

## 2. ЛЕЖИШТА КРЕЧЊАКА

### 2.1. КРЕЧЊАК КАО СИРОВИНА ЗА ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКИ КАМЕН И ПРОИЗВОДЊУ АГРЕГАТА

У морфолошком смислу шире подручје истражног простора лежишта може се поделити на две целине. Прву чине падине, побрђа благог нагиба, испресецане токовима река и потока, а другу целину представља равничарски терен. С обзиром на геометријска обележја, лежиште има облик издуженог гребена. На ширем подручју, у односу на истражни простор, постоји неколико локалитета на којима су вршена геолошка истраживања минералне сировине погодне за техничко – грађевински камен. Геолошким истраживањем и извођењем истражних бушотина дефинисан је облик, утврђена максимална и минимална дебљина и пружање рудног тела. Истраживање је извршено следећим редоследом:

- **Рекогносцирање** ширег подручја лежишта;
- **Проспекцијска истраживања** на ширем простору;
- **Геодетско снимање** ужег геолошког простора истраживања са израдом геолошког плана лежишта;
- **Израда детаљне геолошке карте** на ужем простору истраживаних површина;
- **Истражно бушење са опробовањем језгра** и израда истражних раскопа са узимањем узорака за лабораторијска испитивања.

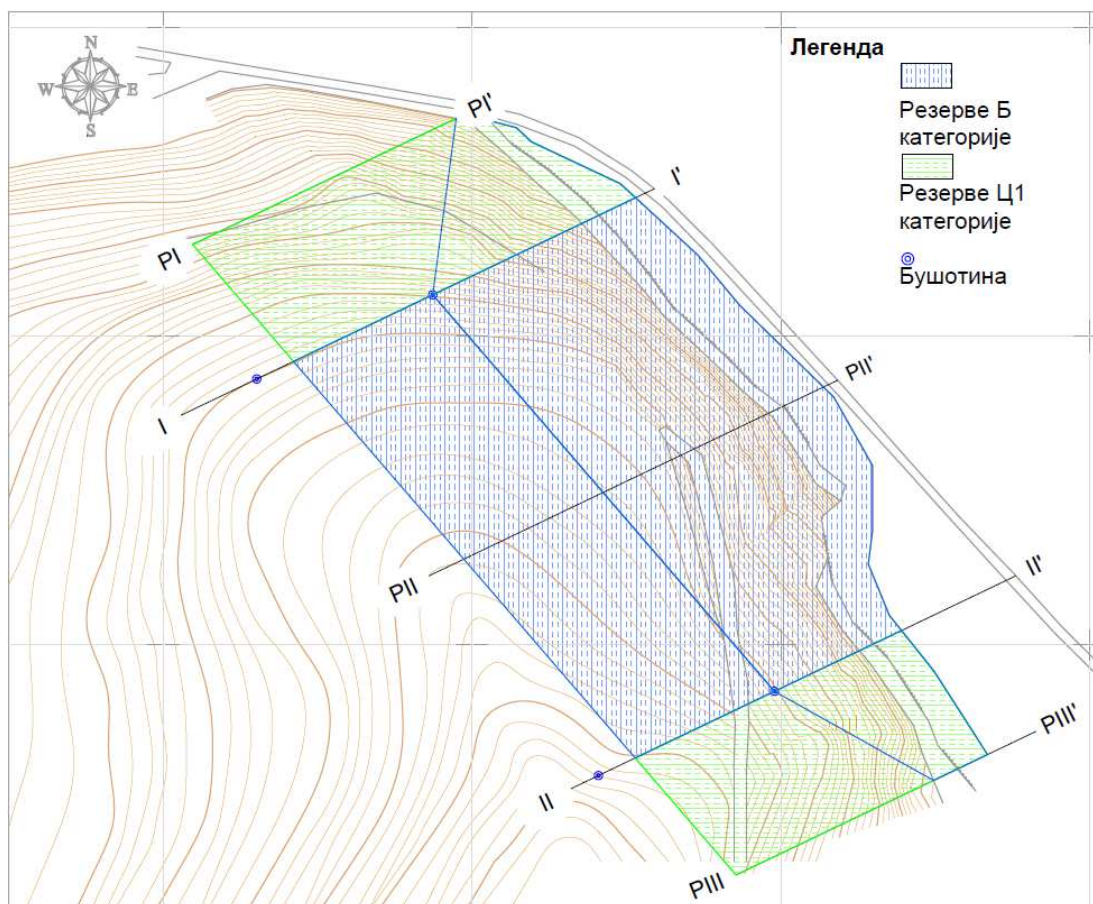
Лежиште је оконтурено формалним методама неограничене екстраполације, повлачењем спољашње контуре паралелно са унутрашњом на удаљености највише до 1/4 максималних растојања између истражних радова предвиђених за одговарајућу групу и подгрупу резерви. Геолошким картирањем издвојене су следеће картиране јединице: бречоидни тријаски кречњаци, глине, пескови, шљунак и алувијални седименти. Кречњаци из лежишта припадају седиментима анизијског ката и знатно се разликују од доње тријаских седимената. То су сиви и светло сиви углавном масивни спрудни кречњаци са слабо очуваном и прекристалисалом фауном. Испресецани су прслинама и пукотина, које запуњавају кристаласти калцити и као једри масивни органогени кречњаци, који су касније у фази интензивног раседања дуж поменуте регионалне структуре здробљени, а затим приликом дејства карбонатних раствора задобили садашњи изглед слабо везаних кречњачких бреча и микро бреча. На основу степена познавања општих услова настанка лежишта, може се рећи да кречњаци припадају серији егзогених, групи седиментних и класи нехомогених седиментних лежишта.

Сходно утврђеним својствима, а према важећим техничким прописима и стандардима, као и нормативима за квалитет грађевинских материјала, кречњак се може употребити као технички грађевински камен и сировина за производњу агрегата за израду:

- Асфалтних мешавина:
  - за израду коловозних застора (хабајућих слојева) од асфалт – бетона по врућем поступку на путевима са средњим, лаким и врло лаким саобраћајним оптерећењем;
  - за израду доњих и горњих носећих слојева коловозних конструкција од битуменизираног материјала по врућем поступку на путевима свих група саобраћајног оптерећења.
- Цемент – бетонских мешавина:
  - за израду доњих слојева цемент – бетонских коловозних плоча;
  - за израду горњих слојева цемент – бетонских коловозних плоча на путевима са лаким и средњим саобраћајним оптерећењем;
  - за израду цемент – бетона (масивног, армираног, преднапрегнутог) који не могу бити изложени хабању и ерозији.

- Тампона:
  - за израду доњих носећих механички стабилованих (тампонских) слојева коловозних конструкција;
  - за израду заштитног – тампонског слоја тупа железничких пруга.
- Туцаника:
  - за израду застора железничких пруга, путнички и теретни саобраћај.
- Као хидротехнички камен за изградњу речних регулационих грађевина:
  - у облику полуобрађеног камена за облагање косина обалоутврда;
  - као ломљен камен различите крупноће за израду „ножица“, темеља и тела регулационих грађевина и др. хидротехничких објеката.
- Зидања:
  - у нискоградњи и високоградњи.

Лежиште је оконтурено унутрашњом контуром, спајањем позитивних истражних радова и спољашњом, добијеном за западни део као граница повољног коефицијента откривке и формалним методама неограничене екстраполације за северни и јужни део лежишта (слика 2.1.1.).



Слика 2.1.1. Карта резеви лежишта кречњака [10]

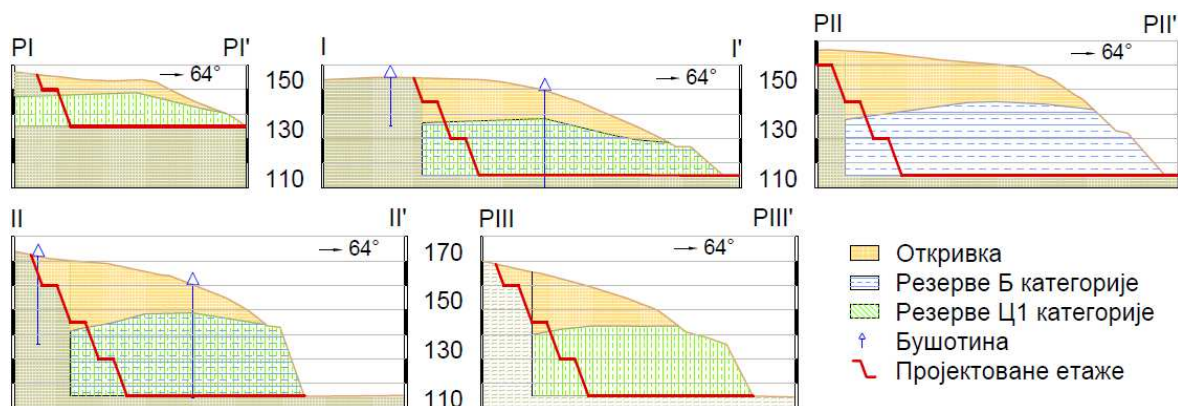
Узимајући у обзир карактеристике лежишта, као што су величина, сложеност облика, генеза, минералoшки састав, структурно – тектонске карактеристике, као и перспективност подручја, лежиште је категорисано према Правилнику о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима.

Оријентација истражних радова, истражних профила, који су релативно управни на пружање кречњака, у правцу је максималне променљивости својстава и облика кречњачке масе. У том смислу, геолошки истражни радови, истражни раскопи и бушотине, омогућили су да се са утрошком минималних средстава добије што већи број података са којима би се добила комплетна слика о лежишту и његовим карактеристикама.

Техничко – експлоатациони фактори, анализирани су ради сагледавања хидрогеолошких, инжењерско – геолошких и општих услова површинске експлоатације. Ова анализа је извршена у циљу добијања резултата о резервама, као и одговора на питање да ли је технички и уз оптималну модулатију трошкова експлоатације минералне сировине и новчаних средстава, могуће економски оправдано експлоатисати лежиште.

Прорачун резерви кречњака извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, док је за контролу добијених резултата коришћена метода геолошких блокова.

На основу резултата испитивања физичко – механичких својстава радне средине, извршено је ооконтуривање геолошких резерви формирањем завршног изгледа површинског копа (слике 2.1.2. и 2.1.4.). Основна конструктивна обележја су: висина радне етаже 15 m, нагиб 70°, ширина берме 6 m и угао завршне косине 53°.



Слика 2.1.2. Обрачунски профили [10]

Угао завршне косине површинског копа условљен је висином и бројем радних етажа, углом радне косине и минималном завршном ширином етажних равни. Висина радне етаже је параметар који битно утиче на технологију откопавања, капацитет експлоатације и сигурност рада. Што је већа висина етаже, то је потребно мање припремних радова и могуће је остварити већи капацитет производње, с тим да са повећањем висине етаже опада сигурност рада. Угао косине радне етаже зависи од физичко – механичких карактеристика стенског материјала и висине етаже.

Као основа за поделу површинског копа на етаже може се користити следећи образац:

— за прву етажу:

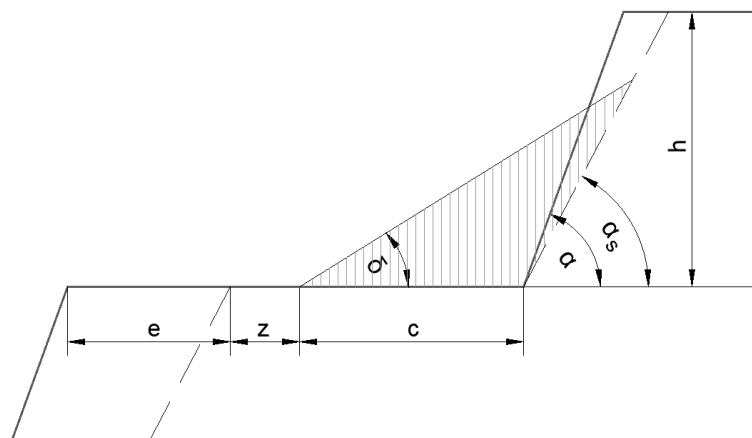
$$\frac{H_1 \cdot l \cdot L_1}{h_{oe} \cdot l \cdot \frac{L_1 + \dots + L_n}{n}} = \frac{Q_{e1} \cdot t_{e1}}{Q_{e1} \cdot t_{e1} + \dots + Q_{en} \cdot t_{en}} \quad (1)$$

- $H_1, \dots, H_n$  — висина етаже откопке (m)  
 $l$  — размак између етажа (m)  
 $L_1, \dots, L_n$  — дужина фронта радова (m)  
 $n$  — број етажа  
 $Q_{e1}, \dots, Q_{en}$  — ефективни капацитет багера ( $m^3/h$ )  
 $t_{e1}, \dots, t_{en}$  — чисто време багерованја (h/god)

— за  $n$  – ту етажу

$$\frac{H_n \cdot l \cdot L_n}{h_{oe} \cdot l \cdot \frac{L_1 + \dots + L_n}{n}} = \frac{Q_{en} \cdot t_{en}}{Q_{e1} \cdot t_{e1} + \dots + Q_{en} \cdot t_{en}} \quad (1)$$

Минимална завршна ширина етажне равни дефинише се на основу прорачунских елемената приказаних на слици 2.1.3.



Слика 2.1.3. Минимална завршна ширина етажне равни [7]

Површина пресека зоне обрушења

$$A = \frac{h^2}{2} (\operatorname{ctg} \alpha_s - \operatorname{ctg} \alpha), \text{ m}^2 \quad (7)$$

$\alpha$  — угао завршне косине етаже (°)

$\alpha_s$  — сигурносни угао (°)

Потребна ширина етажне равни за задржавање обрушеног материјала

$$c = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot k_r}{\sin \delta \cdot \cos \delta + \frac{(\sin \delta)^2}{\operatorname{tg}(\alpha_s - \delta)}}}, \text{ m} \quad (7)$$

$\delta$  — угао држања обрушеног материјала (°)

$k_r$  — коефицијент растреситости

Зона могућег обрушавања етаже

$$e = h (\operatorname{ctg} \alpha_s - \operatorname{ctg} \alpha), \text{ m} \quad (7)$$

Потребна минимална ширина етаже коју треба остављати при откопавању

$$B = B_{\min} + c = e + z + c, \text{ m} \quad (7)$$

$z$  — зона сигурности (m)

Избор технолошког поступка експлоатације извршен је на основу анализе физичко – механичких параметара радне средине, моћности јаловинских наслага и сировине, планираног капацитета и карактеристика предвиђене опреме.



Са рударског аспекта лежиште је приступачно за отварање и развој, обзиром да уз сам истражни простор пролази асфалтни пут, којим ће бити вршен транспорт сировине. У источном делу лежишта налази се далековод, тако да за случај потребе постоји могућност снабдевања електричном енергијом. Снабдевање горива предвиђено је да се обавља са оближњих бензинских пумпи. На самом локалитету, постоје неопходни пратећи и помоћни објекти, те није потребно предвидети изградњу нових.



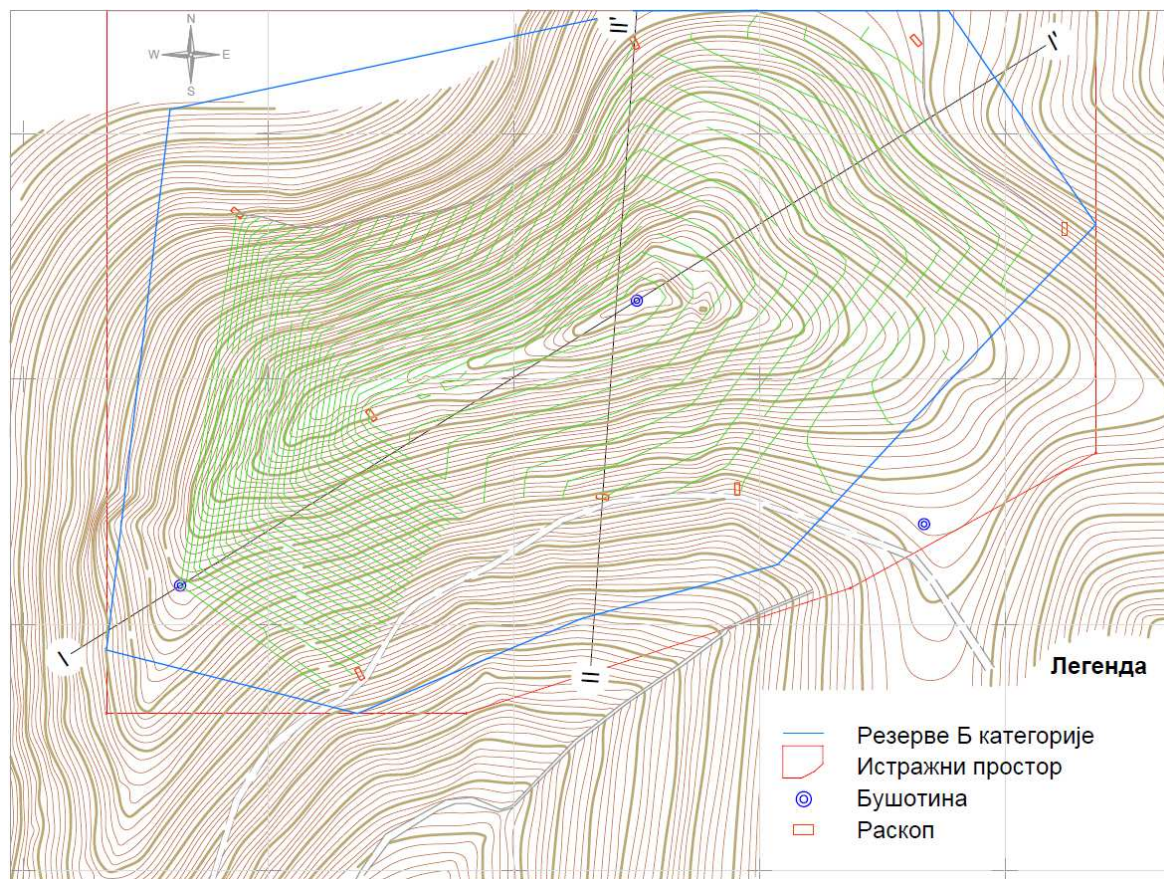
Слика 2.1.4. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Експлоатација минералне сировине из лежишта обухвата откопавање, утовар, транспорт и одлагање јаловине, бушење, минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења. Проблеми заштите животне средине обухватају период током саме експлоатације и период после обављених радова. Дејство на околину током експлоатације доминантно се огледа у прашењу околине, као последица настанка прашине при обављању радова на копу и транспорту сировине у сушним периодима. Ово прашење, међутим, с обзиром на малу дужину транспорта, биће занемарљивог обима, тако да неће захтевати посебне мере заштите попут постављања заштитног вегетационог појаса који би спречио њено даље ширење. Други период значајан за реализацију мера заштите животне средине обухвата период после експлоатације, када остаје простор са површинама деградираних рударским радовима. Мере на рекултивацији ових површина обухватају техничку и биолошку рекултивацију. Техничка рекултивација предвиђа радове на припреми подлоге и наношење хумуса. Биолошка рекултивација обухвата примену агротехничких мера на привођењу могућих делова површинског копа и одлагалишта културама и засадима, чији се избор врши након испитивања састава подлоге и одређивања будуће намене деградираних површина [20].

## 2.2. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА ПРЕДВИЂЕНОГ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Повољне услове за површинску експлоатацију лежишта представља чињеница да рудно тело целом својом површином издањује на површину. Хидрографска мрежа је знатно развијена и углавном је богата водом, али са неуједначеним протицањем у току појединих годишњих доба. У површинском делу терена заступљени су хумусни покривач а затим слој смеђе до тамносмеђе глине. Хумусни покривач је формиран на целој површини терена. Одликује се типским карактеристикама, присуством корења биљака, органских остатака, порозан је са преовлађујућим присуством прашинастих фракција. Слој смеђе до тамносмеђе глине је заступљен непосредно испод хумусног покривача. На већини бушотина у доњем делу овог слоја се налазе изломљени комадићи сивих кречњака. Зона испуцалих и растреситих кречњака представља непосредну кровину, повлату сивих компактних кречњака. Заступљена је на целом истражном простору као хомогени слој и заједно са површинским делом представљају јаловину. Непосредно испод зоне испуцалих кречњака је зона сивих, сивозелених, делимично црвенкастих компактних кречњака, односно минерална сировина предвиђена за будућу експлоатацију техничког грађевинског камена.

Уже подручје истраживаног дела терена, слика 2.2.1., у инжењерско – геолошком смислу изграђују флишне творевине и карбонатне стене. Флишни седименти никада не образују посебна геолошка тела карактеристичних облика, већ су то увек интерстратификоване серије слојева са осталим седиментима. Основне карактеристике флиша су велика литолошка хетерогеност и изванредна анизотропност услед честог вертикалног смењивања разноврсних литолошких чланова. Флиш се одликује релативно брзим таложењем и врло је сиромашан фосилима који се обично налазе у кречњацима, ређе у песковито – лапоровитим деловима.



Слика 2.2.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]



У најважније и најчешће литолошке чланове флишних творевина спадају разноврсни варијетети конгломерата, пешчара, глинаца, лапораца и кречњака. Са инжењерско – геолошког аспекта важна карактеристика флишних творевина јесте његова литолошка разноликост. Скоро све стене флиша имају фину и интергрануларну и субкапиларну порозност али због честих измена појединих литолошких серија, флиш се може сматрати водонепропусним. Карбонатне стене на истраживаном локалитету су представљене сочивима кречњака неправилног облика. Стена је изграђена од микрокристаластог калцита, ретких остатака организама, фосила и знатно заступљених примеса које су неравномерно распоређене у маси стене. Стена је детерминисана као песковито – лапоровито кречњак, микрокристаласте структуре и масивне текстуре. Иначе у маси стене се запајају жилице изграђене од кристаластог калцита. Пукотине, које нису запуњене калцитом или кварцом, испуњене су глином са примесама лимонита и хематита.

Стандардним испитивањима физичко – механичких параметара и техничких особина, обухваћени су следећи параметри:

- **Запреминска маса** одређена је на узорцима методом парафинисања, мерењем тежине узорка пре и после потапања у води;
- **Специфична густина** је одређена помоћу пикнометра на ситно млевеним честицама стенске масе, у свему према стандарду, као средња вредност најмање два мерења;
- **Насипна тежина** масе у насутом стању одређује се „ин ситу“, у суду познате запремине и тежине насутог материјала;
- **Коефицијент растреситости** дефинисан је из односа запреминске масе и насипне тежине;
- **Чврстоћа на притисак, истезање и савијање** одређена је на ваљкастим узорцима, пробним телима, на хидрауличкој преси уз прираштај оптерећења све до лома пробног тела. Отпорност узорка на истезање одређује се из односа постигнуте силе на попречној оси узорка и површине ваљкастог тела узорка. Отпорност на савијање врши се на призматичким узорцима са ваљкастим ослонцима и мерењем момента савијања и отпорног момента. Сва испитивања се појединачно врше на три мерења по сваком узорку;
- **Угао унутрашњег трења и кохезија** одређени су на основу емпиријске зависности триаксијалних испитивања и отпорности на притисак и истезање одговарајућих и припадајућих узорака, користећи компјутерску трансформацију чврстоћа на притисак и истезање истих узорака;
- **Модул еластичности и „Poissonov“ коефицијент** одређени су на основу добијених средњих вредности брзина простирања лонгитудиналних и трансверзалних таласа као и одговарајућих запреминских тежина у природном стању;
- **Брзина распростирања еластичних таласа**, лонгитудиналних и трансверзалних кроз масив кречњака, одређена је на основу мерења брзина на пробним узорцима, пробним телима уз регистровање времена проласка таласа;
- **Бушивост и дробивост** је одређена методом код које се прорачунава дубина продирања специјалног сечива у узорак уз сталну брзину обртања и притисак на узорак за одређени временски период. Дробивост се испитује на основу пада тега;
- **Абразивност** се одређује методом где се цилиндрични еталон од легираног челика таре о необрађену површину узорка у одређеном временском интервалу при обртању уз примену аксијалне силе. Показатељ абразивности је губитак тежине еталона.

Концепција и методологија истраживања лежишта заснована је на потреби утврђивања геолошких карактеристика истражног простора, генезе и фактора контроле просторног размештаја корисне сировине кречњака (седиментни, структурни, литолошки и др.), карактеристика лежишта односно рудног тела на основу којих се деле на групе и подгрупе, величине и сложености облика морфолошких карактеристика рудног тела, припадност одређеном генетском типу односно рудним формацијама, минералног састава и његових карактеристика, карактера расподеле корисних и штетних компоненти и захваћености пострудним тектонским покретима.

У истраживању овог лежишта примењене су следеће методе:

- **Геолошка перспекција** (проспекција отворених профила и природних изданака и израда и реамбулација карата крупнијих размера и геолошко картирање);
- **Дубинско истражно бушење;**
- **Лабораторијске методе испитивања квалитета** кречњака као техничког грађевинског камена (делимичне анализе и комплетне анализе, технолошка испитивања и делимичне хемијске анализе).

Интерпретација резултата истражних радова врши се аналитички и графички и представља скуп прилога који обухватају: структурне – геолошке карте лежишта, ситуационе планове бушотина површинских и подземних истражних радова, геолошке профиле истражних бушотина са резултатима испитивања, геолошке профиле лежишта, геолошку карту истражних хоризоната, прегледне и детаљне карте испитивања геофизичким, геохемијским и другим методама, карте опробавања са резултатима анализа и садржајем корисних и штетних компоненти, карте површине блокова или профила за прорачун резерви, ситуационе планове лежишта са хидрогеолошким карактеристикама, ситуационе планове лежишта са тектонским карактеристикама, ситуационе планове лежишта са изолинијама кровине, подине и дебљине рудног тела, ситуационе планове са интерпретацијом физичко – механичких карактеристика лежишта и инжењерско – геолошких карактеристика терена, ситуационе планове са интерпретацијом карактеристика квалитета минералне сировине, које садрже приказ корисних и штетних компонената.

Истражним радовима добијени су подаци о простирању, залегању, дебљини и квалитету кречњака као техничког грађевинског камена, односно сви неопходни елементи за категоризацију и прорачун резерви у лежишту.

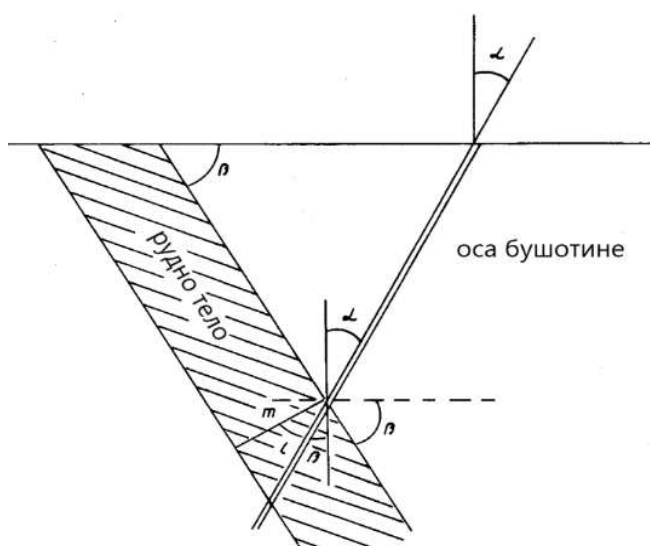
За средњу дебљину корисне сировине у блоку, слика 2.2.2., узета је средња вредност дебљине корисне минералне сировине из радова који оконтуреју блок по образцу:

$$Q = P \cdot h \cdot \gamma, m \quad (10)$$

$P$  — површина блока ( $m^2$ )

$h$  — средња дебљина кречњака у блоку ( $m'$ )

$\gamma$  — запреминска маса ( $t/m^3$ )



Слика 2.2.2. Одређивање праве дебљине међурудне јаловине на основу података из бушотина [10]

Када бушотина пресече рудно тело управно на пружање, а у дубини не долази до азимутног искривљења бушотине, права дебљина рудног тела може се одредити према обрасцу:

$$m = l \cdot \cos (\beta - \alpha), m' \quad (10)$$

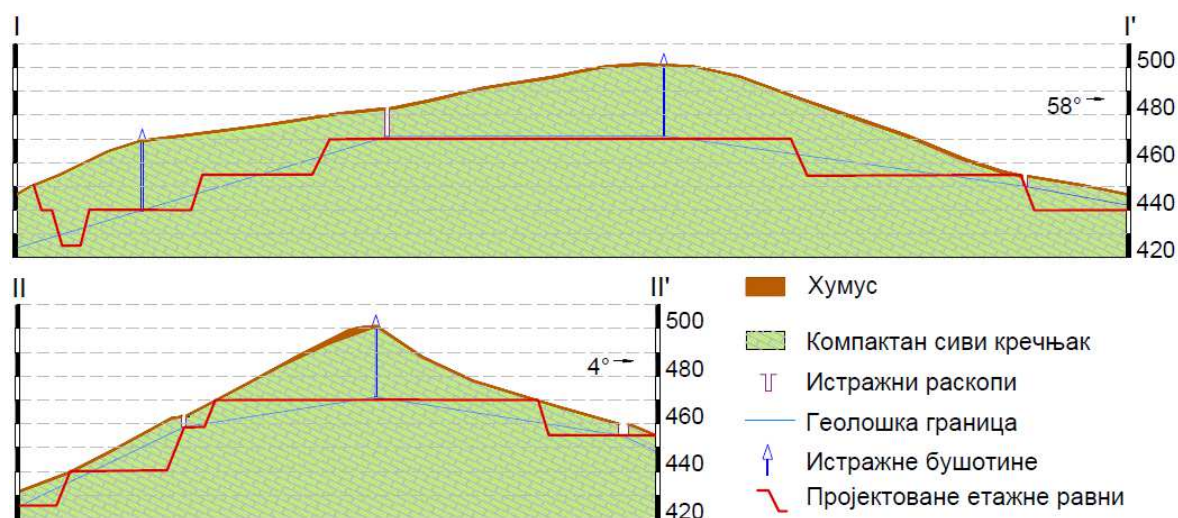
$l$  — дебљина рудног тела према мерењима у бушотини ( $m'$ )

$\beta$  — угао пада рудног тела ( $^\circ$ )

$\alpha$  — нагиб бушотине при пролазу кроз рудно тело ( $^\circ$ )

Прорачун резерви у лежишту вршен је основном методом геолошких блокова а контролном троуглова. Рачунање површина блокова вршено је поларним планиметром.

Израда идејног решења завршног изгледа површинског копа базирана је на основу усвојених вредности конструктивних параметара: висина радне етаже 15 m, нагиб  $75^\circ$  и угао завршне косине  $58^\circ$ . На основу усвојених вредности, минимална ширина берме у завршној косини не би смела бити мања од 5,35 m (слика 2.2.3.).



Слика 2.2.3. Обрачунски профили [10]

На површинском копу, јаловина представља материјал који покрива корисну минералну сировину од површине терена до горњег кровинског контакта са рудним телом. Откривка је сав остали материјал захваћен завршном контуром површинског копа (слика 2.2.4.), који није корисна минерална сировина. То могу бити јаловински прослојци у корисној минералној сировини или делови рудног тела у којима је минерална сировина због слабог квалитета или због учешћа штетних компоненти издвојена као јаловински материјал. Такође, могу бити и губици корисне минералне сировине на контактима са откривком или јаловински материјал, који је захваћен контуром површинског копа из конструктивних разлога у циљу максималног захвата резерви, локације транспортних траса, проширења контуре површинског копа на прелазним рампама, у кривинама и серпентинама транспортних путева.

Ископ кречњака обављаће се са стандардном опремом и уобичајеном технологијом, која се користи у сличним условима и предвиђа након уклањања растиња и површинске јаловине, бушење, минирање, утовар и транспорт до мобилног постројења.

Прорачун потребног броја бушилица одређен је на основу планираних инпута.

Ефективни капацитет бушилице

$$Q_e = \frac{60}{t_b + t_{po}}, \text{ m/h} \quad (1)$$

Време чистог бушења 1 m минске рупе у минути

$$t_b = \frac{1}{v_o}, \text{ min} \quad (1)$$

$t_{po}$  — време за помоћне радове (min.)

$v_o$  — брзина бушења минских рупа (m/min)

За пројектовани капацитет површинског копа, потребан број бушилица може се прорачунати на основу следеће формуле:

$$n_p = \frac{A_k}{Q_{godk}} + \frac{A_j}{Q_{godj}}, \text{ kom} \quad (1)$$

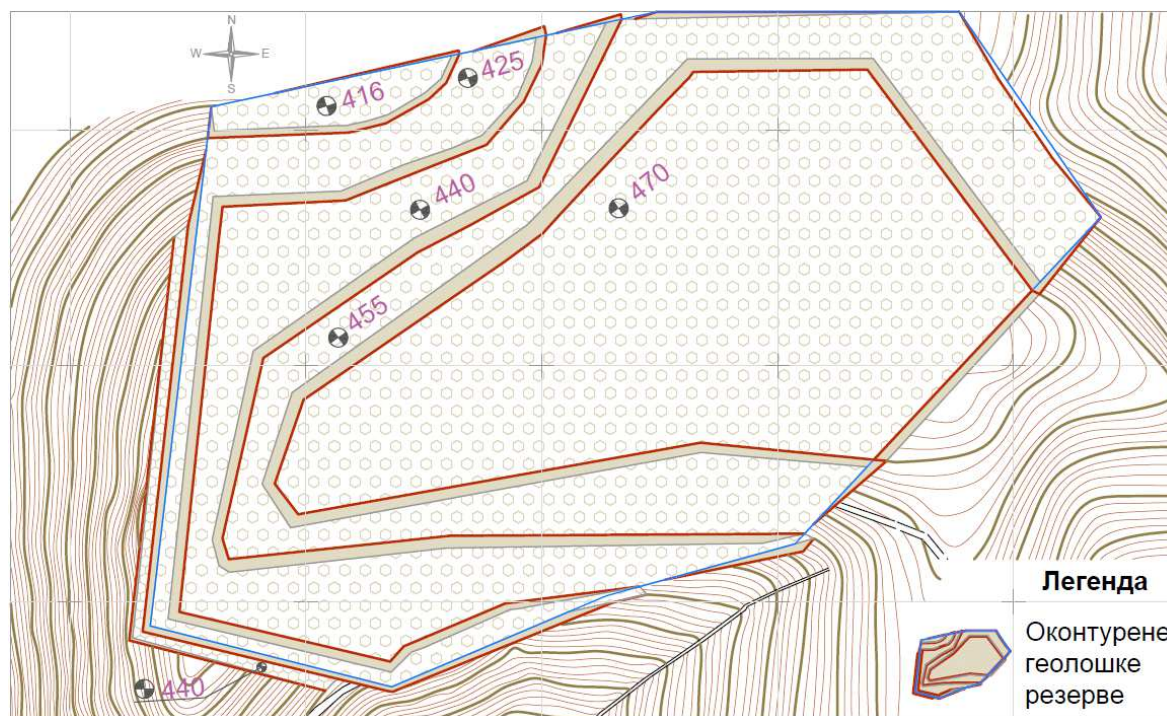
$A_k$  — годишњи капацитет пов. копа на експлоатацији сировине ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$A_j$  — годишњи капацитет пов. копа на експлоатацији јаловине ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$Q_{godk}$  — годишњи капацитет бушилице на сировини ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$Q_{godj}$  — годишњи капацитет бушилице на јаловини ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

На основу добијене вредности усваја се потребан број бушилица прорачунатог капацитета.



Слика 2.2.4. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]



### 2.3. ЕКСПЛОАТАЦИЈА КРЕЧЊАКА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Подручје у коме се налази лежиште карактерише се брдско – планинским теренима. На простору који обухвата лежиште кречњака и у његовој ближој околини нема сталних водених токова. Пролувијално – делувијални покривач, у коме преовлађују глине, условио је да атмосферска вода која пада на овакву подлогу највећим делом отиче површински, док мањи део дренира у унутрашњост. Атмосферска вода, која се слива из североисточног сливног подручја сакупља се на најнижој етажи у отвореном површинском копу. При бушењу бушотина за минирање констатовано је да има воде у бушотинама. Истраживани и лапоровити кречњаци у лежишту захваћени су снажном тектоником што се манифестује кроз велики број раседа и пукотина које се запажају на отвореним профилима. Пукотине су толико бројне и испреплетане да их је врло тешко генетски раздвојити и груписати.

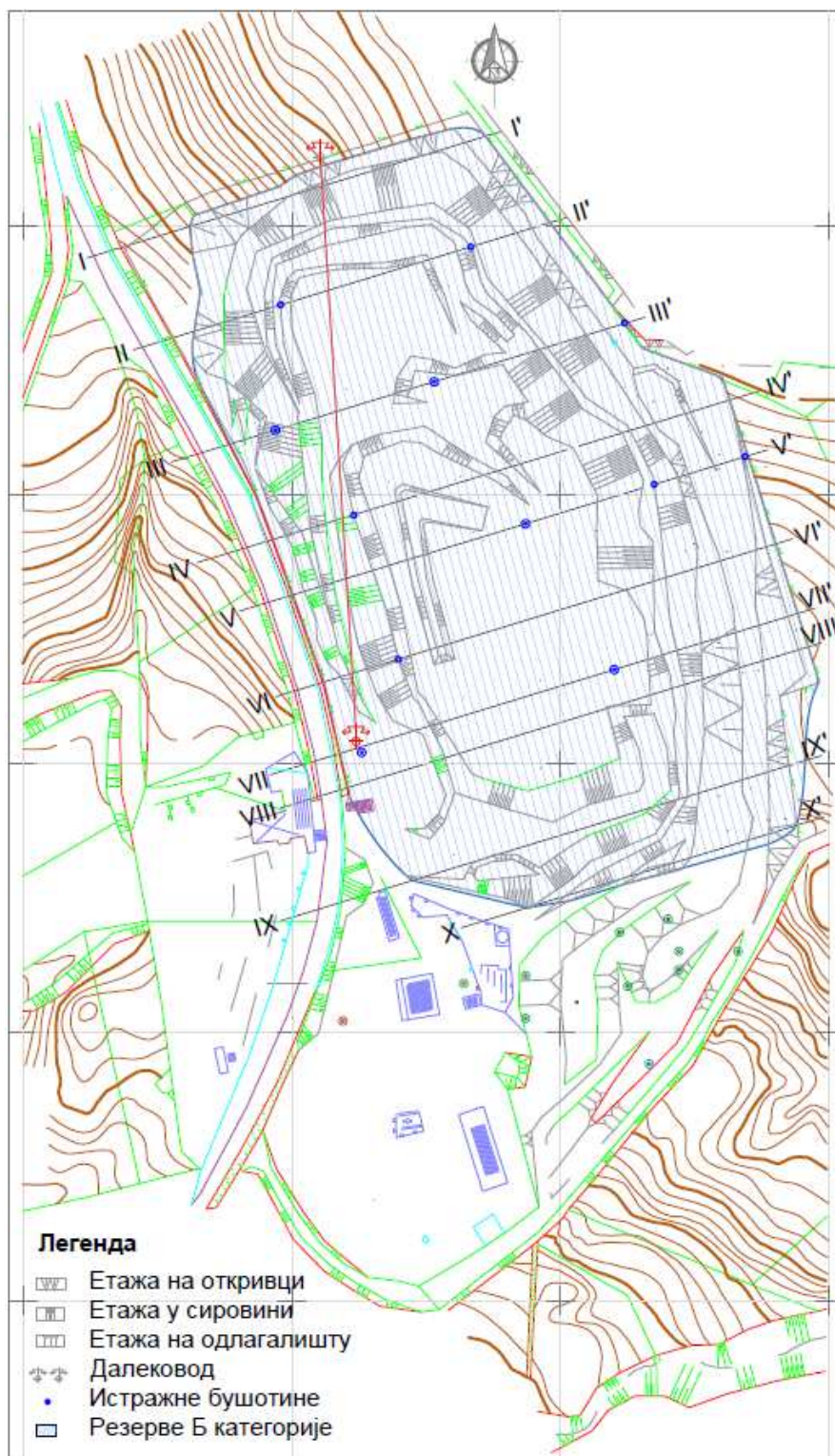
У геолошкој грађи лежишта и његој непосредној околини поред истраживаних кречњака, учествују флишне творевине и делувијално – пролувијални наноси. Лежиште представља мање сочиво горњокредних кречњака и лапоровитог кречњака, смеђе, смеђесиве и тамносиве боје. Хомогени су и компактни. Стена је изграђена од одломака кристаластих и микрокристаластих кречњака, остатака организама – фосила, везива и примеса. Одломци кречњака су дугуљasti и заобљени, различите величине, а изграђени су од кристаластог и микрокристаластог калцита. Остаци организама, фосили су такође различите величине, местимично су потпуно прокристалисали у кристаласт калцит. Везиво је изграђено од микрокристаластог калцита и местимично преовлађује над одломцима. Од примеса је заступљена песковита (зрна кварца, фелдспата и плагиокласа) и глиновита компонента. Структура стене је детритична и органогена – детритична са елементима псамитске, а текстура масивна.

Дефинитиван прорачун геолошких резерви врши се после завршетка детаљних истраживања и приказује се у завршном елаборату о истраживању лежишта. За прорачун резерви користи се графичка и текстуална документација истраживања, а у неким случајевима прорачун резерви се приказује у виду посебног елабората. Оријентациони прорачун резерви врши се у раним фазама проспекцијско – истражног процеса, односно у фази претходних истраживања и има апроксимативан карактер. Да би се извршио прорачун резерви минералне сировине у неком делу лежишта или у целом лежишту, неопходно је да се претходно одреде сви параметри на којима се прорачун резерви по примењеној методи или методама заснива. Најважнији параметри, који се користе код прорачуна резерви различитим методама су: површина рудног тела (лежишта), дебљина (моћност) рудног тела, запреминска тежина руде, садржај корисне компоненте, карактеристике квалитета корисне компоненте.

За прорачун резерви у лежишту примењени су попречни профили (слика 2.3.1.). Метода блокова је коришћена као контролна. Елаборатом о резервама ограничене су резерве по дубини, док се ограничењем по ободу лежишта водило рачуна о постојећем стању објеката и радова а уједно и о граници експлоатационог поља. У комплексу решења, која прате конструкцију површинског копа, неопходно је да се утврди и експлоатациона граница на површини терена, која обухвата простор који је у функцији површинског копа и садржи површински коп, спољашње одлагалиште, приступне и транспортне путеве и објекте у функцији површинског копа.

Простор дефинисан експлоатационом границом на површини терена, може бити јединствен, а у случају да су објекти у функцији површинског копа дислоцирани, може бити састављен из више делова. Експлоатациона граница површинског копа на површини терена служи за решавање откупа, одштета и регулисање имовинско – правних односа и добијање законом прописаних дозвола, а затим за изградњу површинског копа и пратећих објеката и постројења.

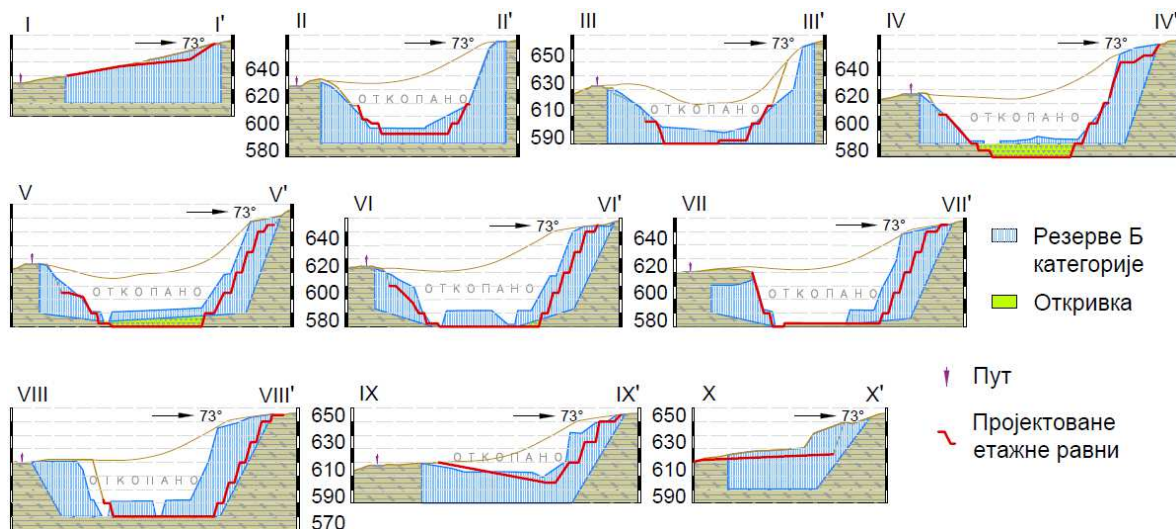
Експлоатациона граница површинског копа на површини терена, наноси се на ситуационим плановима као полигон са преломним тачкама, које морају бити прецизно дефинисане координатама.



Слика 2.3.1. Карта резеви лежишта кречњака [10]

Током експлоатационих радова на површинском копу формиране су етаже висине од 10 m до 40 m, са нагибом од 70° до 80°, а најчешће 70°. Утврђено је да су етажне косине стабилне при висини од 40 m. Оконтуривање геолошких резерви извршено је на основу усвојених параметара за конструисање завршног изгледа површинског копа (слике 2.3.2. и 2.3.3. ).

Висина радне етаже је 10 – 15 m, нагиб 75° – 80° и угао завршне косине 50°. Минимална ширина берме у завршној косини износи 8,6 m ( $H = 15$  m,  $\alpha = 75^\circ$ ,  $\alpha_z = 50^\circ$ ), односно 6,7 m ( $H = 10$  m,  $\alpha = 80^\circ$ ,  $\alpha_z = 50^\circ$ ).



Слика 2.3.2. Обрачунски профили [10]

Основни технолошки процеси при добијању кречњака на површинском копу су ископ и одлагање јаловинског покривача, бушење, минирање, утовар изминираниог материјала и транспорт до постројења за прераду, које је лоцирано уз само лежиште.

Часовни капацитет утоваривача за утовар материјала може се прорачунати по ф – ли:

$$Q_{hu} = \frac{3.600 \cdot V \cdot k_p}{t_c \cdot k_r} \cdot k_i, \text{ чм}^3/\text{h} \quad (3)$$

$V$  — запремина утоварне кашике ( $\text{m}^3$ )

$k_p$  — коеф. пуњења кашике

$k_i$  — коеф. временског искоришћења

$t_c$  — радни циклус (s)

$k_r$  — коеф. растреситости

Сменски капацитет утоваривача

$$Q_{sm} = T_{ef} \cdot Q_{hu}, \text{ чм}^3/\text{smeni} \quad (3)$$

Ефективно време рада утоваривача

$$T_{efu} = T_{sm} \cdot k_e, \text{ h} \quad (3)$$

$T_{sm}$  — време трајања смене (h)

$k_e$  — коеф. ефективности

Дневни капацитет утоваривача

$$Q_{dn} = Q_{sm} \cdot N_{sm}, \text{ чм}^3/\text{dan} \quad (3)$$

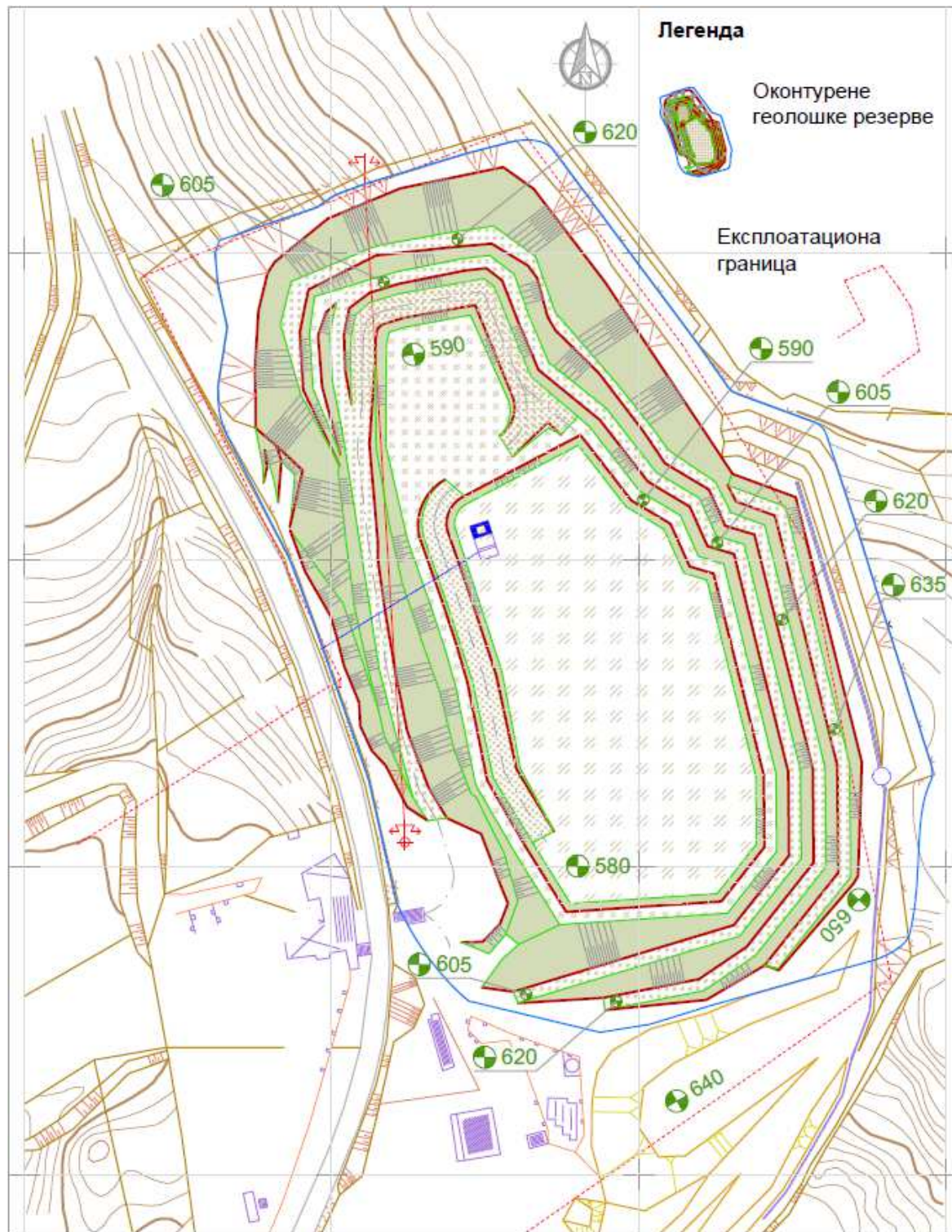
$N_{sm}$  — број смена



Годишњи капацитет утоваривача

$$Q_g = Q_{dn} \cdot N_d, \text{ чм}^3/\text{год} \quad (3)$$

$N_d$  — број радних дана на годишњем нивоу



Слика 2.3.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]



## 2.4. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА КАО СИРОВИНЕ ЗА ПРИМЕНУ У ПУТОГРАДЊИ И ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Шири простор самог лежишта не одликује се истакнутим висовима, већ је цео предео благо заталасан. Изглед рељефа је условљен литолошким и структурним склопом терена који је углавном утицао на обликовање мање истакнутих морфолошких облика и оријентацију хидрографске мреже. Ерозија и денудација су јаче или слабије изражене у зависности од отпорности стене.

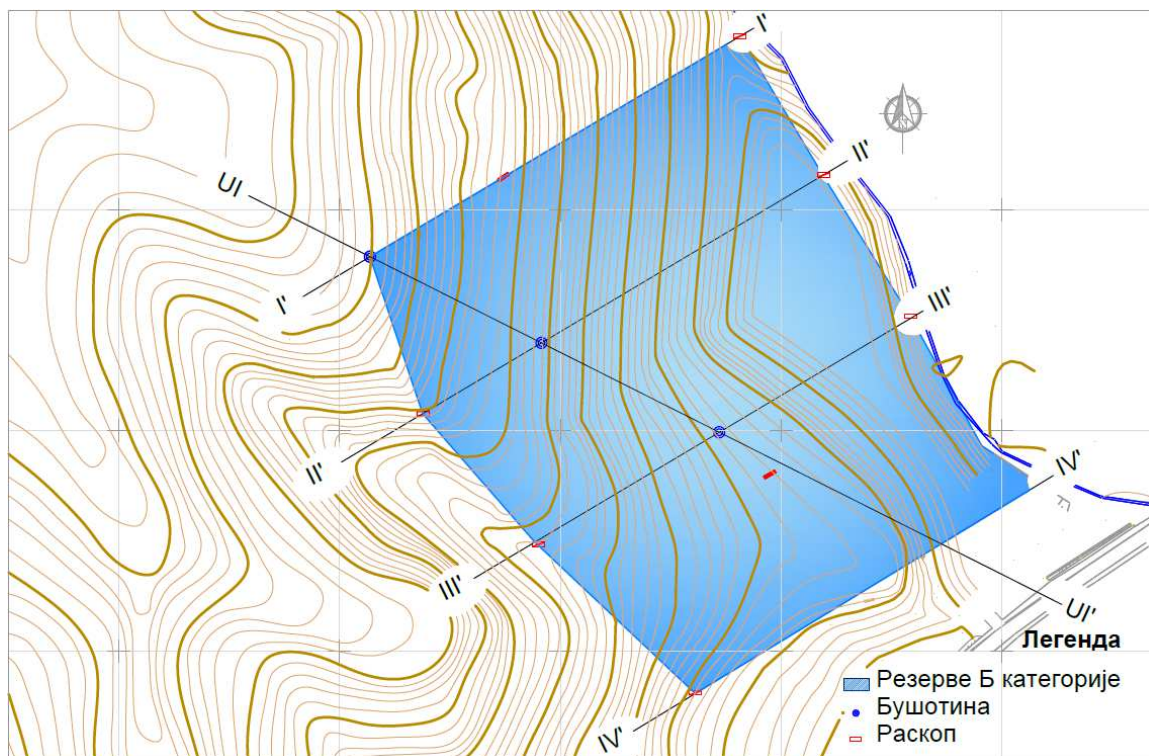
Хидрографска мрежа овог подручја је веома развијена. Дуж самог истражног простора, слика 2.4.1., протиче поток, који не пресушује ни у летњим месецима и из којег је могуће снабдевање водом за будуће потребе површинске експлоатације. Дуж јужног обода лежишта протиче река у коју се улива поток.

Климатске прилике овог подручја су врло повољне. На подручју владају топла лета и хладне зиме. Кише су интензивније у току пролећа и јесени, а снежне падавине у периоду децембар – фебруар. Због оваквих климатских прилика експлоатација се може обављати десет месеци годишње.

Геолошким картирањем лежишта и његове ближе околине издвојени су кречњаци башкирског ката, глинене шкриљци, ређе кварцни пешчари и конгломерати средњег перма, пескови, шљункови агломерати каолинске глине (панон – доњи понт) и алувијалне насlage.

Кречњаци су масивни банковити и местимично слојевити, често испресецају белим калцитским жицама и жилицама. У повлати продуктивне серији кречњака башкирског ката, налазе се средње пермски глинене шкриљци љубичасте боје.

Најстарије творевине у подручју лежишта припадају карбону односно башкирском кату и представљене су кречњацима, јер је за време средњег и горњег карбона дошло до продубљивања басена и образовања карбонатних наслага. На тај начин долази до стварања башкирских кречњака лежишта, који дискордантно леже преко старијих, карбон – девонских седимената, а чија међусобна граница није утврђена на овом локалитету.

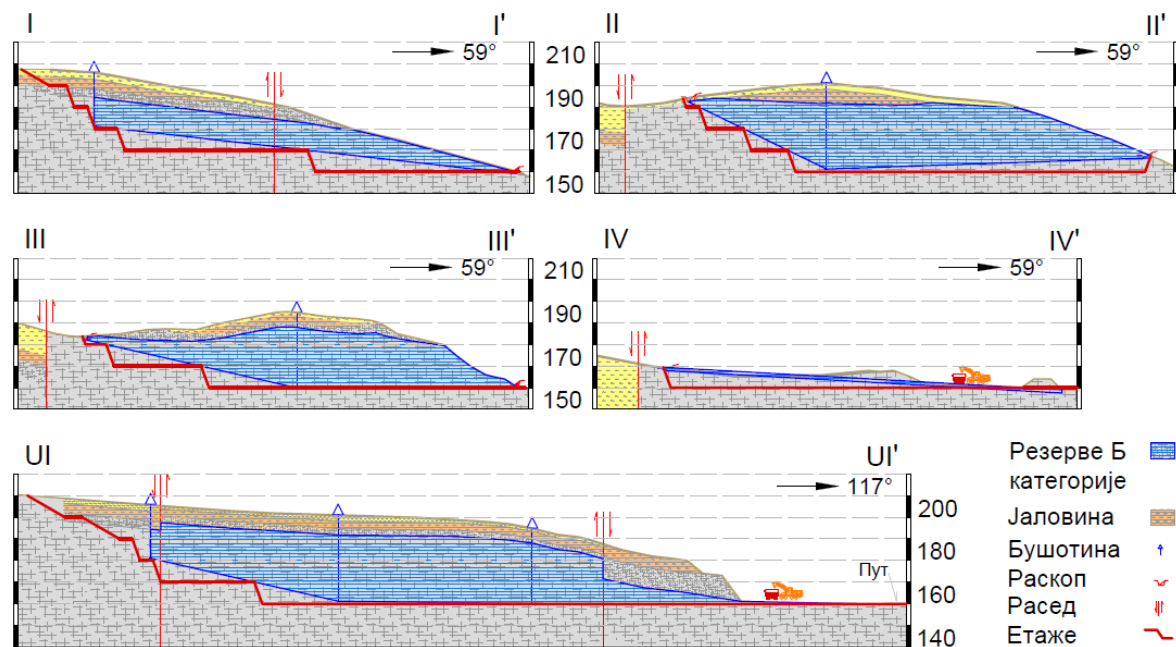


Слика 2.4.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Основне црте тектонског склопа условљене су регионалним положајем. Подаци о тектонској грађи овог подручја уопште су доста оскудни, а услед велике покривености и малобројних структурних елемената знатно је отежана реконструкција тектонских односа. У оквиру стенске масе лежишта основни структурни елементи су пукотине и раседне зоне. Кречњак лежишта са утврђеним минералним саставом, хемијским и техничким својствима, структурно – текстурним одликама и садржајем корисних и штетних компоненти има повољна технолошка својства да се може целисходно користити као технички грађевински камен у путоградњи и грађевинарству.

Оцена употребљивости може да се изврши на основу упоређења квалитета дробљеног кречњака (агрегата) са квалитетом који је прописан одговарајућим стандардима за ову област. Процес у коме минерална сировина прође пут од руде до полупроизвода или коначног тржишног производа може се у сваком случају описати комбинацијом термина као што су „систем“, „вишеетапни“ и „полифазни“. У таквом окружењу, задатак оптимизације процеса експлоатације и припреме минералних сировина представља етапни циљ задатка одлучивања [51]. На основу резултата испитивања, истражени део лежишта кречњака представља сировину која се може успешно применити у путоградњи и грађевинарству.

Прорачун геолошких резерви кречњака као техничког грађевинског камена, извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, док је за контролу добијених резултата коришћена метода троуглова. Елаборат о испитивању физичко – механичких својстава кречњака са анализом стабилности косина није рађен. Стога су, на бази испитаних физичко – механичких својстава радне средине, а највише ослањајући се на практична искуства у досадашњем раду на површинским коповима у карбонским кречњацима, усвојени конструктивни параметри за потребе израде идејног решења, слике 2.4.2. и 2.4.3. Висина радне етаже износи 15 m, нагиб 70° и угао завршне косине 50°, док је минимална ширина берме 7,2 m.



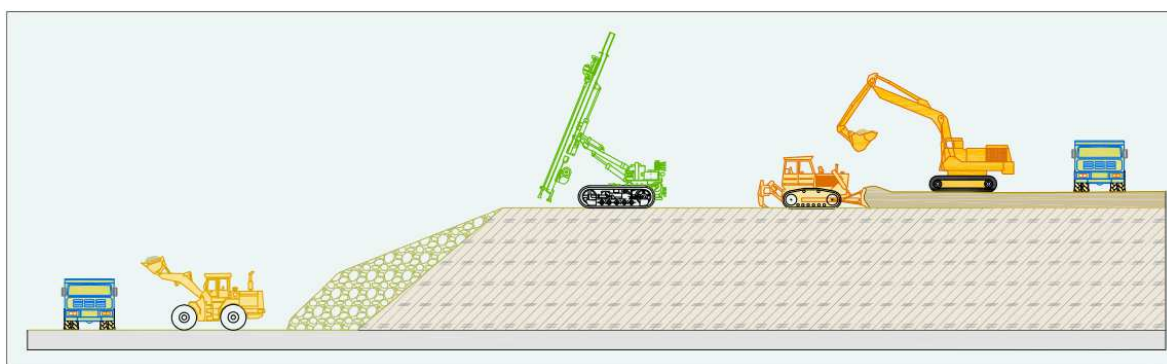
Слика 2.4.2. Обрачунски профили [10]

Експлоатација техничког грађевинског камена вршиће се површинским копом висинског типа са добром концентрацијом сировине по квадратном метру површине. Са рударског аспекта лежиште је приступачно за отварање. Постоје и ранији експлоатациони радови за локалне потребе. Дуж јужног обода лежишта пролази регионални пут, тако да ће развој површинског копа бити условљен овим фактором.



