа фаза истите се третираат како комплекс без подетални раздвојувања, со параметри кои се добиени со повратна анализа.

2.5.4 Геотехничка класификација на карпестите маси*

Од направените испитувања, е очигледно дека се застапени повеќе видови материјали со доста широки варијации на нивните физичко-механички карактеристики.

Врз основа на инженерско–геолошкото картирање на теренот во актуелната фаза и добиените резултати од најновите PLT (point load test) лабораториски испитувања, извршена е реинтерпретација на влезните параметри за геотехничка класификација на застапените главни видови карпести маси, со цел да се обезбедат параметри за реална проценка на деформабилноста и јакоста на смолкнување кај каменитите и полукаменитите карпи. Извршена е категоризација на карпестите маси според Bieniawski (1989) и познатиот емпириски генерализиран критериум на лом според Hoek и Brown. По овој критериум параметрите на јакост на смолкнување на масивот се дефинираат според следниве формули:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{0 - 3D}\right)$$

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} 10^{(GSI-10)/40}$$

**Извештај за извршено ажурирање на геолошките и геомеханичките подлоги и анализа на стабилноста на работните и завршните косини во рудникот, 2010/2011*

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

каде што се:

E_m - Модул на класификација според модификациски критериум на Ноек

GSI - Квалитет на карпа по Ноек поврзани со категоризација на Bieniawski;

m, s – емпириски константи зависни од квалитетот на карпата;

D – кофициент на пореметеност на масивот;

σ'_1, σ'_3 – главни нормални напрегања;

c_i – јакост на притисок.

Од добиените резултати, врз основа на направените пресметки со софтверските пакети GEOKLAS и ROCLAB може да се констатира дека карпестите маси главно се категоризирани во III и IV класа, додека и изменетите алтерисани серпентинити, кои се најпроблематични од аспект на стабилност на косините, се категоризирани во V класа. Слабиот рејтинг на кредните плочести варовници се должи пред сè на релативно помалку поволната ориентација на пукнатините во однос на останатите карпести маси.

Табела 3. Категоризација на карпести маси според RMR системот на Bieniawski (1989).

Table 3. Classification of rock masses according RMR system on Bieniawski (1989).

| Вид на карпа Параметар | Масивни серпентинити Se | Алтерисани серпентинити Se' | кварц-серпентинитски карбонатни шкрилци | Трифасни мермеризирани варовници T_1, σ' | Темно сиви до црни кредни шкрилци $1K_2^2$ | Кредни тракасти варовници $1K_2^2$ | Кафени трошни кредни шкрилци $1K_2^2$ | Рудно тело $2K_2^2$ | Кредни плочести варовници $3K_2^2$ |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|---|--|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Еднооксијална јакост | 2 | 1 | 4 | 7 | 2 | 7 | 2 | 4 | 7 |
| RQD (квалитет на јадро) | 8 | 3 | 8 | 13 | 3 | 13 | 3 | 13 | 13 |
| Растојание меѓу пукнатини | 10 | 5 | 8 | 15 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 |
| Состојба на пукнатини | 10 | 0 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 |
| Подземна вода | 10 | 10 | 10 | 7 | 10 | 7 | 10 | 10 | 7 |
| Ориентација на пукнатини | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -25 |
| RMR (rock mass rating) | 35 | 14 | 35 | 57 | 25 | 52 | 25 | 42 | 32 |
| Класа на карпа | IV | V | IV | III | IV | III | IV | III | IV |

3.0. ОСНОВНА ГЕОМЕТРИЈА НА ПОВРШИНСКИ КОП 'РЖАНОВО

Геометријата на косините на површинскиот коп директно влијаат на изборот на технологијата, односно на начинот на откривање и експлоатација на рудното тело.

Многу фактори имаат влијание на големината на површинскиот коп. Поважни се: големината на рудното тело, а во врска со тоа и годишниот капацитет (кој треба да биде оптимален), физичко – механичките својства на рудното тело и контактните карпи, длабинската граница (ниво на дното) која зависи покрај другото и од производната цена и др. Од овие особини ќе бидат усвоени и завршните косини на копот, генералниот агол, бројот на етажите, односно нивните висини, коефициентот на откривка и сл.

Основните параметри на етажите, се задржуваат согласно техничките решенија, а во согласност со претходните технички проекти. Врз основа на конфигурацијата на теренот, прифатените физичко – механички својства на работната средина, како и досегашното работно искуство на П.К. 'Ржаново, се усвојува да висината на етажите биде $H=15m$.

3.1. ЕКСПЛОАТАЦИОНО ПОЛЕ

Границите на површинскиот коп 'Ржаново во главно остануваат според решенијата дадени во Дополнителниот рударски проект за површинска експлоатација на П.К. 'Ржаново, Анекс 1 (Рударски институт-Скопје, 1998 година) и параметрите земени од Елаборатот за геотехничките истражувања и испитувања на П.К. 'Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршните косини, (Градежен институт Македонија, Скопје, 2006година).

Експлоатационото поле на рудникот 'Ржаново има елипсоидна форма, која е карактеристична за длабоки површински копови.

Експлоатационото поле на П.К. Р'жаново е дефинирано со точки и координати. Подлогата за проектирање е земена од рударско технолошките профили од 0-0' до 116-116' со состојба на површинскиот коп од

25.06.2011 година. Протегањето на површинскиот коп е од североисток кон југозапад.

Во овој магистерски труд се анализирани повеќе профили, но ќе бидат преставени само шест карактеристични профили кои се избрани како најкритични и се во согласност со моменталните активности во рудникот 'Ржаново.

Дизајнирањето на новата завршна состојба е извршено во границите на одобрената концесија за експлоатација, расположливите податоци за аголот на завршните косини на копот и работните косини на етажите и конфигурацијата на теренот.

Конструкцијата односно ограничувањето на завршните контури на копот е обработено во план со размер 1:1000 (Прилог.4), каде е прикажана целокупната ситуација на ограничениот површински коп со патишта во и надвор од копот кои водат кон одлагалиштето на кота 975 и капиталниот пат во површинскиот коп до постројката за примарно дробење од која понатаму преку рудна сипка се транспортира рудата гравитациски до транспортниот систем со транспортни ленти до рудниот круг во Топиница.

3.2. ДЛАБОЧИНА НА ПОВРШИНСКИ КОП

Концепцијата за натамошното продлабочување на П.К. 'Ржаново во основа останува со верифицираните решенија од Главните рударски проекти со тоа што во предвид е земена моменталната состојба на откопните работи на копот и потребната динамика на неговиот понатамошен развој.

Генерално, површинскиот коп е комбиниран тип т.е. од ридско - висински преминува во длабински тип од етажа 865 метри на југ.

Највисоката кота во ограничениот простор изнесува 1000м што значи максималната длабочина на површинскиот коп во завршна фаза ќе изнесува 250м.

Максималната ширина на завршните берми во кровината изнесува 15м. при завршен агол на етажната косина од 68° а во подината (варовник) бермата е до 8,0 м за завршен агол на етажата до 68° .

Максималната должина на ограниченото поле изнесува 1320 м., додека должината на дното од копот на К-750 изнесува 625м.

Максималната ширина на површинскиот коп изнесува 550 м, а на дното К-750м максимално до 40 м.

Продлабочувањето на површинскиот коп 'Ржаново ќе се изведе според дадените техничко- технолошки решенија. Тоа значи дека продлабочувањето, односно навлегувањето до најниската кота за експлоатација, а тоа е етажа 750, ќе биде со наклон од 8% и хоризонтално одмаралиште од 30 м.

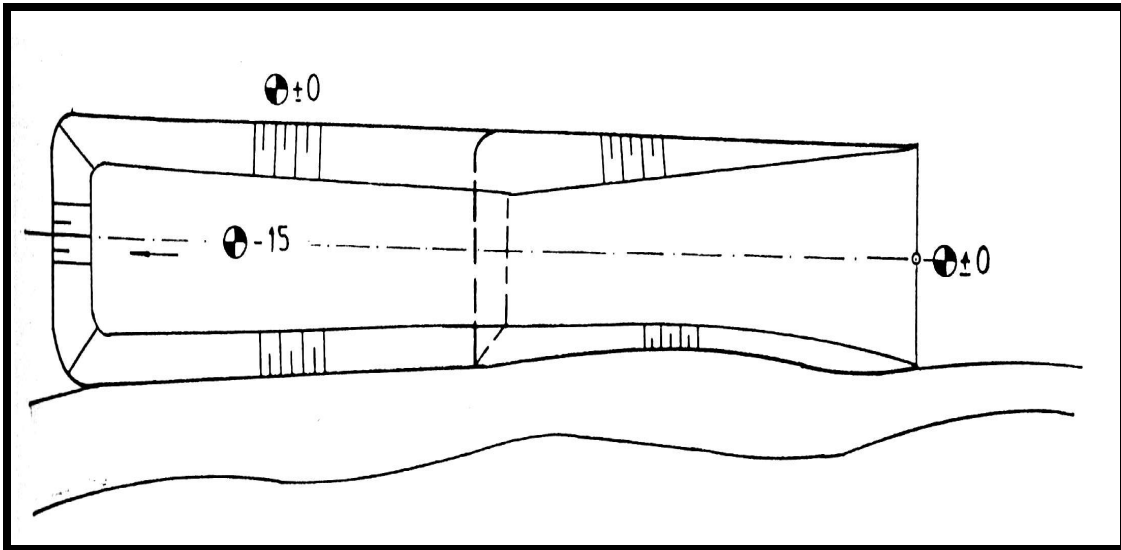
Треба да се изработи руднички пат кој ќе служи за транспорт на јаловината од етажата на кота 955 м, па до најниска етажа на кота 750 м, и овој материјал да се одложува на одлагалиште на кота 975 м.

Отварањето на новите етажи е класично длабинско отворање со изработка на поединечен усек за отворање. (слика 13 и 14)

Поединечното формирање на усек на отворање ќе се извршува на следниот начин:

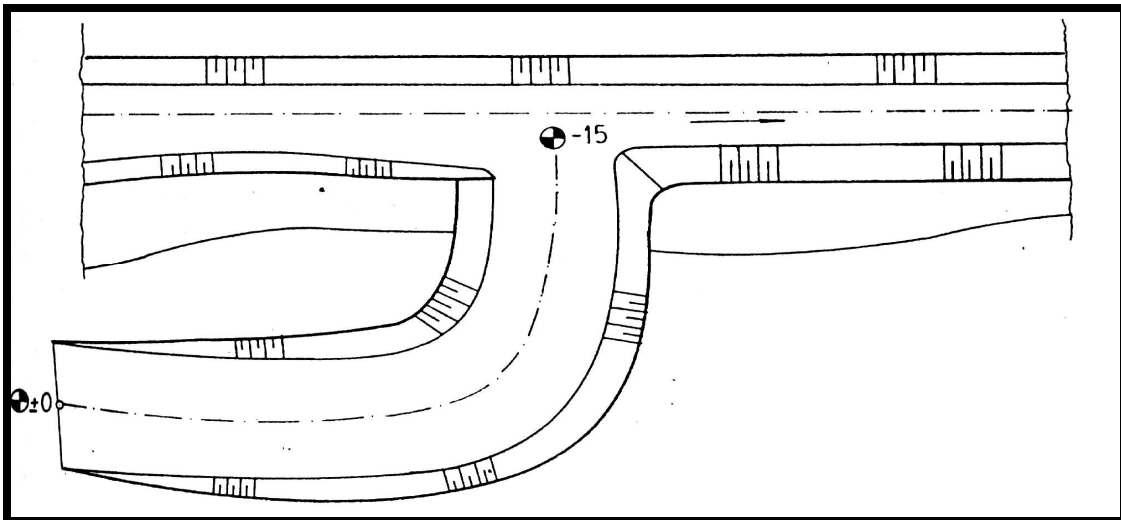
Најпрвин од етажното плато на веќе формирана етажа со дупчечко-минерски работи се зафаќа појас со широчина од минимум 25 метри.

Минирањето на оваа ширина се врши со поединечни секции - мински серии чија должина изнесува од 40 - 50 метри. Минираниот материјал се товара со багер во камиони со соодветни габаритни димензии. За секој следен сегмент на продолжување на усекот, длабочината на минските дупки се зголемува така што на крајот нивната должина треба да изнесува 17,5 метри.



Слика 13. Начин на формирање на праволиниски усек при отворање на нова етажа

Figure 13. Mode of forming a straight cut section when opening a new elevation



Слика 14. Начин на формирање на бочно – криволиниски усек при отворање на нова етажа

Figure.14. Mode of forming a lateral - curve on cut section opening new floor

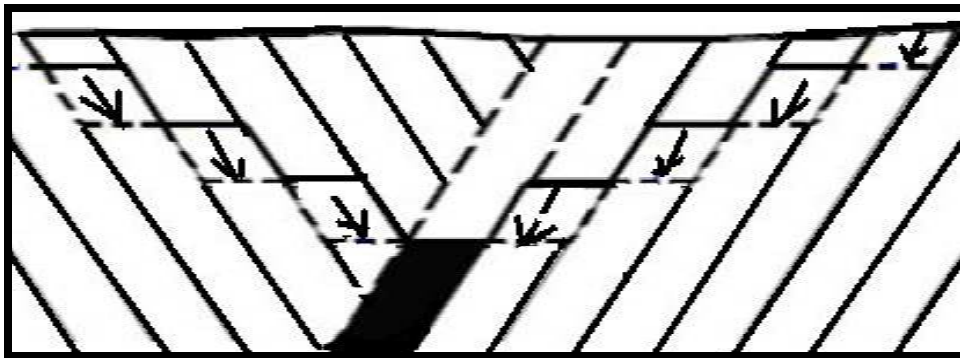
На тој начин се формира усек на соодветната подолна етажа со максимален наклон до 8%, ширина од 20 м. и должина од 190 метри, при што се совладува висинска разлика од 15 метри. Од погоре изложеното може да се

заклучи дека експлоатацијата на површинскиот коп 'Ржаново ќе се врши во стеснети услови на работа и голема длабочина (макс. 235м).

Врз основа на конфигурацијата на теренот, прифатените физичко-механички својства на работната средина, како и искусствените параметри кои се постигнати на ПК 'Ржаново, и стручните сознанија во оваа област ги усвојуваме и ги пресметуваме следните основни експлоатациски параметри на површинскиот коп и тоа: висина на етажа, ширина на етажа, генерален агол, работни и завршни косини на етажите на копот.

3.2.1 Висина на етажа

За рударски проект, основен параметар претставува висината на етажите. Таа е вертикалното растојание помеѓу горната и долната етажна рамнина. Без оглед на геолошките услови се настојува при проектирањето, етажната висина да биде иста за секоја етажа.



Слика 15. Профили на етажа по висина
Figure 15 Profile of elevation by height

Дефинирањето на висината на етажите зависи од повеќе фактори од кои поважни се: физичките карактеристики на рудата и јаловината, потребниот степен на селективност во функционална зависност од избраната товарна механизација, производниот капацитет, хидролошките услови и др. Етажната висина не смее да биде поголема, за евентуалните одрони да не ја загрозат механизацијата. Обично висините на етажите се 15м, додека истите можат да бидат и значително помали.

Висинската поделба на наоѓалиштето е извршена врз основа на физичко-механичките карактеристики на минералната суровина, техничко-технолошките перформанси на предвидената опрема за површинскиот коп од досегашните позитивни сознанија од експлоатација на наоѓалишта со слични геолошки карактеристики и потребните услови за стабилност на етажните косини.

Во технолошкиот систем на површинска експлоатација, површинскиот коп 'Ржаново е поделен на кровинска јаловина и подинска јаловина. Кровинската јаловина според дизајнираната состојба висински е поделена од југоисточната страна на копот на 16 етажи до висина од 15 метри, односно од К-760 до К-985 и од К-750 до К-760, една етажа со висина од 10 метри. Од североисточната страна копот е поделен на 13 етажи со висина од 15 метри, односно од К-750 до К-940.

Бројот на етажите при експлоатација се добива како висинска разлика помеѓу котите К-1000 и К-760.

$$n = \frac{K_{1000} - K_{760}}{H} = 16 \text{ етажи}$$

каде е :

K_{1000} – највисоката кота на п.к.

K_{760} – најниската кота на п.к.

H – висина на етажите.

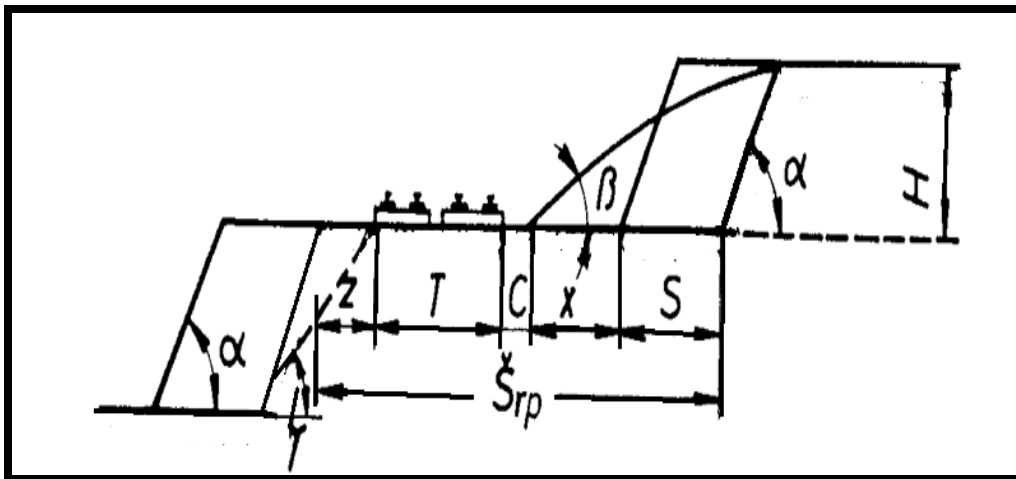
Овој број ($n=16$ етажи) е со висина од 15 метри и плус една етажа од $K=750$ до $K-760$ е со висина од 10 метри.

Дефинираната висина на етажите треба да обезбеди сигурност на рударските работи, висок капацитет на опремата за дупчење и товарење, минимални помошни работи и минимални производни цени на минералната суровина.

3.2.2. Работна ширина на етажа

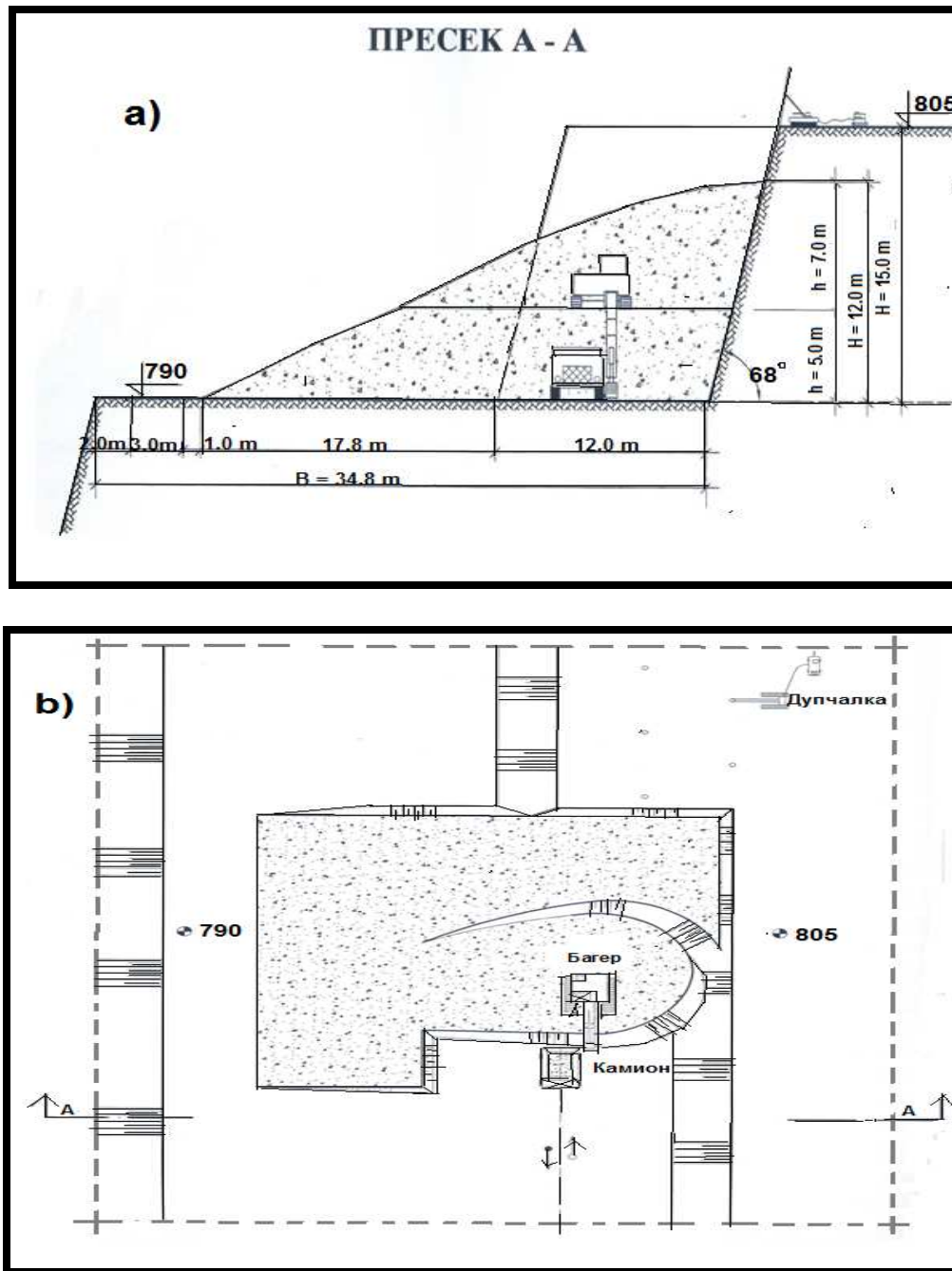
Минималната ширина на етажната берма во завршната косина на површинскиот коп, треба да обезбеди стабилност на завршната косина и задржување на евентуалните одрони од етажната косина.

Независно од условите на залегнувањето, откопувањето на ПК се врши во хоризонтални појаси, односно етажи. Откопувањето во етажи се врши секогаш одозгора надолу. Паралелно со окопувањето на горната етажа се врши подготовка на следната пониска етажа. На долната етажа се отпочнува со откопувањето кога на горната етажа е обезбедена потребната работна ширина. Најмалата работна ширина на етажата која се копа и товари со багери се состои од следните елементи: широчина на блокот за откопување S , широчина што го завзема просторот на изминираниот материјал x , сигурносното растојание од долниот раб на минираниот материјал и транспортниот пат C , транспортниот пат T и ширината на бермата на сигурноста Z .(слика 16.)



Слика 16. Шема на пресметка на работната ширина на етажа
Figure. 16. Scheme of calculation of the working width of the elevation

Согласно елаборатот за стабилност на површинскиот коп за работната ширина на етажното плато направена е технолошка шема за експлоатација во вертикален и хоризонтален пресек.(слика17)



Слика 17. Технолошка шема за експлоатација, а) вертикален пресек, б) хоризонтален пресек
Figure 17. Technological scheme for exploitation, а)vertical cross section, б) horizontal cross section)

Ширината на П.К како и должината варираат во зависност од нивото, додека ширината на дното на ката 750 метри изнесува од 30-45 м., а помеѓу профилите 24-88 должината изнесува 625 метри, додека вкупната должина на рудниот слој кој се протега на север од етажа 775 метри, а до најгорната етажа на југ 850 метри изнесува 970 метри, во зависност од моќноста на рудното тело и неговото залегнување.

Широчината на капиталниот пат кој навлегува во длабински тип изнесува 20 м, а додека наклонот на истиот ќе изнесува 8% со одмаралишта т.е рампи помеѓу етажите во должина од 30метри.

Минималната ширина на етажната берма во завршната фаза на експлоатација на етажата на П.К.'Ржаново за кровинската јаловина е пресметана по следнава формула:

$$b = \frac{n \cdot H \cdot (1 - \operatorname{ctg} \alpha_z \operatorname{tg} \alpha_r)}{\operatorname{tg} \alpha_r (n - 1)} \quad (\text{m})$$

каде е :

H – висина на етажата 15м,

α_z – завршен агол на етажата 68°

α_r – агол на завршната косина на површинскиот коп е 35°

n – број на етажи.

$$b = \frac{17 \cdot 15(1 - \operatorname{ctg} 68 \operatorname{tg} 35)}{16 \operatorname{tg} 35} = 15,32; \text{ усвојуваме } 15\text{м}$$

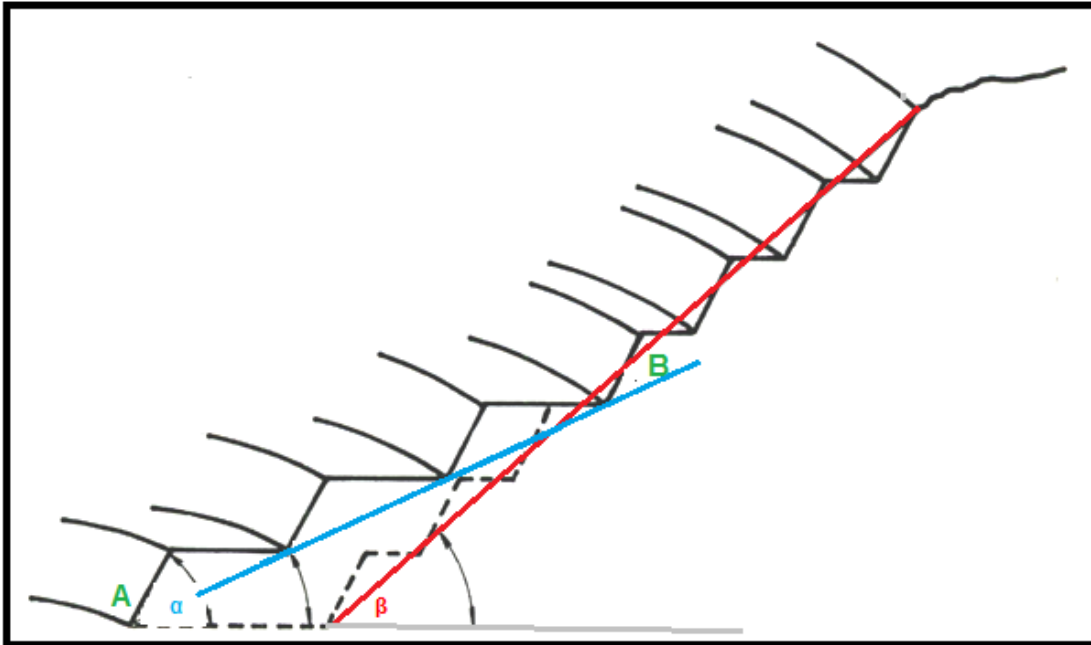
- за подинска јаловина

α_r – агол на завршната косина на површинскиот коп на даден критичен профил е 48°

$$b = \frac{9 \cdot 15(1 - \operatorname{ctg} 68 \operatorname{tg} 48)}{8 \operatorname{tg} 48} = 10,2; \text{ усвојуваме } 8\text{м}$$

3.2.3. Генерален агол

Завршниот агол на етажите на копот претставува агол кој го зафаќа
ножицата на ископот во подината (основа на етажата) со врвот на ископот на
површината на теренот.



