

11. DOBIVANJE PRIMARNIH BLOKOVA

Dobivanje primarnih blokova je tehnološka operacija otkopavanja arhitektonsko-građevnog kamena kojom se iz pripremljene stijenske mase izdvaja blok velikih dimenzija (primarni blok), koji se potom oblikuje u veći broj blokova komercijalnih dimenzija. Temeljni strojevi pri tom su također dijamantna žična pila i lančana sjekačica, pa i metode izdvajanja primarnih blokova ovise o tome koji se od ovih strojeva koriste. Dobivanju primarnih blokova prethode pripremne radnje, tj. bušenje vertikalnih i horizontalnih bušotina za provlačenje dijamantne žice, a samo dobivanje blokova se temelji na piljenju s dijamantnom žičnom pilom, piljenju lančanom sjekačicom ili kombiniranoj primjeni ovih strojeva. Slijedeća tehnološka operacija, nakon izdvajanja primarnih blokova iz stijenske mase je odvaljivanje i prevrtanje blokova korištenjem zračnih ili vodenih jastuka, te hidrauličnih cilindara. Potom slijedi oblikovanje primarnih u komercijalne blokove, a izvodi se bušenjem i cijepanjem pomoću klinova ili piljenjem: dijamantnom žičnom pilom, lančanom sjekačicom ili dijamantnim žičnim gaterom. Za transport blokova i jalovine koriste se: utovarači, damperi, kamioni, bageri i derik dizalice.

11.1. POVRŠINSKO OTKOPAVANJE

Otvaranjem usjeka u zatvorenoj etaži površinskog brdskog kamenoloma, omogućena je eksploatacija blokova kamena na dva odvojena neovisna dijela (slika 11.1. i 11.2.). Usjekom su na oba dijela otvorene bočne strane etaže, odnosno na obje strane su oslobođene po tri plohe, a tri su ostale vezane. Ovisno o prilikama u ležištu blokovi se na preostale tri plohe oslobađaju piljenjem dijamantnom žičnom pilom, lančanom sjekačicom ili kombinacijom ova dva stroja.

U praksi najrasprostranjenija metoda površinskog otkopavanja u kamenolomima karbonatnog sastav je piljenje primarnih blokova iz pripremljenog banka (veći prostor etaže iz kojeg se dobiva više primarnih blokova) i zatim njihovo oblikovanje u komercijalne blokove. Način i redoslijed piljenja, veličina banka i dimenzije primarnog bloka u pojedinim kamenolomima ili njihovim dijelovima prilagođavaju se uvjetima na terenu i raspoloživoj opremi, tako da nema općeg pravila organizacije rada, koje bi vrijedilo za sve slučajeve eksploatacije. Parametri eksploatacije modificiraju se ovisno o prilikama i strukturnom sklopu na pojedinom kamenolomu ili njegovom dijelu, nastojeći što ekonomičnije dobiti blokove optimalnih dimenzija uz što veće iskorištenje strojeva. Dimenzije (površine) rezova biraju se ovisno o strukturnom sklopu stijenske mase, ali i o optimalnim površinama piljenja pojedinih strojeva, kako bi se izbjeglo često premještanje strojeva, odnosno smanjio neproduktivan rad na minimum.

11.1.1. Izdvajanje primarnih blokova piljenjem dijamantnom žičnom pilom

Kad su oslobođene tri plohe na banku, potrebno je za osloboditi blok ispiliti dva vertikalna i jedan horizontalni rez. Za ispiliti te rezove dijamantnom žičnom pilom, treba najprije izbušiti tri međusobno okomite bušotine (jednu vertikalnu i dvije horizontalne), kojima se ograničavaju površine piljenja (slika 11.3.). Blok se odvaja piljenjem dviju bočnih strana $ABA'B'$ - $CBC'B'$ i piljenjem po bazi ABCD. Vertikalni rez $ABA'B'$ pili se s pogonskim kotačem u vertikalnom položaju. Zatim se dijamantna žica provuče kroz horizontalne bušotine, pogonski kotač postavi u horizontalni položaj nastojeći ga dovesti što je moguće niže u crtu rezanja i ispili se

baza ABCD. Drugi vertikalni rez pili se na isti način kao i prvi. Uvijek treba izbjeći pritiskanje ispiljene mase na dijamantnu žicu, zato se horizontalni rez mora piliti prije nego se vertikalnim rezovima stijenska masa potpuno oslobodi na bočnim stranama. Redosljed piljenja može biti takav da se najprije pili horizontalni rez, a potom vertikalni rezovi, ali je u tom slučaju otežano hlađenje dijamantne žice, jer se ne može dodavati voda i kroz vertikalni rez. Pri piljenju horizontalnog reza pila se uvijek nalazi na osnovnom radnom platou (slika 11.4), a pri piljenju vertikalnih rezova, pila se postavlja na osnovni plato ili na gornju etažu ovisno o raspoloživom prostoru i organizaciji drugih radova (slika 11.5.). Nastojati piliti odjednom optimalne površine sa što manjim premještanjem strojeva, pa se tako npr. s jednim horizontalnim rezom zahvaćaju površine više blokova. Pri tome na istom banku može istovremeno raditi više pila, ukoliko to dinamika radova zahtijeva.

Često prosječne dimenzije primarnog bloka u bankovitim, tektonski očuvanim ležištima iznose: 12–18 m dužine (srednje 15 m), visine 6–8 m (srednje 7 m) s debljinom od 1.4 m. Prosječne dimenzije takvih blokova iznose 15x7x1.4 m, tj. blok ima volumen 147 m³. Takvi blokovi se eksploatiraju iz banka 15x7x14 m (1470 m³), pa se iz banka dobije 10 blokova (slika 11.6.). Za to je potrebno izbušiti deset vertikalnih bušotina $\Phi 150$ mm, dubine 7 m i deset horizontalnih bušotina $\Phi 90$ mm dužine 15 m. Zatim ispiliti jedan vertikalni rez dimenzija 15x7= 105 m². Prakticira se da horizontalno piljenje (po slojevitosti) obuhvati odjednom dva bloka (15x2.8= 42 m²), dok bi u zdravim bancima trebalo piliti horizontalni rez od 84 m², tj. četiri bloka odjednom.

Optimalne dimenzije banka i primarnog bloka, osim strukturnog sklopa i prilika u ležištu, ovise o najpovoljnijem korištenju strojeva, a i o optimalnim veličinama komercijalnih blokova. Zato pri određivanju dimenzija bloka, voditi računa o tome da se iz takvog bloka dobije što je moguće više komercijalnih blokova pravilnih dimenzija.

Kao posebno interesantna metoda otkopavanja primarnih blokova je metoda koja se primjenjuje kao temeljna metoda na površinskom brdskom dijelu ležišta Sivac. Metoda je prikazana na slici 11.7.

Dimenzije banka su: dužina 18 m, širina 12 m i visina 9 m. Volumen banka je 1944 m³. Iz ovako pripremljenog banka s kojeg je već skinut krovinski jalovinski dio, vade se primarni blokovi od 324 m³, dimenzija 12x9x3 m, tj. banak se sastoji od 6 blokova navedenih optimalnih dimenzija. Da bi se moglo započeti piljenjem vertikalnih i horizontalnih rezova potrebno je najprije izvesti pripremljene radove, tj. izbušiti tri međusobno okomite bušotine. Na krajnjim točkama banka buše se najprije vertikalna bušotina B₁ $\Phi 150$ mm, dubine 9 m, zatim dvije međusobno okomite horizontalne bušotine $\Phi 90$ mm, B₂, 12 m dužine i B₃ 18 m dužine. Na taj je način obilježen banak tj. pripremljene su površine horizontalnog i vertikalnog rezanja. Veći promjer vertikalne od horizontalnih bušotina omogućava njihovo lakše spajanje u jednoj točki. Kroz izbušenu vertikalnu i horizontalnu bušotinu dužine 18 m provlači se dijamantna žica i ispili prvi vertikalni rez A₁ površine 18x9 m= 162 m². Slijedeća faza rada je bušenje tri horizontalne bušotine (b₁, b₂, b₃) promjera 90 mm, na međusobnoj udaljenosti od 3 m dubine po 12 m, tako da prodru do horizontalne bušotine B₃. Njima su ograničene horizontalne površine za tri bloka. Okomito na njih buše se kroz vertikalni rez tri vertikalne bušotine (b₄, b₅, b₆) promjera 150 mm dužine po 9 m, na međusobnom razmaku od po 3 m, do bušotine B₃, gdje se sijeku s horizontalnim bušotinama b₁, b₂ i b₃. Bušenje ovih bušotina neophodno je zbog proširivanja reza, tj. omogućavanja provlačenja žice na tim mjestima. Horizontalni rez s dijamantnom žičnom pilom s osnovnog radnog platoa, zahvaća odjednom sva

tri bloka i ima površinu $A_2 = (12 \times 3 \text{ m}) \times 3 = 108 \text{ m}^2$. Provlačenjem dijamantne žice kroz vertikalnu b_4 i horizontalnu bušotinu b_1 , ispili se drugi vertikalni rez A_3 površine $12 \times 9 \text{ m} = 108 \text{ m}^2$, tj. odvoji se od banka prvi blok. Pomoću čeličnih (vodenih) jastuka, gumenih zračnih jastuka, hidrauličnih potiskivača (cilindra), utovarača ili bagera obara se ispiljeni blok na prethodno pripremljenu posteljicu na platou etaže u podnožju prednje strane bloka. Iz oborenog se bloka obrađuju i oblikuju komercijalni blokovi.

Komercijalne blokove treba nastojati dobivati pomoću malih dijamantnih žičnih pila zbog boljeg iskorištenja stijenske mase. Pri izradi posteljice za ovaj slučaj oblikovanja blokova, paziti da se posteljica postavi tako da se omogući provlačenje dijamantne žice ispod bloka.

Istovremeno, po završetku drugog vertikalnog reza, započinje se piljenje slijedećeg drugog bloka (istih dimenzija $12 \times 9 \times 3 = 324 \text{ m}^3$) provlačenjem dijamantne žice kroz vertikalnu b_5 i horizontalnu bušotinu b_2 , te piljenjem identičnog vertikalnog reza kao pri piljenju I. bloka površine reza 108 m^2 . Isti postupak se ponavlja pri dobivanju slijedećeg III. bloka. Cijeli prethodno opisani postupak ponavlja se pri dobivanju i preostala tri bloka u banku.