Слика 2.4.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Планиране активности обухватиће следеће фазе рада: откопавање, утовар, транспорт и одлагање јаловине, бушење и минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења, слика 2.4.4. Након откопавања јаловине, биће бушене минске бушотине. Изминирани материјал пада на ниво етаже где се утовара у камионе и одвози до дробиличног постројења. Откопавање минералне сировине вршиће се у етажама одозго на доле. Пре завршетка експлоатације на етажи која је у раду, благовремено се отвара наредна, нижа етажа, како би се обезбедио континуитет експлоатације.



Слика 2.4.4. Принципијелна шема експлоатације на површинском копу кречњака

Опремену за прераду кречњака чини мобилно дробилично постројење, мобилна јединица за просејавање и утоваривач за дозирање равног кречњака у дробилицу и за премештање и утовар готовог производа. Састоји се од пријемног бункера са хидраулички погоњеном вибрирајућом сипком са предпросејавањем и ударне дробилице са чекићима.



Код овог типа дробилице хидраулички се подешава крупноћа производа, подешавањем растојања чекића од дробioniх плоча. Постројење садржи један главни и један бочни гумени транспортер за одвођење издробљеног производа. Стални магнетни сепаратор је такође саставни део овог постројења и служи као заштита дробилице од упада металних делова. Целокупни склоп креће се помоћу гусеница на хидраулични погон а погонска јединица је мотор са шест цилиндара у низу и воденим хлађењем. Уређајем за даљинско командовање покреће се постројење и вибросипка.

Мобилна јединица за просејавање се састоји из једне хидраулички покретљиве вибрирајуће решетке, која служи за ограничавање горње граничне крупноће. Следи бункер од челика. Из бункера производ води успни тракасти транспортер и тракасти додавач до двоетажног сита. Производе сејања одводе два бочна и један задњи тракасти транспортер. Целокупним системом се управља преко даљинског управљача. Систем се креће помоћу гусеничара кога покреће мотор са четири цилиндра у низу и воденим хлађењем.

Према аутору Н. Магдалиновићу: Уситњавање и класирање, Наука, Београд, 1999, капацитет ударних дробилица се оријентационо може израчунати према формули:

$$Q = \frac{0,8 \cdot N}{K \cdot W_i \cdot \left( \frac{10}{\sqrt{P}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right)}, \text{ t/h} \quad (10)$$

N — снага електромотора (kW)

K — коеф. за крупно дробљење и ситно дробљење

W<sub>i</sub> — Бондов радни индекс (kWh/t)

F, P — величина квадратних отвора сита кроз које пролази одређена количина, чија се процетуална вредност очита из гранулосастава пре и после дробљења сировине (μm)

Снага мотора ударних дробилица

$$N = 0,15 \cdot D^2 \cdot L \cdot n, \text{ kW} \quad (10)$$

D — пречник ротора (m)

L — дужина ротора (m)

n — број обртаја ротора у минути

Провера капацитета непокретне решетке

$$Q_r = 2,4 \cdot P \cdot a = 2,4 \cdot l \cdot d \cdot a, \text{ t/h} \quad (10)$$

P — површина непокретне решетке (m<sup>2</sup>)

a — ширина отвора решетке (mm)

l — дужина решетке (m)

d — ширина решетке (m)

Потребно је напоменути да је капацитет и ефикасност просејавања на покретној решетки већа у односу на непокретну. Провера капацитета покретне решетке је извршена према обрасцу за непокретну решетку.

Ефикасност просејавања код вибрационих сита може се одредити на основу једнакости коју је предложио В.А. Бауман:

$$E = e \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (10)$$

- $e$  — вредност еталона ефикасности просејавања  
 $k_1$  — коеф. нагиба сита  
 $k_2$  — коеф. који зависи од садржаја зрна у улазу мањих од величине отвора сита  
 $k_3$  — коеф. који зависи од односа садржаја зрна у улазу мањих од половине величине отвора сита и садржаја зрна у улазу мањих од величине отвора сита

Провера капацитета сита извршена је према обрасцу који је предложио В.А. Бауман:

$$Q_c = m \cdot y \cdot P \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \text{ m}^3/\text{h} \quad (10)$$

- $m$  — коеф. облика материјала и типа сита  
 $y$  — специфични капацитет сита ( $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ )  
 $P$  — површина сита ( $\text{m}^2$ )  
 $k_4$  — коеф. који зависи од ефикасности просејавања

Складишни простор за готов производ предвиђа складиштење производа за одређени број дана. Идејним решењем дефинише се плато за припрему кречњака са приказом мобилног постројења, предвиђеним простором за одлагање готовог производа и путевима унутрашњег транспорта. Готов продукт одлагаће се утоваривачем, а сваки од производа одлагаће се на довољној удаљености један од другог.

За количину производа ( $V$ ) који треба бити складиштен за одређени број дана:

$$V = Q \cdot T \cdot N, \text{ m}^3 \quad (10)$$

- $Q$  — часовни капацитет ( $\text{t/h}$ )  
 $T$  — време рада ( $\text{h}$ )  
 $N$  — број дана

неопходан полупречник цилиндра рачуна се из релације:

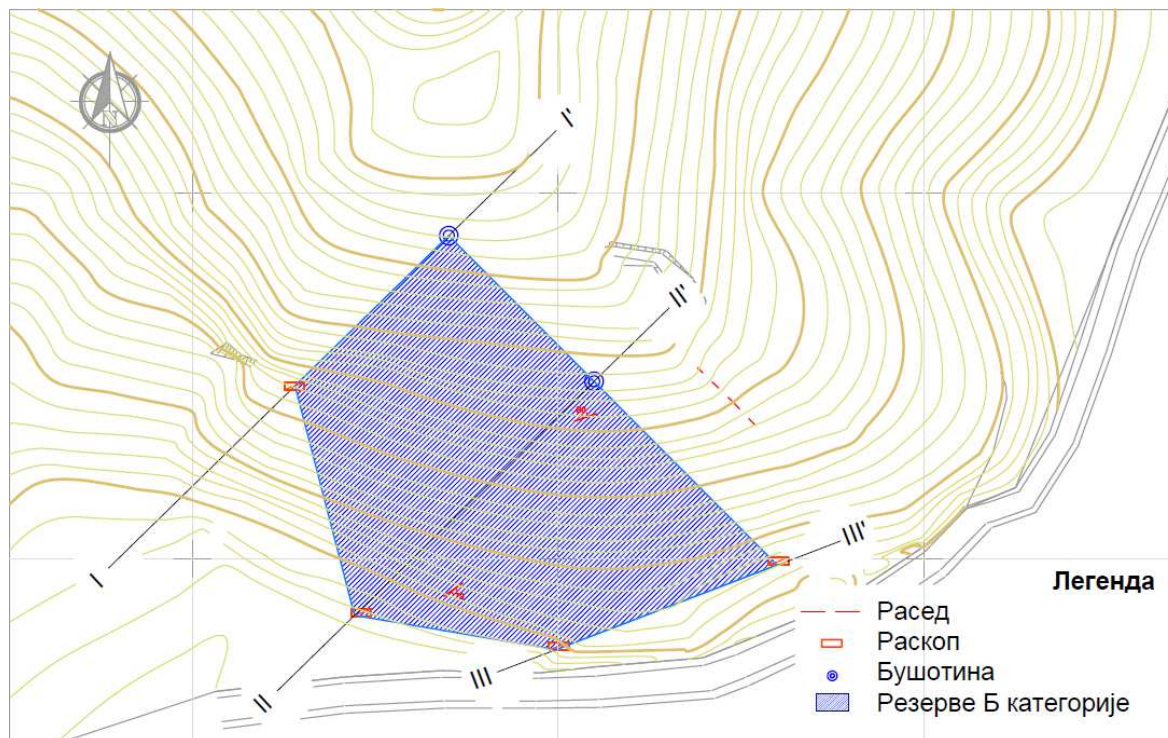
$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}, \text{ m} \quad (10)$$

- $h$  — висина одложеног производа ( $\text{m}$ )

## 2.5. КРЕЧЊАК КАО СИРОВИНА ЗА ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКИ КАМЕН

Лежиште кречњака има изузетно повољан географски положај и одликује се одличним саобраћајним комуникацијама. Насељеност је релативно добра. На ширем подручју истражног простора заступљено је претежно сеоско становништво које се бави пољопривредом и сточарством, док је један део оријентисан ка већим центрима. Досадашњим истражним радовима детаљно су утврђене геолошке карактеристике лежишта и његове ближе околине која је релативно једноставне геолошке грађе. Значајну методу приликом истраживања лежишта представљало је истражно бушење са језгровањем, којим су прикупљени подаци за даљу интерпретацију структурно геолошке грађе рудног тела и његове квалитативне карактеристике.

У циљу упознавања геолошке грађе лежишта, у првом стадијуму испитивања, приступило се детаљном геолошком картирању. Подаци су наношени на топографску основу и на тај начин је добијен геолошко – структурни план лежишта. Овим поступком прикупљен је знатан број података о саставу, променама, односно свежини стенске масе, начину појављивања, просторном положају, структурним деформацијама и др. Обрачунски профили (слика 2.5.1.), постављени су преко истражних бушотина и раскопа а представљају вертикалне пресеке рудног тела и околне стенске масе (слика 2.5.2.), чији је квалитет одређен испитивањем језгра бушотина. Корисни подаци о карактеру стенске масе испод површине терена, добијени су картирањем језгра бушотина и истражних раскопа. Лежиште кречњака представља део мање кречњачке масе у оквиру карбонских кречњака чије је појављивање у виду сочива.



Слика 2.5.1. Карта резеви лежишта кречњака [10]

На основу степена познавања општих услова настанка лежишта кречњака, може се рећи да припада серији егзогених лежишта, групи седиментних лежишта и класи хомогених седиментних лежишта. Повлату продуктивној серији кречњака представљају сиво – зелени и љубичасти глинени шкриљци средње пермске старости који су у лежишту у међусобном трансгресивном односу. Дуж истражног простора протиче поток, који не пресушује ни у летњим месецима и из којег је могуће снабдевање водом за будуће потребе површинског копа.



Према хидрогеолошким функцијама и положају у терену издвојена су три хидрогеолошка комплекса:

- хидрогеолошки колектор спроводник кога чине: делувијални покривач, кречњаци, алувијални шљункови и пескови, миоплиоценски комплекс пескова и глина и њихови приповршински делови;
- хидрогеолошки колектори акумулатори кога чине: кречњаци и алувијални седименти и изданска зона са слободним нивоом издани;
- хидрогеолошки изолатори: шкриљци и пешчари девон – карбона и глинени шкриљци, кварцни пешчари и конгломерати средњег перма.

Што се тиче порозности кречњака у простору самог лежишта, она је прслинско пукотинска а делимично и карстификована што утиче на повећане филтрационе карактеристике и већу водопропусност. Ова чињеница, међутим, неће неповољно утицати на услове експлоатације у лежишту због добрих водно – физичких одлика стенске средине.

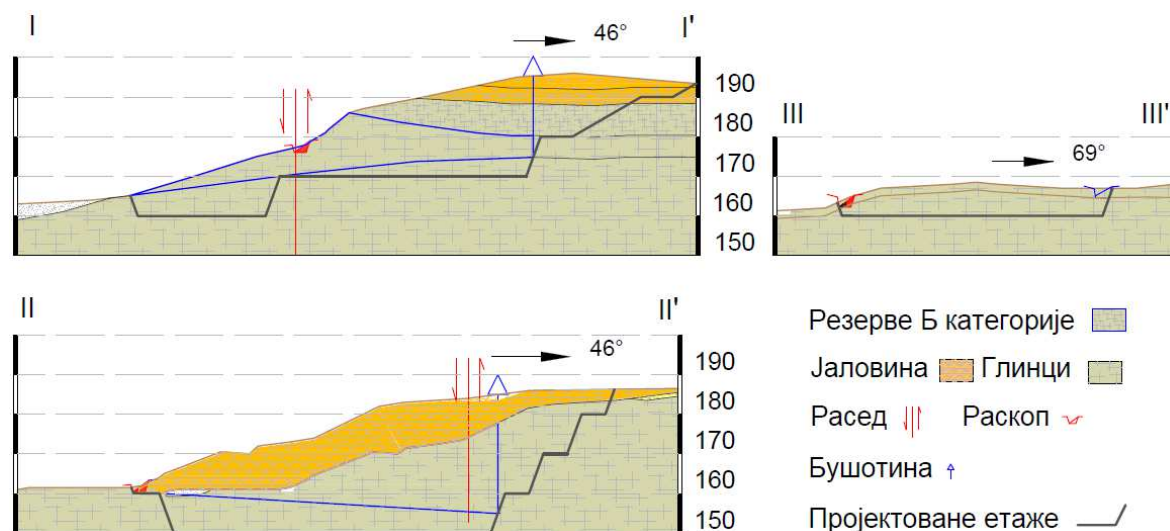
Геолошким картирањем издвојени су литолошки чланови који у инжењерско – геолошком погледу могу да се сврстају у следеће комплексе:

- везане неокамењене стене: делувијални покривач, представљен прашинастим глинама са ситним фракцијама дробине;
- везане неокамењене и невезане стене: алувијални шљункови и пескови, миоплиоценски комплекс пескова и глина;
- везане окамењене стене: кречњаци, шкриљци, пешчари, глинени шкриљци, кварцни пешчари и конгломерати.

Физичко – механичке карактеристике издвојених комплекса првенствено зависе од литолошког састава, али се може рећи да је на ове параметре тектоника имала веома велики утицај.

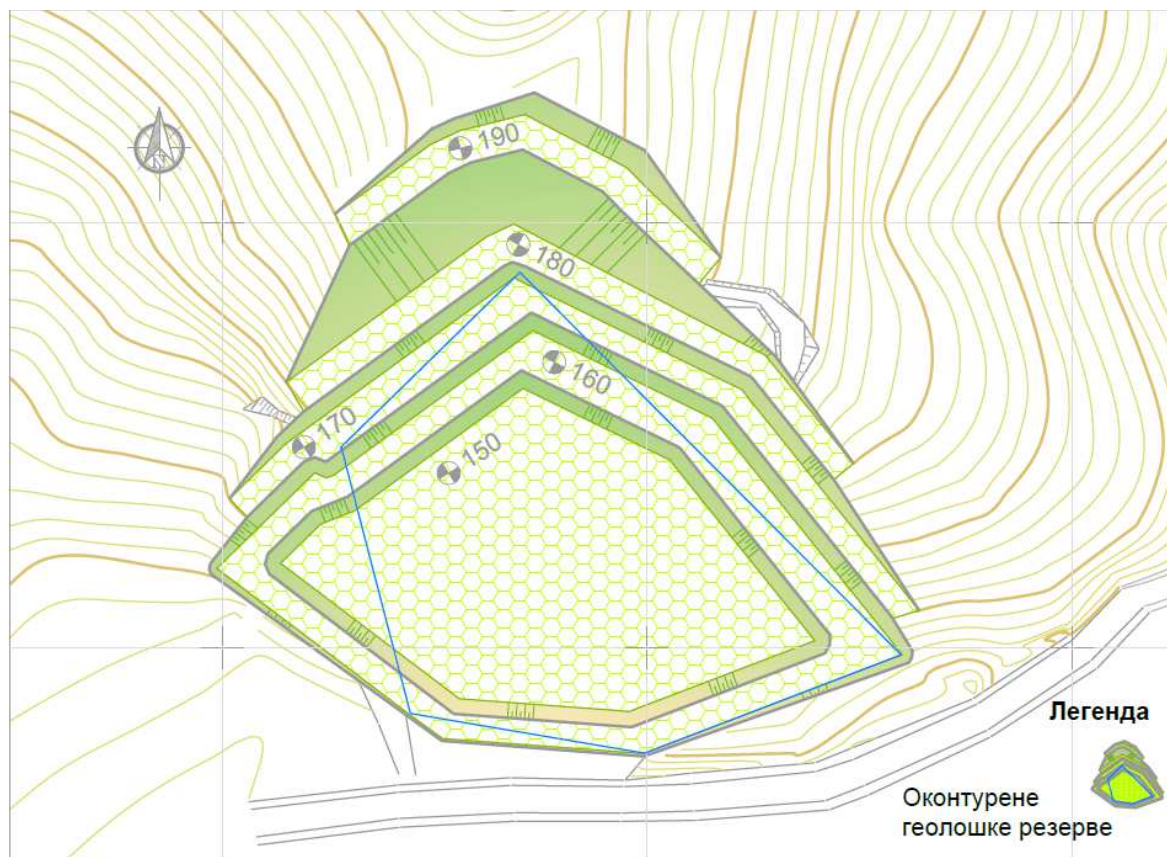
У циљу утврђивања квалитета рудне масе и сагледавања његове употребе као путно – грађевинског материјала испитивани су минералско – петролошки састав и физичко – механичке карактеристике и извршена анализа могућности употребе минералне сировине.

Прорачун геолошких резерви кречњака као техничког грађевинског камена, извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном методом, док је за контролу добијених резултата коришћена метода троуглова.



Слика 2.5.2. Обрачунски профили [10]

Анализа стабилности косина није рађена, тако да су за израду идејног решења завршног изгледа површинског копа (слика 2.5.3.), усвојени конструктивни параметри на основу литературних и искуствених података. Висина радне етаже 10 m. Нагиб радне етаже у сировини 70°, а у јаловини 30°. Угао завршне косине 50° у сировини и 20° у јаловини. Према усвојеним вредностима извршен је прорачун минималне ширине берме у завршној косини, који за сировину износи 4,8 m а за јаловину 10,2 m.



Слика 2.5.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Експлоатација минералне сировине обухватиће низ технолошких поступака. Откопавање јаловине која се јавља као хумусни покривач или у виду миоплиоценских глина и пермских глинених шкриљаца. Припрема терена за израду минских бушотина и након тога минирање. Део одминираних минералних сировина ће се секундарно уситњавати а након тога са преосталим материјалом утоварати и одвозити до до дробиличног постројења, које ће бити инсталирано на самом лежишту.

Образац за израчунавање количине експлозива има општи облик:

$$Q = f(n) \cdot q \cdot V, \text{ kg} \quad (6)$$

$f(n)$  —  $\phi$  — ија показатеља дејства експлозије, која узима у обзир промену специфичне потрошње експлозива у зависности од дубине постављања минског пуњења и угла у темену троугаоног кратера експлозије. При нормалном показатељу дејства експлозије ( $n = 1$ ),  $\phi$  — ла има облик:

$$Q = q \cdot V = q \cdot a \cdot W \cdot H, \text{ kg} \quad (6)$$

Запремина стенске масе од једне минске бушотине (или запремина призме обрушавања) износи:

$$V = a \cdot W \cdot H, m^3 \quad (6)$$

$a$  — размак између бушотина у реду (m)

Запремина стенске масе по метру дужном бушотине износи:

$$V' = \frac{V}{H}, m^3/m' \quad (6)$$

Дужина стуба експлозивног пуњења:

$$l_p = \frac{Q}{p}, m \quad (6)$$

Дужина чепа минске бушотине утиче на ефекат минирања, тако да повећава време трајања експлозивног импулса, обезбеђује потпуну детонацију експлозивног пуњења и спречава неконтролисано разбацавање стенске масе.

Експериментална истраживања су показала да дужина минског чепа у највећој мери зависи од пречника минске бушотине и отпора у поду етаже, те се за прорачун дужине минског чепа може користити следећи образац:

$$L_\xi = (20 - 40) \cdot d, m \quad (6)$$

Дужина минског чепа

$$l_\xi = L - l_p, m \quad (6)$$

Степен искоришћења минске бушотине

$$\eta = \frac{L}{(L + l_{pr})}, \% \quad (6)$$

Милисекундни интервал успорења може се оријентационо одредити из односа:

$$i = (1,5 - 2) \cdot A \cdot W, ms \quad (6)$$

$A$  — коеф. који карактерише радну средину

Провера стварних величина милисекундног интервала као и свих других параметара врши се искључиво експерименталним путем код пробног минирања.

Шема иницирања треба да обезбеди :

- одговарајући распоред иницирања бушотина како би се постигла жељена шема минирања стенске масе,
- иницирање одговарајућег броја бушотина у једном временском интервалу у циљу ограничења сеизмичких потреса.

Успорења ће бити искључиво у функцији квалитета минирања и сигурности косине етаже.

Иницирање експлозивних пуњења у бушотини може се вршити детонирајућим штапином и електричним детонаторима или Нонел неелектричним системом иницирања.

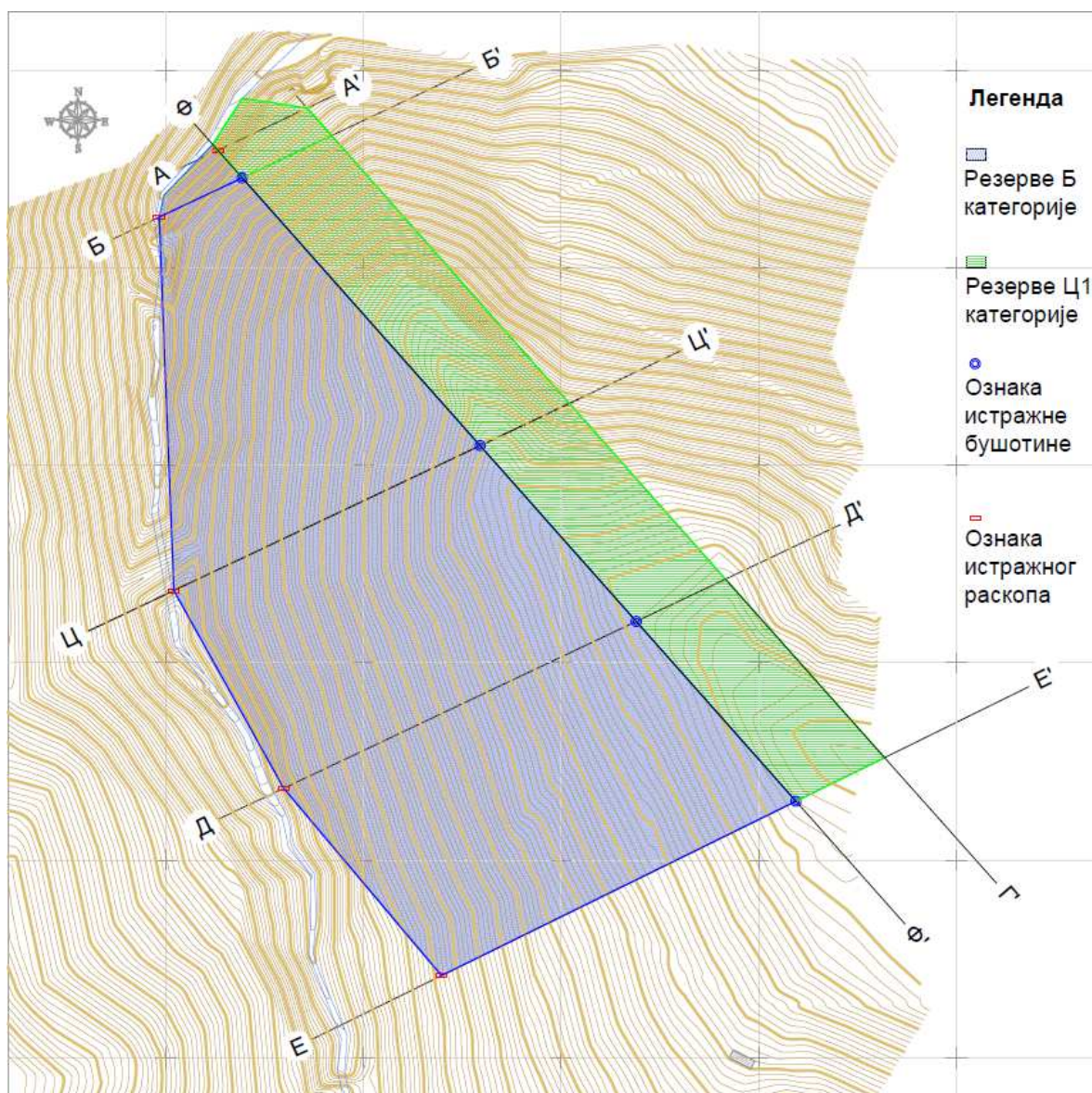
Комплексно коришћење минерално сировине је у интересу повећања профита и рационалног искоришћења лежишта. Један од задатака компаније, која се бави експлоатацијом минералних сировина је максимална могућа валоризација корисних компоненти у датим економским и осталим условима. На основу испитаних својстава, анализа и добијених резултата кречњак из лежишта се може користити веома успешно као технички грађевински камен у путоградњи, грађевинарству, железници и др.



## 2.6. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА ПРЕДВИЂЕНО ЗА ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКИ КАМЕН

Седиментне творевине палеозоица имају знатно учешће у грађи овог терена. Најстарије формације представља серија пешчара и шкриљаца. Творевине неогена леже трансгресивно и дискордантно преко палеозојских и мезозојских стена. Максимум трансгресије је везан за горњи понт, када је цела ова област била прекривена морем. Преовлађују брахи облици и модификовани су дисјунктивним поремећајима, а раседи су значајни тектонски облици. Хоризонтална кретања нису утврђена.

Геолошким картирањем издвојени су органогени, мермерисани и бречоидни кречњаци, глинени шкриљци (хлорит – серицитски шкриљци) и алувијалне насlage. Кречњаци лежишта припадају творевинама башкирског ката, а боја варира од светло до тамносиве у зависности од садржаја битуминозне материје. То су банковити до масивни кречњаци, ретко слојевити или плочасти, кавернозни, локално тектонизирани. Распрострањени су на ширем подручју и ван истражног простора, а по дубини вероватно иду знатно испод нивоа потока, слика 2.6.1.



Слика 2.6.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Лежиште кречњака има облик издуженог сочива. Тамносиви мермерисани кречњаци, који се подређено могу јавити, релативно мале су дебљине и истог су просторног положаја као и органогени кречњаци. Услојени су са органогеним кречњацима и имају релативно повољне физичко – механичке карактеристике, односно не условљавају потребу за селективном експлоатацијом.

Геолошким картирањем издвојени су литолошки чланови који у инжењерско – геолошком погледу могу да се сврстају у следеће комплексе:

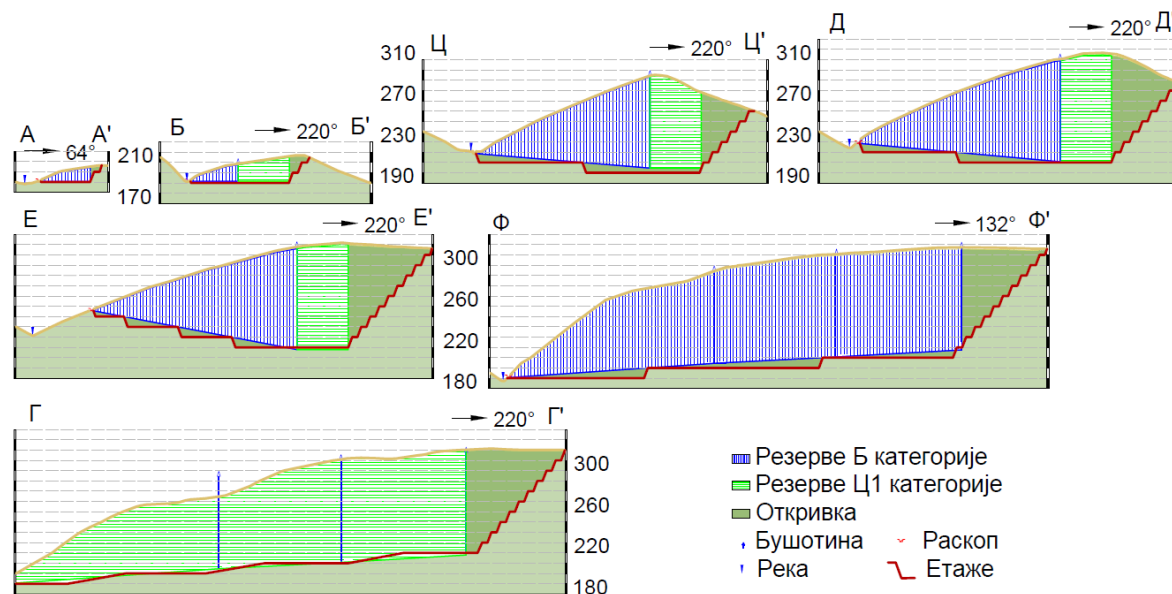
- везане неокамењене и неvezане стене, заглињена кречњачка дробина у повлати и бочно у односу на кречњаке;
- везане окамењене стене, глинени шкриљци;
- везане окамењене стене, органогени и мермерисани кречњаци који су уједно и најдоминантнији.

Физичко – механичке карактеристике издвојених комплекса првенствено зависе од литолошког састава, али се може рећи да је на ове параметре тектоника имала веома велики утицај. У оквиру стенске масе лежишта основни структурни елементи су пукотине, прслине, раседи и раседне пукотине.

Лежиште има повољан географски положај и добру саобраћајну повезаност са значајнијим путним саобраћајницама. Хидрографска мрежа овог подручја је веома разуђена. Доминирају водени токови реке, као и мањи потоци.

Климатске прилике овог подручја су врло повољне, што омогућава експлоатацију од десет месеци годишње.

Прорачун геолошких резерви кречњака као техничког грађевинског камена, извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, док је за контролу добијених резултата коришћена метода троуглова. Елаборат о испитивању физичко – механичких својстава кречњака са анализом стабилности косина није рађен. На основу практичних искустава стечених у досадашњем раду на површинским коповима карбонских кречњака, који представљају сличну радну средину, усвојени су конструктивни параметри за балансирање ооконтуривањем геолошких резерви, слика 2.6.2. Пројектовањем етажа висине 10 m, нагиба 70°, ширине сигурносне берме 5,1 m под углом од 49° завршне косине формирана контура површинског копа.

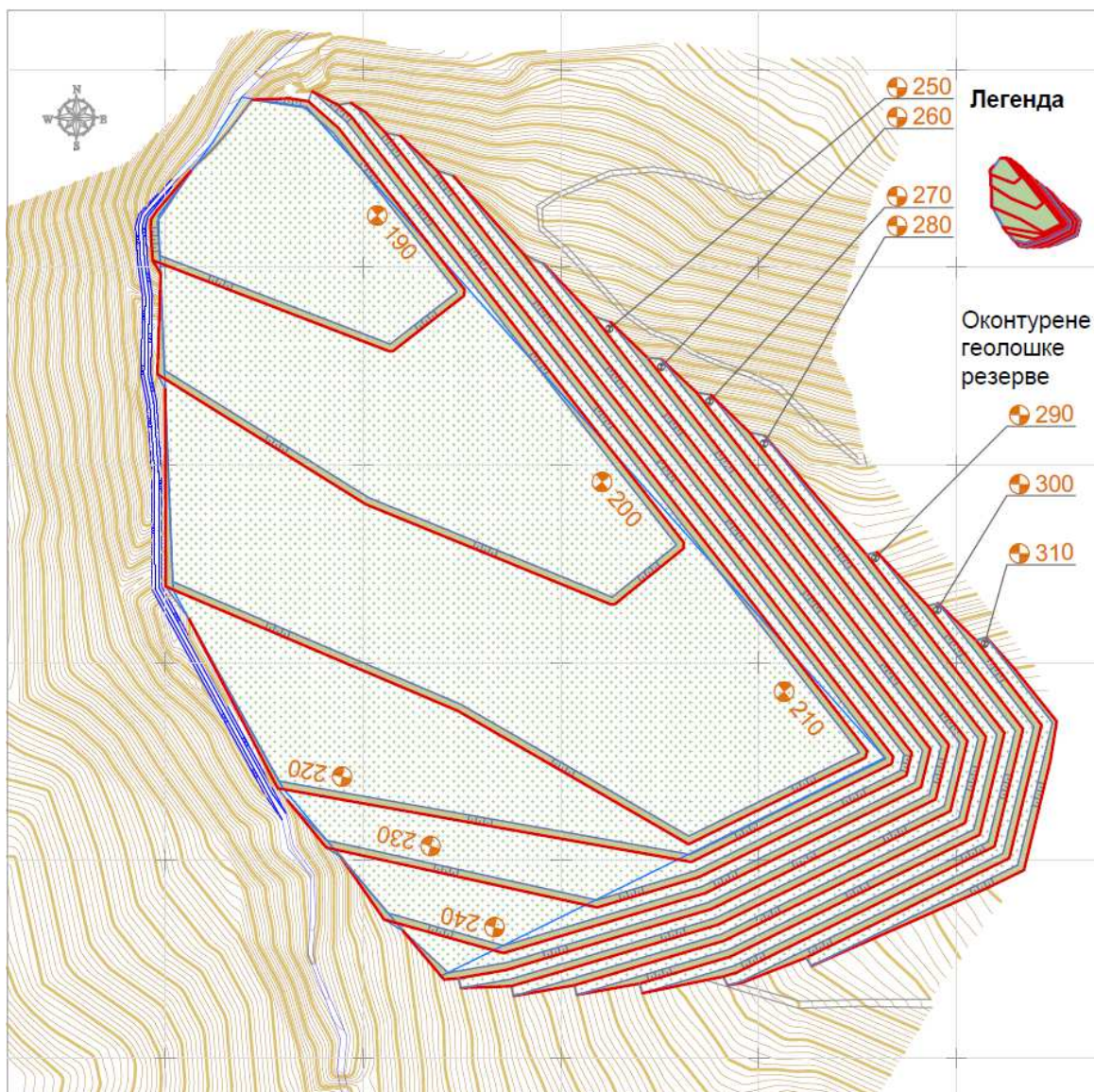


Слика 2.6.2. Обрачунски профили [10]



Са рударског аспекта лежиште је приступачно за отварање јер већ постоје и ранији експлоатациони радови за локалне потребе. Дуж северног обода лежишта пролази пут, тако да ће отварање и развој површинског копа бити условљени овим фактором. Експлоатација минералне сировине обухватиће следеће фазе рада: израда прилазног пута, откопавање јаловине, бушење, минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења.

Приликом пројектовања заштите површинског копа, одређивање трасе ободних канала, врши се на ситуационој карти са циљем да се прикупљене воде пројектованим каналима уведу у постојеће површинске токове, ради гравитационог одвођења и да могу да прихвате максималне количине вода које гравитирају ка површинском копу. У току експлоатације биће неопходно измештање дела тока потока, што је у оквиру идејног решења завршног изгледа површинског копа обрађено, слика 2.6.3.



Слика 2.6.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Након уклањања јаловине, што ће се вршити булдозерски, биће бушене минске бушотине и то тако да ће се минирање вршити са два или три реда бушотина. Изминирани материјал са нивоа етаже на коју се обрушава, утовара се у камионе и одвози до дробиличног постројења.

У зависности од физичко – механичких карактеристика минералних сировина, параметри неопходни за прорачун бушења, дефинисани су на основу литерарних и искуствених података.

Продуктивност једног метра бушотине се може прорачунати по следећој формули:

$$q' = a \cdot b \cdot \frac{H}{H_{pr}}, m^3 \text{ чм} \quad (10)$$

- a — растојање између бушотина (m)
- b — растојање између редова бушотина (m)
- H — висина етаже (m)
- $H_{pr}$  — дубина бушотине са пробушењем (m)

За укупну годишњу производњу сировине ( $Q_{god}$ ), узевши у обзир средњи коефицијент откривке (занемаривши количину површинске јаловине, која би се откопала булдозерски) годишње је потребно избушити:

$$L_b = \frac{Q_{god}}{q'}, m' \quad (10)$$

При просечној брзини бушења ( $V_{pr}$ , m/h) укупно је потребно бушити:

$$T_b = \frac{L_b}{V_{pr}}, \text{ ефективних часова годишње} \quad (10)$$

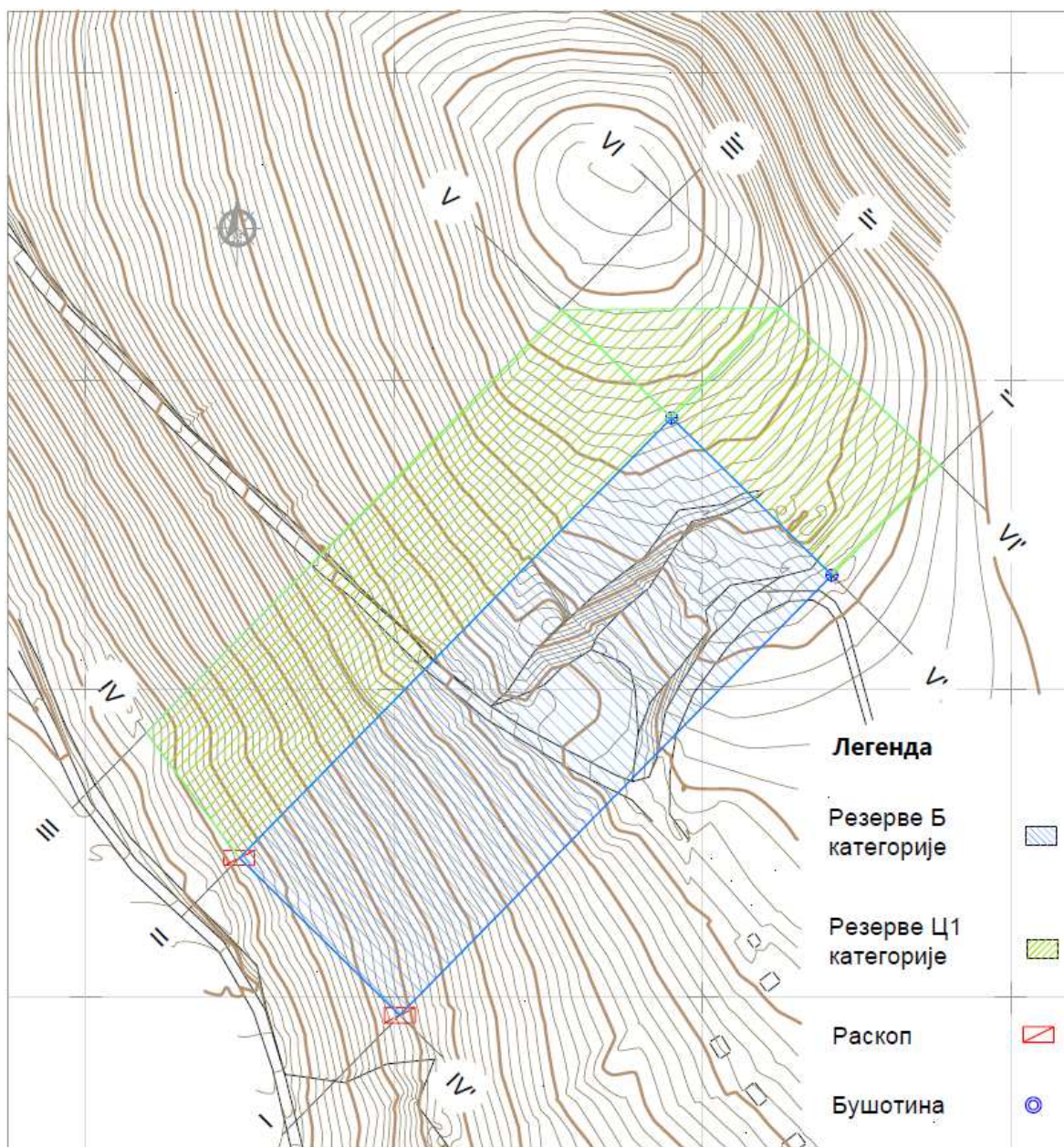
Откопавање минералне сировине вршиће се одозго на доле. Пре завршетка експлоатације етаже која је у раду благовремено ће се отварати наредна, нижа, како би се остварила планирана динамика у току експлоатације. Динамика експлоатације се може изразити као развој радова у плану и по дубини са појединачним откопавањем етажа или откопавањем више етажа истовремено. Предвиђено је да се пре бушења минских бушотина и минирања, откопа јаловина изнад блока предвиђеног за минирање. Јаловински покривач чини заглињена кречњачка дробина, која ће ако буде минирана, истовремено када и сировина, стварати проблеме у раду дробиличног постројења, али имати и негативан утицај на квалитет. За откопавање јаловине користиће се булдозер, који ће поред тога вршити и припрему одминираних материјала за утовар, при чему се негабарити групишу на једно место ради секундарног уситњавања, које се врши хидрауличним разбијачем или секундарним минирањем у зависности од величине блока. За утовар сировине предвиђен је утоваривач а транспорт од површинског копа до прихватног бункера постројења за примарно дробљење вршиће камиони.

На основу обрађених узорак, добијаних резултата, кречњаци из овог лежишта се могу употребити у комадном облику, као дробљени материјал, односно као сировина у грађевинарству, путоградњи, железници и др.



## 2.7. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА НАМЕЊЕНОГ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Регионалне геоморфолошке карактеристике на овом простору условљене су литолошким саставом и тектонским склопом терена. У морфолошком погледу истражни простор (слика 2.7.1.) представља гребен. Лежиште кречњака има повољан географски положај, а такође се одликује и одличним саобраћајним комуникацијама. Кроз сам истражни простор пролази добар макадамски пут, који је повезан са магистралним путем и пруга. Рудно тело представља део веће масе средњих и горњих тријаских кречњака. Кречњаци су жутосиве до сиве боје, испресецају прслинама и пукотинама које су запуњене кристалистим калцитом. Јавља се у виду издуженог сочива. Природно су издељени (тектонизовани) у блокове од милиметарских до дециметарских. Површински су незнатно алтерисани.



Слика 2.7.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

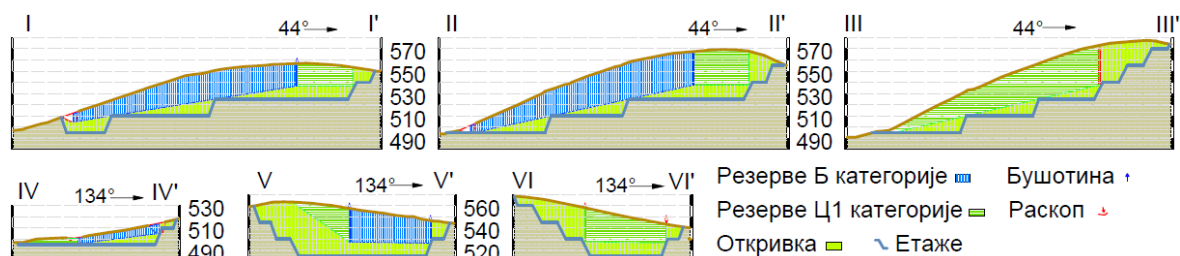
Стена је изграђена од одломака микрокристалистих (микритских) и органогених кречњака и фосилних остатака који леже у спаритској, ређе микроспаритској основи. У маси стене запажа се и крупнокристалисти калцит који гради гнездаста нагомилања, испуњава пукотине или међупросторе алохема. Према структурним својствима у стенској маси лежишта могу се издвојити два типа кречњака: органогено детритични кречњаци, који доминирају и карбонатне брече изграђене од фрагмената знатно крупнијих димензија. Због неравномерне смене у лежишту нису појединачно издвајани на геолошком плану већ су приказани као једна картирана јединица. Структура кречњака је органогено детритична, а текстура масивна до бречаста. Тектонизована кречњачка дробина ладинског ката заступљена је на северним падинама лежишта и њу сачињавају алтерисани одломци кречњака помешани са хумусним материјалом.

У регионалном погледу лежиште припада граничном делу мезозојског комплекса краљушти и раседа. У оквиру овог дела стенске масе лежишта, основни структурни елементи су пукотине. Међутим, главна структурна карактеристика лежишта кречњака јесте да су то тектонски здробљени кречњаци, природно гранулирани од милиметарских до дециметарских димензија. Однос ситне и крупне фракције је различит у одређеним деловима стенске масе.

Шире окружење лежишта, изузимајући мање остатке неогених кластита према североистоку, изграђено је искључиво од кречњака са интензивно развијеном пукотинском и карстно – кавернозном порозношћу, што му даје одлике изразито водопрпусних стена. Најзначајнију специфичност чини инфилтрација. Планарно и линијско отицање је сведено на минимум, а јавља се изузетно и краткотрајно у хидрогеолошком максимуму. У оваквим околностима линијско отицање се врши сувом крастном долином на брду које је једини значајнији реликт хидрографске мреже.

Што се тиче порозности кречњака, у простору самог лежишта, она је битно различита, јер је стена због тектонског напрезања здорбљена, при чему је добила кластичну структуру и другачију порозност, односно слабије филтрационе карактеристике и мању водопрпусност. Ова чињеница, међутим, неће неповољно утицати на услове експлоатације у лежишту због добрих водно – физичких одлика стенске средине и евентуалног, само краткотрајног задржавања воде при интензивним падинама на заравњеним манипулативним површинама лежишта. Ниво подземне воде, у оквиру карстне издани, налази се на доста великој дубини, тако да експлоатација у овом лежишту неће утицати на загађење ове значајне подземне издани.

Прорачун геолошких резерви кречњака као техничког – грађевинског камена извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном (слика 2.7.2.), док је за контролу добијених резултата коришћена метода геолошких блокова. Узевши у обзир извршена испитивања минералне сировине и ослањајући се на практична искуства и литературне податке, усвојени су конструктивни параметри у циљу израде идејног решења завршног изгледа површинског копа (слика 2.7.3.). Лежиште би се експлоатисало радним етажама висине 15 m, нагиба 70°, ширине берме 11 m и угла завршне косине 45°.



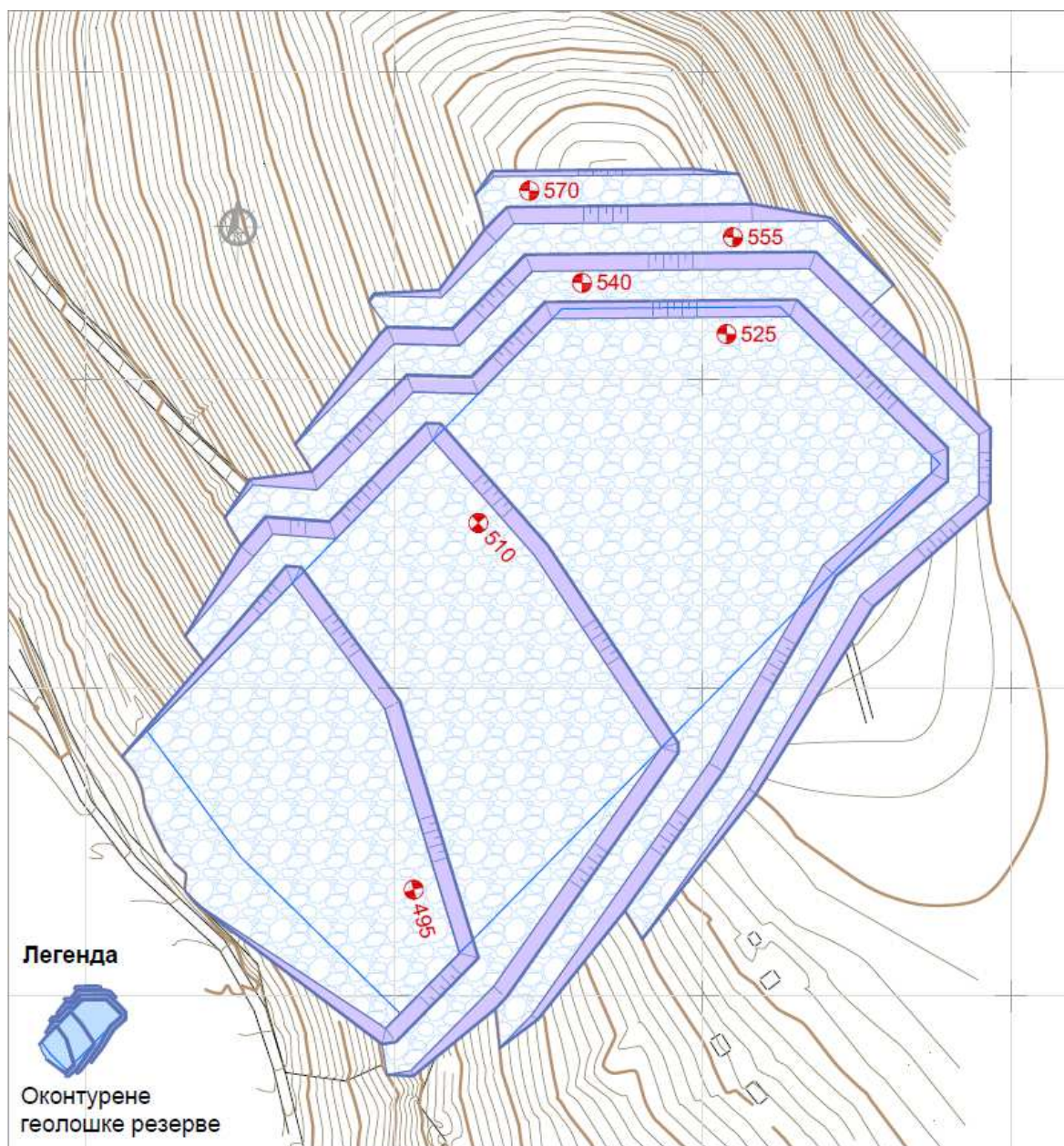
Слика 2.7.2. Обрачунски профили [10]

Експлоатација лежишта кречњака као техничког – грађевинског камена, вршиће се површинским копом висинског типа, са добром концентрацијом сировине по квадратном метру површине.



Експлоатација кречњака обухватиће фазу припреме за откопавање, која захтева ископ, утовар, транспорт и одлагање јаловине, а потом бушење, минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења.

На основу резултата лабораторијских испитивања може се закључити да утврђени квалитет кречњака лежишта, омогућава његову примену у: индустрији креча, стакларској, ливачкој индустрији, за производњу шећера, сточне хране и минералних ђубрива. Макроскопским испитивањем узорака лежишта кречњака, дошло се до закључка да није потребно извршити утврђивање степена белине, које би у случају да је у дозвољеним границама према стандардима омогућило примену кречњака у индустрији папира, гуме, боја и лакова.



Слика 2.7.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

У циљу израде техно – економске оцене потребно је предвидети трошкове у функцији експлоатације минералне сировине. Трошкови материјала се састоје из нормираних и осталих материјалних трошкова.

Трошкови нормираног материјала обрачунавају се на основу норматива потрошње погонског материјала и енергије према важећим тржишним ценама по јединици мере. Остали материјални трошкови обухватају остале ненормиране материјале и трошкове, утврђене по одређеном поступку применом важећих законских прописа или искуствених норми. Прорачун норматива потрошње погонског материјала и енергије врши се на основу капацитета производње у јединици времена и изражавају се по јединици производа.

Прорачун норматива утрошка горива

$$n_g = \frac{N \cdot k_s \cdot q}{Q_h}, \text{ l/}\check{\text{m}}^3 \quad (9)$$

$N$  — инсталисана снага мотора (kW)

$k_s$  — коеф. ангажованости снаге

$q$  — специф. потрошња горива (l/kWh)

Норматив утрошка мазива

$$n_m = \frac{n_g}{p_m}, \text{ kg/}\check{\text{m}}^3 \quad (9)$$

$p_m$  — специф. потрошња мазива (%)

Норматив утрошка уља

$$n_u = \frac{n_g + n_m}{p_u}, \text{ l/}\check{\text{m}}^3 \quad (9)$$

$p_u$  — специф. потрошња уља (%)

Норматив утрошка филтера

$$n_f = \frac{n_g + n_m}{p_f}, \text{ kom / }\check{\text{m}}^3 \quad (9)$$

$p_f$  — специф. потрошња филтера (%)

Норматив утрошка гума

$$n_{ug} = \frac{N_g}{n_{gum} \cdot Q_h}, \text{ (kom/}\check{\text{m}}^3) \quad (9)$$

$N_g$  — број гума (kom)

$n_{gum}$  — норматив гума (h)

Прорачун норматива утрошка електричне енергије

$$n_{ee} = \frac{N \cdot k_s}{Q_h}, \text{ kW/}\check{\text{m}}^3 \quad (9)$$

$N$  — инсталисана снага мотора (kW)

$k_s$  — коеф. ангажованости снаге



Норматив потрошње бушаћих шипки, круна, спојница и осталих погонских материјала који имају дужи рок трајања, прорачунава се према веку трајања и капацитету који је остварен за то време.

На исти начин врши се прорачун и сабирање свих норматива погонских материјала и енергије појединачно за ангажовану опрему на површинском копу за откопавање корисне минералне сировине и јаловине (Табела 2.7.1.).

Табела 2.7.1. Потрошња горива на површинском копу [10]

| 1                              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|
| Јаловина                       |   |   |   |   |   |
| Откопавање                     |   |   |   |   |   |
| Утовар                         |   |   |   |   |   |
| Транспорт                      |   |   |   |   |   |
| Одлагање                       |   |   |   |   |   |
| Укупно за јаловину             |   |   |   |   |   |
| Сировина                       |   |   |   |   |   |
| Бушење мин. бушотина           |   |   |   |   |   |
| Минирање                       |   |   |   |   |   |
| Утовар                         |   |   |   |   |   |
| Транспорт                      |   |   |   |   |   |
| Дроб.постројење                |   |   |   |   |   |
| Остало                         |   |   |   |   |   |
| Укупно за сировину             |   |   |   |   |   |
| Укупна годишња потрошња горива |   |   |   |   |   |

1 – Фаза рада; 2 – Снага анг. опреме (kW); 3 – Специф. потрошња (l/kWh); 4 – Еф. часови рада (h); 5 – Коеф. анг. снаге; 6 – Укупна потрошња (l или kWh)

Збир појединачно изражених свих норматива погонског материјала и енергије, омогућава се преко важећих цена израчунају укупни нормирани трошкови, који се изражавају по јединици корисне минералне сировине. У табели 2.7.2. дат је прегледни списак норматива потрошње погонског материјала и енергије који су најчешће заступљени на површинским коповима.

Табела 2.7.2. Нормативи материјала [10]

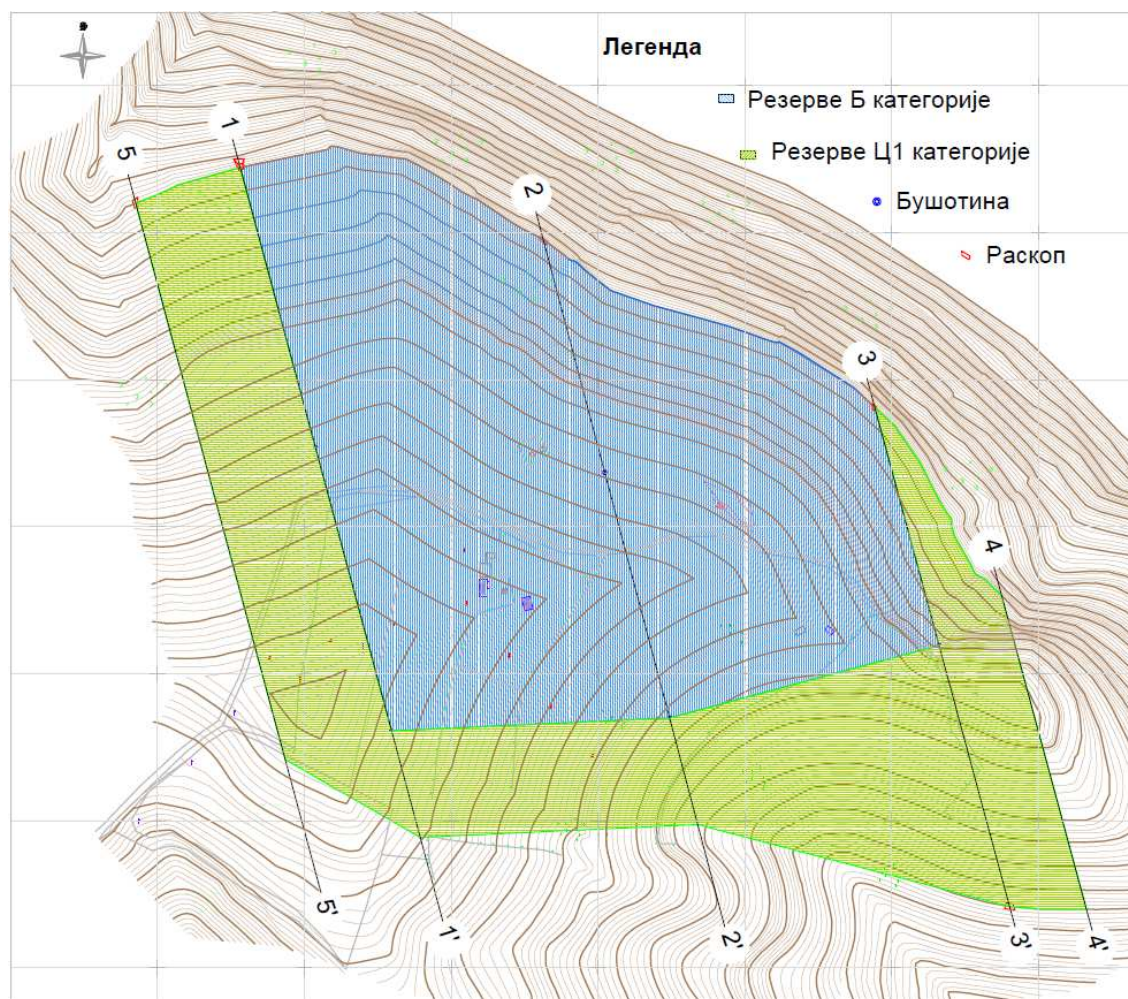
| Р.Б.                                 | Назив               | Јединица | Вредност | Цена | Износ |
|--------------------------------------|---------------------|----------|----------|------|-------|
| 1.                                   | Дизел гориво        | l        |          |      |       |
| 2.                                   | Електрична енергија | kWh      |          |      |       |
| 3.                                   | Мазиво              | kg       |          |      |       |
| 4.                                   | Уље                 | l        |          |      |       |
| 5.                                   | Гуме камиона        | kom      |          |      |       |
| 6.                                   | Гуме утоваривача    | kom      |          |      |       |
| 7.                                   | Бушаће круне        | kom      |          |      |       |
| 8.                                   | Бушаће шипке        | kom      |          |      |       |
| 9.                                   | Експлозив           | kg       |          |      |       |
| 10.                                  | Штапин              | m'       |          |      |       |
| 11.                                  | Челична ужад        | kg       |          |      |       |
| 12.                                  | Гумене траке        | kg       |          |      |       |
| 13.                                  | Остало              | %        |          |      |       |
| Укупни трошак (дин./m <sup>3</sup> ) |                     |          |          |      |       |

## 2.8. СИРОВИНСКА БАЗА КРЕЧЊАКА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Продуктивна серија обухвата банковите слојеве и банке карбоната у лежишту који се налазе испод танког делувијалног наноса на површини терена и планираног доњег референтног нивоа експлоатације.

Морфолошке карактеристике истраживаног лежишта (слика 2.8.1.), могу пресудно утицати на рударско – технолошке, односно економске услове експлоатације. Обухватају просторни и литостатиграфски положај карбоната, хомогеност или хетерогеност параметара квалитета минералне сировине, распрострањење на површини и дебљину рудног тела.

Лежиште се налази на једној пенеценизираној површи, која се са севера граничи кречњачким масивом а са југа долином потока. Релативне висинске разлике на овој површи су мале. Северно од лежишта терен стрмо пада ка долини потока. Стални и повремени токови на ширем подручју истражног простора имају карактеристике дендритичног типа дренажне мреже. Највећи број повремених и сталних водотокова, који дренирају истражни простор припада сливу потока.



Слика 2.8.1. Карта резеви лежишта кречњака [10]

Карбонати лежишта са утврђеним минералним саставом, хемијским и техничким својствима, структурно – текстурним одликама и садржајем корисних и штетних компоненти имају повољна технолошка својства и могу се свсисходно користити као технички – грађевински камен у путоградњи и грађевинарству.

Оцена употребљивости може да се изврши на основу упоређења квалитета дробљеног каменог агрегата са квалитетом који је прописан одговарајућим стандардом.

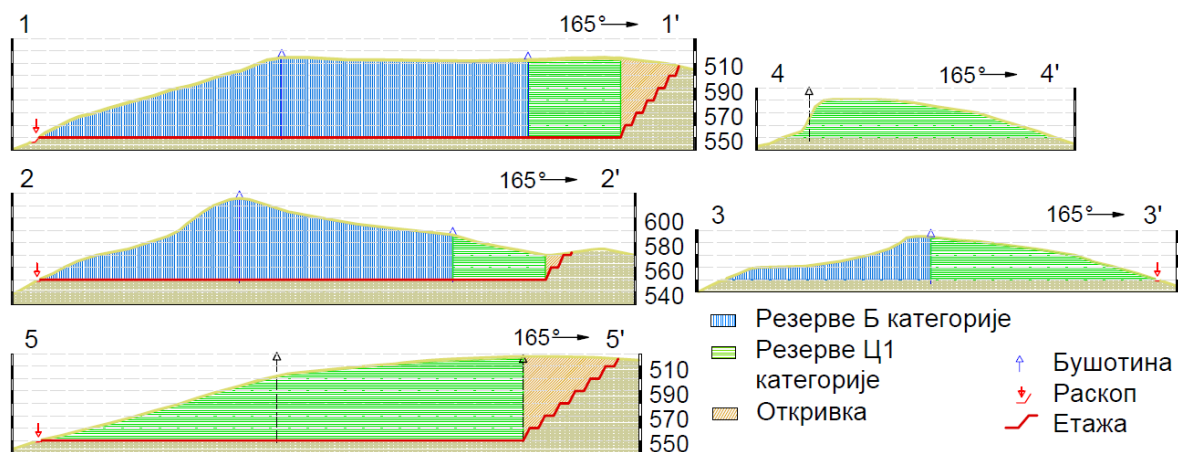
На основу резултата истраживања може се констатовати да се испитивани кречњаци, односно литолошки варијетети карбоната у лежишту, могу употребити као техничко – грађевински камен за:

- Асфалтне мешавине при изради коловозних застора (хабајућих слојева) од асфалт – бетона по врућем поступку на путевима са лаким и врло лаким саобраћајним оптерећењем, горњих носећих слојева коловозних конструкција од битуменизованог материјала по врућем поступку на путевима свих група саобраћајних оптерећења и доњих носећих слојева коловозних конструкција од битуменизованог материјала по врућем поступку.
- Цемент – бетонских мешавина за израду цемент – бетона (неармираних, армираних, пренапрегнутих) који су изложени хабању и ерозији, горњих слојева цемент – бетонских коловозних полоча и доњих слојева цемент – бетонских коловозних плоча.
- Тампона за израду доњих носећих и механички стабилованих (тампонских) слојева свих коловозних конструкција.
- Доњи носећи слој од неvezаног каменог материјала и тампона за израду заштитног слоја трупца пруге.
- За хидротехнички камен у изградњи речних регулационих грађевина у облику полуобрађеног камена за облагање косина обалоутврда и као ломљеног камена различите крупноће за израду „ножица“, односно темеља и тела регулационих грађевина и других хидротехничких објеката. За зидања у нискоградњи и високоградњи.