Слика 18. Агол на завршна косина β ; агол на косина на работна етажа α
Figure 18. The final slope angle β , Angle of slope of working elevation

Проверката на аголот на завршната косина на површинскиот коп СЕ
врши по формулата:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{n \cdot H}{\frac{H}{\operatorname{tg}\alpha} n + b(n-1)}$$

каде е:

n – број на етажи (16)

H – висина на етажата (15)

α – агол на косината на работната етажа (68°)

b – ширина на етажната берма во завршната косина (15м)

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{16 \times 15}{\frac{15}{\operatorname{tg} 68} 16 + 15(16 - 1)} ;$$

$$\beta = 36,6^{\circ}$$

За поголема сигурност на стабилноста на завршните косини усвоена е помала вредност на $\beta = 35^{\circ}$ и висина на етажите од 15м.

3.3. КОСИНИ НА ПОВРШИНСКИ КОП

Главната причина за проучување на косина на П.К. при проектирање е проверување на економските оптимални прифатливи косини под услов да масивот остане стабилен, односно можноста за рушење да се доведе до минимум и да се избегне опасноста за вработените и механизацијата.

Со самото истражно дупчење за утврдување на длабочината и моќноста на рудното тело, треба да се соберат сите податоци за слоевитоста и составот во кровинскиот и подинскиот дел, како и состојбата на подземните води, сите овие податоци се многу важни за проучување и димензионирање на косината.

За димензионирање косина на површински коп и одлагалишта се собираат основните податоци добиени со истражни работи кои се добиени врз основа на пресметковните параметри и се јавува критериум за одредување на стабилност на косина.

На стабилноста на косина влијаат геолошки и инженерско – геолошки, хидрогеолошки и рударско – технички фактори.

Геолошките фактори се испитуваат од сите истражни дупнатини; Хидрогеолошките фактори ја одредуваат геолошката градба, климатските услови, релјефот и др. Особините на масивот се испитуваат на примероците извадени од специјални инженерско – геолошки дупнатини.

За димензионирање на косините на површински копови, усек и постоечките падини потребни се следниве податоци:

- Геолошки пресек со поделба на целокупната висина на пресекот на поединечни инженерско-геолошки елементи под кои се подразбира геолошки тела, релативно хомогени во поглед на нивниот склоп, физичка особина и состојба.
- Пресметка на карактеристиките на цврстина на свлекување на масивот на секој инженерско-геолошки елемент, при тоа треба да се води сметка на контактот помеѓу различни слоеви на дното, отпорот на свлекување да биде помал од колку кај секој од слоевите кои се допираат.

Ослабнатите зони мора да се издвојат во самостални инженерско-геолошки елементи:

- Волуменска маса на дното на секои инженерско-геолошки елементи.
- Податоци за сеизмичките подрачја.
- Пресметки за положбата на подземните води во поединечни фази на напредување на копот.

Сите овие основни податоци треба да бидат добиени на основа на специјални инженерско-геолошки истражувања. Таквите истражувања треба да одговараат на фазите од проектирање.

Во општ случај, тие истражувања се состојат од дупчење на инженерско-геолошки дупнатини, копање на сондажни ровови, земање на примероци за лабораториски испитувања и одредување на карактеристиките на дното.

Важен фактор за безбедно и сигурно работење на површинскиот коп претставува правилно одбрана косина на работните и неработните етажи, како и косина на боковите на целиот површински коп, а врз основа на податоците што се добиени од геомеханичките испитувања.

Кај неправилно одбрани косини на етажите доаѓа до лизгање, што има негативно влијание на технолошкиот процес, односно на откопувањето, а може и потполно да го запре работењето на копот.

Во принцип се разликуваат две категории на косини на површинските копови: работни и завршни косини.

Работните и завршните руднички косини се важни бидејќи имаат влијание на димензиите на површинскиот коп и економичноста. Покрај стабилноста, овие косини помагаат во одредувањето на количината на јаловина која треба да биде отстранета за да се откопа рудната супстанца. Во суштина косината е дефинирана со аголот што го затвара истата со хоризонталната површина. Косините треба да се стабилни за цело време на рударењето. Од механиката на почви и карпи се добиваат сите податоци за стабилноста при одредувањето на косините. Коповите со оглед на нивната големина можат да зафатат разни видови на карпи, така што вредностите на работниот и завршниот агол може да варираат.

3.3.1. Работни косини на ПК

Во суштина косините на рудникот треба да бидат стабилни, но едновременно треба да обезбедат минимален коефициент на откривка. Тоа се два спротиставени услови кои треба да се усогласат и да се најде оптимално решение за рудничките параметри.

Доколку страничните и челните косини на работната етажа не можат потполно да се усогласат со условите на работната средина, технолошката шема мора да се прилагоди во тие услови, во главно со смалување на висината на етажата. Со промена на висината на етажата се менуваат експлоатационите трошоци на багерувањето и транспортот, како и цената на опремата, и ефикасноста на искористување на опремата.

Работната косина на површинскиот коп ја сочинуваат сите работни етажи, сместени со одреден ред. Таа ја менува својата положба и наклонот во време и во простор.

Наклонот на работните косини на П.К. 'Ржаново во подинскиот дел (зона на кредни плочести варовници) е природно диктиран со падот на слоевитоста кој е со статистичка големина од околу 68° .

Ако работните косини се изведат под агол пострмен од 68° , или под агол кој е приближен на локалниот пад на слоевите, добиените фактори на

сигурност во одредени случаи ќе бидат нешто под дозволената вредност, $F_{s.min}=1.30$.

Додека во кровинскиот дел (зона на серпентинити и шкрилци) наклонот на работните косини изнесува од 20 до 38°.

На површинските копови постои етажна косина, а тоа е коса површина помеѓу две етажни рамнини. Наклонот на оваа косина може да се движи од 15-90° и зависи од физичко-механичките особини на работната средина.

Работната косина на етажата зависи од примената на откопната механизација (со или без минирање). Како и кај останатите системи на експлоатација, висината на етажата зависи од физичко-механичките карактеристики на масивот, а потоа од димензиите на багерот, односно утоварачот.

Нагибот на косината кој треба да се усвои за испитување на стабилноста на косината на работната етажа од површинскиот коп, зависи од повеќе фактори, како што се: видот на тлото, висината на етажата, типот на багер и начинот на откопување. Меѓутоа поради сигурноста во работата на површинскиот коп, по правило не се дозволуваат пострмни наклони на косината од оние кои се пропишуваат како максимални во поедини случаи.

3.3.2. Завршна косина на ПК

За формирање на завршните косини на копот, потребно е да се направат одредени истражувања и испитувања на стабилноста како и детално картирање на раседите на теренот. Детално геолошко картирање на теренот околу завршните косини, дупчење на геомеханички дупнатини околу завршните косини, точно утврдување на положбата на евентуалниот расед по целата должина на завршните косини.

Наклонот на оваа косина се мери со аголот на замислениот правец повлечен од долниот раб на најниската етажа до највисокиот раб на највисоката етажа.

Кај површинските копови на минерални суровини, каде физичко-механичките карактеристики се разликуваат од оние во кровинските наслаги, наклонот тогаш се мери само од подножјето на најниската етажа во кровинските наслаги, и тоа само во случаи кога протегањето на минералната серија е во правец на завршната косина.

Во случаите кога во завршната косина остануваат минерални серии со послаби физичко-механички карактеристики од кровинските наслаги, или откопувањето се врши од подинските наслаги чии карактеристики се слични со кровинските, тогаш наклонот на завршната косина се мери од подножјето на најниската етажа во копот. Овие правила треба да се почитуваат при изработка на геомеханичките елаборати и во спроведување на анализите за стабилност на завршните косини.

Наклонот на завршната косина на копот треба да се контролира најмалку еднаш во шест месеци.

Формирањето на завршни косини претставува комплицирана задача која подразбира целосно согледување на сите параметри добиени во текот на истражувањето и испитувањето на одредени простори. Наклонот на косината, а со тоа и завршната контура на површинскиот коп, има големо влијание во економичната работа на копот преку коефициентот на отквивка на одреден оконтурен простор. Меѓутоа во текот на експлоатацијата може да дојде до промена на наклонот на косината, при што мора да се извршат додатни геолошки истражувања со цел да се обезбеди сигурност при работењето на површинскиот коп.

4.0. СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИ НА ПОВРШИНСКИ КОП

Во суштина косините на рудникот треба да бидат стабилни, но едновремено треба да обезбедат минимален коефициент на отквивка. Тоа се два спротиставени услови кои треба да се усогласат и да се најде оптимално решение за рудничките параметри.

Косините помеѓу патиштата всушност се поклопуваат со стабилноста пресметана на база на физичко – механичките својства на средината.

Зголемената потреба за енергетски суровини и метали, бара косини со благ наклон и поголем однос на коефициентот на отквивка. Затоа денес рудниците со површинска експлоатација се проектираат со длабочина и големина која во минатото не можеле ни да се замислат.

Решението на стабилноста на косината на карпестите средини, бара на основа на познатите сили и деформационите својства да се одреди поместувањето на косината и да се даде оценка за степенот на нејзината стабилност. Тоа значи дека мора да се познава напонската состојба и деформацијата предизвикана од промената на напонската состојба. Ова од своја страна бара да покрај формулирање на равенката на рамнотежа да се формулира и равенка помеѓу врската на напонот и деформацијата (однесување на материјалот под оптоварување).

Однесувањето на материјалот под оптоварување може накратко да се сведи на следното:

- Карпите подеднакво се однесуваат при оптеретување и растеретување, тие равенки се врски помеѓу напонот и деформациите и мораат да се формулираат во однос на прирастот на напонот и деформацијата,
- Со појавата на лом на карпестите маси, врската на напонот и деформацијата во целост мора да бидат зависни и од времето,
- Односот на напонот и деформацијата не е линеарен, ниту за мали деформации, а кај големите деформации постои зона каде истите растат и покрај опаѓањето на напонот,

- Врската на напонот и деформацијата за карпестите маси мора да ги опфатат својствата на хетерогеност, анизотропија и дисконтинуалност,
- Постоенето на заостанатите напони, кои не се лесно мерливи, го отежнуваат одредувањето на правата состојба на напонот во карпестата маса.

Од напред изнесеното може да се констатира дека врските на напонот и деформацијата, кои ги опфаќаат сите претходно наведени феномени, не се доволно практични за употреба. Поради тоа се користат апроксимативни методи кои се базирани на поедноставување на одредени законитости од применетата механика на карпи.

Принципите на анализа на стабилност на цврсти и полукаменети карпести маси налагаат изборот на пресметковниот (аналитички) модел да биде во склад со т.н. физички модел на теренот. Во конкретниот случај, на површински коп 'Ржаново, со анализата на литолошките и тектонските односи на карпестите маси, може да се констатира дека во одделни делови од копот се можни различни механизми на лом. Меѓутоа заради положбата на слоевите и ефектот на размер (големината на блоковите во масивот споредено со висините на копот), оправдано е состојбата на стабилност во најголемиот дел од копот да се анализира со користење на класичните методи на гранична рамнотежа.

Во останатиот дел од копот (зона на кредни плочести варовници) има класични предуслови за лом вдолж рамнините за слоевитост, со оглед дека нивниот пад (статистичка вредност од околу 68°) го диктира и наклонот на работните косини во овие карпи.

Фактот дека по должината на дисконтинуитетите се јавуваат ефекти на хидростатичко дејство на подземните води кои имаат влијание врз состојбата на стабилност, истото во анализите е симулирано со помош на коефициентот на порен притисок. (r_u)

Нестабилноста на косините претставува честа појава на површинските копови и одлагалишта. Иако добро проектирани со дозволен фактор на сигурност, често пати се случува да дојде до лизгање на самите косини. Причината поради која доаѓа до лизгање на косините треба да се бара во анализата на многубројните природни и технички параметри кои во крајна линија влијаат на сигурноста, односно на изборот на вистинскиот фактор на сигурност.

За да се добијат поверојатни вредности за пресметка на факторот на сигурност, при пресметките за стабилност на косини, потребно е да се испита стабилноста за голем број пробни лизгачки кругови да се усвои најмалата добиена вредност за факторот на сигурност.

Најтипичен фактор за нарушување на стабилноста на косини е промената на геометрискиот облик, парцијално или локално зарушување или лизгање т.е. создавање на нова косина. При промени на обликот на косините доаѓа до промена во напонската состојба, и во поедини зони во карпестите маси се јавуваат нови напонски состојби, односно нови деформации. Кога оваа нова напонска состојба предизвикува критични деформации, доаѓа до големи промени и деформации на геометрискиот облик на косините во целина или во некој нејзин дел.

Промената на физичко – механичките својства на карпестите маси е многу чест причинител за појава на нестабилност на косината. Промената на нивото на подземни води, нивното замрзнување и одмрзнување и слично, создава нови услови во напонската состојба на карпестата маса и доведува до појава на нестабилност на косината.

Долготрајниот процес во напонската состојба и состојбата на деформација при еднакви останати услови во кои се наоѓа карпестата маса, може да доведе до нестабилности на косината. При тоа во поедини делови на карпестите маси се јавува преоптоварување и деформации кои ја смалуваат стабилноста на косината во целина.

4.1.УСЛОВ ЗА СТАБИЛНОСТ НА КОСИНА

Процесот на ослободување на напонот во близина на новосоздадената косина, создава нов дисконтинуитет и ослабнување на карпестата маса. **Услов за стабилност на секоја косина е да постои рамнотежа меѓу надворешните и внатрешните отпори на средината од косината.**

Во поново време сè почеста е употребата на компјутерската технологија, односно користење на апликативни софтвери за изработка на модели за стабилност на косини и нивна пресметка.

Еден од основните фактори за стабилноста на целиот рудник е да имаме стабилност на косините.

Косините кои се формираат при експлоатација на површинските копови се изложени на разни видови деформации. Косините кај кои се јавуваат свлечишта ја отежнуваат работата при експлоатација на површинските копови. Кај површинските копови разликуваме косини од привремен карактер тоа се работните косини и косини кои треба долго да останат тоа се завршните косини.

Во природата можеме да кажеме дека не постојат апсолутно стабилни косини, кај сите доаѓа до поголема или помала мера на деформирање. Поради тоа можеме да зборуваме за релативна стабилна косина. Косините можеме да ги сметаме за релативно стабилни, доколку деформациите се помали и нема потреба од дополнително одржување. Краткотрајната стабилност овозможува напредување на челото на работната етажа, додека завршните косини се дизајнираат за подолг временски период и имаат потреба од долготрајна стабилност.

Основни видови на деформации кои доведуваат до нестабилност на косините се: свлекување на материјалот, зарушување, одронување и спуштање. Стабилноста на косините зависи од повеќе фактори и тоа:

Висината на етажата, ширина на етажата, аголот на косината, одводнетоста на работните етажи, подземните води и слично.

4.2. ФАКТОР НА СИГУРНОСТ

Честа е појавата на нестабилност на косини на патиштата, површинските копови, одлагалиштата и други геотехнички објекти, иако истите се проектирани со дозволени фактори на сигурност. Одговорот треба да се бара во анализата на многубројните природни и технички параметри кои влијаат на сигурноста, односно на изборот на вистинскиот фактор на сигурност.

Секоја анализа на стабилност на косина како резултат дава само еден број, кој укажува на големината на сигурност против рушење на косината или нејзино лизгање за одредени разгледани услови. Овој број се означува како **фактор на сигурност, коефициент на сигурност или степен на сигурност.**

Стабилноста на секоја косина се карактеризира со коефициент на стабилност кој треба да биде поголем од единица. Тој се намалува со дејството на надворешните сили или со смалување на внатрешниот отпор. Додека факторот на сигурност ќе биде помал од 1(еден), при појава на лизгање на земјените маси.

Факторот на сигурност може да се искаже како однос на: поволни спрема неповолни сили и поволни спрема неповолни моменти.

Во геотехниката при испитувањето на проблемот на стабилност на косини и носивост, најпрво се претпоставува потенцијална линија или површина на лизгање, а потоа се пресметува отпорот кој делува долж истата. Спрема типот на можното или очекуваното придвижување и можноста на искажување на факторот на сигурност преку математички модел. Каде факторот на сигурност претставува однос на силите кои се спротиставуваат на лизгањето спрема силите кои го предизвикуваат лизгањето.

Геометријата на површината претставува многу важен фактор и може да се одреди со доволна точност, додека геометријата на лизгачката површина може многу да се разликува од претпоставената.

Анализираниот масив може да биде со променливи елементи на цврстина (ϕ и c). Истите ќе бидат во функција од напонската состојба на анализираниот пресек и во зависност од времето (реолошки фактори).

Кај еластично – пластичните материјали, во случај на глина, мора да се земе во предвид и тој реолошки фактор.

Со инфилтрирањето на водата во пукнатините се менува волуменот на почвата и доаѓа до бабрење. Овде елементите на внатрешниот отпор (агол на внатрешно триење и кохезија) се зависни од влажноста, така што со промена на влажноста варира и цврстината на смолкнување. Во зима овие површини замрзнуваат, при тоа се создаваат замрзнати леќи. При откопувањето леќите се претвараат во вода, така што имаме повеќекратно дејствување на водата. Во еден случај се појавува зголемување на силите на бабрење во почвата, а во друг се раскашавува, при што цврстината на смолкнување е приближно нула.

Порниот притисок има големо значење кај вештачки изградените брани од глинови маси, и истиот ја намалува цврстината. Кај оценувањето на стабилноста на косините важна улога има и напонот на порната вода и нејзината промена. За време на консолидацијата порниот притисок се смалува и тежи кон нула, а степенот на сигурност постепено се зголемува.

Параметарот на смолкнување на тлото или карпата од која е изграден масивот, односно кохезијата и аголот на внатрешно триење, никогаш не се точно познати и нивната улога во факторот на сигурност е да ја компензираат разликата помеѓу реалните и вредностите кои се употребуваат во анализата.

Многу параметри влијаат на големината на факторот на сигурност. Како што се: квалитетот на истражувањето, интерпретација на параметарот на отпорност при смолкнување, како и распределбата на воденитот притисок во тлото или карпестата маса. Од посебна важност е зависноста на отпорноста на смолкнување од покасни деформации и нивното влијание и значење на деформациите на карпестите маси.

Според ова факторот на сигурност ги опфаќа сите вредности кои постојат во одредување на вредностите на важните параметри кои влегуваат во анализата.

Факторот на сигурност е емпириско средство кое се употребува за да се опфатат деформациите во толерантна граница.

Во случај на пресметка на стабилноста на косина во отквивката, која може да се контролира независно од геометријата на косината, величината за која може да постојат недоволно комплетни податоци се условите за воден притисок и параметрите за отпорноста на смолкнување на тлото или карпите. Овие неодредености мора да се разгледаат со користење на пресметковни вредности на притисокот на порната вода која е зголемена со помош на некој коефициент на сигурност и вредноста на параметрите на отпорноста на смолкнување кои се намалени за некој друг износ на коефициентот на сигурност.

Ако материјалот биде таков што со лом на косината може да се доведе до движење на ограничена количина на материјалот во копот и да се стопираат работите, ќе мора да се избере сигурносен фактор со кој ќе се обезбеди веројатноста на овие случувања да биде екстремно мала.

При анализа на стабилноста се разгледуваат две големини на водениот притисок во отквивката:

- Очекуван воден притисок и
- Водени притисоци распоредени во најнеповолните услови кои можат да се остварат.

Изборот на факторот на сигурност кој ќе се усвои за параметар на отпорноста на смолкнување зависи од варијатетите на тлото и од неговото однесување после ломот.

Големината на факторот на сигурност мора да се одреди во зависност од сознанијата за поедини, сложени влијателни фактори, како и од потребите за постигнување на безбедност за луѓето, машините и геотехничкиот објект.

Факторот на сигурност во завршната и работната косина на копот мора да изнесува 1,3. Меѓутоа, факторот на сигурност може да се усвои према времето за кое се бара стабилност на етажата во крајната положба, односно завршната косина на копот.

Се разликуват два основни критериуми на стабилност на косина кои условуваат за одредување на изборот на величината на факторот на сигурност на работните косини на етажата и работни и завршни косини на копот.

- Факторот на сигурност кој се базира на претпоставките за недозволена деформација $F > 1$ и во суштина треба да обезбеди долгогодишна стабилност на косините.
- Факторот на сигурност кој дозволува ограничување на деформациите во одредени услови на технолошкиот процес $F \geq 1$, и во суштина треба да обезбеди краткорочна стабилност на косината.

Ориентациона вредност на факторот на сигурност на косините од работните етажи се даваат во зависност од составот и состојбата на масивот, системот и применетата механизација.

Големината на сигурност на косината зависи од времето на стоење на косината и од типот на материјалот од кои е изградена, а може да се пресмета по формулата:

- За цврсти и полуцврсти материјали

$$F = n_1 \sqrt{(t + m_1) / m_2}$$

- За меки (песоково –глиновити) материјали

$$F = F_1 + k \cdot t$$

Каде :

t – време на стоење на косината

m_1, m_2 – коефициенти зависни од типот на материјалот

n_1 – показател кој е зависен од материјалот и механизмот на ерозија

k – коефициент зависен од типот на материјалот ($k = 0,062$)

Исто така факторот на сигурност за завршната косина на површинскиот коп и етажа може да се усвои и према времето на стоење на косината.

Од ова можеме да видиме дека големината на факторот на сигурност на поедини косини нема да има секогаш константна вредност, туку ќе се менува со тек на времето, особено под влијание на атмосферските влијанија и промената на одводнувањето. На смалување на факторот на сигурност со текот на времето, влијаат минирањата на копот, движењето на механизацијата (сеизмички потреси) и температурната разлика. Ова се однесува за косини со непроменливи висини и наклони. Следењето на поедини косини во текот на развојот на копот има особено значење на големите површински копови каде експлоатацијата се одвива низ голем временски период.

Неговата употреба е навистина многу важна, бидејќи дозволува поместување како основен проектен критериум и за потребата на проектирањето во рударството се движи во вредност до 1,3.

Генерално, помали вредности на факторите на сигурност во рудникот 'Ржаново се добиваат за рамнините на лизгање кои поминуваат низ косините со пострмни наклони изградени од темни шкрилци и изменети серпентинити, кои имаат помали јакосни карактеристики.

Во кредните варовници кои се карактеризираат со поголеми јакосни карактеристики, се добиваат многу поголеми фактори на сигурност, дури и за пострмни наклони на косините, така што оваа зона е анализирана со рамнински случај на лом долж слоевитоста, која е со пад како и падот на косините.

4.3. МЕТОДИ НА ГРАНИЧНА РАМНОТЕЖА

Методите на гранична рамнотежа се засноваат на две претпоставки и тоа:

- При нарушување на стабилноста на косината се формира лизгачка површина, каде горната маса се лизга по долната маса и
- Лизгањето настанува кога во секоја точка лизгачката површина, напонот на смолкнување, под дејство на надворешната сила, го достигнува отпорот на смолкнување на почвата.

Со методата на гранична рамнотежа се анализира стабилноста на клизното тело преку клизните рамнини. Клизното тело се дели на вертикални ламели, каде со анализата се усвојуваат рамнотежните сили кои делуваат на секоја ламела. И на тој начин се одредува големината на тангенцијалните и нормални напрегања во дното на клизната рамнина на секоја ламела. Додека коефициентот на сигурност се утврдува со споредба на цврстината на смолкнување и тангенцијалното напрегање долж клизната рамнина.

Доколку при праметката се користи несоодветна метода за анализа на стабилноста на косини, ќе дојде до појава на големи грешки во одредувањето на факторот на сигурност, а сето тоа ќе доведе до дополнителни трошоци за санирање на појавените клизишта.

Во групата на методите на гранична рамнотежа анализирани се следните услови за лом:

- Анализа на глобална стабилност;
- Анализа на условите за рамнински лом;
- Анализа на клиновидни тела по работните етажи.

4.3.1. Анализа на глобална стабилност

Овој вид на анализа е направен за состојбата на работните и завршните косини на П.К.'Ржаново.

За овие анализи користена е студенската верзија на софтверскиот пакет GEO SLOPE. Овој програм овозможува паралелна пресметка со сите познати методи за анализа на стабилност според принципите на гранична рамнотежа (Fellenius, Bishop, Spencer, Janbu и други)*.

Во овој магистерски труд ќе биде презентираан само методот на Spencer, бидејќи сите останати методи се пресметуваат според принципите на гранична рамнотежа.