Dosadašnjim radom dokazano je, da se prilično veliki horizontalni rez za tri bloka ispili odjednom bez valovitosti i neravnina ukoliko se tračnice dijamantne žične pile postavljaju na plato kamenoloma, tako da nailazeća grana žice pri piljenju zatvara kut od oko 170° s čelnom stranom bloka. Takvim postavljanjem pile postiže se maksimalna dužina žice u rezu. Prema površini reza formira se dužina dijamantne žice od sekcija 8 m, kolika je i dužina jednog kraćenja, jer se uzima dužina radnog dijela tračnica od oko 4 m.

Zbog nemalih teškoća pri obaranju i raspilavanju debelih blokova od 324 m^3 modificirana je prikazana metoda dobivanja blokova u kamenolomu Sivac. Taj posebni način eksploatacije debelih (3 m), visokih (9 m) blokova, koji se uspješno primjenjuje u brdskom kamenolomu Sivac prikazan je na slici 11.8. Dimenzije banka, kao i bloka, te način i redoslijed piljenja identičan je već opisanoj eksploataciji blokova ovih dimenzija. Razlika je u tome što se cijeli blok odvojen iz masiva ne obara na etažu, već se samo djelomično odmakne od masiva. Tako ispiljeni i nagnuti blok se raspili u četiri prizme dimenzija $9 \times 3 \times 3 \text{ m} = 81 \text{ m}^3$. Sada se samo jedna prizma (četvrti dio bloka) volumena 81 m^3 obori na osnovni radni plato (slika 11.9. i 11.10.) Smanjenjem mase bloka za četiri puta, znatno je olakšano njegovo obaranje, jer se blok obara u dijelovima iz 4 puta. Dalje se taj oboreni dio (blok dimenzija $9 \times 3 \times 3 \text{ m}$) pili vertikalnim rezovima (po slojevitosti) na blokove debljine 1.5 m, tj. raspili se na 6 manjih blokova dimenzija $3 \times 3 \times 1.5 \text{ m}$. Ispiljeni blok dimenzija $3 \times 3 \times 1.5 \text{ m}$ se prevrne na stranicu $3 \times 3 \text{ m}$. Tako prevrnuti blok se raspili po pola vertikalnim rezom, tako da se iz njega konačno dobiju dva komercijalna bloka svaki dimenzija $3 \times 1.5 \times 1.5 \text{ m} = 6.75 \text{ m}^3$. Ovakav način rada omogućen je zbog primjene malih laganih dijamantnih pila (slika 11.11.) kojima su i optimalne površine piljenja malene. Te površine pri raspilavanju bloka na 4 prizme iznose po 27 m^2 , pri piljenju prizme na 6 manjih blokova po 9 m^2 i 4.5 m^2 pri završnom piljenju blokova na konačne dimenzije.

Na slici 11.12 tlorisno je prikazan način eksploatacije koji odgovara prikazanom temeljnom načinu na kamenolomu Sivac, ali pri vađenju blokova volumena od oko 104 m^3 . Visina etaže je u ovom slučaju 6 m, dužina bloka 12 m, a širina 1.45 m. Na slici je prikazan najpovoljniji redoslijed piljenja poslije nego su na identičan način, kao u prethodnom slučaju izbušene pripremne bušotine. S čela (A) ispili se vertikalni rez (I.) dimenzija 78.3 m^2 . Zatim se ispili horizontalni rez (II.)

ispod tri bloka ukupne površine 52.2 m^2 . Za to je dijamantna žična pila s čela (A) premještena u horizontalni položaj na čelo (B), okomito na stranice primarnih blokova. Pri tom se pila u odnosu na dužinu čela (B) postavlja bočno, tako da centar pogonskog kotača bude u pravcu završetka prvog primarnog bloka. Dijamantnu žičnu pilu treba postaviti tako, da se nakon dovršetka horizontalnog reza može započeti piljenje vertikalnog reza (III.) površine 72 m^2 , zakretanjem pogonskog kotača u vertikalni položaj, bez pomicanja i premještanja stroja. Na taj se način uštedi na vremenu pripreme, jer ne treba angažirati tešku mehanizaciju. Pila bez premještanja uz horizontalni ispili i jedan vertikalni rez. Završetkom piljenja vertikalnog reza (III.) dobio se prvi primarni blok dimenzija $12 \times 6 \times 1.45 \text{ m}$, kojeg treba oboriti na stranicu $12 \times 6 \text{ m}$, na u međuvremenu pripremljenu posteljicu čela (A). Nakon obaranja ovaj se blok oblikuje na komercijalne blokove. Po završetku vertikalnog reza (III.) slijedi piljenje drugog vertikalnog reza (IV.) paralelnog s prethodnim. Za taj se rez dijamantna žična pila mora premjestiti za širinu bloka. Ista radna operacija slijedi pri izradi slijedećeg vertikalnog reza (V.). Nakon toga se pogonski kotač dijamantne žične pile zakreće u horizontalni položaj i započinje piljenje horizontalnog reza za slijedeća tri bloka, pa na isti način vertikalnih rezova tih blokova. Cijeli se postupak ponovi još jedamput, čime je izvađeno devet blokova po 104 m^3 iz banka ukupnog volumena oko 940 m^3 .

11.1.2. Dobivanje blokova lančanom sjekačicom

U koliko se kameni blokovi dobivaju isključivom primjenom lančane sjekačice, dimenzije etaža su uvjetovane dužinom reza, koji se može dobiti lančanom sjekačicom. Dobivanje sjekačicom je primjenjivo u kompaktnim cjelovitim ležištima s blagim zalijeganjem sloja. Pri tom se svi rezovi pile lančanom sjekačicom, tako da se ispili horizontalni pa zatim uzdužni i poprečni rezovi većih dužina (slika 11.13.).

Priroda kamenoloma diktira razmak između rezova i pri njihovom određivanju treba voditi računa o prirodnim pukotinama, a iste koristiti tako da se dobiju maksimalne dimenzije blokova. Kod toga treba nastojati dobiti pravilnu međuovisnost dužine bloka ili širine i debljine bloka. Tako ako je dubina uzdužnog reza $280\text{--}300 \text{ cm}$, međurazmak od reza do reza treba biti $580\text{--}870 \text{ cm}$ (znači $2 \times 290 \text{ cm}$ ili $3 \times 290 \text{ cm}$). Na slici 11.14. prikazan je način razrade kamenoloma pri isključivom korištenju lančane sjekačice. Zbog dobrog iskorištenja stroja rezovi moraju imati što veću dužinu, pa se i dužine etaža trebaju kretati do oko 80 m .

Veću primjenu sjekačica ima pri dubinskoj eksploataciji, poglavito pri otvaranju usjeka u dubinskom dijelu kamenoloma. Na slici 11.15. prikazan je redosljed rada lančane sjekačice u tako skučenom prostoru kod piljenja vertikalnog reza. Nakon ukopavanja ruke u rez, pila se ne pomiče do kraja, nego se pred kraj reza stroj zaustavi (3) zaokrene se ruka u smjeru kazaljke na satu i okrene lanac (4) zbog promjene smjera piljenja, te rez završi piljenjem iz suprotnog smjera (5).

Nakon otvaranja usjeka u dubinskom kamenolomu, blokovi se mogu eksploatirati isključivim korištenjem lančane sjekačice.

Na slici 11.16. prikazan je način primjene lančane sjekačice pri dobivanju blokova u dubinskom kamenolomu. U prvoj fazi ispili se oko otvorenog usjeka uzdužni rezovi na međusobnoj udaljenosti obično 1.5 m i poprečno na njih rezovi na razmaku 2.0 m . Dubina piljenja iznosi oko 2.5 m (ovisno o dužini ruke). U drugoj fazi lančana sjekačica se spusti u usjek i iz njega pili horizontalne rezove na polovici visine, tako da se time izdvajaju komercijalni blokovi dimenzija $2.0 \times 1.5 \times 1.25 \text{ m}$.

Proširenjem dubinskog dijela za veličinu komercijalnih blokova stvara se prostor za dalje spuštanje, tj. otvaranje (produbljivanje) novog usjeka.

Zbog ograničene veličine reza (dužine ruke) potrebna su kod isključivog korištenja sjekačice dugotrajna piljenja, pa se pokazao daleko učinkovitiji način eksploatacije kombinacijom piljenja lančanom sjekačicom i dijamantnom žičnom pilom.

11.1.3. Dobivanje blokova kombinacijom piljenja lančanom sjekačicom i dijamantnom žičnom pilom

Učinkovit način eksploatacije blokova kamena ostvaruje se kombiniranim korištenjem lančane sjekačice i dijamantne žične pile zbog mogućnosti kombiniranog korištenja prednosti jednog ili drugog stroja. Pri tom se u principu mogu primjenjivati dvije sheme rada (slika 11.17.) i to piljenje vertikalnih rezova lančanom sjekačicom, a horizontalnih dijamantnom žičnom pilom (a) i druga piljenje horizontalnih rezova lančanom sjekačicom a vertikalnih dijamantnom žičnom pilom (b). Kod prve se metode se najprije ispili vertikalni rezovi na razmacima kao i kod isključivog korištenja lančane sjekačice. Zatim se izbuše horizontalne bušotine najčešće (zbog male dužine bušotina) bušačim čekićem na vodicama, na takvim razmacima da se dobiju optimalne veličine reza za horizontalno piljenje dijamantnom žičnom pilom. Pri horizontalnom bušenju treba pripaziti da bušotina bude pristupna iz vertikalnog reza, jer se kroz njega provlači dijamantna žica.

Zbog niza prednosti i ostvarenih učinaka pri piljenju vertikalnih rezova prema horizontalnim, također i vertikalnog bušenja, a poglavito izbora visine etaže, pogodnija je druga metoda kombinirane primjene ovih strojeva kod kojih se horizontalni rezovi izrađuju pomoću lančane sjekačice. Na slici 11.18. prikazane su faze rada pri ovom načinu dobivanja blokova. U prvoj fazi se lančanom sjekačicom ispili horizontalni rez uzduž radnog čela etaže. Zatim se na predviđenoj udaljenosti izbuši vertikalna bušotina do spoja u rez (2). Poklapanje bušotine i reza ne predstavlja poteškoću zbog dužine i širine ispiljenog prostora. U sljedećoj fazi (3) ispili se jedan, a zatim (4) drugi vertikalni rez na uobičajeni način piljenja s dijamantnom žičnom pilom. Isto je prikazano i na slici 11.19. Isti je postupak prikazan i na slici 11.12. s tim da se u ovom slučaju bočni vertikalni rez pili dijamantnom žičnom pilom s osnovnog radnog platoa, a stražnji s gornje etaže dubinskim piljenjem. U ovom slučaju ovakav je način rada svrhovitiji, jer bi se dijamantna žična pila pri piljenju stražnjeg vertikalnog reza trebala postaviti u usjek.