Инжењерско – геолошке карактеристике лежишта базирају се на стабилности стенских маса, који представљају продуктивну серију у лежишту и највећим делом зависе од механичких дисконтинуитета, њиховог броја и просторне оријентације, као и од начина експлоатације.

Највећи број механичких дисконтинуитета у продуктивној стенској маси лежишта формиран је слојевито у карбонатима а њихова међусобна растојања варирају за одређене пакете карбонатних седимената које изграђују лежиште.

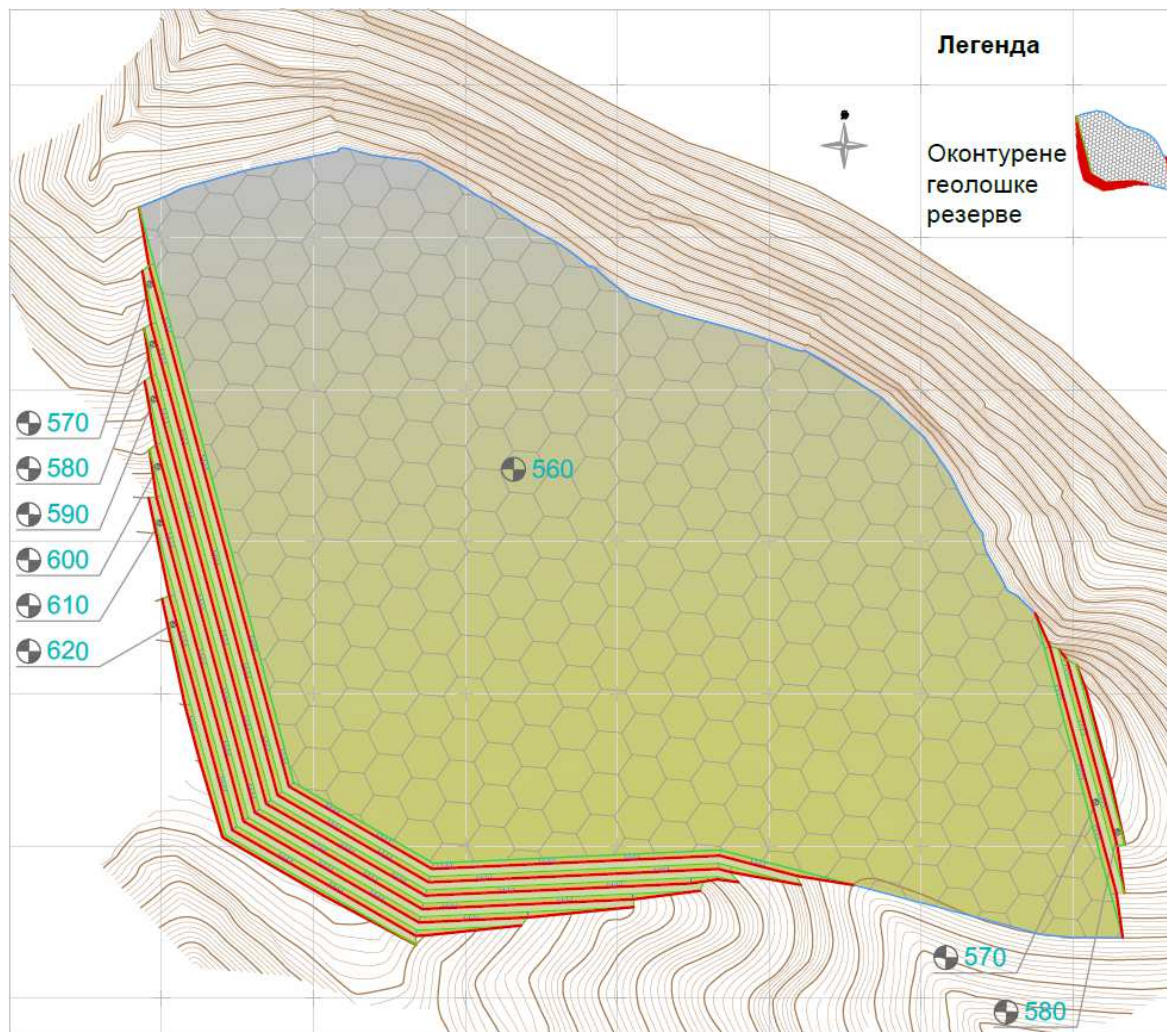
Геолошке резерве карбоната лежишта срачунате су методом паралелних вертикалних геолошких профила (слика 2.8.2.), као основном и методом геолошких блокова, као контролном.



Слика 2.8.2. Обрачунски профили [10]



Усвојени конструктивни параметри, коришћени за израду идејног решења завршног изгледа површинског копа (слика 2.8.3.) су: висина радне етаже 10 m, нагиб  $70^\circ$  и угао завршне косине  $49^\circ$ . Минимална ширина сигурносне берме је 5,1 m.



Слика 2.8.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

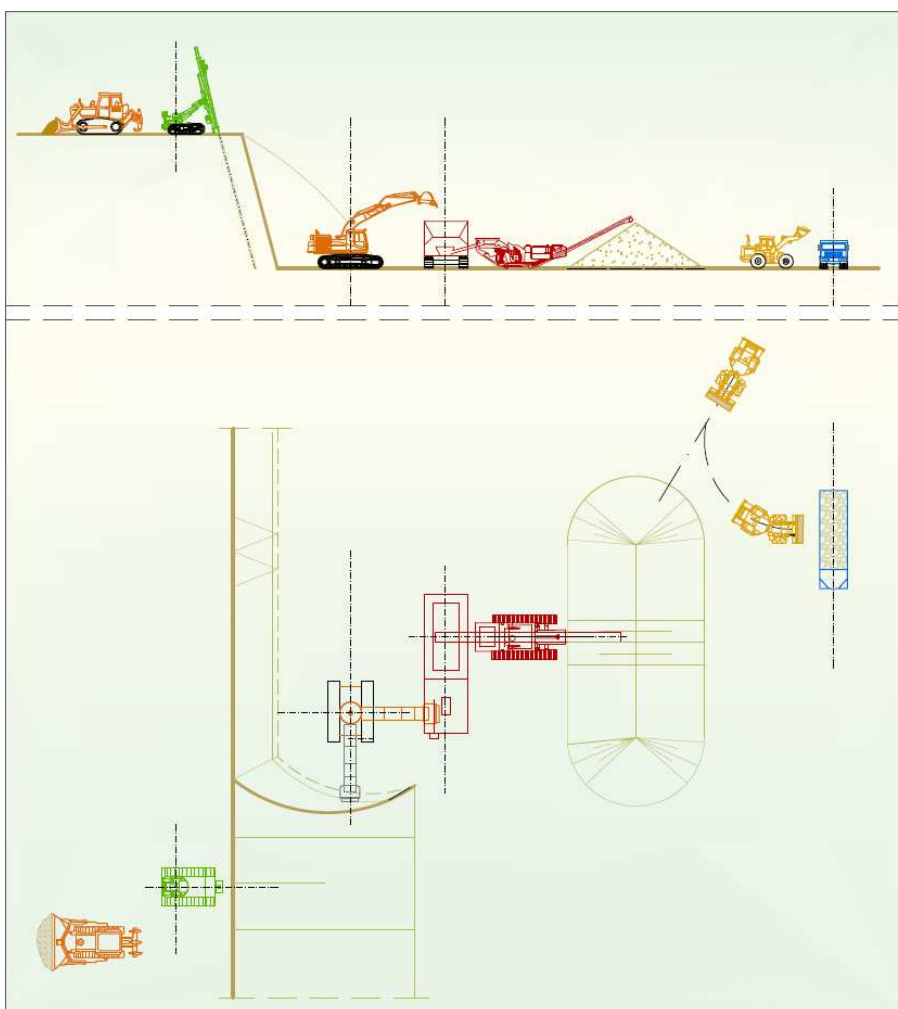
Технолошки процес добијања минералне сировине из лежишта обухвата следеће фазе:

- Уклањање хумуса и заглињене карбонатне дробине, односно површинске јаловине, булдозером;
- Бушење и минирање;
- Утовар одминираних минералних сировина хидрауличним багером у прихватни бункер мобилног постројења за дробљење и класирање, који прати фронт радова на етажи;
- Утовар утоваривачем готових производа у камионе купаца, слика 2.8.4.

Организација рада на површинском копу утврђује се на бази предвиђених технолошких целина. Пре експлоатације минералне сировине претходе радови у припреми. Прате их активности у производњи, потом контроли квалитета, одржавању опреме, радови на снабдевању погонском енергијом, материјалима, питком, индустријском водом, техничка и биллошка рекултивација.

Табела 2.8.1. Спецификација потребне радне снаге [10]

| Р.Б.   | Радно место           | Квалификација | Број радника |
|--------|-----------------------|---------------|--------------|
| 1.     | Технички руководиоца  | ВСС           |              |
| 2.     | Сменски пословођа     | ССС           |              |
| 3.     | Бушач – палиоц мина   | КВ            |              |
| 4.     | Помоћник бушача       | ПК            |              |
| 5.     | Руковаоц булдозера    | КВ            |              |
| 6.     | Руковаоц багера       | КВ            |              |
| 7.     | Руковаоц утоваривача  | КВ            |              |
| 8.     | Возач камиона         | КВ            |              |
| 9.     | Руковаоц дроб. постр. | КВ            |              |
| 10.    | Пом. рук. др. постр.  | КВ            |              |
| 11.    | Механичар             | КВ            |              |
| 12.    | Електричар            | КВ            |              |
| 13.    | Магационер            | КВ            |              |
| 14.    | Помоћни радници       | КВ            |              |
| 15.    | Стражар               | НК            |              |
| Укупно |                       |               |              |

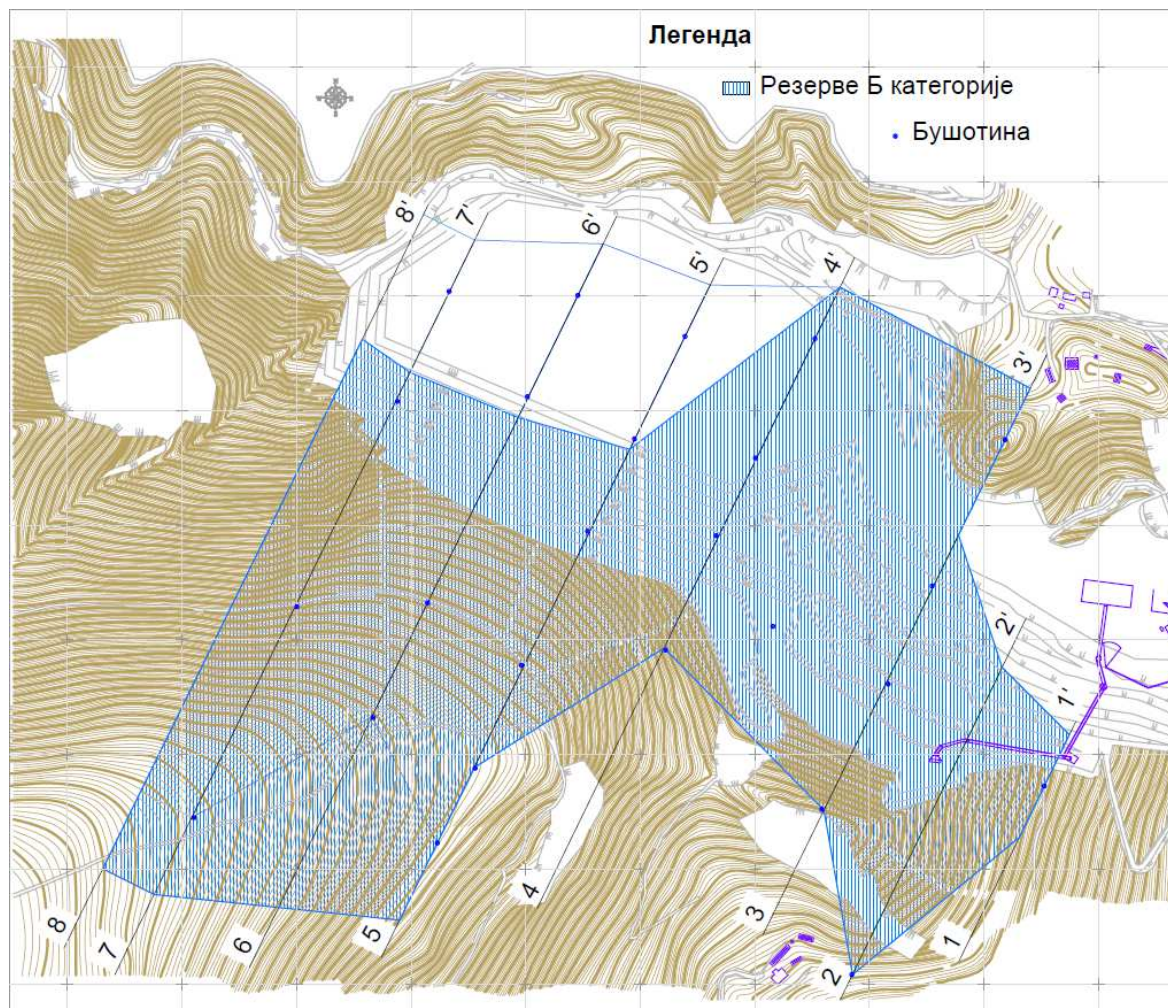


Слика 2.8.4. Принципијелна шема рада на површинском копу кречњака



## 2.9. ЕКСПЛОАТАЦИЈА КРЕЧЊАКА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА И ПРИМЕНУ У ИНДУСТРИЈИ

У хипсометријском погледу терен је пре почетка експлоатације представљао једну доста стрму падину обраслу ниским растињем. У геоморфолошком погледу на овом терену се могу издвојити три групе: брдовити терен, виши планински гребени, побрђе, које захвата већи део терена и низијско земљиште, долине поред већих водених токова. Истраживано подручје, слика 2.9.1., налази се уз магистрални пут. Поред асфалтног пута пролази железничка пруга. На прилазима лежишту нема већих успона, посебно у смеру према погону за прераду и потрошачима у околини, ширем региону.



Слика 2.9.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Лежиште је уједначеног квалитета, односно равномерног садржаја основних компоненти и представља само мањи део карбонатне серије средњег тријаса. Орогени покрети који су се збивали крајем палеозоика означили су почетак велике тријаске трансгресије. У почетку доњег тријаса таложени су плитководни седименти, пешчари, да ди убрзо дошло до продубљивања морског дна и таложења финијих пешчарских и карбонатних стена. Током средњег тријаса започета трансгресија се наставља и тада се континуално таложи веома дебела карбонатна сукцесија са релативно плитководним карактером уз мање фазијалне разлике, изражене појавом спаритских и микритских варијетета.



Посматрано на бази попречних и уздужних профила ови кречњаци леже преко благо убраних седимената доњег тријаса у којима је дуж неколико раседа дошло до спуштања блокова. Раседне структуре овог просторног положаја условиле су и различиту дебљину кречњачке масе у појединим деловима лежишта. Поред ових система, који масивне кречњаке деле на блокове различитих величина, доста су заступљене и деформационе тектонске пукотине хаотичног распореда, што заједно даје природну гранулираност стенске масе. У испитиваном делу лежишта, као и његовим периферним деловима, разликују се хидрогеолошки изолатори и колектори. Хидрогеолошке изолаторе чине доњеверфенски слојеви глиновито – лапоровите творевине и горњеверфенски танко плочасти кречњаци. Хидрогеолошке колекторе чине кречњаци средњег и горњег тријаса и дробински материјал грубе гранулације. За јужне и југозападне делове лежишта карактеристична је појава воде, па се сходно томе у истим деловима терена налазе бунари. У инжењерско – геолошком погледу стенске масе, које су заступљене у реону лежишта различито се понашају у погледу стабилности. Доњеверфенска глиновито – лапоровита серија је доста нестабилна. Горњеверфенска лапоровито – кречњачка серија је такође нестабилна, зарушава се, а откидања стенске масе у засецима прилазних путева и отвореним профилима површинског копа су честе. Средњетријаски масивни кречњаци представљају захвалну средину за рударење, а обзиром на чврстоћу ове серије може се претпоставити да обрушавања неће бити на стрмим засецима, што је пракса и показала. Сипари кречњачког материјала, представљају мале нестабилне масе које би могле да се покрену при засецању.

Кречњак из лежишта, са својим утврђеним квалитетом у односу на испуњење захтева одговарајућих стандарда, може се употребити као: карбонатна сировина у индустрији креча, шећера, гума, боја и лакова, металургији, стакларској индустрији и ливарству и као технички грађевински камен за производњу агрегата.

Статистичка обрада резултата хемијских анализа вршена је по следећим формулама:

- Аритметичка средина

$$X_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (10)$$

$X_i$  — садржај по интервалима

$n$  — број узорака

- Стандардна девијација

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2} \quad (10)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum X_i \cdot f_i}{\sum f_i} - \left( \frac{\sum X_i \cdot f_i}{\sum f_i} \right)^2$$

$f_i$  —  $i$  – ти члан узорка

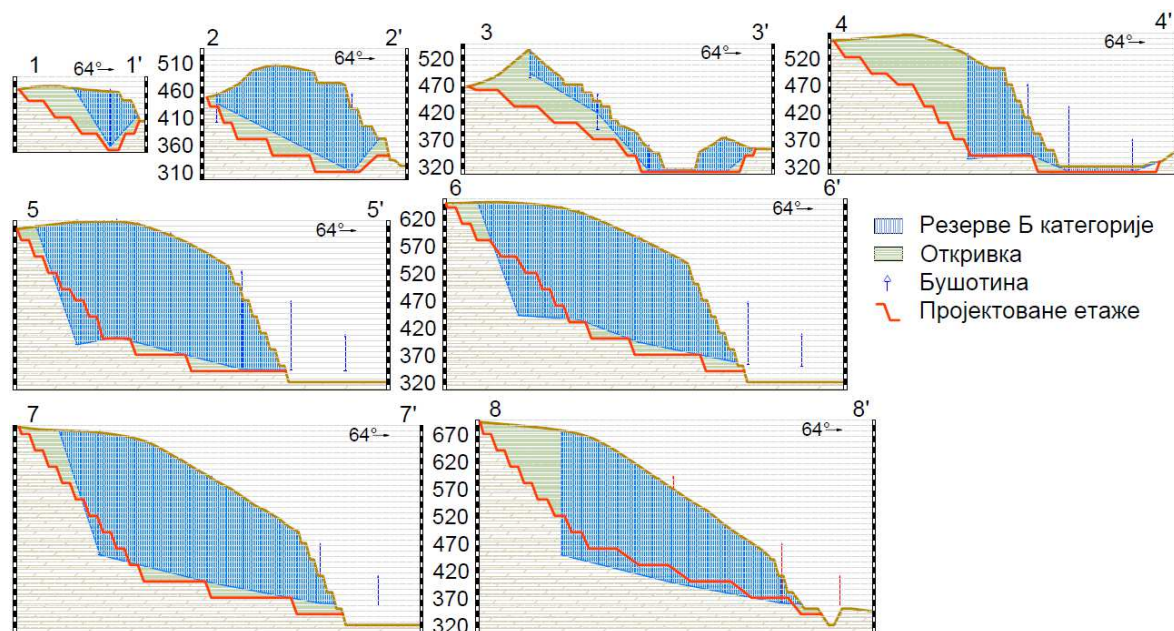
$\sigma_x^2$  — варијанса (средње квадратно одступање)

- Коефицијент варијације

$$K_v = \frac{\sigma_x}{X_{sr}} \cdot 100 \quad (10)$$

Сировина овог типа и квалитета не захтева процес припреме у класичном смислу. Оно што би се овде могло подвести под тај појам је повремено селективно минирање, утовар и прерада квалитетнијих или мање квалитетних делова лежишта у зависности од тренутног стања потраживања на тржишту.

Прорачун резерви извршен је методом паралелних вертикалних профила, слика 2.9.2., као основном и геолошких блокова – средњег аритметичког као контролном.



Слика 2.9.2. Обрачунски профили [10]

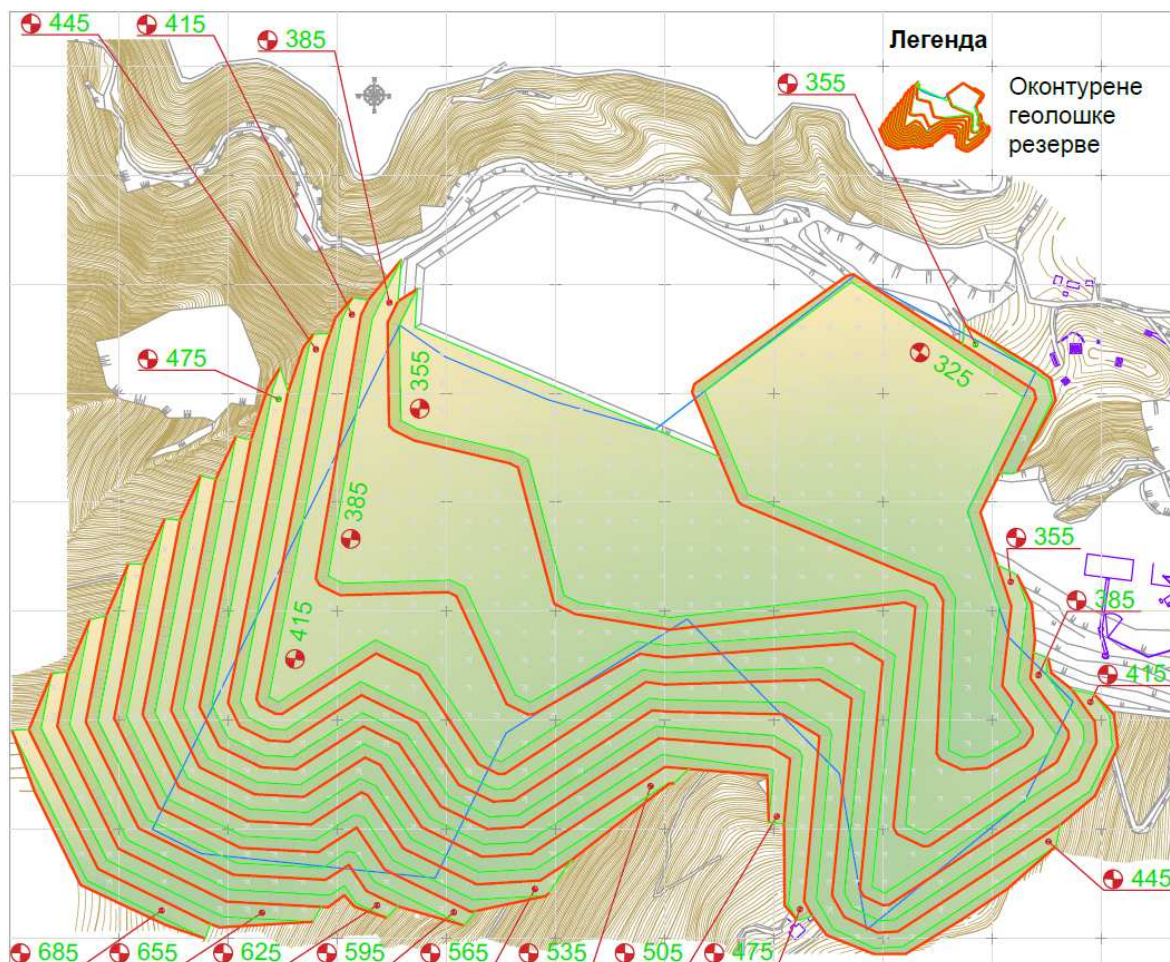
Имајући у виду резултате анализе стабилности за усвојене конструктивне параметре, висина радне етаже 30 m, нагиб 70° и угао завршне косине 50°, коришћене при изради идејног решења завршног изгледа површинског копа, слика 2.9.3., конструисана је завршна косина са минималном ширином сигурносне берме од 15 m (прорачуном утврђена вредност је 14,3 m).

Кречњак спада у меке и неабразивне стене. Акцесорне састојке садржи у малој количини, што има безначајан утицај на абразивност, па се лако прерађује стандардним машинама и уређајима. Експлоатацијом ће се добијати ломљени камен који ће представљати улазну сировину за дробилично постројење.

Основни услови добијања производа сведени су на карактеристике дисконтинуалног система експлоатације. Примењене технолошке фазе у процесу рада су следеће: уклањање јаловинског покривача, бушење, минирање, утовар, транспорт изминираних материјала до дробиличног постројења, дробљење и класирање, односно добијање финалних производа.

За обављање помоћних радова као што су: израда прилаза за багер на етажи, равнање етажних равни, чишћење транспортних путева, израда силазних рампи са етаже на етажу, гурање маса на одлагалишту и планирање одлагалишта, чишћење повлате кречњака, припремање етаже за рад бушаће гарнитуре, скупљање разбацаних маса после минирања, припремање прилаза за багер код утовара кречњака, израда одводних канала, засецање траса код формирања етажа, користе се булдозери.

Након припреме терена, бушилицом се буше минске бушотине према дефинисаној геометрији. Потом се врши минирање, које се обавља као у две фазе, примарно и секундарно. Примарно минирање се изводи у серијама са циљем добијања минираних маса за директан утовар, односно ради њеног даљег третмана у технологији откопавања и прераде, док се секундарно минирање изводи у циљу поравнавања етажних платоа и уситњавања вангабаритних комада. Утовар одминираних материјала се обавља хидрауличним багером а транспорт до прихватног бункера дробилице камионима.



Слика 2.9.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

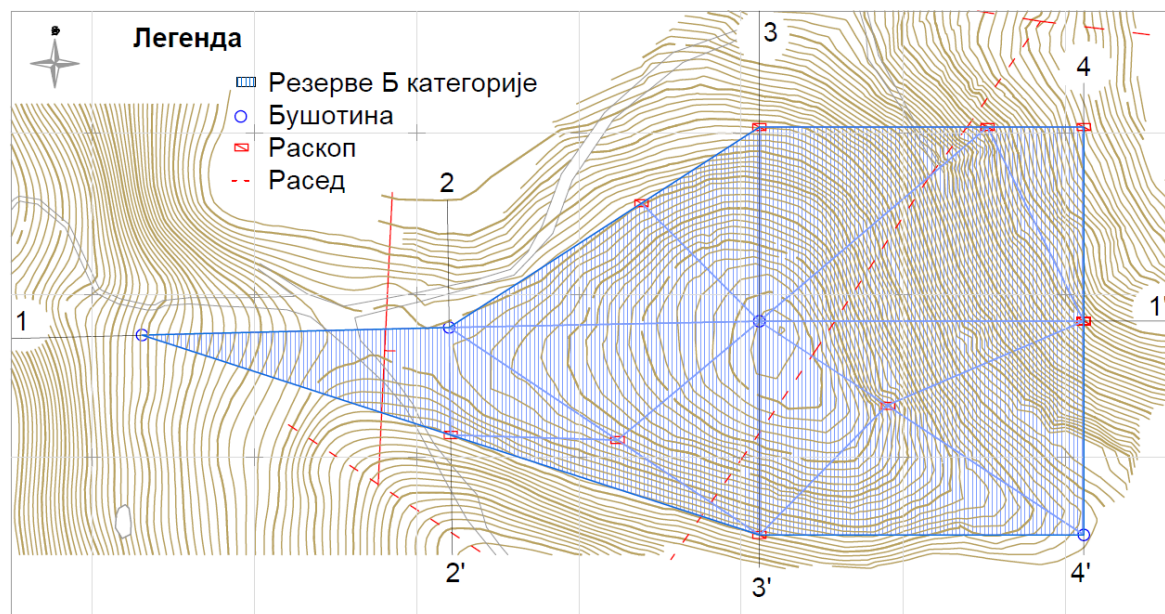
На основу расположивих хидрогеолошких информација на простору лежишта кречњака није евидентирано присуство подземних вода. Вода на површинском копу се може очекивати само након атмосферских падавина. У кишном периоду вода ће се гравитацијски каналима спроводити до дна површинског копа. Акумулирана вода из водосабирника ће се након третмана пречишћавања употребити за потребе технолошког процеса.

За површинску експлоатацију кречњака постоји сва потребна инфраструктура па и објекти за снабдевање водом и енергијом. Снабдевање горивом вршиће се са најближе бензинске пумпе. Експлозив ће се по потреби довозити директно од произвођача.



## 2.10. ЛЕЖИШТЕ РЕЗЕРВИ КРЕЧЊАКА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Истражни простор у подручју лежишта је брдски, благо заталасан, купастог облика у централном делу (слика 2.10.1.). На терену нису забележени водотокови, осим једног извора мале издашности, који не пресушује, а нису регистроване ни друге акумулације вода. Лежиште представља део серије банковитих, слојевитих и стратификованих битуминозних кречњака. Контактне стене су кварцни пешчари и глиновити шкриљци. Основно тектонско обележје су дисјунктивни, разломни облици, који су углавном условили данашњи распоред седимената, нарочито старијих творевина. У овом подручју вршена су стална померања маса, при чему је долазило до издизања и спуштања тла након убирања. Последице тектонских покрета су разломљени, израседани слојеви издвојени у блокове. На основу теренских и фотогеолошких проматрања, може се закључити да на овом делу терена доминирају два система раседа.



Слика 2.10.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

У складу са усвојеном концепцијом, поштујући принцип поступности, примењене су методе истраживања: проспекцијска истраживања, картирање терена, геодетско снимање терена, истражно бушење и израда усека.

Код истражног бушења, за потребе добијања високог процента језгра, примењују се двоструке језгрене (сржне) цеви. Главна улога двоструке, дупле сржне цеви је да се обезбеди пролаз исплаке током бушења (простор између спољашње и унутрашње цеви) и заштити језгро од деформација (унутрашња цев прихвата језгро). Исплака спречава рушење и бубрење бушотине, заглављивање алата за бушење, изношење ситно набушеног материјала и др. Двоструке језгрене цеви су развијене за бушење бушаћим гарнитурама са великим бројем обртаја и користе се у врло тврдим и поломљеним формацијама. „Wire line“ сржна је двострука цев, код које се за добијање језгра вади само унутрашња цев, док бушаће шипке са спољашњом цеви и круном за бушење остају у бушотини.

У процесу израде бушотина, без обзира да ли се ради са или без језгровања, круна (зупчаста, са тврдом легуrom или дијамантска) има улогу да са својим уграђеним сечивима продире у стену под дејством силе притиска а ротацијом врши резање, стварајући дробину која се испирањем избацује на површину.

Три основна фактора која утичу на рад круне а од чије усклађености зависи успешност бушења чине режим бушења и то су: притисак на круну, број обртаја и одстрањивање набушеног материјала. Притисак на круну варира и зависи од врсте стене која се буши, док на број обртаја утиче пречник круне, могућност бушаће гарнитура, физичко – механичке особине стене, стање у бушотини и др.

Проблеми који прате технологију израде истражних бушотина, мали проценат језгра, зарушавање зидова бушотине, заглаве, губитак циркулације, велика потрошња дијамантских круна, мали учинци последица су недоговарајуће исплаке.

Основне функције бушаћих флуида у технологији израде истражних бушотина су: хлађење и подмазивање круне и бушаћег алата и изношење набушеног материјала са дна бушотине.

Основне специфичности исплаке су: специфична тежина, вискозитет и колоидалност. Потребна количина воде или исплаке за испирање може се израчунати према следећој формули:

$$Q_{is} = 60 \cdot V_{is} \cdot \frac{\pi}{4} (D_c^2 - d_s^2), m^3 / min \quad (1)$$

$Q_{is}$  — количина исплаке при бушењу ( $m^3 / min$ )

$V_{is}$  — брзина исплаке ( $m/s$ )

$D_c$  — унутрашњи пречник зацевљења ( $m$ )

$d_s$  — спољни пречник шипке за бушење ( $m$ )

Одстрањивање набушеног материјала компримованим ваздухом врши се на основу прорачуна елементарних параметара.

Осни притисак

$$P_{os} = 0,7 \cdot G, kN \quad (6)$$

$G$  — тежина бушилице ( $t$ )

или

$$P_{os} = (6 - 7) \cdot f \cdot D, kN \quad (6)$$

$D$  — пречник бушотине ( $cm$ )

$f$  — коеф. чврстоће стене

Оптималан број обртаја прибора за бушење

$$n_o = \frac{2400 \cdot D_k}{Z \cdot D}, o / min \quad (6)$$

$D_k$  — пречник конуса ( $cm$ )

$Z$  — број зуба у ободном венцу конуса

$D$  — пречник круне ( $cm$ )

Потребна количина ваздуха за одстрањивање набушеног материјала

$$Q_v = \frac{(D_k^2 - D_s^2) \cdot v \cdot 60}{4}, m^3 / min \quad (6)$$

или

$$Q_v = 47,1 \cdot (D_k^2 - D_s^2) \cdot v, m^3 / min \quad (6)$$

$D_k$  — пречник круне (cm)

$v$  — потребна брзина ваздуха (m / s)

Пречник бушаћих шипки

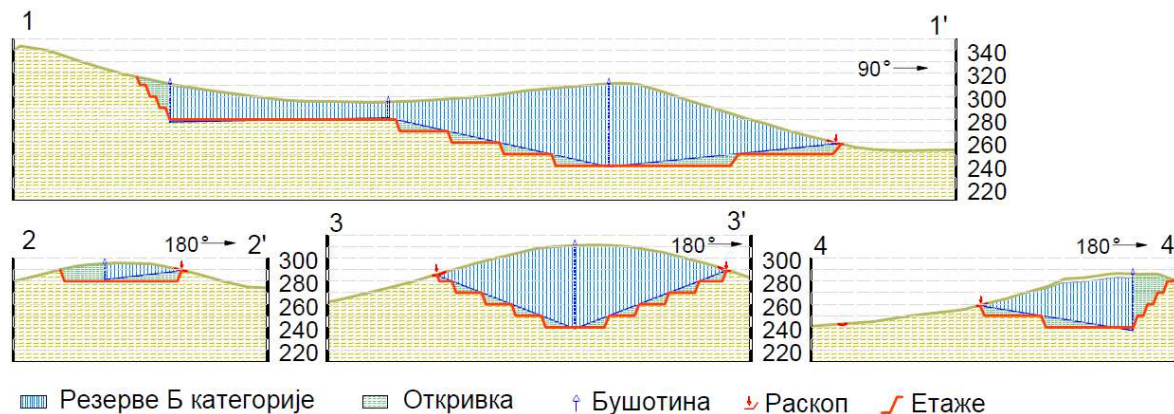
$$Q_v = \sqrt{D_k - \frac{Q_v}{47,1 \cdot v}}, m \quad (6)$$

У току истраживања вршено је картирање и опробовање истражних радова у циљу узимања узорка за: испитивања техничких својстава камена, затим хемијска, минералошко – петрографска и микрорепалеонтолошка испитивања.

Према проценама овај део терена је био економски најатрактивнији са аспекта истраживања кречњака као техничко – грађевинског камена. Основни разлог што је простор одабран за извођење детаљних истраживања су:

- велика концентрација компактних, очуваних и непо ремећених изданака кречњачких стена;
- велики број израђених усека, засека, раскопа и „мини – копова“ од стране локалног становништва, које је извађени материјал користило за градњу кућа, израду ограда, цокле и др., што указује на квалитет кречњака;
- повољно решавање имовинско – правних односа са власницима парцела у овом делу терена;
- повољна конфигурација терена;
- повољни експлоатациони услови за отварање површинског копа;
- повољне транспортне прилике и саобраћајне везе и др.

На основу прикупљених података може се закључити да се ради о изузетно доброј концентрисаности резерви по квадратном метру површине, што свакако има повољан утицај на економске ефекте експлоатације. Осим тога, са становишта експлоатације, веома је значајно што се лежиште практично јавља у облику једног рудног тела, има малу количину јаловине и нису утврђени јаловински прослојци. Истражни радови пројектовани су у мрежи, што је у складу са Правилником о класификацији и категоризацији чврстих минералних сировина и омогућава утврђивање резерви категорије потребне за билансирање лежишта техничко – грађевинског камена. Узевши у обзир стечена искустава у досадашњем раду са физичко – механичким карактеристикама радне средине сличним овој, усвојени су конструктивни параметри за оконтуривање геолошких резерви. Идејним решењем конструисан је површински коп са радним етажама висине 10 m, нагиба 70°, ширине сигурносне берме 6,1 m и угла завршне косине 49° (слика 2.10.2.).



Слика 2.10.2. Обрачунски профили [10]



На основу усвојених конструктивних параметара, кроз идејно решење, одређене су оријентационе контуре површинског копа са основним циљем оптималног искоришћења геолошких резерви (слика 2.10.3.). Прорачун геолошких резерви обухваћених идејним решењем завршног изгледа површинског копа урађен је методом етажних равни. Експлоатационе резерве су добијене као резултат умањених билансних резерви за експлоатационе губитке. Са рударског аспекта лежиште је приступачно за отварање, постоје и ранији експлоатациони радови за локалне потребе. Дуж северног обода лежишта пролази пут, тако да ће отварање и развој површинског копа, бити условљени и усмерени овим фактором.



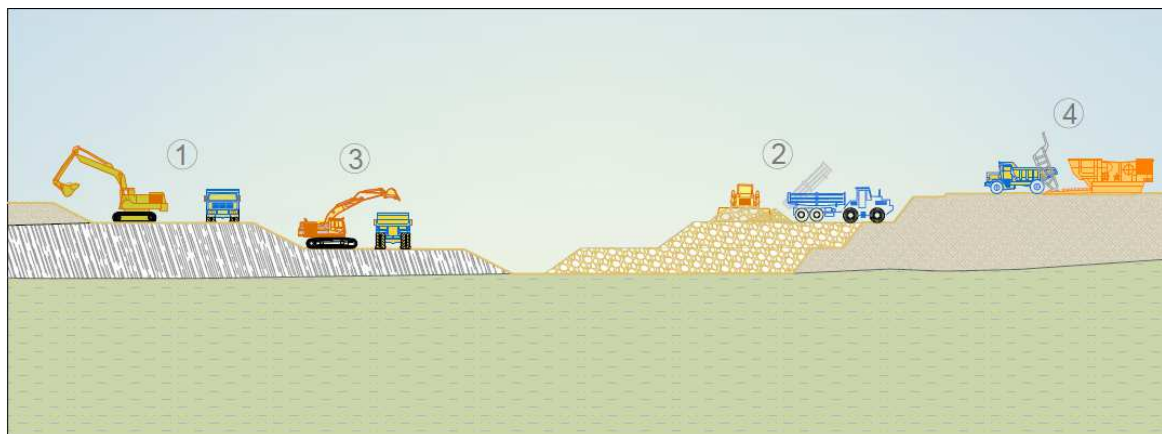
Слика 2.10.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Идејним решењем експлоатације на површинском копу предвиђа се откопавање откривке и транспорт до спољашњег одлагалишта, док се не створе услови за формирање унутар контура будућег површинског копа, затим минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења, слика 2.10.4. Откопавање минералне сировине вршиће се формирањем етажа одозго на доле. Пре завршетка експлоатације на једној, која је у раду, благовремено се отвара наредна, нижа етажа, како би се обезбедио континуитет експлоатације. Експлоатација кречњака као техничко – грађевинског камена на површинском копу би се изводила дисконтинуалним начином експлоатације.

На основу хидрогеолошких података не очекују се појаве подземних вода, тако да се вода на површинском копу може очекивати само након атмосферских падавина. У кишном периоду вода ће се гравитацијски каналима спроводити до дна, где ће се на најнижој коти изградити водосабирник из кога ће се акумулирана вода пумпати изван граница површинског копа. Снабдевање горивом вршиће се са најближе бензинске пумпе. Експлозив ће се по потреби довозити директно од произвођача. Индустриска вода ће се само повремено користити за квашење транспортних путева у летњем периоду, а допремаће се цистерном. Вода за пиће допремаће се са локалних водовода у посебним бидонима.

Радам на површинском копу кречњака потенцијално угрожена подручја животне средине могу бити ваздух и земља. Узрочници су бука, минерална прашина, гасови, оштећено земљиште. Када је у питању аерозагађење и извори буке, главни емитори су: бушилица, булдозер, утоваривач, камиони и пратећи процеси приликом минирања.

Количине штетних гасова у конкретним морфолошким и метеоролошким условима нису тако велике да би могло доћи до повећане концентрације штетних гасова које би угрозиле радну околину. Разлози за овакву констатацију су висински тип површинског копа, који ће бити изложен интензивном природном проветравању, тако да не може доћи до нагомилавања штетних гасова, било када је у питању рад мотора са унутрашњим сагоревањем било да се ради о минирању. Према томе, утицај на животну средину свешће се на нарушавање предела, односно деградацију терена. Експлоатација минералних сировина, посебно површинских копова, узрокује бројне негативне еколошке и друштвено – економске утицаје, нпр. промене у употреби земљишта, поремећај екосистема, измештање водотока и смањење нивоа подземних вода, промене у инфраструктури, неуравнотежен индустријски развој, пресељење и промене у економска и социјална структура локалног становништва [37]. Применом адекватне рекултивације по завршетку експлоатације на површинском копу изглед предела се може и побољшати, узевши у обзир планску намену простора, садржајност локалитета, као и квалитет присутног растиња на подручју лежишта [39].



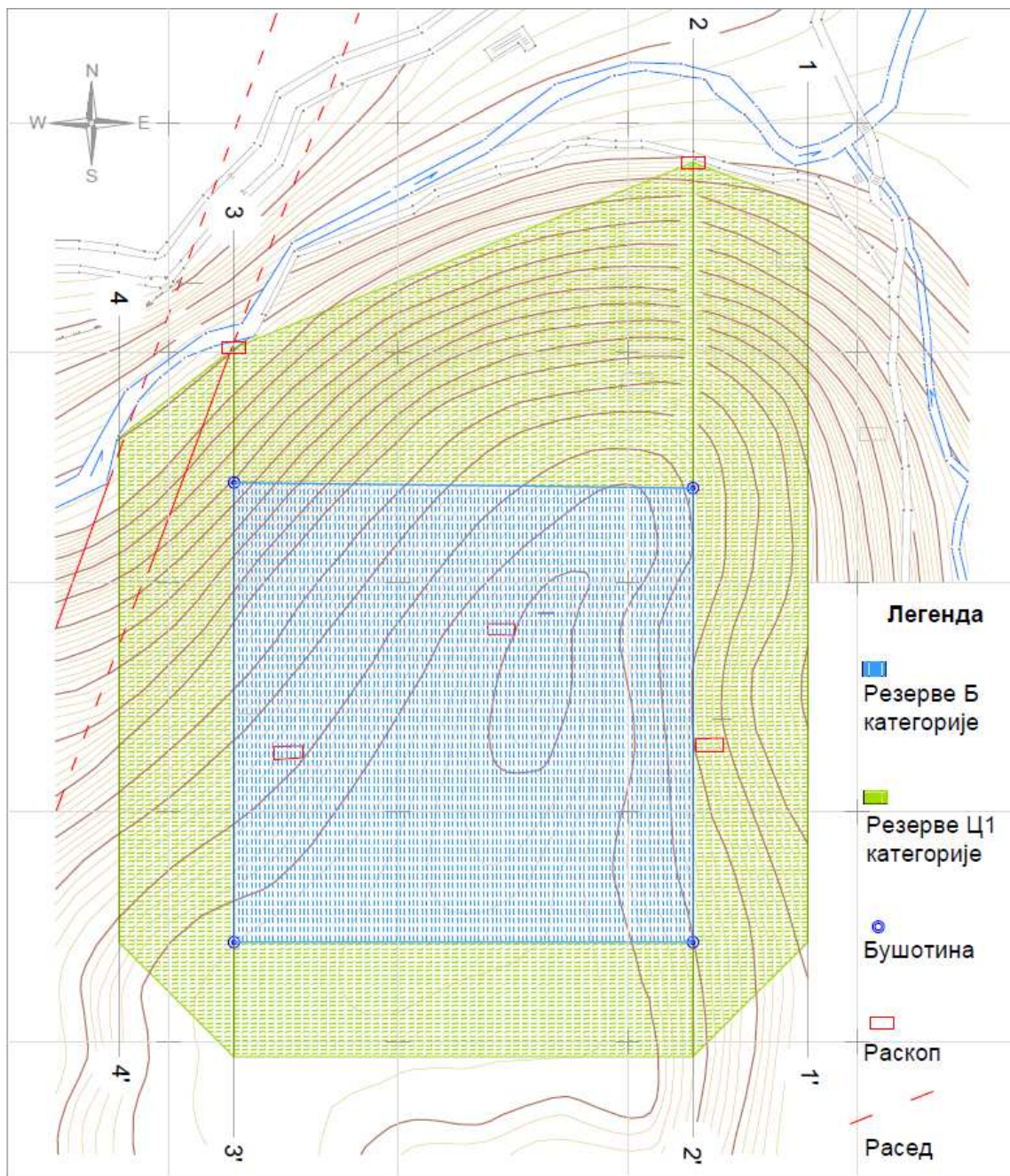
1 – Откопавање и утовар откритке; 2 – Транспорт и одлагање откритке на унутрашње одлагалиште;  
3 – Откопавање минералне сировине; 4 – Транспорт, истовар и дробљење – прерада минералне сировине

*Слика 2.10.4. Принципијелна шема експлоатације минералне сировине на површинском копу*



## 2.11. КРЕЧЊАК КАО СИРОВИНА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Терен у подручју истражног простора је благо брдовит. Целокупни простор лежишта и шире околине испресецан је јаругама, које су у време јаких падавина, кише или отапањем снега, главни носиоци бујичастих водених токова. Границе лежишта базиране су на урађеним истражним радовима, слика 2.11.1. До лежишта се може доћи асфалтним путем, који пролази кроз истражни простор у крајњем северозападном делу. Макадамски пут, који је проходан током целе године, пролази кроз централни део истражног простора од севера ка југу. Међутим, овај пут неће бити угрожен будућом експлоатацијом кречњака на површинском копу, јер се налази ван граница ооктурених резерви.



Слика 2.11.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]



У домену истражног простора главни водени ток представља река, која је издашна током целе године. Налази се у северном делу истражног простора и тече испод нивоа најниже коте будућег површинског копа, па се њен утицај на технолошки процес експлоатације може занемарити. На лежишту кречњака основни водоток представља поток, који тече целом дужином истражног простора, од југа ка северу и улива се у реку али није издашан са протоком воде, а често током године (у летњем периоду) и пресушује. На основу резултата испитивања водоносности кречњака, може се констатовати да до нивоа ерозионог базиса не треба очекивати значајније количине подземних вода на основу вредности порозности и водопропусности, јер се све количине подземних вода гравитационо дренажују без посебног третмана одводњавања лежишта. Гравитационо дренажање површинских вода изнад локалног ерозионог базиса дефинише хидрогеолошке прилике лежишта као врло повољне за несметану површинску експлоатацију. Површинска вода, од падавина, са околног сливног подручја, гравитационо се слива ка површинском копу. Заштита од те воде врши се израдом ободних и етажних канала, који контролисано одводе воду према реципијенту, водосабирнику а који се позиционира у најнижој тачки копа.

Количина воде коју може да прими канал или усек, може се одредити по образцу:

$$Q = \frac{b + B'}{2} \cdot h \cdot L, \text{ m}^3/\text{s} \quad (7)$$

$b$  — ширина канала на дну у водонепропустној средини (m)

$B'$  — ширина канала у контакту водопропустне и водонепропустне серије (m)

$h$  — висина усека, канала у водонепропустној серији (m)

$L$  — дужина канала (m)

Запремина водосабирника у функцији количине притока и капацитета пумпи

$$V = Q_{\max} \cdot Q_p = f(Q_m; Q_p), \text{ m}^3 \quad (7)$$

$Q_{\max}$  — количина максималног притока

$Q_p$  — количина воде која се испумпа

Меродавна количина воде за димензионисање канала

$$Q = P \cdot i \cdot \alpha, \text{ m}^3 \quad (7)$$

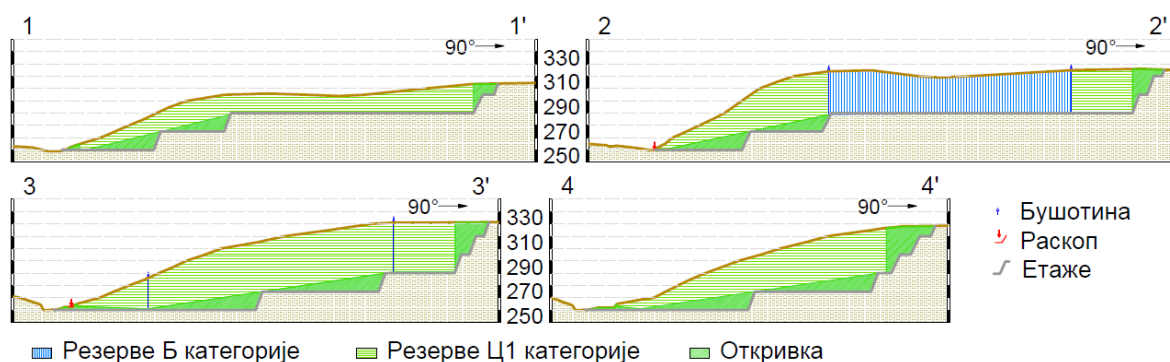
$P$  — сливна површина ( $\text{m}^2$ )

$i$  — интензитет кише ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ )

$\alpha$  — коеф. отицаја

Специфичност инжењерско – геолошких карактеристика овог лежишта огледа се пре свега у смислу присутне стабилности косина на десној долиној страни безименог потока, где су косине етажа вертикалне или субвертикалне. Практично целокупна стенска маса овог лежишта је постојана при егзогеним процесима, јер се ради о кречњацима високих геомеханичких карактеристика, што се може узети у обзир приликом усвајања параметара радне и завршне косине површинског копа.

Прорачун резерви извршен је методом паралелних вертикалних профила, слика 2.11.2, као основном и геолошких блокова као контролном. На основу урађеног елабората физичко – механичких својстава карбонатних стена и добијених резултата, усвојени су конструктивни параметри за израду идејног решења завршног изгледа површинског копа, слика 2.11.3. Пројектним решењем конструисан је површински коп са висином радних етажа од 15 m, нагиба  $70^\circ$  и угла завршне косине  $56^\circ$ . Минимална ширина сигурносне берме у завршној косини износи 4,7 m.



Слика 2.11.2. Обрачунски профили [10]

Основни услови добијања производа од ове сировине сведени су на основне карактеристике дисконтинуалног система експлоатације и постројења за дробљење и класирање и састоји се из следећих технолошких фаза рада:

- чишћење терена од биљног покривача,
- откопавање, транспорт и одлагање јаловине,
- бушење и минирање кречњака,
- утовар и транспорт кречњака до дробиличног постројења.

Кречњак лежишта са утврђеним хемијским и минералним саставом, својим структурно – текстуричним карактеристикама и садржајима штетних компоненти има сва повољна технолошка својства да се може без технолошких проблема економски целисходно користити као сировина за техничко – грађевински камен. Сагласно утврђеном квалитету и одредбама важећих техничких услова, испитана дробљена мешавина каменог агрегата добијена из лежишта кречњака има добра петролошка и физичко – механичка својства и уз мању корекцију гранулометријског састава, задовољава прописане услове за доњи носећи слој од невезаног каменог материјала.

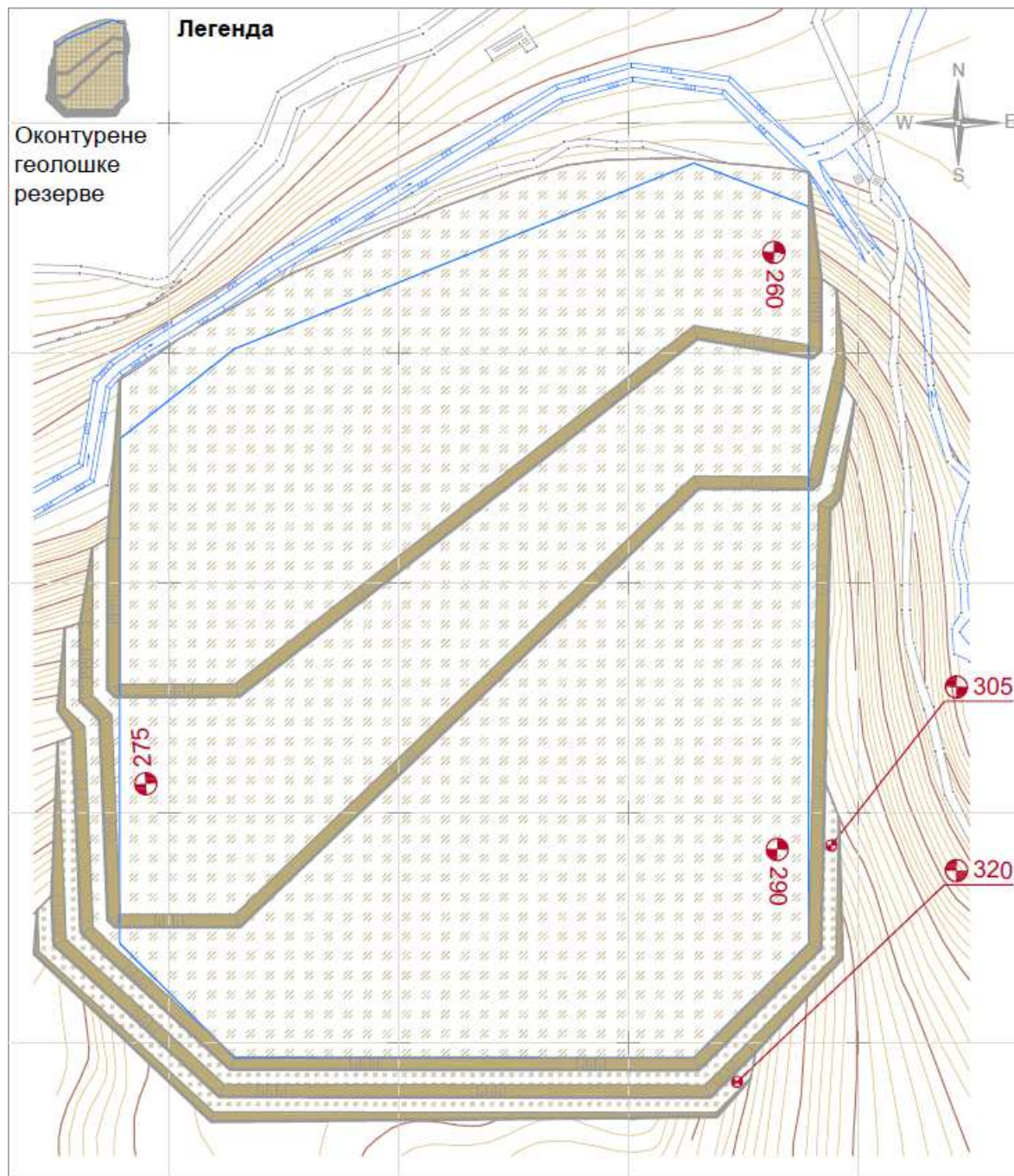
У функцији експлоатационих активности, које се изводе на површинским коповима потребно је предвидети низ објеката, који треба да обезбеде равномеран и неометан развој технолошког процеса.

Велики утицај на локацију објеката у функцији површинског копа, може имати место отварања, смер и правац напредовања фронта радова.

По својој структури и обиму објекти у функцији површинског копа могу бити различити у зависности од конкретне локације и окружења површинског копа, али се може издвојити неколико основних објеката који су стално или најчешће присутни а то су:

- управна зграда (канцеларијски простор, лабораторије, ресторан, просторије за одржавање личне хигијене, санитарни чворови, купатила),
- објекти за смештај радника на површинском копу за непосредно праћење и контролу производног процеса,
- објекти и постројења за одржавање опреме на површинском копу са сервисним радионицама и магацинским простором,
- магацини експлозива и иницијалних средстава,
- објекти за снабдевање електричне енергије на површинском копу,
- објекти за снабдевање питком и индустријском водом,
- објекти противпожарне заштите,
- приступни путеви,
- постројења за припрему минералних сировина,
- депоније за складиштење, утовар, претовар и отпрему готових производа,

- одлагалишта,
- објекти у контури и изван контуре површинског копа за заштиту површинског копа од атмосферских и подземних вода (ободни заштитни канали, водозахвати и измештена корита активних водотокова, водосабирници са пумпним станицама.

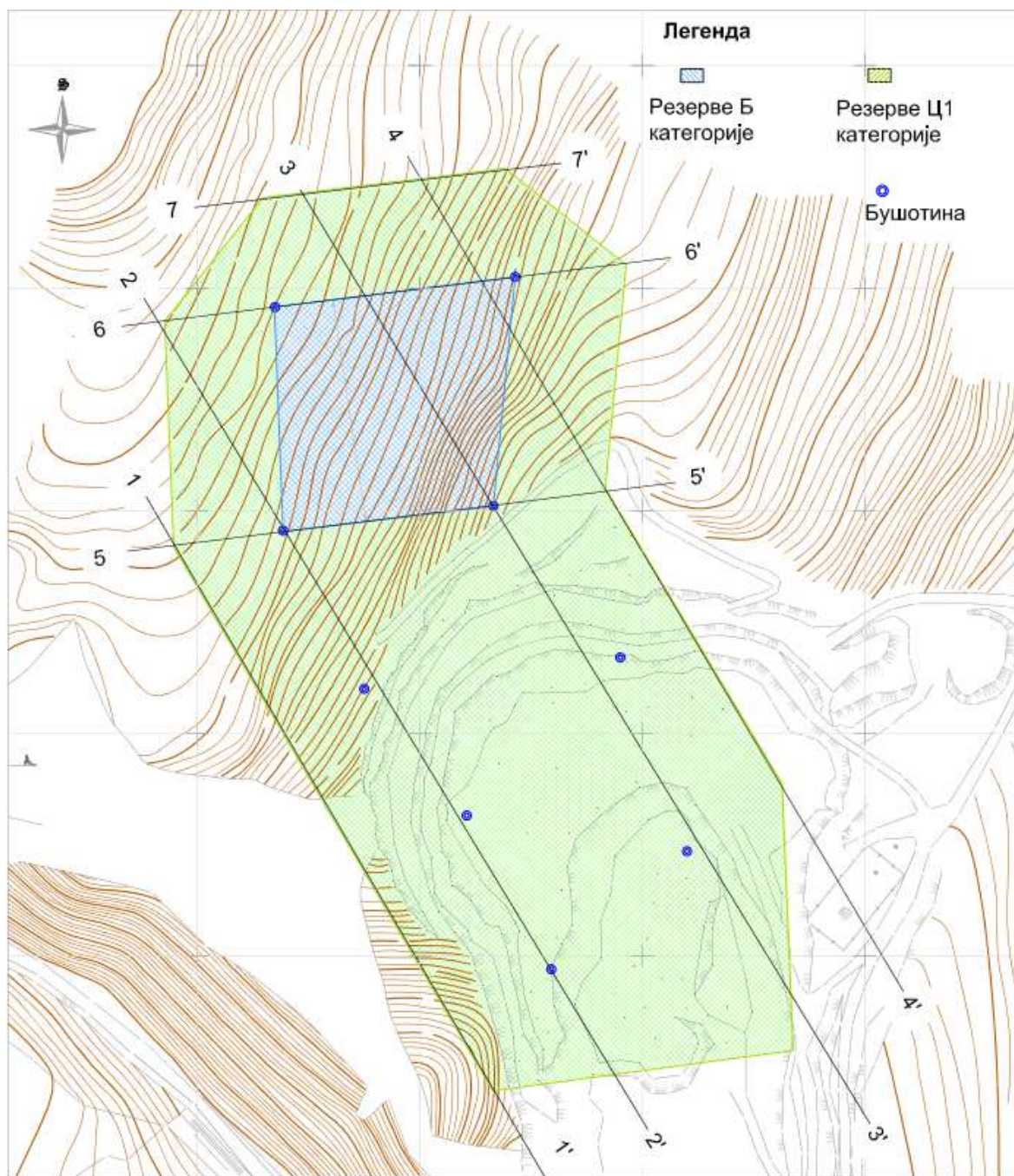


Слика 2.11.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]



## 2.12. ЕКСПЛОАТАЦИЈА ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ КРЕЧЊАКА

Подручје се налази једним делом на обронцима планина а другим на ободу котлине. Непосредни терен истражног простора (слика 2.12.1.) изграђују стене карбонатног порекла, које су слабоводопрпусне до водопрпусне. У њима су могуће појаве издани подземних вода пукотинског типа, међутим оне истражним и експлоатационим радовима нису констатоване. У хидрогеолошком погледу овај део терена је безводан а изграђен је од седимената са карактеристикама добро пропусних стена.