Методот на Spencer исто како и методот на Bishop. Припаѓа кон групата на т.н. „точни“ методи на гранична рамнотежа, која во предвид ги зема сите услови за рамнотежа и освен кружно–цилиндрични можно е да се анализираат и површини на лизгање со произволна геометриска форма. Методот е поволен за анализирање на различни проблеми со оглед дека во анализата е можно да се вклучат надворешни оптоварувања, влијание на подземна вода и сл. Коефициентот на сигурност, според овој метод, го одразува односот помеѓу јакоста на смолкнување на материјалот S и мобилизираната јакост на смолкнување.

$$S_m : F = \frac{S}{S_m}$$

Резултантата на меѓуламеларните сили се определува според изразот:

$$Q = \frac{\frac{c' \cdot b}{F} \sec \alpha + \frac{\tan \phi}{F} (W \cos \alpha - u \cdot b \cdot \sec \alpha) - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[1 + \frac{\tan \phi'}{F} \tan(\alpha - \theta) \right]}$$

* Механика на Карпи, Факултет за природни и технички науки, –Штип, 2007, Проф. д-р. Зоран Панов

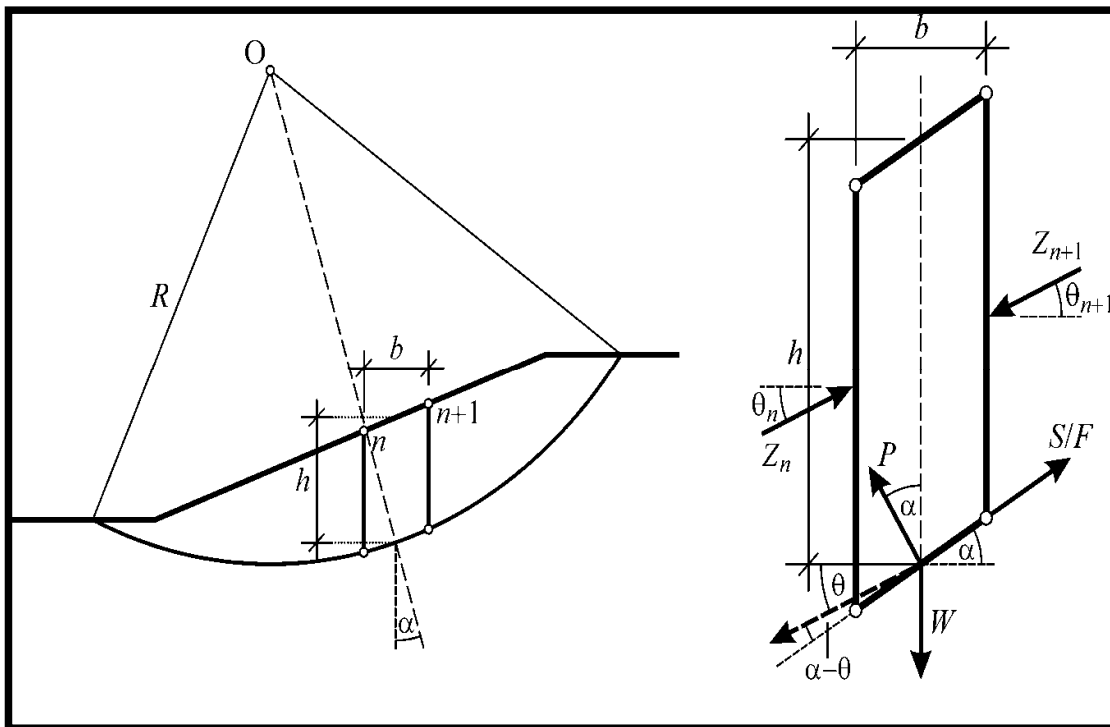
и таа мора да ги задоволи условите на рамнотежа на силите во x , односно во y правец:

$$\sum [Q \cos \alpha] = 0 \quad ; \quad \sum [Q \sin \alpha] = 0$$

и условот за рамнотежа на моментите околу полот O :

$$\sum [Q \cdot R \cdot \cos(\alpha - \theta)] = 0$$

При тоа, коефициентот на сигурност F и наклонот на меѓуламеларните сили Q се одбираат, односно пресметуваат така што да бидат задоволени сите три услови за рамнотежа. Членовите на изразите за F , односно за Q се прикажани на слика 19.



Слика 19. Упростена скица за условите и употребените членови во изразите на методот на Spencer.

Figure 19. A simplified sketch of the conditions and use of members in terms of method of Spencer.

4.3.2. Анализа на рамнински лом долж слоевитост

Најчесто користена метода за одредување на минималниот фактор на сигурност на косините во цврст карпест материјал е пресметката по Е.Ноек и J.W.Брау. Иако случајот на лизгање по една рамнина може да се класифицира како специфичен случај на клинесто кршење, ваквиот начин на пресметка има најширока примена во пракса, благодарение на малиот број влезни податоци.

Можноста за рамнински лом е присутна главно кај слоевитите кредни варовници, каде што наклонот на работните косини е природно диктиран со падот на слоевитоста

Кај овој дел од копот, глобалната стабилност не претставува проблем.

Кај одредени зони во тријаските варовници и кредните шкрилци, ориентацијата на главните структурни елементи е со иста ориентација како и косините.

Предуслов кој треба да биде исполнет за да се остварат условите за лизгање е аголот на косината чија стабилност се проверува да биде поголем од наклонот на рамнината по чија должина се одвива лизгањето, а оваа поголема од аголот на внатрешно триење.

$$\alpha > \beta > \varphi$$

Можностите за пресметка на рамнински лом со помош на методот на Ноек, со потребните објаснувања се илустрирани на сликите 20 и 21.

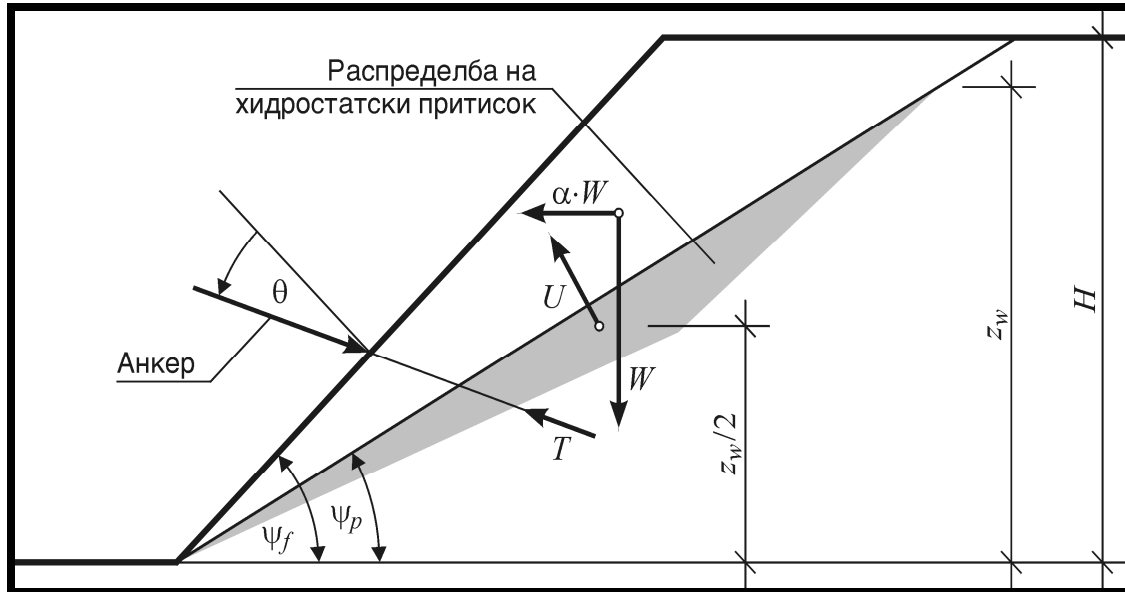
За случај на лом долж една рамнина (слика 20), факторот на сигурност е дефиниран со следниот израз (Е. Ноек, 1999):

$$F = \frac{c \cdot A + [W(\cos \psi_p - \alpha \cdot \sin \psi_p) - U + T \cdot \cos \theta] \tan \varphi}{W(\sin \psi_p + \alpha \cdot \cos \psi_p) - T \cdot \sin \theta}$$

* Елаборат од геотехничките истражувања и испитувања на ПК 'Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршни косини Градежен институт „Македонија“ АД Скопје, 2006

каде што се:

$$A = \frac{H}{\sin \psi_p} ; \quad W = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} (\cot \psi_p - \cot \psi_f) ; \quad U = \frac{\gamma_w \cdot z_w^2}{4 \cdot \sin \psi_p}$$



Слика 20. Поедноставена шема за случај на рамнински лом според Hoek.
Figure 20. Simplified scheme for the case of planar sliding by Hoek

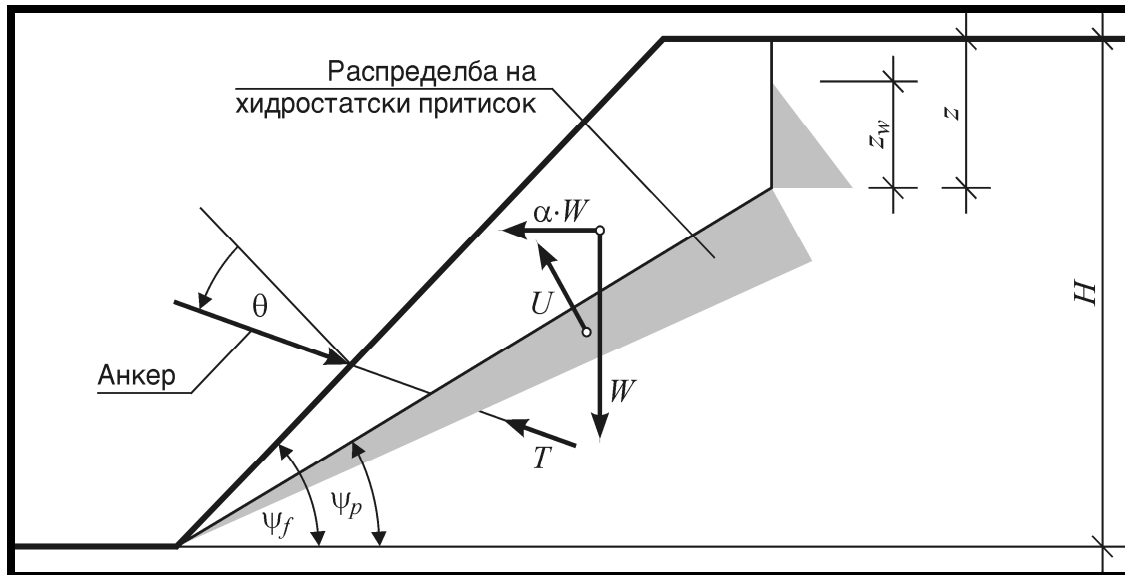
За случај на лом долж една рамнина, за која во врвот на косината постои и тензиона пукнатина (слика 21), факторот на сигурност е дефиниран со следниот израз:

$$F = \frac{c \cdot A + [W(\cos \psi_p - \alpha \cdot \sin \psi_p) - U - V \cdot \sin \psi_p + T \cdot \cos \theta] \tan \phi}{W(\sin \psi_p + \alpha \cdot \cos \psi_p) + V \cdot \cos \psi_p - T \cdot \sin \theta}$$

каде што се:

$$z = H(1 - \sqrt{\cot \psi_f \cdot \tan \psi_p}) ; \quad A = \frac{H - z}{\sin \psi_p}$$

$$W = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} [1 - (z/H)^2 \cot \psi_p - \cot \psi_f] ; \quad U = \frac{\gamma_w \cdot z_w \cdot A}{2} ; \quad V = \frac{\gamma_w \cdot z_w^2}{2}$$



Слика 21. Поедноставена шема за случај на рамнински лом комбиниран со тензиона пукнатина според Hoek.

Figure 21. Simplified scheme for the case of planar sliding combined with tension crack by Hoek

Ознаките во претходните формули се однесуваат на следните членови:

F – фактор на сигурност против лизгање долж една рамнина;

H – висина на косина [m];

ψ_f – агол на наклон на косина, мерено од хоризонталата [$^{\circ}$];

ψ_p – агол на рамина на лом (пукнатината), мерено од хоризонталата [$^{\circ}$];

z – длабина на тензиона пукнатина [m];

z_w – длабина на вода во тензионата пукнатина [m];

U – хоризонтално забрзување од земјотрес или минирање (% од g);

Z, Z_w – волуменска тежина на карпата, односно на водата [kN/m^3];

c – кохезија по должина на рамнината на лом [kPa];

α – агол на внатрешно триење по должина на рамнината на лом [$^{\circ}$];

T – сила во анкер (ако е присутна) [kN];

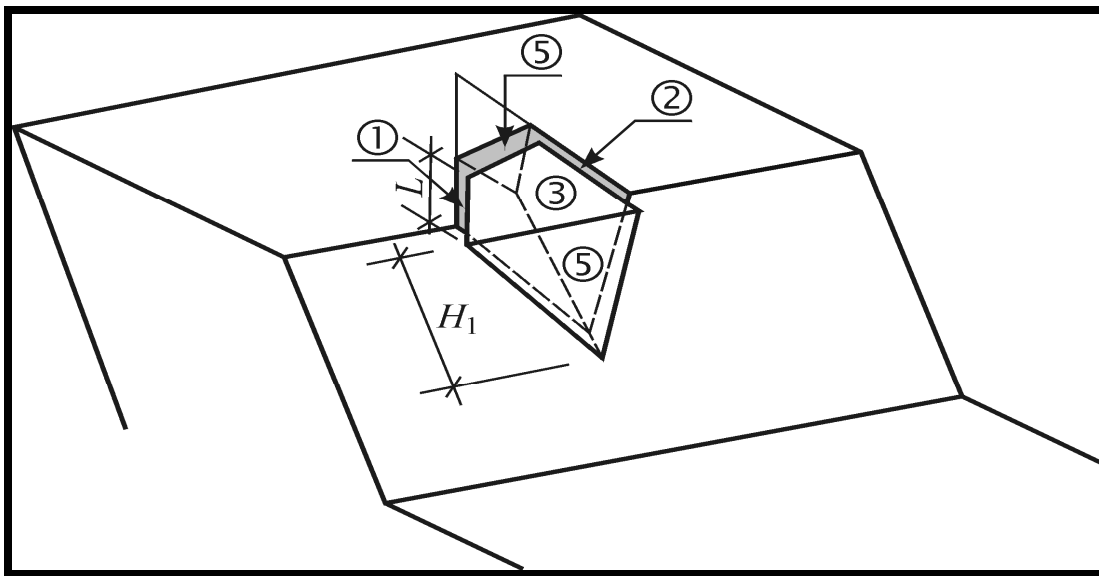
θ – наклон на анкерот (ако постои).

4.3.3. Анализа на клиновидни ломови

Клинестиот лом се јавува исклучително во карпести материјали како последица на лизгањето долж линијата на пресекот на два рамни дисконтинуитета.

По својата природа ваквите ломови не пратставуваат опасност на површинските копови, бидејќи се одвојуваат постепено низ годините и во помал обем.

Можноста за лом на косините во вид на клиновидни блокови не е толку типичен случај на ПК 'Ржаново. Само во одредени случаи и тоа кај работните косини можат да се сретнат услови за локална појава на вакви ломови на помали блокови. Поволна околност е што ваквите клиновидни тела најчесто испаѓаат од косините во фаза на минирањето, додека ако се утврди на конкретен пресек постоење на потенцијално нестабилно тело, истото треба да се искава или секундарно да се изминира.



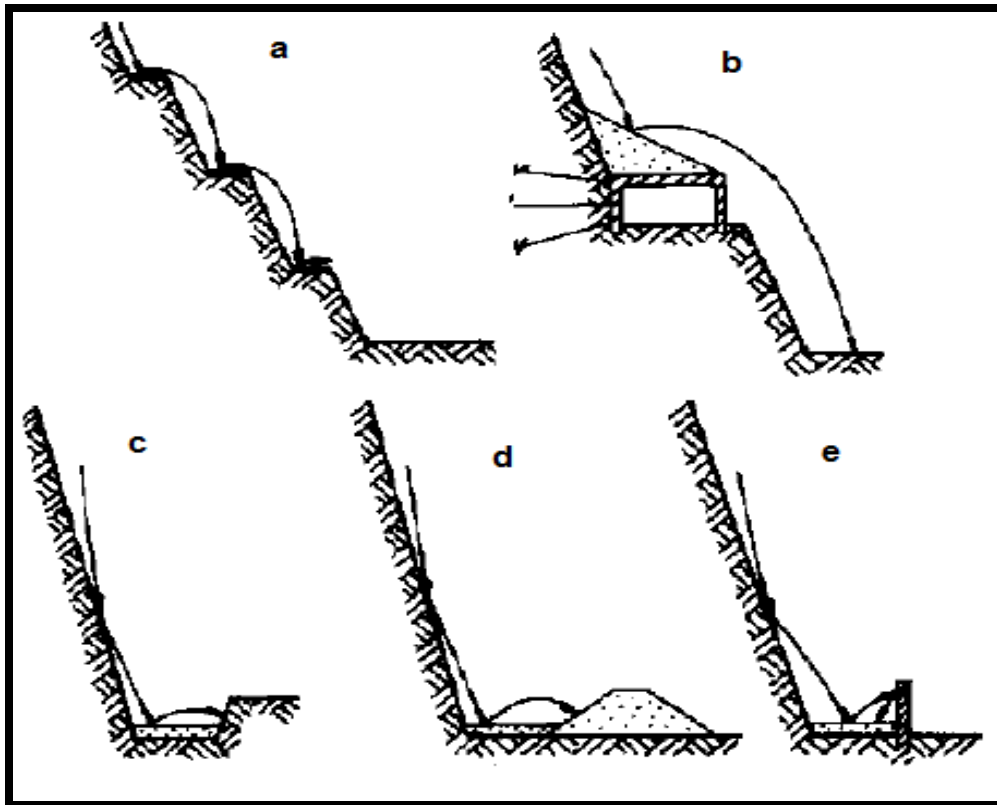
Слика 22. Поедноставена шема за случај на клиновиден лом комбиниран со тензиона пукнатина според *J.W. Bray*.

Figure 22. Simplified scheme for the case of wedge violation combined with tension crack by *JW Bray*.

5.0. ДИЗАЈНИРАЊЕ НА РАБОТНИ КОСИНИ ВО ФУНКЦИЈА НА ФАКТОРОТ НА СИГУРНОСТ

При дизајнирањето на откопните методи, потребно е да се изработат такви косини кај кои би се минимизирал факторот на сигурност. Една од можностите е да се користат етажи со помала висина, односно колку висината на етажите е помала толку стабилноста е поголема. Но сепак не треба да се претера со минимизирањето на висината, затоа е потребно детална анализа и оптимизација на висините на етажите.

Онаму каде имаме голема нестабилност, ќе дизајнираме етажи со помала висина и обратно. На слика 23 под а, се гледа дека при одронување на карпите, одронот се задржува на сигурносните берми на етажите, одејќи одозгора надолу, такашто најдолната етажа би била целосно заштитена.



Слика 23. Редизајнирање на косини
Figure 23. Redesigning the slopes

Минималната ширина на етажната берма, треба да обезбеди стабилност на завршната косина и задржување на евентуалните одрони од етажната косина.

За да се обезбеди стабилност на косините на копот, потребно е да се одредат нивните наклони или точно да се одреди стабилната конфигурација на косината.

Стабилноста на косина денес практично е одлучувачки критериум за дизајнирање и експлоатација на површински коп. Изборот на аголот на завршната косина е одлука која има големо финансиско значење на вкупниот ефект на рударското работење.

Намалувањето на наклонот на косината не влијае многу на зголемувањето на факторот на стабилност кај рамниот лом, доколку кохезијата е нула и доколку аголот на внатрешното триење е помал од 30° .

Ако аголот на внатрешното триење е поголем од 30° , смалувањето на нагибот на косината дава зголемување на нејзината стабилност.

Влијанието на смалениот наклон на зголемување на факторот на стабилност се утврдува со споредените анализи на стабилност.

Поради подобро согледување на ефектот од растоварување на косините по пат на смалување на наклонот, потребно е да се формира табела на факторот на сигурност. Вообичаено за зголемување на стабилноста на косините на коповите и одлагалиштата е да се промени геометријата на косината во вид на растоварување.

Меѓутоа треба да се има предвид кога се работи за стабилност на косини на коповите и одлагалиштата, а тоа е нивниот облик во план и пресек.

Сигурносните берми се во директна зависност со стабиноста на косините, а тоа значи ако оставаме поголеми берми косината ќе има помал агол и факторот на стабилност се зголемува, а ако бермите се мали, аголот е поголем и факторот на стабилност на работните косини е помал.

Големо значење за стабилноста на косините на површинскиот коп има положбата, односно паѓањето на слоевите на карпите. Етажите обично се поставуваат така што слоевите на карпите кои се откопуваат паѓаат спротивно од страната од која се врши откопувањето.

Друг услов за добивање стабилност на косина е користење на заштита со штит, канал, насип, сид, мрежи и друго (слика 23, b, c, d, e).

Заштитата со штит има за цел да ја намали висината на повисоката етажа, (слика 23, b) со што ќе ја намали кинетичката енергија на одронетите парчиња со подлогата на бермата. Исто така штитот има улога на амортизер и место за евакуирање на одронети парчиња. Оваа метода се користи онаму каде во основното дизајнирање имаме избрано етажа со преголема висина.

Стабилноста може да се зголеми и со изработка на заштитен канал во ножицата на косината (слика 23, c). Димензиите на заштитниот канал треба да бидат така дефинирани, за да можат да го спречат штетното влијание од одронување на карпите. Со Monte-Carlo методата може да се добијат добри резултати за одредување на широчината на зоната на одронување на карпите.

Одводнувањето на рудникот е еден од предусловите за стабилност на косините. Стабилноста на косините директно зависи од степенот на одводнетоста на работните косини. Во колку има појава на површинска и подземна вода директно на работните косини е тешко да се задржи поради работата на самата вода во косините. Поради оваа причина е задолжително добро да се одводнат етажите каде што се работи.

Нивото на подземната вода исто така е предуслов за стабилност на косините. Тоа значи дека колку е повисоко нивото на подземната вода, стабилноста на косината е помала и обратно колку е пониско нивото на подземната вода стабилноста е поголема. Постојат методи и начини на намалување на нивото на подземната вода, а со тоа ќе се зголеми и факторот на сигурност на работните косини

Откопното поле кое е предвидено за површинска експлоатација треба да биде заштитено од доток на површински води, и за таа цел треба да се изработуваат рабни канали надвор од границата на површинскиот коп. Воедно треба да се одводни и откопното поле од водата што се наоѓа во него, бидејќи натопените карпи се нестабилни и можат да предизвикуваат лизгање на косините на етажите и на страните на површинскиот коп, каков што е случајот со површинскиот коп 'Ржаново.

Карактеристиките на масивот се менуваат на кратки растојанија, бидејќи, обично е испукан и раздробен, составен од различни материјали на пример: варовници со слоеви на глина, кварц др. Исто така, водата и сеизмичките влијанија се дел од карактеристиките на масивот. Меѓутоа рударските операции во таквите сложени услови мора да се справат за да се постигне истовремено економичен и сигурен нагиб во сите делови на копот. Тоа претставува предмет за проучување на стабилноста на косината.

Наједноставен начин на заштита е изработка на заштитни насипи од песок, чакал и друг дробен материјал (слика 23, d). Овој начин е доста ефикасен и економичен, особено за изработка на патишта, усеци, окопување на откривка. Јаловиот материјал со оваа метода се насипува во близина на косината, со ова се намалуваат трошоците за транспорт и одлагање на јаловината, а во исто време се добива заштита. Главен проблем претставува одредувањето на димензиите на насипот како и одредување на неговата висина.

Користењето на заштитен ѕид (слика 23, c), претставува поскапа метода и се користи онаму каде косината има капитално значење. Со изработката на самиот ѕид се зголемуваат и трошоците за одржување на самата косина. Често пати, вакви заштитни ѕидови може да се сретнат кај косините на магистралните патишта.

Користењето на заштитна мрежа е ефикасна и широкопространета метода за заштита од одронување. Заштитните мрежи се зацврстуваат за

косините на повеќе точки со анкери. Потребно е да се направи анализа за да се утврди и дефинира типот на анкерите и видот на заштитната мрежа.

Имајќи ги предвид геолошките и геотехничките услови во склоп на целиот површински коп 'Ржаново. Со помош на софтверскиот пакет Geo Slope и најпознатите методи за анализа на стабилност, секој профил е анализиран со рамнини на лизгање, од кои само најкритичните и најкарактеристичните се земени во предвид за понатамошна анализа.

За зголемување на стабилноста го користиме случајот преку промена на геометријата на косината во вид на растоварување.

Од добиените резултати, направена е нова редизајнирана и стабилна состојба на копот со задоволувачки фактор на сигурност, $F_s \geq 1,3$.

5.1. ПРИКАЗ НА АКТУЕЛНАТА СОСТОЈБА

Податоците од деталното инженерскогеолошко картирање на теренот во оваа фаза на истражување укажуваат дека во централниот дел на копот има појави на поместувања на масите кои имаат карактер од активно свлекување до ползење. Карактерот на процесот може да се контролира, односно до овој момент не е изразен со многу голема брзина и динамика.

Копот е поделен на два дела и тоа дел под капиталниот транспортен пат и дел над капиталниот транспортен пат.

На делот под капиталниот пат, од најгорната етажа па сè до најниската етажа, напредувањето на експлоатацијата ќе биде од страна на серпентинитите.

Страната од варовникот дозволува адекватно работење, поради тоа што наклонот на работните косини во овој дел (зона на кредни плочести варовници) е природно диктиран со падот на слоевитоста.

Врз основа на извршениот увид во рудник 'Ржаново во месец јуни 2011 год. констатирани се неколку карактеристични геолошки појави во карпестите маси кои во помал или поголем обем имаат влијание на севкупната стабилност

на работните етажи на површинскиот коп. Како најбитна инженерскогеолошка појава во рудникот е појавата на свлечиште во североисточниот дел од рудникот (Слика 24.). Во тој дел од копот се избрани профилите 28-28' и 48-48'.

Појавата на свлекување на земјиштето во овој дел од рудникот е резултат на постоењето на повеќе раседни структури на релативно мала површина, како и различните литолошки формации кои се појавуваат во овој дел од површинскиот коп. Централниот дел од свлечиштето е всушност зона во која имаме пресекување на неколку раседни структури кои се генерално напречно и надолжно ориентирани во однос на рудното тело. Покрај поволните геолошки услови создадени со помош на раседните структури, исто така како важен фактор за појава и развивање на свлечиштето се подземните и пред се површински води кои се евидентирани во овој дел од површинскиот коп.



Слика 24. Појава на свлекување на земјиштето во североисточниот дел од рудникот

Figure 24. Stripping onset of the land in the northeastern part of the mine

Појавување на секундарни извори е забележано во зоната под ножицата на свлечиштето каде имаме и најинтензивно свлекување на карпестата маса. (Слика 25). Во овој дел од копот се избрани карактеристичните профили 64-64' и 76-76'. Ваквите извори се резултат на акумуляција на подземните и површински води во зона во која има поволни геолошки услови за формирање на истите.



Слика 25. Појава на секундарни извори во зоната на ножицата на свлечиштето
Figure 25. Occurrence of secondary sources in the zone of scissor of the land slide.