U praksi je potrebno ovaj principijelni način rad prilagoditi svrhovitom iskorištenju strojeva, tj. odabrati veličine piljenja njihovim mogućnostima. Tako ako bi se npr. prikazana temeljna metoda eksploatacije u kamenolomu Sivac (slika 11.7.) željela prilagoditi za primjenu lančane sjekačice i dijamantne žične pile dobila bi se situacija prikazana na slici 11.21. gdje bi se horizontalni rezovi izrađivali lančanom sjekačicom, a vertikalni dijamantnom žičnom pilom.

Ovdje bi pripremni radovi obuhvatili bušenje vertikalne bušotine B_1 promjera 150 mm, dubine 9 m na udaljenosti 12 m od boka etaže i 18 m od čela etaže. Zatim bi se izbušila, u ovom slučaju samo jedna horizontalna bušotina B_2 dužine 18 m, do sjecišta s bušotinom B_1 . Kroz te bušotine provukla bi se dijamantna žična pila i ispilio vertikalni rez površine $18 \times 9 \text{ m} = 162 \text{ m}^2$. Istovremeno s početkom pripremnih radova, pilio bi se lančanom sjekačicom horizontalni rez dubine 3 m duž čela etaže. Rez se ne bi zaustavio na udaljenosti 12 m, već bi se pilio po cijeloj dužini etaže, čime bi bila ispiljena horizontalna površina prvih blokova u sljedećim bancima.

Okomito na horizontalnu bušotinu bušile bi se vertikalne bušotine b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 i b_6 , na razmaku od po 3 m, dubine 9 m. Provlačenjem dijamantne žice kroz vertikalnu bušotinu (b_1) i ispiljeni horizontalni rez, obuhvatila bi se stražnja strana prvog bloka i ispilio taj vertikalni rez površine $12 \times 9 \text{ m} = 108 \text{ m}^2$, čime bi se od banka odvojila prvi blok. Dalji postupak prevrtanja i oblikovanja blokova ostao bi isti kao i po metodi kod koje se koristi samo dijamantna žična pila. Napredovanje eksploatacije (vađenje drugih blokova) može biti uzdužno na slijedećim bancima ili po dubini u istom banku, ovisno o usklađenosti pripremnih radova, horizontalnog i vertikalnog piljenja, a sve u uskoj vezi s razvijenosti, tj. dužini etaže i vremenskom iskorištenju strojeva. Prikazani način rada, tj. eksploatacija blokova ovih dimenzija po ovoj metodi može se primjeniti ukoliko je dužina ruke lančane sjekačice tolika da može piliti rez efektivne dužine od 3 m.

Na slici 11.22. prikazan je modificirani način (koji će se primjeniti ovisno o pružanju slojeva) dobivanja blokova horizontalnog piljenja lančanom sjekačicom, a vertikalnog dijamantnom žičnom pilom. Za razliku od prethodno opisane metode, ovdje se blokovi obaraju okomito na horizontalni rez, dok su se prethodno obarali paralelno na taj rez. Po tome je ovaj način eksploatacije pogodan za dobivanje visokih debelih (kvadratičnih) prizmi. Prikazan je rad na dva otvorena čela širokog usjeka. Pri svim ovim metodama moguće je, kao i u ovom slučaju, istovremeno korištenje više strojeva u koliko to dinamika radova zahtijeva.

U dubinskom kamenolomu nakon izrade početnog usjeka za njegovo proširivanje koristi se dijamantna žična pila za piljenje horizontalnih rezova, a lančana sjekačica za piljenje vertikalnih rezova. Na slici 11.23 prikazan je ovakav način rada na drugoj etaži dubinskog kamenoloma, a također i način rada kad se sjekačica koristi za piljenje horizontalnih rezova. Kada se prvom etažom dubinskog kamenoloma oslobodi toliki prostor, da u njemu dijamantna žična pila može piliti horizontalne površine svrhovita je njena primjena, jer se takvim rezom istovremeno zahvaća površina od više blokova. Početni usjek se proširuje vađenjem blokova dobivenih piljenjem vertikalnih rezova lančanom sjekačicom, a horizontalnih dijamantnom žičnom pilom. Blokovi se podižu vodenim jastukom. U koliko se blok ne može podići izbuši se horizontalna bušotina do vertikalnog reza ispiljenog lančanom sjekačicom, pa kroz tu bušotinu dijamantnom žičnom pilom treba ispiliti dodatni vertikalni rez čime se blok svede na komercijalne dimenzije. Proširenjem usjeka s dubinom komercijalnih blokova stvoren je prostor za dalje spuštanje po dubini u novi usjek, a njegovim otvaranjem dobiva se dvostruka visina etaže. Produbljivanjem usjeka omogućava se povećanje visine bloka, pa se visina narednih blokova kreće od 2–6 m. Bočne strane tog novog usjeka potrebno je pravovremeno ispiliti, kako bi se eksploatacija u usjeku nastavila na način da se sada horizontalni rez pili lančanom sjekačicom, a vertikalni dijamantnom žičnom pilom. Ispiljeni blok se vodenim ili zračnim jastukom otvori (odmakne) za 30–40 cm, uz prethodno postavljanje podmetača u horizontalni rez (koji je ispiljen lančanom sjekačicom), da se naginjanjem bloka ne bi zatvorio taj rez. Umetanjem podmetača u horizontalni rez i odmicanjem bloka od ruba etaže osigurano je slobodno provlačenje dijamantne žice i dalje njegovo raspilavanje. Veličina ulaza usjeka kreće se od 10.0–10.5 m, tako da se blok pili vertikalno s tri reza na razmaku 2.5–3 m, što je ujedno i dužina komercijalnog bloka. Tako izdvojeni blok se nakon prevrtanja pili s dva ili tri reza na širinu 1–2 m, ovisno o njegovoj kvaliteti.

11.2. PODZEMNO OTKOPAVANJE

Pri podzemnoj eksploataciji mramora te po fizičkim i mehaničkim svojstvima srodnih stijena, najrasprostranjeniji je galerijski način otkopavanja (komorno-stupna metoda - room and pillar). Izradom prostranih galerija (prostorija), s ostavljanjem ili gradnjom potpornih stupova, osigurava se velika proizvodnja, uz bezopasno i učinkovito iskorištenje ležišta. Kad se osigura prednja slobodna površina, izrađuje se početna ulazna galerija takvih dimenzija da se u njoj mogu nesmetano kretati radni strojevi i utovarno-transportna sredstva. Nakon otvaranja ulazne galerije, odnosno kad se osiguraju dvije slobodne plohe na eksploatacijskom banku, daljnji se rad na dobivanju gotovo ne razlikuje od površinske eksploatacije. Ipak, drugačija je organizacija rada, jer se ona s površinskog ne može u cijelosti prenijeti na podzemni kamenolom. Budući da se u podzemlju rabe ista utovarnotransportna sredstva kao i na površini, potrbno je često, zbog dizelskog pogona, zračiti podzemne prostore. Ranije su se ulazne galerije iskapale u jalovim naslagama ili dijelovima ležišta koji su ispresijecani pukotinama, odnosno tamo gdje je kvaliteta korisne stijene slabija, jer su otkopni gubici pri tim radovima bili veliki, pa se nastojalo što manje oštetiti zdravu stijenu. Željelo se naravno, i iz tih raspucalih dijelova ležišta dobiti što više blokova pogodnih za industrijsku preradu. Razvojem strojeva, tj. primjenom dijamantne žične pile i lančane sjekačice, omogućena je izrada ulazne galerije piljenjem i vađenjem prvih "ključnih" gotovih komercijalnih blokova optimalnih dimenzija pogodnih za industrijsku preradu, tako da se sada otvaranje izvodi izravno u masi zdrave korisne stijene. Time su ti pripremni radovi postali eksploatacijski, jer su otkopni gubici izjednačeni s gubicima pri redovnoj eksploataciji.

Kada se razviju veći prostori započinjamo, ovisno o debljini korisne supstance, spuštanje gornje etaže i otkopavanje donjih dijelova ležišta.

11.2.1. Spuštanje u niže etaže

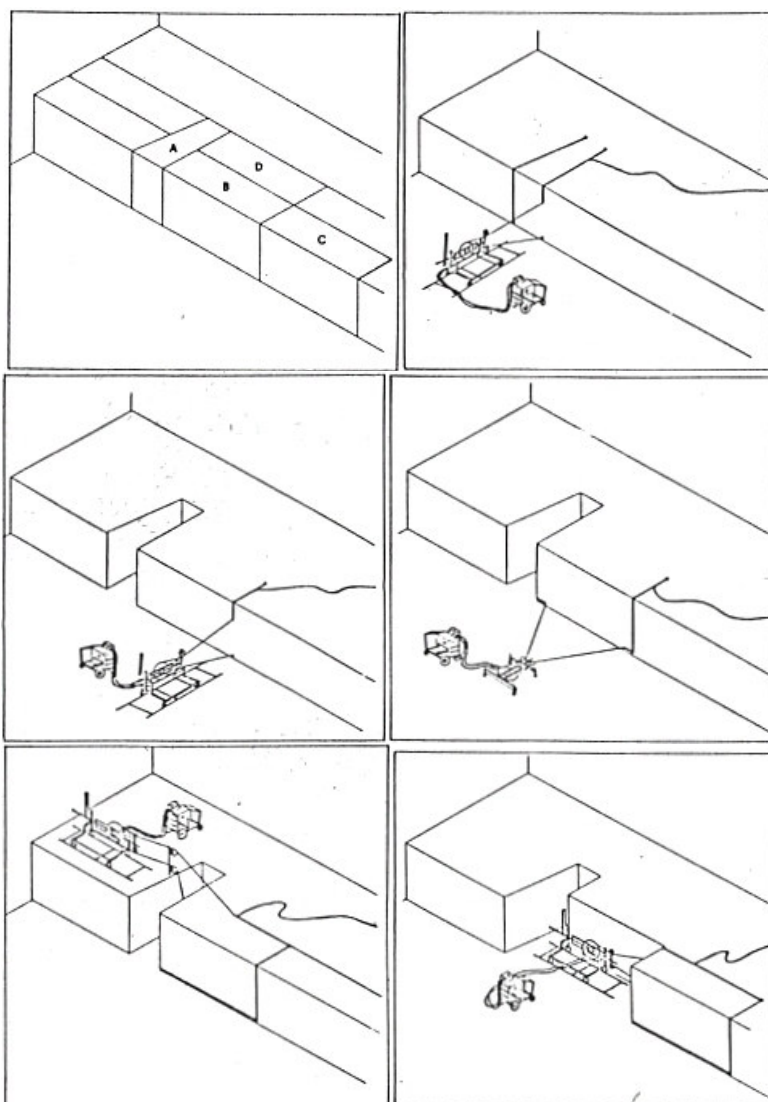
Otvaranje donje etaže radi se isto kao i na površinskom dubinskom kamenolomu i to na tri načina:

- isključivo dijamantnom žičnom pilom uz pomoć bušilica i bušačeg čekića,
- isključivo lančanom sjekačicom,
- kombinirano.