Слика 2.12.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

У саобраћајно – комуникационом погледу шире подручје лежишта кречњака одликује се изванредним условима како за унутрашњи тако и за спољашњи транспорт. Под унутрашњим транспортом се подразумева превоз експлоатисаног кречњака са површинског копа до постројења за припрему, прераду и финалну производњу. Прерађивачка постројења се налазе непосредно уз само лежиште техничко – грађевинског камена. Под спољашњим транспортом се подразумева транспорт свих готових производа до крајњих потрошача. Обзиром на географски положај, лежиште кречњака непосредно је везано за две магистралне саобраћајнице.

Геолошку основу лежишта, изграђују девонски и пермски шкриљци, пешчари, аргилошисти и филити. Преко творевина палеозоика дискордантно леже седименти доње креде представљене масивним баремским кречњацима ургонске фације. У границама истражног простора кречњаци су такође типски, масивни, местимично банковити, једри, без изражене слојевитости, сиви, плавичастосиве и плавичасте боје. У вишим хоризонтима отворених профила, етажа површинског копа, а и из језгара бушотина, види се и утврђено је да су кречњаци лежишта наведених боја, док су у дубљим, нижим нивоима, редовно крем до светломрке боје.

У самом истражном простору лежишта кречњака нису запажени никакви тектонски облици. Изграђено је у већем делу од једрих масивних и банковитих кречњака, па се може закључити да је лежиште тектонски непоремећено. Присутне промене на кречњацима су углавном површинске и то у виду појава испуцалости и карсних облика.

Лежиште кречњака истражено је мрежом истражних бушотина. По добини лежиште није истражено већ су све бушотине остале у кречњаку.

На основу добијених лабораторијских резултата, извршених минералошко – петрографских, физичко – механичких и технолошких испитивања, кречњак из лежишта, према важећим стандардима и потребама тржишта, може се употребити као:

- агрегат за израду доњих носећих механички стабилованих (тампонских) слојева,
- агрегат за израду асфалт – бетона на путевима,
- агрегат за носеће слојеве од битуминизраног материјала без обзира на врсту саобраћајног оптерећења,
- агрегат за израду цемент – бетонских мешавина.

Прорачун резерви извршен је методом паралелних вертикалних профила, као основном и методом блокова као контролном.

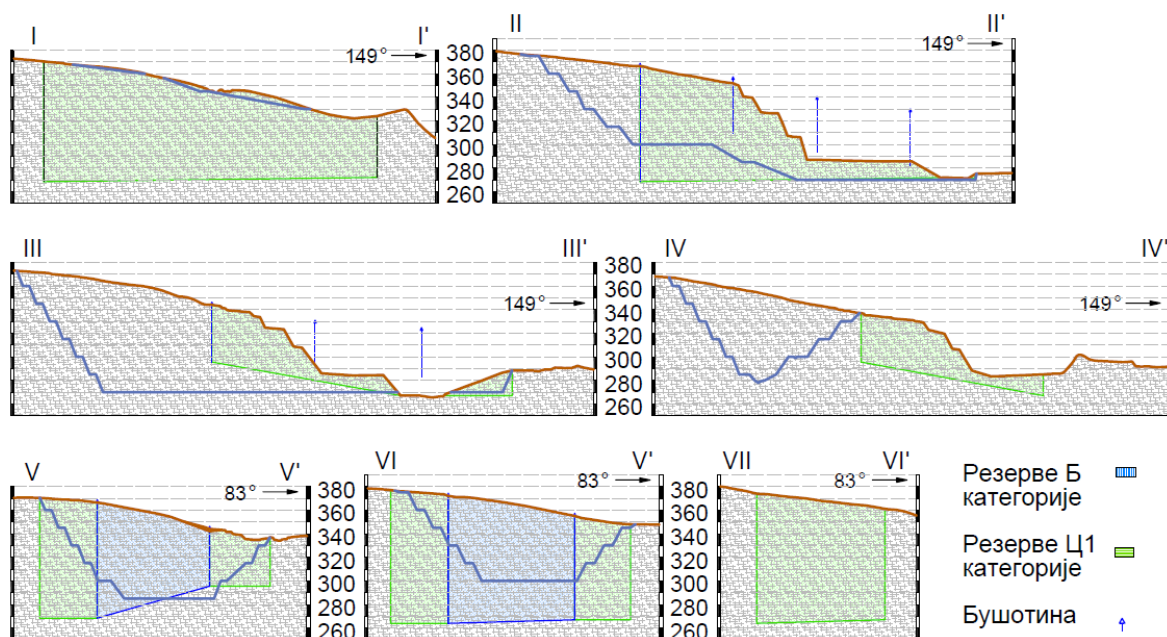
Елаборат о испитивању физичко – механичких својстава кречњака са анализом стабилности косина рађен је за потребе израде рударског пројекта. За израду идејног решења завршног изгледа површинског копа усвојени су пројектом дефинисани констрктивни параметри: висина радне етаже 15 m, нагиб 70° и угао завршне косине 55°. Минимална ширина берме је 5,1 m (слика 2.12.2.).

Експлоатација кречњака и његова прерада обављају се стандардном технологијом. Производни погон је већ годинама у функцији са технологијом и опремом као и целокупном инфраструктуром, која се налази непосредно поред магистралног пута.

У оквиру израде идејног решења завршног изгледа површинског копа у обзир је узет наставак експлоатације који је условљен границом експлоатационог поља.

Да би биле захваћене највеће количине геолошких резерви, формирана је контура површинског копа почевши од нивоа истраживања, најнижа етажа, па до ограничења геолошких резерви (слика 2.12.3.).

Технолошки процес добијања минералне сировине из лежишта вршио би се као и до сада површинским начином експлоатације, који обухвата следеће фазе: чишћење терена од биљног покривача, откопавање, утовар, транспорт и одлагање јаловине, бушење, минирање, утовар, транспорт, припрема и прерада кречњака.



Слика 2.12.2. Обрачунски профили [10]

Ефикасност камионског транспорта може се сагледати кроз низ показатеља, карактеристичних за рад возила од којих су најзначајнији:

Коефицијент техничке исправности возног парка

$$k_{ki} = \frac{n_{ki}}{n_{kinv}} \quad (2)$$

$n_{ki}$  — број технички исправних возила

$n_{kinv}$  — инвентарски број возила

Коефицијент искоришћености возног парка

$$k_{kv} = \frac{n_{kd}}{n_{kp}} \quad (2)$$

$n_{kd}$  — број машинских радних дана возила остварених у одређеном временском периоду

$n_{kp}$  — број машинских дана инвентарског броја возила у истом временском периоду као код  $n_{kd}$

Коефицијент искоришћености пређеног пута

$$k_l = \frac{l_{pu}}{l_{pu} + l_{pr} + l_{ga}} \quad (2)$$

$l_{pu}$  — пређени пут са пуним возилом у m

$l_{pr}$  — пређени пут са празним возилом на површинском копу у m

$l_{ga}$  — пређени пут празног возила од гараже до површинског копа и назад у m



Коефицијент искоришћености носивости возила

$$k_q = \frac{q'}{q} \quad (2)$$

$l_{pu}$  — маса материјала у сандуку камиона у t

$l_{pr}$  — носивост возила у t

Ефективни капацитет транспорта камионом

$$Q_{ev} = k_q \cdot q \cdot \eta_t \cdot \frac{t_{sm} \cdot 60}{t_c}, \text{ t /smeni} \quad (2)$$

$\eta_t$  — временско искоришћење, које представља однос укупно расположивог времена умањеног за непредвиђене застоје према расположивом времену

$t_{sm}$  — време трајања смене (h)

$t_c$  — ефективно време једног циклуса возила (min)

Интезитет транспорта (максималан број возила у једном правцу)

$$l_{tr} = \frac{60}{k_a \cdot t_{in}} = \frac{1000 \cdot V_k}{k_a \cdot l_{in}}, \text{ vozilo/h} \quad (2)$$

$k_a$  — коеф. неравномерности кретања возила

$t_{in}$  — интервал времена између возила (min)

$V_k$  — брзина кретања возила (km/h)

Размак између возила, која се крећу једно иза другог у m, одређује се на бази следећег обрасца:

$$l_{in} = \frac{2 \cdot V_k}{3,6} + \frac{V_k^2 \cdot (1 + k_j)}{254 \cdot (\mu_T + w_o \pm i_o)} + l_k, \text{ m} \quad (2)$$

$k_j$  — коеф. инерције

$\mu_T$  — коеф. адхезије, који се узима у обзир према неповољним условима пута

$w_o$  — специф. отпор на кретање (N/kN)

$i_o$  — специф. отпор услед нагиба пута (N/kN)

$l_k$  — дужина возила (m)

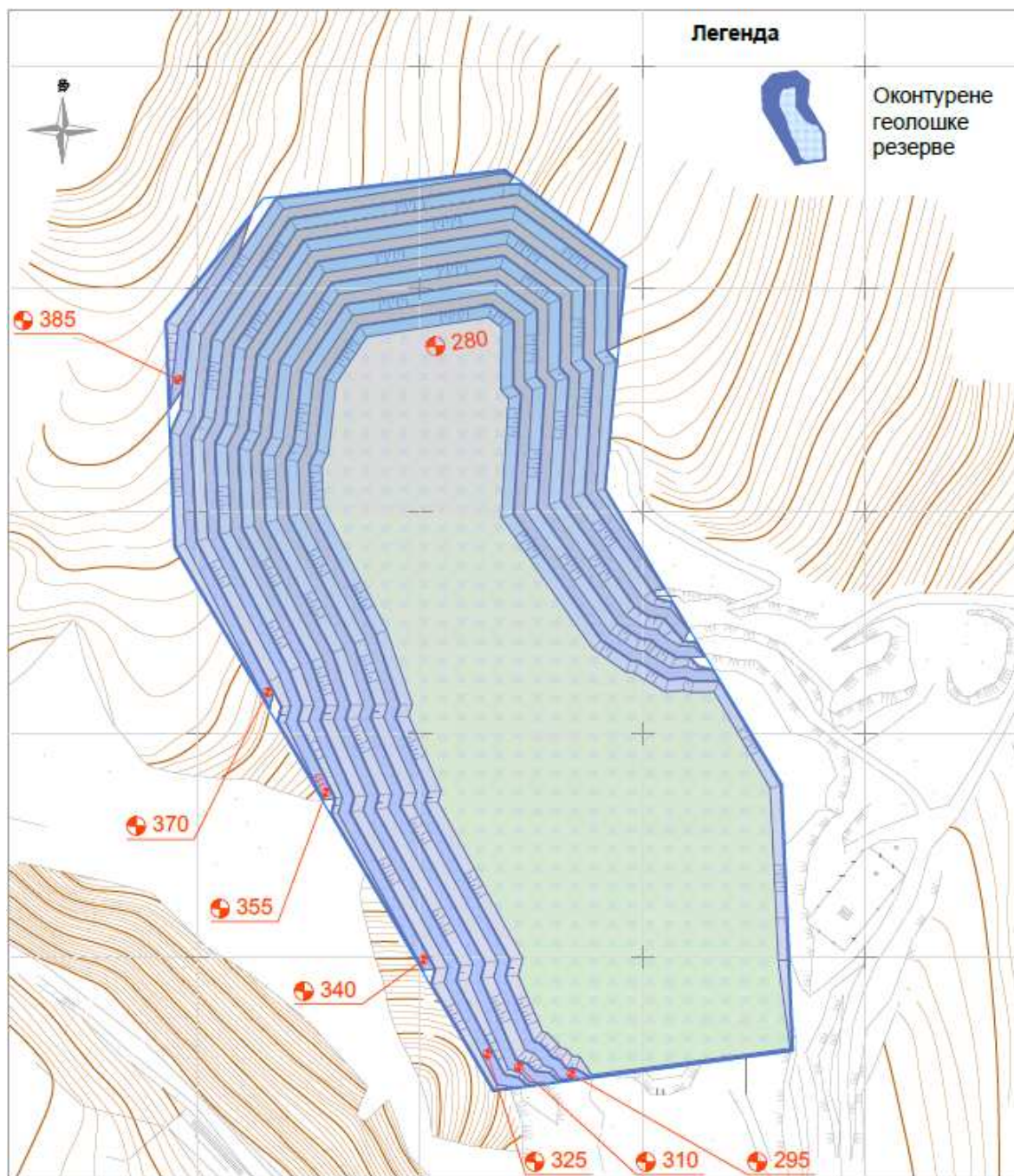
Укупна количина гасова из мотора са унутрашњим сагоревањем по јединици снаге у једној секунди

$$V_g = \frac{Q \cdot V \cdot \varphi}{3.600}, \text{ m}^3/\text{kWh} \quad (1)$$

$q$  — специф. потрошња горива дизел мотора са унутрашњим сагоревањем (kg/kWh)

$V$  — минимална потребна количина ваздуха за сагоревање 1 kg горива (m<sup>3</sup>/kg)

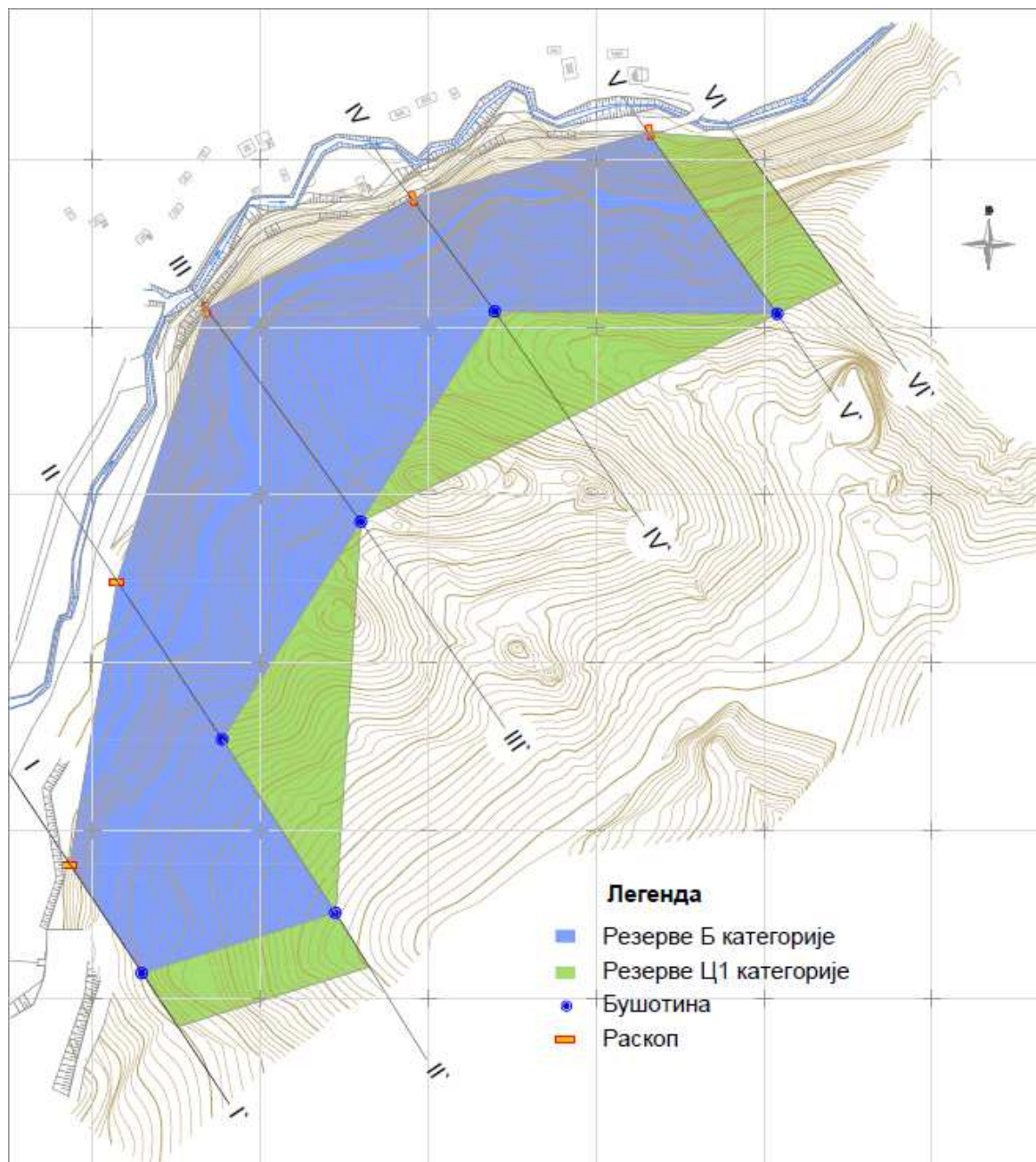
$\varphi$  — коеф. вишка ваздуха за сагоревање



Слика 2.12.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

### 2.13. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА КАО СИРОВИНА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Изглед рељефа је условљен литолошким и структурним склопом терена, који је углавном утицао на обликовање истакнутих морфолошких облика и оријентацију хидрографске мреже. Ужи део истражног простора (слика 2.13.1.) представља благо заталасан предео. Терен обухваћен истражним пољем прекривен је листопадном шумом и огољеним пропланцима. Хидрографска мрежа овог подручја је веома разуђена. Седиментне творевине палеозоица имају знатно учешће у грађи ширег подручја лежишта. Најстарију творевину представља серија пешчара и шкриљаца. Лежиште представља део кречњачке масе у оквиру карбонских кречњака који се јављају у виду сочива.



Слика 2.13.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]



Геолошким картирањем издвојене су серије кварцних пешчара и аргилита, кречњаци башкирског ката, тријаски кречњаци, левант – плеистоценски пескови, шљункови, глине и алувијалне насlage. Што се тиче порозности кречњака у простору самог лежишта, она је различита јер је стена због тектонског напрезања здорбљена, при чему је добила кластичну структуру и другачију порозност, односно слабије филтрационе карактеристике и мању водопропусност. Ова чињеница, међутим, неће неповољно утицати на услове експлоатације у лежишту због добрих водно – физичких одлика стенске средине и евентуалног, само краткотрајног задржавања воде при интензивним падинама на заравњеним манипулативним површинама лежишта.

У инжењерско – геолошком погледу терен је једноставне грађе. Кречњаци су испуцали и испресецани бројним стиснутим и отвореним пукотинама. Ове пукотине и каверне углавном су испуњене површинским црвеним глинама и калцијум – карбонатном компонентом. Овако густа мрежа механичких дисконинуитета учинила је стенску масу дељивом на мање блокове, што је са аспекта минирања, експлоатације и прераде минералне сировине јако повољно. Међутим, у погледу стабилности, односно одређивања угла радних и завршних косина површинског копа и поред релативно добрих физичко – механичких својстава, мора се узети у обзир испуцалост стенске масе.

Геолошки радови су извођени у свим фазама истраживања, а њихов задатак је био пре свега оконтуривање и интерпретација свих геолошких параметара релевантних за утврђивање геолошке грађе, генезе и минерагенетских карактеристика лежишта кречњака, као и валоризација података добијених осталим методама истраживања (истражно бушење и раскопи) [53].

Поред геолошког картирања, опробавања лежишта и истражних радова, геолошки радови су обухватили и контролу режима извођења истражног бушења. На основу резултата геолошког картирања приступило се лоцирању позиција истражних раскопа. При одређивању места истражних радова водило се рачуна да се максимално искористе природни или вештачки отворени профили.

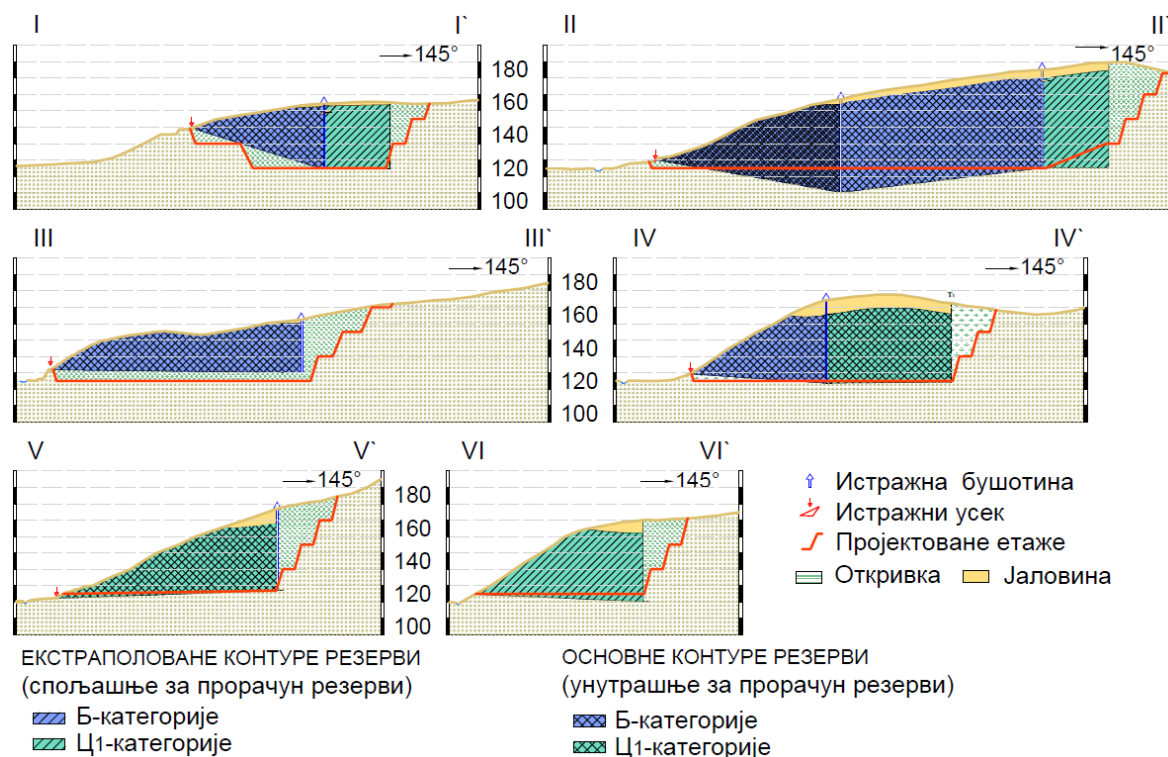
Израда раскопа имала је за циљ утврђивање простирања рудне масе а потом и узимање узорака за лабораторијска испитивања. У циљу одређивање квалитета кречњака извршена су минерално – петролошка, физичко – механичка, хемијска и технолошка испитивања.

Оконтурење лежишта, односно одређивање унутрашње и спољашње границе лежишта или рудних тела, зависи од врсте и густине истражних радова и од геолошких особина лежишта и њихове променљивости и врши се на основу метода интерполације и екстраполације.

Ограничење лежишта представља сложен геолошки проблем и веома је важан због могућих грешака које се касније преносе и на прорачун резерви без обзира на изабрану методу прорачуна. Лежиште је оконтурено унутрашњом и спољашњом контуром. Унутрашња контура добијена је међусобним спајањем ободних позитивних истражних радова. Спољашња контура повучена је ван ободних позитивних радова формалном методом неограничене екстраполације (повлачење спољашње контуре паралелно са унутрашњом, на удаљености која је једнака највише до  $\frac{1}{4}$  максималних растојања између истражних радова предвиђених за Ц<sub>1</sub> категорију).

Прорачун геолошких резерви лежишта извршен је методом паралелних профила (слика 2.13.2.) као основном, док је за контролу добијених резултата коришћена метода троуглова.

Како испитивање физичко – механичких својстава кречњака са анализом стабилности косина није рађено, за потребе израде идејног решења завршног изгледа површинског копа кречњака (слика 2.13.3.) усвојени су конструктивни параметри засновани на основу искуства и литературних података са формирањем радних етажа висине 15 m, нагиба 75° и угла завршне косине 53°. За минималну ширину сигурносне берме у завршној косини усвојена је вредност од 8 m (прорачуном утврђена вредност износи 7,3 m).

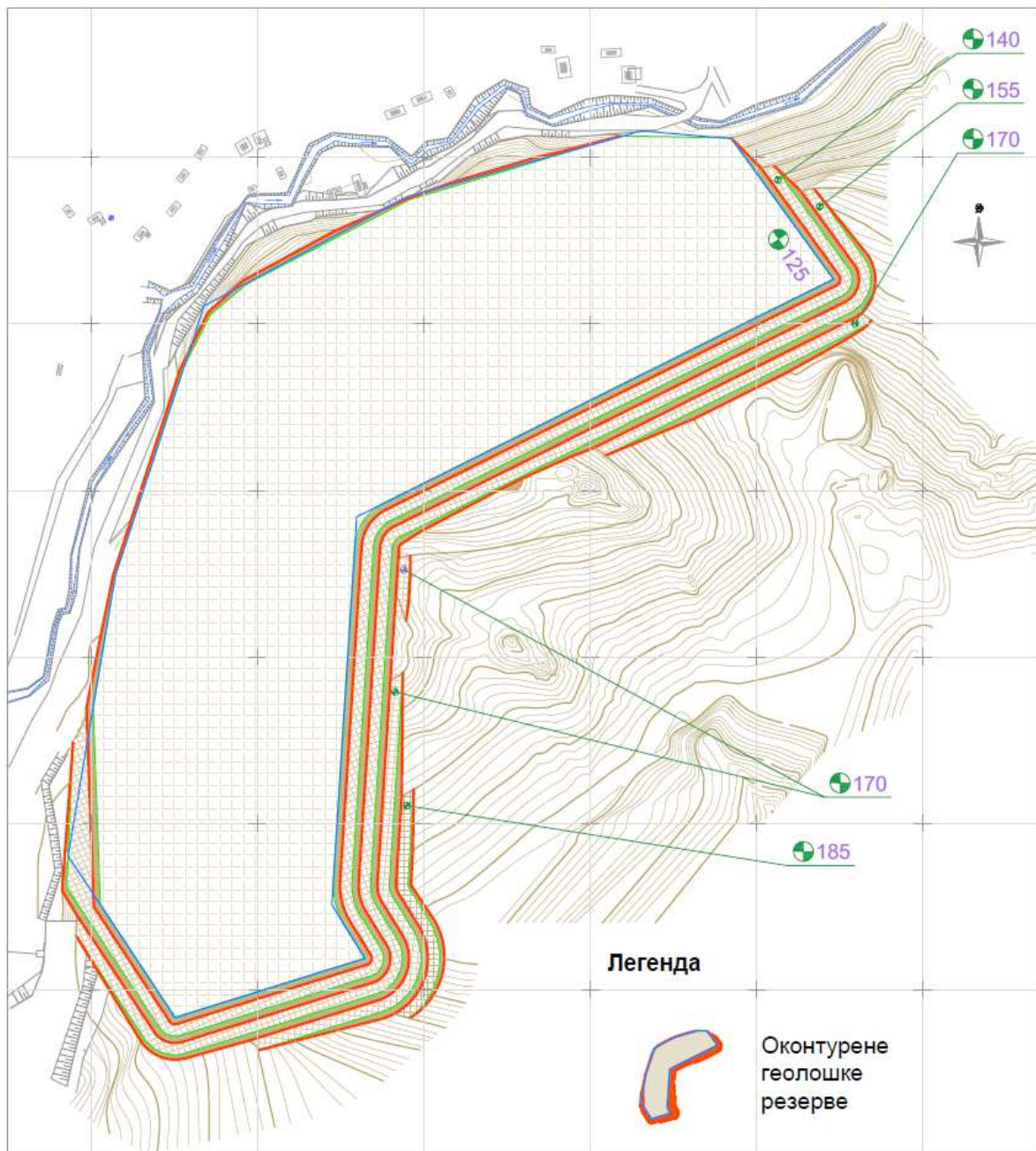


Слика 2.13.2. Обрачунски профили [10]

Технологија процеса добијања минералне сировине из лежишта обухватиће бушење, минирање, утовар, транспорт до дробиличног постројења, дробљење, класирање и утовар комерцијалних производа.

За економске ефекте експлоатације лежишта поред количине билансних резерви, наглашен значај има и њихова концентрисаност, која је истражена у оквиру сочивастиг рудног тела. Кречњак овог лежишта у потпуности одговара основном индустријском типу лежишта јер је генетски везан за продуктивне седименте. За разлику од осталих карбонатних сировина, кречњаци са оваквим својствима погодни су за добијање квалитетног техничког грађевинског материјала.

На основу резултата лабораторијских испитивања, сагласно техничким условима, дефинисаним одговарајућим стандардима, кречњак из лежишта се може употребити као техничко – грађевински камен за производњу: нефракционисане и фракционисане камене ситнежи за израду: доњих носећих механички стабилованих (тампонских) слојева коловозних конструкција, доњих носећих слојева коловозних конструкција од битуменизованог материјала по врућем поступку, горњих носећих слојева коловозних конструкција од битуменизованог материјала по врућем поступку на путевима са тешким, средњим, лаким и врло лаким саобраћајним оптерећењем, коловозних застора (хабајућих слојева) од асфалт – бетона на путевима са лаким и врло лаким саобраћајним оптерећењем, доњих слојева цемент – бетонских коловозних плоча, цемент – бетона (масивног, армираног и преднапрегнутог) који не могу бити изложени хабању и ерозији, носећих слојева коловозних конструкција стабилованих цементом, заштитног – тампонског слоја трупца железничких пруга, ломљеног камена – необрађеног, полуобрађеног и обрађеног – за сва зидања у нискоградњи (подзиде, портали, косине) и високоградњи (зградарству), хидротехничког грађевинског камена – ломљеног, полуобрађеног и обрађеног – за израду обалоутврда, водотокова, свих врста хидротехничких објеката, габона, фашина и др.



Слика 2.13.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Техно – економска оцена се може вршити на бази појединачних вредносних показатеља или се прорачунава један репрезентативан синтетички показатељ у коме су најзначајнији показатељи вредносног карактера.



**СИНТЕТСКИ ПОКАЗАТЕЉИ****ВРЕДНОСТ ЛЕЖИШТА БЕЗ УЗИМАЊА У ОБЗИР ВРЕМЕНСКОГ ФАКТОРА**

$$V_u = (V_i - T_i) \cdot (R - G) \quad (10)$$

$V_u$  — условна вредност лежишта без узимања временског фактора (РСД)

$V_i$  — вредност корисне сировине (РСД/чм<sup>3</sup>)

$T_i$  — трошкови потребни за добијање корисне сировине (РСД/чм<sup>3</sup>)

$R$  — резерве минералне сировине (корисних компоненти) у лежишту (чм<sup>3</sup>)

$G$  — стварни или пројектом предвиђени губици минералне сировине у односу на све резерве и све фазе третирања минералне сировине (чм<sup>3</sup>)

**РЕНТАБИЛНОСТ**

$$R = \frac{UP - UT}{UT} \cdot 100, \% \quad (10)$$

$UP$  — укупан приход (РСД)

$UT$  — укупни трошкови са ПДВ – ом (РСД)

**ЕКОНОМИЧНОСТ**

$$E = \frac{Q}{T_{sr} + T_{mat} + LD} \quad (10)$$

$Q$  — обим производње, укупан приход (РСД)

$T_{sr}$  — трошкови средстава, амортизација (РСД)

$T_{mat}$  — трошкови материјала (РСД)

$LD$  — трошкови живог рада, лични дохоци (РСД)

**ВРЕДНОСТ ЛЕЖИШТА СА УЗИМАЊЕМ У ОБЗИР ВРЕМЕНСКОГ ФАКТОРА**

Комплетна техничко – економска оцена врши се само за лежишта која су у оквиру активних рудника, односно у оквиру рудника за које је израђен пројекат.

Основна разлика између статичког и динамичког приступа је у томе што се за израчунавање статичких показатеља користе подаци који се односе на просечну годину пословања, док се код израчунавања динамичких показатеља користе подаци за више година, па и за цео век пројекта, а који се свде на годину оцене (свођење будућих ефеката на данашњи дан помоћу одређене дисконтне стопе).

У циљу доношења одлуке о инвестирању у експлоатацију лежишта користе се две методе.

Методом нето садашње вредности сви повраћаји новца дисконтују се на садашњу вредност користећи тражену стопу повраћаја. Уз примену дисконтне стопе, прорачунава се нето садашња вредност пре и после опорезивања.

$$NSV = \sum_{i=1}^n \frac{ND_i}{(1+r)^i} \quad (10)$$

- NSV — нето садашња вредност (PCД)  
 ND — нето добит (профит) у години (PCД)  
 n — број година експлоатације  
 r — профитна стопа

Методом унутрашње стопе повратка одређује се унутрашња стопа повратка у очекиваном периоду свдећи вредности очекиваних профита са вредношћу инвестиције:

$$NSV_i = \frac{P_f}{(1+r_i)} + \frac{P_f}{(1+r_i)^2} + \dots + \frac{P_f}{(1+r_i)^n} = 0$$

$$r_i = r_1 + \frac{NSV_1 \cdot (r_2 - r_1)}{NSV_1 + |NSV_2|} \quad (10)$$

Образац важи када је  $\frac{r_2}{r_1} \leq 1,05$

- NSV — нето садашња вредност и једнака је нули  
 $r_i$  — унутрашња стопа повратка  
 $P_f$  — очекивани профит после опорезивања (PCД)  
 I — вредност инвестиције (PCД)  
 n — период у коме се очекује прилив новца (год)  
 $r_1$  — интерна стопа при којој је нето садашња вредност близу нуле и позитивна  
 $r_2$  — интерна стопа при којој је нето садашња вредност близу нуле и негативна

## 2.14. ЕКСПЛОАТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ КАМЕНА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ КРЕЧЊАКА

У целини терен је морфолошки врло разуђен. Карактеристични су благо заобљени гребени и била, а у извесним случајевима се веома оштро спуштају ка нижим деловима терена. Лежиште се по вертикали може поделити на два дела: брдски део изнад и дубински део испод нивоа реке. Терен површинског копа је изразито висинског типа и развијаће се у хомогеној радној средини. Тло изнад реке је каменито обрасло шикаром. Површина слива је скоро безначајна. Ова површина лежи између постојећег пољског пута и површинског копа, док ће вода са виших кота бити заустављена и спроведена пројектованом трасом канала. За сада експлоатација се врши само на брдском делу и све падавине се гравитацијски дренажују у корито реке и не представљају никакву опасност за рад и егзистенцију површинског копа. Међутим, идејним решењем за заштиту од површинских вода конструисано је корито за прихват и усмеравање површинских вода. Подземне воде нису примећене на простору лежишта, површинског копа, јер и река лежи до нивоа најниже етаже, а у прилог томе је и чињеница да у речном кориту током већег дела године нема воде.

Лежиште кречњака је седиментног типа. Кречњачки слојеви су настали наизменичним таложењем. Настанак црвених кречњака је у вези са пермским црвеним пашчарима који су били богати хематитом. Крем кречњаци су настали у међувремену, између периода таложења црвених кречњака и припадају коралском типу, што је установљено на основу присуства фосила корала. Према састојцима фосила ови кречњаци су настали у дубљој зони мора.

Истраживано подручје, слика 2.14.1., представља само део стенске масе, која се протеже у виду наизменичних слојева крем и црвених кречњака, чије је простирање знатно. На ширем подручју заступљенији су крем кречњаци, док је у истраживаном делу заступљеност црвених кречњака већа. Непосредну зону лежишта чине кречњаци крем и црвене боје доње креде. Осталу масу кровинских, подинских и међуслојних кречњака чине углавном крем кречњаци. Пукотине у кречњачкој маси су испуњене црвенкастом и жутом глином. Кречњак има доста пукотина и прслина које су цементоване хематитском цементном масом. Приметно је присуство фосилних остатака корала, бриозоја, сунђера, реквијенија, орбиталина и других. Доњи слој црвеног кречњака је у горњем делу оолитичног и бречоидног изгледа. Структура црвеног кречњака је микроструктурална и хомогена до стилолитске текстуре састављена од микроструктуралног калцита.

Имајући у виду рударско – геолошке услове експлоатације и квалитет минералне сировине, на основу дугогодишње експлоатације може се са поуздано тврдити да се ради о лежишту економског типа, односно лежишту које се исплати експлоатисати у тренутним тржишним условима.

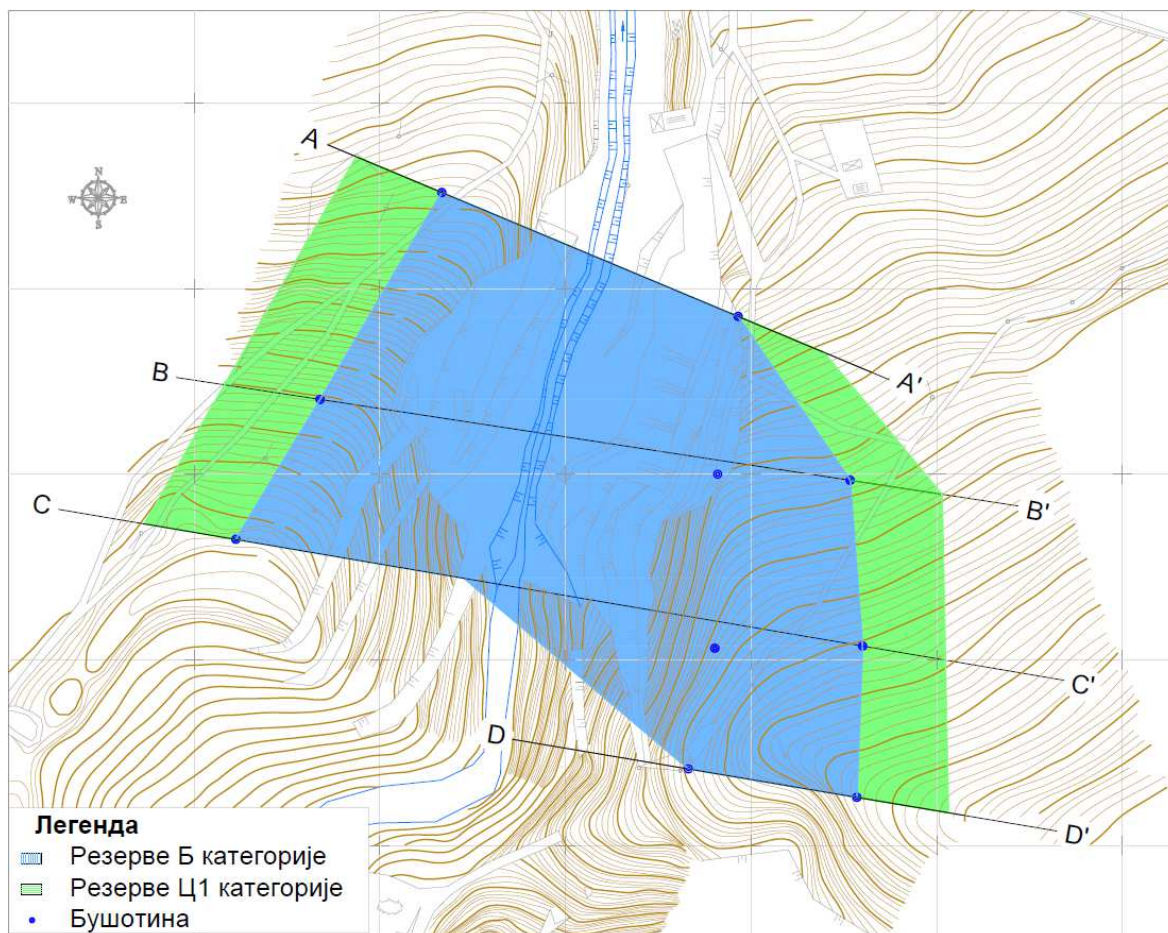
Хидрогеолошке карактеристике лежишта одликују се свим специфичностима карстног терена. У оквиру лежишта по вертикали издвајамо три хидрогеолошке зоне и то:

- зона са вертикалним кретањем подземних вода,
- зона са хоризонталним кретањем подземних вода,
- зона са сифонским кретањем подземних вода.

Ниво подземних вода у оквиру лежишта директно зависе од режима атмосферских падавина. То значи да се испитивани терен карактерише карстним режимом, који се огледа у знатним амплитудама колебања нивоа издани. Овакав режим карстне издани манифестује се у режиму протицаја реке повремениг карактера и егзистира у периоду хидролошког максимума (велике падавине или отапање снега). У том периоду ниво издани се издигне изнад ерозионог базиса и ток се формира. У периоду хидролошког минимума, који је знатно дужи од претходног, ниво издани се спушта испод ерозионог базиса и ток нестаје.

Са инжењерско – геолошке тачке гледишта лежиште је класично кречњачко. Целокупна стенска маса овог лежишта је постојана, при егзогеним процесима, јер се ради о кречњацима високих механичких карактеристика.





Слика 2.14.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

На основу резултата физичко – механичких испитивања, овај масив спада у групу стена које се средње тешко минирају. Инжењерско – геолошке особине су добре са становишта експлоатације, јер се ради о кречњацима добрих механичких карактеристика.

Главна метода прорачуна резерви била је метода вертикалних паралелних и непаралелних профила. Обрачунски профили су рађени у AutoCad – у и том приликом су утврђене површине ооконтурених резерви, различитих категорија на вертикалним профилима, паралелним и непаралелним. На овај начин добијене површине имају апсолутну тачност у односу на методу планиметрисања. AutoCad даје могућност да се на врло прецизан начин обухвати структура пројектовања површинског копа, почевши од сагледавања и располагања информацијама у графичком и нумеричком облику о квалитативним и просторним особинама лежишта минералних сировина. Код прорачуна резерви методом вертикалних паралелних профила коришћени су обрасци када је разлика између површина ооконтурене продуктивне серије на суседним профилима мања, односно већа од 40%. Када су разлике између површина на појединим профилима, по категоријама резерви, мање од 40%, запремина блокова између паралелних профила срачуната је по обрасцу:

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot l, m^3 \quad (10)$$

- $V$  — запремина између профила ( $m^3$ )  
 $P_1$  и  $P_2$  — површине на два суседна прорачунска профила ( $m^2$ )  
 $l$  — растојање између профила ( $m$ )

Када су разлике веће од 40% између површина на профилима, тада се запремина блокова између профила, срачунава по обрасцу:

$$V = \frac{P_1 + P_2 + \sqrt{P_1 \cdot P_2}}{3} \cdot l, \text{ m}^3 \quad (10)$$

Утврђивање запремине минералне сировине између два суседна профила, која су непаралелна, обављено је применом методе непаралелних вертикалних профила. Запремина између профила срачуната је по обрасцу:

$$V = \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) \cdot \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right), \text{ m}^3 \quad (10)$$

$H_1$  и  $H_2$  — дужине нормала спуштених из тежишта једног пресека рудног тела по једном профили на супротни пресек рудног тела по другом, суседном профили, заокружене на један метар (m)

Приказани образац се користи у случају када је угао између два непаралелна профила мањи од  $10^\circ$ . Када је угао између профила већи од  $10^\circ$  примењен је следећи образац:

$$V = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \cdot \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) \cdot \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right), \text{ m}^3 \quad (10)$$

$\alpha$  — угао између суседних профилских линија у радијанима

На основу прорачунате запремине између профила, односно количине минералне сировине у  $\text{m}^3$ , срачуната је количина у тонама по обрасцу:

$$Q = V \cdot \gamma, \text{ t} \quad (10)$$

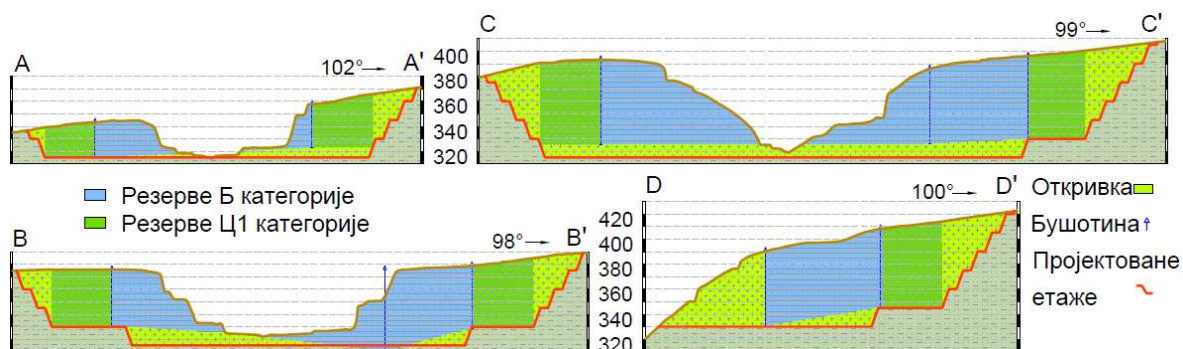
$\gamma$  — запреминска маса са порама и шупљинама ( $\text{t/m}^3$ )

Због положаја истражних бушотина током истраживања, један од обрачунских профила интерпретиран је као „ломљени“ обрачунски профил. Пошто нису велике разлике у азимутима на обрачунским профилима (испод  $10^\circ$ ), срачунат је за сваки „ломљени“ профил средњи пондерисани азимут у односу на захваћене површине профила по појединим азимутима према обрасцу:

$$\alpha_s = \frac{\alpha_1 \cdot P_1 + \alpha_2 \cdot P_2 + \dots + \alpha_n \cdot P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}, ^\circ \quad (10)$$

У поступку методе обрачуна вертикалних паралелних и непаралелних профила коришћене су добијене вредности средњег пондерисаног угла обрачунског пресека.

Како испитивање физичко – механичких својстава кречњака са анализом стабилности косина није рађено, за оконтуривање геолошких резерви и израду идејног решења завршног изгледа површинског копа су усвојени конструктивни параметри на бази литерарних и искуствених података средина са сличним особинама: висина радне етаже 15 m, нагиб  $70^\circ$  и угао завршне косине  $53^\circ$ , слика 2.14.2. На основу усвојених вредности прорачуната минимална ширина берме у завршној косини износи 5,9 m (за конструисање површинског копа усвојено 6 m).



Слика 2.14.2. Обрачунски профили [10]

Експлоатација се одвија на класичан начин за овај тип лежишта. Почиње утоваром, транспортом и одлагањем јаловог покривача. У наставку технолошког поступка врши се бушење минских бушотина, минирање, припрема за утовар и одвајање крупних комада и њихов даљи третман, утовар и транспорт сировине до производног погона. У непосредној близини површинског копа изграђено је постројење за дробљење и класирање кречњака, као и мањи погон за израду плоча и камене галантерије.

Основни производ је агрегат за бетон, асфалт и бетон – шљунак. Поред тога развијена је и производња гранулисаних обојених терацо материјала и гризла за пластичне малтере и филер. Прерадом кречњака се добија више производа од којих је тренутно најатрактивнији црвени агрегат за терацо и бојене бетоне, затим сиви и крем агрегати, ручно тесани камен за зидање, док се томболони секу у плоче различитих димензија.

Стабилност производње на површинском копу треба посматрати у реалном времену и простору радне средине. То пре свега обухвата реализацију производног процеса усаглашену са планираним и утврђеним вредностима, које су дефинисане пројектном и инвестиционо – техничком документацијом. Односи се на капацитет производње и квалитет откопане минералне сировине, као основне карактеристике производње, било да је реч о континуалним, дисконтинуалним или комбинованим системима експлоатације на површинским коповима.

Капацитет површинског копа представља количину откопане корисне минералне сировине у јединици времена, које може бити година, дан или смена. Часовни капацитети карактеришу опрему ангажовану на површинском копу.

Капацитет се изражава у јединицама за количину откопаног материјала  $m^3$  или  $t$  у јединици времена. На основу средњег коефицијента откривке, на површинском копу се може дефинисати и капацитет откопавања откривке и јаловине. Поред средњег коефицијента откривке, за одређивање капацитета откопавања откривке и јаловине, користи се и текући коефицијент откривке, који се дефинише према динамици развоја радова на површинском копу.

Пројектовањем динамике развоја радова на површинском копу, треба тежити да вредност текућег коефицијента откривке, буде што ближа вредности средњег коефицијента откривке, тако да се опрема за експлоатацију равномерно користи.

Годишњи капацитет мора бити утврђен према тржишним условима, могућностима пласмана откопане корисне минералне сировине и то је везано за стратегију развоја на основу испитивања тржишних услова.

Вредност годишњег капацитета производње верификује се преко техничко – технолошких, геолошких и економских услова оправданости инвестиционих улагања према економским критеријумима.



Капацитет производње минералне сировине

$$Q_{pr} = \frac{Q_{ot}}{k_r \cdot k_o}, \text{ t/god} \quad (1)$$

$Q_{ot}$  — капацитет производње откривке ( $\text{m}^3/\text{god}$ )

$k_r$  — коеф. који обезбеђује откривене резерве минералне сировине

$k_o$  — коеф. откривке ( $\text{m}^3/\text{god}$ )

Утврђује се посебно за свако лежиште у зависности од режима рударских радова.

$$k_r = \frac{k_t}{k_o} \quad (1)$$

$k_t$  — текући коеф. откривке за годину или период

На основу планираног годишњег капацитета и фонда радног времена дефинишу се периодични капацитети:

Дневни капацитет

$$Q_{dn} = \frac{Q_{god}}{N_d}, \text{ m}^3 \text{ чм}^3/\text{дан} \quad (1)$$

$Q_{god}$  — усвојени годишњи капацитет ( $\text{m}^3 \text{ чм}^3/\text{god}$ )

$N_d$  — усвојени број радних дана на годишњем нивоу

Ефективни часовни капацитет

$$Q_{effh} = \frac{Q_{dn}}{(N_{sm} \cdot T_{sm} \cdot k_e)}, \text{ m}^3 \text{ чм}^3/\text{h} \quad (1)$$

$N_{sm}$  — број смена

$T_{sm}$  — време трајања смене (h)

$k_e$  — коеф. ефективности

Количина откривке ( $V_{ot}$ ) коју је неопходно откопати ради експлоатације билансних резерви добиће се из средњег коефицијента откривке ( $k_o$ ) и усвојеног годишњег капацитета ( $Q_{god}$ ):

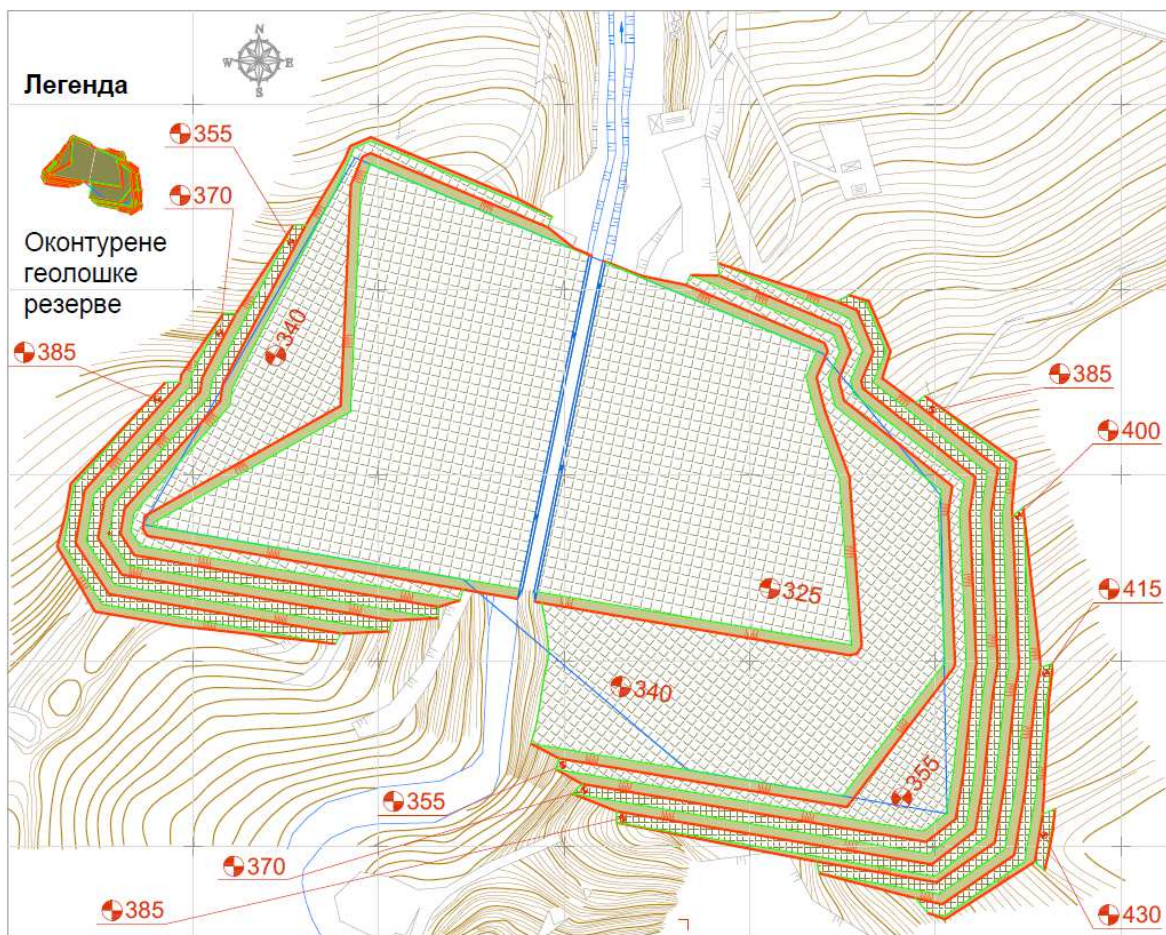
$$V_{ot} = k_o \cdot Q_{god}, \text{ m}^3 \text{ чврсте масе/годишње} \quad (1)$$

Век површинског копа

$$T = \frac{V_r + V_{ot}}{Q_{god}}, \text{ година} \quad (1)$$

$V_r$  — билансне резерве ( $\text{m}^3$ )

Оконтурене резерве су практично у контакту са површином, исклињавају, што представља повољну околност за технолошки поступак експлоатације минералне сировине, слика 2.14.3.



Слика 2.14.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Садашња производња и прерада камена из овог лежишта је већ више година устаљена и уходана. Лежиште које је за сада истражено за производњу техничког камена, потенцијално је лежиште архитектонско – декоративног камена доброг квалитета и атрактивних боја из кога се могу добијати комерцијални блокови.

Лежиште изграђују слојевити, дебело – слојевити и банковити кречњаци. При садашњем начину експлоатације и поред минирања добијају се велики блокови, томболони, који се потом због недостатка одговарајуће опреме, секу у плоче. Добијене плоче сиво – крем кречњака имају лепу пастелну нијансу, прошарану фосилима, полирају се до високог сјаја и добро држе ивице. Црвени кречњаци су заступљени са више нијанси, од јарко црвене боје, преко црвено – жућкасте, тамно љубичасте, светло љубичасте до ружичасте. Добијене плоче од ових кречњака се такође полирају до високог сјаја и добро држе ивице. Једну од најлепших нијанси имају ови кречњаци када су прошарани потпуно прекристалисаним фосилима. У поређењу са сиво – крем кречњацима, сигурно је да би проценат искоришћења при добијању комерцијалних блокова од ових кречњака био мањи. Разлог се манифестује у томе што је комплекс ових кречњака променљивији у вертикалном смислу, јер се у највишем хоризонту овог комплекса јављају као оолитични – грудвасти, који је лапоровит, као и слој који садржи више стилолита.

Положај лежишта, омогућује одвојену експлоатацију архитектонско – декоративног и техничког камена.

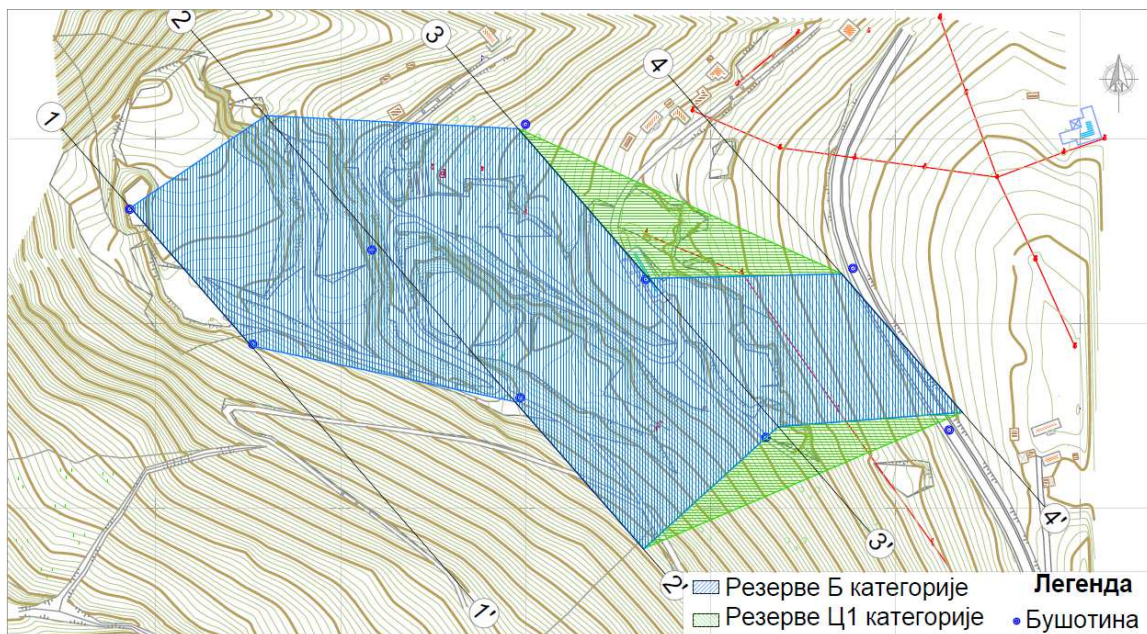
Резултати физичко – механичких испитивања из упоређивања свих анализа и оцене о употребљивости испитиваног камена, упућују на врло добра техничка својства и широку употребљивост и то за производњу:

- дробљених фракционих агрегата за израду терацо плоча;
- дробљених фракционих агрегата за израду бетона;
- плоча за облагање унутрашњих вертикалних површина;
- плоча за облагање унутрашњих хоризонталних површина са интензивним и врло интензивним пешачким саобраћајем;
- плоча за облагање спољних вертикалних површина;
- плоча за облагање спољних хоризонталних површина са интензивним и врло интензивним пешачким саобраћајем.



## 2.15. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА КАО СИРОВИНА ЗА ПРОИЗВОДЊУ АРХИТЕКТОНСКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Експлоатација кречњака на локалитету истражених, геолошких резерви условљена је пре свега регулацијом имовинско – паравних односа. Потом је неопходно извршити измештање пута, електропровода, који пролазе преко прорачунатих геолошких резерви и објеката који се тренутно налазе изнад резерви сировине, слика 2.15.1. Посебну пажњу треба обратити на стабилност косина, јер није рађено испитивање, а уједно и услед присуства раседних зона. Ово су чињенице о којима треба водити рачуна приликом дефинисања процеса будуће експлоатације лежишта у току израде пројектне документације.

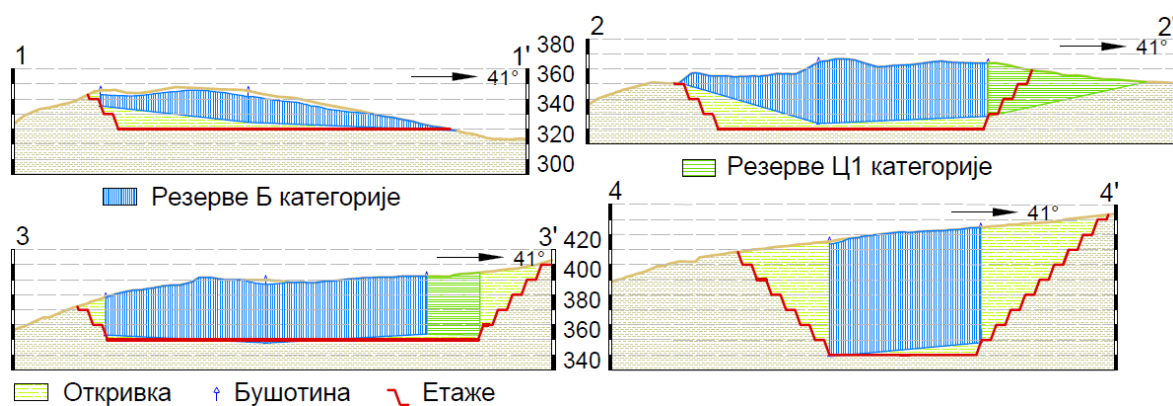


Слика 2.15.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Технологија експлоатације плочастог кречњака заснована је на максималном искоришћењу резерви и директној производњи на површинском копу. На основу тога, идејним решењем коначног изгледа површинског копа, обухваћене су целокупне геолошке резерве. Количине које се могу експлоатисати површинским начином експлоатације зависе од следећих утицајних чинилаца:

- просторни положај лежишта / рудног тела,
- конфигурација терена,
- променљивост квалитета сировине,
- количина јаловине,
- стање рударских радова,
- избор рударске опреме како за експлоатацију тако и за припрему и примарну прераду
- физичко – механичке особине радне средине,
- методе експлоатације и др.

Прорачун рудних резерви урађен је методом паралелних вертикалних профила као основном и блокова као контролном. С обзиром да нису утврђени физичко – механички параметри неопходни за анализу стабилности косина, искуствено и на основу литературних података усвојени су конструктивни параметри за потребе оконтуривања геолошких резерви. Идејним решењем завршног изгледа површинског копа формиране су етаже висине 10 m и нагиба 70°. Угао завршне косине је 46° а прорачуната минимална ширина сигурносне берме износи 6,1 m, слика 2.15.2.