Од особено голема важност е да се напомене фактот дека количеството на овие води во текот на пролетните месеци е во очекување да се зголеми со процесот на топење на снегот. Со појавата на секундарни тензиони пукнатини по целата свлечишна површина се зголемуваат инфилтрационите

карактеристики на свлечиштето, а со самото тоа и неговото понатамошно развивање. Вакви секундарни тензиони пукнатини се регистрирани во повисоките делови од површинскиот коп во рамките на старата депонија каде истата делумно е зафатена со процесот на свлекување. Ширината на отворот на овие тензиони пукнатини како и денивелацијата изнесува $\approx 1\text{m}$ (Слика.26). Во овој дел од копот е избран профилот 100-100'. Просечната должина на овие пукнатини изнесува 15м, а истите беа регистрирани исклучително во рамките на насипаниот јалов материјал во старата депонија.

Појавите на тензиони пукнатини укажуваат на специфична комплексна напонска состојба во моментот на истражување. Нивната локација всушност укажува на зоните од каде треба да се започне со растоварување на масите (што е еден од најзначајните препораки кои произлегуваат од анализите).



Слика 26. Појава на секундарни тензиони пукнатини во рамките на депонијата
Figure 26. Occurrence of secondary tension cracks with in the waste disposal

5.2 ИЗБРАНИ ПРОФИЛИ И ПАРАМЕТРИ ЗА АНАЛИЗА

Имајќи ги предвид геолошките и геотехничките услови во склоп на површинскиот коп, е направена анализа на повеќе профили од кои ќе бидат претставени 6 (шест) репрезентативни профили: **28-28'**; **48-48'**; **64-64'**; **76-76'**; **88-88'** и **100-100'** каде се застапени специфични геолошки и геотехнички услови за експлоатација, каде висините на завршните косини се во дијапазон од 150 до 210 m. Очекуваните висини во дизајнираната или планирана состојба на ископ ќе бидат и со повисок дијапазон и во одредени делови ќе се движат и над 235 m.

При анализата на стабилноста значајна е хетерогеноста на материјалите, што е предуслов за варирање и на физичко – механичките параметри. Фактот укажува дека изборот на влезните параметри за анализите е многу значаен чекор и основен предуслов за реална симулација на состојбата на стабилност. Анализата на глобалната стабилност е извршена со методите на гранична рамнотежа (програма GEO SLOPE), според геометриските и геолошките услови на теренот. Во анализата е вклучено и дејството од минирање на косините преку соодветните коефициенти на хоризонтално и вертикално забрзување, додека дејството на подземната вода е симулирано преку коефициентот на порен притисок (r_u).

Применети се методите на Ламели, Bishop, Jambu и Spenser за полигонални рамнини на лизгање. Усвоен е Mohr-Coulomb – овиот модел за јакоста на материјалите.

Истржувањата се прават врз основа на попречни профили потребни за пресметка, нивниот број и положба се одредуваат за секој посебен случај, имајќи во предвид дека се земени сите разновидности и конструктивни специфичности на копот кој се истражува. Попречните профили се одбираат на основа на внимателно проучување на материјалите и податоците од претходните работи на геолошките истражувања, како и инженерско - геолошки и хидрогеолошки претходни истражни работи.

Конструктивните специфичности на копот, најдобро можат да се согледаат при поставување на проектна задача, како што се положбата на внатрешните транспортни патишта, технолошки берми, нивните димензии итн. Земајќи ги предвид сите овие фактори, се усвојува просечно растојание помеѓу попречните профили 100-500м.

Бројот на дупнатините во попречните профили се одредува според истите критериуми како и при изборот на положбата и бројот на самите попречни профили. Почесто можеме да земеме предвид една или две инженерско – геолошки дупнатини, бидејќи на површинскиот коп обично постои голем број на геолошко-истражни дупнатини.

Според тоа големата важност е во геолошка смисла, теренот да биде дефиниран по дупнатините во разгледаниот профил и надвор од надворешните контури на копот. Дупнатините треба да бидат дупчени по целокупна длабина која се разгледува при проектирање и пресметка на косината.

Рудникот се одликува со многу параметри и показатели кои се делат на квалитетни и квантитетни. Сите техничко – технолошки решенија кои се даваат при дизајнирањето на работните косини треба да ги содржат сите елементи, како квалитетните така и квантитетните параметри и показатели.

Квалитетните параметри и показатели претставуваат технолошки параметри и показатели на рудникот кои ги даваат главните карактеристики при што можат да бидат искажани со описот. Овие параметри се тип на рудник, можности за отварање на рудник или дел од него, можности за реконструкција на рудник, можност за подготовка на експлоатационо поле или негов дел и слично.

Во процесот на дизајнирањето на косините, квантитативните параметри се оние кои можат да се изразат со број. Спомнатите параметри често се нарекуваат и како главни параметри на рудникот. Во квантитативните параметри се вбројуваат: бројот на потребни етажи во експлоатацијата,

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

елементи на експлоатационото поле, елементи на откопниот појас, растојание меѓу етажите, капацитет на рудникот и др.

Сите овие параметри, односно показатели како квалитативни така и квантитативни најчесто подлежат на оптимални пресметки. При оптимизација на дадените параметри се дава дијапазон на нивно менување и преглед на дозволените вредности во тоа подрачје. Подрачјето на менување на квалитативните параметри во процесот на оптимизација се нарекува интервал на извори помеѓу максимумот и минимумот, а кај квантитативните тоа се однесува на формирање на варијанти.

Некои од спомнатите параметри се менуваат дискретно, додека другите тоа го прават непрекинато. Сите овие меѓусебно се поврзани со нераскинлива врска и ниеден од нив, без разлика на која група припаѓа, не може да се гледа како независен. Оваа нивна зависност има технолошки, просторен, произведен и економски карактер.

Зависно од фактичката состојба на карпестата маса на секој профил поединечно е извршена промена на влезните параметри.

Во овој контекст, е извршена детална анализа на сите постојни податоци, кои сублимирано се прикажани низ следните табели.

Табела 4. Усвоени геомеханички параметри за анализа на стабилност со програмот GEO SLOPE

Table 4. Adopted the range geomechanical parameters of stability analysis with the program GEO SLOPE

| Материјал | Кохезија с(кПа) | Агол на внатрешно тиење $\varphi(^{\circ})$ | Волуменска тежина γ (кN/m) |
|--------------|--------------------|--|--------------------------------------|
| серпентинити | 170 | 27 | 29 |
| шкрилци | 120 | 25 | 27.8 |
| Руда | 227 | 29 | 33 |
| Варовници | 505 | 42 | 27 |

Во табела 5, дадени се усвоените геометриски параметри при анализа на стабилност на работните и завршни косини во кровинскиот дел (зона на серпентинити и шкрилци).

Табела 5. Усвоени геометриски елементи при анализа на стабилност на работните и завршни косини во кровинскиот дел.

Table 5. Accepted geometric elements when analyzing the stability of working and final slopes of the roof.

| Геометриски елементи | Ознака | Вредности за моменталната состојба | Вредности за планираната состојба |
|----------------------|--------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Висина на етажа | H | 13-40m | 15m |
| ширина на берма | B | 15-35m | 15m |
| Етажен агол | A | 37-60 ⁰ | 68 ⁰ |
| Генерален агол | B | 21-29 ⁰ | 35 ⁰ |

5.3. АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТ НА РАБОТНИ И ЗАВРШНИ КОСИНИ НА ПК 'РЖАНОВО

Анализирани се две состојби на стабилност на вкупно шест карактеристични профили и тоа: моменталната состојба на работните косини, со кота на ископ од околу 805 – 835 м.н.в., без претпоставена пиезометриска линија и со претпоставена пиезометриска линија каде порниот притисок е $R_u=0,2$ и дизајнирана - планирана состојба, со кота на ископ од околу 750 м.н.в., со и без претпоставена пиезометриска линија каде порниот притисок $R_u=0,2$.

Добиените резултати од анализите со методите на гранична рамнотежа, се следните:

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

5.3.1 Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 28-28'

Табела.5.1. Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија
Table. 5.1. Current condition of working slopes without piezometrik line

| Профил 28-28' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | |
| Претпоставени лизгачки површини без претпоставена пиезометриска линија | | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 1.646 | - | 1.530 | - | 1.450 | - | 1.472 | - | 1.398 | - | |
| Bishop | 1.701 | - | 1.613 | - | 1.544 | - | 1.475 | - | 1.388 | - | |
| Janbu | - | 1.645 | - | 1.484 | - | 1.420 | - | 1.466 | - | 1.377 | |
| Spenser | 1.699 | 1.700 | 1.611 | 1.611 | 1.554 | 1.564 | 1.475 | 1.471 | 1.404 | 1.407 | |
| Минимална вредност (Fs) | 1.645 | | 1.484 | | 1.420 | | 1.466 | | 1.377 | | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | |

Табела.5.2. Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија
Table.5.2. Current condition of working slopes with piezometrik line

| Профил 28-28' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | |
| Претпоставени лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 1.463 | - | 1.272 | - | 1.346 | - | 1.041 | - | 0.902 | - | |
| Bishop | 1.638 | - | 1.461 | - | 1.455- | - | 1.137 | - | 1.045- | - | |
| Janbu | - | 1.442 | - | 1.284 | - | 1.344 | - | 1.101 | - | 0.992 | |
| Spenser | 1.637 | 1.642 | 1.464 | 1.474 | 1.437 | 1.433 | 1.143 | 1.142 | 1.050 | 1.054 | |
| Минимална вредност (Fs) | 1.442 | | 1.272 | | 1.344 | | 1.041 | | 0.902 | | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | НЕ | | ДА | | НЕ | | НЕ | | |

Од добиените резултати можеме да заклучиме дека кај моменталната состојба на работните косини на овој профил се појавува нестабилност, со минимален фактор на сигурност од 0,902. Тоа значи дека треба да се изврши редизајнирање на нова стабилна завршна состојба.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Табела.5.3 Планирана состојба на завршните косини без пиезометриска линија
Table.5.3. Planned condition of final slope without piezometrik line.

| Профил 28-28' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини без претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 2.122 | - | 2.041 | - | 2.115 | - | 2.115 | - | 1.977 | - |
| Bishop | 2.236 | - | 2.117 | -- | 1.955 | - | 2.003 | - | 2.012 | - |
| Janbu | - | 2.045 | - | 2.226 | - | 1.936 | - | 2.019 | - | 1.918 |
| Spenser | 2.009 | 2.168 | 2.390 | 2.381 | 1.862 | 2.060 | 2.101 | 2.241 | 2.122 | 2.006 |
| Минимална вредност (Fs) | 2.045 | | 2.041 | | 1.996 | | 2.019 | | 1.918 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | Да | | Да | | Да | | Да | | Да | |

Табела.5.4. Планирана состојба на завршните косини со пиезометриска линија
Table.5.4. Planned condition of final slope with piezometrik line.

| Профил 28-28' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1,781 | - | 1,618 | - | 1,755 | - | 1,815 | - | 1,664 | - |
| Bishop | 1,806 | - | 1,746 | - | 1,618 | - | 1,764 | - | 1,703 | - |
| Janbu | - | 1,755 | - | 1,841 | - | 1,624 | - | 1,744 | - | 1,522 |
| Spenser | 1,877 | 1,804 | 1,894 | 1,912 | 1,533 | 1,833 | 1,788 | 1,802 | 1,882 | 1,704 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.755 | | 1.618 | | 1.624 | | 1.744 | | 1.522 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | Да | | Да | | Да | | Да | | Да | |

Добиените резултати за новата – планирана состојба на овој профил,
укажуваат дека завршните косини се статички стабилни.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

5.3.2. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 48-48'

Табела.5.5. Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија
Table. 5.5. Current condition of working slopes without piezometric line

| Профил 48-48' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Претпоставени Лизгачки површини без претпоставена пиезометриска линија | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 2.273 | - | 3.081 | - | 2.698 | - | 2.179 | - | 2.063 | - |
| Bishop | 2.235 | - | 3.207 | - | 2.784 | - | 2.237 | - | 2.106 | - |
| Janbu | - | 2.373 | - | 2.842 | - | 2.490 | - | 2.005 | - | 2.008 |
| Spenser | 2.586 | 2.592 | 3.248 | 3.246 | 2.799 | 2.793 | 2.262 | 2.253 | 2.119 | 2.114 |
| Минимална вредност (Fs) | 2.235 | | 3.081 | | 2.490 | | 2.005 | | 2.008 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.6. Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија
Table.5.6. Current condition of working slopes with piezometric line

| Профил 48-48' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 1.707 | - | 2.715 | - | 2.034 | - | 1.550 | - | 1.324 | - |
| Bishop | 1.849 | - | 2.971 | - | 2.255 | - | 1.748 | - | 1.500 | - |
| Janbu | - | 1.671 | - | 2.450 | - | 2.275 | - | 1.453 | - | 1.339 |
| Spenser | 1.847 | 1.848 | 2.999 | 3.003 | 2.253 | 2.259 | 1.755 | 1.751 | 1.502 | 1.505 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.671 | | 2.450 | | 2.034 | | 1.453 | | 1.324 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Табела.5.7. Планирана состојба на завршните косини без пиезометриска линија
Table. 5.7. Planned condition of final slope without piezometrik line

| Профил 48-48' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.874 | - | 1.749 | - | 1.826 | - | 1.868 | - | 1.861 | - |
| Bishop | 1.909 | - | 1.817 | - | 1.939 | - | 1.982 | - | 1.976 | - |
| Janbu | - | 1.903 | - | 1.678 | - | 1.752 | - | 1.869 | - | 1.764 |
| Spenser | 1.910 | 1.919 | 1.809 | 1.814 | 1.991 | 1.991 | 1.950 | 1.952 | 1.954 | 1.954 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.874 | | 1.678 | | 1.752 | | 1.868 | | 1.764 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.8. Планирана состојба на завршните косини со пиезометриска линија
Table. 5.8. Planned condition of final slope with piezometrik line.

| Профил 48-48' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.412 | - | 1.420 | - | 1.465 | - | 1.384 | - | 1.396 | - |
| Bishop | 1.675 | - | 1.616 | - | 1.627 | - | 1.615 | - | 1.605 | - |
| Janbu | - | 1.357 | - | 1.370 | - | 1.439 | - | 1.467 | - | 1.329 |
| Spenser | 1.642 | 1.648 | 1.635 | 1.638 | 1.693 | 1.694 | 1.578 | 1.582 | 1.609 | 1.618 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.357 | | 1.370 | | 1.439 | | 1.384 | | 1.329 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Кај овој профил, според резултатите од анализите, можеме да кажеме дека и работните и завршните косини се статички стабилни.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

5.3.3. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 64-64'

Табела.5.9. Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија
Table.5.9. Current condition of working slopes without piezometric line

| Профил 64-64' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини без претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.584 | - | 2.055 | - | 2.123 | - | 2.639 | - | 1.994 | - |
| Bishop | 1.658 | - | 2.222 | - | 2.214 | - | 2.631 | - | 1.997 | - |
| Janbu | - | 1.543 | - | 1.941 | - | 2.052 | - | 2.619 | - | 1.950 |
| Spenser | 1.655 | 1.655 | 2.215 | 2.221 | 2.220 | 2.223 | 2.638 | 2.628 | 2.001 | 1.992 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.543 | | 1.941 | | 2.052 | | 2.619 | | 1.950 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.10. Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија
Table.5.10 Current condition of working slopes with piezometric line

| Профил 64-64' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.426 | - | 1.986 | - | 2.060 | - | 1.722 | - | 1.232 | - |
| Bishop | 1.548 | - | 2.197 | - | 2.001 | - | 1.964 | - | 1.496 | - |
| Janbu | - | 1.413 | - | 1.906 | - | 1.976 | - | 1.764 | - | 1.263 |
| Spenser | 1.546 | 1.552 | 2.199 | 2.207 | 2.135 | 2.174 | 1.942 | 1.943 | 1.467 | 1.477 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.413 | | 1.906 | | 1.976 | | 1.722 | | 1.232 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | НЕ | |

Од резултатите можеме да заклучиме дека кај овој профил во моменталната состојба на работните косини се добива минимален фактор на сигурност од 1,232, кој не го задоволува критериумот за стабилност и затоа треба да се изврши редизајнирање на нова планирана завршна стабилна состојба.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Табела.5.11. Планирана состојба на завршните косини без пиезометриска линија

Table.5.11. Planned condition of final slope without piezometrik line.

| Профил 64-64' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.744 | - | 1.864 | - | 1.816 | - | 1.814 | - | 1.828 | - |
| Bishop | 1.836 | - | 1.958 | - | 1.885 | - | 1.887 | - | 1.935 | - |
| Janbu | - | 1.709 | - | 1.873 | - | 1.739 | - | 1.804 | - | 1.774 |
| Spenser | 1.831 | 1.832 | 1.939 | 1.942 | 1.936 | 1.939 | 1.880 | 1.881 | 1.916 | 1.914 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.709 | | 1.864 | | 1.739 | | 1.804 | | 1.774 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.12 Планирана состојба на завршните косини со пиезометриска линија

Table.5.12. Planned condition of final slope with piezometrik line.

| Профил 64-64' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.408 | - | 1.605 | - | 1.624 | - | 1.567 | - | 1.319 | - |
| Bishop | 1.548 | - | 1.741 | - | 1.769 | - | 1.687 | - | 1.534 | - |
| Janbu | - | 1.424 | - | 1.688 | - | 1.570 | - | 1.582 | - | 1.330 |
| Spenser | 1.547 | 1.552 | 1.736 | 1.728 | 1.810 | 1.814 | 1.684 | 1.688 | 1.514 | 1.517 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.408 | | 1.605 | | 1.570 | | 1.567 | | 1.319 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Од пресметките може да се констатира дека се добиени стабилни завршни косини.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

5.3.4. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 76-76'

Табела.5.13. Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија
Table. 5.13. Current condition of working slopes without piezometric line

| Профил 76-76' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.712 | - | 3.186 | - | 3.420 | - | 2.237 | - | 2.202 | - |
| Bishop | 1.819 | - | 3.297 | - | 3.145 | - | 2.350 | - | 2.320 | - |
| Janbu | - | 1.645 | - | 3.238 | - | 3.102 | - | 2.059 | - | 2.102 |
| Spenser | 1.800 | 1.805 | 3.294 | 3.292 | 3.118 | 3.114 | 2.449 | 2.456 | 2.309 | 2.304 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.645 | | 3.186 | | 3.102 | | 2.059 | | 2.102 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.14. Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија
Table.5.14. Current condition of working slopes with piezometric line

| Профил 76-76' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.491 | - | 1.948 | - | 3.225 | - | 1.561 | - | 1.230 | - |
| Bishop | 1.797 | - | 2.129 | - | 3.112 | - | 1.829 | - | 1.500 | - |
| Janbu | - | 1.490 | - | 2.092 | - | 3.015 | - | 1.532 | - | 1.280 |
| Spenser | 1.785 | 1.787 | 2.126 | 2.122 | 3.088 | 3.094 | 1.821 | 1.823 | 1.491 | 1.494 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.490 | | 1.948 | | 3.015 | | 1.532 | | 1.230 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | НЕ | |

И кај овој профил имаме нестабилност во моменталната состојба на работните косини, со минимален фактор на сигурност од 1,230, затоа е потребно да се изврши редизајнирање на нова планирана завршна состојба.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Табела.5.15. Планирана состојба на завршните косини без пиезометриска линија

Table. 5.15.Planned condition of final slope without piezometrik line.

| Профил 76-76' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.714 | - | 1.887 | - | 1.794 | - | 1.556 | - | 1.483 | - |
| Bishop | 1.792 | - | 1.854 | - | 1.852 | - | 1.593 | - | 1.514 | - |
| Janbu | - | 1.700 | - | 1.918 | - | 1.664 | - | 1.468 | - | 1.415 |
| Spenser | 1.789 | 1.790 | 1.971 | 1.969 | 1.862 | 1.859 | 1.607 | 1.609 | 1.522 | 1.516 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.700 | | 1.854 | | 1.664 | | 1.468 | | 1.415 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.16 Планирана состојба на завршните косини со пиезометриска линија

Table.5.16 Planned condition of final slope with piezometrik line.

| Профил 76-76' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.515 | - | 1.531 | - | 1.565 | - | 1.353 | - | 1.322 | - |
| Bishop | 1.608 | - | 1.677 | - | 1.717 | - | 1.526 | - | 1.490 | - |
| Janbu | - | 1.516 | - | 1.578 | - | 1.462 | - | 1.327 | - | 1.335 |
| Spenser | 1.604 | 1.603 | 1.658 | 1.667 | 1.727 | 1.734 | 1.510 | 1.515 | 1.479 | 1.485 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.515 | | 1.531 | | 1.462 | | 1.327 | | 1.322 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Овој профил е редирајниран и од добиените резултати за факторот на сигурност можеме да кажеме дека планираната состојба е статички стабилна

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

**5.3.5. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај
профил 88-88'**

Табела.5.17. Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија
Table.5.17. Current condition of working slopes without piezometric line

| Профил 88-88' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 2.307 | - | 3.118 | - | 3.371 | - | 2.564 | - | 2.281 | - |
| Bishop | 2.414 | - | 3.230 | - | 3.529 | - | 2.700 | - | 2.370 | - |
| Janbu | - | 2.236 | - | 3.199 | - | 3.169 | - | 2.541 | - | 2.205 |
| Spenser | 2.407 | 2.406 | 3.228 | 3.237 | 3.525 | 3.528 | 2.679 | 2.681 | 2.373 | 2.372 |
| Минимална вредност (Fs) | 2.236 | | 3.118 | | 3.169 | | 2.541 | | 2.205 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.18. Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија
Table.5.18. Current condition of working slopes with piezometric line

| Профил 88-88' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 2.016 | - | 2.700 | - | 1.769 | - | 1.632 | - | 1.337 | - |
| Bishop | 2.268 | - | 2.909 | - | 2.083 | - | 2.102 | - | 1.615 | - |
| Janbu | - | 1.968 | - | 2.922 | - | 1.747 | - | 1.844 | - | 1.410 |
| Spenser | 2.261 | 2.261 | 2.908 | 2.917 | 2.068 | 2.066 | 2.065 | 2.066 | 1.604 | 1.608 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.968 | | 2.700 | | 1.747 | | 1.632 | | 1.337 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Табела.5.19. Планирана состојба на завршните косини без пиезометриска линија

Table.5.19. Planned condition of final slope without piezometrik line.

| Профил 88-88' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.583 | - | 1.781 | - | 1.738 | - | 1.578 | - | 1.573 | - |
| Bishop | 1.685 | - | 1.788 | - | 1.801 | - | 1.607 | - | 1.583 | - |
| Janbu | - | 1.520 | - | 1.802 | - | 1.586 | - | 1.505 | - | 1.510 |
| Spenser | 1.669 | 1.668 | 1.817 | 1.815 | 1.847 | 1.840 | 1.638 | 1.636 | 1.598 | 1.596 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.520 | | 1.781 | | 1.586 | | 1.505 | | 1.510 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.20 Планирана состојба на завршните косини со пиезометриска линија

Table.5.20. Planned condition of final slope with piezometrik line.

| Профил 88-88' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ordinary | 1.539 | - | 1.578 | - | 1.510 | - | 1.410 | - | 1.377 | - |
| Bishop | 1.657 | - | 1.724 | - | 1.698 | - | 1.513 | - | 1.434 | - |
| Janbu | - | 1.485 | - | 1.654 | - | 1.391 | - | 1.366 | - | 1.386 |
| Spenser | 1.642 | 1.645 | 1.715 | 1.712 | 1.748 | 1.756 | 1.548 | 1.556 | 1.453 | 1.455 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.485 | | 1.578 | | 1.391 | | 1.366 | | 1.377 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Кај овој профил, според резултатите од анализите, можеме да кажеме дека и работните и завршните косини се статички стабилни.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

5.3.6. Анализа на стабилност на работни и завршни косини кај профил 100-100'

Табела.5.21.Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија
Table.5.21. Current condition of working slopes without piezometric line

| Профил 100-100' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Претпоставени Лизгачки површини без претпоставена пиезометриска линија | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 2.637 | - | 2.689 | - | 2.696 | - | 2.390 | - | 2.227 | - |
| Bishop | 2.878 | - | 2.706 | - | 2.883 | - | 2.518 | - | 2.355 | - |
| Janbu | - | 2.495 | - | 2.760 | - | 2.513 | - | 2.250 | - | 2.162 |
| Spenser | 2.861 | 2.868 | 2.722 | 2.729 | 2.873 | 2.867 | 2.505 | 2.504 | 2.335 | 2.335 |
| Минимална вредност (Fs) | 2.495 | | 2.706 | | 2.513 | | 2.250 | | 2.162 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.5.22.Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија
Table. 5.22.Current condition of working slopes with piezometric line

| Профил 100-100' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 2.258 | - | 1.771 | - | 1.605 | - | 1.527 | - | 1.235 | - |
| Bishop | 2.700 | - | 2.015 | - | 1.983 | - | 1.921 | - | 1.631 | - |
| Janbu | - | 2.208 | - | 1.910 | - | 1.610 | - | 1.586 | - | 1.406 |
| Spenser | 2.679 | 2.683 | 2.017 | 2.008 | 1.953 | 1.958 | 1.888 | 1.892 | 1.597 | 1.604 |
| Минимална вредност (Fs) | 2.208 | | 1.771 | | 1.605 | | 1.527 | | 1.235 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | НЕ | |

Добиените резултати укажуваат дека и овој профил е статички нестабилен со минимален фактор на сигурност од 1.235, и овде треба да се изврши редизајнирање и да се добие новата планирана завршна и стабилна состојба.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Табела.5.23. Планирана состојба на завршните косини без пиезометриска линија

Table. 5.23.Planned condition of final slope without piezometrik line.

| Профил 100-100' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 2.193 | - | 1.905 | - | 2.914 | - | 2.077 | - | 1.902 | |
| Bishop | 2.251 | - | 2.012 | - | 2.945 | - | 2.102 | - | 1.974 | |
| Janbu | - | 2.103 | - | 1.877 | - | 2.970 | - | 2.094 | - | 1.893 |
| Spenser | 2.260 | 2.212 | 2.009 | 2.012 | 2.902 | 2.951 | 2.175 | 2.186 | 1.944 | 1.950 |
| Минимална вредност (Fs) | 2.103 | | 1.887 | | 2.902 | | 2.077 | | 1.893 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | Да | | Да | | Да | | Да | | Да | |

Табела.5.24 Планирана состојба на завршните косини со пиезометриска линија

Table.5.24. Planned condition of final slope with piezometrik line.

| Профил 100-100' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Претпоставени Лизгачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | | | | | | | | | | |
| Ordinary | 1,986 | - | 1.705 | - | 2.716 | - | 1.842 | | 1.611 | - |
| Bishop | 2,218 | - | 1.898 | - | 2.804 | - | 1.716 | | 1.705 | - |
| Janbu | - | 1.960 | - | 1.575 | - | 2.801 | - | 1.703 | - | 1.416 |
| Spenser | 2.240 | 1.977 | 1.884 | 1.798 | 2.756 | 2.719 | 1.946 | 1.551 | 1.688 | 1.579 |
| Минимална вредност (Fs) | 1.960 | | 1.575 | | 2.713 | | 1.703 | | 1.416 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Добиените резултати за факторот на сигурност од редирајнираната состојба на овој профил укажуваат дека завршните косини се статички стабилни.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

Од анализата на стабилност на работните и завршните косини, е направен табеларен преглед од добиените резултати на минималниот фактор на сигурност. Овој преглед може да се види во следните табели:

Табела 6.Табеларен преглед на добиените резултати од анализата на стабилност на работните косини со програмот Geo Slope

Table 6. Table of the results of the analysis of stability of working slope with program Geo Slope

| Анализиран профил | Минимален фактор на сигурност | Генерална висина |
|-------------------|-------------------------------|------------------|
| 28-28' | 0.902 | К-1015-805=210м |
| 48-48' | 1.324 | К-1000-805=195м |
| 64-64' | 1.232 | К-1015-805=210м |
| 76-76' | 1.230 | К-1000-835=165м |
| 88-88' | 1.337 | К-1000-835=165м |
| 100-100' | 1.235 | К-1000-850=150м |

Табела 7.Табеларен преглед на добиените резултати од анализата на стабилност на завршните косини со програмот Geo Slope

Table 7. Table of the results of the analysis of stability of final slope with program Geo Slope

| Анализиран профил | Минимален фактор на сигурност | Генерална висина |
|-------------------|-------------------------------|------------------|
| 28-28' | 1.522 | К-985-750=235м |
| 48-48' | 1.329 | К-985-750=235м |
| 64-64' | 1.319 | К-985-750=235м |
| 76-76' | 1.322 | К-985-750=235м |
| 88-88' | 1.377 | К-985-750=235м |
| 100-100' | 1.416 | К-1000-790=210м |

6.0. ДИСКУСИЈА НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Изградбата на сè посложени и поспецифични геотехнички објекти или косини со големи висини и стрмни наклони, сложени природни-технички услови, бара постојано усовршување на методите за анализа на стабилност на косините.