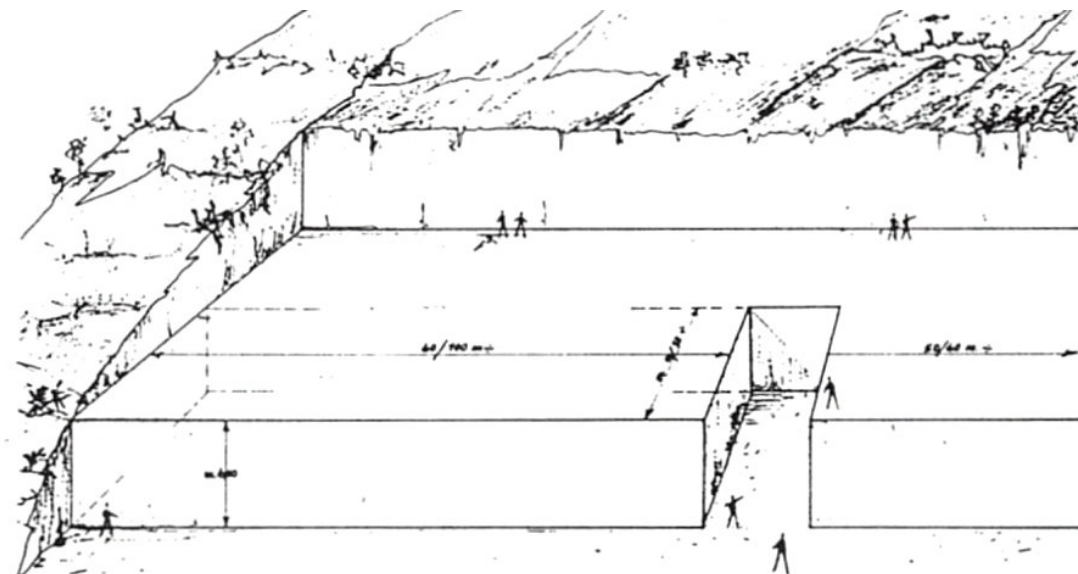
I ovdje se u praksi najviše koristi kombinirano otkopavanje pomoću lančane sjekačice i dijamantne žične pile, iako nije rijedak način koji koristi samo dijamantne žične pile. Kod horizontalno uslojenih ležišta otvaranje donje etaže se može potpuno izvesti pomoću lančane sjekačice. Pri tom treba poštivati mikrotektonsku situaciju, te voditi računa da se blokovi izrezuju između tektonskih defekata. Shematski prikaz eksploatacije isključivim korištenjem lančane sjekačice prikazan je shematski na slikama 11.24. i 11. 25. Nakon otvaranja usjeka sjekačica započinjamo rad s piljenjem horizontalnog reza u podnožju etaže. Horizontalni rez može biti samo jedan (po granici podine), a može ih biti i više, ukoliko je ležište višeslojno, a režu se svi slojevi.

Eksploatacija donje etaže može započeti tek kad su stupovi i komore gornje etaže potpuno definirani. Naime kad se otkopavanje spusti na osnovnu razinu, ne mogu se više proširivati niti komore a niti stupovi. Prilikom spuštanja veoma je bitno pratiti pukotinski sustav, i izbjegavati situacije da se pojedine pukotine "isklinjavaju" ili presijecaju s vertikalnim površinama reza. To može dovesti do poremećaja stabilnosti i do neželjenih posljedica. Stoga je potrebno voditi i stalno ažurirati kartu diskontinuiteta kamenoloma kako bi se neželjene situacije izbjegle.

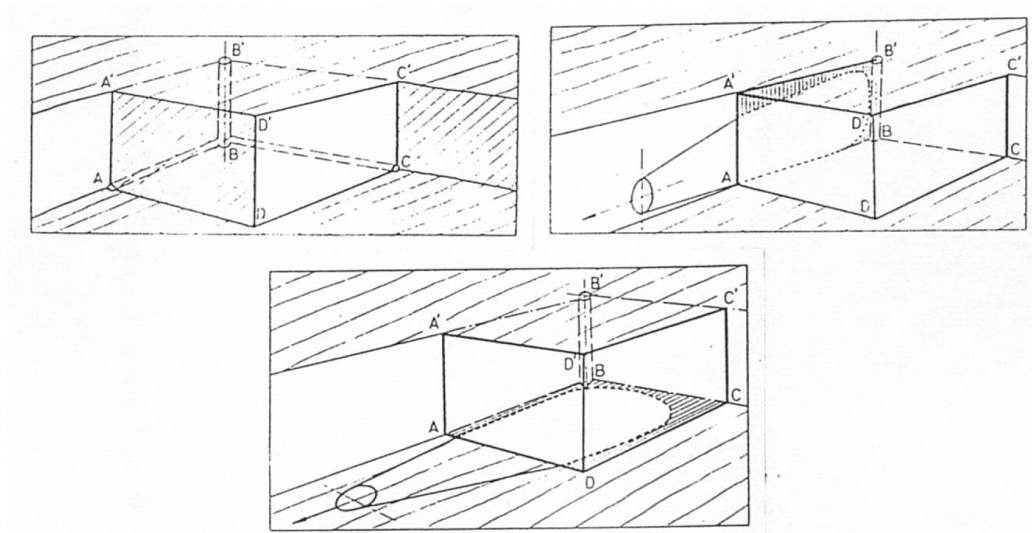
Shematski prikaz načina otvaranja donje etaže pomoću dijamantnih žičnih pila i lančane sjekačice prikazan je na slikama 11.25.i 11.26. Lančanom sjekačicom se ispili vertikalni uzdužni rez, u koji se potom uvlači dijamantna žica i dijamantnim žičnim pilama s pogonskim kotačem u vertikalnom položaju pile vertikalni bočni rezovi i neposredno potom okretanjem kotača u horizontalni položaj horizontalni rezovi. Nakon piljenja i lomljenja blokovi se izvlače utovaračem koji umjesto utovarne lopate ima na sebi viljuške s promjenjivim vilicama. Budući da su viljuške povezane s hidrauličnim upravljačkim sustavom, njihova zamjena s loppatom je veoma brza i jednostavna i ne zahtijeva izlazak vozača iz kabine.



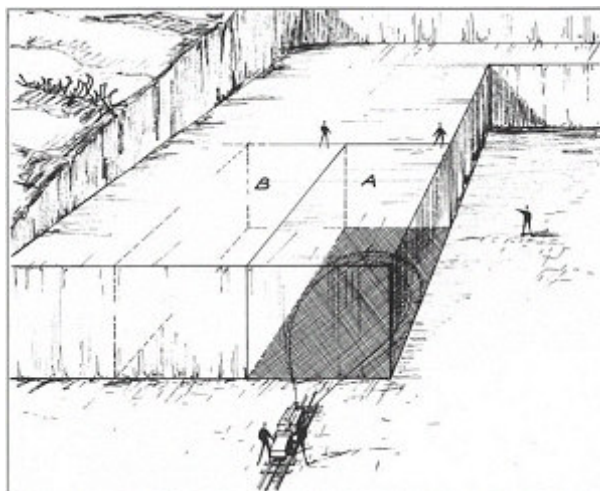
Slika 11.1. - Razrada etaže otvaranjem usjeka i eksploatacijom primarnih blokova



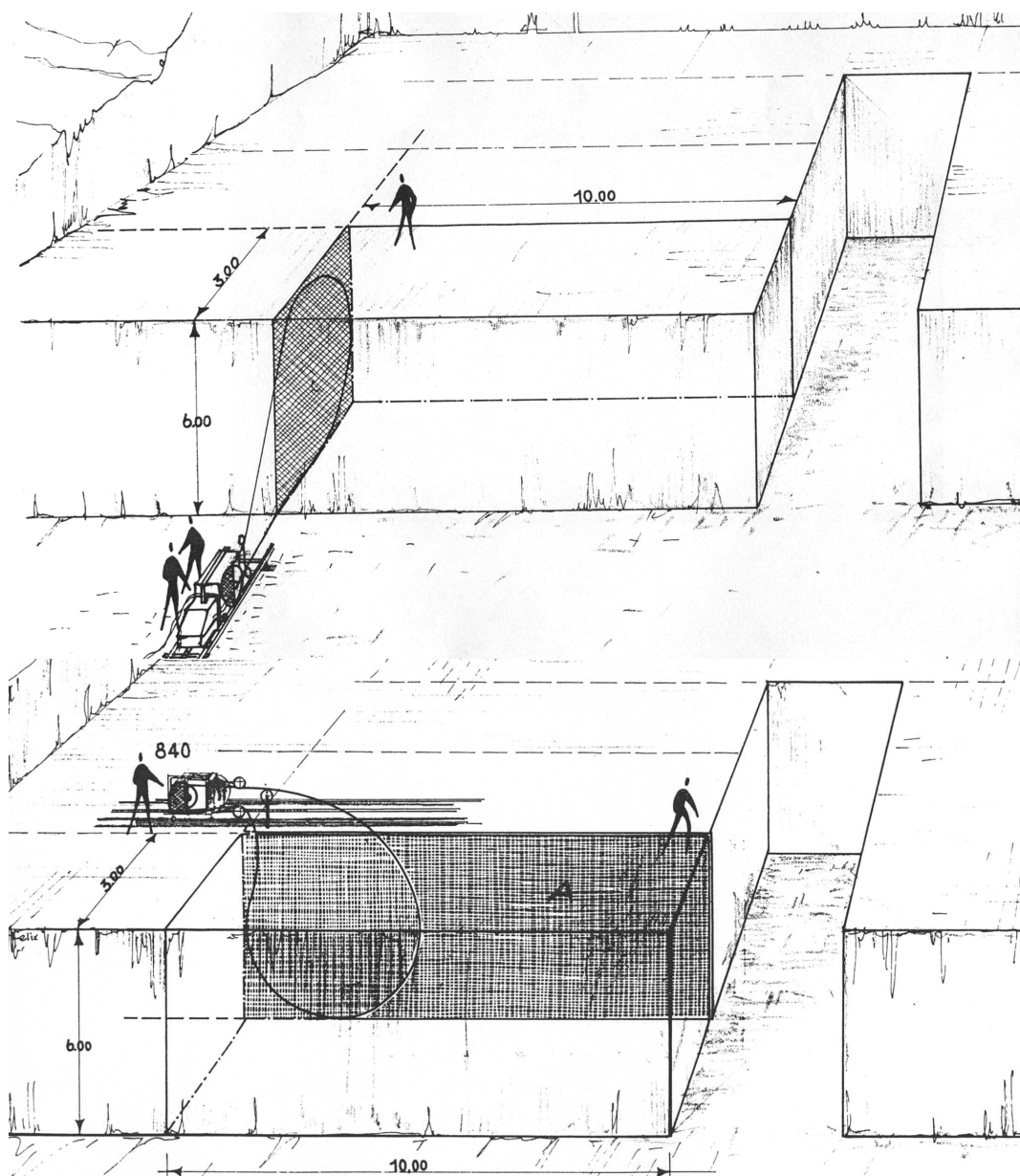
Slika 11.2. - Pripremljena etaža za eksploataciju primarnih blokova na površinskom brdskom kamenolomu



