

9. OTVARANJE USJEKA

Da bi se započela normalna eksploatacija banka odnosno iz njega primarnih blokova, potrebno je na banku imati bar dvije slobodne vertikalne bočne stranice. Na mjestima gdje je čelo etaže jedina slobodna strana, drugu vertikalnu slobodnu površinu treba ostvariti izradom usjeka - kanižele. Otvaranje usjeka bio je i ostao imperativ pravovremene i svrhovite pripreme i rastvaranja kamenoloma, jer se njegovom izradom otvaraju dva odvojena banka (slika 9.1.) omogućujući tako jednostavnu i istovremenu eksploataciju na oba banka. Otvaranjem usjeka postiže se efikasno rastvaranje ležišta s velikim brojem radilišta, što garantira kontinuiranu intenzivnu proizvodnju.

Prije početka pripremnih radova potrebno je dobro proučiti pukotinski sustav i prema rasporedu pukotine utvrditi pravac piljenja i eksploatacije blokova. Otvaranjem naslaga formirati radno čelo s radnim platom. Visina etaža ovisi o strukturnom sklopu i geomorfološkim značajkama ležišta, ali i o metodi eksploatacije tehnologiji rada i korištenim strojevima.

Primjenom dijamantne žične pile omogućeno je višestruko brže napredovanje, u odnosu na prijašnje klasične metode eksploatacije, što zahtijeva blagovremene pripreme narednih položaja banaka. Otvaranjem bočnih vertikalnih površina u banku omogućava se rad pila s optimalnim kapacitetom piljenja. Zato je potrebno na svakoj etaži, a u dobro razvijenim kamenolomima ih ima bar tri, raditi pripremne usjeke i to po nekoliko njih za otvaranje što više bočnih strana na svakoj etaži, kako bi se dobio što razvijeniji kamenolom.

Ranijim načinom izrade usjeka djelomično piljenjem i miniranjem, usjeci su se otvarali u dijelovima ležišta ispresijecanim pukotinama, odnosno tamo gdje je slabija kvaliteta korisne stijene, jer su otkopni gubici pri tim radovima veliki, pa se nastojalo što manje oštetiti zdravu stijenu. Iz tako "otpućanih" usjeka ostvarivala se samo minimalna proizvodnja blokova, visina usjeka je bila ograničena, a otvaranje je trajalo više mjeseci.

Primjenom dijamantne žične pile i lančane sjekačice postupak otvaranja usjeka je pojednostavljen i ubrzan, a visina dužina i širina usjeka podređuje se stvarnim potrebama u kamenolomu. Usjek se otvara piljenjem i vađenjem kvalitetno oblikovanih blokova. Njegov položaj, tj. radovi otvaranja izvode se direktno u masi zdrave korisne stijene, jer su otkopni gubici iz ovih pripremnih radova izjednačeni s gubicima pri redovnoj eksploataciji i predstavljaju ustvari određeni oblik dobivanja blokova.

Usjek se izrađuje okomito na čelo radilišta koji tako oslobađa produktivni sloj s tri međusobno okomite površine. Usjek mora biti dovoljno širok (min. 4 do 4.5 m) da osigura nesmetan ulaz i rad mehanizacije i dovoljno dug da dužina otkopne fronte osigura nesmetanu redovnu proizvodnju. Širina čela usjeka mora biti veća od širine kraja tako da usjek dobije trapezni oblik radi što lakšeg izvlačenja blokova iz njega. Širina usjeka od ulaza prema kraju se smanjuje.

Primjenjivali su se razni načini izrade usjeka ovisno o stupnju razvoja tehnologije dobivanja kamenih blokova. Najstariji način bila je izrada kanala tzv. pašarina, ručnim alatima. Zatim se koristio eksploziv uz najprije ručno a potom pneumatsko bušenje. Bušenje pneumatskim čekićima te cijepanje stijene sjekačem daljnja je faza izrade usjeka. Helikoidalna žična pila donijela je znatna olakšanja i unapređenja pri izradi usjeka. Korištene su razne metode izrade usjeka tom pilom, a najčešće je piljen rez s jedne i druge strane usjeka, a ispiljena masa se odstranjivala raznim sredstvima najčešće eksplozivom. Kasnije se s helikoidalnom pilom uspjelo

izrađivati usjek piljenjem sa sve četiri strane u zdravoj stijenskoj masi. Primjenom dijamantne žične pile otvorile su se nove mogućnosti izrade usjeka najprije u kombinaciji s helikoidalnom žičnom pilom, a potom samostalno uz korištenje razne pomoćne opreme. Izuzimanjem klasične - helikoidalne pile iz kamenoloma otpadaju i razne metode i mogućnosti izrade usjeka tom pilom pa se te metode niti ne prikazuju.