И покрај добро проектираните работни косини со дозволен фактор на сигурност, често пати се случува да дојде до лизгање на самите косини.

Причината за лизгање на косините треба да се бара во анализата на многубројните природни и технички параметри кои влијаат на изборот на вистинскиот фактор на сигурност.

Поради исклучително комплицираната геолошка и структурна градба на површинскиот коп 'Ржаново се направени многу истражувања и анализи кои даваат резултати за стабилноста на работните косини.

Дното на површинскиот коп (состојба Јуни, 2011) е K-805, K- 815 и K-835 во јужниот дел. На некои места се формирани косини со висина до 40м, односно поради лизгање на теренот дошло до спојување на етажите. Во повисоките делови, односно на највисоката етажа K-1000, има појави на локални пукнатини. Овие пукнатини под влијание на атмосферските води имаат негативно влијание и придонесуваат за појава на нестабилност и свлекување на етажите.

Од анализираните профили во овој магистерски труд се преставени само шест профили и тоа: 28-28', 48-48', 64-64', 74-74', 88-88' и 100-100', при што како стабилни се јавуваат само два профила (48-48' и 88-88'), а сите други се нестабилни.

Стабилноста на косините на површинските копови, особено како што е работната средина во рудникот 'Ржаново, зависи од геометриските елементи како што се: висината на етажите, ширината на етажите, аголот на косината, друг фактор кој има големо влијание на стабилноста е и одводнувањето на работните косини како и појавата на подземните води.

Геометриските елементи на анализираниите косини се со променливи наклони кои се движат во границите од $21 - 29^{\circ}$. Актуелните генерални косини се движат во границите од 150 кај профилот 100-100' до 210 кај профилите 28-28' и 64-64'.

Дозволениот фактор на сигурност за завршни косини во отворени копови изнесува $F_{s.min} = 1,30$, додека коефициентот на порен притисок во нашиот случај варира во границите од $r_U = 0,0 - 0,2$.

Од направените пресметки за стабилноста на моменталната состојба на копот може да се забележи дека факторот на сигурност во одредени случаи е помал од дозволеният.

Работните косини се со максимална висина од 13 - 40метри, ширина на берма од 15-35м. За оваа состојба генерално се добиваат помали фактори на сигурност во однос на дизајнираната состојба, меѓутоа истите се во рамките на дозволеният со мали отстапувања во одредени случаи.

Генерално, помали вредности на факторите на сигурност се добиваат за рамнините на лизгање кои поминуваат низ серпентинитите и косините со пострмни наклони изградени од темни шкрилци и изменети серпентинити.

Во пределот на кредните варовници, кои се карактеризираат со поголеми јакосни карактеристики, се добиваат многу поголеми фактори на сигурност, дури и за пострмни наклони на косините.

Поради нестабилните работни косини, се преземени одредени активности, сè со цел да се добие стабилност на целиот коп.

За добивање на стабилност на ПК 'Ржаново се врши дизајнирање на работните косини со минимизирање на факторот на сигурност $F_s \geq 1,3$.

Дизајнираната состојба на површинскиот коп е изведена со генерален работен агол од 35° , и во јужниот дел од 32° при што работните косини се со максимална висина од 15 m, ширина на берма, исто така од 15 m и наклон од 2.5:1 до 3:1.

За оваа состојба генерално се добиваат поголеми фактори на сигурност во однос на моменталната состојба.

Според извршените анализи на стабилноста, генералниот агол на завршните косини не треба да биде поголем од 35° , со оглед на фактот што во некои случаи факторите на сигурност имаат вредности пониски од дозволеният, посебно за зоните изградени од серпентинити и темни шкрилци, кај кои е потребно растеретување на тој дел од копот.

- **Профил 28–28'**

Профилот 28–28', на моменталната состојба, се карактеризира со наклони на косините до 29° и генерална висина $H=210\text{m}$ и во него главно се застапени темни шкрилци и изменети (алтерисани) серпентинити со тенки зони изградени од тријаски мермеризирани варовници и рудно тело, од кои со најслаби јакосни параметри се алтерисаните остарени серпентинити.

Од направената анализа, се добиени вредности за факторот на сигурност помали од дозволените, кога работната косина е под влијание на подземни води, локално, во делот на остарените серпентинити имаме добиено фактор на сигурност, за целата рамнина на копот $F_S = 0.902$, и за поедини делови $F_S = 1,272$ и $1,041$, кои се релативно помали од дозволеният коефициент, со коефициент на порен притисок $r_U = 0,2$.

За подобрување на состојбата на стабилност треба да се изврши промена на геометријата на косината, односно растоварување на етажите, промена на генералниот завршен агол, односно редизајнирање на копот од кота 985-750 и ќе добиеме генерална висина од $H=235\text{m}$. При што повисоките делови се главно изградени од темни шкрилци, додека пониските делови се изградени од изменети серпентинити.

Нестабилноста на овој профил се појавува поради покачувањето на порниот притисок и подземните води кои имаат големо влијание во

нестабилноста на косината, во овој случај е настанато свлечиште во овој дел на копот.

Според направените анализи најниската кота на ископот треба да биде кота 750 до која сукцесивно ќе се продлабочува од сегашната кота K-805, односно до продлабочување на копот до завршната контура чие дно на копот преставува K-750. Врз основа на поставеноста на ископот за заштита од површинските води се предвидува изведба на: водособирник во најдлабоката работна етажа и изведба на заштитен канал во источниот дел на копот покрај главниот пристапен пат, за заштита на копот од интензивните врнежи.

Водособирниците се времени објекти, бидејќи продлабочување на копот, односно со отварање на следната етажа, водите се дренираат кон пониското ниво, каде треба да се изработи нов водособирник. Со помош на дизел пумпа водата ќе се испумпува во сипка која е поврзана со главниот транспортен ходник на кота 717.надвор од копот.

Бидејќи копот напредува во длабочина, косините на работните етажи ќе бидат пострмни со проектиран агол од 68° . Со генерален агол на косината од 35° , висина на етажата, 15м и ширина од 15м.

Резултатите добиени од пресметките за новата дизајнирана состојба се задоволитени, односно добиен е минимален факторот на сигурност $F_S = 1,918$ без влијание на порниот притисок и $F_S = 1,522$ со присуство на вода.

- **Профилот 48–48'**

Профилот 48–48' статички е стабилен, според направената анализа со методите за гранична рамнотежа, во сите зони, добиени се вредности за коефициентот на сигурност и за работните и за завршните косини над дозволените вредности, односно од $F_S = 1,324 - 3,003$ за рамнините на лизгање кај работните косини и $F_S = 1,329 - 1,694$ за завршните косини.

Темниот шкрилец кој се одликува со послаби јакосни карактеристики се јавува само во повисоките делови на теренот, но и покрај тоа за оваа зона е добиен фактор на сигурност над дозволењот ($F_S = 1,324$ и $1,329$).

Овој профил има слична геолошка градба како во претходниот случај, но со подобар геолошки склоп на теренот и се карактеризира со генерална висина до 235m.

Профил 64-64'

Профилот 64-64' се карактеризира со исклучително добра состојба на стабилност кога е направена анализата без присуство на вода, но со присуство на вода се јавува нестабилност, односно фактор на сигурност кој не отстапува многу од дозволењот. Поволниот геолошки состав на теренот во оваа зона е изграден од блоковити и изменети серпентинити со добиени фактори на сигурност за рамнини на лизгање во поедини зони кои се движат во границите $F_S = 1,232 - 2,001$. Сепак под влијание на порниот притисок добивме нестабилен профил ($F_S = 1,232$), што значи треба да се изврши редефинирање на профилот од кота 985-750, со промена на генералниот завршен агол од 29° на 35° , висина и ширина на дизајнираните етажите од 15метри со агол на работната етажа од 68° , ќе добиеме генерална висина $H=235\text{m}$.

Од анализите можеме да забележиме дека поради присуството на подземната вода доаѓа до нестабилност на профилот. Како и кај профилот 28-28' потребно е да се одржува постоечкиот канал направен од надворешната страна на капиталниот пат за одвонување на атмосферските води, на тој начин ќе се задржи стабилноста на овој профил.

Откако ќе се применат наведените постапки се прави нова анализа на редизајнираната состојба, при што се добиваат нови стабилни завршни косини со фактор на сигурност поголем од дозволењот ($F_S = 1,319$).

Може да се констатира дека за добивање на стабилна состојба на косината истата треба да се дизајнира со генерален агол не поголем од 35° , висина и ширина на етажата од 15м.

- **Профил 76–76'**

Профилот 76–76' е нестабилен, бидејќи при анализата, за целата косина на копот, е добиен фактор на сигурност помал од дозволеният кој изнесува $F_s = 1,230$, додека регистрираните наклони на косините се до 24° . Теренот во оваа зона е изграден претежно од блоковити и изменети серпентинити и мали зони од темни шкрилци и габропегматити во долните делови.

За подобрување на општата стабилност на завршната косина, истата ја дизајнираме со наклон кој се движи до 35° , и со висина на етажите од 15м и агол на работната косина до 68° .

Потребно е да се започне со растоварување на материјалот од горните етажи, од К-985 до К-750 се добива генерална висина $H=235\text{м}$. Се препорачува контролирано минирање со цел да се минимизира ефектот од вештачко оштетување на карпестата маса.

Од направената анализа за новата редизајнирана состојба се добиваат стабилни завршни косини, односно факторот на сигурност се зголемува на $F_s = 1,335$, што значи имаме подобрување на стабилноста.

- **Профил 88–88'**

Профилот 88–88', од направената анализа може да се констатира дека работните и завршните косини се статички стабилни.

Теренот во оваа зона е изграден од сите типови на материјали регистрирани во зоната на копот. Ова стабилност пред сè се должи на тријаските варовници застапени во повисоките делови од копот кои се со добри јакосни карактеристики и имаат влијание врз подобрувањето на состојбата на стабилност.

Добиените фактори на сигурност се движат во границите $F_s = 1,337 - 2,922$, каде е земено во предвид и присуството на вода при вршење на анализата.

Во завршната планирана состојба добиена е генерална висина $H=235\text{м}$. Меѓутоа и покрај релативно големите висини, состојбата на стабилност е над

дозволените рамки, што се должи на поволниот геолошкиот склоп на теренот во оваа зона.

Профил 100–100'

Профилот 100–100' како што е веќе кажано се одликува со неповолни геометриски и геолошки карактеристики и со висини на завршните косини од преку 210 m. Факторот на сигурност за рамнината на лизгање која поминува низ целиот профил, а ги опфаќа темните шкрилци кои не се компактни, и изменетите серпентинити е помал од дозволеениот и изнесуваат $F_s = 1,235$, тоа во случај кога е земен предвид и коефициентот на порниот притисок. Додека без присуство на вода при пресметките се добива фактор на сигурност кој е во рамките на дозволените $F_s = 2,162$. Тоа значи дека за подобрување на стабилноста потребно е да се врши одводнување на површинската вода која понира и се собира на дното на најниската етажа и со правење на повремени водособирици да се испумпува надвор од копот.

Со највисоката кота од 1000m.н.в до најниска дизајнирана кота K-790, овој профил има генерална висина од $H=210$ m. За подобрување на општата стабилност на завршната косина, истата е проектирана со променлив наклон од 32° , за разлика од другите профили овде имаме помал наклон и иста висина на етажите од 15m и агол на работната косина од 68° . На овој начин добиваме подобрување на стабилноста со коефициент на сигурност од $F_s = 1,416$.

Поради геометриските и геолошките карактеристики на работната средина во јужниот дел и за подобрување на стабилноста во тој дел од копот, завршната косина е проектирана со помал наклон од останатите профили.

Помал наклон е добиен поради тоа што овој профил е со најниска проектирана кота-790, додека другите профили продолжуваат со ископите во длабина до кота-750. Се предвидува дека копот во иднина ќе напредува во длабина и истиот ќе се дизајнира со поголем наклон на генералната косина.

7.0. ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ ЗА ПОНАТАМОШНИ ИСТРАЖУВАЊА

Основната цел на истражувањето во овој магистерски труд е исполнета, односно од моменталните нестабилни работни косини на копот, се добиени нови редицајнирани косини со задоволителен фактор на сигурност.

Како најдобро и најекономично решение за зголемување на стабилноста на работните и завршни косини на ПК Р'жаново, од сите дадени решенија за редицајнирање на косините, го избрав решението преку промена на геометријата на косината во вид на растеретување со минимизирање на факторот на сигурност, $F_s \geq 1,3$.

При дизајнирањето на работните косини треба да се внимава да не се добие многу голема вредност за факторот на сигурност од дозволената, бидејќи во тој случај ќе имаме поголеми откопувања и поголеми трошоци. Во суштина косините на површинските копови треба да бидат статички стабилни, но истовремено треба да обезбедат и минимален коефициент на откривка.

Од извршената анализа на вкупно шест карактеристични профили, можеме да кажеме дека површинскиот коп 'Ржаново се карактеризира со иклучително комплицирана геолошка и структурна градба. Основните карпи и рудниот слој се од кредна, јурска и тријаска геолошка старост. Надвор од зоната на површинскиот коп во зоната на постојното одлагалиште, застапени се и плиоценски вулканогено – седиментни карпести маси.

Како нестабилни профили во рамките на површинскиот коп се појавуваат профилите 28-28', 64-64', 76-76 и 100-100'. Овие профили поминуваат низ зона на серпентинити, алтерисани серпентинити, темно сиви кредни шкрилци, рудно тело и кредни плочести варовници. Овие профили се нестабилни поради послабите јакосни карактеристики на материјалите во работната средина и влијанието на атмосферските и подземни води.

За подобрување на ваквата состојба на стабилност се препорачува да се изврши редицајнирање на профилите каде што генералниот агол на косините ограничени со рамнините на лизгање, ќе се зголеми на $\alpha = 32^0$, кај профилот

100-100' во јужниот дел и на $\alpha = 35^{\circ}$ кај останатите профили. Растоварувањето треба да се изврши со изведба на работни косини со максимална висина од 15 m, наклон 2.5:1 до 3:1 и ширина на берма од 15m, така што генералниот наклон на косината за тие зони да изнесува $\alpha = 35^{\circ}$, а со тоа ќе се добие и фактор на сигурност кој е во рамките на дозволеният $F_{smin} \geq 1,30$.

- Потребно е да се изврши санација на векепостоечкиот канал за зафаќање на површинските води, заради задржување на стабилноста во поедини делови на копот.
- Пправење на времени водособиници на најниските етажи за собирање на подземните води кои се дренираат кон пониското ниво и со помош на дизел пумпа водата да се испумпува во сипка надвор од копот, што претставува идеално решение за задржување на стабилноста на копот.

Генерално, дизајнираната состојба на стабилност за дадените геометриски и геолошки услови е во задоволителни рамки што се гледа од добиените коефициенти на сигурност кои се поголеми од дозволеният фактор на сигурност за ваков вид на објект ($F_{smin} \geq 1,30$).

Како стабилни може да се дефинираат напречните профили 48-48' и 88-88'. И овие профили се опфатени со серпентинити, алтерисани серпентинити, темно сиви кредни шкрилци, рудно тело и кредни плочести варовници, од кои со најслаби јакосни параметри се алтерисаните (остарени) серпентинити. Но поради подобриот и поволен геолошки состав на теренот, факторот на сигурност овде е малку над дозволената вредност $F_{smin} \geq 1,30$.

- И покрај добро дизајнираните работни косини, во пракса сепак може да дојде до нестабилност на самите косини, бидејќи рудникот е жива материја која секојдневно се менува. Затоа потребно е континуирано следење на состојбата на теренот и редовно вршење на анализа на моменталната и планирана состојба на стабилноста на работните косини, преземање на мерки за заштита и стабилизација на работните косини од свлекување.

- Со навремено преземање на сите потребни мерки за запазување на стабилноста на копот како: растоварување на материјалот од погорните етажи и одржување на каналите за зафаќање на површинските води, веројатноста да дојде до дестабилизација на теренот и косините ќе биде многу мала.

Предлог за понатамошни истражувања:

- Користење на современи методи за добивање на стабилност кај површинските копови;
- Влијанието на изборот на влезни параметри кои се потребни за анализа на стабилност кај косините на ПК;
- Влијанието на геолошката и структурна градба на наоѓалиштето врз стабилноста на косините;
- Континуирано следење на состојбата на теренот и појавата на деформациите на работните косини.

• П Р И Л О З И

Прилог бр. 1. МЕСТОПОЛОЖБАТА НА РУДНИКОТ 'РЖАНОВО преземена од google earth map

Прилог бр. 2. СЛИКИ НА ПОВРШИНСКИ КОП 'РЖАНОВО

Прилог бр. 3. СИТУАЦИОНА КАРТА НА МОМЕНТАЛНАТА СОСТОЈБА НА ПК 'РЖАНОВО(ЈУНИ, 2011)

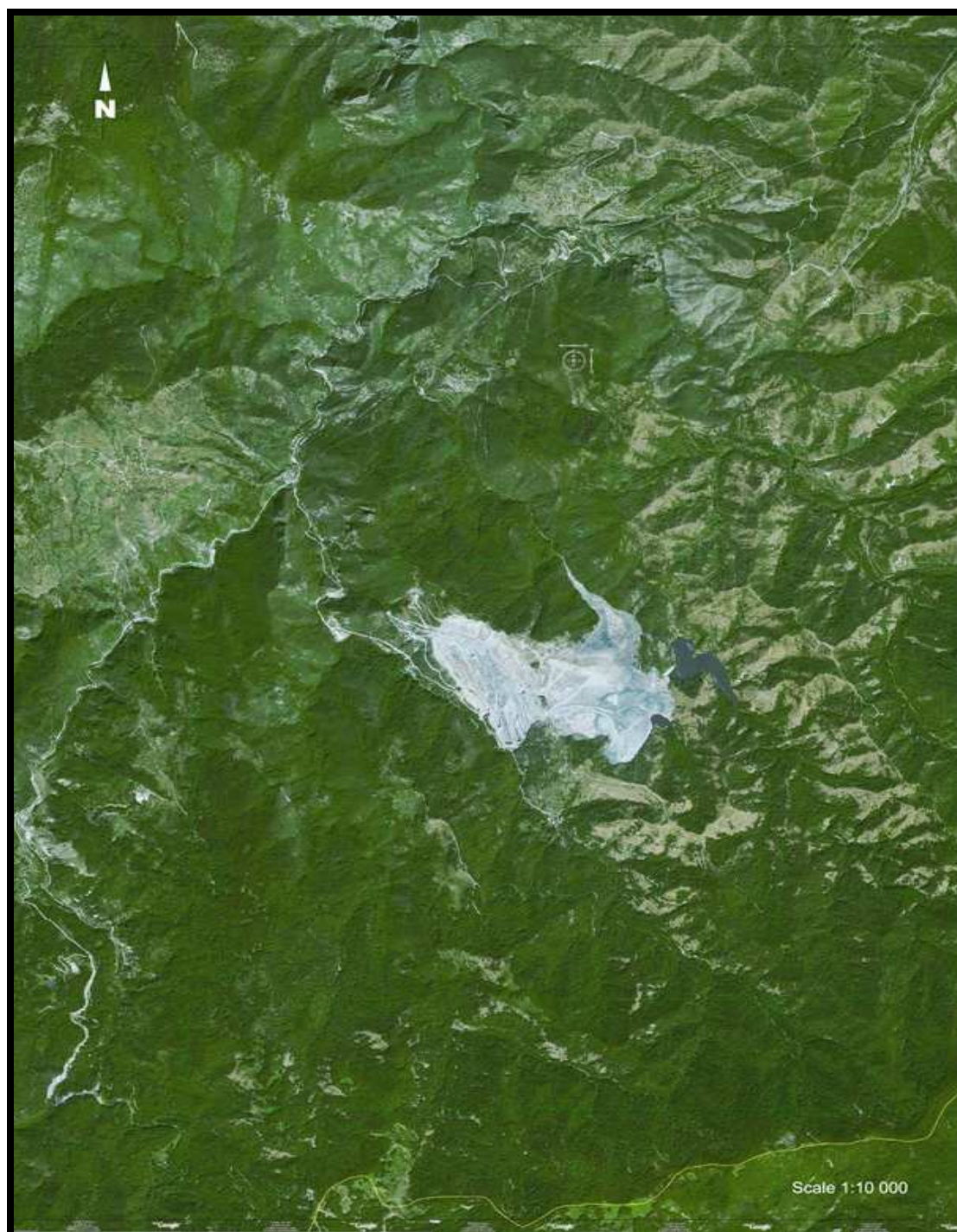
Прилог бр.4. СИТУАЦИОНА КАРТА НА ПЛАНИРАНА СОСТОЈБА НА ПК 'РЖАНОВО

Прилог бр. 5. НАДОЛЖНИ ПРОФИЛИ СО АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТ НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ НА МОМЕНТАЛНАТА СОСТОЈБА НА КОПОТ ЗА ПРОФИЛИТЕ: 28-28'; 48-48'; 64-64'; 76-76'; 88-88'; 100-100'.

Прилог бр.6. НАДОЛЖНИ ПРОФИЛИ СО АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТ НА ЗАВРШНИТЕ КОСИНИ НА ПЛАНИРАНАТА СОСТОЈБА, ЗА ПРОФИЛИТЕ: 28-28'; 48-48'; 64-64'; 76-76'; 88-88'; 100-100'

Прилог бр.7. ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛИ НА ПЛАНИРАНИТЕ ЕТАЖИТЕ: 850, 835,820, 805, 790, 775, 760 И 750.

Прилог бр.1.