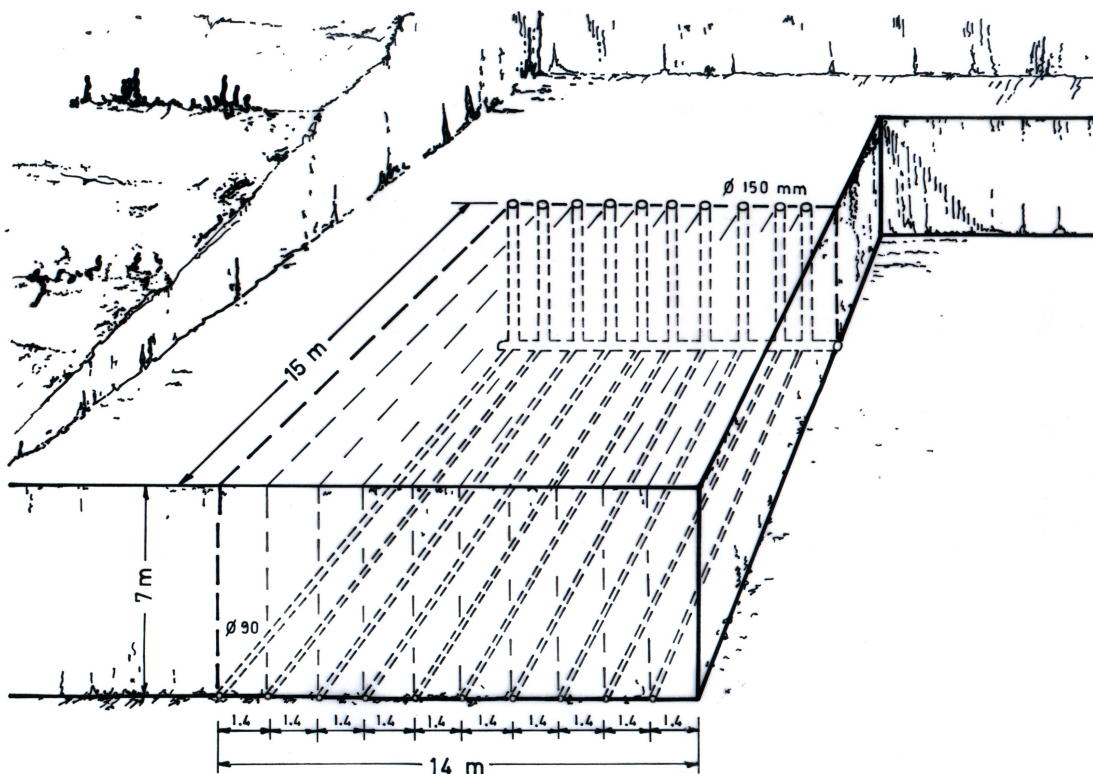
Slika 11.3. - Oslobođanje vertikalnih i horizontalnih površina piljenjem s dijamantnom žičnom pilom



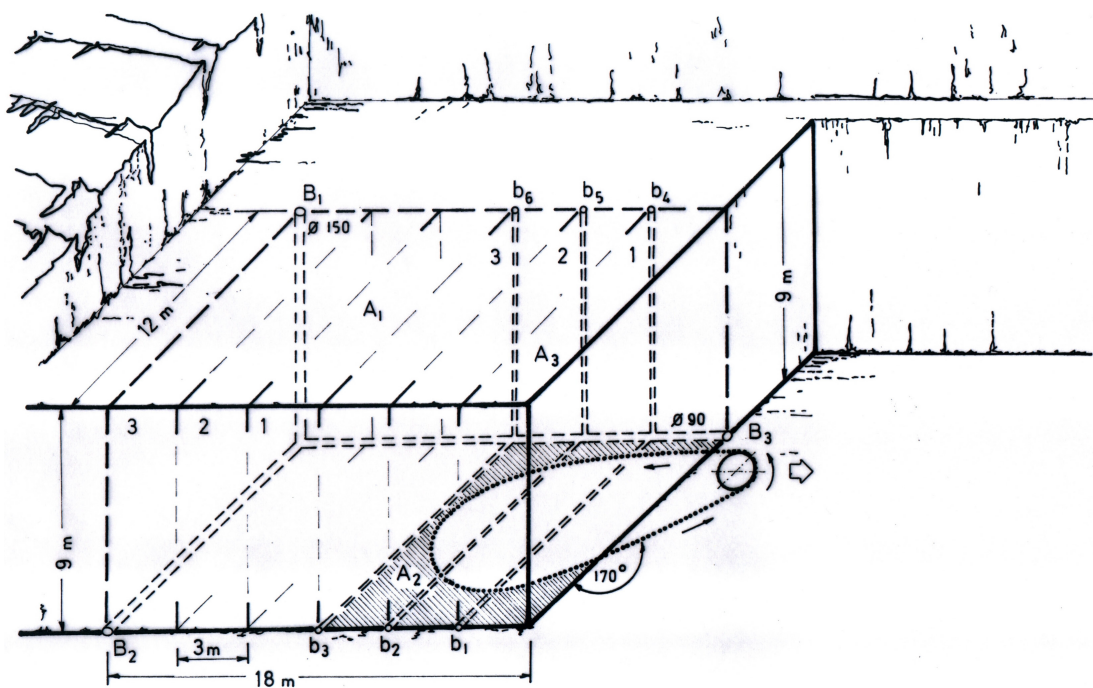
Slika 11.4. - Piljenje horizontalnog reza



Slika 11.5. - Različiti položaji dijamantne žične pile pri oslobađanju bloka iz masiva



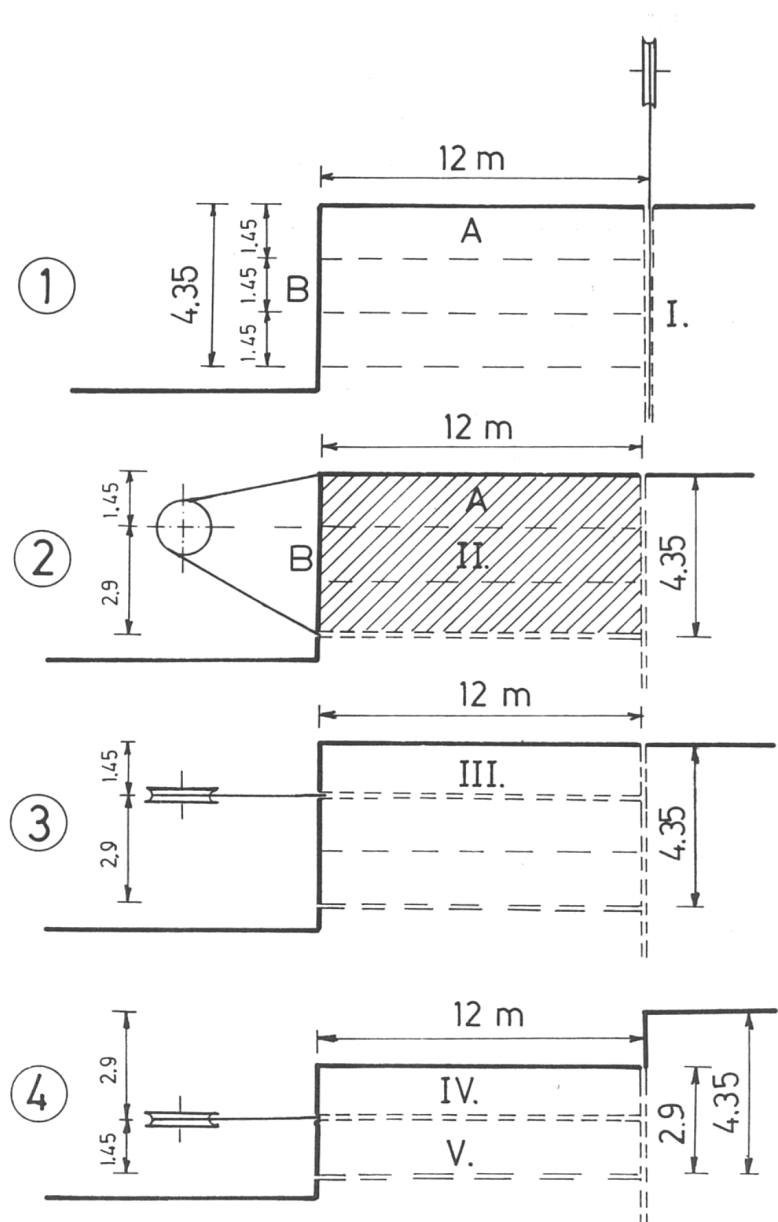
Slika 11.6. - Eksploatacija primarnih blokova dimenzija 15x7x1.4 m



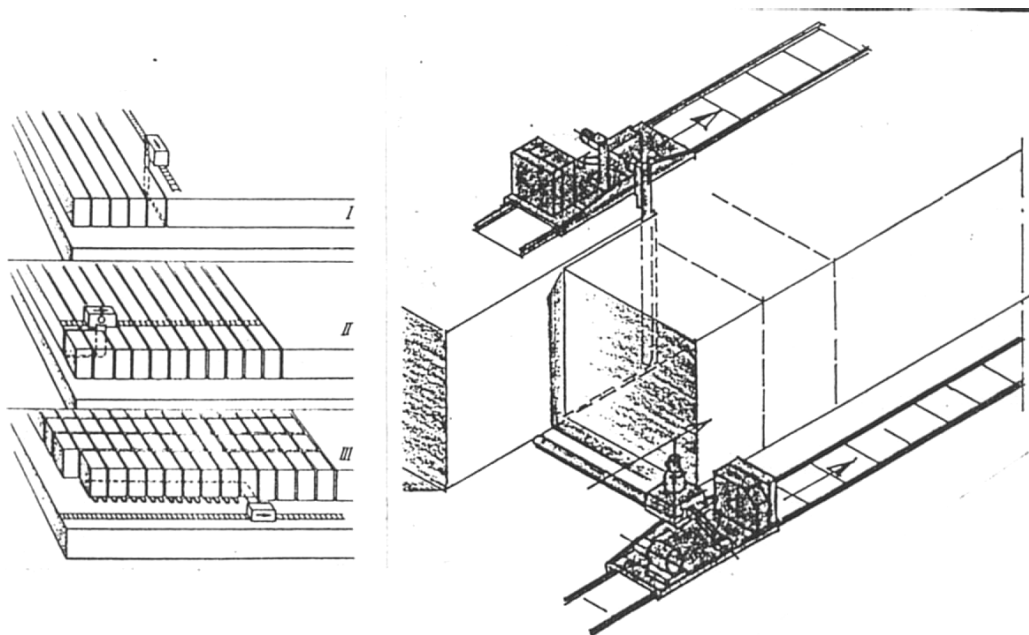
Slika 11.7. - Temeljna metoda eksploatacije primjenom dijamantne žične pile na kamenolomu Sivac jug