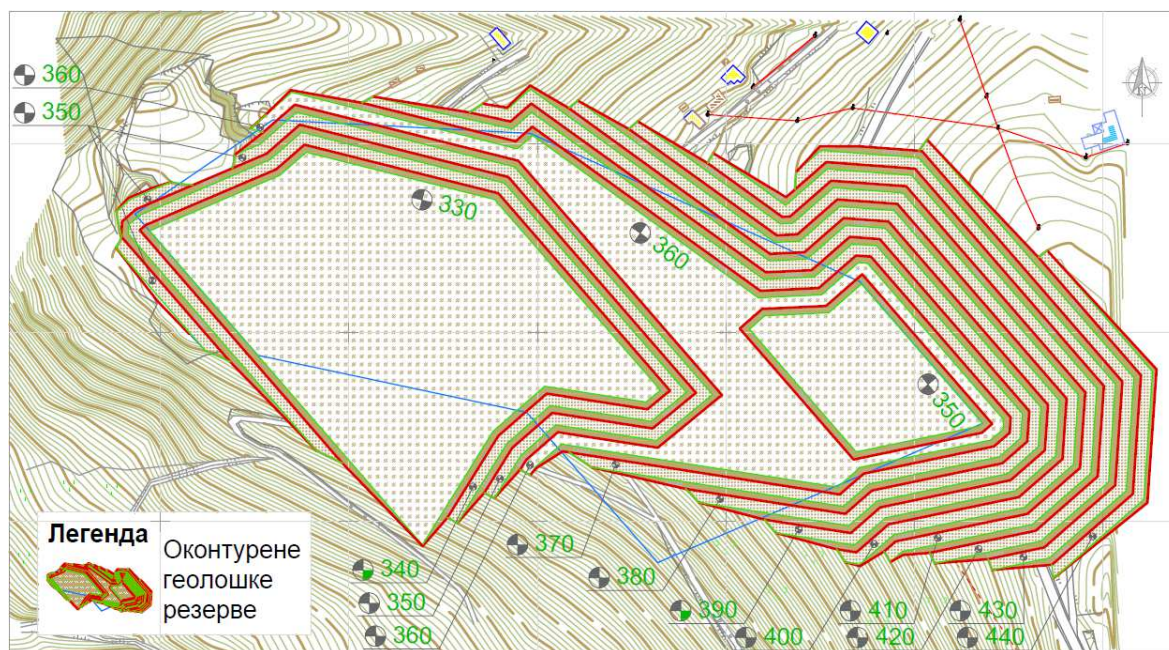
Слика 2.15.2. Обрачунски профили [10]

На основу усвојених параметара, кроз идејно решење завршног изгледа површинског копа, слика 2.15.3., настављено је са дефинисањем развоја радова на експлоатацији сировине са основним циљем искоришћења билансних резерви.

Развој површинског копа описује се положајем, местом или локацијом рада, количином захваћеног материјала, опремом која је ангажована у оквиру технолошког процеса и чини саставне делове система, затим временом рада и периодом ангажовања и израженим економским параметрима кроз приходе и трошкове производње. Понашање производног процеса, зависи од сваког дела система који су међусобно условно повезани. Технолошки процеси дефинисани су за сваки део производног система и непосредно су везани за систем и његово окружење, као што је технологија откопавања описана и графички, представљена технолошком шемом рада.

Јаловине у смислу покривача практично нема. Извесне количине отпадног материјала одлагаће се на појединим деловима копа, јер се ради о ломљеним отпацима плоча и камена, који би се по потреби користили у производњи техничког камена.

Идејним решењем коначног изгледа површинског копа обухваћене су целокупне геолошке резерве и откривка у косинама а прорачун је извршен методом паралелних вертикалних профила.

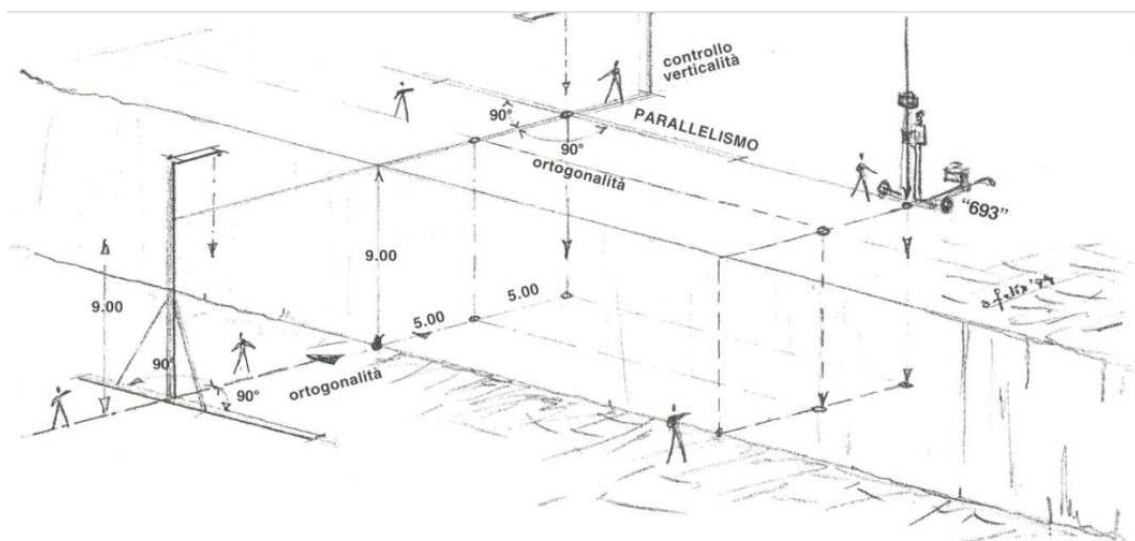


Слика 2.15.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

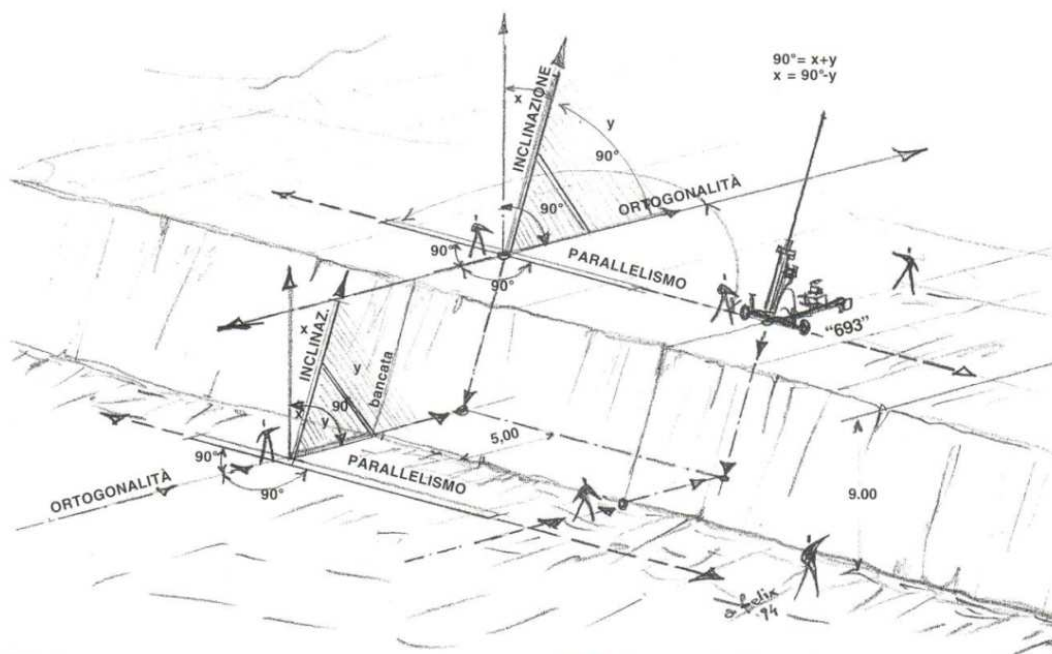


Процес добијања минералне сировине из лежишта вршиће се површинским начином експлоатације, који обухвата чишћење терена од биљног покривача, бушење, сечење, откопавање, утовар и транспорт сировине.

Технолошки поступак експлоатације, слике 2.15.4. и 2.15.5., вршио би се употребом бушилице за бушење вертикалних и хоризонталних бушотина, електричним гатером са дијамантским ужетом за сечење вертикалних и хоризонталних резова и дизалицом за извлачење одвојених блокова и њихово лагровање на одлежавалишту, лагер плацу. Сечење кречњака вршило би се одвајањем примарних блокова у експлоатацији, који ће се касније доводити у комерцијалне димензије разбушивањем и цепањем клиновима или флоуспак технологијом.



Слика 2.15.4. Шематски приказ израде вертикалних блокова [10]



Слика 2.15.5. Шематски приказ израде косих блокова [10]

Како би сва неопходна постројења за процес производње сировине са површинског копа, уз планирану динамику експлоатације, била лоцирана у простору површинског копа, за стални утовар кречњака и повремени утовар блока и томболоне у камионе предвиђен је утоваривач, док би се за извлачење одвојених блокова и њихов утовар у камион користио кран.

Предвиђени објекти у функцији експлоатације кречњака на површинском копу су: управна зграда са канцеларијама, просторијама за смештај радника, кухиња, трпезарија, магацински простор, гаража са каналом, зграда компресорске станице, радионице и ковачке радионице, резервоари за воду, магацин експлозивних средстава, трафо – станица, погонска станица жичаре и простор за смештај производа (комерцијалних блокова и томболоне).

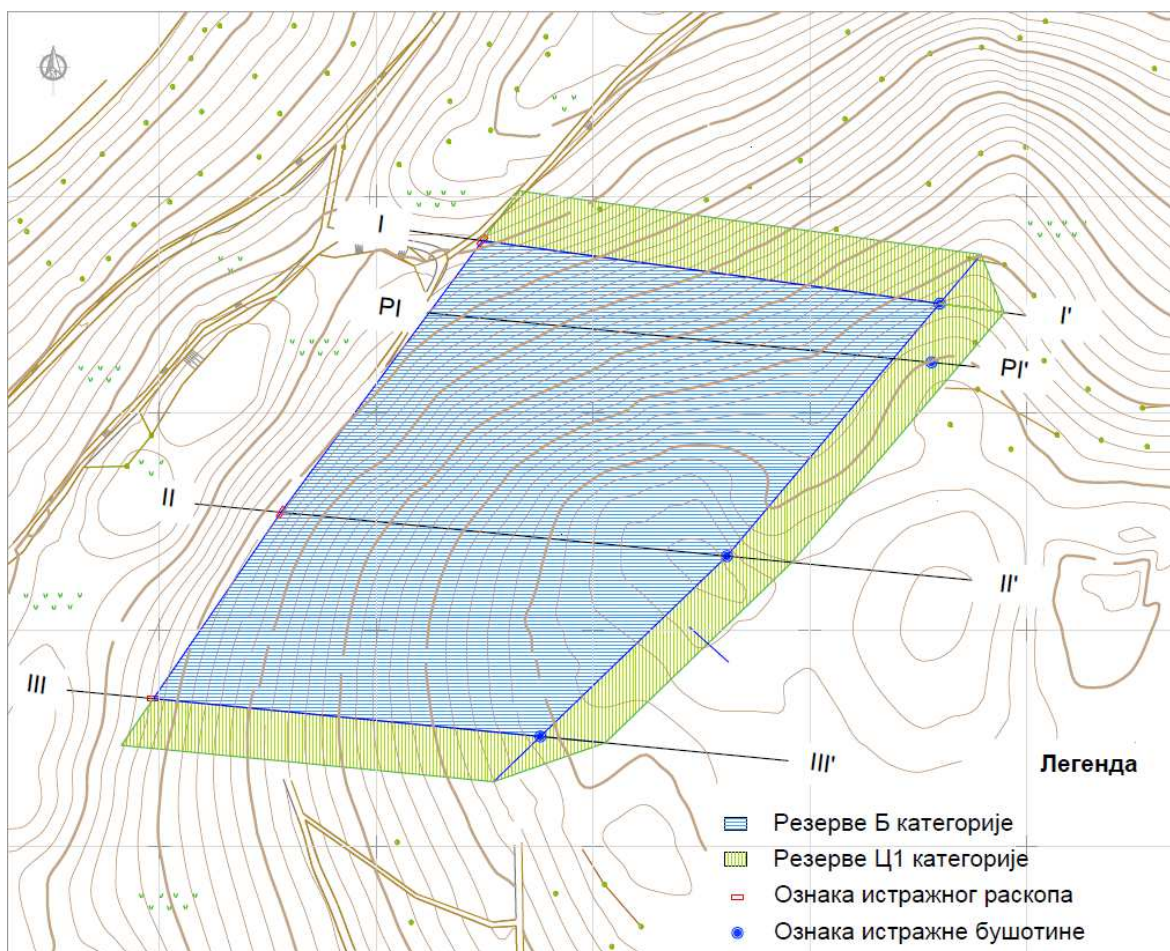
Регулацијом позиције рада опреме преко положаја, правца и смера напредовања откопних фронтова и сагласно томе избором одговарајућих технолошких параметара откопавања, наведене основне карактеристике производње одржавају се на планираном нивоу. Тиме се постиже и стабилност производње која истовремено представља критеријум и показатељ квалитета управљања производним процесима.

Прорачуном свих релевантних параметара, који су предвиђени у технолошком процесу експлоатације сировине у оквиру идејног решења, добијају се нормативи неопходни за даљи прорачун економских показатеља.



## 2.16. КРЕЧЊАК ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА И КАРБОНАТНЕ СИРОВИНЕ

Специфичност рељефа условљена је литолошким и структурним склопом терена, који је углавном и утицао на формирање и обликовање истакнутих морфолошких облика и оријентацију хидрографске мреже. Ерозија и денудација су јаче или слабије изражене у зависности од отпорности стена. Блажим рељефом се одликују побрђа северно од самог локалитета лежишта. Ово подручје има веома разуђену хидрографску мрежу. Дуж северног обода истраживаног простора, слика 2.16.1., протиче поток, слабе издашности. У ширем подручју такође нема значајнијих површинских вода, нарочито у летњим периодима. Клима овог подручја је умерено континентална и сматра се врло повољном са аспекта будуће експлоатације лежишта.



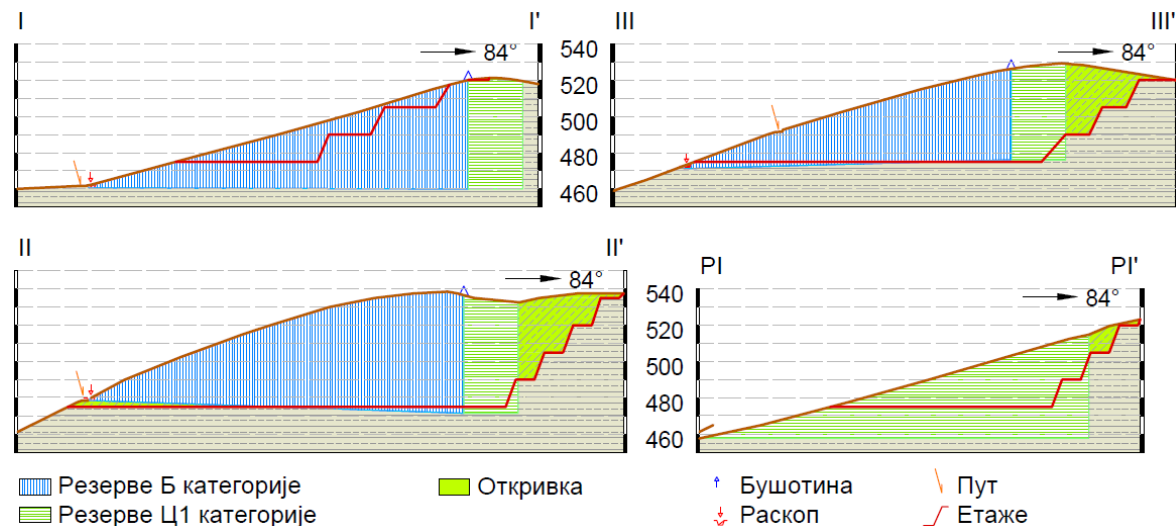
Слика 2.16.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Лежиште кречњака је једноставне геолошке грађе. Геолошким картирањем на овој локалности, издвојене су делувилалне глине са одломцима кречњака и сиви тектонизирани масивни кречњаци, местимично бречасте ладинског ката. Ладински кречњаци су сиве боје и масивне текстуре. У маси стене уочавају се пукотине и прслине запуњене кристалистим калцитом. Прелом стене је неправилан до шкољкаст са фино хрпавим преломним површинама и оштрим ивицама лома. Стена је изграђена од фосилних остатака, интракласта и спаритског цемента. Фосилни остаци су различитих величина и облика, ређе крупнији. Представљени су различитим микрофосилним остацима љуштура, микритског састава. Интракласти су заобљени до слабо угласти микритског састава. Сви алохеми састојци (фосилни остаци и интракласти), везани су спаритским везивом.

У маси стене запажају се и сочиваста нагомилања крупнокристаласог калцита, као и пукотине и прслине, чију запуну чини такође калцит. Текстура је масивна, структура органска, стена је органогени кречњак. Шире подручје лежишта, изузимајући мање остатке неогених кластита према североистоку, изграђено је искључиво од кречњака са интензивно развијеном пукотинском и карстно – кавернозном порозношћу, што му даје одлике изразито водопрпусних стена. Што се тиче порозности кречњака у простору самог лежишта, она је битно различита јер је стена због тектонског напрезања здорбљена, при чему је добила кластичну структуру и другачију порозност, односно слабије филтрационе карактеристике и мању водопрпусност. Ова чињеница, међутим, неће неповољно утицати на услове експлоатације у лежишту због добрих водно – физичких одлика стенске средине и евентуалног, само краткотрајног задржавања воде при интензивним падинама на заравњеним манипулативним површинама лежишта. Ниво подземне воде, у оквиру карстне издани, налази се на доста великој дубини, тако да експлоатација у овом лежишту неће утицати на загађење ове значајне подземне издани, док површинске воде претежно дренирају поток у подножју самог брда.

Лежиште се налази на стрмој падини. У морфолошком погледу представља гребен. У геолошком смислу лежиште је изграђено од тријаских кречњака и делувилних творевина. Заступљени су сиви, масивни и делом тектонизирани кречњаци као тектонизована кречњачка дробина. Преко ових творевина је делувилни покривач. Од истражних радова на лежишту су рађене истражне бушотине и раскопи. Геолошким картирањем раскопа констатовано је да постоје масивни кречњаци, а да је делом стенска маса здорбљена до монолита који су цементовани карбонатним везивом тако да се може рећи да је средина карбонатна бреча. Чврстина везива је мала, тако да се ископ може вршити ђускијом или крампом. Ископ може да се врши булдозером а приликом ископа стена се дроби, односно одвајају се монолити из брече по карбонатном везиву.

Прорачун геолошких резерви кречњака као карбонатне сировине и техничког – грађевинског камена, извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, слика 2.16.2., док је за контролу добијених резултата коришћена метода геолошких блокова.



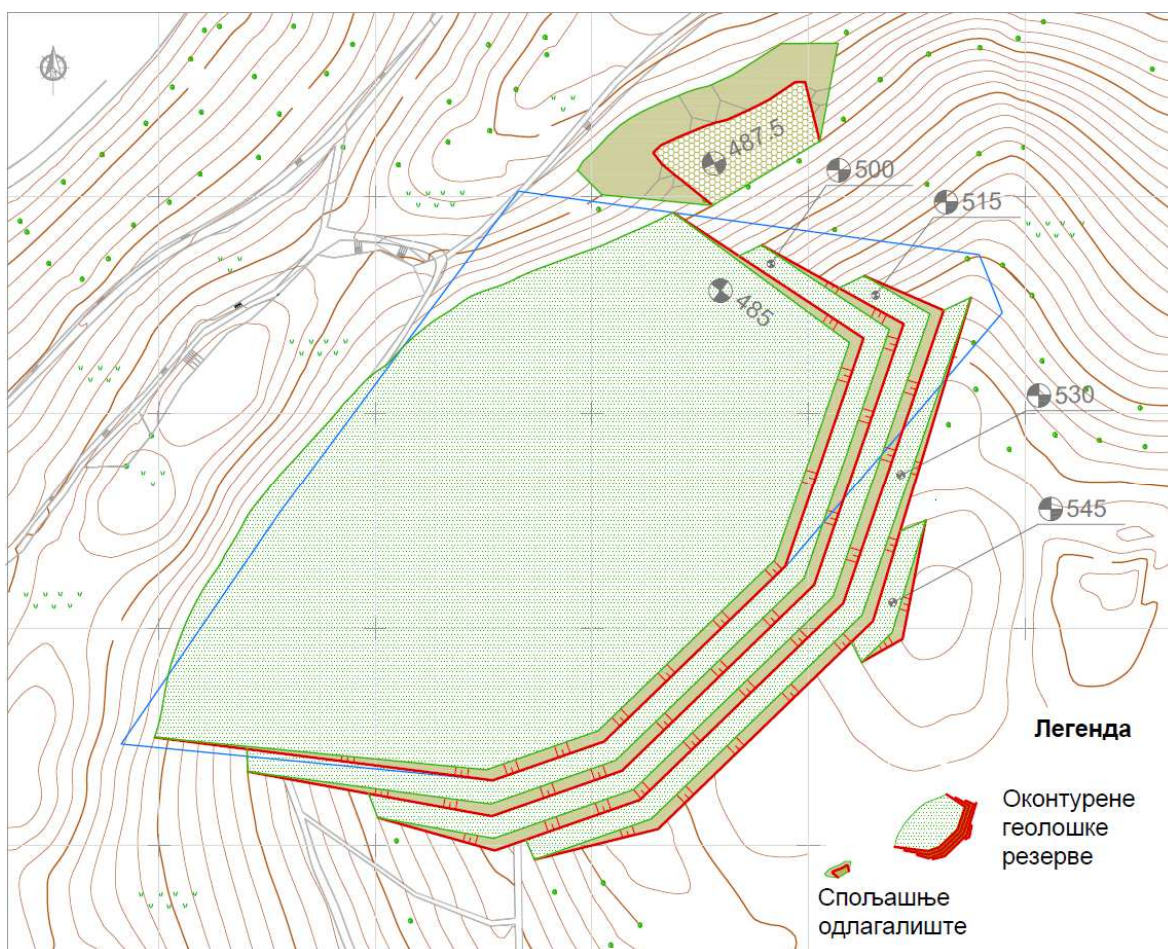
Слика 2.16.2. Обрачунски профили [10]

Ослањајући се на практична искуства, која се односе на средине сличних физичко – механичких карактеристика минералне сировине, усвојени су конструктивни параметри за израду идејног решења завршног изгледа површинског копа, слика 2.16.3. Висина радне етаже износи 15 m, нагиб 70° и угао завршне косине 50°. Пројектована минимална ширина берме у завршној косини је 8 m (прорачуном утврђена минимална вредност износи 7,2 m).



На основу резултата испитивања може се закључити да утврђени квалитет кречњака лежишта омогућава његову примену у индустрији креча, индустрији гуме, стакларској индустрији, ливачкој индустрији, као и за производњу шећера. Кречњаци имају широку примену у многим гранама привреде и то у сировом или печеном стању. Највећи потрошачи кречњака су: ватростална индустрија, црна металургија, индустрија грађевинских материјала (технички грађевински камен, производња живог и хидратисаног креча), производња термоизолационих материјала, хемијској и фармацеутској индустрији, индустрији гуме, папира, коже, керамике, водопривреди и пољопривреди. За оцену могућности примене кречњака у различитим гранама индустрије поред реперног хемијског састава, у појединим случајевима, важна су физичка својства структура, текстура, величина зрна (степен кристалинитета), гранулометријски састав, специфична маса, запреминска маса, порозност, физичко – механичке карактеристике и др.

Технолошки процес добијања минералне сировине из лежишта врши се површинским начином који обухвата чишћење терена од биљног покривача, откопавање, транспорт и одлагање јаловине на спољашње одлагалиште, бушење и минирање кречњака, утовар и транспорт до дробиличног постројења.



Слика 2.16.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Један од значајних елемената пројектовања одлагалишта је дефинисање простора на који се одлаже, односно димензионисање одлагалишта у погледу потребне запремине и носивости подлоге. Димензионисање одлагалишта зависи од: технолошког система експлоатације, морфологије терена предвиђеног за одлагалиште, начина напредовања и динамике развоја одлагалишта.



У односу на површински коп, постоје две основне врсте одлагалишта а то су: спољашња одлагалишта, изван граница површинског копа и унутрашња одлагалишта која се формирају у контури површинског копа. Оваква подела је произишла као последица редоследа развоја радова и увек је присутна, пошто је једино могуће да се прво формира спољашње одлагалиште и да се после стварања одговарајућег слободног простора на откопаном делу површинског копа, пређе на формирање унутрашњег одлагалишта. Код динамике развоја радова, циљ је да се што је могуће раније, пређе на одлагање у откопан простор. Упоредо са тим, тенденција је да се за спољашње одлагалиште одабере простор мале економске вредности, одговарајуће запремине, са оптималном дужином транспорта, затим да се спољашње одлагалиште уклопи у непосредно и шире окружење као и да задовољава у погледу свих параметара везаних за технологију одлагања. Изнети услови у општем смислу важе за сваку могућност формирања спољашњег одлагалишта и у случајевима када уопште није могуће формирати унутрашње одлагалиште.

За постизање оптималног ефекта минирања, поред правилно одабраног експлозива, од велике важности је и усклађивање параметара геометрије минирања. Циљ одређивања одговарајућих параметара је да се постигне максимално искоришћење енергије експлозије, а да се смање негативни ефекти минирања. Основни параметри геометрије минирања су следећи: висина етаже, пречник минске бушотине, дужина минске бушотине, дужина пробушења минске бушотине, дужина стуба минског пуњења, дужина минског чепа, нагиб минске бушотине, дужина пробушења минске бушотине, линија најмањег отпора, размак између бушотина у реду, размак између редова бушотина, специфична потрошња експлозива, количина експлозива по метру дужном бушотине, потребна количина експлозива, запремина одминираних материјала и коефицијент зближења бушотина. Искоришћење енергије експлозије код минирања је у зависности од избора најповољније врсте експлозива, који се врши на бази две постојеће методологије: на бази деформационог рада или метода левкастих опита и на бази физичко – механичких карактеристика које се изражавају кроз сеизмичке карактеристике и она се више користи. Искоришћење енергије експлозије код минирања зависи од односа акустичне импеданце стене ( $Z_s$ ) и акустичке импеданце експлозива ( $Z_e$ ) које су одређене следећим изразима:

$$Z_s = \frac{V_s \cdot \gamma_s}{g} \text{ и } Z_e = \frac{D \cdot \Delta}{g} \quad (6)$$

$V_s$  — брзина простирања уздужних таласа у стени (m/s)

$\gamma_s$  — запреминска тежина стене (g/cm<sup>3</sup>)

$D$  — детонациона брзина експлозива (m/s)

$\Delta$  — густина експлозива (g/cm<sup>3</sup>)

$g$  — гравитационо убрзање (m/s<sup>2</sup>)

Највећа количина енергије искористи се на дробљење стене у случају када је:

$$Z_s = Z_e, \text{ односно } V_s \cdot \gamma_s = D \cdot \Delta \quad (6)$$

Пошто је радна средина као и експлозив хетерогена, због постојања прлина и пукотина, то се претходна једначина може написати у облику:

$$V_s \cdot \gamma_s \cdot k = D \cdot \Delta \quad (6)$$

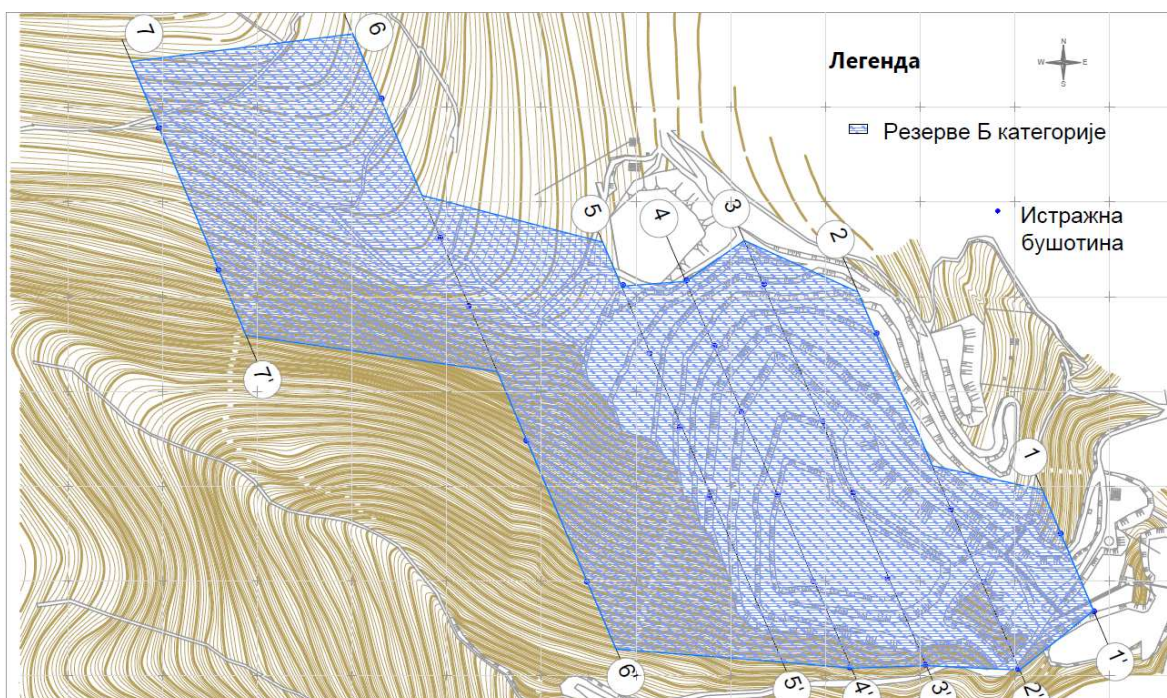
$k$  — коеф. рефлексије

На основу претходне релације, детонациона брзина експлозива је:

$$D = \frac{V_s \cdot \gamma_s \cdot k}{\Delta}, \text{ m/s} \quad (6)$$

## 2.17. ЕКСПЛОАТАЦИЈА КРЕЧЊАКА КАО КАРБОНАТНЕ И СИРОВИНЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

У геоморфолошком погледу, слика 2.17.1., на овом терену се могу издвојити три групе: брдовити терен, виши планински гребени, побрђе, које захвата већи део терена и низијско земљиште, долине поред већих водених токова. Геолошку грађу ширег подручја лежишта представљају палеозојски метаморфити, стене мезозојског комплекса, седименти неогена и квартар. У геолошкој грађи лежишта кречњака и његовој непосредној околини учествују масивни сиви до светлосиви кречњаци. Седиментно порекло сировине, структурно – геолошка грађа, степен истражености лежишта, утврђене технолошке карактеристике и квалитет минералне сировине као и прорачунате резерве у лежишту обезбеђују експлоатацију и производњу за више година. Квалитет сировине у лежишту је врло уједначен. Орогени покрети који су се збивали крајем палеозоика означили су почетак велике тријаске трансгресије. У почетку доњег тријаса таложени су плитководни седименти, пешчари, да би убрзо дошло до продубљивања морског дна и таложења финијих пешчарских и карбонатних стена. Током средњег тријаса започета трансгресија се наставља и тада се континуално таложи веома дебела карбонатна сукцесија са релативно плитководним карактером уз мање фазијалне разлике, изражене појавом спаритских и микритских варијетета.



Слика 2.17.1. Карта резеви лежишта кречњака [10]

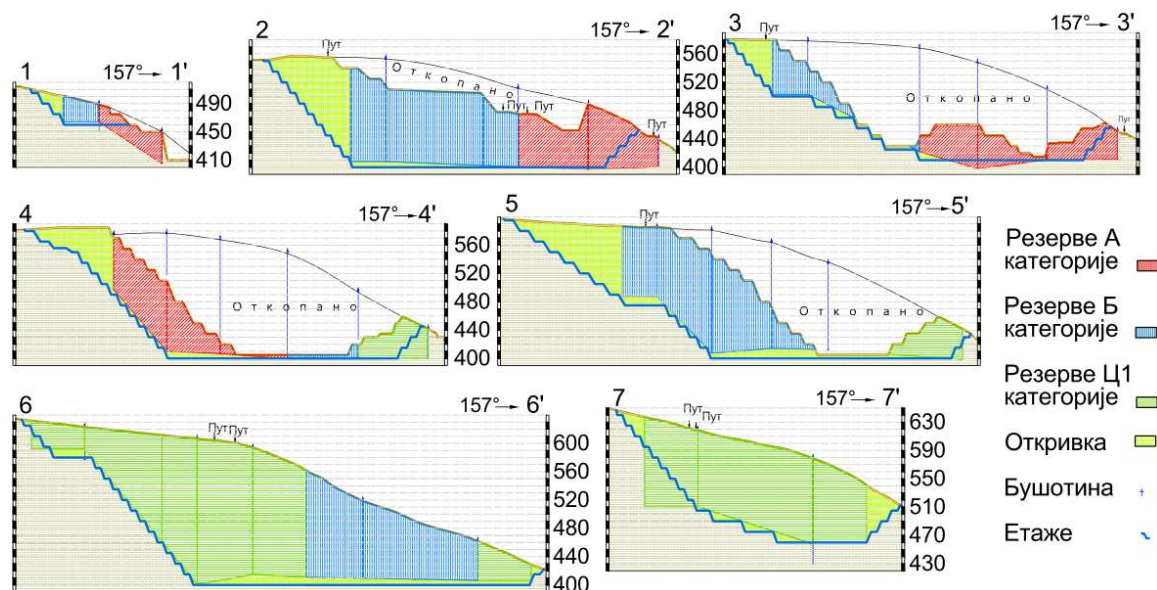
На основу степена познавања општих услова настанка лежишта кречњака, може се рећи да припада серији егзогених, групи седиментних и класи хемогених лежишта кречњака. Тектонска грађа овог подручја карактерише се углавном раседима, од којих су једни млађи и јаче изражени, док су други управни на претходни правац, нешто слабије изражени и старији. Најстарији литолошки чланови на испитиваном подручју припадају палеозоику и представљени су шкриљцима. Мезозоик почиње таложењем доњег тријаса, који је комплетно развијен, а преко њега је средњи тријас који је најинтересантнији члан ове серије. Једним делом преко ових седимената наталожен је неоген, који заузима мало пространство и квартар, који се углавном карактерише речним терасама и алувијалним наносима. Кречњаци средњег тријаса су раседном тектоником издељени у блокове, а контакт са старијим стенама, доњи тријас је готово редовно тектонски.

У испитиваном делу лежишта, као и његовим периферним деловима, разликују се хидрогеолошки изолатори и хидрогеолошки колектори, проводници. Хидрогеолошке изолаторе чине доње верфенски слојеви глиновито лапоровите творевине. Хидрогеолошке колекторе чине доњеверфенске шкриљаво – пешчарске творевине, горњеверфенски кречњаци, средње тријаски кречњаци и дробински материјал грубе гранулације.

Карактеристично појављивање воде је код сеоских кућа, североисточно од лежишта, где се налазе бунари са водом. Претпостављено је да водоносни хоризонт чине пешчари доњег верфена. Обзиром да лежиште представља маркантну геоморфолошку јединицу и да је највећи водени ток река, која тече далеко испод коте контакта кречњака и доње верфенске серије, може се констатовати да за зону откопавања кречњака не постоји опасност од прилива подземних вода.

У инжењерско – геолошком погледу стенске масе које су заступљене у реону лежишта различито се понашају у погледу стабилности. Доње верфенска глиновито – песковито – лапоровита серија, откривена источно од лежишта је доста нестабилна. Горњо верфенска шкриљаво – кречњачка серија је доста стабилна, нема знакова зарушавања и откидања стенске масе у засецима прилазних путева и на отвореним профилима лежишта површинског копа. Средње тријаски масивни кречњаци представљају захвалну средину за рударење, а обзиром на чврстину ове серије може се предпоставити да обрушавања неће бити на стрмим засецима, што је пракса и показала. Сипари кречњачког материјала представљају мале нестабилне масе, које би могле да се покрену при засецању. Дробински материјал, падинска дробина у централном и североисточном делу лежишта, у инжењерско – геолошком погледу, представљају нестабилни део терена. Овај материјал може имати дебљину и до десетак метара, па при откопавању треба водити рачуна о обрушавању, које може настати при већим падавинама.

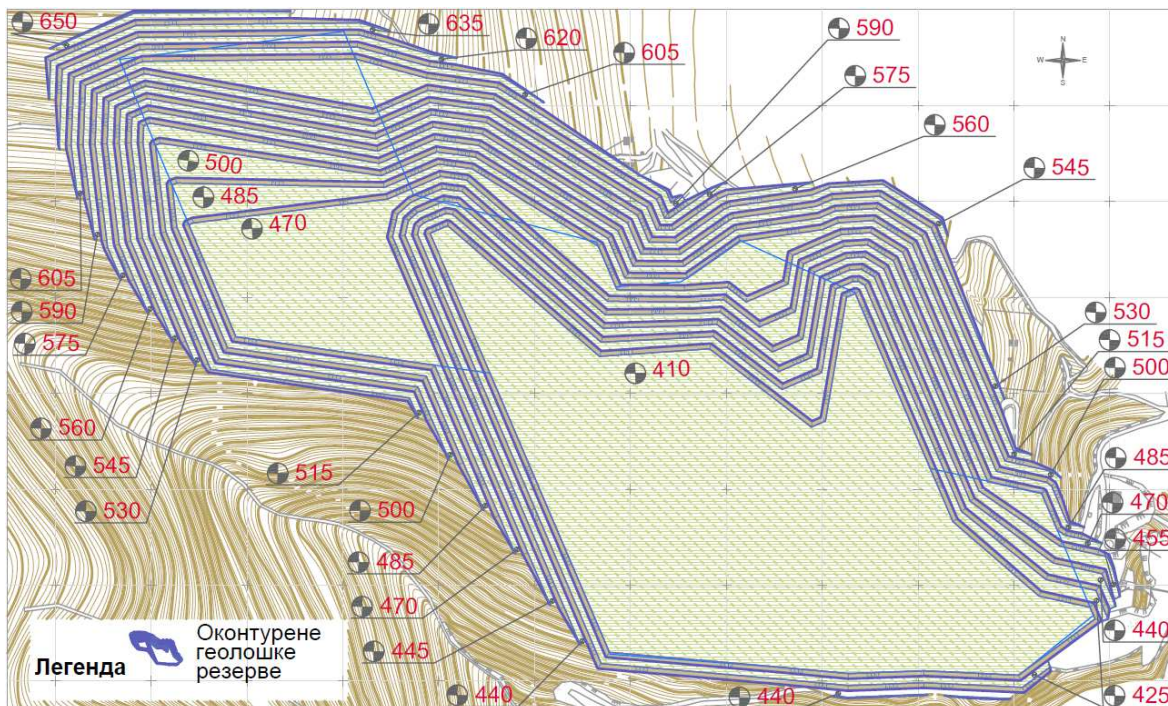
Устаљен је принцип да се прорачун резерви врши са две методе и то једном као основном и другом као контролном. Контролна метода има задатак да укаже да ли је у основној методи направљена нека груба грешка рачунске или друге природе. Као крајњи износ резерви, узимају се резерве сировине добијене основном методом прорачуна. При прорачуну резерви, један од основних принципа свих метода јесте трансформација рудних тела у једноставније геометријске облике, да би се на лакши начин рачунале њихове површине и запремине. Прорачун резерви извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, слика 2.17.2. и методом геолошких блокова – средњег аритметичког као контролном.



Слика 2.17.2. Обрачунски профили [10]



Користећи искуства у досадашњој експлоатацији лежишта, усвојени су конструктивни параметри у функцији оконтуривања геолошких резерви израдом идејног решења завршног изгледа површинског копа, слика 2.17.3. Висина радне етаже износи 15 m, нагиб 70° и угао завршне косине 50°. На основу усвојених вредности, прорачуната минимална ширина берме у завршној косини износи 7,2 m.



Слика 2.17.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Експлоатација лежишта кречњака на већ формираном површинском копу обухвата следеће фазе рада: ископавање, утовар и одлагање хумуса и откривке, бушење, минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења, затим дробљење, класирање и утовар производа.

Један од битних параметара за технолошки процес експлоатације јесте гранулација одминираниог материјала. Ако у минираној маси има крупних комада, чија је максимална дужина већа од:

$$d_k = 0,8 \cdot \sqrt[3]{I}, \text{ m} \quad (1)$$

$I$  — запремина утоварне кашике ( $\text{m}^3$ )

ефективни капацитет утоварене машине смањиће се због времена, које ће утрошити на разбијање или уклањање тих комада.

Губитак ефективног капацитета због учешћа крупних комада у минираној маси

$$\Delta Q_e = Q_e \cdot \frac{p\%}{100 - p\%}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (1)$$

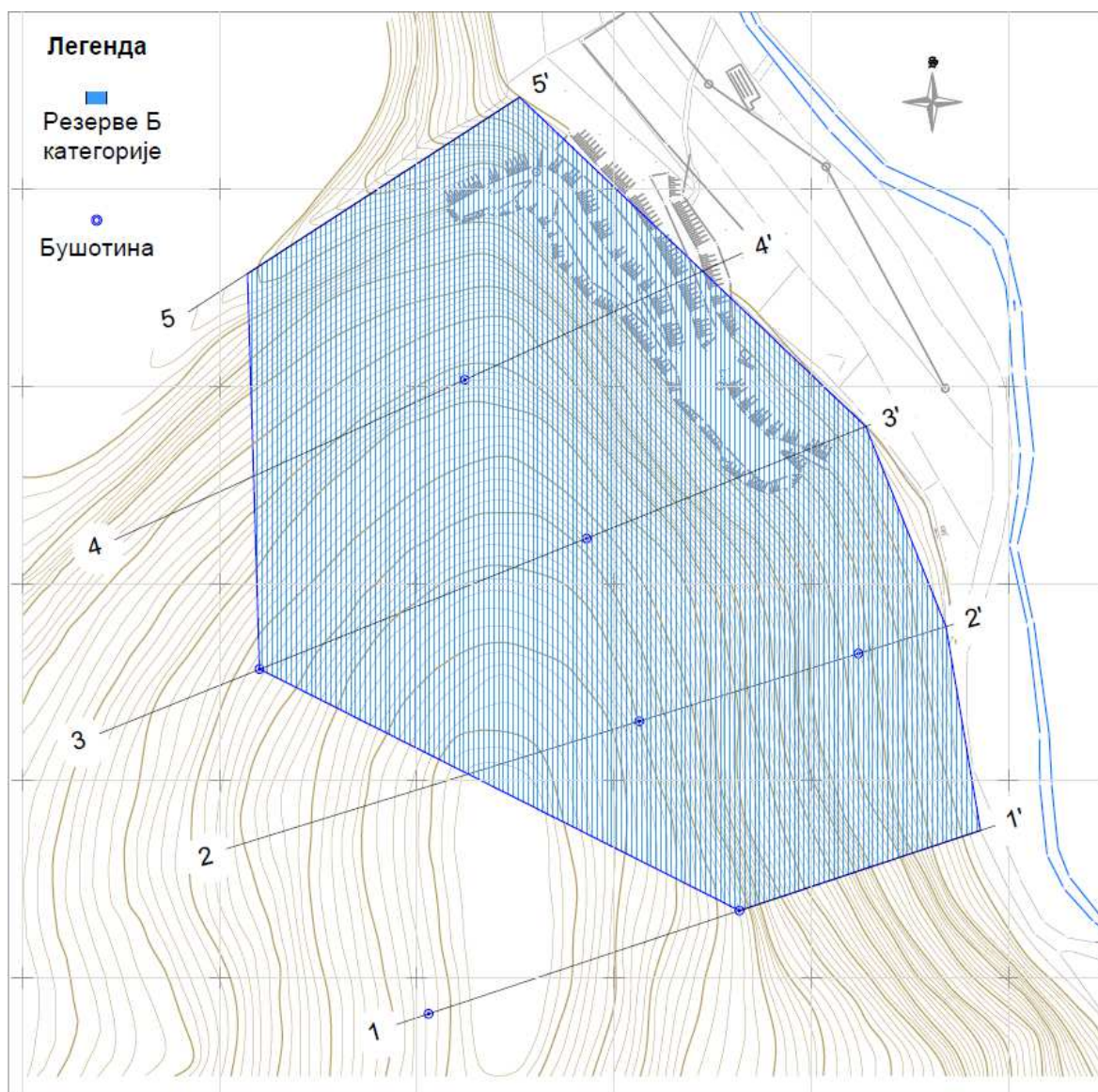
$P\%$  — учешће крупних комада

На основу резултата лабораторијских испитивања, кречњака из лежишта са утврђеним квалитетом, у односу на испуњење захтева одговарајућих стандарда, представља квалитетну сировину која се може користити као:

- карбонатна сировина у индустрији креча, и то као комадни живи и хидратисани креч,
- технички – грађевински камен за производњу агрегата за:
  - израду доњих носећих механички збијених (тампонских) слојева,
  - израду доњих носећих слојева коловозне конструкције од битуменизованог материјала по врућем поступку,
  - израду горњих носећих слојева од битуменизованог материјала по врућем поступку на свим путевима без обзира на саобраћајно оптерећење,
  - израду хабајућих слојева од асфалтбетона по врућем поступку на путевима са лаким и врло лаким саобраћајним оптерећењем,
  - израду доњег слоја цемент – бетонске коловозне плоче,
  - справљање цемент – бетонских мешавина:
    - масивног бетона,
    - армираног бетона,
    - преднапрегнутог бетона,
    - бетона чији је изглед површине услов квалитета.

## 2.18. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА И ПРОИЗВОДЊУ КАРБОНАТНЕ СИРОВИНЕ

Детаљна истраживања лежишта кречњака вршена су са основним циљем утврђивања резерви и квалитета кречњака као техничког – грађевинског камена и карбонатне сировине. У том смислу истраживања су конципирана тако да буду у функцији комплетног проучавања геолошке грађе лежишта кречњака у којој непосредно учествују седименти перма, доњег и средњег тријаса и квартара, слика 2.18.1. Продуктивни кречњаци су слојевити до банковити. Основна боја стена је сива. Присутне су и тамније нијансе сиве, светломрке и мрке боје. Кречњак садржи сплетове, углавном тањих жилица млечно белог калцита интимно сраслог са основном масом стене. Присуство лимонитизације на отвореном профилу није макроскопски уочљиво. Појачана силификација региструје се у пукотинским системима кречњака и у тектонским зонама. У појединим деловима лежишта продуктивни кречњаци су каверозни и шупљикави. Ове површине дисконтинуитета представљају руптуре обрађене карстификацијом. Њихово присуство регистровано је не само у површинском делу, већ и много дубље.



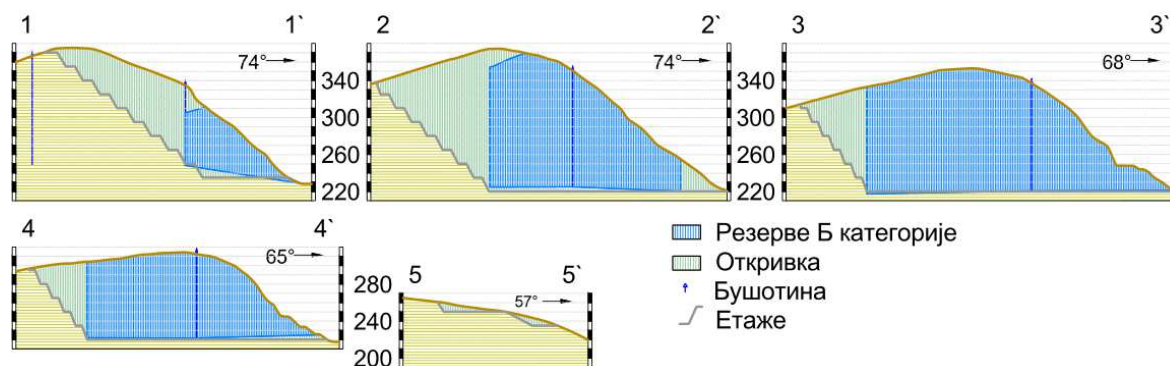
Слика 2.18.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]



Тектоника лежишта је доста сложена и о њој се стално морају надограђивати расположива сазнања. Извесно је да су у највећој мери заступљене руптурне деформације, које се огледају у присуству како маркантних дислокација, тако и мноштва мањих раседа и раседних зона. Уз разломе различитог интензитета, јављају се и мањи наборни облици, метарских, а на ширем подручју присутни су и знатно већих димензија. Терен се у основи карактерише једноставним хидрогеолошким односима. У условима релативно танког и неравномерно распрострањеног хумусног покривача, скоро сва површинска вода отиче субповршинским путем, односно дуж равни дисконтинуитета (раседа, пукотина слојевитости). Водопропустљивост кречњака је потенцирана присуством шупљина карстног порекла (каверне). Због наведених физичких особина кречњака, као и дубинског простирања рудног тела (знатно испод нивоа експлоатације) не постоје објективни услови у лежишту за формирање већих количина површинских или подземних вода које би могле угрозити или ометати површинску експлоатацију.

Ниво, обим и садржај пројектне документације, дефинисан је законском регулативом, што се односи и на истраживање лежишта минералних сировина, која представљају основу за развој површинске експлоатације. Техничко – економска оцена резерви минералне сировине, ради се према Правилнику о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима, Закону о рударству и геолошким истраживањима, Правилнику о техничким нормативима за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина и другим важећим нормативима и стандардима из области површинске експлоатације и има за циљ дефинисање свих фактора релевантних при доношењу одлуке о инвестирању средстава намењених изградњи рударских објеката и процесу експлоатације.

Утврђивање резерви чврстих минералних сировина врши се на основу степена истражености и степена познавања лежишних услова, физичко – хемијских и технолошких карактеристика минералне сировине, квалитативних својстава корисне компоненте и присуства штетних компоненти у лежишту. У поступку истраживања предвиђена је примена најсавременије методологије и научне праксе геолошких, геофизичких, геохемијских, хидрогеолошких и инжењерско – геолошких истраживања површинским и подземним рударским истражним радовима и истражним бушењем, физичко – хемијских, физичко – механичких и других својстава минералних сировина и технолошка истраживања на репрезентативним узорцима у лабораторијском, полуиндустријском и индустријском обиму, у зависности од припадности утврђених резерви у лежишту одређеној категорији. Прорачун резерви извршен је методом паралелних вертикалних профила, слика 2.18.2., као основном и геолошких блокова као контролном. Елаборација физичко – механичких својстава кречњака са анализом стабилности косина није рађена, тако да су за израду идејног решења завршног изгледа површинског копа, усвојени литерарни / искуствени конструктивни параметри: висина радне етаже 15 m, нагиб  $70^\circ$  и угао завршне косине  $53^\circ$ . На основу усвојених вредности параметара прорачуната минимална ширина сигурносне берме у завршној косини износи 5,9 m.



Слика 2.18.2. Обрачунски профили [10]

Опробивање стенске масе вршено је у циљу одређивања карактеристика минералне сировине, као и ради сагледавања могућности примене кречњака. Кречњаци имају широку примену у многим гранама привреде. Највећи потрошачи кречњака су ватростална индустрија, црна металургија, индустрија грађевинских материјала, производња термоизолационих материјала, хемијска и фармацеутска индустрија, индустрија гуме, шећера, папира, коже, керамике, водопривреда и пољопривреда. За оцену могућности примене кречњака у различитим гранама индустрије поред реперног хемијског састава, у појединим случајевима, важна су физичка својства – структура, текстура, величина зрна (степен кристалинитета), гранулометријски састав, специфична маса, порозност, физичко – механичке карактеристике и др. Употребна вредност кречњака заснована је на основу резултата детаљних и делимичних хемијских анализа, детаљних и делимичних физичко – механичких испитивања и минералшко – петролошких испитивања.

Квалитет лежишта кречњака омогућава његову примену као:

- техничко – грађевинског камена за израду ломљеног и полуобрађеног камена за сва зидања у нискоградњи и хидроградњи (обалоутврде, насипи и сл.), доњих носећих механички стабилованих (тампонских) слојева коловозних конструкција, доњих носећих слојева од неvezаног каменог материјала, доњих носећих слојева слојева коловозних конструкција од битуминизираниог материјала по врућем поступку на путевима свих саобраћајних оптерећења, горњих носећих слојева коловозних конструкција од битуминизираниог материјала по врућем поступку на путевима са средњим, лаким и врло лаким саобраћајним оптерећењем;
- и као карбонатне сировине за производњу креча у металургији, у ливачкој индустрији, за производњу минералних ђубрива, у индустрији боја и лакова (задовољава критеријуме хемијског састава, али је потребно извршити и друга специфична испитивања).

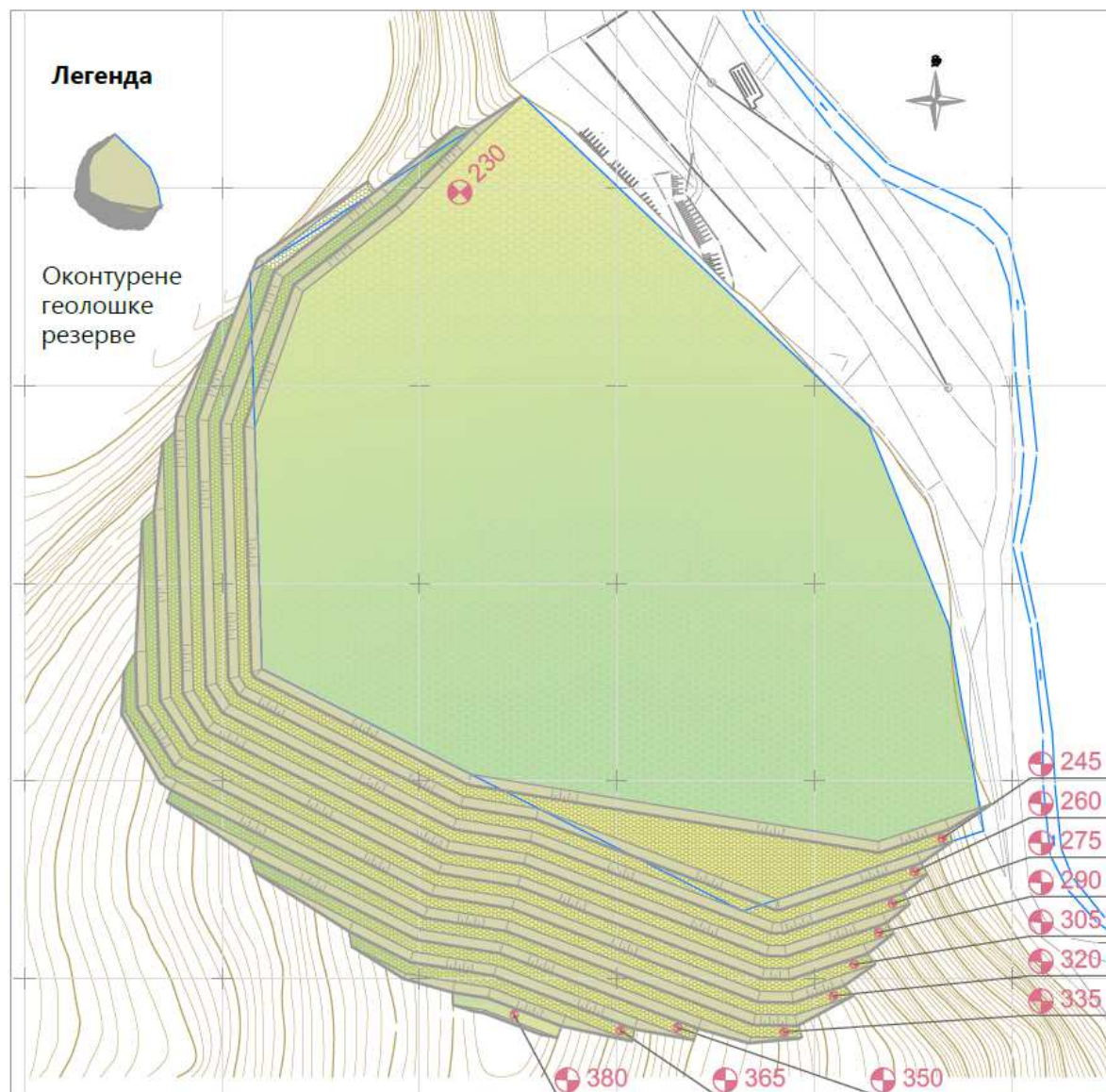
Експлоатација лежишта минералних сировина површинским копом, састоји се од низа активности. Ископавање, утовар, транспорт, припрема и прерада минералне сировине, као део технолошког процеса се у потпуности дефинишу пројектним решењима за извођење радова.

Пројектна документација представља један од неопходних услова за добијање дозволе од министарства рударства за извођење радова на отварању и експлоатацији лежишта минералних сировина, а врста, обим и садржај пројектне документације дефинисан је законским прописима, Законом о рударству и геолошким истраживањима и Правилником о садржини рударских пројеката.

Идејним решењем конструисања завршног изгледа површинског копа, слика 2.18.3., максимално су обухваћене резерве минералне сировине са количинама откривке, која по својим физичко – механичким карактеристикама одговара самој минералној сировини, односно карбонатима који нису билансирани.

Технолошки процес експлоатације предвиђа дисконтинуални рад механизације на откопавању, утовару, транспорту и одлагању јаловинског покривача и откривке, бушење, минирање, утовар, транспорт, дробљење и прераду кречњака. Откопавање откривке се врши фазно у зависности од динамике развоја радова на откопавању кречњака и има карактер припремних радова обзиром да се уједно и формира плато за смештај и рад бушаће гарнитуре.

У фази припреме терена, потребно је најпре посећи шуму, улонити корење посечених стабала, а потом извршити чишћење терена од остале вегетације. Такође је потребно извршити реконструкцију постојећих и изградити нове приступне путеве који би се користили за процес експлоатације. Због незнатне дебљине јаловина се у једном или по потреби више пролаза откопава булдозером и гура уз ивице парцела, где се формира више мањих депонија. Потом се враћа у откопани простор, где је завршен процес експлоатације, као припрема за отпочињање процеса биолошке рекултивације.



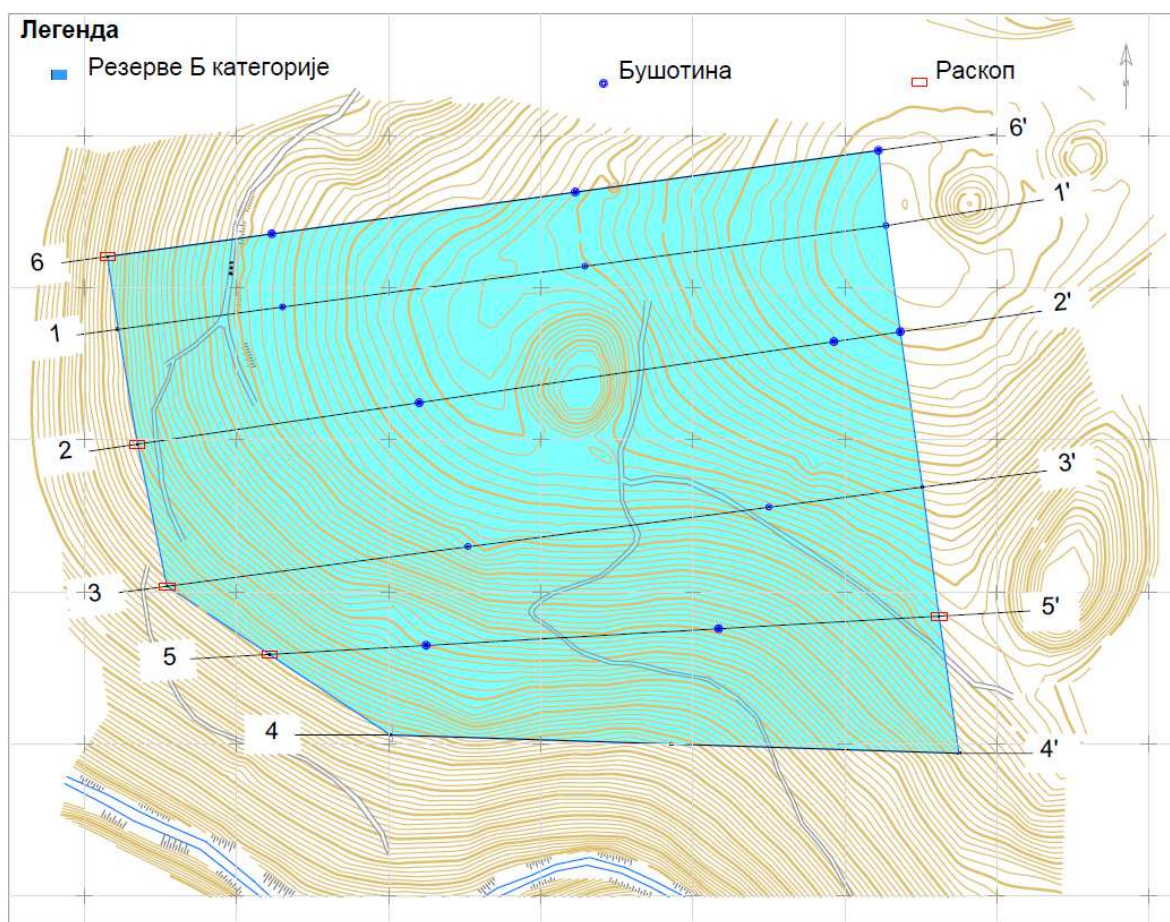
Слика 2.18.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Радом на површинском копу потенцијално угрожена подручја животне средине могу бити ваздух и земља. Узрочници су бука, минерална прашина, гасови, деградирано земљиште. Када је у питању аерозагађење као и бука на радилишту, главни емитори су: бушилица, булдозер, утоваривач, камиони и дробилично постројење. Од штетних гасова, као последице рада мотора са унутрашњим сагоревањем, јављају се угљен – монооксид ( $\text{CO}$ ), угљен – диоксид ( $\text{CO}_2$ ), азот – диоксид ( $\text{NO}_2$ ) и микролеин. Количине штетних гасова у морфолошким и метеоролошким условима би могле довести до повећане концентрације штетних гасова које би угрозиле радну околину. У случајевима примене квашења транспортних путева, места утовара и минирања неће претити опасност од повећане запрашености. Бука такође не представља повећану опасност у колико нема насеља у близини. Утицај на животну средину одражава се на нарушавање предела, односно деградацију терена. Употребом применљивих решења у погледу рекултивације по завршетку експлоатације на површинском копу, изглед дегадираних површина се може и побољшати имајући у виду квалитет присутног растиња на подручју лежишта.