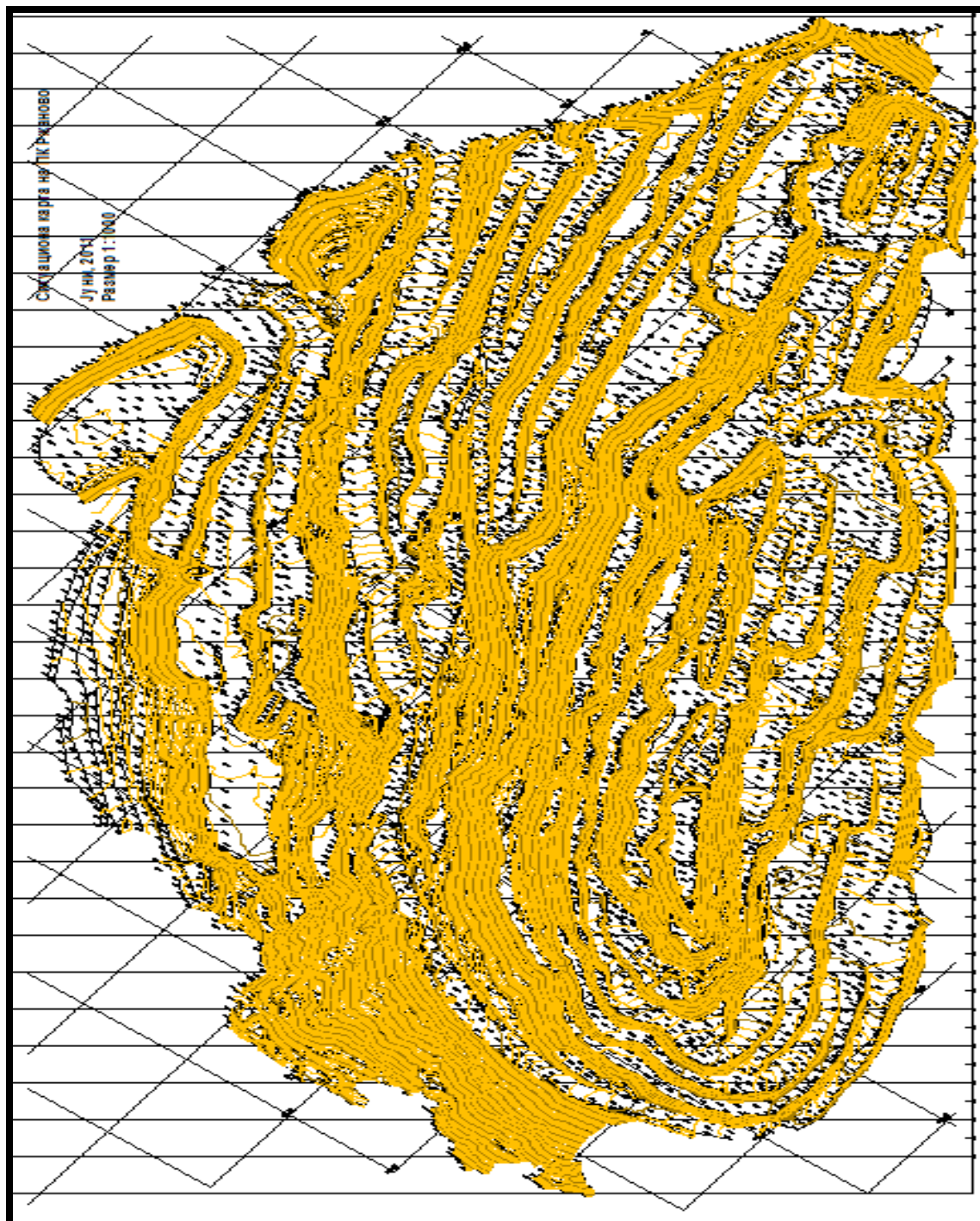


Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

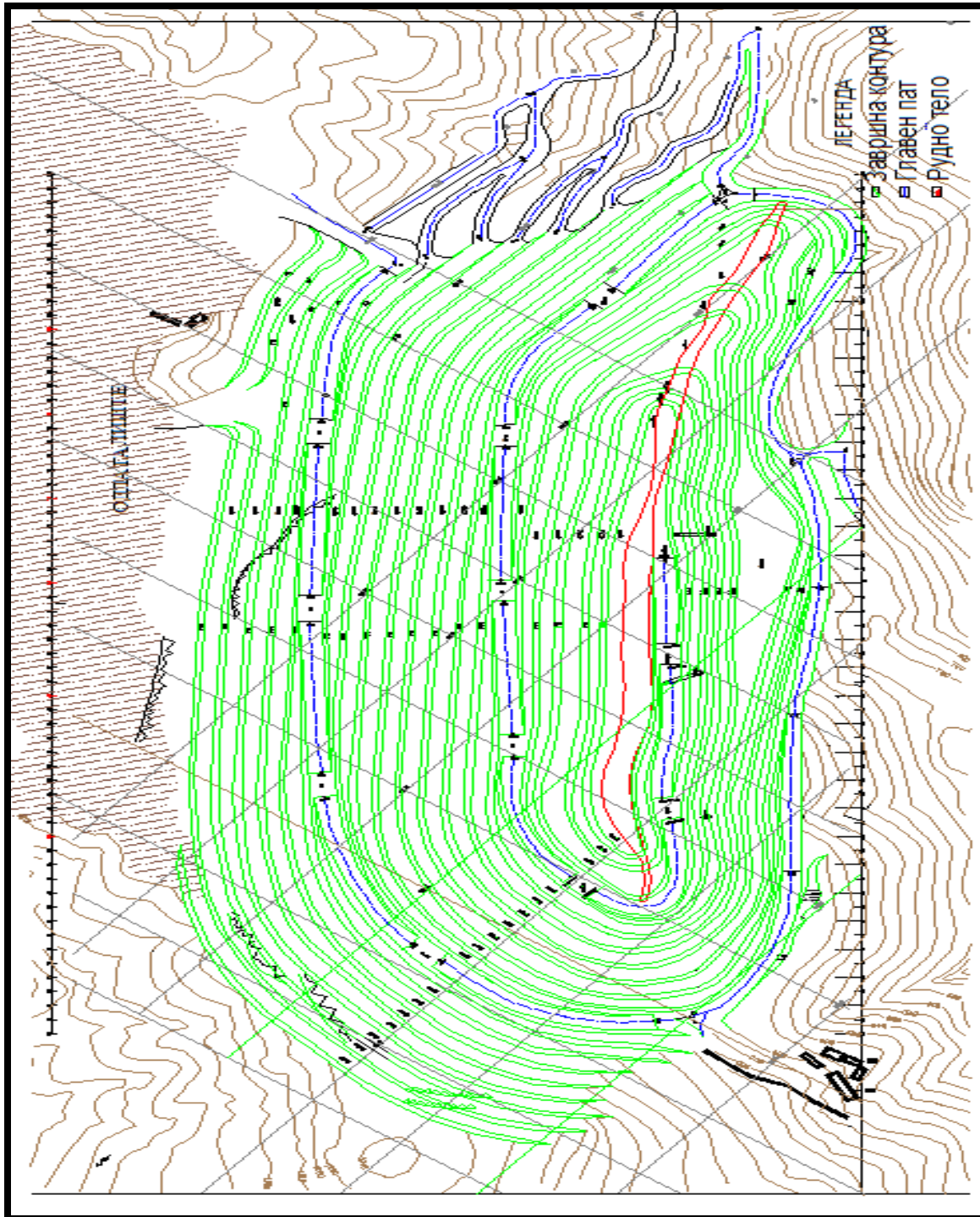
Прилог бр. 2



Прилог бр. 3.

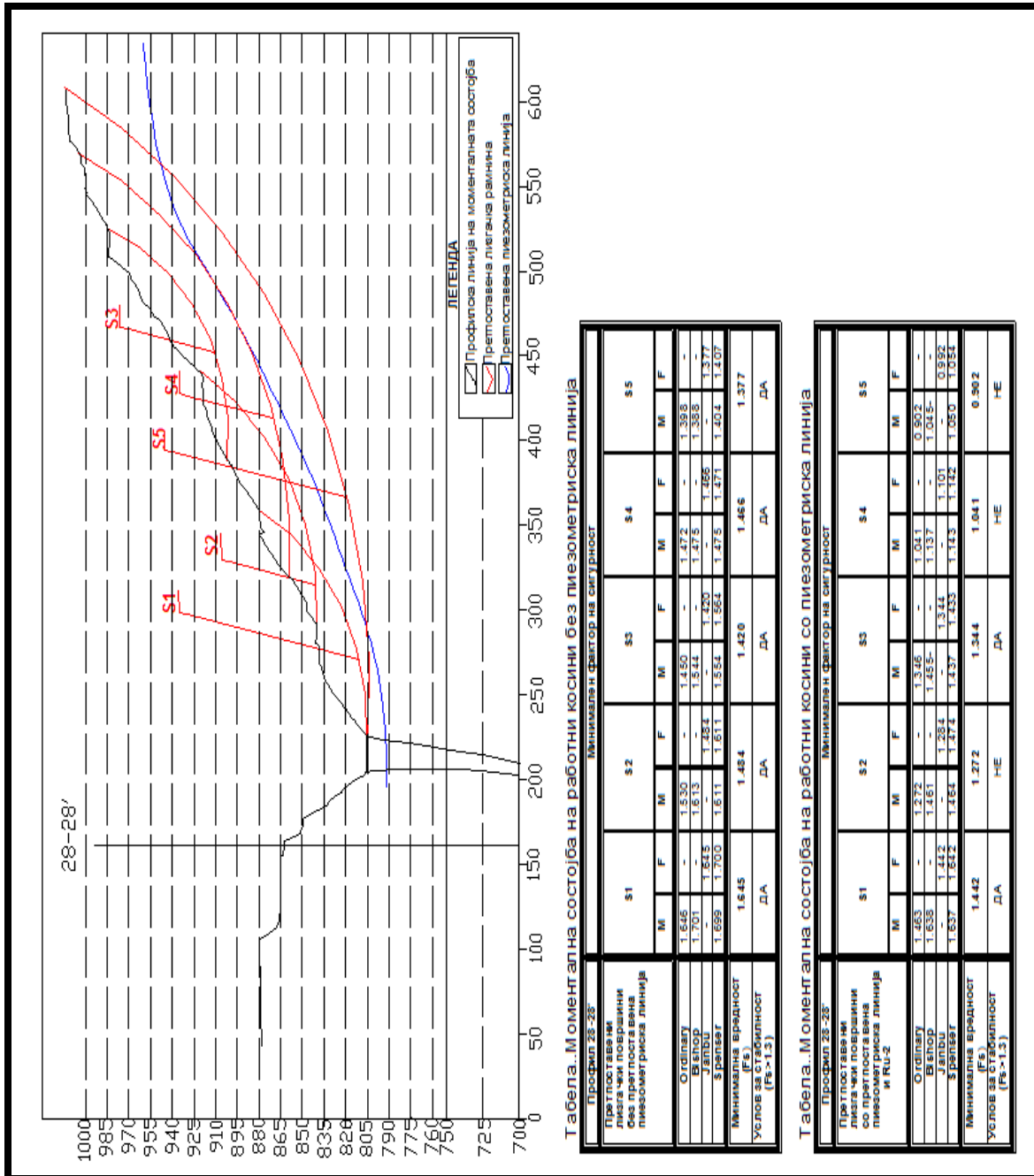


Прилог бр.4.



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност

Прилог бр. 5.



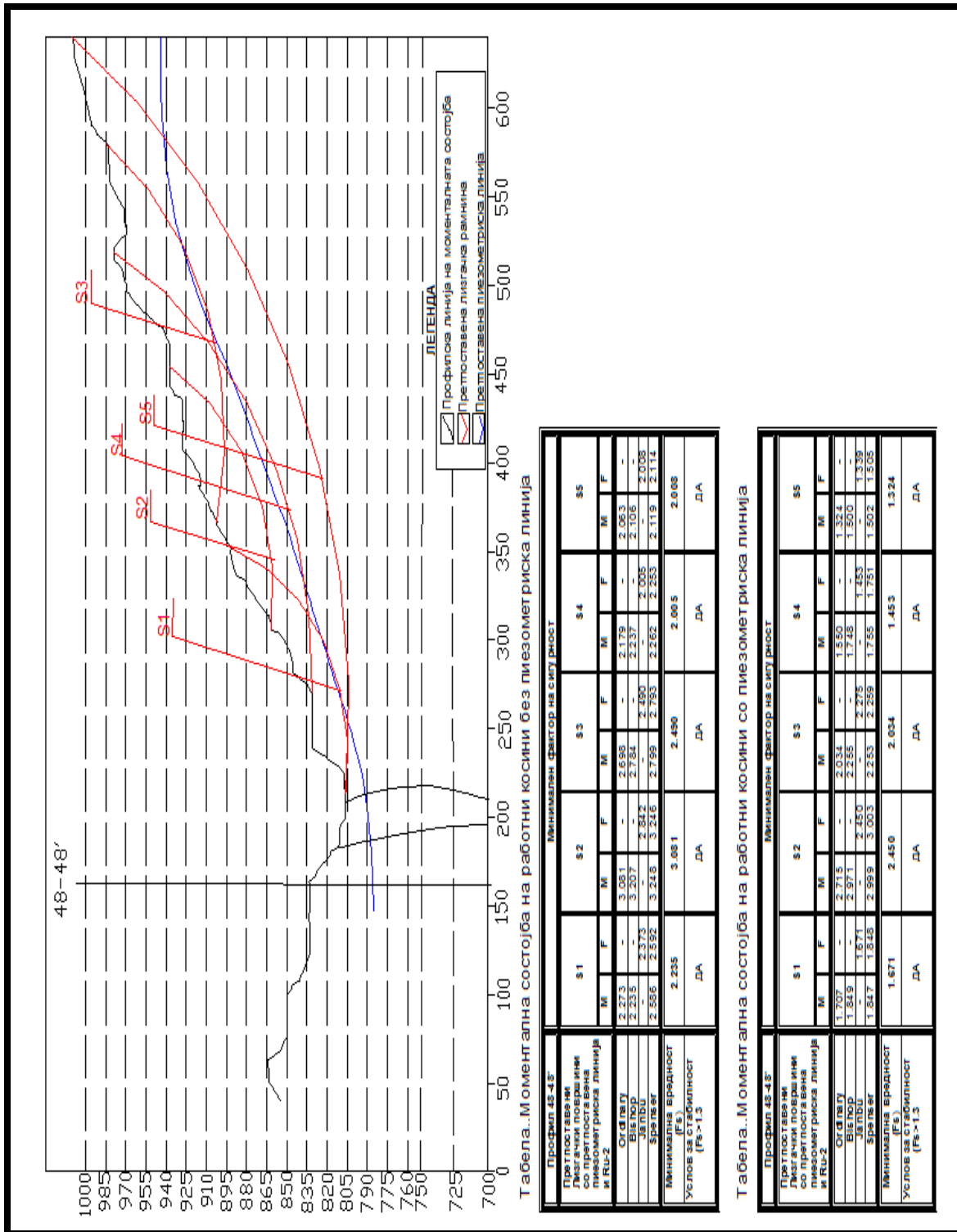
Табела..Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија

| Профил 28-28' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | M | F |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | | |
| Отрпапу | 1.626 | - | 1.530 | - | 1.450 | - | 1.472 | - | 1.398 | - | 1.638 | - |
| Белоп | 1.701 | 1.645 | 1.613 | 1.484 | 1.454 | 1.420 | 1.475 | 1.466 | 1.358 | 1.377 | 1.659 | 1.611 |
| Јанбу | 1.699 | 1.700 | 1.611 | 1.611 | 1.554 | 1.564 | 1.475 | 1.471 | 1.404 | 1.407 | 1.645 | 1.645 |
| Зрпапет | 1.645 | 1.645 | 1.484 | 1.484 | 1.420 | 1.420 | 1.466 | 1.466 | 1.377 | 1.377 | 1.645 | 1.645 |
| Минимална вредност | 1.645 | | 1.484 | | 1.420 | | 1.466 | | 1.377 | | 1.645 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

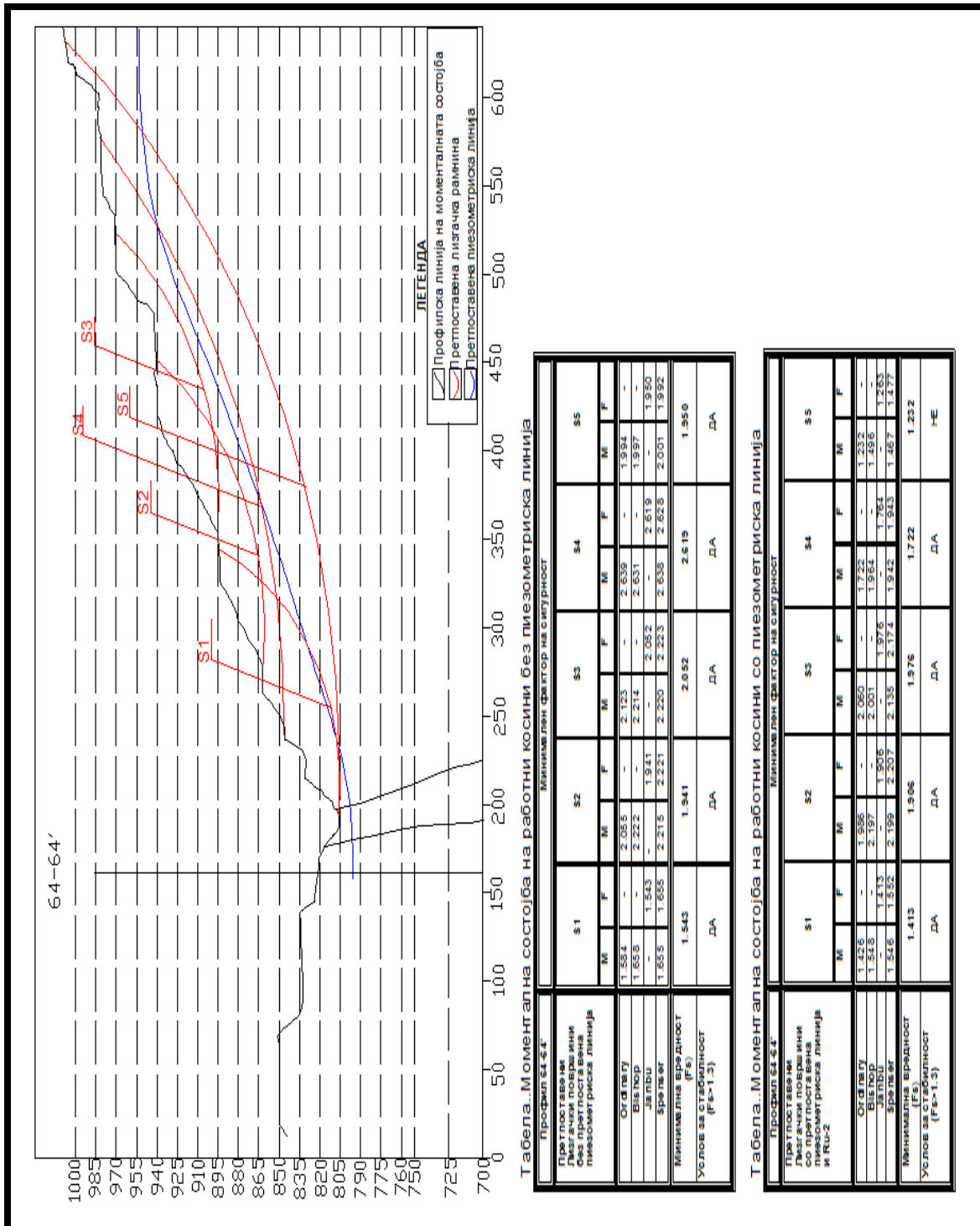
Табела..Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија

| Профил 28-28' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | M | F |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | | |
| Отрпапу | 1.463 | - | 1.272 | - | 1.346 | - | 1.041 | - | 0.902 | - | 1.638 | - |
| Белоп | 1.638 | 1.442 | 1.461 | 1.284 | 1.455 | 1.344 | 1.137 | 1.045 | 1.045 | 0.992 | 1.638 | 1.442 |
| Јанбу | 1.637 | 1.642 | 1.464 | 1.472 | 1.437 | 1.433 | 1.143 | 1.142 | 1.050 | 1.084 | 1.637 | 1.642 |
| Зрпапет | 1.442 | 1.442 | 1.272 | 1.272 | 1.344 | 1.344 | 1.041 | 1.041 | 0.902 | 0.902 | 1.442 | 1.442 |
| Минимална вредност | 1.442 | | 1.272 | | 1.344 | | 1.041 | | 0.902 | | 1.442 | |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | | НЕ | | ДА | | НЕ | | НЕ | | НЕ | |

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



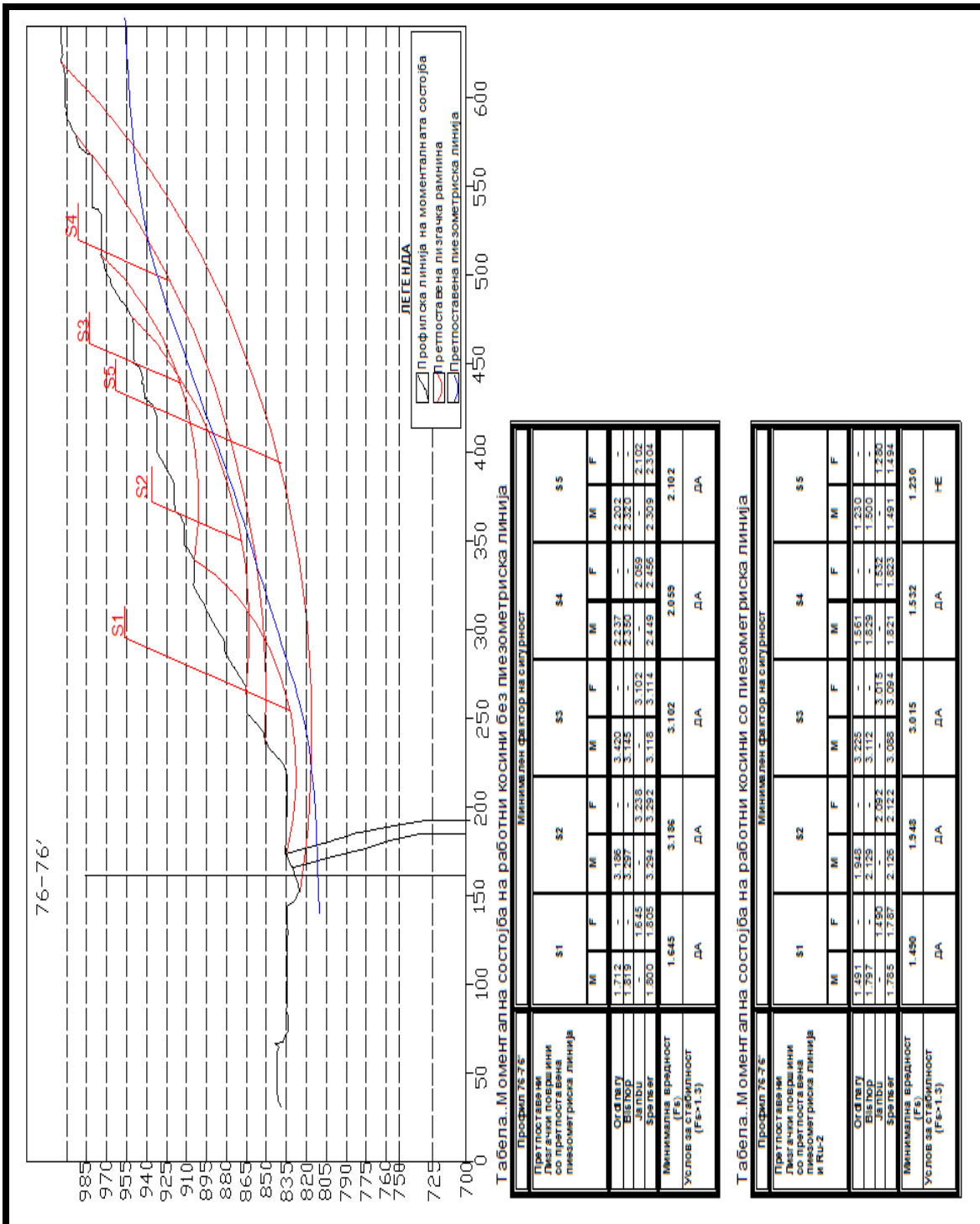
Табела..Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија

| Продолжил 64-64 Претпоставена Лизгачки поворачи со претпоставена пиезометриска линија | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ордапелу | 1.554 | - | 2.055 | - | 2.123 | - | 2.639 | - | 1.984 | - | 1.984 | - |
| Биспор | 1.655 | - | 2.222 | - | 2.214 | - | 2.631 | - | 1.997 | - | 1.997 | - |
| Јапбу | - | 1.543 | - | 1.941 | - | 2.052 | - | 2.619 | - | 1.950 | - | 1.950 |
| Срептар | 1.655 | - | 2.215 | - | 2.221 | - | 2.636 | - | 2.628 | - | 2.001 | 1.992 |
| Минимална вредност (F _S) | 1.543 | | 1.941 | | 2.052 | | 2.619 | | 1.950 | | 1.950 | |
| Услов за стабилност (F _S >1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

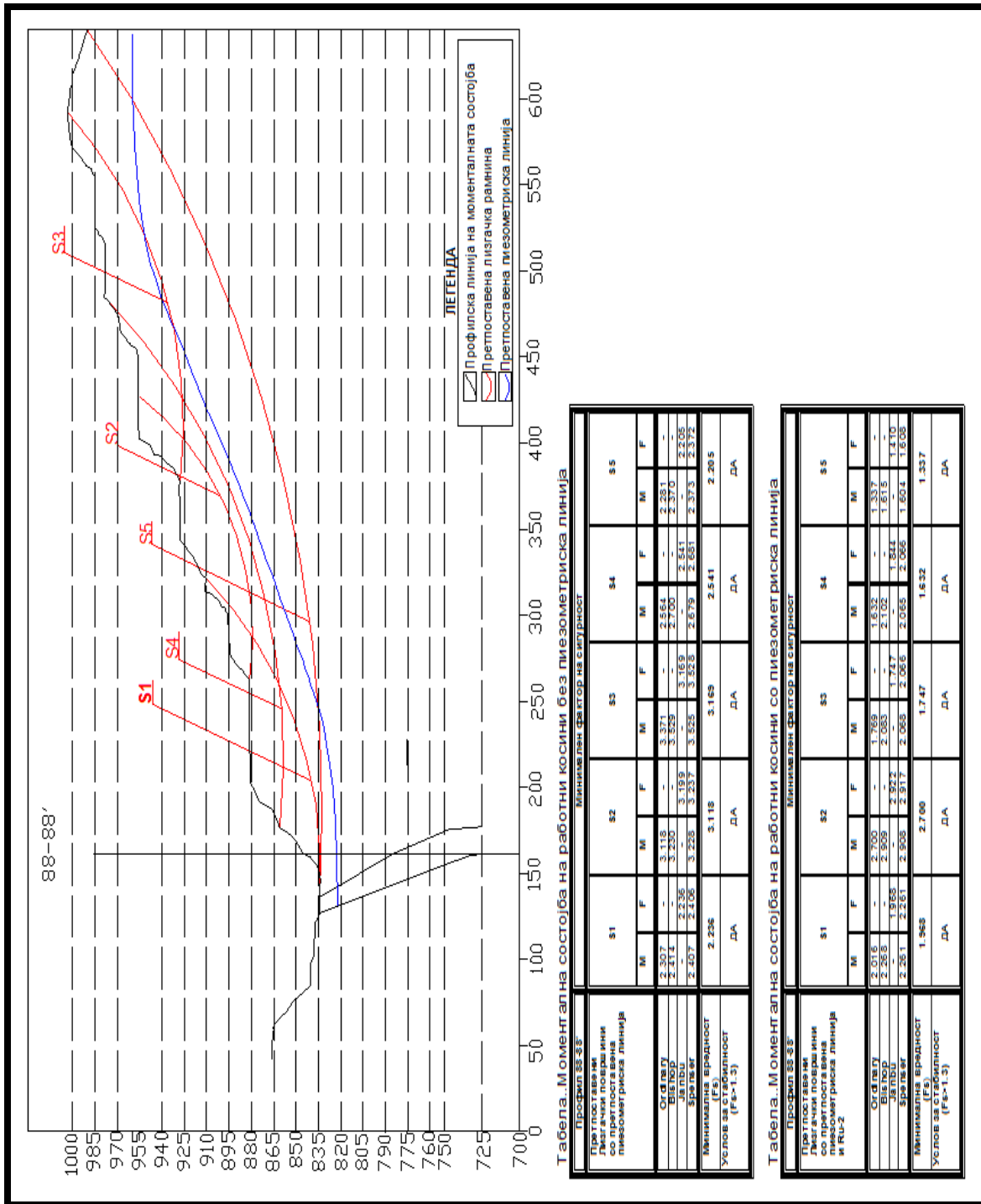
Табела..Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија

| Продолжил 64-64 Претпоставена Лизгачки поворачи со претпоставена пиезометриска линија и RU-2 | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Ордапелу | 1.655 | - | 1.956 | - | 2.050 | - | 1.952 | - | 1.952 | - | 1.952 | - |
| Биспор | 1.546 | - | 2.197 | - | 2.001 | - | 1.964 | - | 1.492 | - | 1.492 | - |
| Јапбу | 1.413 | - | 1.906 | - | 1.976 | - | 1.761 | - | 1.763 | - | 1.763 | - |
| Срептар | 1.546 | - | 2.199 | - | 2.135 | - | 2.174 | - | 1.942 | - | 1.467 | 1.477 |
| Минимална вредност (F _S) | 1.413 | | 1.906 | | 1.976 | | 1.722 | | 1.722 | | 1.232 | |
| Услов за стабилност (F _S >1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | НЕ | |