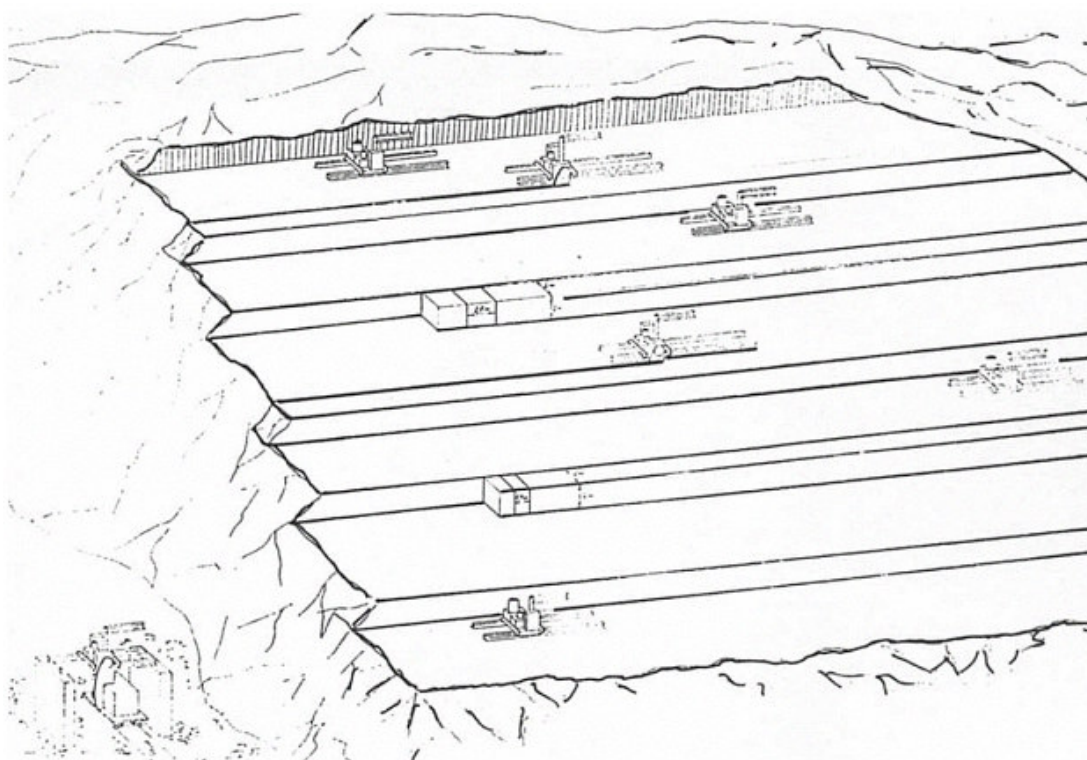
Slika 11.11. - Raspilavanje prizme u komercijalne blokove (film)



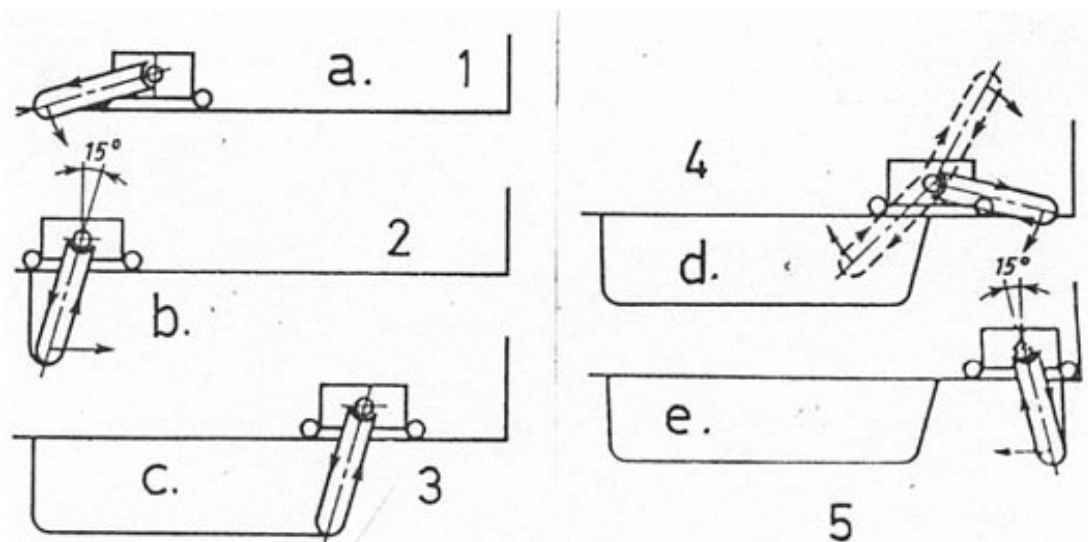
Slika 11.12. - Najpovoljniji redoslijed piljenja pri eksploataciji primarnih blokova dijamantnom žičnom pilom



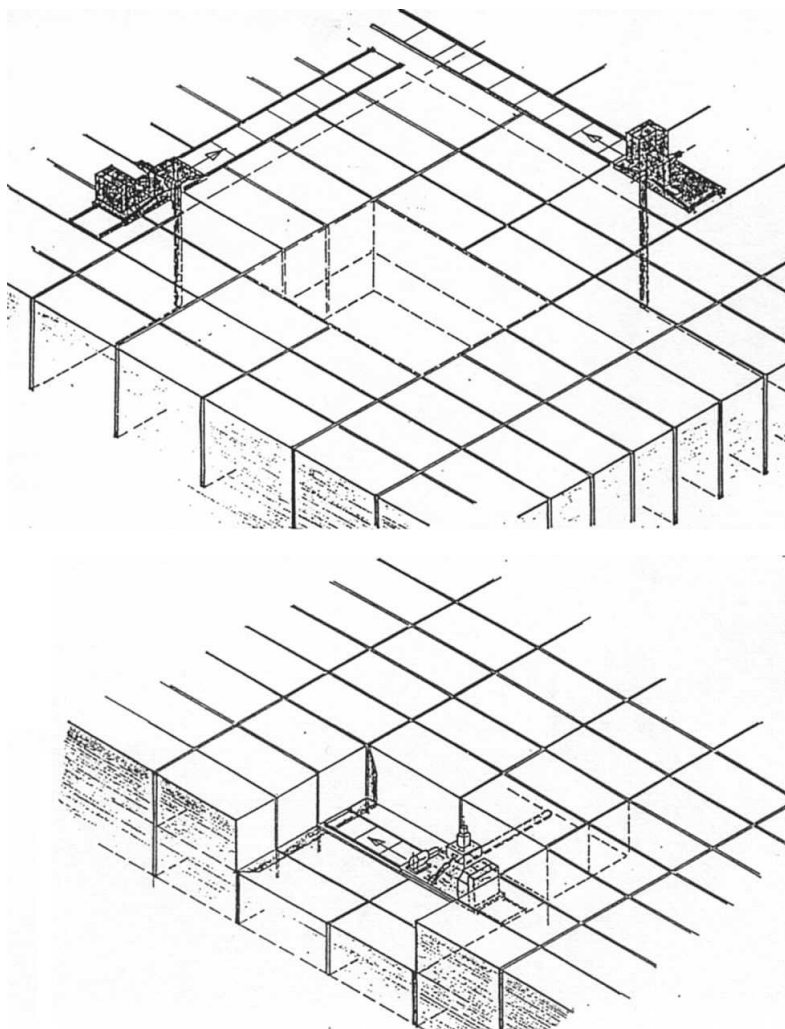
Slika 11.13. - Shema dobivanja blokova lančanom sjekačicom



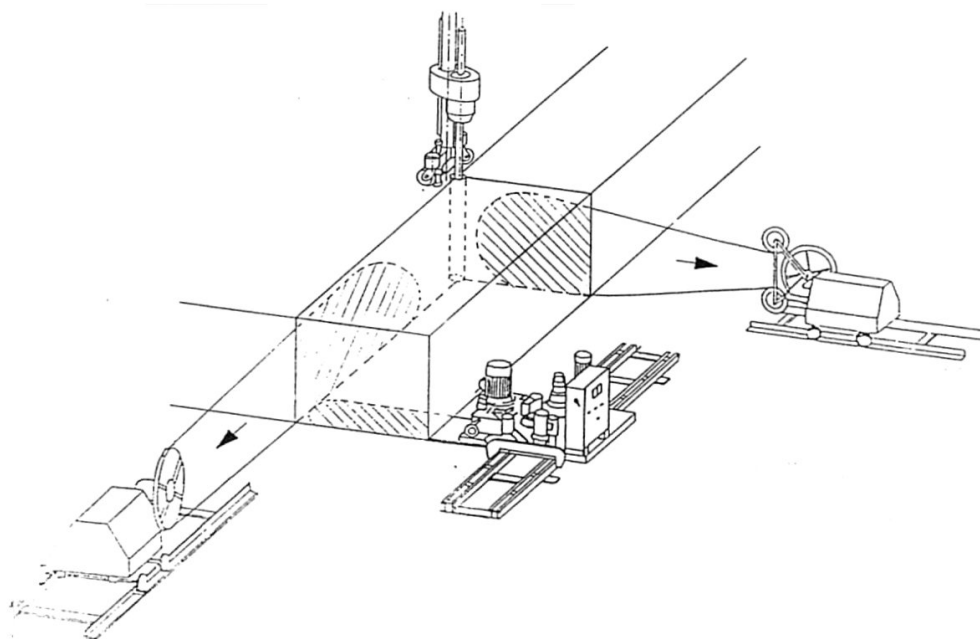
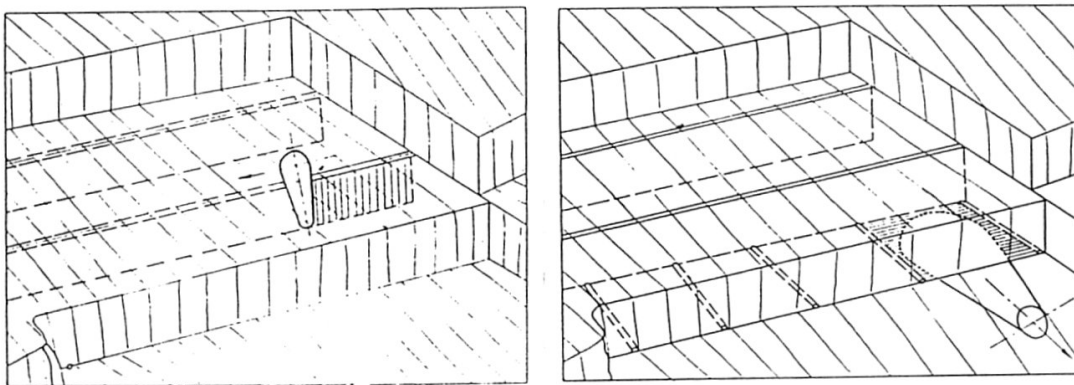
Slika 11.14. - Shema razrade kamenoloma pri eksploataciji lančanom sjekačicom