## 2.19. ИСТРАЖИВАЊЕ ЛЕЖИШТА КРЕЧЊАКА ЗА ПРОИЗВОДЊУ КАРБОНАТНЕ СИРОВИНЕ И ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Подручје истражног простора спада у брдовити терен, док у је широј околини благо заталасан. Изглед рељефа је условљен тектонским и литолошким склопом терена, који је углавном утицао на формирање морфолошких облика и оријентацију хидрографске мреже. Ерозија и денудација су слабо изражене. Хидрографска мрежа овог подручја је веома развијена. У границама истражног простора, слика 2.19.1., протиче река, у коју се улива велики број безимених потока. Карактеристика ових водотока је да вода брзо понире кроз развијене карстне пукотине, па су сви ови водотокови у летњем периоду сиромашни водом. Геолошка грађа лежишта је једноставна, јер се састоји искључиво од средње тријаских сивих компактних кречњака, занемарљиво сивих компактних бречоидних кречњака са калцитским жицама. На површини терена регистровано је присуство мрких глина са комадима кречњака. Основна боја кречњака је сива. Местимично и ретко су присутне нијансе боја са прелазима ка крем (крем – сиви) или црној (тамно – сиви). Продуктивну масу доминантно чине сиви компактни кречњаци, незнатно сиви компактни бречоидни кречњаци са калцитским жицама и здробљени кречњаци. Непроодуктивну масу, јаловину чине мрке глине са комадима кречњака и хумус, који се налазе на површини терена. Шумовити део лежишта је мали.



Слика 2.19.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Лежиште кречњака припада седиментном маринском типу, биогеног порекла, средње тријаске старости. У току картирања терена и израде детаљног геолошког плана лежишта, регистровано је присуство раседа, раседне зоне и пукотина. Кроз централни део лежишта пролази вертикални расед, док су ван контура резерви лежишта регистрована још два раседа која се сучељавају.

Лежиште је лоцирано на узвишењу, које је од околних делова терена јасно одвојено повременим потоком у јужном и западном делу и чини његову стрму десну долину страну, која има карактер viseће долине у зони ушћа. Према северу, блажим нагибом, преко заравни, узвишење постепено пада. На истоку преовлађује зараван, која се према северу благо и континуирано спушта. На самом узвишењу регистроване су плитке тањирасте вртаче, у североисточном делу и једна левкаста, дубока уз источну границу лежишта. На њима нису уочени индикатори интензивне карстификације нити хидрогеолошки активне зоне. Терен је прекривен танким педолошким покривачем.

Истражним бушењем констатовано је присуство субвертикалних и субхоризонталних пукотина, које су јасно детерминисане као тензионе и минимално кориговане корозионим дејством воде, тако да чине појединачне каверне центиметарског до дециметарског реда величине. Њихова карактеристика је сочиваст облик, ограниченог простирања у све три димензије, тако да у надизданској зони, нису погодне за акумулирање већих количина воде. У стално потопљеној, изданској зони, уз услов да су директно повезане или преко система прелина и пукотина, чине главну зону праваца кретања подземних вода.

Потребна количина исплаке за бушење бушотине круном са тврдом металом се може израчунати према следећој формули:

$$Q = F \cdot V \cdot 60 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2), \text{ lit/min} \quad (4)$$

F — површина прстенастог међупростора (dm<sup>2</sup>)

V — брзина излазећег млаза (m/s)

D — пречник бушотине (dm)

d — пречник бушаћих шипки (dm)

Брзина млаза исплаке у прстенастом међупростору треба да је већа од брзине падања најкрупнијих честица.

$$V = U + C, \text{ dm/s} \quad (4)$$

Брзина падања најкрупнијих честица

$$U = k \cdot \sqrt{d_z \cdot \frac{(\gamma - \gamma_i)}{\gamma_i}}, \text{ cm/min} \quad (4)$$

k — коеф. форме (облика) зрна

d<sub>z</sub> — пречник највећег зрна (cm)

γ — специф. тежина набушеног материјала (kg/m<sup>3</sup>)

γ<sub>i</sub> — специф. тежина исплаке (kg/m<sup>3</sup>)

Брзина изношења набушеног материјала

$$C = 100 \cdot \frac{F_o \cdot S (\gamma - \gamma_i)}{F \cdot \gamma_i}, \text{ dm/s} \quad (4)$$

Сведена површина дна бушотине

$$F_o = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - D_k^2) \cdot k + \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (1 - k), \text{ dm}^2 \quad (4)$$

Површина прстенастог међупростора

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2), \text{ dm}^2 \quad (4)$$

Потребна количина исплаке за бушење бушотине дијамантском круном се може израчунати према следећој формули:

$$Q = \frac{40 \cdot S \cdot 60}{1000}, \text{ lit/min} \quad (4)$$

Напредовање круне

$$V_b = \frac{N \cdot 8}{10.000} \cdot n, \text{ cm/min} \quad (4)$$

N — број активних зрна уграђених у круни

n — број обртаја

Дозвољени притисак на круну

$$P = \frac{C \cdot b}{3} \cdot 15, \text{ kP} \quad (4)$$

C — број карата у круни

b — величина зрна (број зрна у једном карату)

Тежина прибора

$$Q = H \cdot q \cdot \left(1 - \frac{\gamma_i}{\gamma_c}\right), \text{ kg} \quad (4)$$

H — дубина бушотине (m)

q — тежина бушаће шипке (kg)

$\gamma_i$  — специф. тежина исплаке (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_c$  — специф. тежина челика (kg/m<sup>3</sup>)

Када је стенска маса испуцала, током бушења у појединим интервалима може доћи до зарушавања зидова и скретања бушотине. У том случају, да би се наставило са бушењем, постоји потреба за санацијом, која се обавља бетонирањем бушотине.

Количина цементног млека

$$Q_m = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot H \cdot C, \text{ m}^3 \quad (4)$$

D — пречник бушотине

H — дужина бушотине која се бетонира

C — корекциони фактор који зависи од стене и проширености бушотине

Лежиште и околину изграђују средње тријаске карбонатне стене, које су представљене масивним, ређе стратификованим кречњацима. У истражним бушотинама и на површини терена регистровани су сиви компактни кречњаци, који представљају продуктивну масу, сировину.



Занемарљиво учешће имају сиви здробљени кречњаци и сиви бречоидни кречњаци са калцитским жицама, који такође представљају продуктивну масу. Јаловина се налази искључиво на површини терена и представљена је мрким глинама са комадима кречњака.

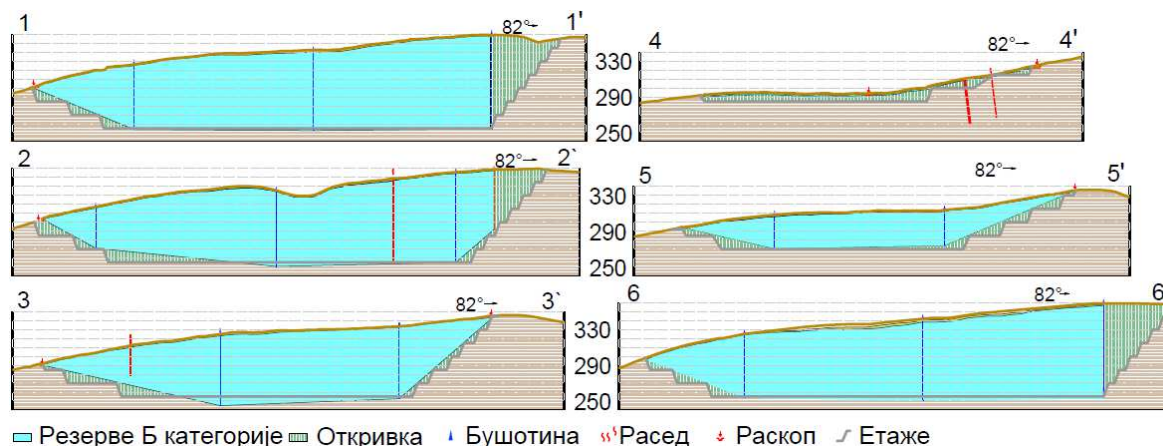
Лабораторијска испитивања лежишта кречњака су обухватила:

- хемијска испитивања (израду делимичних и комплетних хемијских анализа),
- минералошко – петрографска испитивања (детерминација петрографских препарата),
- физичко – механичка испитивања (испитивања техничких својстава камена),
- технолошка испитивања дробљеног (сепарисаног) каменог агрегата,
- микропалеонтолошка испитивања и
- геомеханичка испитивања.

Према резултатима лабораторијских испитивања, а у сагласности са техничким условима из важећих стандарда квалитета, утврђено је да се испитивани кречњаци лежишта могу користити као карбонатна сировина: у стакларској индустрији, за производњу шећера, за производњу сточне хране и минералних ђубрива, у ливачкој индустрији и за металуршке сврхе.

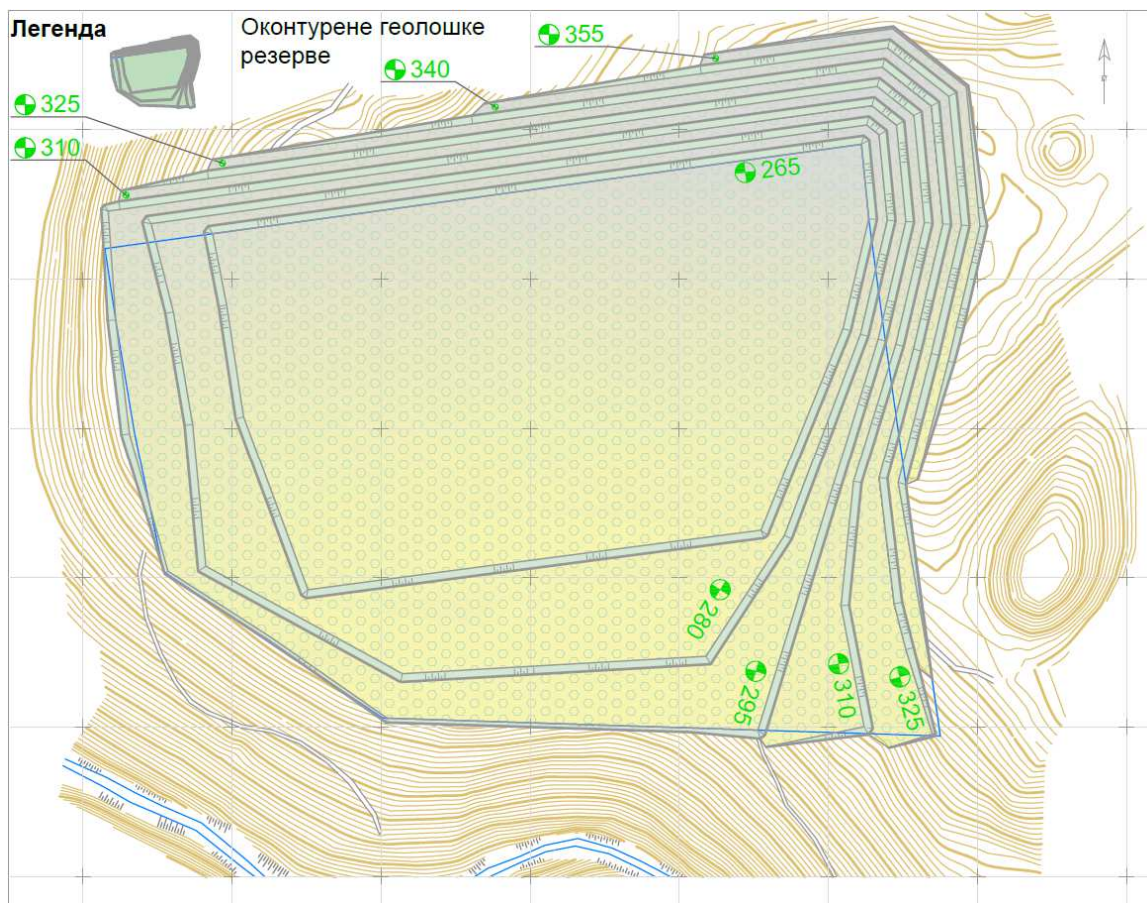
На основу резултата испитивања камена и каменог агрегата и одредби одговарајућих стандарда, стенска маса са локалности се као ТКГ може употребити као сировина за: производњу агрегата за израду бетона, производњу агрегата за горње носеће слојеве од битуминизираног материјала по врућем поступку за путеве свих саобраћајних оптерећења и производњу агрегата за доње носеће слојеве од битуминизираног материјала по врућем поступку за путеве свих разреда саобраћајних оптерећења.

Прорачун резерви извршен је методом паралелних вертикалних профила, слика 2.19.2., као основном и методом блокова, средњег аритметичког као контролном. На основу урађеног елабората и добијених резултата, усвојени су конструктивни параметри за израду идејног решења завршног изгледа површинског копа, слика 2.19.3.: висина радне етаже 15 m, нагиб 70°, ширина сигурносне берме 5,9 m и угао завршне косине 53°.



Слика 2.19.2. Обрачунски профили [10]

Параметри конструкције копа условљени су већим бројем фактора као што су: физичко – механичке карактеристике стенског материјала, квалитет минералне сировине, врста механизације која ће се користити за извођење радова, интензитет развоја рударских радова у плану и по дубини и др. Пројектовање динамике експлоатације на површинским коповима састоји се од детаљног прецизирања развоја радова по количини откопаног материјала, месту и времену извођења радова, дужини трајања и календарским периодима рада као и по ангажованој опреми за извођење радова. Услов је предвиђени годишњи капацитет производње на површинском копу за корисну минералну сировину изражен по количинама и квалитету и за откривку и јаловину.



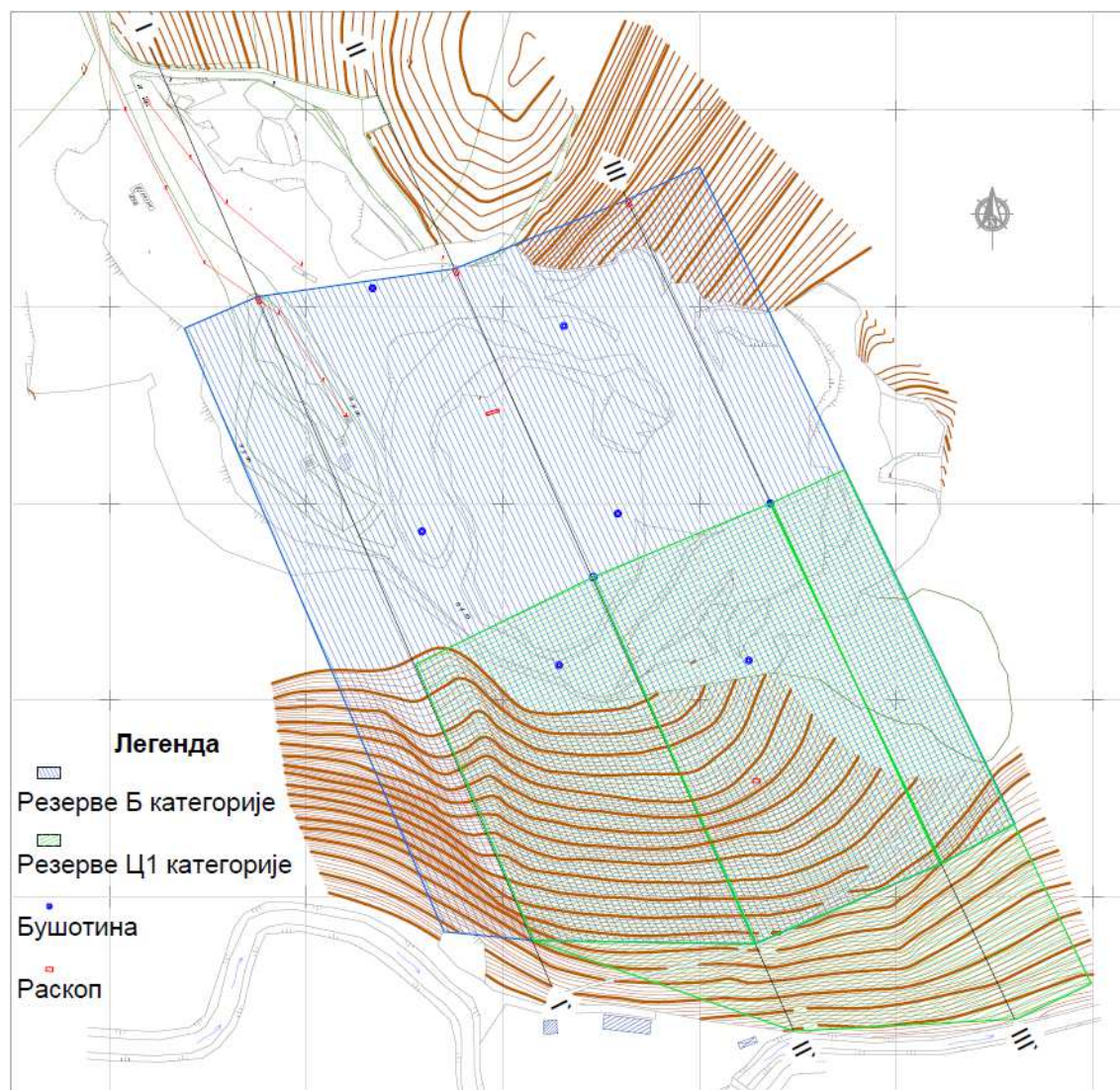
Слика 2.19.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Количина откопаног материјала представља вредност откривке, јаловине и корисне минералне сировине, која се изражава у јединицама запремине или масе. За корисну минералну сировину дефинише се квалитет изражен кроз садржај корисних компоненти или хемијски састав. Место извођења радова представља детаљан опис места на коме се изводе радови и означава се генерално делом површинског копа на коме се изводе радови, а затим прецизно ознаком етаже, стационаром транспортне трасе, димензијама радне површине и координатама карактеристичних тачака простора који је обухваћен радовима. Време извођења радова представља дужину временског периода извођења радова изражену у јединицама времена специфично везаним за свако место и обим изведених радова и такође означава се календарски период извођења радова. Што се тиче ангажоване опреме за извођење радова, прецизира се врста, тип и број ангажоване опреме, специфично везан са количинама материјала, местом и временом извођења радова. Радови који се изводе могу бити основни радови на експлоатацији, затим припремни и помоћни радови. Динамику експлоатације прати и приказ техничко – економских показатеља производње изражен кроз нормативе потрошње погонског материјала и енергије, затим начин снабдевања погонском енергијом и мере техничке заштите и заштите околине. Динамика експлоатације се детаљно приказује кроз прецизан технички опис извођења радова који мора бити аналитички и графички образложен. Аналитичка образложења се састоје од свих прорачуна и доказа по наведеним елементима, а графички приказ се ради на ситуационим плановима, етажним картама и пресецима. Динамика експлоатације пројектује се тако да се обезбеди стабилност производње на површинском копу. Идејним решењем, завршни изглед површинског копа, конструисан је тако да максимално захвати резерве минералне сировине уз минималне количине откривке, која по својим физичко – механичким карактеристикама одговара самој минералној сировини, односно карбонатима који нису билансирани.



## 2.20. ПОВРШИНСКИ КОП КРЕЧЊАКА КАО КАРБОНАТНА И СИРОВИНА ЗА ЕКПЛОАТАЦИЈУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Регионалне геоморфолошке карактеристике, као и развој егзогених морфоструктурних облика на овом простору условљене су литолошким саставом и тектонским склопом терена. У планинском подручју према литолошким и структурним карактеристикама могу се издвојити ултрамафитски масив и комплекс мезозојских стена. Подручје представља један сложен блок састављен од више мањих, релативно издигнут у односу на тектонску потолину, слика 2.20.1. У непосредној близини истражног простора протиче река са више поточних притока. Имајући у виду постојање веома густе хидрографске мреже на овом простору водоснабдевање будућег површинског копа и осталих постројења не би представљало проблем. Климатске прилике су врло повољне, владају топла лета и хладне зиме.



Слика 2.20.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Лежиште кречњака представља део веће масе горњотријаских кречњака, који су и најстарије творевине ширег и ужег подручја лежишта, чија подина није откривена док им је повлата изграђена од дијабаз – рожне формације са којом показују тектонски или трансгресиван геолошки склоп. У регионалном погледу лежиште кречњака припада комплексу мезозојских седимената.



Овде се издваја неколико руптурних праваца дуж којих је дошло до извесног смицања, где је контакт са дијабаз – рожном формацијом тектонски или трансгресиван. Осим тога, током млађих орогенних покрета ова формација је била захваћена јаким бочним притисцима што је довело до испуцалости, здробљености и локалне уситњености стенске масе са ретким реликтима монолитних и компактних партија. Као крајњи резултат образован је природни гранулат грађевинског техничког камена, што је и био важан критеријум за избор ове локације.

Картирањем терена и истражних бушотина констатовано лежиште техничког грађевинског камена изграђено је од добро водопропусних стена. Истражним радовима није констатована појава подземних вода. Водотокова у ужем подручју нема па неће бити њиховог утицаја на експлоатацију. Ниво реке је испод основне етаже и ван оквира лежишта па такође не може утицати на експлоатацију камена. Према свим наведеним карактеристикама може се закључити да су хидрогеолошки услови веома повољни и да ће се експлоатација обављати без посебних потешкоћа.

Инжењерско – геолошке одлике терена у ширем подручју лежишта у основи зависе од геолошке грађе терена, морфолошких услова терена, хидрогеолошких услова, као и досадашње техногене активности. Уже подручје истраживаног дела терена као и сама локација лежишта у инжењерско – геолошком смислу изграђују тријаске карбонатне стене вулканогено – седиментне творевине дијабаз – рожне формације (глинци, рожнаци, лапорци, кречњаци и пешчари). У ову категорију наслага увршћени су горњотријаски кречњаци, који у истраживаном лежишту представљају рудну масу. То су масивни до банковити кречњаци светлосиве боје, шкољкастог прелома са калцитским жилицама и руменкастим стилолитима. Тектонски јаче поремећени делови показују пукотинску порозност, која се смањује идући према дубљим деловима, а такође и феномен карстификације је израженији при површински заравњеном делу кречњачке масе. Стене са наведеним карактеристикама могу се сврстати у групу стенских маса у којима не постоје услови за стварање инжењерско – геолошких процеса који доводе до нестабилности терена. Ове творевине су у непосредном контакту са тријаским кречњацима где показују тектонски, раседни или трансгресиван однос. Хетероген литолошки састав ове картиране јединице и карактер границе са кречњацима указују на нестабилну границу у погледу инжењерско – геолошких карактеристика. У овом смислу, ризичан је само један мали део лежишта на крајњем источном ободу. У време већих снежних падавина долази до бубрења глиновите компоненте у дијабаз – рожној формацији и стварања клизишта где пластичне глине клизе преко чврстих тријаских кречњака. Према томе, само у делу лежишта у коме ће процеси експлоатације кречњака довести до скидања откривке, могу настати одређене сметње што изискује већу опрезност приликом извођења радова.

Експлоатација кречњака врши се површинским копом. За потребе прераде кречњачке сировине постоји изграђено дробилично постројење, сепарација и остала неопходна опрема. На основу резултата лабораторијских испитивања, а у сагласности са техничким условима важећих стандарда, може се закључити да се испитивани кречњак из лежишта може употребити као:

— Техничко грађевински камен за производњу:

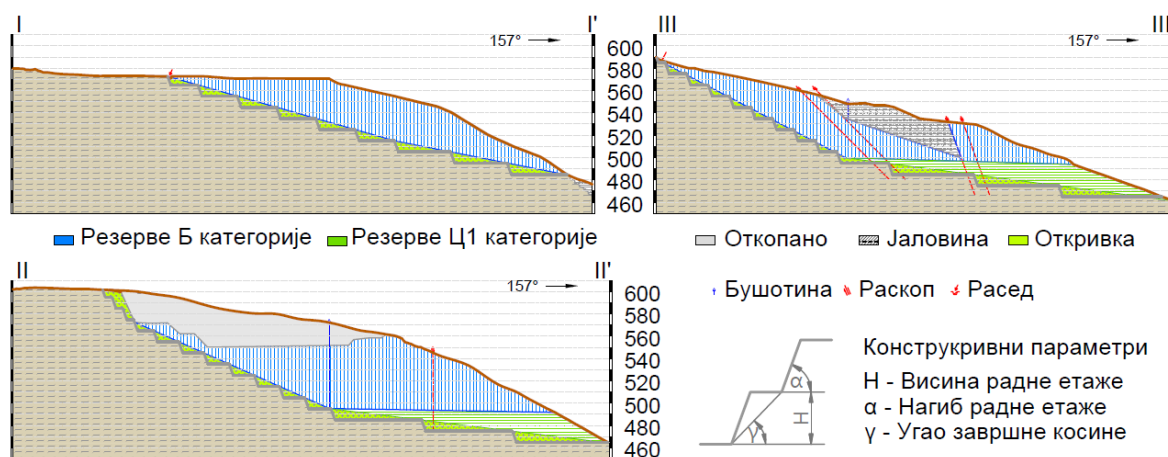
- Нефракционисане и фракционисане камене ситнежи за израду: доњих носећих механички стабилизационих (тампонских) слојева коловозних конструкција, доњих носећих слојева коловозних конструкција од битуменизованог материјала по врућем поступку на путевима свих саобраћајних оптерећења, горњих носећих слојева коловозних конструкција од битуменизованог материјала по врућем поступку на путевима свих саобраћајних оптерећења, коловозних застора (хабајућих слојева) од асфалтбетона по врућем поступку на путевима са лаким и врло лаким саобраћајним оптерећењем, доњих слојева цементбетонских коловозних плоча, цемент бетона (масивног армираног и преднапрегнутог) који нису изложени хабању и ерозији;
- Ломљеног камена – необрађеног, полуобрађеног и обрађеног за сва зидања у нискоградњи;
- Хидротехничко грађевинског камена – ломљеног полуобрађеног и обрађеног, за израду обалоутврда водотокова свих врста хидротехничких објеката, габиона, фашина и др.

— Карбонатна сировина за производњу:

- грађевинског креча свих врста и намена, шећера, сточне креде, минералног ђубрива, боје и лакова, металургији, стакла и др.

Избор методе обрачуна резерви по којој ће се вршити прорачун у неком лежишту, зависи од геолошке грађе лежишта, односно од величине и облика рудног тела, залегања и других квантитативно – квалитативних карактеристика, као и од распореда истражних радова. За прорачун резерви кречњака лежишта одабрана је за основну метода паралелних вертикалних профила, а за контролну метода геолошких блокова.

На основу података, који су дати у оквиру пројектне документације, по коме се иначе врши експлоатација кречњака на површинском копу, за потребе израде идејног решења завршног изгледа површинског копа, усвојени су конструктивни параметри према чему је извршено оконтуривање геолошких резерви. Висина радне етаже је 10 m, нагиб радне етаже у сировини  $70^\circ$  а угао завршне косине  $46^\circ$ . Прорачуната минимална ширина берме за усвојене параметре износи 6,1 m. Нагиб радне етаже у јаловини је  $40^\circ$  а угао завршне косине  $27^\circ$ . Минимална ширина берме у јаловинском слоју износи 7,7 m, с тим да је у идејном решењу завршне контуре усвојено 8 m, слика 2.20.2.



Слика 2.20.2. Обрачунашки профили [10]

Повољан начин појављивања рудног тела, погодан просторни положај, минимална количина откривке, која се јавља само у једном делу лежишта, земљиште ниске економске вредности и друге погодности, омогућавају да се при планираном годишњем капацитету оствари повољан финансијски резултат.

Конструисање површинског копа је поступак формирања основног објекта у површинској експлоатацији, којим се обухвата лежиште и пројектује површинска експлоатација минералних сировина у лежиштима која су предиспонирана и техничко – економски доказана за површинску експлоатацију.

Повољност за површинску експлоатацију лежишта представља чињеница да рудно тело практично целом својом површином издањује на површину. За идејно решење завршног изгледа површинског копа коришћена су досадашња искуства на самом лежишту као и пројектна документација, литературни подаци.

Да би се наставило са експлоатацијом сировине на постојећем површинском копу, односно да би се резерве обухваћене идејним решењем завршног изгледа површинског копа експлоатисале, слика 2.20.3., неопходно је обратити посебну пажњу на раседне зоне у појединим деловима лежишта, као и на измештање објеката који се тренутно налазе у идејној контури. Напоменуте параметре неопходно је узети у обзир код израде рударских пројеката.



Слика 2.20.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

За површинску експлоатацију кречњака и добијање одговарајућих агрегата постоји сва потребна инфраструктура као и објекти за снабдевање водом и енергијом. Технолошки систем експлоатације лежишта је дисконтинуалан уз примену стандардне опреме: утоваривача, камиона и булдозера. На самом површинском копу инсталирано је дробилично постројење. Технологија откопавања је по систему одозго на доле, почев од највише до најниже етаже, дна копа. Обзиром да је површински коп брдског типа одбрана од површинских и подземних вода врши се искључиво гравитацијски – каналима, као што је и предвиђено у оквиру пројекта експлоатације. Заступљеност површинске јаловине је незнатна, па основни технолошки процеси добијања кречњака на површинском копу обухватају: бушење, минирање, утовар и транспорт изминераног материјала до дробиличног постројења. На основу примењене технике и технологије добијања металичних и неметаличних минералних сировина на рудницима, изминерана маса има различиту крупноћу, која зависи од низа фактора као што су:

- физичко – механичка својства и структура радне средине,
- врста експлозива и конструкција минског пуњења,
- распореда експлозива у радној средини,
- начина минирања и др.



Дозвољена величина комада минираног материјала за:

— утовар (багерима)

$$d \leq 0,75 \sqrt[3]{V_k}, \text{ m}^3 \quad (6)$$

$d$  — највећи комад минираног материјала ( $\text{m}^3$ )

$V_k$  — запремина кашике багера ( $\text{m}^3$ )

— транспорт (камионима)

$$d \leq 0,5 \sqrt[3]{V_t}, \text{ m}^3 \quad (6)$$

$V_t$  — запремина величине сандука транспортног средства ( $\text{m}^3$ )

— дробљење (дробилице)

$$d \leq (0,75 - 0,85) \cdot b_d, \text{ m} \quad (6)$$

$b_d$  — ширина пријемног отвора дробилице ( $\text{m}$ )

— транспорту (тракама)

$$d \leq (0,75 - 0,85) \cdot b_t, \text{ m} \quad (6)$$

$b_t$  — ширина траке ( $\text{m}$ )

Оцена квалитета минирања према учешћу негабарита

$$V'_{ng} = \frac{V_{ng}}{V}, \text{ m}^3 \quad (6)$$

$V_{ng}$  — укупна запремина негабаритних комада ( $\text{m}^3$ )

$V$  — запремина минираног материјала ( $\text{m}^3$ )

Степен фрагментације

$$I_{sr} = \frac{\sum l_i \cdot P_i}{100}, \text{ cm} \quad (6)$$

$l_i$  — средња линеарна величина комада одговарајуће фракције ( $\text{cm}$ )

$P_i$  — тежинско учешће фракције (%)

Процентуално учешће сваке поједине фракције при линеарном мерењу на површини гомиле

$$V_x = \frac{\sum L_x}{\sum L} \cdot 100, \% \quad (6)$$

$L_x$  — укупно измерена дужина свих комада одређене фракције ( $\text{m}$ )

$L$  — укупно измерена дужина целе гомиле ( $\text{m}$ )

При линеарно – унакрсном мерењу, процентуално учешће сваке фракције

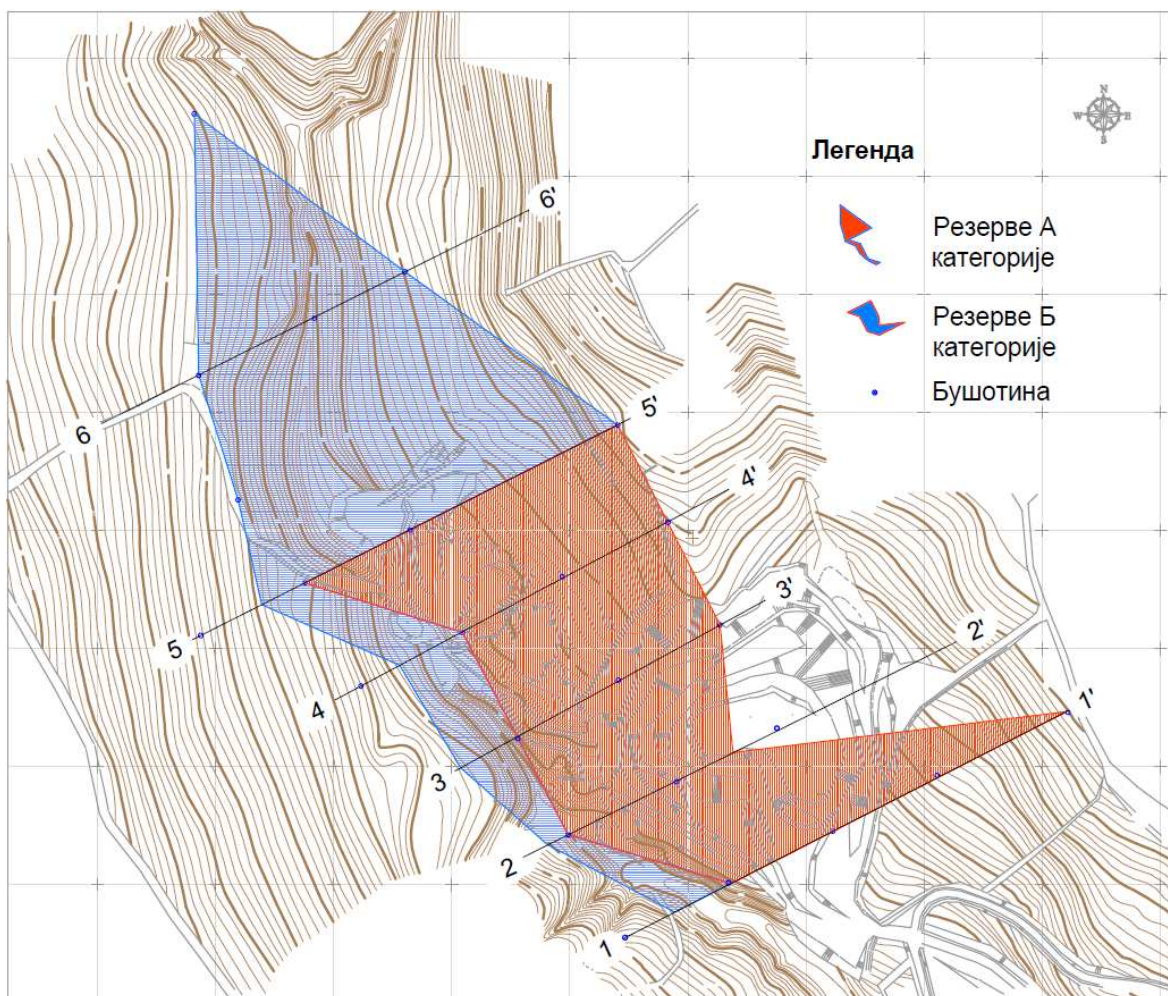
$$S_x = \frac{\sum S_x}{\sum S} \cdot 100, \% \quad (6)$$

$S_x$  — укупна површина измерене фракције ( $\text{m}$ )

$S$  — укупно измерена површина гомиле ( $\text{m}$ )

## 2.21. ЕКСПЛОАТАЦИЈА КРЕЧЊАКА КАО КАРБОНАТНЕ СИРОВИНЕ

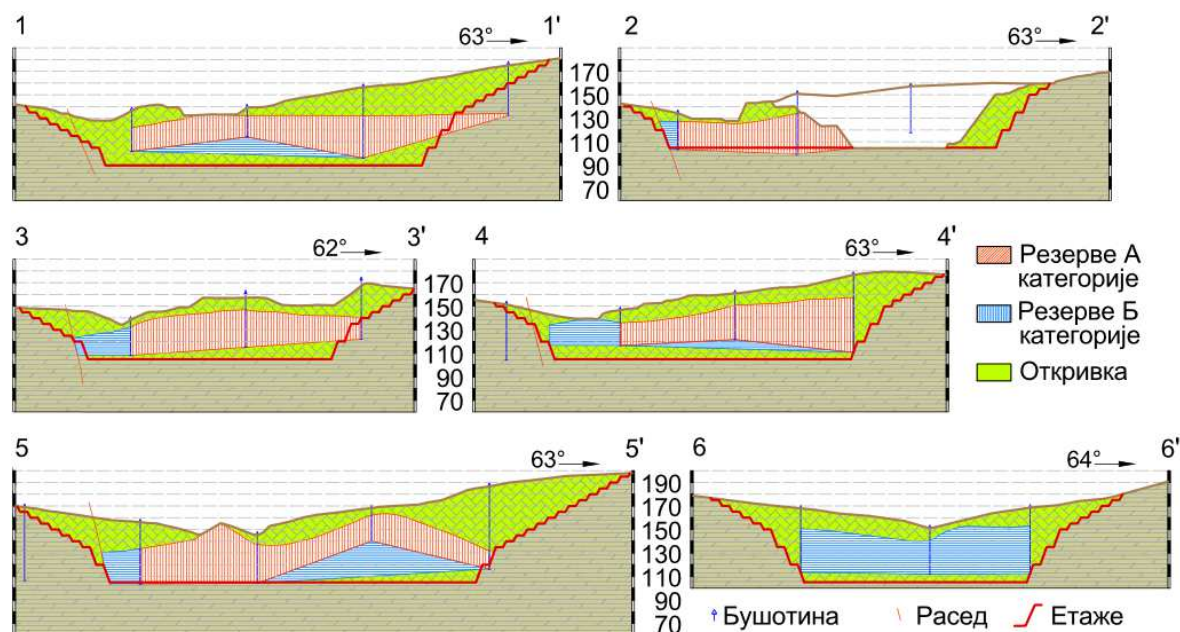
Истражно подручје у широј околини лежишта, одговара такозваном ниском планинском земљишту и углавном је испресецаан честим и бројним ртовима и увалама. Потребно је нагласити да у вези са седиментолошким саставом повлате (лапорци, глине, песак), тамо где су вршена усецања терена, честе су појаве клизања земљишта, те посебну пажњу треба обратити приликом израде јаловинских етажа. За ширу околину истраживаног подручја, посматрано са хидролошког становишта, значајни су водени токови. Међутим, за уже подручје лежишта водоснабдевање представља посебан проблем, како по питању индустријских вода, тако и по питању вода за егзистенцију становништва, што је посебно изражено у дужим летњим и сушним периодима. Што се тиче климатских прилика, шире подручје, има умерено континенталну климу. Непосредну геолошку грађу лежишта кречњака чине: сахароидни сенонски кречњаци, конгломератични сиво – жути пескови, лапорци и лапоровите глине и техногени материјал. На истражном простору лежишта кречњака, слика 2.21.1., издвојене су следеће инжењерско геолошке и хидрогеолошке различите средине: кречњака дробина, насуто тло, алувијално – пролувијални нанос, делувијалне насlage, делувијално – пролувијални нанос лапоровите глине, лапорци, пескови и шљункови, пескови, конгломерати и кредни кречњаци. Кречњачка дробина представља материјал од крупних блокова до дробине, експлоатисан, необрађен и вештачки депонован у дну копа. У хидрогеолошком погледу делувијални седименти су хидрогеолошки колектори спроводници са акумулирањем мањих количина вода, периодичног карактера.



Слика 2.21.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Инжењерско геолошке одлике терена у ширем подручју лежишта кречњака у основи зависе од: геолошке грађе терена, морфолошких услова терена, хидрогеолошких услова, као и досадашње техногене активности. Основни печат терену у инжењерско – геолошком смислу на ширем простору лежишта дају језерски седименти, односно лапоровите глине и лапорци, прекривени наслагама делувијума различите дебљине. Делувијални седименти, а делом и измењена зона лапоровитих глина су деформабилних својстава, код којих у расквашеном стању долази до формирања клизишта на падини. Израдом широких ископа са неадекватно изведеним косинама засека, ова нестабилност се знатно потенцира са појавама плићих клизишта [24]. Јаловински материјал формиран преко кречњаке стенске масе утиче на стабилност масе језерских седимената са делувијумом, што представља значајан проблем о коме посебно треба водити рачуна при ископу. Кречњачка стенска маса лежи испод језерских седимената на различитој дубини. Утврђена је њена велика издељеност, знатна пропусност и велика оводњеност у дубљим деловима терена. Проблем стабилности стенске масе кречњака долази до изражаја само у току експлоатације, израдом отворених профила, са широким и дубоким ископима, израдом стрмих косина и услед минирања [48].

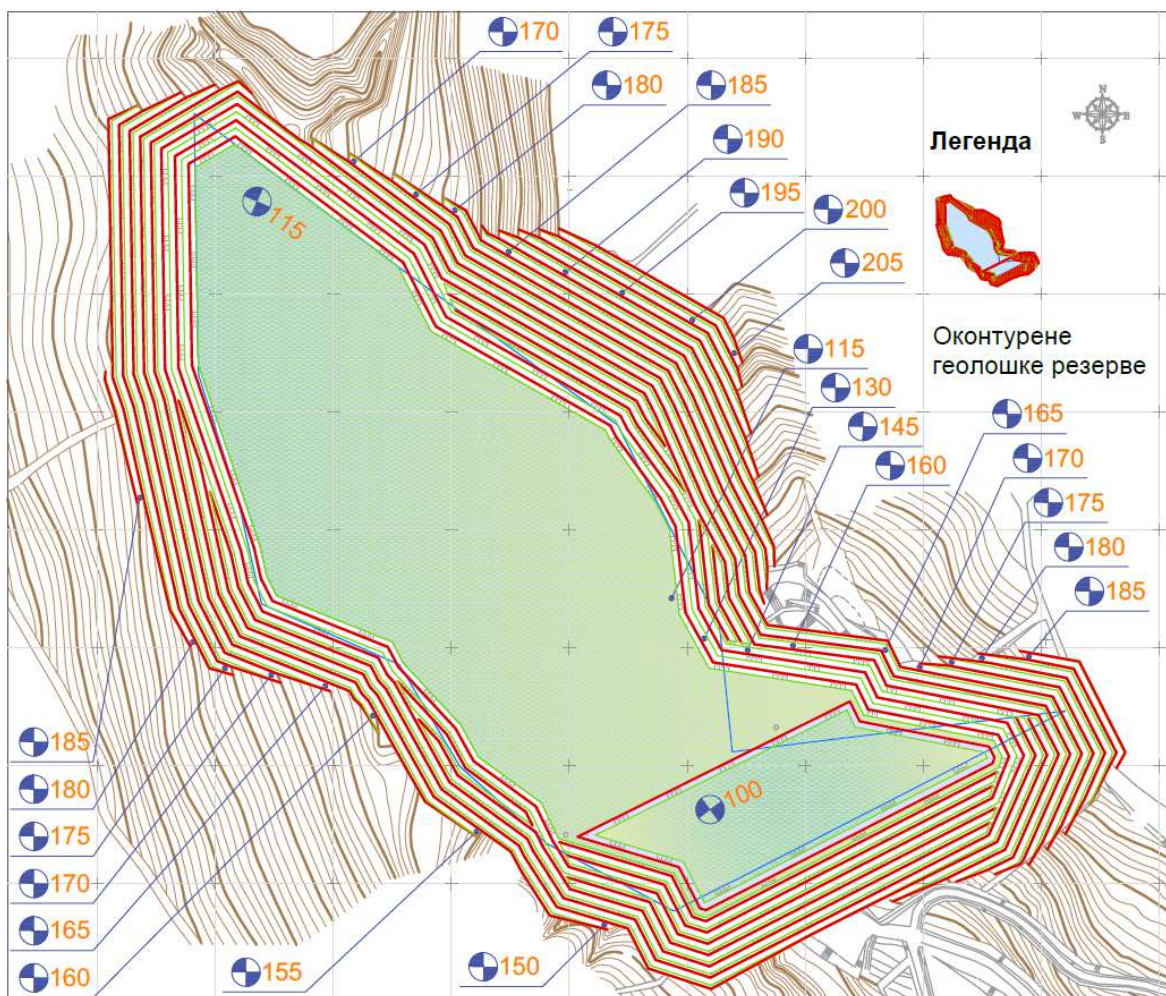
Прорачун резерви чврстих минералних сировина врши се применом оптималних метода које обезбеђују довољну тачност и рационалност података. Избор признате методологије прорачуна резерви из савремене научне праксе, треба да обезбеди пуно поштовање специфичности утврђених параметара сваког лежишта, који га дефинишу као економску категорију у склопу прописаних заједничких и посебних критеријума, по којима се утврђују резерве и разврставају у класе и категорије. Прорачун резерви извршен је методом профила, слика 2.21.2., као главном и методом блокова као помоћном.



Слика 2.21.2. Обрачунски профили [10]

Испитивањем физичко – механичких својстава откривке и сировине као и анализом услова радне средине, површинског копа, усвојени су основни конструктивни параметри на основу којих је извршено оконтуривање геолошких резерви, слика 2.21.3.: висина радне етаже у сировини 15 m, висина радне етаже у јаловини 5 m, нагиб радне етаже у сировини 70°, нагиб радне етаже у јаловини 60°, угао завршне косине у сировини 50° ( $H_{\max} = 60$  m) и угао завршне косине у јаловини 25° (максимална висина јаловине у кровини 28 m). Користећи усвојене параметре, прорачуната минимална ширина берме у завршној косини у делу јаловине износи 7,9 m, а у делу сировине 7,2 m.





Слика 2.21.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака

На лежишту кречњака се већ дужи низ година успешно у континуитету обавља експлоатација површинским копом, дисконтинуалним начином по следећим фазама: откопавање, транспорт и одлагање јаловине, бушење минских рупа, минирање, утовар одминиране масе и транспорт до постројења за прераду.

Имајући у виду начин експлоатације, геометрију лежишта, однос јаловине и корисне сировине, прорачунате билансне резерве кречњака се практично могу сматрати експлоатационим јер су експлоатациони губици занемарљиви. Томе доприноси и технологија чишћења јаловинских маса. Напредовањем експлоатације ка дубини, етаже су лоциране у сировини па су тиме искључена и разблажења.

Јаловина се откопава багером кашикарром и утовара у камионе који врше транспорт од површинског копа до одлагалишта. Бушење минских бушотина се обавља бушилицом. Минирање се обавља експлозивима домаће производње. Иницирање минских пуњења врши се детонирајућим штапинима са успоривачима. Као помоћно средство за иницирање користи се рударска каписла и спорогорећи штапин. При масовном минирању за успорење између бушотина у раду или групе бушотина, као и за успорење између редова бушотина користе се успоривачи са одговарајућим временом успорења. Секундарно минирање негабаритних комада се изводи у циљу поравнавања етажних равни. Врши се бушењем минских рупа мањег пречника бушаћим чекићем. Утовар одминиране сировине се на радним етажама обавља багером а транспорт од радилишта на површинском копу до дробиличног постројења камионима.

За прорачун капацитета камиона на транспорту материјала у наставку је дата је методологија прорачуна.

Часовни капацитет камиона:

$$Q_{hk} = \frac{3.600 \cdot V_s \cdot k_i}{T_c \cdot k_r}, \text{ чм}^3/\text{h} \quad (5)$$

$V_s$  — запремина сандука камиона ( $\text{m}^3$ )

$k_i$  — коеф. временског искоришћења

$k_r$  — коеф. растреситости

Време циклуса

$$T_c = T_u + T_1 + T_i + T_2 + T_m, \text{ s} \quad (5)$$

Време трајања утовара

$$T_u = n_k \cdot t_c + t_z, \text{ s} \quad (5)$$

Број кашика

$$n_k = \frac{V_s \cdot k_{pk} \cdot k_{ru}}{V_{ut} \cdot k_{pu} \cdot k_{rk}} \quad (5)$$

$t_c$  — време трајања циклуса једне кашике утоварне машине (s)

$t_z$  — време трајања замене возила на утовару (s)

$V_s$  — запремина сандука камиона ( $\text{m}^3$ )

$k_{pk}$  — коеф. пуњења сандука камиона

$k_{ru}$  — коеф. растреситости у кашици утоварне машине

$V_{ut}$  — запремина кашике утоварне машине ( $\text{m}^3$ )

$k_{pu}$  — коеф. пуњења кашике утоварне машине

$k_{rk}$  — коеф. растреситости у сандуку камиона

Време вожње пуног камиона

$$T_1 = \frac{3.600 \cdot l}{v_1}, \text{ s} \quad (5)$$

$v_1$  — брзина вожње пуних камиона (km / h)

$l$  — дужина транспорта (m)

Време истовара

$$T_i = t_n + t_d + t_s, \text{ s} \quad (5)$$

$t_n$  — време кретања камиона уназад (s)

$t_d$  — време подизања сандука (s)

$t_s$  — време спуштања сандука (s)

Време вожње празног камиона

$$T_2 = \frac{3.600 \cdot l}{v_2}, s \quad (5)$$

$v_2$  — брзина вожње празних камиона (km / h)

$T_m$  — време маневрисања (s)

Запремина материјала у сандуку камиона

$$V_{\text{cm}} = \frac{n_k \cdot V_{\text{ut}} \cdot k_i}{k_r}, \text{ чм}^3 \quad (5)$$

Користан терет у сандуку камиона

$$q = \frac{n_k \cdot V_{\text{ut}} \cdot k_i \cdot \gamma}{k_r}, t \quad (5)$$

$\gamma$  — запреминска тежина (kN/m<sup>3</sup>)

Потребан број камиона

$$N_k = \frac{Q_{\text{hu}}}{Q_{\text{hk}}} \quad (5)$$

$Q_{\text{hu}}$  — прорачунати часовни капацитет утоварне машине (m<sup>3</sup> чм<sup>3</sup>/h)

$Q_{\text{hk}}$  — прорачунати часовни капацитет камиона (m<sup>3</sup> чм<sup>3</sup>/h)

Дневни капацитет камиона

$$Q_{\text{dnk}} = Q_h \cdot T_{\text{ef}}, \text{ чм}^3/\text{dan} \quad (3)$$

Ефективно време рада камиона

$$T_{\text{efk}} = T_{\text{sm}} \cdot N_{\text{sm}} \cdot k_e, h \quad (3)$$

$T_{\text{sm}}$  — време трајања смене (h)

$N_{\text{sm}}$  — број смена

$k_e$  — коеф. ефективности

Годишњи капацитет камиона

$$Q_{\text{gk}} = Q_d \cdot N_d, \text{ чм}^3/\text{god} \quad (3)$$

$N_d$  — усвојени број радних дана на годишњем нивоу

Ради неутрализације дејства центрифугалне силе, заносења у кривинама и превртања, радијус кривине на сме имати мању величину од добијене према обрасцу:

$$R = \frac{V_{\text{pr}}^2}{(k_p + i_k)}, m \quad (8)$$

$V_{\text{pr}}$  — прорачунска брзина вожње (m/s)

$k_p$  — коеф. отпора попречном клизању точкова

$i_k$  — попречни нагиб према центру кривине (%)



Оријентациони прорачун ефективности камионског транспорта се може израчунати на основу следеће формуле:

$$Q_{ig} = \frac{Q \cdot K_{in} \cdot T_{sm} \cdot n_{sm} \cdot K_{vi} \cdot N_g \cdot K_{ip}}{\frac{L_{pu}}{v_{sr} \cdot K_{ik}} + t_{zu}}, \text{ t/god} \quad (8)$$

- $Q$  — планирани годишњи капацитет на транспорту ( $m^3$ )  
 $K_{in}$  — коеф. искоришћења носивости  
 $T_{sm}$  — време смене (h)  
 $n_{sm}$  — број смена на дан  
 $K_{vi}$  — коеф. искоришћења времена  
 $N_g$  — број радних дана у години  
 $K_{ip}$  — коеф. искоришћења возног парка  
 $L_{pu}$  — дужина траспорта (km)  
 $v_{sr}$  — средња техничка брзина  
 $K_{ik}$  — коеф. искоришћења колиметраже за корисну возњу  
 $t_{zu}$  — време укупних застоја

Производи од овог камена имају широку намену: у индустрији шећера, у металуршкој индустрији, у хемијској индустрији за производњу вештачких ђубрива, сточне хране, за пунила, производњу агрегата за израду бетона и асфалт бетона, производњу агрегата савремених коловозних застора за средњи и лак саобраћај, производњу туцаника за железничке пруге и др.

## 2.22. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА КАО СИРОВИНА ЗА ПРОИЗВОДЊУ КАРБОНАТА

У геолошком смислу шире подручје лежишта је изграђено у основи од седимената горње креде, као најстаријег члана геолошког стуба, преко којих су дискордантни и трансгресивни седименти доњег сармата и панона. Завршни члан стуба чине творевине квартара које су највећим делом алувијалног типа. Приликом мерења слојевитости констатовани су различити правци залегања, што је вероватно последица близине дислокација или клижења по стрмим равнима палеорељефа основног горја. Међутим, постојећим истражним радовима нису се могли утврдити скок нити карактер дислокације па долази у питање и њено постојање. Уколико је присутна највероватније је флексурног типа. Истражним радовима је констатовано да су у овом делу терена, неоген односно горњомиоценски седименти носиоци карбонатне сировине и да су претежно представљени кречњацима и глинама, који директно и трансгресивно леже преко флишоподобних пешчара и глинаца горње креде. Моћност ове продуктивне серије је утврђена помоћу отворених профила и истражним бушењем. Унутар седимената овог локалитета, као и шире геолошке грађе, може се издвојити више серија или слојева променљивог литолошког састава, различите стратиграфске припадности, који су у вертикалном пресеку распоређени као серија:

- хумуса и делувијалних глина,
- повлатних глина или пескова панона,
- кречњака доњег сармата,
- подинских глина доњосарматске старости.

У морфолошком погледу лежиште образују дуге падине са благим нагибима и благо заобљени гребени на којима се једва запажају карактеристичне тачке. У структурном погледу лежиште је слојевито са моноклиналним падом. Средња дебљина продуктивне кречњачке масе утврђена је истражним бушотинама и отвореним профилима. Геометријски посматрано има облик блока који има знатно већу дужину и ширину од дебљине. По хидрогеолошким функцијама у оквиру лежишта се могу издвојити:

- површински хидрогеолошки изолатор, неогене глинне;
- хидрогеолошки колектор, сарматски кречњаци;
- подински хидрогеолошки изолатор, сарматске глинне и кредни глинци.

Инжењерско – геолошким картирањем етажа, констатовано је да је стенска маса у површинском делу здробљена до монолита. Ови монолити су слабо цементовани карбонатним везивом, тако да се може рећи да је средина слабо везана. Чврстина везива је мала, тако да се ископ може вршити ћускијом или крампом. У оквиру кречњака издвојене су три зоне по степену распаднутости: зона мрвица, зона грудви и зона блокова.

У природним условима терен је стабилан и нема савремених инжењерско – геолошких процеса. Истражни поступци у циљу дефинисања рудног тела обухватили су геодетске и геолошке радове, истражно бушење и раскопе.

Извршеним истражним радовима постигнути су следећи циљеви:

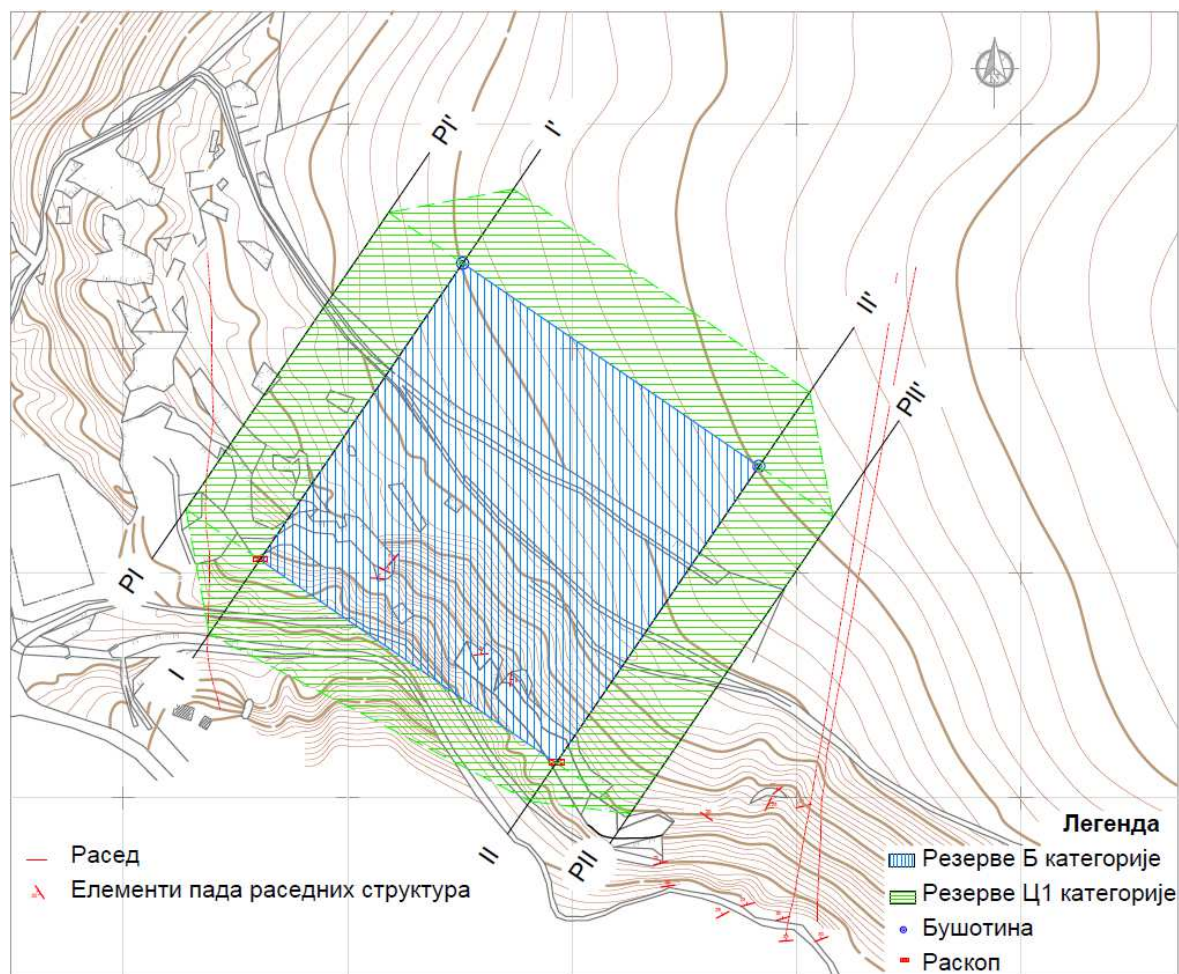
- оконтурен је део стенске масе лежишта;
- утврђен је квалитет кречњака са аспекта његове примене у разним гранама индустрије и пољопривреде;
- утврђени су трошкови експлоатације, економска вредност лежишта;
- прикупљени су сви подаци за израду Елабората о резервама.

У циљу испитивања квалитета сировине, одређивања петролошких, структурно – текстурних карактеристика и минералног састава, хемијских својстава као и физичко – механичких карактеристика, узет је оптималан број узорака кречњачке рудне масе из бушотина и раскопа.

Опробавање језгра бушотина вршено је на следећи начин: пробе су узимане од језгра набушеног материјала. Из сваке секције језгро је претходно половљено по дужини, а затим из сваке половине уситњено да би се материјал што боље хомогенизовао. Овако уситњене пробе после извршеног скраћивања, квартавања сведене су на потребне количине. Пробе су затим достављене лабораторији која је извршила даљу обраду материјала и хемијска испитивања (делимичне и композитне хемијске анализе). Композитне пробе узимане су од остатака проба припремљених за делимичне анализе и то тако да репрезентују геолошки стуб у бушотини, односно интервал бушења. За утврђивање хемијских особина кречњака узимане су пробе за сва неопходна лабораторијска испитивања, ради оцене могућности примене сировине према техничким прописима, нормама и стандардима.

Ограничење лежишта минералних сировина или рудног тела може се извршити и на основу техничко – економских показатеља. Најчешћи примери таквог ограничења су на основу продуктивне дебљине рудног тела, граничног коефицијента откривке или ограничења на површини терена која онемогућавају захватање сировине (најчешће због објеката које није могуће изместити или њихово измештање није економски оправдано).

Геолошки и географски услови најчешће утичу на избор оптималног облика откопног поља, јер је његова величина одређена природним границама лежишта, слика 2.22.1. Дефинисање оптималне величине откопног поља врши се на основу техно – економске анализе која се базира на: потребном капацитету експлоатације, геомеханичким условима радне средине, предвиђеној технологији и опреми, трошковима утовара, транспорта, одводњавања и др.