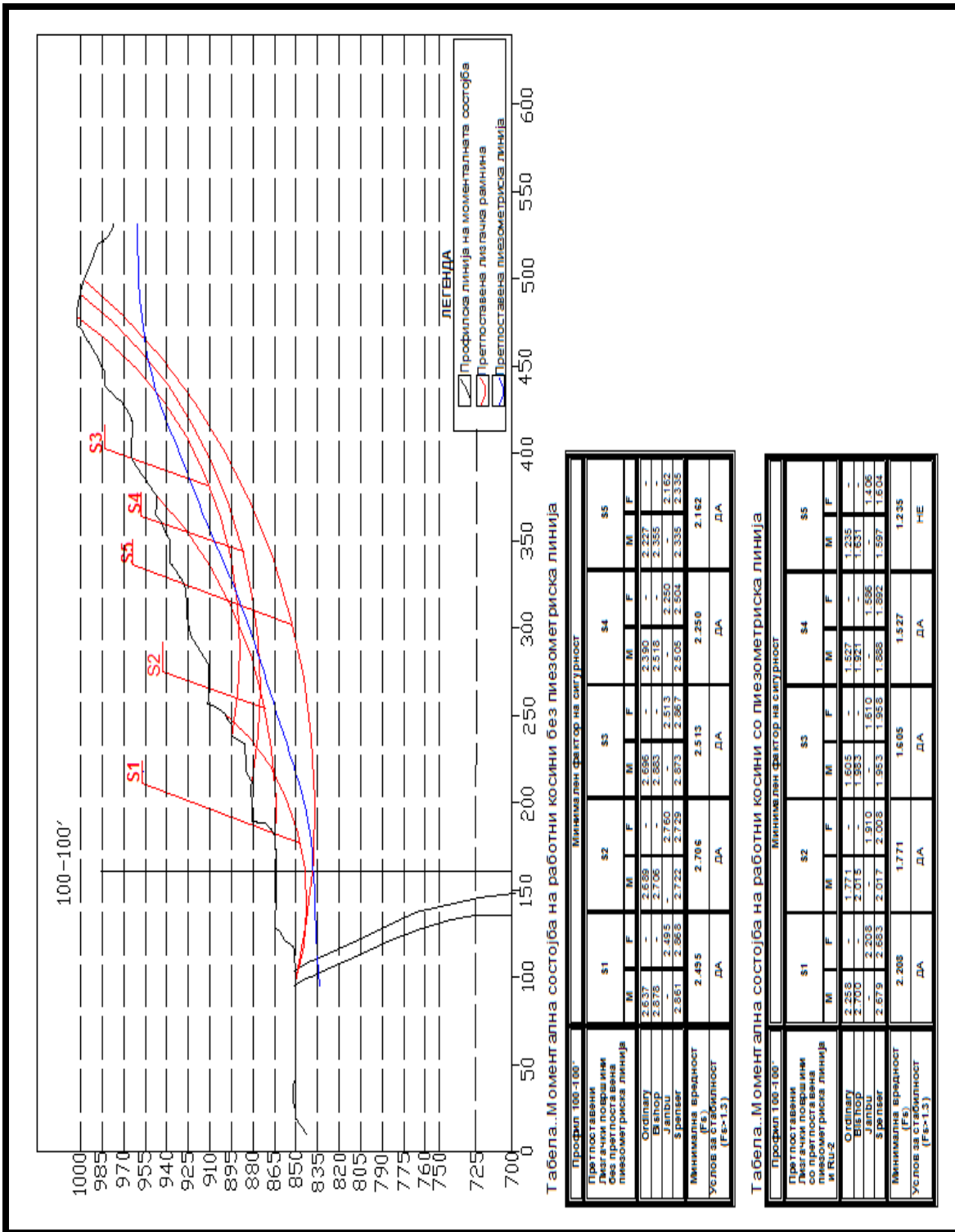
Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



Табела.. Моментална состојба на работни косини без пиезометриска линија

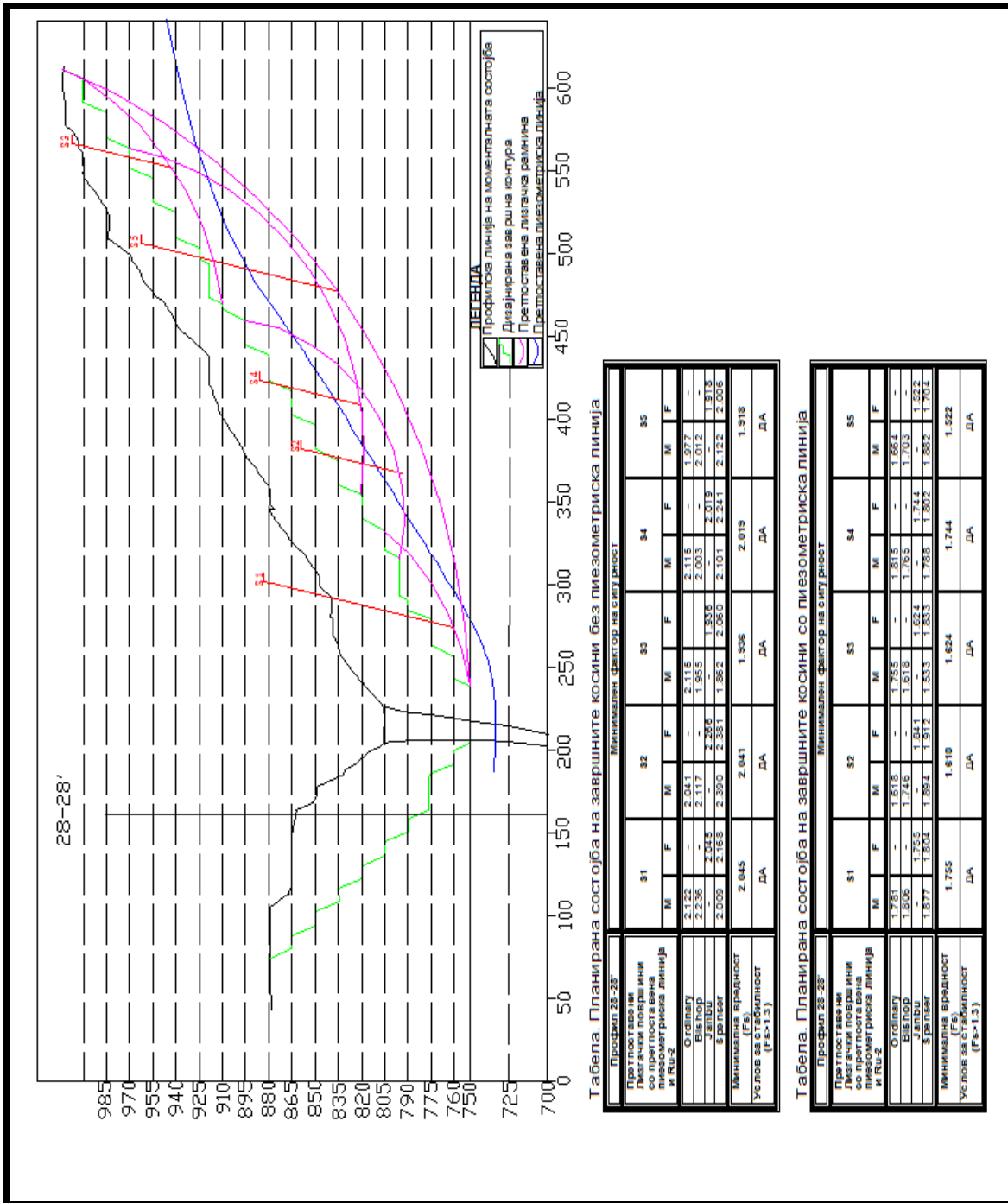
| Профил 100-100' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | S6 | |
| Прегноставени Легачки површини без претпоставена пиезометриска линија | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Original | 2.637 | - | 2.685 | - | 2.686 | - | 2.350 | - | 2.227 | - | 2.227 | - |
| Without seepage | 2.878 | 2.495 | 2.706 | 2.760 | 2.883 | 2.513 | 2.518 | 2.550 | 2.355 | 2.162 | 2.355 | 2.162 |
| Seepage | 2.561 | 2.268 | 2.722 | 2.729 | 2.873 | 2.867 | 2.505 | 2.504 | 2.335 | 2.335 | 2.335 | 2.335 |
| Минимална вредност FS | 2.495 | | 2.706 | | 2.513 | | 2.250 | | 2.162 | | 2.162 | |
| Услов за стабилност (FS>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Табела.. Моментална состојба на работни косини со пиезометриска линија

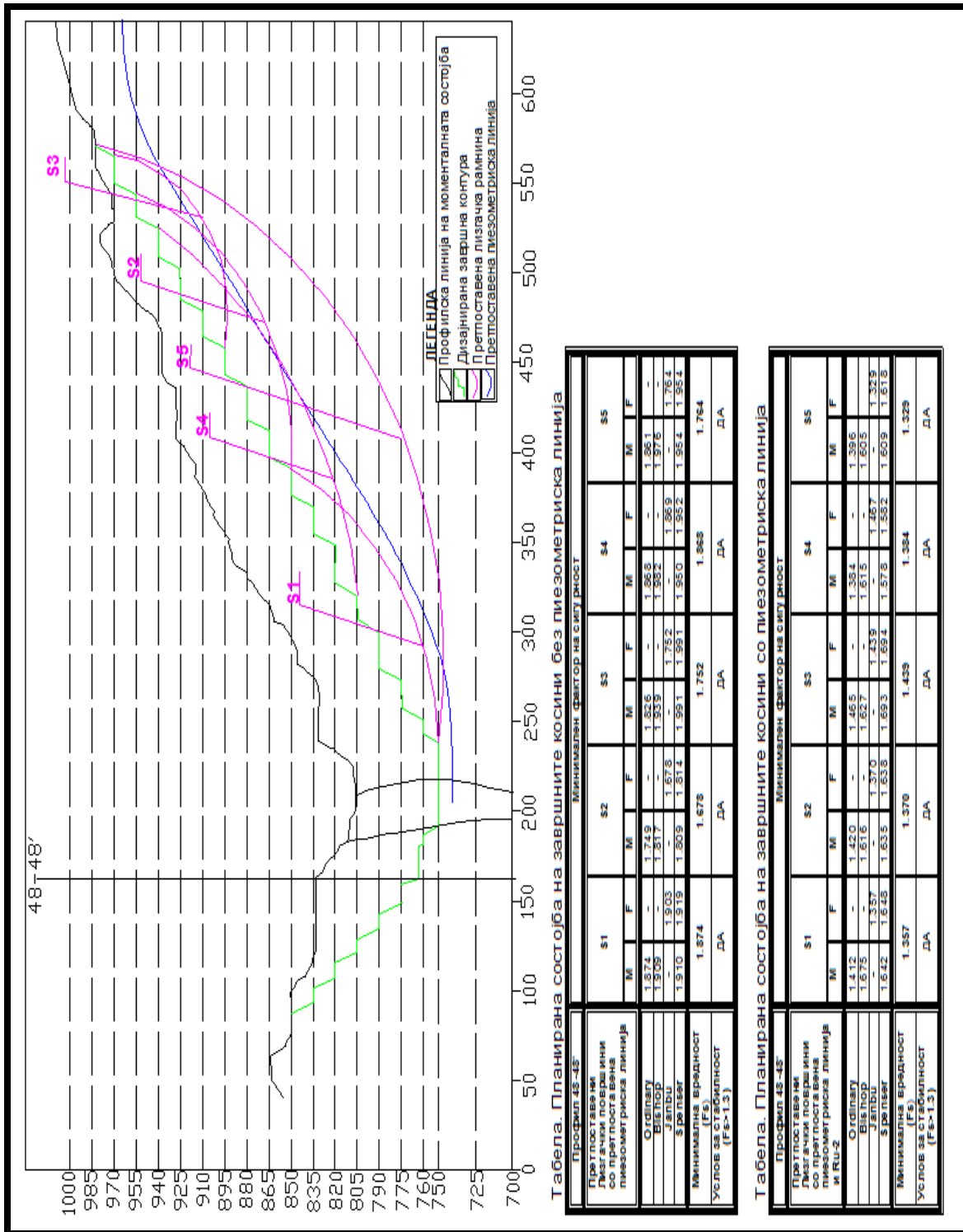
| Профил 100-100' | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | S6 | |
| Прегноставени Легачки површини со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Original | 2.258 | - | 1.771 | - | 1.605 | - | 1.527 | - | 1.235 | - | 1.235 | - |
| Without seepage | 2.700 | 2.203 | 2.017 | 1.910 | 1.983 | 1.610 | 1.921 | 1.556 | 1.631 | 1.406 | 1.556 | 1.406 |
| Seepage | 2.679 | 2.683 | 2.017 | 2.008 | 1.983 | 1.588 | 1.882 | 1.587 | 1.587 | 1.604 | 1.587 | 1.604 |
| Минимална вредност FS | 2.203 | | 1.771 | | 1.605 | | 1.527 | | 1.235 | | 1.235 | |
| Услов за стабилност (FS>1.3) | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | | ДА | |

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност

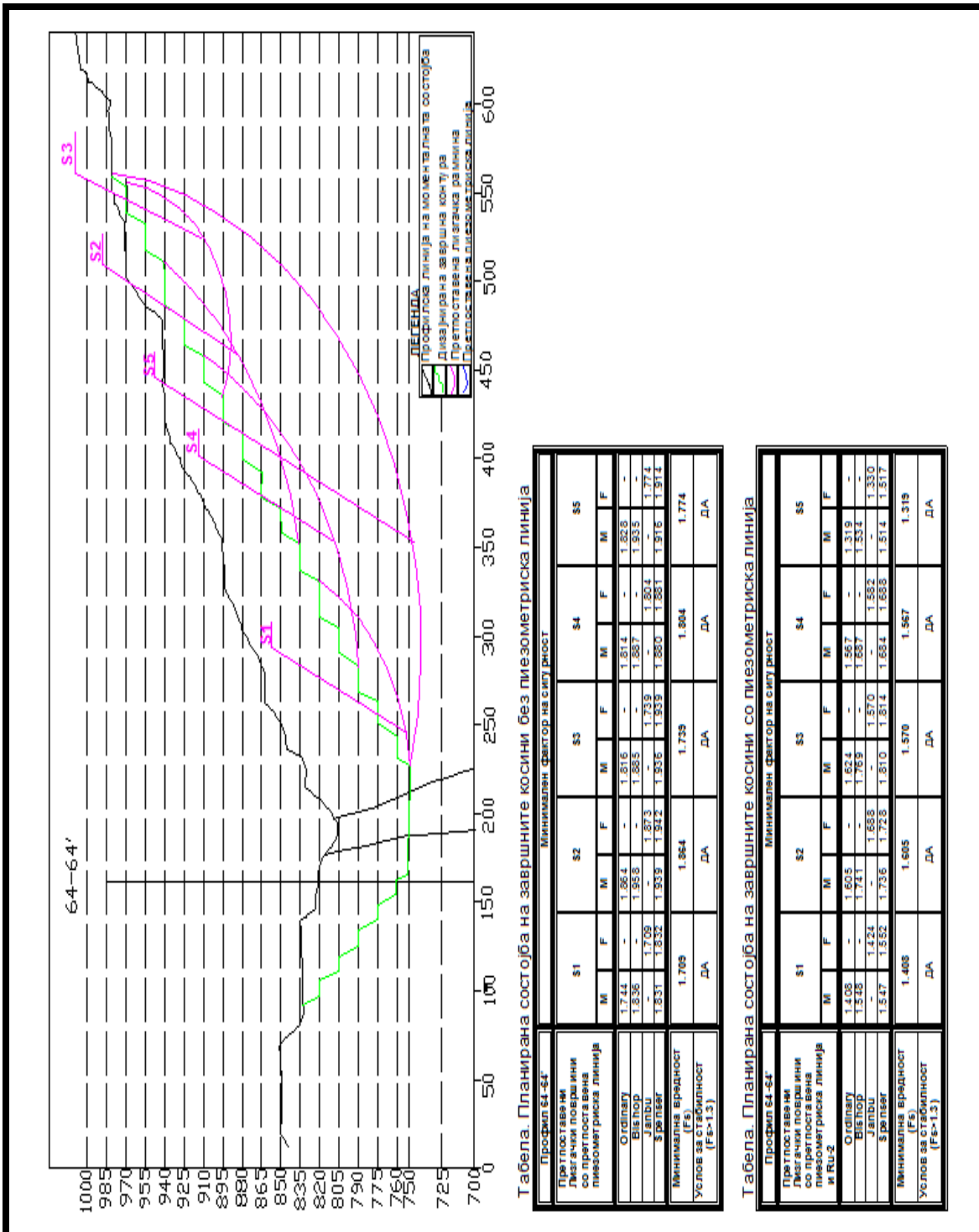
Прилог бр.6.



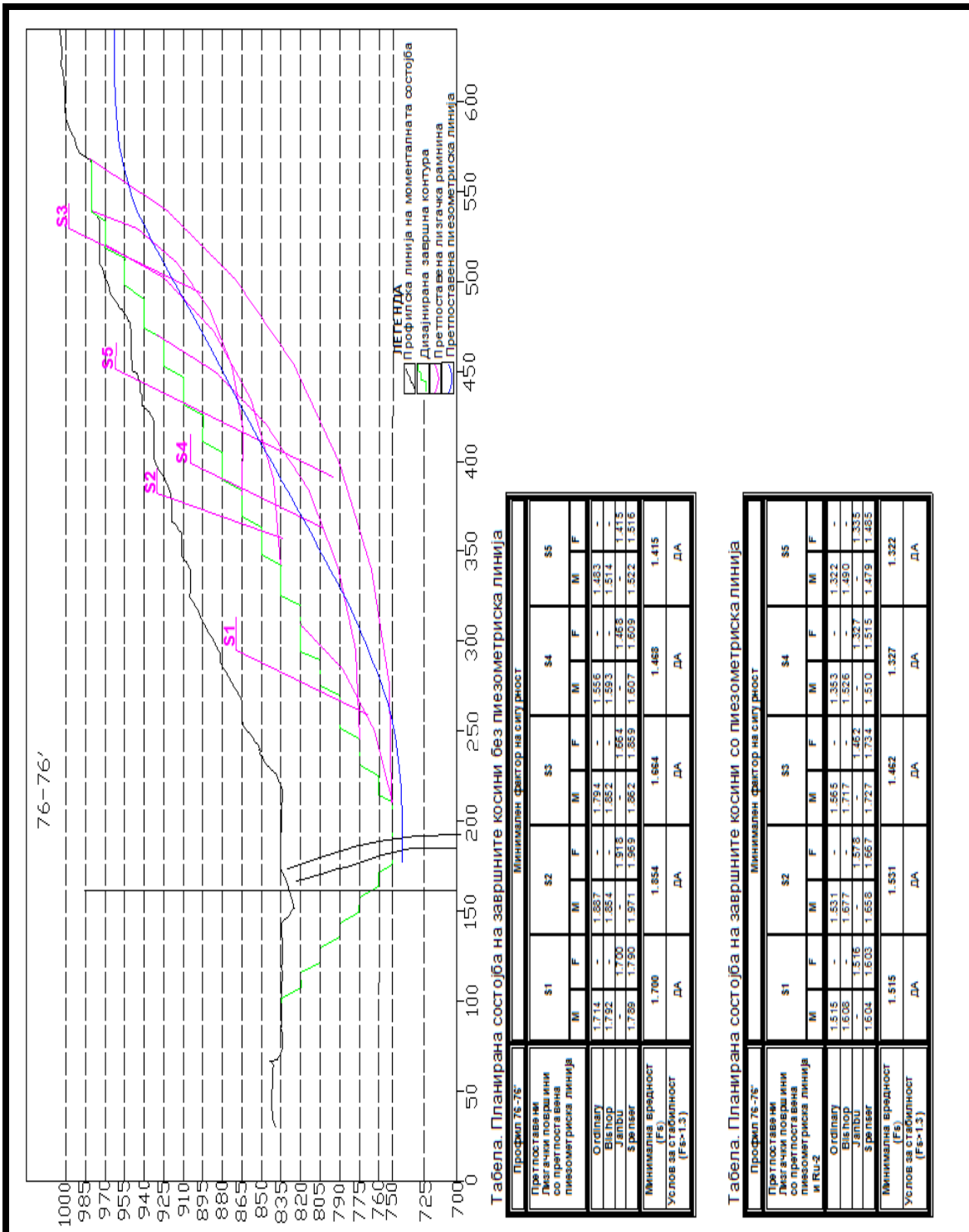
Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



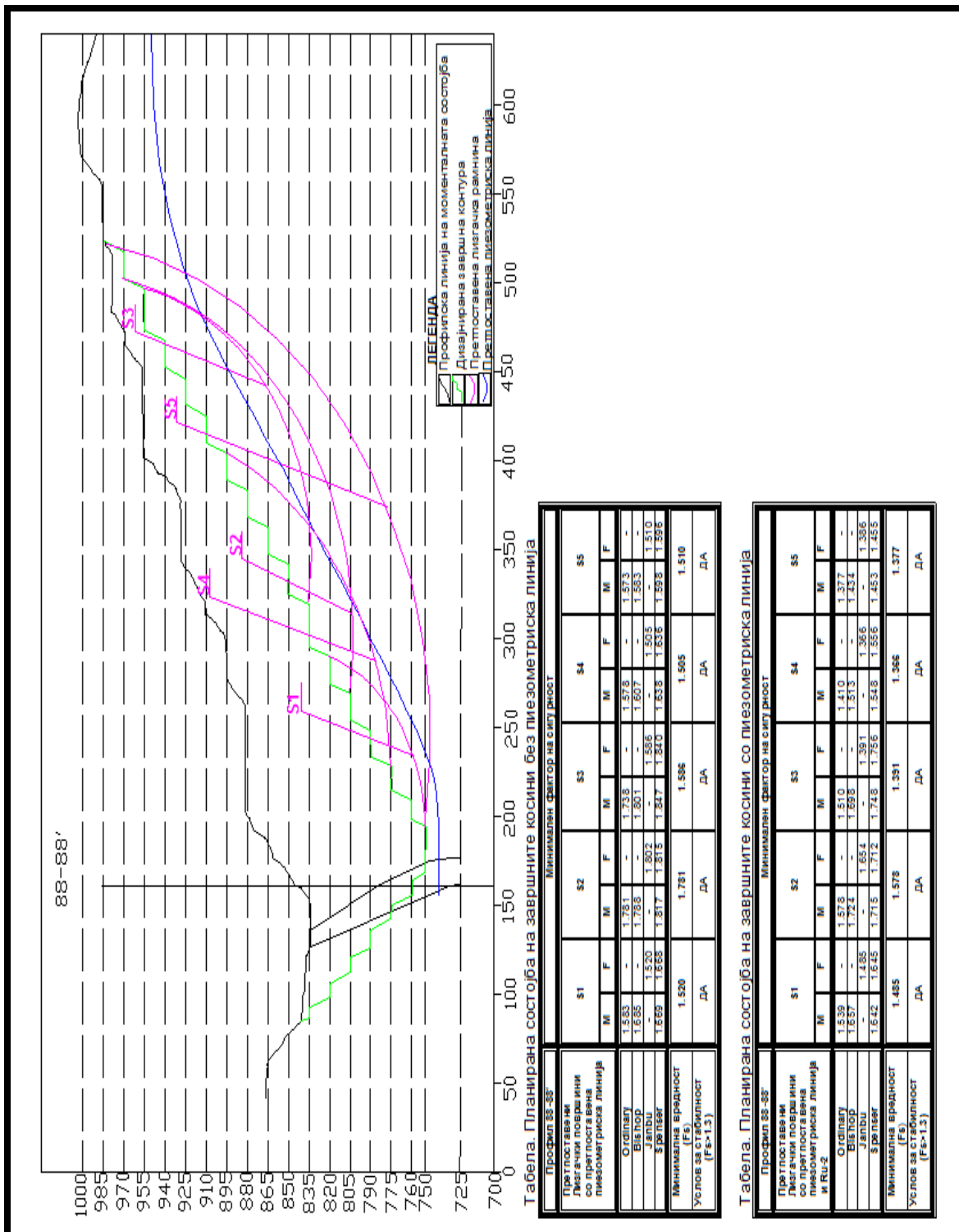
Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