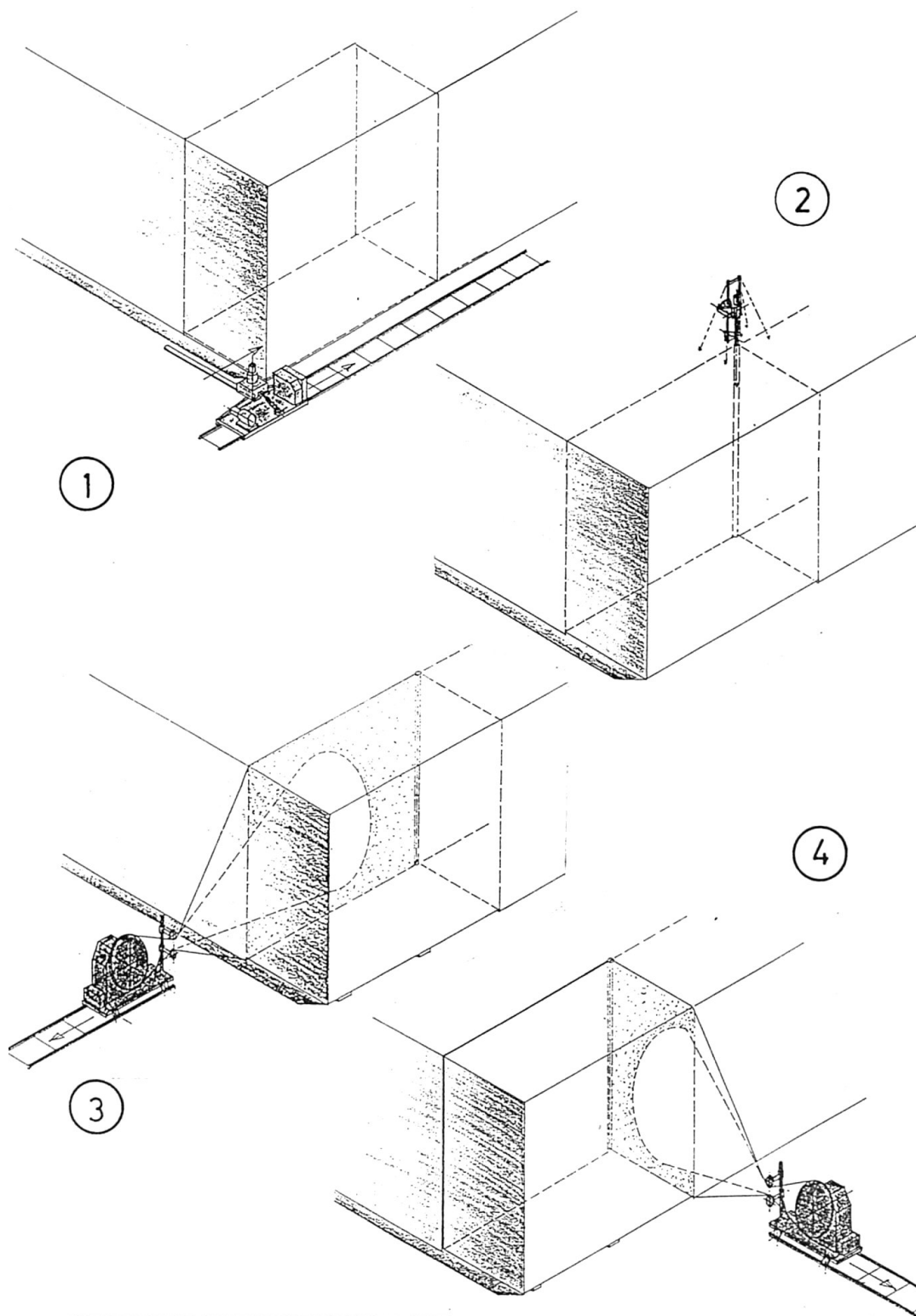
Slika 11.15. - Redoslijed radnih operacija pri piljenju vertikalnog reza



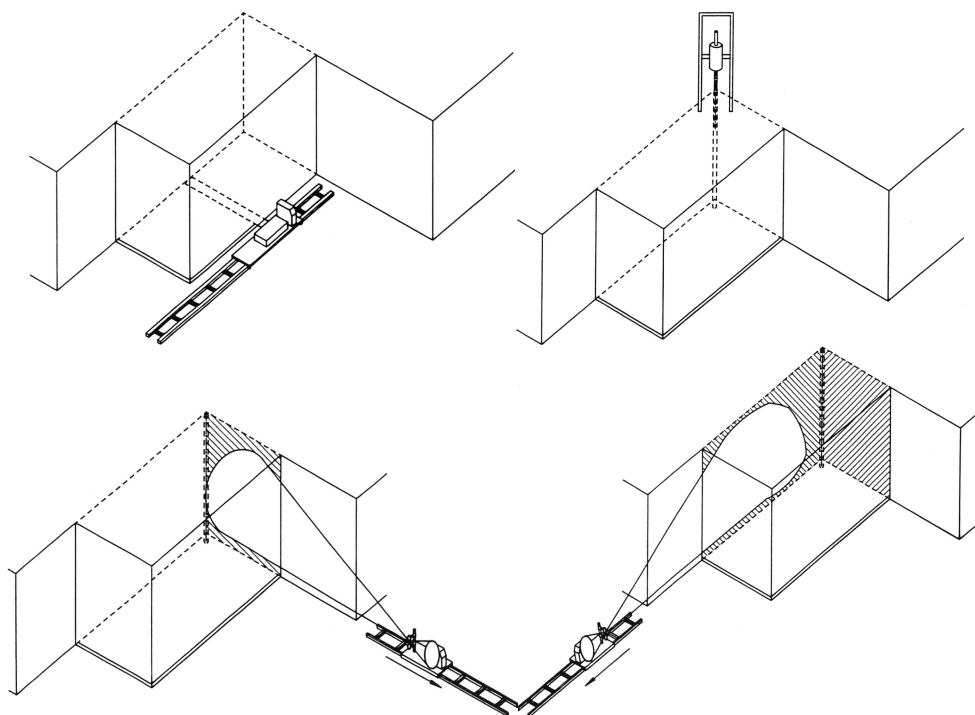
Slika 11.16. - Eksploatacija blokova lančanom sjekačicom u dubinskom kamenolomu



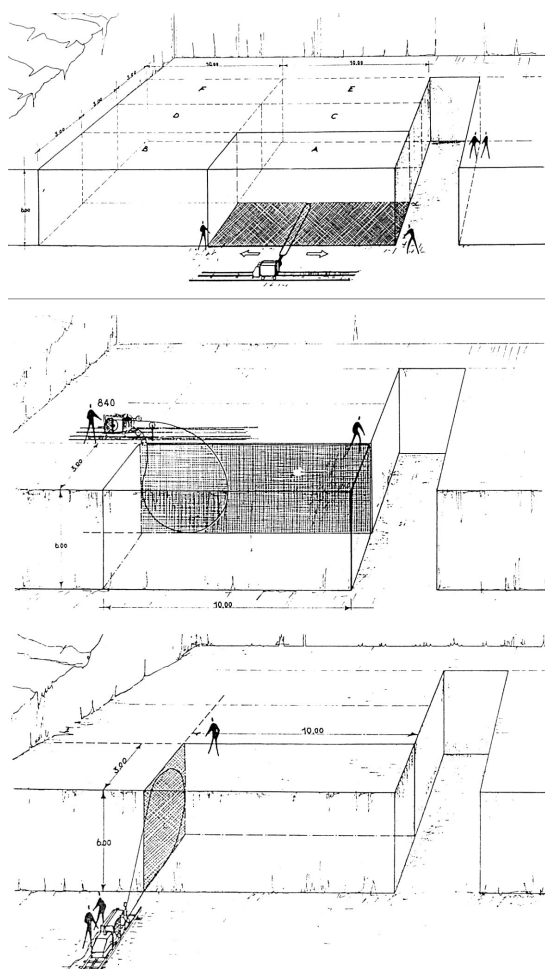
Slika 11.17. - Temeljne sheme kombinirane primjene lančane sjekačice i dijamantne žične pile