Слика 2.22.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]



После анализе геолошких и географских услова, најважнији услови за коначани избор и ограничење откопног поља су: одређивање граничне дубине површинског копа, утврђивање оптималне дужине фронта радова на површинском копу и утврђивање оптималне величине и облика откопног поља.

Највећи утицај на трошкове производње имају трошкови транспорта, који су зависни од дужине фронта радова. У зависности од нагиба, висине етажне, дужина етажне је веома битна за повећање коефицијента откривке.

При утврђивању оптималне величине откопног поља потребно је урадити анализу висине улагања за сваку варијанту. Пре свега потребно је анализирати утицаје: отварања на економичност откопног поља, примењене технологије и опреме, трошкова одводњавања, транспорта, проширења, искоришћења основне опреме и др.

Најважнији фактор, који утиче на димензионисање радова и опреме, а тиме и на трошкове код површинске експлоатације је коефицијент откривке.

Коефицијент откривке изражава количину откривке коју треба по јединици минералне сировине откопати и одложити.

Тежински коефицијент откривке представља однос откривке и минералне сировине у тонама (t/t).

Запремински коефицијент откривке представља однос откривке и минералне сировине у кубним метрима (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

Код техничко – економске анализе при одређивању граничне дубине и пројектовања површинског копа најчешће се користи однос откривке у метрима кубним по тони корисне минералне сировине (m<sup>3</sup>/t).

Однос и прелаз из једног у други коефицијент откривке се врши по следећим формулама:

$$\begin{aligned}
 & k_o \text{ y } m^3/t \\
 & k_o' \text{ y } m^3/m^3 = \frac{k_o}{\gamma} \\
 & k_o'' \text{ y } t/t \cdot k_o \cdot \gamma_o = k_o' \cdot \frac{\gamma_o}{\gamma}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Разликују се средњи, експлоатациони, контурни, слојни, плански, текући и гранични коефицијент откривке.

Прва четирири јављају се као геометријски показатељи површинског копа и утврђују се одговарајућим односима откривке и минералне сировине.

Плански коефицијент откривке приказује однос прираштаја откривке према прираштају корисне минералне сировине у разним фазама експлоатације или у одређеним планским периодима. Овај коефицијент је везан за динамику развоја радова на површинском копу.

Текући коефицијент откривке карактерише радове на површинском копу у једном одређеном временском интервалу а гранични коефицијент откривке служи као критеријум за оцену економичности рада површинског копа и представља максимално дозвољени однос којим су одређене границе површинског копа.

Средњи коефицијент откривке изражава се односом укупних маса откривке, према укупно добијеној количини корисне минералне сировине у оквиру граница површинског копа.

Приликом површинске експлоатације настају губици минералне сировине у зависности од технолошког процеса (чишћење кровине, минирање, откопавање, утовар, транспорт, дробљење).

Експлоатациони коефицијент откривке ( $k_e$ ) добијен је из односа укупних количина откривке, коју је неопходно откопати, како би се експлоатисале прорачунате билансне резерве ( $V_{br}$ ), експлоатационих губитака ( $V_{eg}$ ) и експлоатационих резерви ( $V_{er}$ ):

$$k_e = \frac{(V_{br} + V_{eg})}{V_{er}}, m^3/m^3 \quad (10)$$

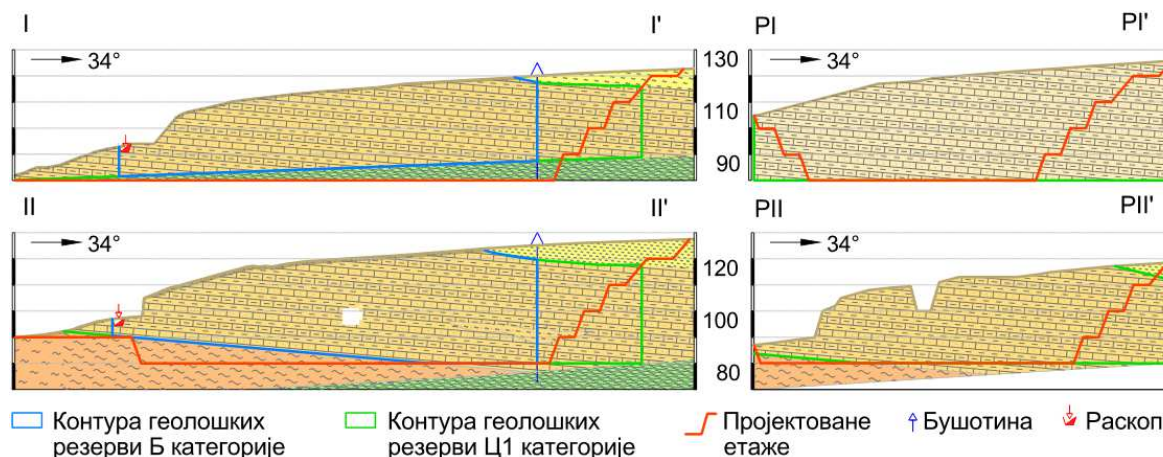
Слојни коефицијент откривке је однос откривке и корисне минералне сировине за сваки слој. При томе се за највиши слој рачуна откривка до површине, а код осталих слојева увек до подине претходног слоја, односно међуслојна откривка.

Контурни коефицијент откривке је однос откривке и корисне минералне сировине за јединицу дубине површинског копа и по правилу се повећава са дубином површинског копа. Контурни коефицијент откривке се може представити следећом формулом:

$$k_k = \frac{i \cdot (c - a)}{b}, m^3/t \quad (1)$$

- $i$  — коеф. искоришћења мин. сировине
- $c$  — тржишна вредност мин. сировине (din / t)
- $a$  — производни трошкови мин. сировине (din / t)
- $b$  — производни трошкови откривке (din / m<sup>3</sup>)

Прорачун геолошких резерви кречњака као карбонатне сировине извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, слика 2.22.2., док је за контролу добијених резултата коришћена метода геолошких блокова. Из хидрогеолошких разлога као и услед ниских вредности угла унутрашњег трења и кохезије, откопавање минералне сировине у површинском слоју вршиће се етажама висине 10 m, нагиба 50° и угла завршне косине 29°, док ће прорачуната минимална ширина берме у завршној косини износити 9,65 m. У идејном решењу завршне контуре, слика 2.22.3., усвојено је 10 m. У стабилнијем делу кречњака, где су вредности кохезије и угла унутрашњег трења веће него у поменутом хоризонту, усвојен је угао радне етаже 70° а завршне косине 46°. Прорачуната минимална ширина берме у завршној косини износи 6,1 m. Висина етаже на одлагалишту износи 10 m, а нагиб 45°.



Слика 2.22.2. Обрачунски профили [10]

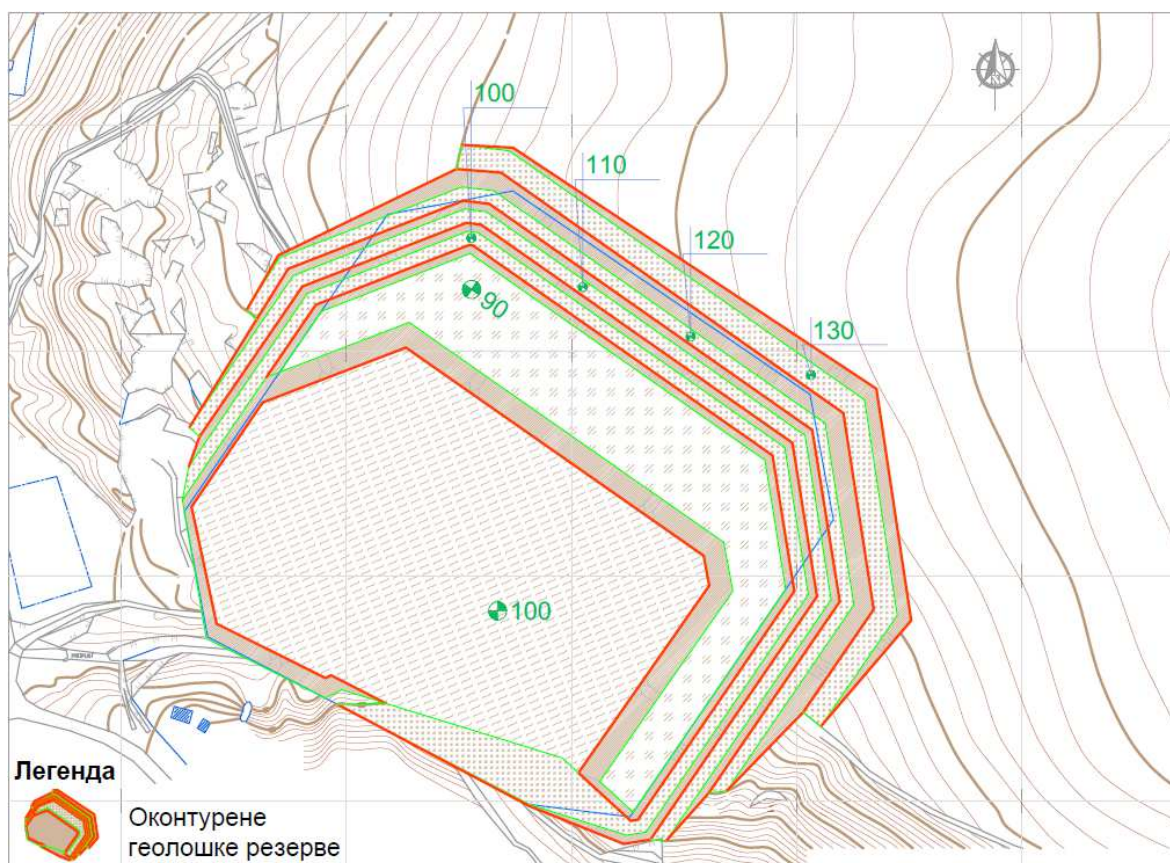
Радна косина одлагалишта је коса равна на којој се врши одлагање ангажованом механизацијом. Најважнији елементи радне косине су висина и пројекција косине.

Висина радне косине одлагалишта зависи од броја етажа, а њихов број од количине откривке и величине смештајног простора. Завршна косина спољашњих одлагалишта представља косину, која је формирана са пројектованим углом нагиба завршне косине и на којој су престале активности на одлагању. Такође и код завршне косине, основни конструктивни елементи су висина и пројекција завршне косине.

Угао нагиба завршне косине дефинише се према факторима стабилности, на основу физичко – механичких карактеристика материјала који се одлаже. За анализу стабилности примењују се методе које су прилагођене растреситим материјалима, код којих кохезија у фази одлагања практично и не постоји. Код спољашњих одлагалишта постоје и бочне косине, које су паралелне са смером напредовања фронта радова и формирају се управно на правац фронта радова у току одлагања. Као и завршна косина и бочне косине имају статичан карактер и формирају се са завршним елементима висине и пројекције осим у случају када су делови бочних косина издвојени за транспорт. Осим тога сви остали параметри исти су као и код завршних косина.

Сви наведени конструктивни елементи постоје и код унутрашњих одлагалишта и могу се образложити на исти начин. Изузетак представља морфологија терена на којој се формира одлагалиште. То је у случају унутрашњих одлагалишта откопани простор површинског копа са тачно дефинисаним конструктивним параметрима копа, који важе и за унутрашње одлагалиште.

Унутрашња одлагалишта могу бити дубинска када се сва откривка и јаловина одлажу у контуру копа до површине терена и могу бити унутрашња одлагалишта са надвишењем, када се део откривке и јаловине одлаже изнад површине терена претходно откопаног површинским копом [19]. У случају дубинских унутрашњих одлагалишта губе смисао завршна и бочне косине одлагалишта, јер су прилагођене констукцији површинског копа. У случају надвишења контуре површинског копа, за део надвишења важе сви параметри који су образложени за спољашња одлагалишта.



Слика 2.22.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]



Експлоатација кречњака као карбонатне сировине вршиће се дисконтинуалном технологијом откопавања. Неопходно је напоменути да се материјал у површинском слоју неће минирати. На отвореном профилу, пробној етажи, ископ се може вршити булдозером. На основу истражних активности, очекивано је да се приликом ископа стена дробе, односно одвајају монолити из брече по карбонатном везиву. Кречњак ће се испод поменутог хоризонта бушити и минирати, а затим утоварити у превозна средства хидрауличним багером. Вангабаритни комади разбијаће се механички помоћу хидрауличног чекића за разбијање камена.

## 2.23. КРЕЧЊАК КАО РЕСУРС КАРБОНАТНЕ СИРОВИНЕ

Литолошки и структурни склоп терена је углавном утицао на обликовање истакнутих морфолошких облика и оријентацију хидрографске мреже. На ширем простору доминира планинско подручје, које прелази у равничарски терен. Истражни простор представља благо заталасан предео прекривен листопадном шумом и огољеним пропланцима. Ерозија и денудација су јаче или слабије изражене у зависности од отпорности стене. Хидрографска мрежа овог подручја је разуђена. Доминирају водени токови мањих река. Климатске прилике су врло повољне. У овом подручју владају топла лета и хладне зиме. Због оваквих климатских прилика експлоатација се може обављати десет месеци у години.

Лежиште кречњака је једноставне геолошке грађе. Геолошким картирањем на овој локалности издвојене су следеће картиране јединице: жуте и сиве глине горње понтске старости, песковите глине горње понтске старости, глиновит песак горње понтске старости и сенонски сахароидни кречњаци.

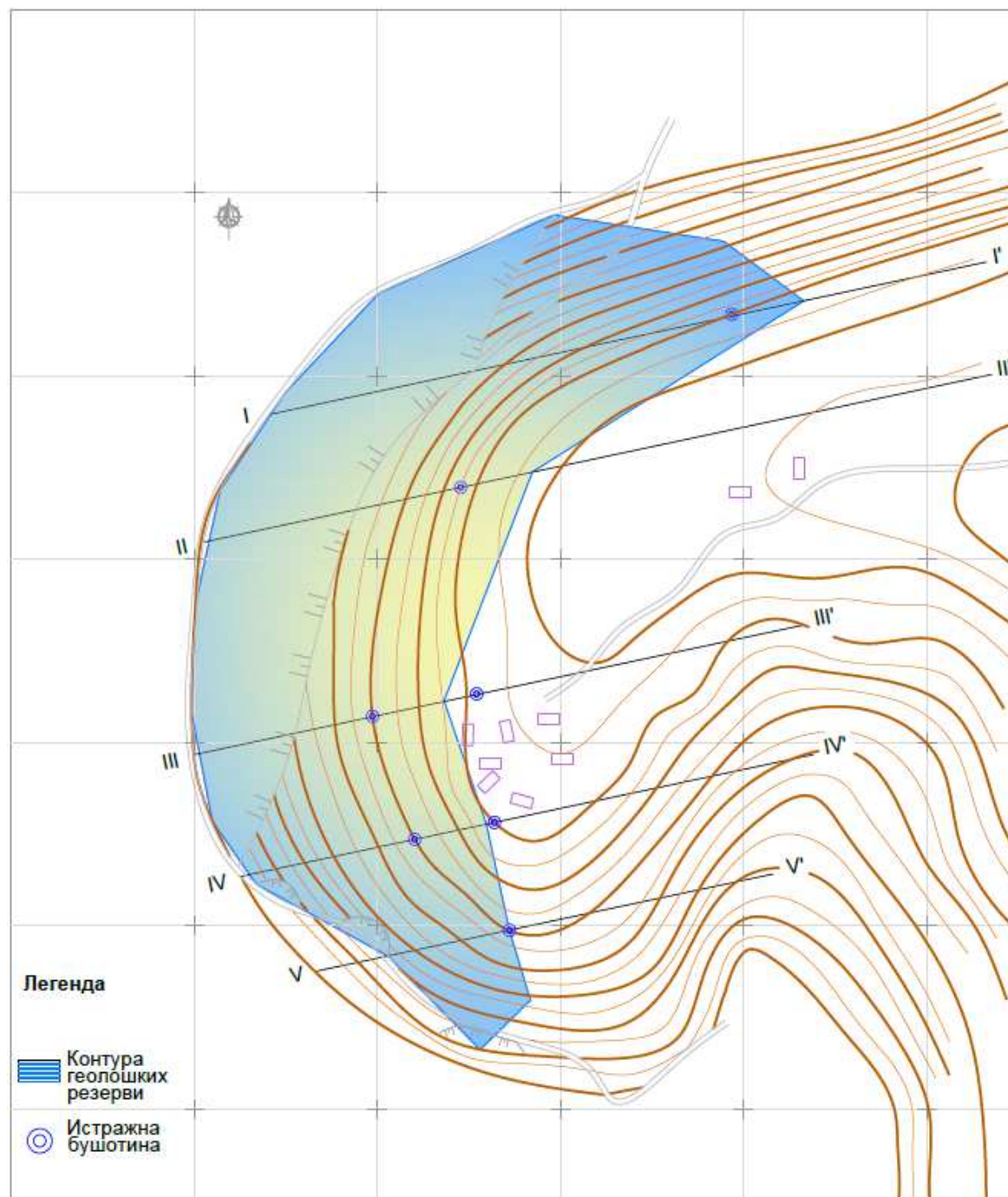
Непосредну повлату сенонских кречњака чине горње понтски седименти представљени глинама, песковитим глинама и глиновитим песковима, преко којих леже трансгресивно. На целом испитиваном делу терена ови седименти показују скоро сличне карактеристике како у хоризонталном тако и у вертикалном смислу.

Посматрано од површине до подине ова серија има следећи изглед: хумусни покривач, затим долазе различите мање или више тамномрке до жуто сиве песковите глине различите дебљине, које некад исклињавају са прослојцима глиновитих пескова. Испод описаног горњег стратиграфског хоризонта појављује се хоризонт сивих местимично жућкастих глиновитих пескова променљиве моћности у зависности од морфологије терена.

Кречњачке творевине лежишта генетски су везане за депоновање карбонатних љуштурица, фораминифера у условима плитководне средине, односно то су такозвани биокалкарени. У процесу дијагенезе дошло је до стварања ситно искристалисалога калцита који је најчешће у виду везива између микрофосила и фрагмената кречњака. То му даје сахароидну структуру и скоро устаљен назив сахароидни крем, бели кречњаци. Петрографско хемијска, физичко – механичка, технолошка и друга испитивања показала су да се ови кречњаци могу користити у грађевинарству, индустрији шећера, хемијској и другим гранама. То су у основи банковити, масивни, углавном крем бели, прекристалисали, сахароидни кречњаци. На основу степена познавања општих услова настанка лежишта кречњака, може се рећи да припада егзогеним лежиштима, групи седиментних лежишта и класи органогених седиментних лежишта.

На карти резерви лежишта кречњака, слика 2.23.1., приказане су трасе попречних паралелних профила. Обрачунски профили, постављени су преко истражних бушотина и истражних раскопа и уједно представљају вертикалне пресеке рудног тела и околне стенске масе, чији је квалитет одређен испитивањем језгра бушотина. Обзиром да је прорачун резерви извршен основном методом паралелних вертикалних профила то су на ситуационом плану конструисани паралелни обрачунски профили на одговарајућим растојањима. На карти резерви приказан је распоред истражних радова и оконтурено рудно тело за који је рађен прорачун резерви, а резерве су означене одговарајућим бојама по категоријама.

Околина лежишта има једноставну тектонску грађу. Раседи и пукотине су основни тектонски елементи. Кречњаци су стене пукотинске и кавернозне порозности. Пукотине су врло мало запуњене глиновитом распадином, местимично су стиснуте, делом зјапеће, са делимично кавернозним површинама. Кречњаци су добро пропусна стенска маса, која представља хидрогеолошки колектор, резервоар са формирањем издани веома добре издашности, чији је ниво местимично слободан, а местимично субартески, зависно од карактера повлатног слоја.



Слика 2.23.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

Основни печат терену у инжењерско – геолошком смислу на ширем простору лежишта дају језерски седименти, односно глине и глиновити песак, прекривени наслагама делувијума различите дебљине. Делувијални седименти, а делом и измењена зона лапоровитих глина су деформобилних својстава, код којих у расквашеном стању долази до формирања клизишта на падини. Формирање широких ископа са неодговарајуће изведеним косинама засека, ова нестабилност знатно утиче на појаве плићких клизишта [44]. Као јаловински материјал преко кречњаке стенске масе стабилност масе језерских седимената, представља значајан проблем о коме посебно треба водити рачуна при ископу.



Геолошка истраживања су извршена следећим редоследом:

- Рекогносцирање терена обухваћеног истражним простором на основу Пројекта детаљних геолошких истраживања локалитета;
- Проспекцијска истраживања на истом простору;
- Геодетско снимање ужег геолошког простора истраживања са израдом геодетског плана лежишта;
- Детаљна геолошка проспекција на ужем простору истраживања са израдом детаљне структурно – геолошке карте;
- Истражно бушење са опробавањем језгра и израда истражних раскопа са узимањем узорака за лабораторијска испитивања;
- Кабинетски рад.

Након извршеног рекогносцирања терена урађена је детаљна геолошка проспекција истражног простора. Овом проспекцијом је издвојена најперспективнија локација са аспекта будућег лежишта кречњака, узимајући у обзир геолошку грађу, просторни положај кречњачке масе и друге релевантне параметре.

Извршеним геолошким и осталим истражним радовима постигнути су следећи постављени циљеви:

- оконтурен је део стенске масе кречњака;
- утврђен је квалитет кречњака као карбонатне сировине са аспекта његове примене у разним гранама индустрије и пољопривреде;
- утврђени су трошкови експлоатације па тиме и економска вредност лежишта;
- прикупљени су сви подаци на основу којих је урађен Елаборат о резервама.

Реакумулативност уложених средстава у истраживање је прорачуната на следећи начин:

$$N_r = \frac{T_{uk}}{D} \quad (10)$$

$N_r$  — време реакумулације (повраћаја) уложених средстава у истраживање

$T_{uk}$  — укупна улагања (трошкови) за истраживање (РСД)

$D$  — годишњи износ дохотка који ће бити остварен експлоатацијом (планираном годишњом производњом) кречњака (РСД)

Специфична улагања у истраживање, која се изражавају кроз следећи однос:

$$I_s = \frac{T_{uk}}{R} \quad (10)$$

$I_s$  — специфична улагања, односно трошкови истраживања јединице резерви лежишта (РСД/ $m^3$ )

$R$  — истражене резерве лежишта ( $m^3$ )

Прираштај истражених резерви по јединици новчаних улагања, који се прорачунава по следећој формули:

$$P_{pr} = \frac{R}{T_{uk}} \quad (10)$$

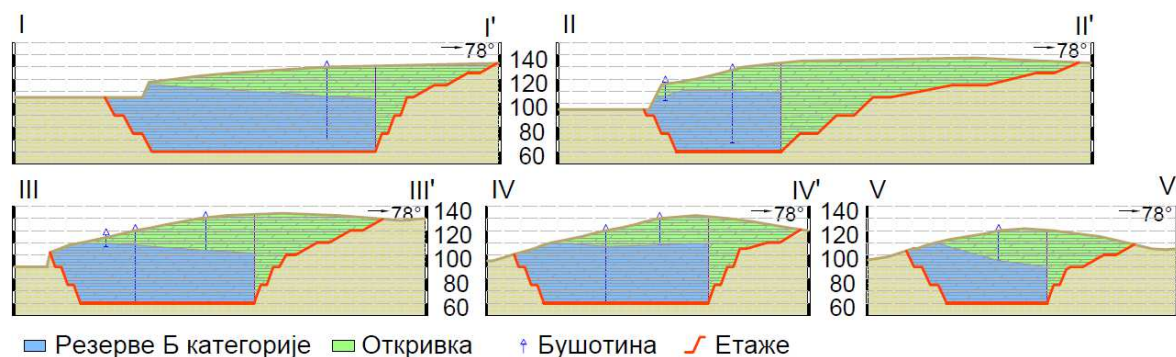
$P_{pr}$  — прираштај истражених резерви минералне сировине у односу на уложену новчану јединицу ( $m^3$ /РСД)

У циљу испитивања квалитета сировине, одређивања петролошких (структурно – текстурних карактеристика и минералног састава), хемијских својстава као и физичко – механичких карактеристика, узет је оптималан број узорака кречњачке рудне масе из истражних радова (бушотина и раскопа). Хемијска и минералношко – петролошка испитивања узорака из бушотина и раскопа обрађена су лабораторијски, као и физичко – механичка у функцији примене кречњака као техничког – грађевинског камена.

Опробавање језгра из бушотина вршено је на следећи начин: пробе су узимане од језгра набушеног материјала. Из сваке секције језгро је претходно половљено по дужини, а затим из сваке половине уситњено да би се материјал што боље хомогенизовао. Овако иситњене пробе после извршеног скраћивања (квартирања) сведене су на количине паковане у кесе. Пробе су затим достављене лабораторији, која је извршила даљу припрему материјала и хемијска испитивања, како делимичне тако и композитне хемијске анализе. Начин опробавања, број узетих узорака и обим испитивања при узимању узорака за одређивање квалитета кречњака извршен је у свему према Правилнику о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима. При овоме је узето у обзир да се тражи специфична употреба кречњака као карбонатне сировине у одређеним гранама индустрије.

Кречњаци имају широку примену у многим гранама привреде и то у сировом или печеном стању [30]. Највећи потрошачи кречњака су: ватростална индустрија, црна металургија, индустрија грађевинских материјала (технички – грађевински камен, производња живог и хидратисаног креча), производња термоизолационих материјала, хемијској и фармацеутској индустрији, индустрији гуме, папира, коже, керамике, водопривреди и пољопривреди. За оцену могућности примене кречњака у различитим гранама индустрије поред реперног хемијског састава, у појединим случајевима, важна су физичка својства, структура, текстура, величина зрна (степен кристалинитета), гранулометријски састав, специфична маса, запреминска маса, порозност, физичко – механичке карактеристике и др.

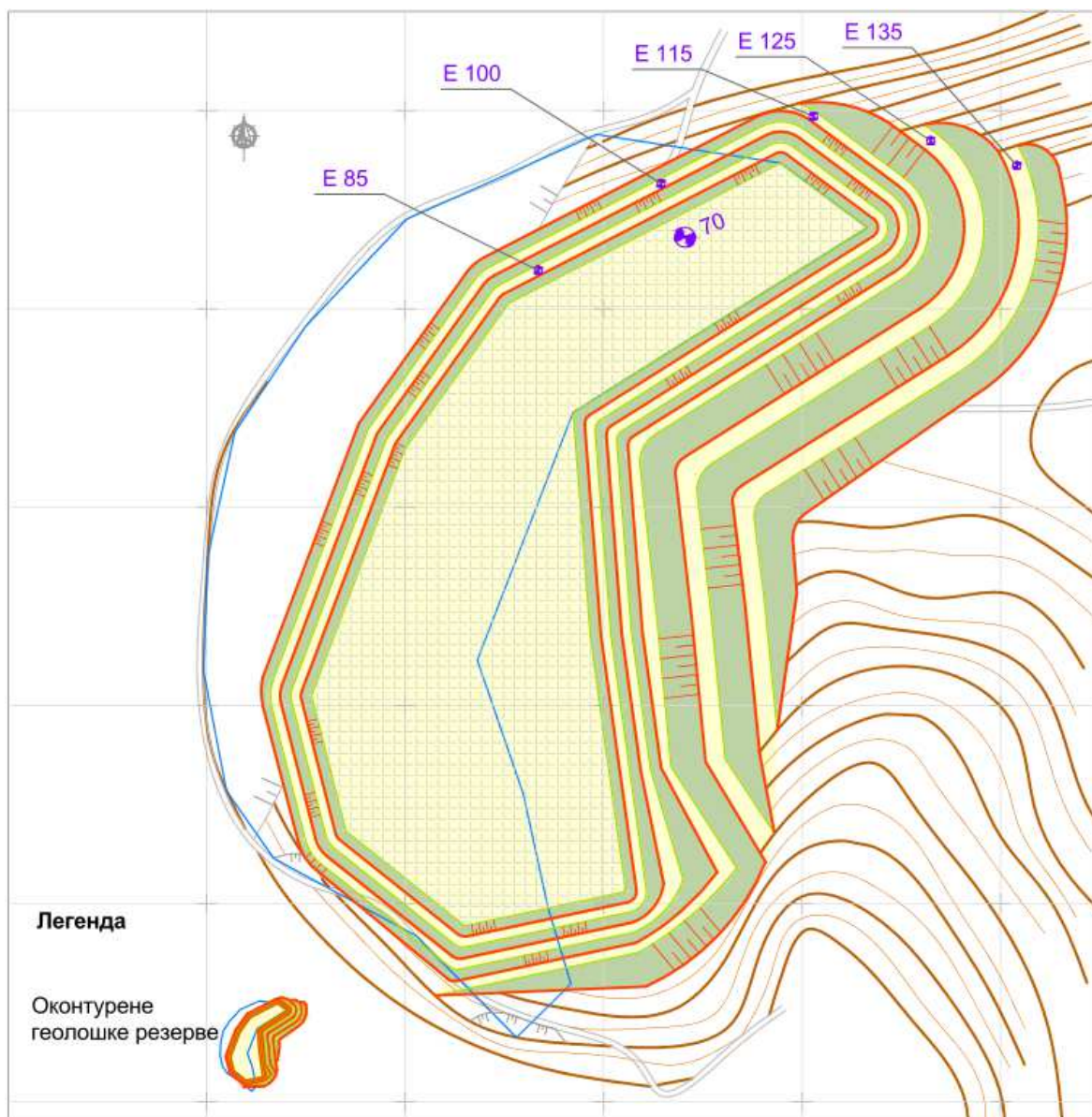
Прорачун геолошких резерви кречњака као карбонатне сировине, извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, слика 2.23.2., док је за контролу добијених резултата коришћена метода геолошких блокова. На основу резултата физичко – механичких својстава радне средине за идејно решење на површинском копу, слика 2.23.3., усвојени су следећи конструктивни параметри: висина радне етаже у сировини 15 m, висина радне етаже у јаловини 10 m, нагиб радне етаже у сировини 70°, нагиб радне етаже у јаловини 30° и угао завршне косине 56° у сировини и 20° у јаловини. Формирањем завршне косине, минимална ширина берме у јаловини износи 10,2 m и 4,7 m у сировини (за пројектовање идејног решења усвојено 10,5 m и 5 m ).



Слика 2.23.2. Обрачунски профили [10]

Експлоатација кречњака као карбонатне сировине вршиће се површинским копом дубинског типа, са добром концентрацијом сировине по квадратном метру површине. Са рударског аспекта лежиште је приступачно за отварање и развој површинског копа, обзиром да уз саму ивицу истражног простора пролази макадамски пут.

Експлоатација минералне сировине обухватиће следеће фазе рада: ископ, утовар, транспорт и одлагање јаловине, бушење, минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења.



Слика 2.23.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Степен уситњености стенске масе а тиме и ефикасност механизације на утовару и транспорту су у међусобној зависности од пречника минске бушотине.

Између пречника минске бушотине ( $d$ ) и максималне дозвољене величине комада ( $D$ ) постоји следећи однос:

$$d = k \cdot D, \text{ mm} \quad (6)$$

$k$  — коеф. дробљивости стене

За постизање оптималног ефекта минирања, поред правилно одабраног експлозива, од велике важности је и усклађивање параметара геометрије минирања.

Циљ одређивања одговарајућих параметара је да се постигне максимално искоришћење енергије експлозије, а да се смање негативни ефекти минирања. Нагиб минске бушотине утиче како на технологију бушења тако и на ефекте минирања. Искуства показују да се са косим бушотинама постиже боље искоришћење енергије експлозије, смањују се сеизмички ефекти и постиже већа стабилност косина етажа а самим тим и већа сигурност рада.

Пошто су усвојене косе минске бушотине, линија најмањег отпора може се одредити по ф-ли Сојусвзрипрома:

— за вертикалне бушотине

$$W = \frac{\sqrt{0,56 \cdot p^2 + 4 \cdot q \cdot m \cdot p \cdot H - 0,75 \cdot p}}{2 \cdot q \cdot m \cdot H}, m \quad (6)$$

Количина експлозива по м'бушотине

$$p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \Delta, kg / m' \quad (6)$$

d — пречник минске бушотине(m)

$\Delta$  — коеф.пуњења минске бушотине

q — специфична потрошња експлозива (kg / m<sup>3</sup>)

m — коеф. зближења бушотина

H — висина етаже (m)

— за косе бушотине

$$W = \frac{\sqrt{0,25 \cdot p^2 + 4 \cdot q \cdot m \cdot p \cdot H - 0,5 \cdot p}}{2 \cdot q \cdot m \cdot H}, m \quad (6)$$

— код минирања кратким минским бушотинама

$$W = 0,87 \cdot \sqrt{\frac{p}{q \cdot m}}, m \quad (6)$$

Растојање између бушотина у реду

$$a = m \cdot W, m \quad (6)$$

Растојање између редова бушотина

$$b = 0,85 \cdot W, m \quad (6)$$

или по обрасцу:

$$b = \frac{p \cdot (L - L_{\epsilon})}{a \cdot H \cdot q}, m \quad (6)$$



Дужина чепа минске бушотине

$$l_{\xi} = (0,75 - 1,0) \cdot W, \text{ m или } l_{\xi} = (20 - 40) \cdot d, \text{ m} \quad (6)$$

Дужина минске бушотине

— у случају да је вертикална

$$L = H + l_{pr}, \text{ m} \quad (6)$$

Дужина пробушења испод етаже

— зависно од висине етаже

$$l_{pr} = (10 - 15)\% \cdot H, \text{ m} \quad (6)$$

— зависно од пречника бушотине

$$l_{pr} = (10 - 15) \cdot d, \text{ m} \quad (6)$$

— зависно од линије најмањег отпора

$$l_{pr} = (0,15 - 0,25) \cdot W, \text{ m} \quad (6)$$

или по обрасцима:

$$l_{pr} = \sqrt{H^2 \cdot W^2}, \text{ m, односно } l_{pr} = 0,5 \cdot W \cdot q, \text{ m} \quad (6)$$

— код кратких минских бушотина

$$l_{pr} = n \cdot d, \text{ m} \quad (6)$$

$n$  — коеф. Који зависи од чврстоће стене

— у случају да је под нагибом

$$L = \frac{H}{\sin \alpha} + l_{pr}, \text{ m} \quad (6)$$

$\alpha$  — нагиб минске бушотине ( $^{\circ}$ )

Ефекат минирања у највећој мери зависи од распореда минских бушотина у мрежи. Растојање између редова бушотина зависи од осталих параметара бушења и минирања али се обично узима да је једнако линији најмањег отпора.

Количина експлозива која може да стане у једну бушотину

$$Q = p \cdot (H + l_{pr} - l_{\xi}), \text{ kg, односно } Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \Delta \cdot l_p, \text{ kg} \quad (6)$$

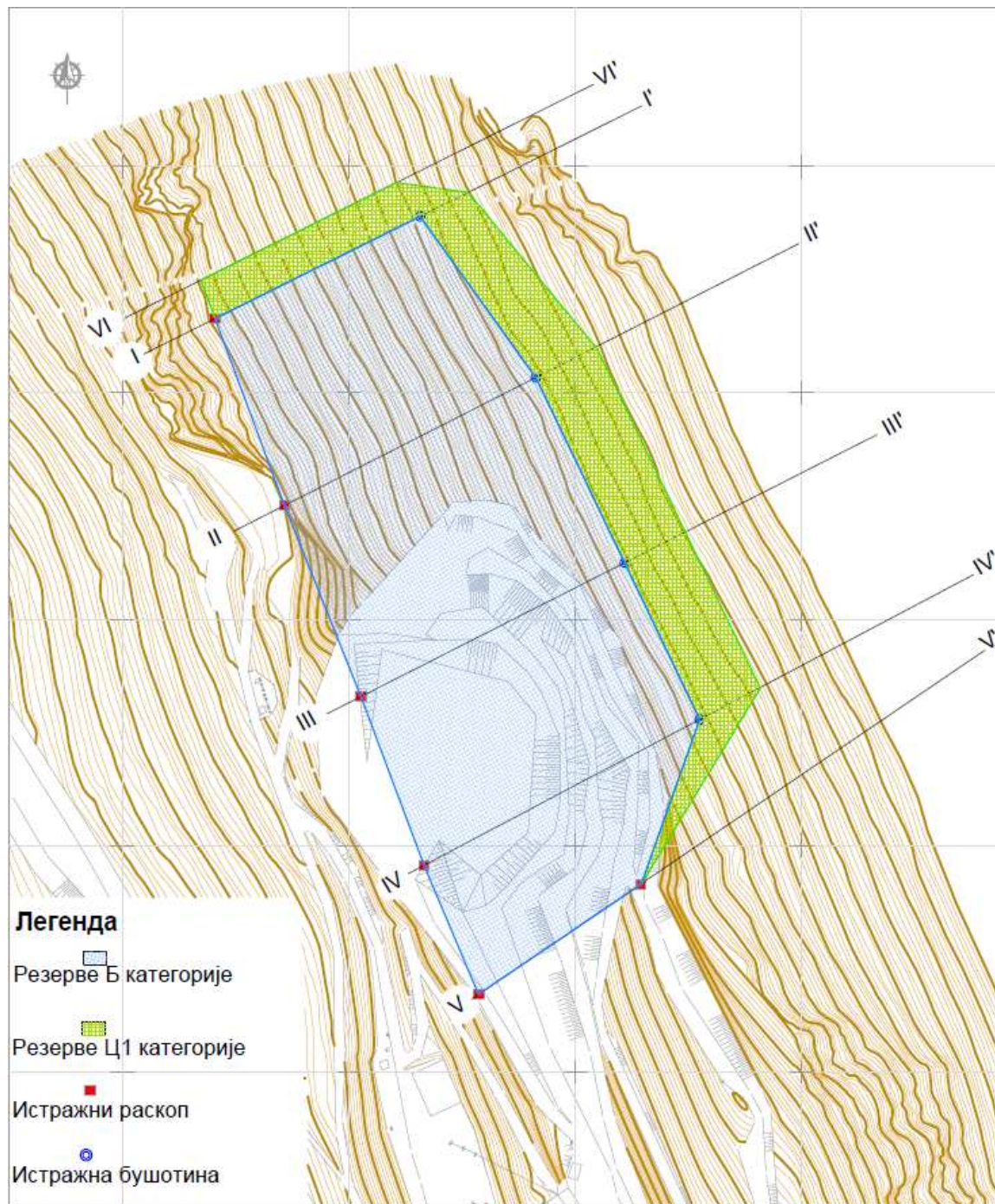
Дужина стуба експлозивног пуњења

$$l_p = (H + l_{pr}) - l_{\xi}, \text{ m, односно } l_p = \frac{Q}{p}, \text{ m или } l_p = L_b - l_{\xi}, \text{ m} \quad (6)$$

$L_b$  — дужина бушотине (m)

## 2.24. ЕКСПЛОАТАЦИЈА КРЕЧЊАКА КАО КАЛЦИЈУМ КАРБОНАТНЕ СИРОВИНЕ

Повољну околност за површинску експлоатацију лежишта кречњака, представља начин залегања и повољан просторни положај лежишта. Рудно тело скоро целом површином издањује на површину терена. Занемарљива је заступљеност површинске јаловине изнад лежишта. За оконтуривање геолошких резерви, слика 2.24.1., ослањајући се на тренутно стање рударских радова на лежишту, практична искуства у досадашњем раду са површинских копова кречњака, иста су коришћена ради пројектовања и израде идејног решења завршног изгледа површинског копа.



Слика 2.24.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

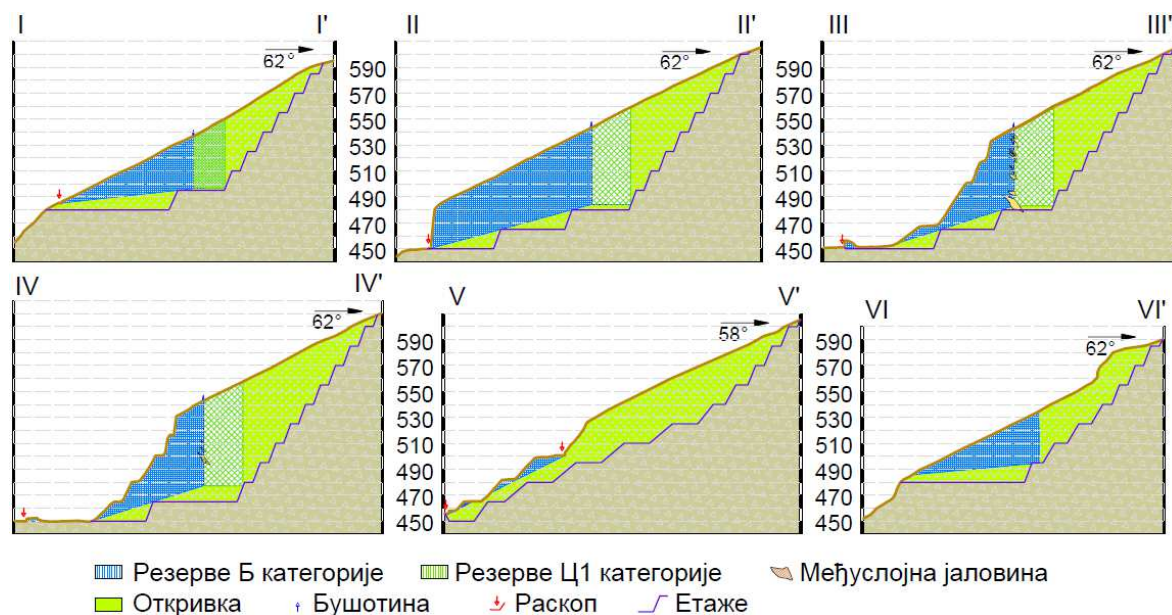
Комплетна техничко – економска оцена врши се за лежишта и рудна тела у оквиру активних рудника, односно у оквиру лежишта и рудних тела која су била предмет истраживања и пројектовања. У осталим случајевима, поједини фактори и показатељи техничко – економске оцене могу имати и оријентациони карактер зависно од степена истражености лежишта и расположивих техничко – економских параметара.

Билансне резерве чврстих минералних сировина су резерве које се постојећом техником и технологијом експлоатације и прераде могу рентабилно користити. При утврђивању билансних резерви основне минералне сировине, утврђују се и све пратеће минералне компоненте у лежишту, односно рудном телу, које се савременим методама експлоатације и прераде могу рентабилно користити, што се односи и на одређене минералне сировине које се појављују у подини, кровини или боковима рудних тела.

Ванбилансне резерве чврстих минералних сировина су резерве које се постојећом техником и технологијом експлоатације и прераде не могу рентабилно користити. Развој технологије експлоатације и прераде, као и економске промене на тржишту могу довести до превођења ванбилансних у билансне резерве.

Применом симулационих техника створена је могућност у контексту варијантног сагледавања решења. Помоћу моделирања, заснованог на принципима композиције и декомпозиције објеката и система површинске експлоатације представља се понашање реалних система, тако да је омогућено паралелно сагледавање више могућих варијантних решења, по различитим критеријумима, што свакако у целини доприноси ефикасности и квалитету пројектовања. На тај начин формирани модели за пројектовање површинских копова, користе се и као модели за планирање производње кроз више фаза израде пројектне документације.

Примењеном методологијом утврђене су геолошке резерве на лежишту кречњака, као сировине за техничко – грађевински камен, методом паралелних вертикалних профила као основном и методом блокова као контролном. Извештај о испитивању физичко – механичких својстава кречњака са анализом стабилности косина није рађен, тако да је конструисање површинског копа базирано на искуственим и литературним подацима, слике 2.24.2. и 2.24.3. На основу усвојених конструктивних параметара, висина радне етаже је 15 m, нагиб 70° и угао завршне косине 53°, идејним решењем су одређене оријентационе контуре површинског копа. Минимална ширина берме у завршној косини износи 5,9 m.

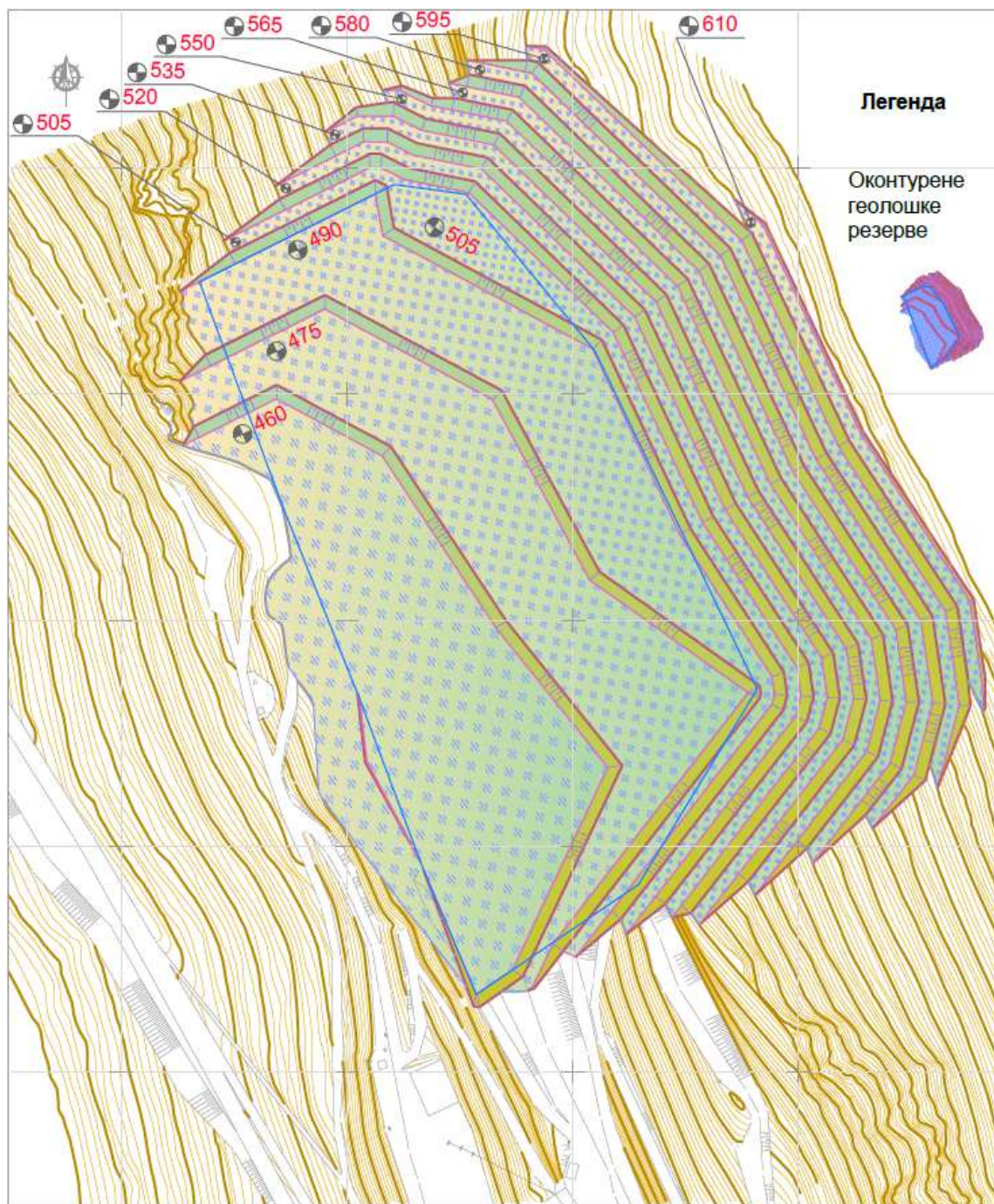


Слика 2.24.2. Обрачунски профили [10]



Експлоатационе резерве добијене су када су од билансних резерви одузети експлоатациони губици. У прорачун откривке ушле су све оне количине које је неопходно откопати, како би се експлоатисале билансне резерве. Ови кречњаци нису доказаног квалитета и то је управо разлог зашто су сврстани у откривку.

У непосредној близини лежишта лоцирано је дробилично постројење, регулисана нисконапонска мрежа и обезбеђене потребне количине техничке и воде за производни процес. Предвиђено је да се експлоатација техничко – грађевинског камена настави развојем радова до коначног формирања контура површинског копа.



Слика 2.24.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]



Идејним решењем за наставак експлоатације на површинском копу предвиђа се откопавање, утовар и транспорт хумусног покривача до одлежавалишта, затим минирање, утовар и транспорт сировине до дробиличног постројења.

Откопавање минералне сировине вршиће се у етажама одозго на доле. Изминирани материјал пада на ниво етаже где се утовара у камионе и одвози до дробиличног постројења.

Потребан број бушилица се може срачунати по обрасцу:

$$N = \frac{Q_{\text{god}}}{\frac{V \cdot k}{L} \cdot V_b \cdot T_g}, \text{ kom} \quad (9)$$

$Q_{\text{god}}$  — годишња производња рудника ( $\text{m}^3$ )

$V$  — количина одминираног материјала по бушотини ( $\text{m}^3$ )

$k$  — коеф. растресања материјала

$L$  — дужина бушотине са пробушењем (m)

$V_b$  — механичка брзина бушења (m/h)

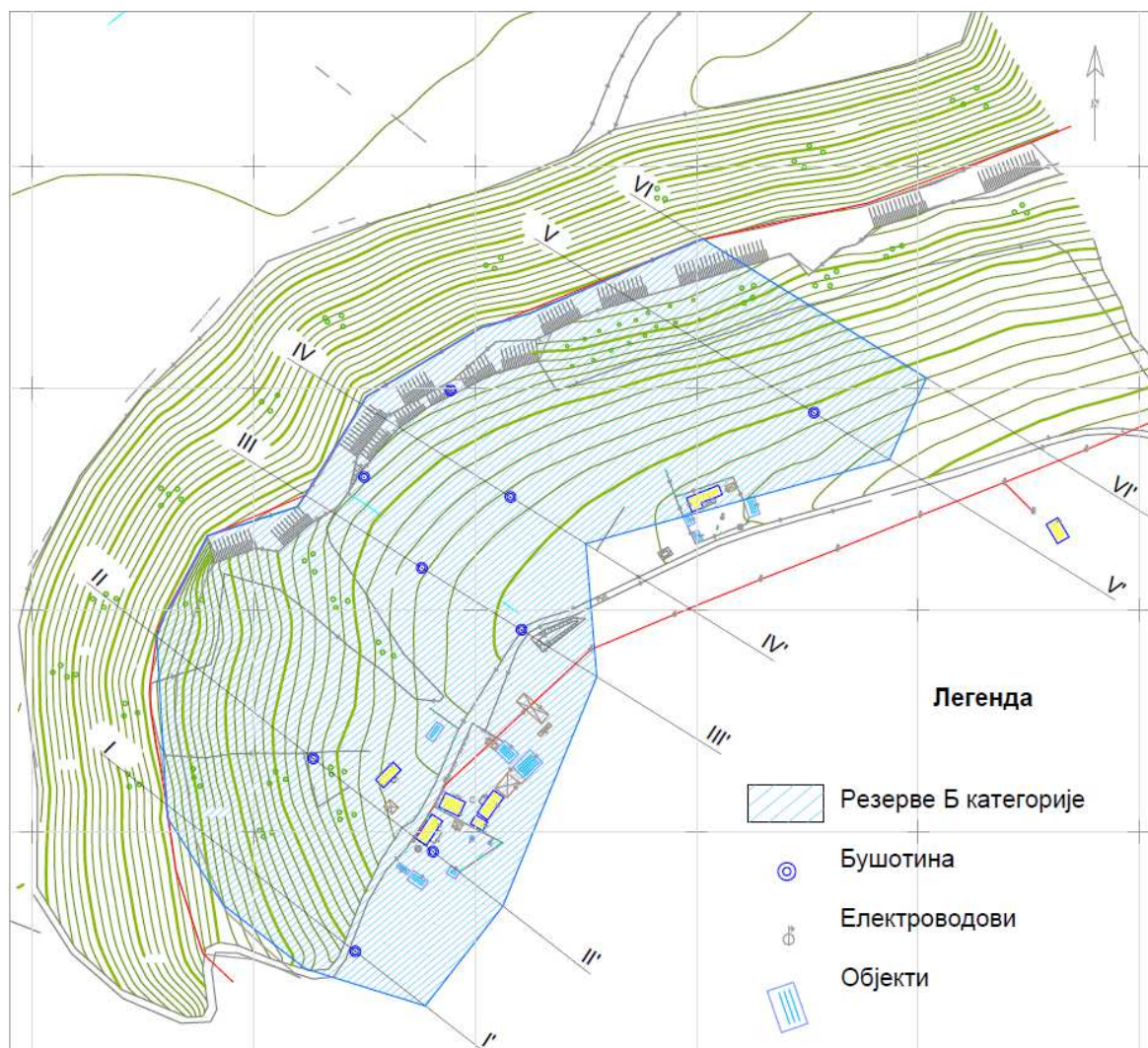
$T_g$  — годишњи фонд ефективних радних часова рада бушилице (h)

Експлоатација лежишта одразиће се на рељеф и биљни свет на површини захваћеној рударским радовима. Утицаји на животну средину огледају се у емитовању буке од погонских мотора и приликом минирања, емисији топлоте и издувних гасова од погонских мотора и стварању прашине рударском опремом. Оно што је за ово лежиште важно је да његова експлоатација узрокује релативно блага еколошка оштећења, јер се не доводи у питање општа деградација животног простора, пошто у лежишту нема опасних контаминатора, какви се срећу при експлоатацији металичних и енергетских минералних сировина.

Посебне мере заштите регулишу се упутствима за спровођење безбедоносних мера приликом минирања, руковања оруђима за рад, о кретању радника и машина на површинском копу и одлагалишту, периодичну проверу знања радника из области заштите на раду, о коришћењу личних и колективних заштитних средстава и др.

## 2.25. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА ЗА ПРОИЗВОДЊУ КАРБОНАТНЕ СИРОВИНЕ

Анализирајући потенцијалност лежишта и његове шире околине, констатована је перспективност у погледу проналажења кречњака као карбонатне сировине. Шире окружење лежишта, изузимајући мање остатке неогених кластита према североистоку, изграђено је искључиво од кречњака са интензивно развијеном пукотинском и карстно – кавернозном порозношћу, што му даје одлике изразито водопрпусних стена. У дистрибуцији укупних падавина најзначајнију ставку чини инфилтрација. Планарно линијско отицање је сведено на минимум, а јавља се изузетно и краткотрајно у хидрогеолошком максимуму. У оваквим околностима линијско отицање се врши сувом карстном долином на брду које је једини значајнији реликт хидрографске мреже на овом простору. Што се тиче порозности кречњака у простору самог лежишта, она је битно различита јер је стена због тектонског напрезања здорбљена, при чему је добила кластичну структуру и другачију порозност, односно слабије филтрационе карактеристике и мању водопрпусност. Ова чињеница, међутим, неће неповољно утицати на услове експлоатације у лежишту због добрих водно – физичких одлика стенске средине и евентуалног, само краткотрајног задржавања воде при интензивним падинама на манипулативним површинама лежишта (слика 2.25.1.). Утврђени минерални састав кречњака, хемијским и техничким својствима, структурно – текстурним одликама и садржајем корисних и штетних компоненти има повољна технолошка својства.

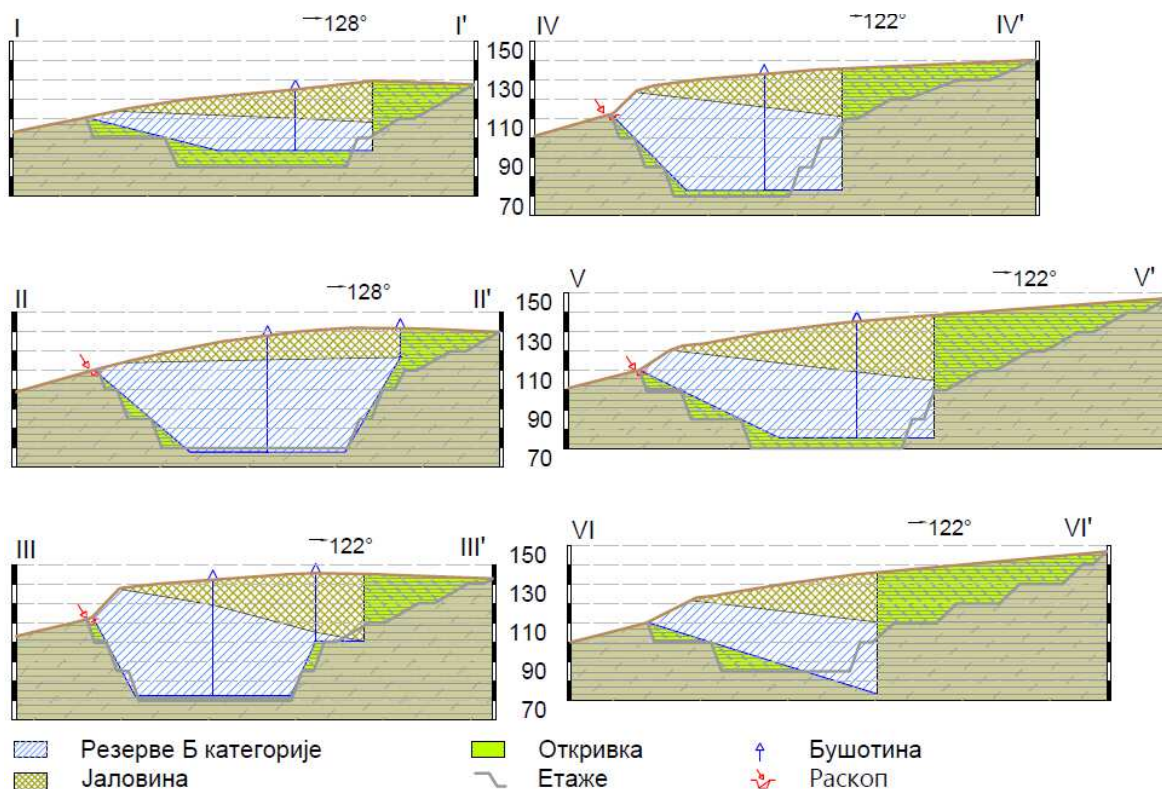


Слика 2.25.1. Карта резеви лежишта кречњака [10]

Може се користити као карбонатна сировина у различитим гранама индустрије, првенствено у производњи хартије за премазе, индустрији гуме, боја и лакова, фармацеутској индустрији, у пољопривреди, стакларској индустрији и др.

Прорачун геолошких резерви кречњака као карбонатне сировине, извршен је методом паралелних вертикалних профила као основном, док је за контролу добијених резултата коришћена метода геолошких блокова. Чврстоћа на притисак, рађена на узорцима, показује да је стена средње чврста. Имајући у виду и својства стенске масе, препоручен је нагиб завршне косине етажа и усвојени су конструктивни параметри неопходни за оконтуривање лежишта.

Висина радне етаже у сировини 15 m, висина радне етаже у јаловини 10 m, нагиб радне етаже у сировини  $75^\circ$ , нагиб радне етаже у јаловини  $30^\circ$  и угао завршне косине  $45^\circ$  сировини и  $20^\circ$  у јаловини. Минимална ширина берме у сировини износи 11 m док је у јаловини 10,2 m (слика 2.25.2.).



Слика 2.25.2. Обрачунски профили [10]

Стабилност завршних косина површинског копа, представља неопходан услов који мора бити унапред и у потпуности дефинисан, обзиром да диктира и условљава конструктивне параметре површинског копа [29].

Код сваког површинског копа се у зависности од геомеханичких карактеристика радне средине и услед примењене технологије на откопном фронту и одлагалишту формирају косине.

Радне косине се образују на етажама и одлагалишту ангажовањем рударске механизације. Према технологији рада разликују се бочне и чеоне радне косине. Бочна радна косина је паралелна у правцу напредовања багера. Чеона радна косина је испред багера у правцу напредовања. Радне косине се посебно формирају на крају етаже откопа или одлагалишта и остају трајно оформљене.

Завршне косине се образују на границама површинског копа и остају дуже време непромењене.



Сталне косине настају при изради насипа или усека, код отварања копа и формирања етажа. Стварају се и у току експлоатације при изради сталних транспортних путева и радних платоа.

На основу вредности параметара чврстоће на смицање, коришћених у прорачуну и добијених резултата, врши се анализа стабилности и дефинише максимални угао радне и завршне косине у функцији захтеваног фактора сигурности а према Правилнику о техничким захтевима за површинску експлоатацију.

Висина косине и угао њеног нагиба морају на основу услова стабилности бити у одређеном међусобном односу, који је задат или који се добија на бази прорачуна стабилности.

Анализа стабилности косина може се вршити на основу више доказаних метода које су примењене у пракси: Метода Бишопа (Bishop A. W.), Метода Хука (Hoek, E.), Метода Јанбуа (Janbu N.), Шведска метода, Модификована шведска метода, Метода коначних елемената (Bureau of Mines, USA), Метода Маслова (Maslov), Метода Моргенштерн Прајса (Morgenstern N.R., Price V.E.), Спенсерова метода (Spencer E.), SWASE метода (Sliding Wedge Analysis of Sidehill Embankments). Поред наведених, постоји и низ других метода које се могу примењивати за анализу стабилности косина. У сваком случају резултати анализе стабилности косина треба да дају угао нагиба косина површинског копа који задовољава минимални фактор сигурности који је законски прописан и за радне и завршне косине.

На стабилност косина, између осталог, битан утицај има и опрема која се користи у технолошком процесу експлоатације.