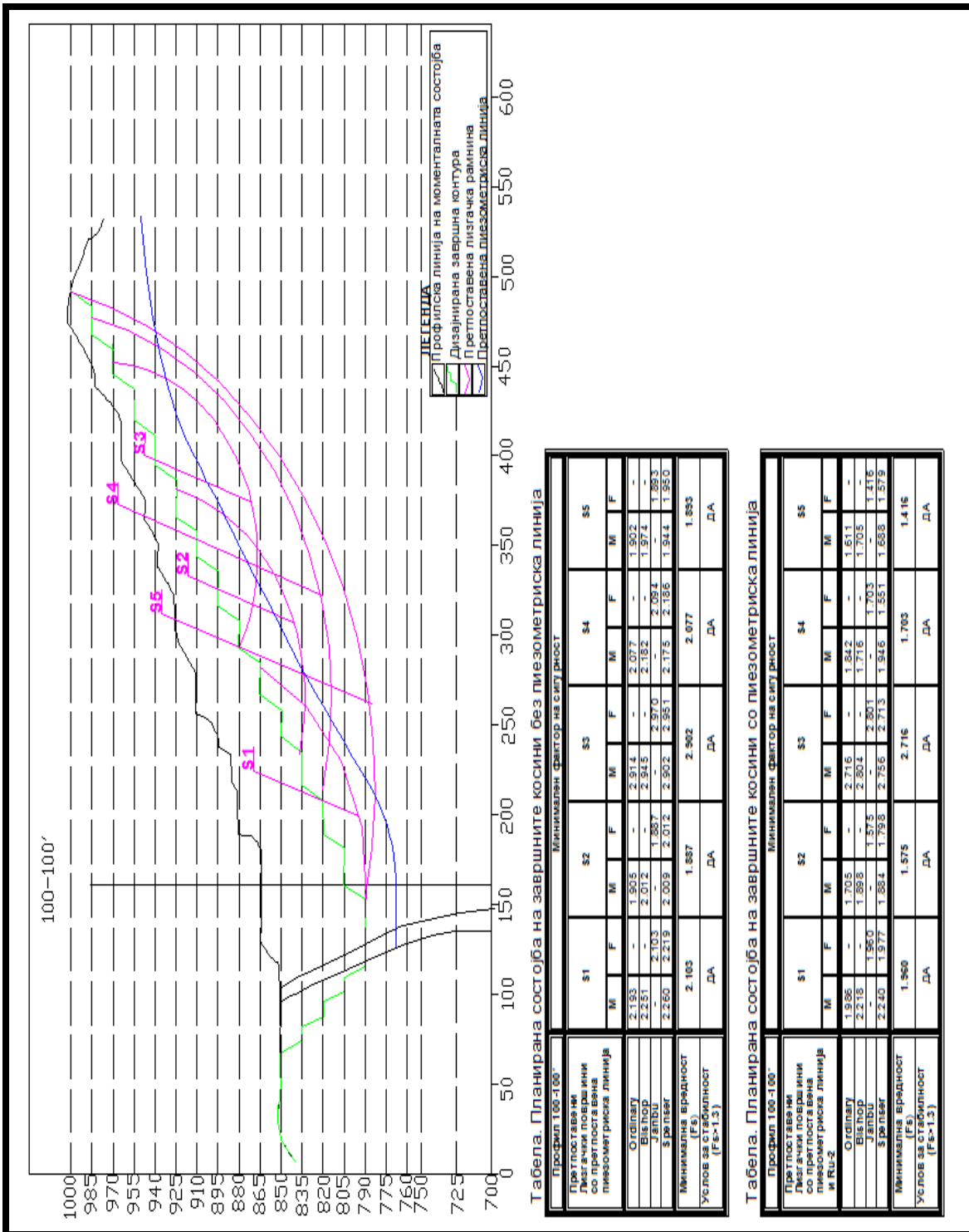
Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за обезбедување на факторот на сигурност



Табела. Планирана состојба на завршните косини без пиезометриска линија

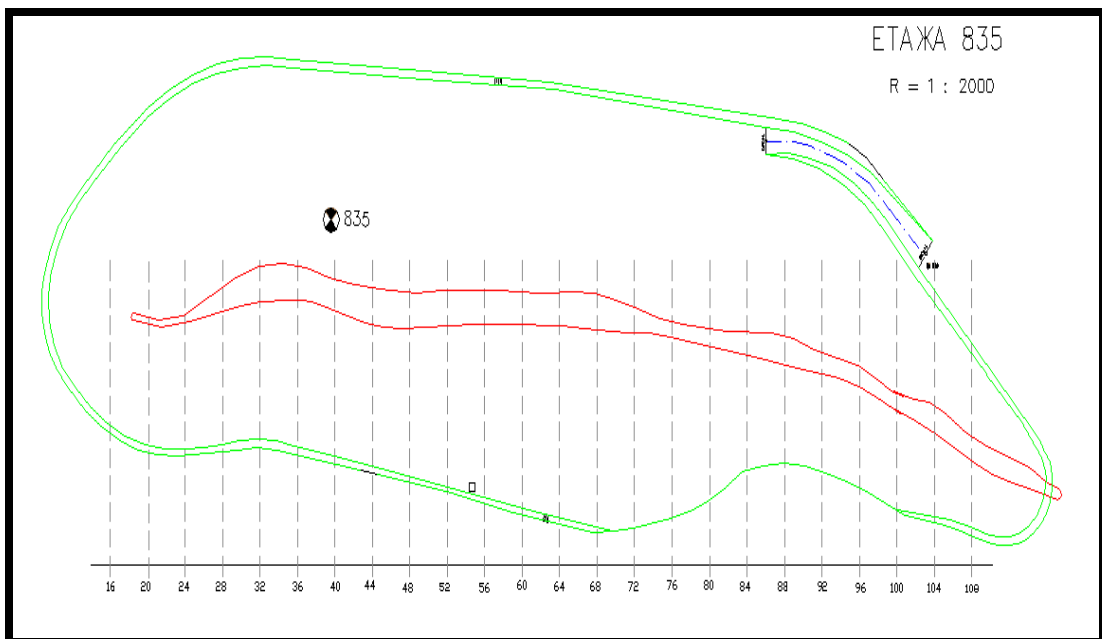
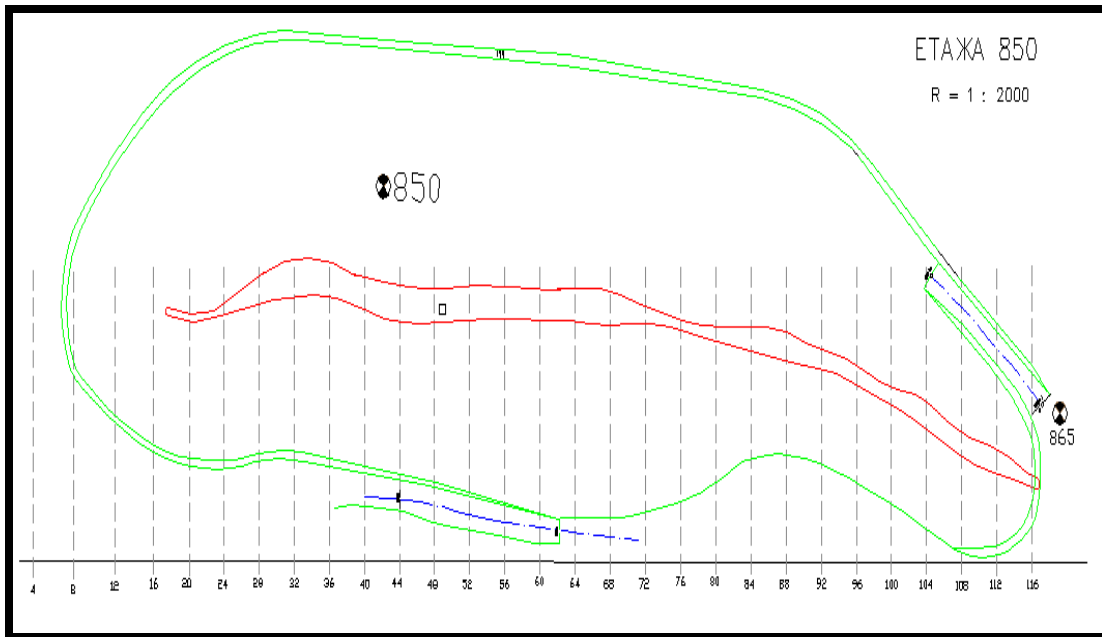
| Проект 100-100' Представени дизајни со претпоставена пиезометриска линија | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Одлина | 2.193 | - | 1.905 | - | 2.914 | - | 2.077 | - | 1.902 | - | - | - |
| Bis top | 2.251 | - | 2.012 | - | 2.945 | - | 2.192 | - | 1.974 | - | - | - |
| Jalbu | - | 2.103 | - | 1.587 | - | 2.970 | - | 2.094 | - | 1.983 | - | - |
| S radius | 2.260 | 2.219 | 2.009 | 2.012 | 2.902 | 2.951 | 2.179 | 2.186 | 1.944 | 1.950 | - | - |
| Минимална вредност (Fs) | 2.103 | - | 1.887 | - | 2.962 | - | 2.077 | - | 1.893 | - | - | - |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | - | ДА | - | ДА | - | ДА | - | ДА | - | - | - |

Табела. Планирана состојба на завршните косини со пиезометриска линија

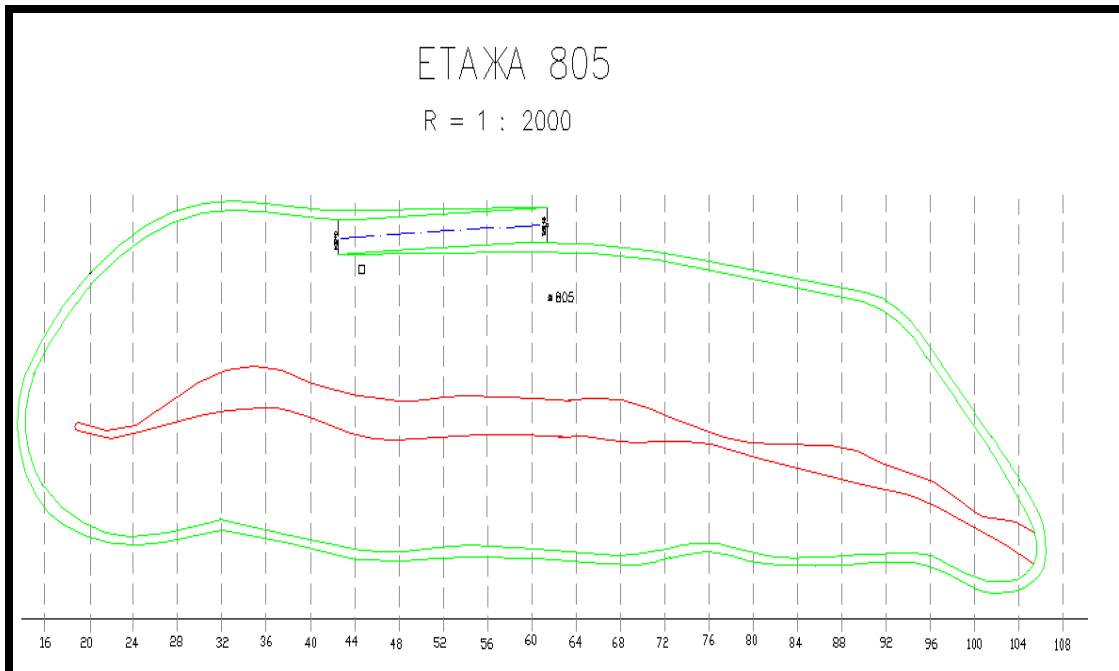
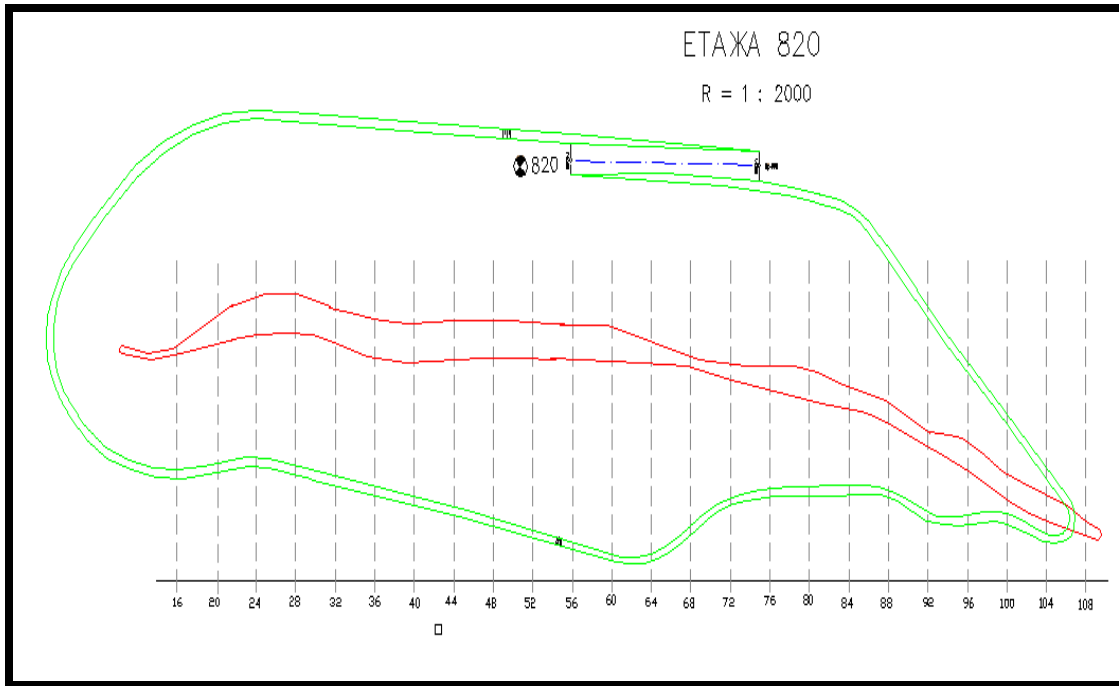
| Проект 100-100' Представени дизајни со претпоставена пиезометриска линија и Ru-2 | Минимален фактор на сигурност | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| | S1 | | S2 | | S3 | | S4 | | S5 | | S5 | |
| | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Одлина | 1.936 | - | 1.705 | - | 2.716 | - | 1.842 | - | 1.611 | - | - | - |
| Bis top | 2.218 | - | 1.898 | - | 2.804 | - | 1.716 | - | 1.703 | - | - | - |
| Jalbu | - | 1.950 | - | 1.575 | - | 2.801 | - | 1.703 | - | 1.416 | - | - |
| S radius | 2.240 | 1.977 | 1.884 | 1.798 | 2.756 | 2.713 | 1.946 | 1.551 | 1.688 | 1.579 | - | - |
| Минимална вредност (Fs) | 1.960 | - | 1.575 | - | 2.716 | - | 1.703 | - | 1.416 | - | - | - |
| Услов за стабилност (Fs>1.3) | ДА | - | ДА | - | ДА | - | ДА | - | ДА | - | - | - |

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност

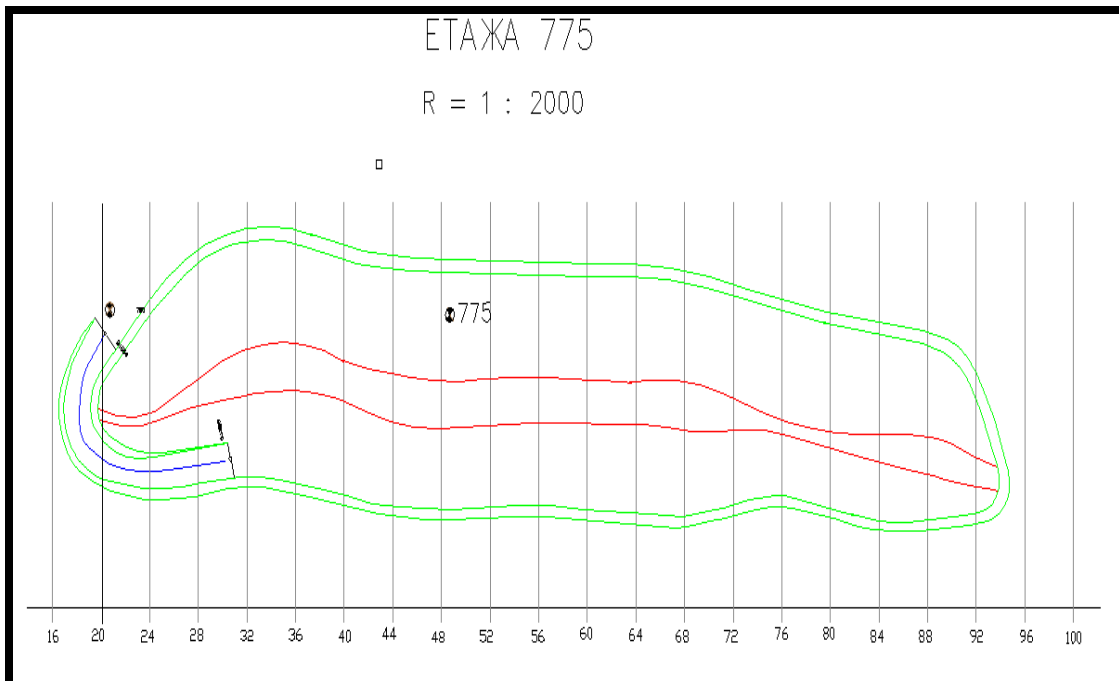
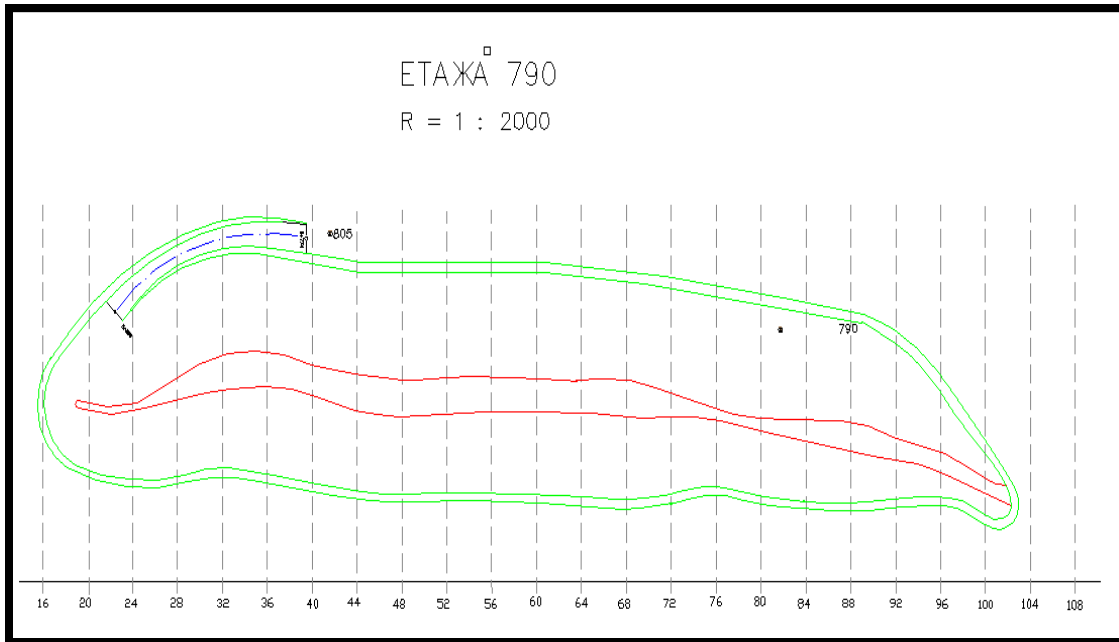
Прилог бр. 7.



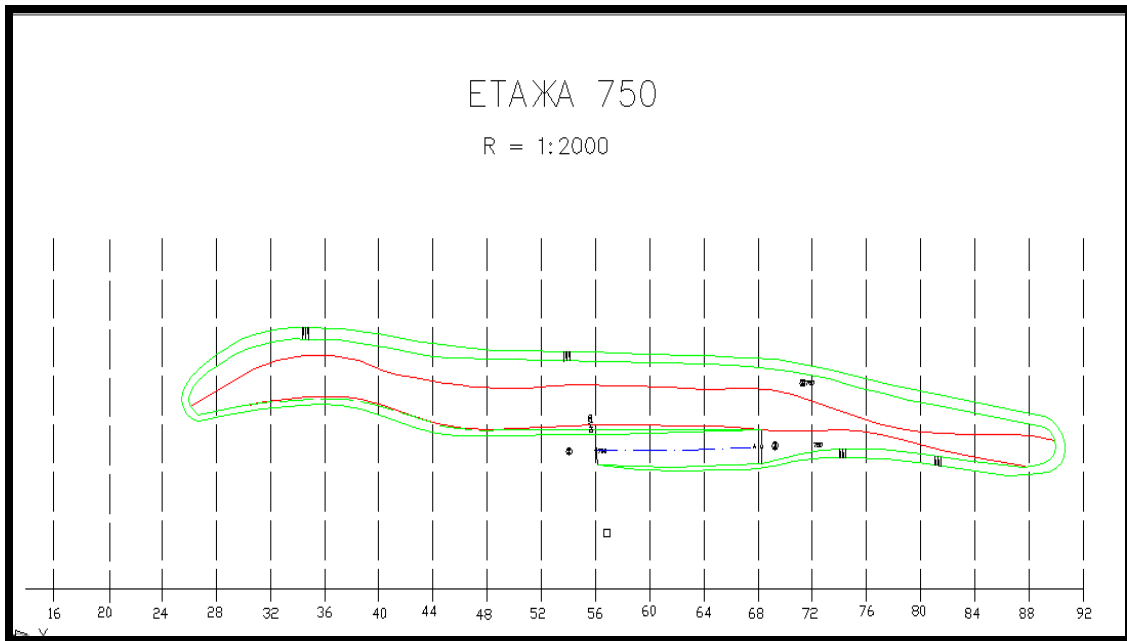
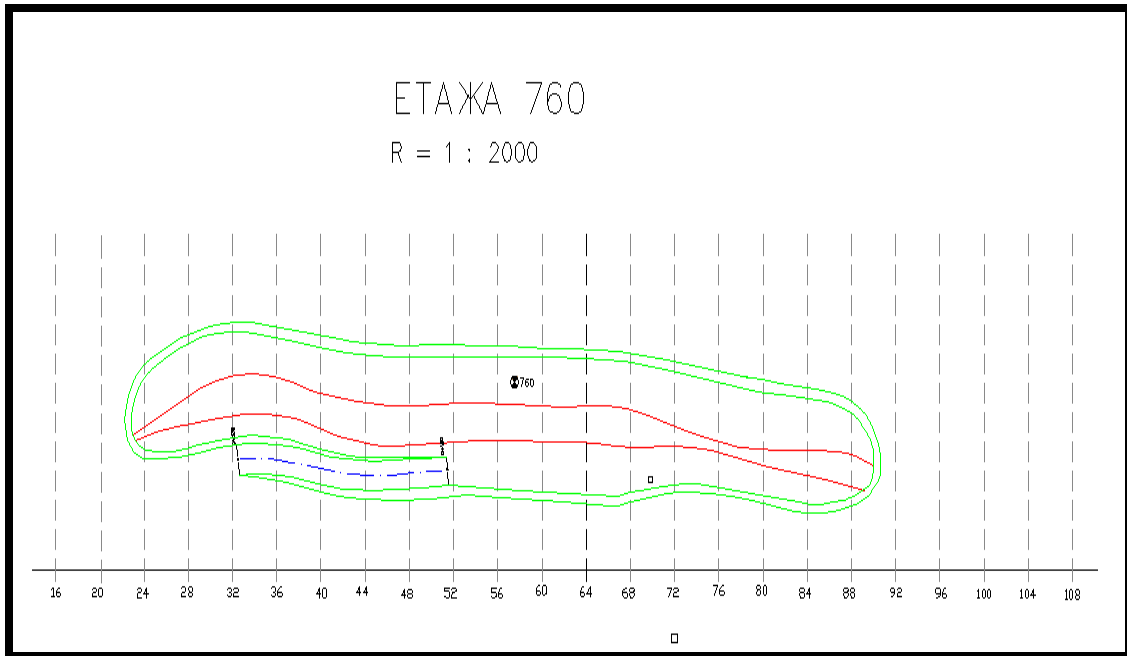
Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност



Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност



КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА:

1. Coduto, D. P., Geotechnical Engineering: Principles and Practices, Prentice Hall, 1988.
2. W.Hustrulid, M. Kuchta, Open Pit Mine Planing & Desing,
3. Elsoufiev, S.A., Strength Analysis in Geomechanics , Springer, 2009.
4. Deb, D., Finite Element method: Concept and applications in Geomechanics, Prentice-Hall of India Pvt. Ltd, 2006.
5. Bishop A. W. The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes, 1955.
6. Drazan Djukic, Geomehanika u povrnskoj eksploataciji(1984).
7. Зоран Панов, Механика на Карпи, Факултет за природни и технички науки,–Штип, 2007.
8. Зоран Панов, Геотехничка проценка на стабилност на косини, IV симпозиум од областа на рударството со меѓународно учество,2006.
9. Dimso Milosevic, Ogranicenje I završne kosinie povrnsinog kopa, IV Simpozium od oblata na rudarstvoto so megunarodno ucestvo, 2006.
10. Стојан Здравев, Основи на рударството, Рударско-геолошки факултет – Штип,1998.
11. ДОПОНИТЕЛЕН РУДАРСКИ ПРОЕКТ за експлоатација на преостанатите количини руда и откривка на П.К. 'РЖАНОВО до К-750, РИ РУДИНГ Доо Скопје (2009).
12. ЕЛАБОРАТ од геотехничките истражувања и испитувања на ПК 'РЖАНОВО и анализа на стабилноста на работните и завршните косини, Градежен институт „Македонија“, А.Д.-Скопје, 2006.
13. ИЗВЕШТАЈ за извршено ажурирање на геолошките и геомеханичките подлоги и анализа на стабилноста на работните и завршните косини во рудникот 'Ржаново, Градежен институт „Македонија“ А.Д.-Скопје, 2010, 2011.

Дизајнирање на работните косини на ПК 'Ржаново во функција за
обезбедување на факторот на сигурност



Друштво за ископ на руди, производство на метали, трговија и услуги
на метали, трговија и услуги
ФЕНИ ИНДУСТРИ А.Д.
Бр. 04-224/11
Дата: 02.12.2013 год.
20 год.
КАВАДАРЦИ

ПОТВРДА

Друштвото за ископ на руди, производство на метали, трговија и услуги ФЕНИ Индусти АД Кавадарци, со овој документ потврдува дека на лицето Анкица Илијева Стошиќ, вработена во Друштвото, а воедно студент на пост дипломски студии на факултетот за природни и технички науки при универзитетот Гоце Делчев, Штип и има дадено на користење,

**Дополнителен рударски проект за експлоатација на преостанатите количини руда и откривка на ПК Ржаново до К-750, 2009.*

**Елаборат од геотехнички истражувања и испитувања на ПК Ржаново и анализа на стабилноста на работните и завршните косини, Градежен Институт Македонија АД Скопје, 2006.*

**Извештај за извршено ажурирање на геолошките и геомеханички подлоги и анализа на стабилноста на работните и завршните косини во рудник Ржаново, 2010/2011.*

Горенаведените проекти и беа дадени со цел да користи материјал соодветен за подготвувањето на нејзината магистерска работа.

Потврдата се издава да послужи пред Универзитетот Гоце Делчев, Штип.



За ФЕНИ Индусти АД
Заменик главен извршен директор

Никола Ризов

FENI INDUSTRIES

P.O.Box 53 - KAVADARCI-MACEDONIA

Phone: +389 43 410 434, Fax: +389 43 414 853, e-mail: feni@feni.com.mk
Vat No. MK 4011967115424