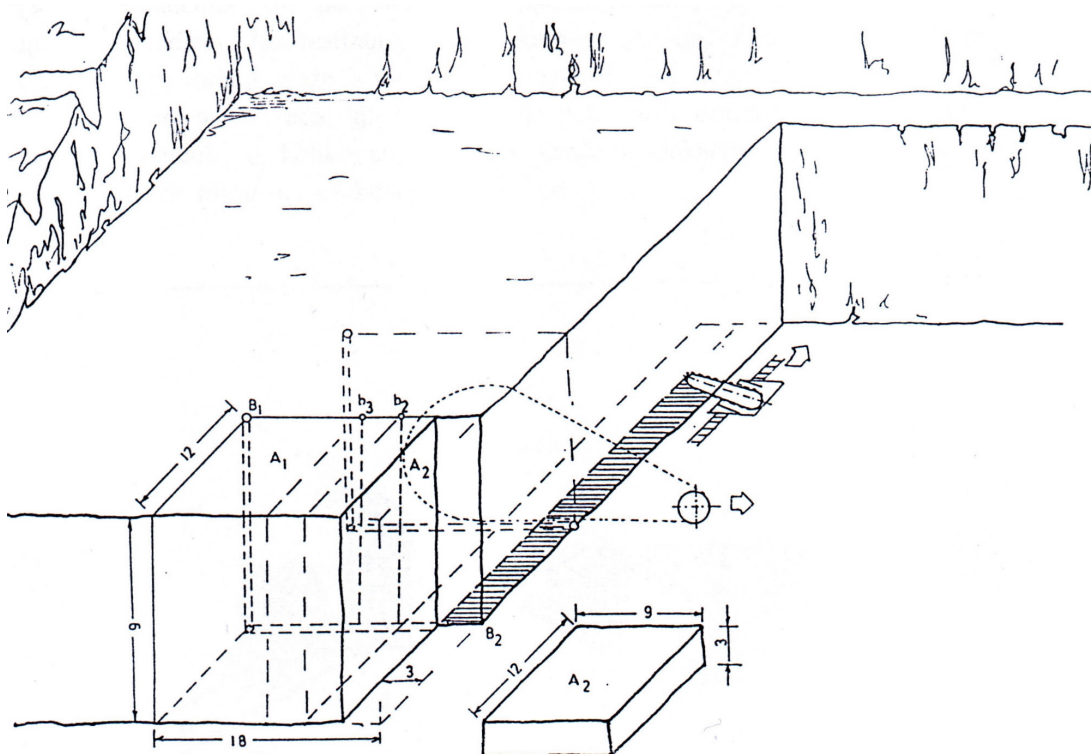
Slika 11.18. - Faze rada pri kombiniranoj primjeni lančane sjekačice i dijamantne žične pile



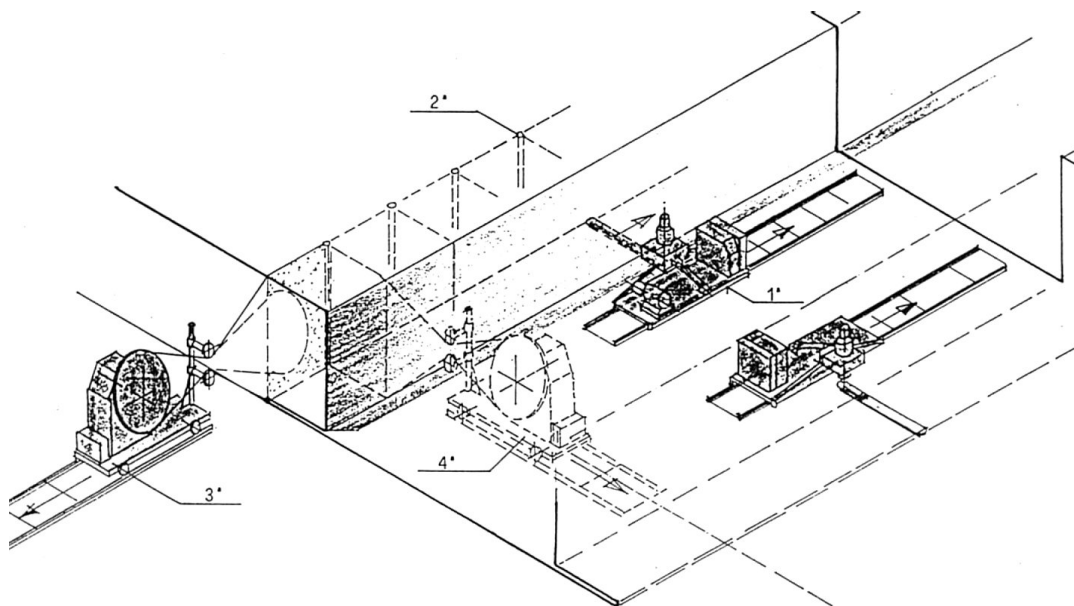
Slika 11. 19. - Redoslijed radnih operacija pri dobivanju blokova kombiniranom primjenom lančane sjekačice i dijamantne žične pile



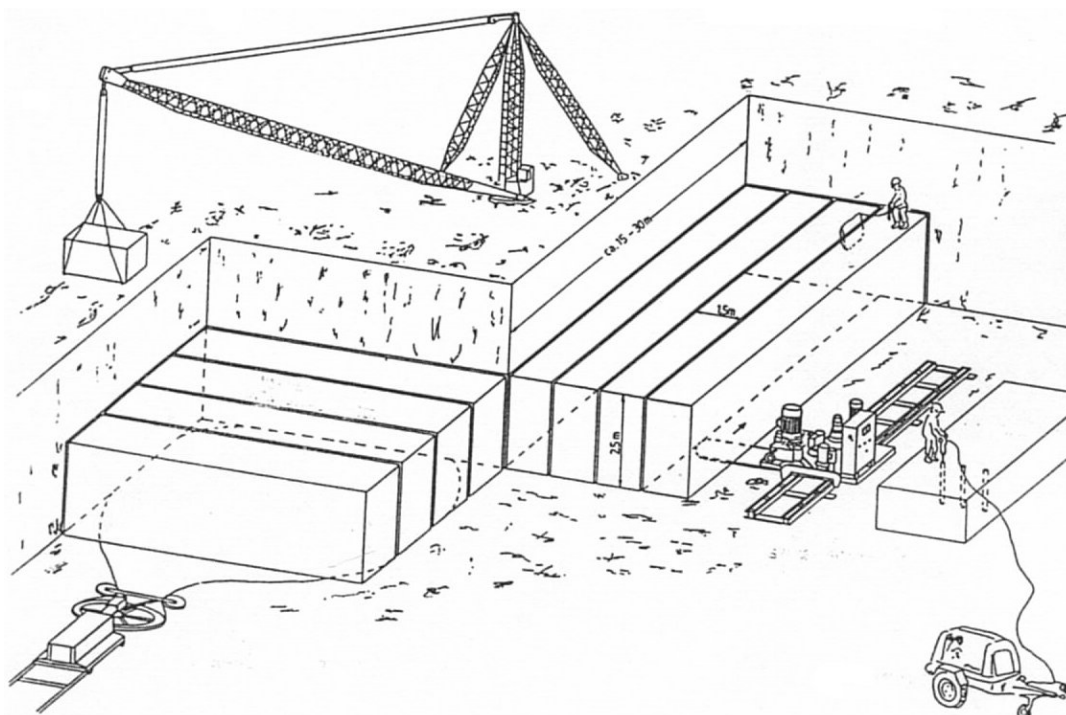
Slika 11.20. - Način rada pri početnom rastvaranju kamenoloma kod primjene lančane sjekačice i dijamantne žične pile



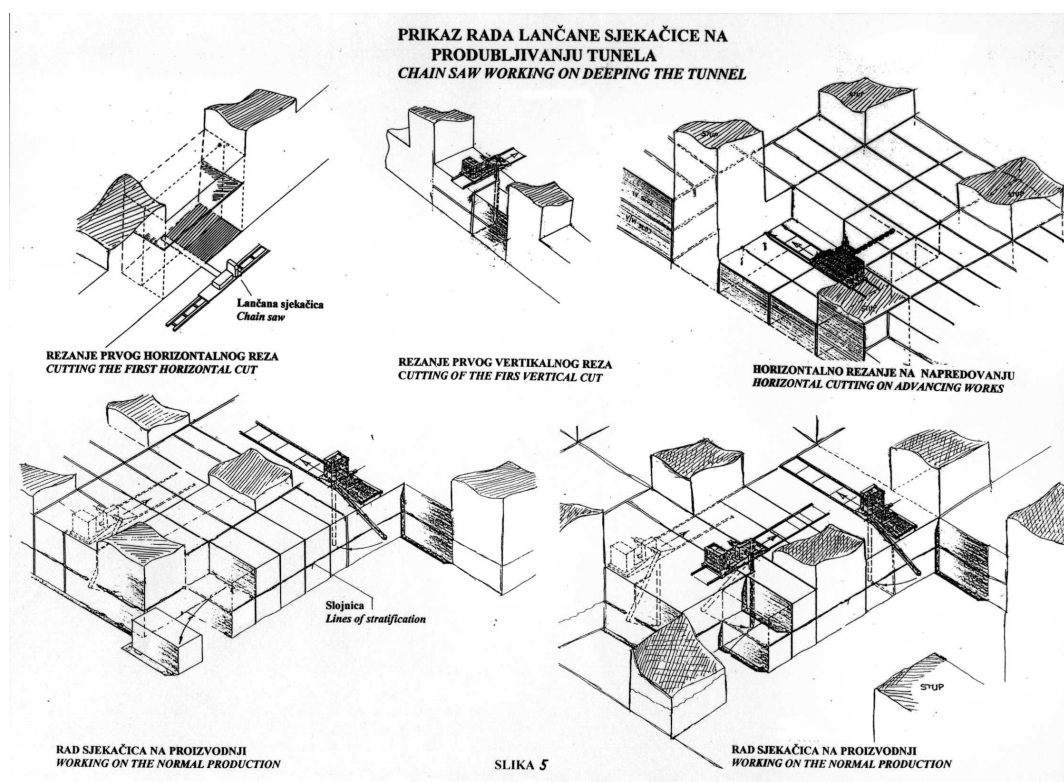
Slika 11.21. - Primjer prilagodbe temeljne metode eksploatacije na kamenolomu Sivac za primjenu dijamantne žične pile i lančane sjekačice



Slika 11.22. - Istovremeno piljenje lančanih sjekačica i dijamantnih žičnih pila u usjeku



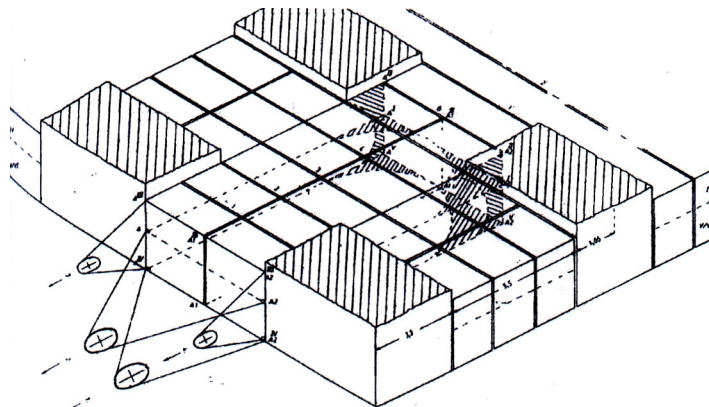
Slika 11.23. Razrada usjeka u dubinskom kamenolomu



Slika 11.24 - Shematski prikaz spuštanja u nižu etažu pri podzemnom otkopavanju isključivom primjenom lančane sječačice



Slika 11.25. - Lančana sjekačica pri piljenju horizontalnog reza po granici podine



Slika 11.26. - Otvaranje donje etaže kombiniranim načinom korištenjem lančane sjekačice i dijamantne žične pile



Slika 11.27. - Otvaranje donje etaže - piljenje vertikalnih rezova