Средњи специфични притисак багера на тло се може прорачунати према следећем обрацу:

$$P_{sp} = \frac{10 \cdot G}{n_g \cdot \check{s}_g \cdot l_g}, \text{ N/cm}^2 \quad (1)$$

$G$  — радна тежина багера (N)

$n_g$  — број гусеница

$\check{s}_g$  — ширина гусеница (cm)

$l_g$  — дужина ослањања гусеница на тло (m)

Избор технолошког поступка на откопавању јаловине извршен је на основу анализе физичко – механичких карактеристика радне средине, моћности јаловинских наслага и капацитета и стечених искустава са постојећом опремом. Веома је значајно што се лежиште практично јавља у облику једног рудног тела, с тим да је заступљена одређена количина јаловине.

Технолошки процес добијања минералне сировине из лежишта врши се површинским начином који обухвата следеће фазе: чишћење терена од биљног покривача, откопавање, транспорт и одлагање јаловине, бушење, минирање, утовар и транспорт кречњака до дробиличног постројења.

У фази припреме терена за експлоатацију, потребно је најпре посећи шуму, а затим уклонити корење посечених стабала, те извршити чишћење терена од остале вегетације

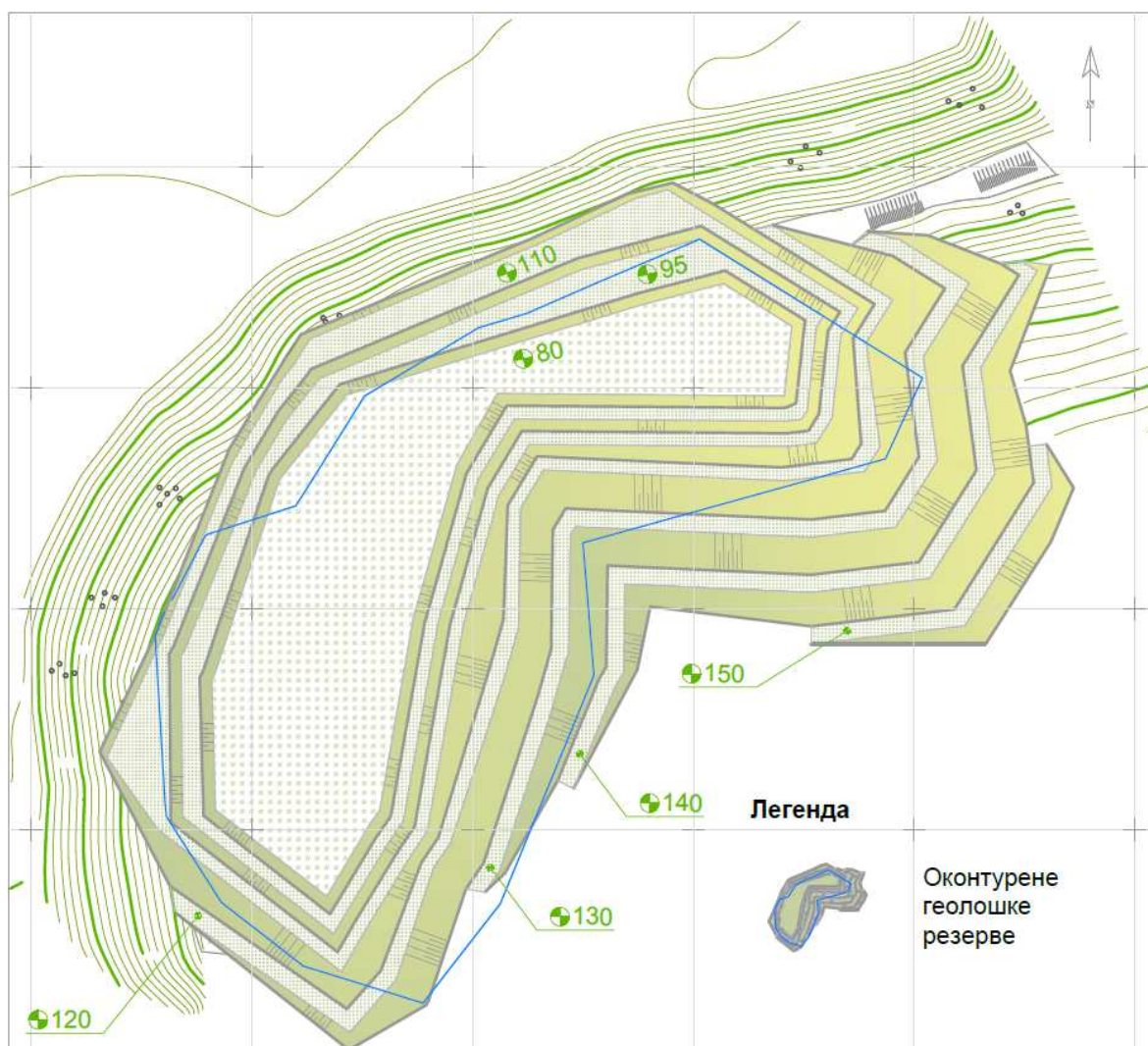
Откопавање минералне сировине вршиће се у етажама, одозго на доле. Минирање ће се вршити са највише два реда бушотина. Изминирани материјал пада на ниво етаже, утовара се у камионе и одвозити до дробиличног постројења, где би се накнадно вршила његова прерада.

За бушење минских бушотина, примарно минирање на површинском копу, предвиђена је лафетна бушилица са перкусивним бушењем на компримирани ваздух. Бушилица се састоји од: бушаћих кола са гуменим точковима, лафета са ланчаним уређајем и бушаћег чекића. С обзиром да се бушење изводи на суво, бушилица је опремљена посебним уређајем за отпашивање. За бушење се користе круне ојачане тврдом волфрам – карбидском легуром. Круне се преко спојница спајају са шипкама за бушење. Дуж осе шипке је канал за издувавање набушене ситнежи.

У циљу извођења секундарног минирања на копу, ради уситњавања негабарита и поравнања етажних равни за бушење кратких минских бушотина, примењиваће се пнеуматски бушаћи чекић.

Сва опрема која ради на површинском копу имаће сопствени извор електричне енергије за осветљење. Снабдевање горивом вршиће се са најближе бензинске пумпе. Експлозив ће се по потреби довозити директно од произвођача. Индустијска вода ће се само повремено користити за квашење транспортних путева у летњем периоду (камион – цистерна). Вода за пиће допремаће се са локалних водовода у посебним бидонима.

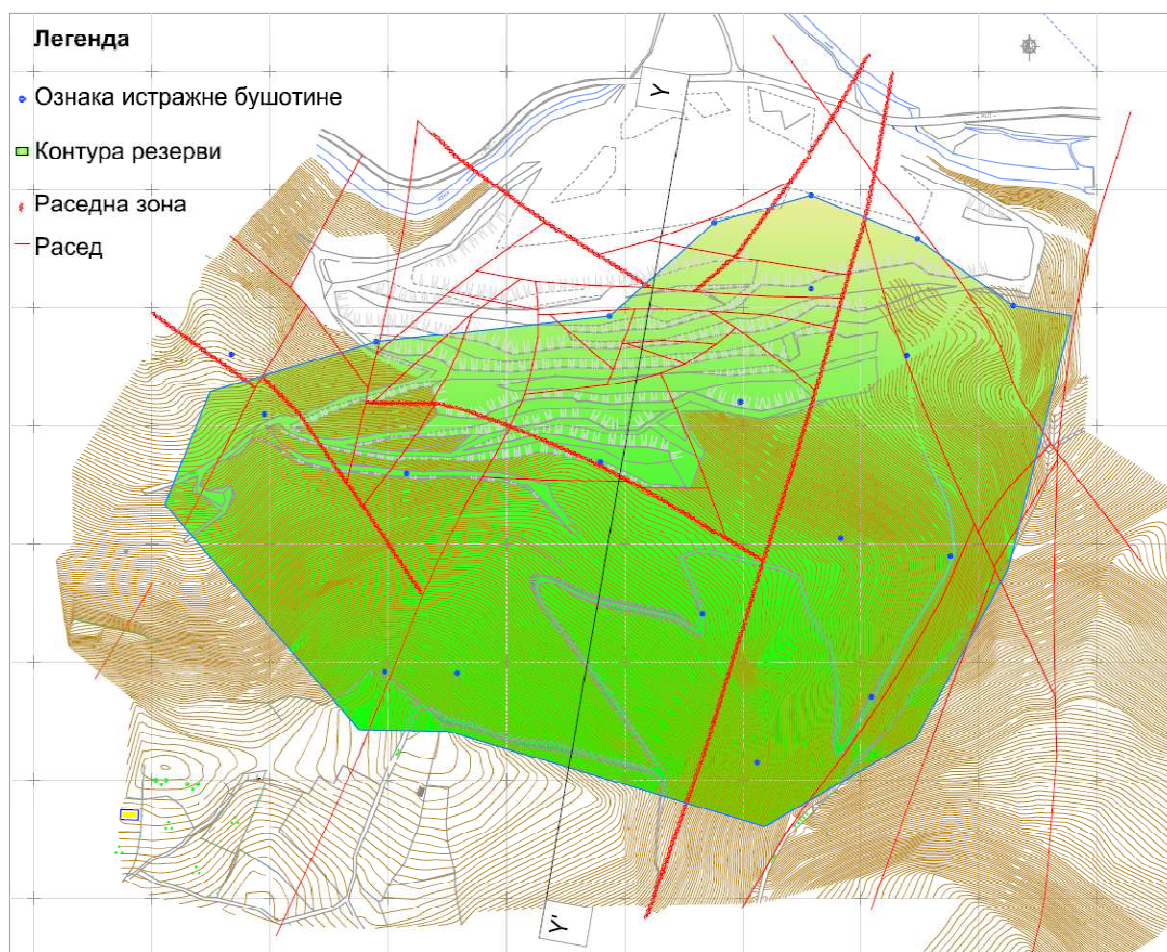
Како у околини самог лежишта нема насеља не постоји опасност од аерозагађења насељених зона. Применом квашења транспортних путева, места утовара и простора на којима се врши минирање отклања се опасност од повећане запрашености. Бука такође не представља повећану опасност јер нема насеља у близини. Према томе утицај на животну средину свешће се на нарушавање предела, односно деградацију терена. Имплементацијом адекватних решења рекултивације по завршетку експлоатације на површинском копу (слика 2.25.3.), изглед предела се може побољшати, имајући у виду квалитет присутног растиња на подручју лежишта.



Слика 2.25.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

## 2.26. ПОВРШИНСКИ КОП КРЕЧЊАКА КАО СИРОВИНЕ ЗА ИНДУСТРИЈУ ЦЕМЕНТА И ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

На ширем подручју према топографско – морфолошким карактеристикама лежиште има све особине терена изграђених од карбонатних творамина, што се манифестује јаче израженим рељефом и бројним траговима карстификације. За разлику од терена у подручју, у унутрашњем делу, басен је прекривен терцијарним седиментима. Рељеф терена одраз је абразионо – ерозионих фактора. Главни водотокови усецали су своја корита дуж већих раседа или дуж пукотина паралелних слојевитошћу. Остали мањи водени токови имају исти правац течења или управно на генерални. На тај начин читава хидрографска мрежа усеца се у терен ове области у свим правцима стварајући притом јако разуђену и неравну површину са мањим или већим узвишењима. Све површинске воде ближе и даље околине лежишта кречњака припадају сливу реке. Дренажни систем на овом терену по свом облику представља комбинација паралелног и решеткастог типа дренаже. Морфолошки облици терена и дренажна мрежа су у директној зависности од геологије терена, односно стенских маса кроз које су водени токови усецали своја корита. Због хетерогености геолошког састава терена могу се запазити долине са благим и стрмим странама, до готово кањонски усечених корита, слика 2.26.1. Кречњаци су везани за серију горњекредних кречњака и то обухватајући издвојене пакете у кречњачкој серији као картиране јединице од сивих биоспарита у доњем делу серије, преко црвених биомикрита и црвених биомикритских бреча до светлосивих спарита и сивих интрабиоспаудита у горњем делу серије.



Слика 2.26.1. Карта резеви лежишта кречњака [10]



У оквиру кредне серије налазе се цементни лапорци и распрострањени су изнад кречњачког комплекса. Смештени су генерално у језгро синклинале. У серији цементних лапораца налазе се интрастратификовани слојеви и тањи пакети слојевитих лапоровитих кречњака. Преко серије лапораца конкордантно леже слабо везане кварцне брече и конгломерати који припадају завршној седиментној серији креде. Горњокредни кречњаци, који граде лежиште, имају различит литолошки састав, различиту боју али су сви стварани на плитководном шелфу једног затвореног спрудног ареала током сенона. У доњим деловима серије кречњака обухваћених лежиштем преовлађују кречњаци сиве, ретко жућкасте боје. Преко њих су кречњаци изразито црвене боје који прелазе навише у светлоцрвену. Серија се завршава са светлосивим кречњацима претежно бречоидне текстуре. Кречњаци су у приличној мери испуцали а местимично и здробљени. У серији црвених кречњака карактеристична је појава стилолита, који су делом запуњени секундарним калцитом или глиновито – лапоровитом супстанцом црвене боје. У кречњацима су током израде плана и истражног бушења запажени бројни подземни крашки обливци метарских и декаметарских димензија. Лежиште је изграђено само од разноликих горњокредних кречњака и ограничено ка североистоку са серијом цементних лапораца и лапоровитих кречњака и ка северу са серијом цементних лапораца, где границу представља расед.

У досадашњем периоду на истражном простору обављени су следећи геолошки радови:

- геолошко картирање у циљу упознавања и интерпретације структурно – геолошких карактеристика ширег подручја лежишта кречњака у размери;
- геолошка проспекција отворених профила и израда геолошког плана размере;
- картирање набушеног језгра из истражних бушотина;
- картирање из истражног усека;
- опробавање језгра из истражних бушотина у свему према важећим прописима;
- опробавање из истражног усека;
- опробавање за делимична и комплетна физичко – механичка испитивања из бушотина и усека;
- израда писаних и графичких профила бушотина са свим потребним подацима;
- праћење експлоатационих радова (бушење минских бушотина и регистровање свих појава на копу, узорковање минских бушотина и припремљеног материјала на основном утоварном платоу).

На изборну методу за прорачун геолошких резерви утицали су следећи фактори: величина, генеза, тип лежишта, густина извршених истражних радова, квалитет сировине у лежишту и др.

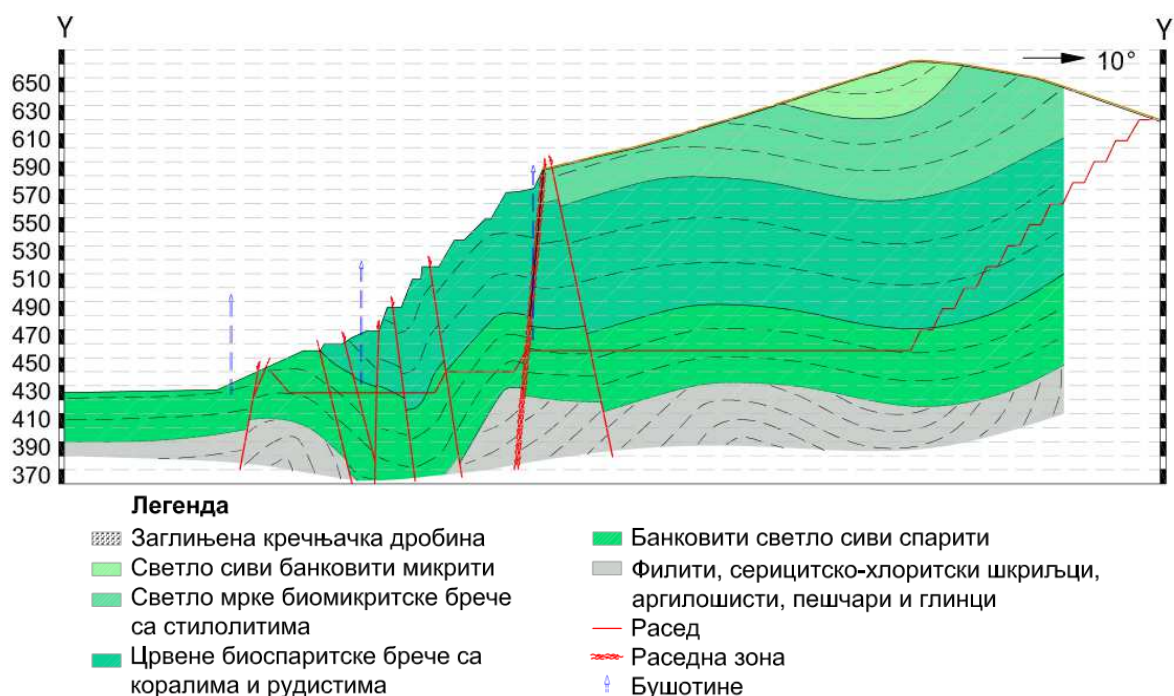
За прорачун резерви усвојена је метода геолошких блокова, као основна и метода троуглова, као контролна.

Оконтуривање геолошких резерви израдом идејног решења завршног изгледа површинског копа базирано је на подацима усвојених конструктивних параметара. Етаже висине 15 m би се формирале под нагибом од 65°. Угао завршне косине је 45°, док минимална ширина берме износи 8,1 m, слике 2.26.2. и 2.26.3.

Основне карактеристике система површинске експлоатације су квалитет откопане минералне сировине и капацитет производње, јер представљају директан одраз природних и рударско – геолошких услова у лежишту и примењених техничко – технолошких решења, а имају непосредан утицај на економске показатеље производње.

Производни систем у конкретном случају има динамички карактер као последицу кретања у реалном простору и времену рада површинског копа. Са појмом кретања система повезан је и појам промене стања система који се такође дефинише у функцији простора и времена.

Са површине терена, где се планира експлоатација, уклања се јалови покривач, а након бушења минских бушотина, обавља се минирање.



Слика 2.26.2. Геолошки профил [10]

Специфична потрошња експлозива зависи од отпора радне средине, при употреби одређене врсте експлозива и жељеног дејства експлозије и представља количину експлозива потребну да се измињира  $\text{m}^3$  чврсте стенске масе до жељене гранулације и изражава се у  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

$$q = \frac{Q}{W^3}, \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ или } q = \frac{Q}{V}, \text{ kg}/\text{m}^3 \quad (6)$$

$Q$  — количина експлозива за жељену гранулацију (kg)

$W$  — линија најамњег отпора (m)

$V$  — запремина материјала у контури левка експлозије ( $\text{m}^3$ )

Количина експлозива по бушотини

$$q = \left( \frac{\pi \cdot d}{4} \right) \cdot \rho \cdot 10^3, \text{ kg}/\text{m} \quad (6)$$

Пречник минске бушотине

$$d = 100 - 150 \sqrt[4]{Q_{\text{god}}}, \text{ mm} \quad (6)$$

$Q_{\text{god}}$  — годишњи капацитет (t)

$\rho$  — коеф. пуњења бушотине, који зависи од односа пречника бушотине и пречника експлозива (mm)

Полупречник зоне дробљења

$$R = 7 \sqrt[3]{\frac{Q}{\sigma_p}}, \text{ m} \quad (6)$$

$Q$  — количина употребљеног експлозива (kg)

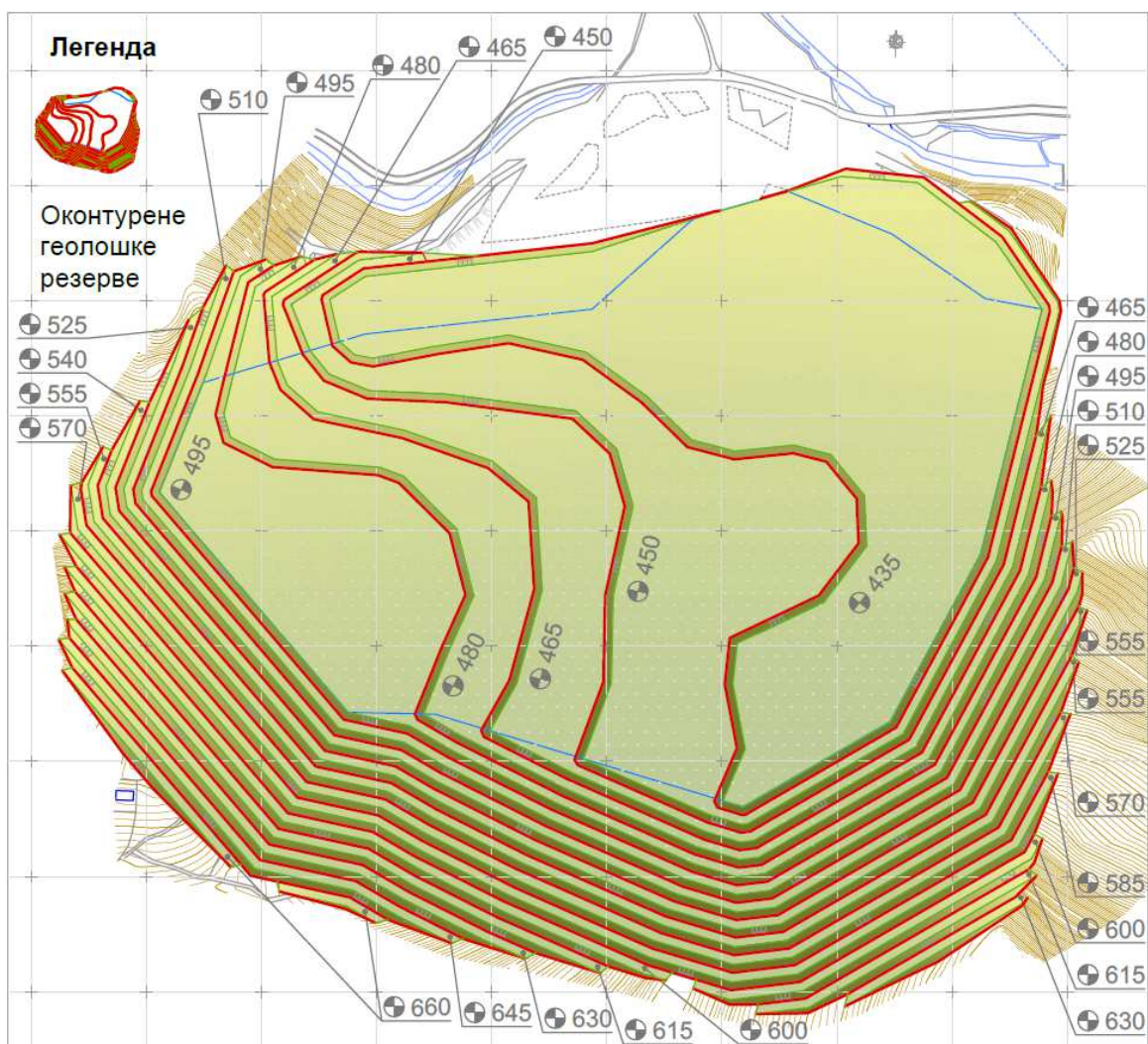
$\sigma_p$  — притисна чврстоћа материјала ( $\text{dN} / \text{cm}^2$ )

Запремина кратера експлозије

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h, \text{ m}^3 \quad (6)$$

d — пречник основе конуса (m)

h — висина конуса (m)



Слика 2.26.3. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

Утовар одминираниог материјала врши се уз помоћ утоваривача, а транспорт до депоније обавља се камионима. Дробљење и класирање корисне сировине за потребе цементне индустрије обавља се у погону дробљења и класирања. За потребе производње кречњака као сировине за техничко – грађевински камен неопходно је планирати ангажовање дробиличног постројења. Основни производ ће бити дробљени камени агрегат различитих фракција.

На основу извршене технолошке пробе дробљења камена, испитивања добијеног дробљеног каменог агрегата и анализе добијених вредности, те одредаба одговарајућих стандарда, испитани камен се у техничко – грађевинске сврхе може употребити за: производњу агрегата за израду бетона, производњу агрегата за класичне и савремене подлоге за путеве, производњу агрегата за доње носеће слојеве од неvezаног каменог материјала, производњу агрегата за горње и доње носеће слојеве од битуминизираниог материјала по врућем поступку.



## 2.27. ЛЕЖИШТЕ КРЕЧЊАКА КАО СИРОВИНЕ ЗА ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКИ КАМЕН И УПОТРЕБУ У ИНДУСТРИЈИ ЦЕМЕНТА

Терен је брдовит са оштрим рељефом и стрмо усеченим коритима потока и река. Формирани морфолошки облици су без јаче изражених оштрина у рељефу тако да је исти благо заталасан.

У хидрогеолошком погледу спрудни кречњаци који граде ово лежиште су хидрогеолошки колектори. Ту констатацију потврђује чињеница да су кречњаци у приличној мери испуцали, тектонски оштећени а и карстни процес је у приличној мери напредовао тако да је ерозиони базис спуштен до нивоа речних токова. Резултат ових особина кречњака и присутних процеса јесте чињеница да на делу терена покривеном овим творевинама нема извора. Као хидрогеолошки колектор у овим кречњацима се инфилтрира највећи део атмосферских падавина.

Обзиром на положај кречњака, начин појављивања, сам геоморфолошки облик терена и близину дренажних токова, нема услова за стварање већих сталних подземних издани, који могу да утичу на експлоатационе радове. Ова констатација је у потпуности потврђена досадашњим експлоатационим радовима. Део атмосферских талоба који се не инфилтрира у подземље, гравитационо отиче преко радних етажа до основног платоа површинског копа и даље у речне токове.

Истраживање тектонског склопа ширег подручја лежишта, слика 2.27.1., обухватало је кабинетска и теренска испитивања. Кабинетска испитивања базирана су на синтези и анализи података добијених током теренских структуролошких истраживања и мањим делом компилираних података ранијих геолошких истраживања.

Кречњаци су настали на плитководној карбонатној платформи вероватно епиконтиненталног мора са повременим интезивним приносом материјала са копна, где су екзистирали спрудови различитих димензија. Претежно су то били гнездасти спрудови са дебљинама од неколико десетина метара и површине од неколико стотина квадратних метара. Спрудови су током времена интезивно разграђивани тако да остатака спрудних скелета има врло мало. Углавном су то продукти разградње спрудова и претежно карбонатних седимената међуспрудних лагуна. Током каснијих геодинамичких процеса кречњаци су убрани у једну сложену пликативну синформну структуру у оквиру које су касније формиран и ротирани блокови дуж разломних зона, различитих просторних оријентација и величина са преовлађујућим гравитационим кретањима.

Тектонским покретима и речном ерозијом дошло је до раздвајања готово истоветне кречњачке масе у два мања дела.

Картирањем је издвојен пакет сивих и тамносивих банковитих кречњака, као посебна картирана јединица. Сиви и тамносиви кречњаци који се налазе преко базалних конгломерата, литолошки су представљени углавном са интрабиомикроспаритима и интрабиоспаритима.

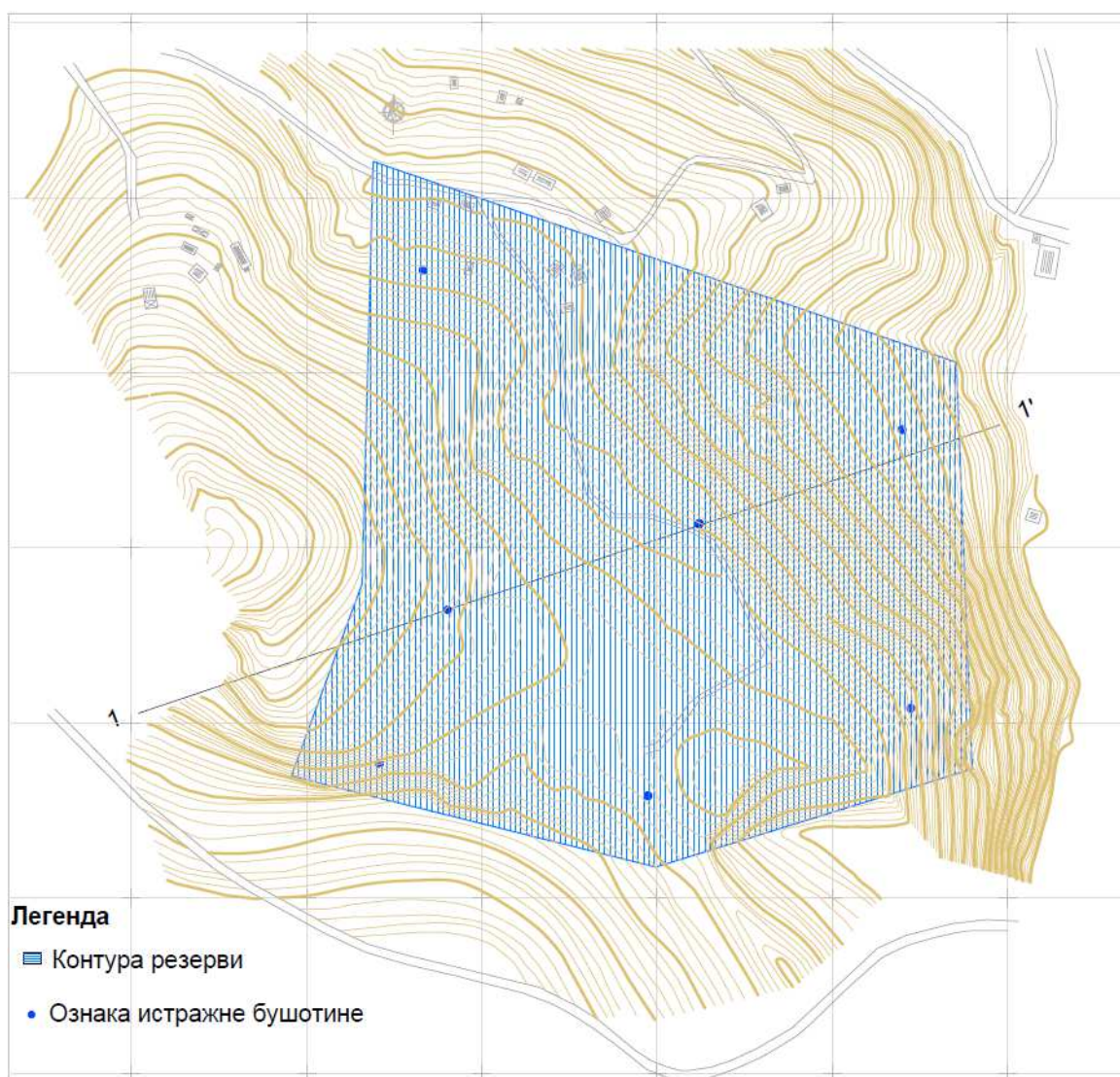
Биоинтрамикроспарити, односно интрабиомикроспарити су стене светлосиве боје, местимично пигментисане оксидом гвожђа. Основна стена је примарно микритска са доста микрофауне. У основи стене поред фрагмената фосила јављају се интракластно, као и мале количине теригене компоненте која је представљена кварцом и фелдспатом.

Матрикс је микроспаритски, који је у односу на микрит касније формиран. Текстура је масивна. Структура је микрокристаласта. На лежишту су заступљени и седименти миоплиоцена: лапорци, глине и пешчари.

Опробовање је вршено са површине терена, истражних радова (истражног бушења и истражних усека) и експлоатационих етажа:

- **Опробовање са површине терена** вршено је ради хемијских и минералошко – петрографских испитивања, а изведено је тачкастом методом.
- **Опробовање из истражних радова** вршено је за:

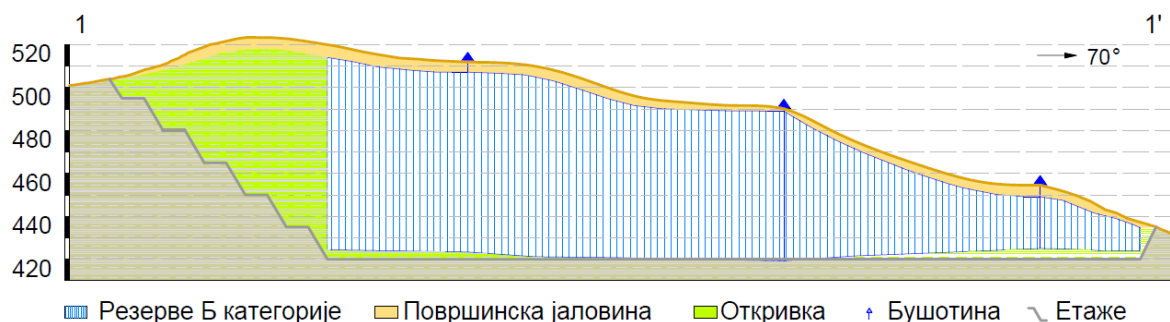
- Минералошко – петрографска испитивања,
  - микропалеонтолошка испитивања,
  - физичко – механичка (делимична и комплетна),
  - анализа рендгенском дифракционом анализом и
  - хемијска испитивања.
- **Опробовање из истражних бушотина** вршено је линијском методом.
- **Опробовање из експлоатационе етаже** вршено је за:
- технолошка испитивања,
  - комплетна физичко – механичка,
  - хемијска испитивања и
  - минералошко – петрографска испитивања.
- **Опробовање за комплетна физичко – механичка испитивања** (из етажа и делимично из истражних усека) вршена су методом блока.
- **Опробовање за технолошка испитивања** вршена су у полуиндустријском обиму после минарања.



Слика 2.27.1. Карта резерви лежишта кречњака [10]

На основу извршене технолошке пробе испитани камен се у техничко – грађевинске сврхе може употребити за: производњу агрегата за израду бетона, производњу агрегата за класичне и савремене подлоге за путеве, производњу агрегата за доње носеће слојеве од невезаног каменог материјала и производњу агрегата за горње и доње носеће слојеве од битуминизираниог материјала по врућем поступку.

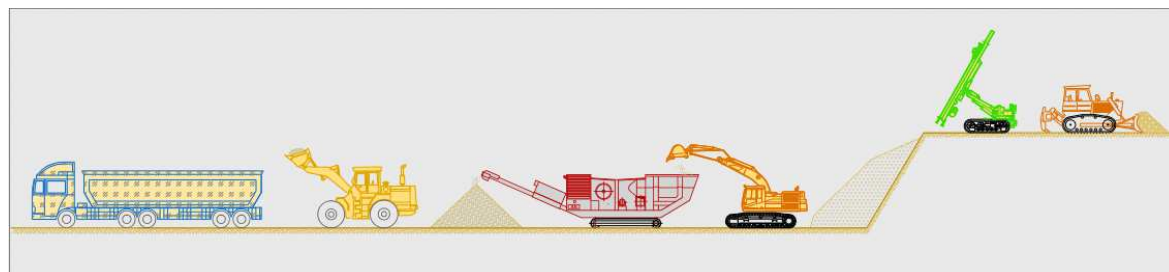
За прорачун резерви коришћена је метода геолошких блокова, као основна и метода троуглова, као контролна. Оконтуривање геолошких резерви извршено је израдом идејног решења завршног изгледа површинског копа, на основу усвојених параметара базираних према физичко – механичким својствима радне средине. Пројектован је површински коп са висином радне етаже од 15 m, ширине берме 8,1 m, нагиба радне етаже 65° и угла завршне косине 45°, профилска линија 1 – 1', слике 2.27.2. и 2.27.4.



Слика 2.27.2. Обрачунски профил [10]

Технолошки процес добијања минералне сировине из лежишта обухвата следеће фазе:

- чишћење и припрема терена за бушење и минирање,
- утовар одминеране минералне сировине у прихватни бункер мобилног постројења за дробљење и класирање – који прати фронт радова на етажи,
- утовар готових производа у камионе купаца, слика 2.27.3.



Слика 2.27.3. Принципијелна шема експлоатације кречњака као сировине за ТКК

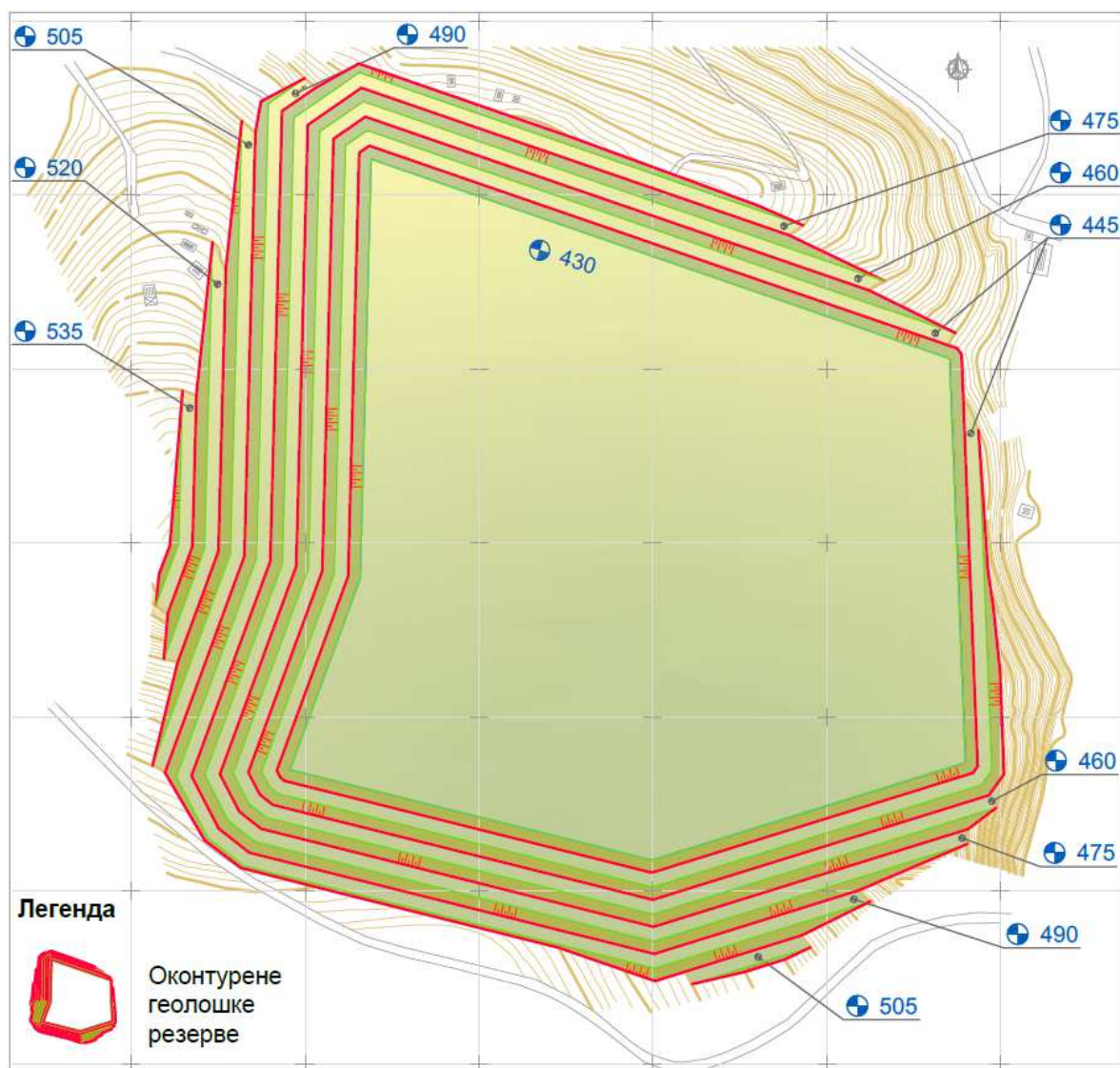
Откопани кречњак транспортује се камионима до дробиличног постројења и после дробљења заједно са здробљеним лапорцем складишти се као мешавина у хали мешавине. Млевењем мешавине у сировинско брашно од кога се даље печењем добија цементни клинкер, завршава се технолошки процес експлоатације, припреме и прераде кречњака као сировине у процесу производње цемента [46]. По потреби, уколико се појави застој у отпреми целокупне количине готових производа, који би угрозио планирану динамику производње, одвоз истих ће бити на главно складиште готових производа сопственим транспортом.

Предности оваквог система експлоатације у односу на стационарно постројење за дробљење и класирање су у следећем:



- транспорт као најскупња технолошка операција у систему површинске експлоатације је сведен на минимум, само у изузетним случајевима када динамика отпреме која се планира и усклађује са динамиком производње, угрожава планирани обим производње,
- не постоје грађевински радови за стационирање постројења прераде, дробилице и постројења за класирање,
- овакав систем је „на дугме“, што значи да је број радника који га опслужују минималан.

Описан технолошки процес примењен је са циљем значајног смањења трошкова производње и повећања профита, што је основ сваке производње.



Слика 2.27.4. Идејно решење завршног изгледа површинског копа кречњака [10]

У досадашњој пракси кроз експлоатационе радове (бушење минских рупа, масовно и секундарно минирање, разбијање крупнијих блокова хидрауличним разбијачем) и припремним радовима (дробљење у дробиличном постројењу као и млевење ове сировине у сировинско брашно) потврђено је да се ради о сировини која по својим особинама не захтева специјалне методе експлоатације, припреме и прераде да би била коришћена за добијање цементног клинкера.

Мањи проблеми се јављају код припреме сировине у кишним периодима због увећане влажности. Ти проблеми се јављају код дробљења сировине у дробиличном постројењу (заглаве) и касније код изузимања мешавине из хале.

Величина зоне у којој долази до стварања пукотина зависи од енергије експлозивног таласа и ограничена је радијусом ( $R$ ) који дефинише онај део стенског масива који је у стању да изазове пластичне деформације.

Полупречник зоне дробљења може се одредити по обрасцу:

$$R = 7 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{\sigma_p}}, \text{ m} \quad (6)$$

$Q$  — количина употребљеног експлозива (kg)

$\sigma_p$  — количине материјала по  $m'$  бушотине ( $dN/cm^2$ )

Линија најмањег отпора у ножици етаж

$$W = 0,87 \cdot \sqrt{\frac{p}{q \cdot m}}, \text{ m} \quad (6)$$

$P$  — количина експлозива по  $m'$  бушотине ( $kg/m'$ )

$q$  — специф. потрошња експлозива ( $kg/m$ )

$m$  — коеф. зближења бушотина

Растојање између бушотина

$$a = m \cdot W, \text{ m} \quad (6)$$

$W$  — линија најмањег отпора (m)

Растојање између редова бушотина

$$b = 0,85 \cdot W, \text{ m} \quad (6)$$

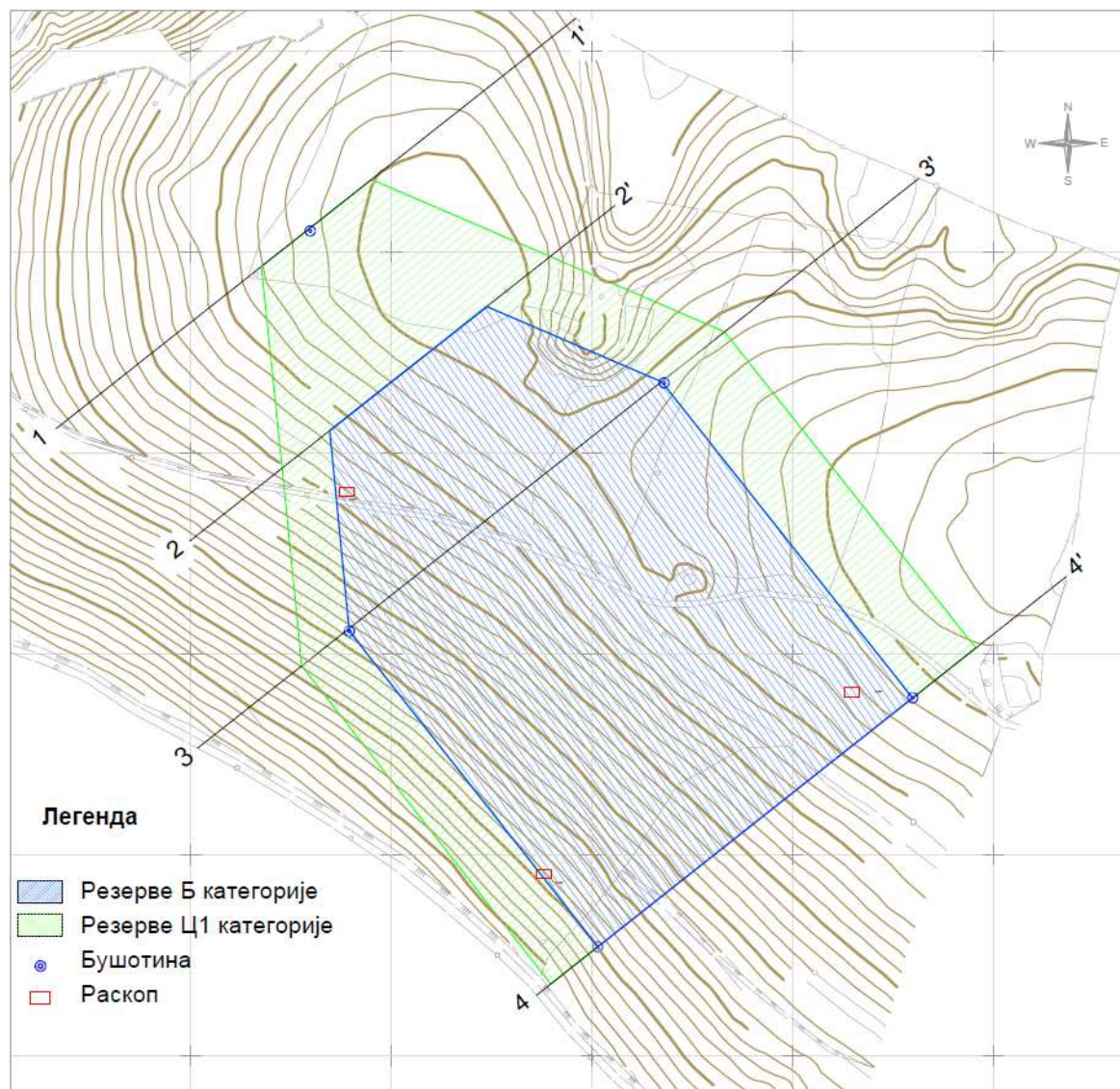
## 2.28. ЛЕЖИШТЕ ЦРВЕНИХ КРЕЧЊАКА КАО СИРОВИНА ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТЕХНИЧКО – ГРАЂЕВИНСКОГ КАМЕНА

Регионалне геоморфолошке карактеристике, као и развој егзогених морфоскулптурних облика на овом простору условљене су литолошким саставом и тектонским склопом терена. Лежиште црвених кречњака представља део масе кредних, алб – ценоманских кречњака. Седименте ове серије чине конгломерати које навише смењују црвени детритични кречњаци. Конгломерати леже трансгресивно преко творевина дијабаз – рожначке серије а у њихов састав улазе валуци габра, серпентинита, рожнаца и тријаских кречњака. Виши део серије изграђују црвени и црвено – бели детритични кречњаци местимично тако зрнасти да подсећају на еруптивну стену. Како у њима није нађена карактеристична микрофауна, то су они на основу суперпозиционог положаја сврстани у алб – ценоман. У лежишту су заступљени ружичасти до светло црвени кречњаци масивног изгледа. То је врло компактна стена са крупним фрагментима фосилних остатака, уклопцима сочива калцита и жилицама секундарног калцита. Кречњак је масивне текстуре, локално бречоидне, органогено – детритичне структуре, врло атрактивног изгледа, па је по лепоти и квалитету врло интересантан. Кречњак је органогеног порекла са доста крупним фрагментима фосилних остатака, понекад препун пресека жежева, орбитолина и ситних рудиста који се врло тешко могу издвојити. Црвени кречњаци представљају продукт таложења у доста немирној и плиткој воденој средини, тако да се у приобалној зони наталожио спруд ових кречњака. Близина обале условила је присуство кварцних зрна. На основу степена познавања општих услова настанка лежишта црвених кречњака, може се рећи да лежиште припада серији егзогених, групи седиментних хипуритских спрудних кречњака.

Лежиште припада тектонској јединици нижег реда, комплексу мезозојских седимената. Карактерише се мирнијом тектонику где је контакт са дијабаз – рожном формацијом нормалан и трансгресиван. У кречњачкој маси слабо се истичу неколико раседних правца пружања дуж којих је дошло до извесног смицања. На истражном простору лежишта заступљени су розе црвени кречњаци масивне грађе без уочљиве стратификације. Током алпске орогенезе ова формација је била захваћена јаким бочним притисцима, што је довело до испуцалости, здробљености и уситњености стенске масе са ретким реликтима монолитних и компактних партија. Као крајњи резултат образован је природни гранулат техничко – грађевинског камена што је био и важан критеријум за избор ове локалности. Картирањем терена и истражних бушотина констатовано је да је кречњак прслинско – пукотинске порозности. Прслине и пукотине су највећим делом запуњене калцитом. У мањем обиму пукотине су запуњене лимонитисаном дробиниом, односно скрамама лимонита. Приликом бушења врло мало се губила исплака, што указује да је ефективна порозност кречњака мала. Овакав положај лежишта у терену, као и присутна прслинска и пукотинска порозност указују на једноставне хидрогеолошке карактеристике. Наиме, у лежишту може да се формира повремено издан разбијеног пукотинског типа, који се брзо дренира у ниже делове терена, тако да нема утицаја на експлоатацију кречњака. У близини лежишта регистрован је један стални извор, знатно ниже од подине лежишта и нема утицај на експлоатацију. Извор се може користити за водоснабдевање при експлоатацији, стим да се претходно изврши његово каптирање и детаљније испитивање капацитета.

Кречњак је чврста, добро окамењена средина. Тектонски је неоштећена тако да представља јединствену монолитну масу. Присутне прслине и пукотине мало утичу на опште физичко – механичке карактеристике. На површини терена хумусни покривач је танак, углавном су изданци кречњака на површини терена, на коме нису регистровани сипари, тј. савремени инжењерско – геолошки процеси, који имају мали утицај на експлоатацију лежишта. У истраживању лежишта кречњака примењиване су методе према постављеној концепцији и утврђеној методологији, слика 2.28.1. То је подразумевало рекогносцирање ширег подручја лежишта, геодетско снимање ужег простора истраживања и израду геолошког плана лежишта, детаљну геолошку перспекцију на ужем простору, истражно бушење са опробавањем језгра, израду истражних раскопа са узимањем узорака за лабораторијска испитивања и картирање истражних радова.





Слика 2.28.1. Карта резерви лежишта црвених кречњака [10]

Важну примену у рударству имају резултати геолошких истраживања лежишта [52], укључујући њихове интерпретације о основним својствима истраживаних лежишта, количине и квалитет минералне сировине. Ови геолошки подаци се са другим релевантним подацима (првенствено техничким и економским), користе као основни параметри у пројекатној документацији а имају за циљ експлоатацију минералних лежишта [32].

Бушотине или нека друга врста истражних радова, основни су носиоци информација о квалитету минералне сировине у лежишту. Основни циљ бушења, које се изводи у проспекцијско – истражном процесу на лежиштима чврстих минералних сировина, јесте систематско прикупљање и испитивање материјала, језгра из бушотина.

Испитивањем се добијају подаци о просторном положају рудних тела, њиховој дебљини, грађи, минералном саставу, квалитету корисне компоненте као и о присуству тектонских деформација. Такође се добијају подаци о литолошком саставу и тектонском склопу свих геолошких формација, које су заступљене на профилима бушотина.

Интерполацијом и екстраполацијом података добијених бушењем, са већом или мањом тачношћу, на профилима и на плановима извлаче се контуре рудних тела, границе околних формација и тектонске деформације. Веродостојност и употребљивост ових података највише зависе од врсте примењеног бушења и од начина његовог извођења.

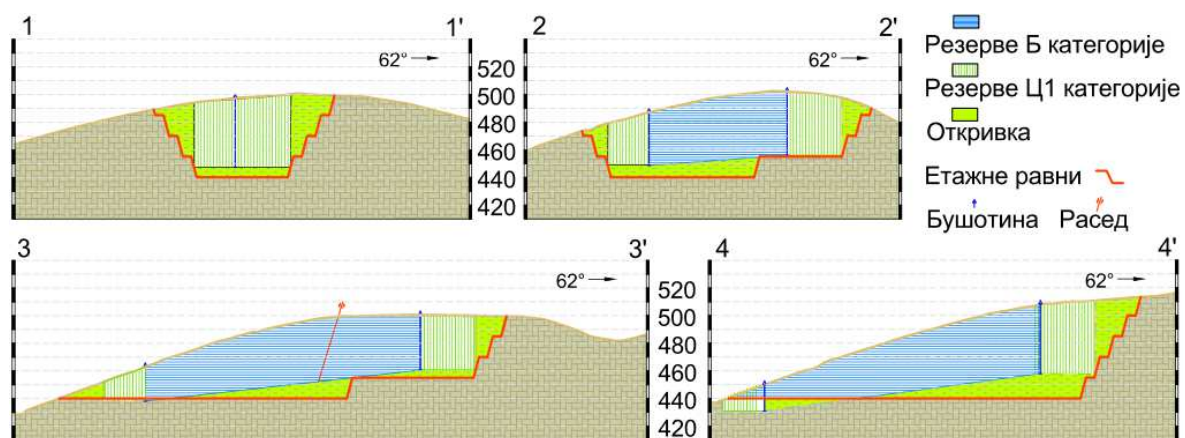
Бушење које се изводи у проспекцијско – истражне сврхе у лежиштима чврстих минералних сировина, може се према технологији извођења поделити у следеће групе:

- према месту одакле се врши бушење: са површине и из јаме;
- према правцу бушења: вертикално, косо и хоризонтално;
- према пречнику бушења: малог или великог пречника;
- према врсти погона: ручно и моторно;
- према принципу рада: ударно, обртно и комбиновано;
- према начину изношења материјала са дна бушотине: са и без испирања.

Основна обележја бушотине, приказују се на графичком прилогу, профили где се уносе и следећи подаци: кота ушћа и дна бушотине, угао бушотине, подаци о структури и границама материјала који је набушен, карактеристике квалитета и проценат извађеног језгра, напомене о распуцалости материјала, слојевитости и нагибу пукотина и слојева, као и присуству воде.

Лежиште је једноставне грађе, постојане моћности и тектонски слабо поремећено. Прорачун резерви је извршен методом паралелних вертикалних профила као основном и методом геолошких блокова као контролном. Лежиште је оконтурено унутрашњом и спољашњом контуром. Унутрашња контура добијена је међусобним спајањем ободних позитивних истражних радова. Спољашња контура повучена је паралелно са унутрашњом у циљу прорачуна резерви и како би се задовољили услови о броју анализа за делимична и комплетна лабораторијска испитивања за одређену категорију лежишта.

С обзиром да нису утврђени физичко – механички параметри неопходни за анализу стабилности косина, оконтуривање геолошких резерви базирано је на усвојеним вредностима конструктивних параметара. Израдом идејног решења завршног изгледа површинског копа фомиране су етаже висине 15 m, нагиба 75° и угла завршне косине 56°. У функцији формирања завршне косине, на основу усвојених конструктивних параметара, минимална ширина берме износи 6,1 m, слика 2.28.2.

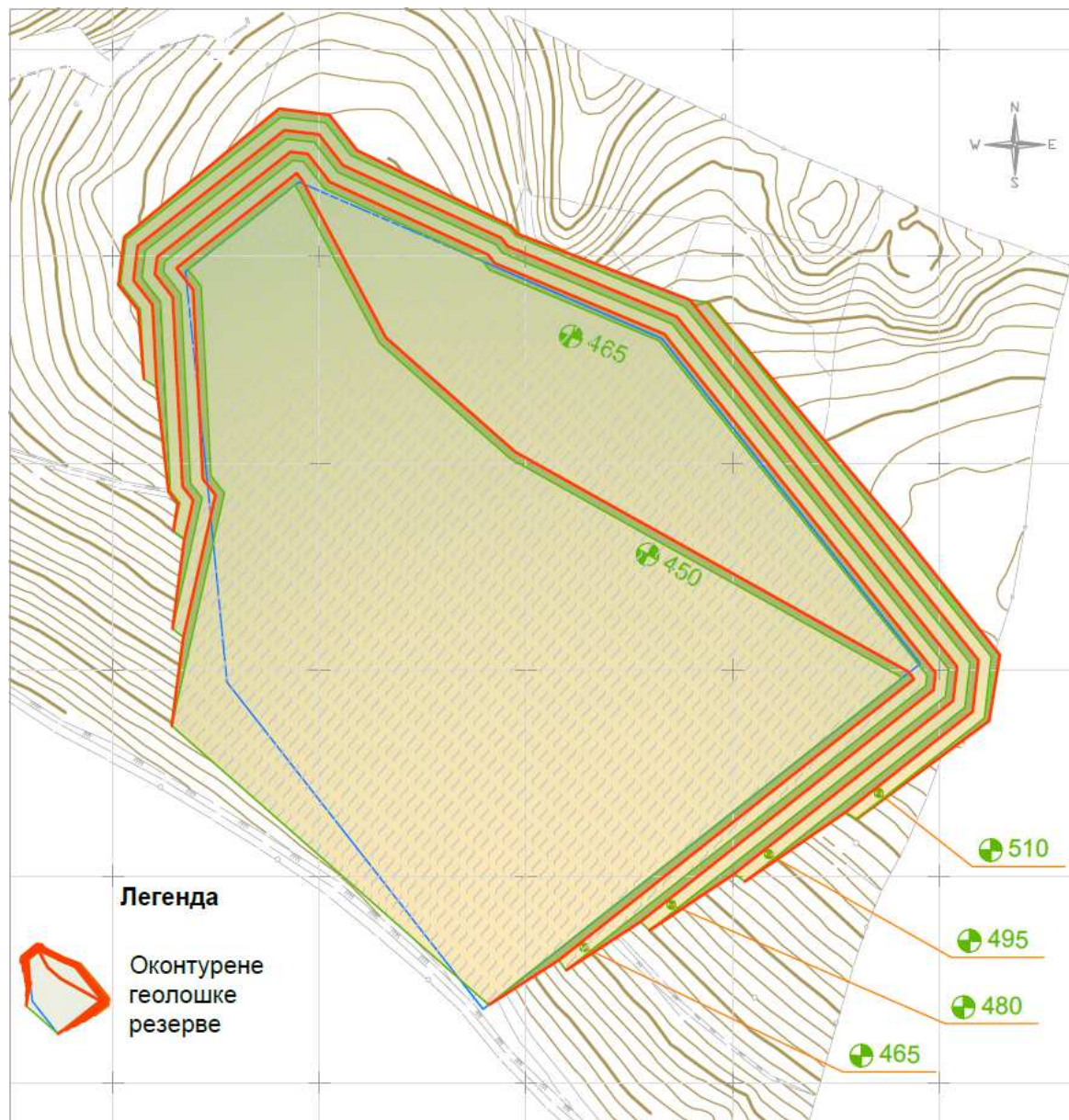


Слика 2.28.2. Обрачунски профили [10]

За економске ефекте експлоатације лежишта поред количине билансних резерви кречњака, наглашен значај има и њихова концентрисаност. Резерве минералне сировине сконцентрисане су у једном великом рудном телу, релативно правилног облика, што се позитивно одражава на повољност размештаја резерви.



Експлоатација техничког грађевинског камена вршиће се површинским копом са добром концентрацијом сировине по квадратном метру површине. Са рударског аспекта лежиште је приступачно за отварање и развој површинског копа, слика 2.28.3.



Слика 2.28.3. Идејно решење завршног изгледа пов. копа црвених кречњака [10]

Основни елементи система површинске експлоатације у периоду развоја су контуре површинског копа и одлагалишта, етаже, блокови, радне површине етажа, усеци отварања површинског копа, комуникације, депоније и др.

Примарне елементе карактеришу параметри као што су висина и угао нагиба косина радних етажа, ширина блокова и радних површина, угао нагиба радног бока површинског копа, дужина фронта или блока радова по свакој откопној машини, број радних етажа и елементи одлагалишта.

Иницијални показатељи су брзина напредовања блока, брзина напредовања фронта, брзина продубљавања и проширења површинског копа, губици и разблажења минералне сировине.

Брзина напредовања виших етажа мора бити једнака или већа од брзине напредовања нижих етажа. Ово условљава равномеран развој радова на радним етажама.

У зависности од залегања, односно нагиба лежишта зависи и интензитет развоја радова по плану или по дубини. Код стрмих лежишта карактеристичан је интензивнији развој по дубини, а за лежишта са мањим нагибом карактеристичан је интензивнији развој по плану.

Експлоатационим активностима предвиђено је првенствено да се изврши чишћење и припрема терена, чиме се стварају услови за ангажовање бушилице и израду минских бушотина.

Експлоатациони часовни капацитет бушилице

$$Q_h = V_e \cdot \frac{A \cdot B \cdot h}{L_b}, \text{ m}^3/\text{h} \quad (10)$$

$V_e$  — експлоатациона брзина бушења (m/h)

$A$  — растојање између бушотина (m)

$B$  — растојање између редова (m)

$h$  — висина етаже (m)

$L_b$  — дубина бушотине (m)

Експлоатациони годишњи капацитет бушилице

$$Q_{\text{god}} = Q_h \cdot T_{\text{sm}} \cdot n_{\text{sm}} \cdot n_d \cdot r \cdot i_r, \text{ m}^3/\text{god} \quad (10)$$

$T_{\text{sm}}$  — ефективно време трајања смене (h)

$n_{\text{sm}}$  — број смена на дан

$n_d$  — број радних дана у току године

$r$  — коеф. физичке расположивости опреме за бушење

$i_r$  — коеф. искоришћења расположивости опреме за бушење

Након минирања део одминираних масе би се уситњавао секундарним минирањем или ударним чекићем а остатак би се припремио за утовар и транспорт до дробиличног постројења или у зависности од усвојене концепције директно утоварао у бункер покретне примарне дробилице, која је у систему са такође покретним постројењем за класирање корисне минералне сировине.