9.1. OTVARANJE USJEKA U POVRŠINSKOM BRDSKOM KAMENOLOMU

Primjenom lančane sjekačice i dijamantne žične pile postupak otvaranja usjeka je pojednostavljen i višestruko ubrzan, a dimenzije se mogu podrediti položaju i tipu kamenoloma.

Na slici 9.2. prikazana je principijelna shema otvaranja usjeka piljenjem s dijamantnom žičnom pilom u kombinaciji s lančanom sjekačicom. Po ovoj metodi otvaranja usjeka horizontalni rez se pili lančanom sjekačicom, a vertikalni stražnji i dva bočna dijamantnom žičnom pilom. Lančanom pilom se ispili horizontalni rez dubine do 3 m ovisno o dužini ruke lančane sjekačice. To je ujedno debljina bloka koji se dobiva iz usjeka. Bušilicom (sondom) se izbuše dvije vertikalne bušotine (AA' i BB') koje se spajaju s rezom, a s kojima je obilježena stražnja strana bloka. Spajanjem bušotina s rezom omogućeno je piljenje bočnih vertikalnih i stražnjeg vertikalnog reza dijamantnom žičnom pilom. S osnovnog radnog platoa ispili se prvi vertikalni rez provlačenjem žice kroz bušotinu AA' i horizontalni rez od sjekačice, a drugi na isti način provlačenjem žice kroz bušotinu BB'. Stražnji vertikalni rez se pili također s dijamantnom žičnom pilom tako da se žica provuče kroz obje bušotine i horizontalni rez, a pila postavi na gornju etažu. Dijamantna žica se također zatvara po metodi petlje, ali se uz to koristi pomoćni vodeći kotač (uz bušotinu BB') preko kojeg se vodi žica do pogonskog kotača trenja. Pomoćni kotač usmjerava žicu na pogonski kotač i ujedno spriječava piljenje nepotrebne površine.

Shematski prikaz po fazama izrade usjeka kombiniranom primjenom dijamantne žične pile i lančane sjekačice prikazan je i na slici 9.3.

Ovaj šablonski način otvaranja usjeka modificira se ovisno o prilikama u kamenolomu, nastojeći što ekonomičnije dobiti primarne, a potom komercijalne 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 što je više moguće smanjio neproduktivni rad. Ova se metoda koristi kad je god to moguće otvarajući usjek u zdravoj stijenskoj masi i ujedno vadeći blokove kao i pri eksploataciji izvan usjeka. Ovaj način izrade usjeka daje visok stupanj iskorištenja stijenske mase, racionalno korištenje mehanizacije a stečena iskustva su metodu uhodala tako da se pokazala kao optimalna metoda u uvjetima većih razvijenih kamenoloma.

Dimenzije, način i redoslijed radnih operacija pri izradi usjeka za jedan konkretan primjer prikazan je na slici 9.4. Širina usjeka određuje se s obzirom na razvoj kamenoloma, tj. ovisi o tome hoće li se na istoj lokaciji i u istom pravcu nakon prve u produžetku nastaviti idući usjek, jer u tom slučaju treba prvi raditi širi obzirom na neophodno suženje na kraju i ovisno o njegovoj dubini.

Kao optimalna pokazala se, u ovom slučaju, širina usjeka u vrhu 10.4 m (3×3 m - 3 sekcije tračnica lančane sjekačice + 1.4 m), a na dnu 9.6 m (3×3 m, tri dužine tračnica lančane sjekačice + 0.6 m). U slučaju da se planira izrada idućeg

usjeka u produžetku prvog, potrebno je uzeti veću širinu za 3 m, tj. veću širinu za jednu sekciju tračnica lančane pile. Širina usjeka ovisi također o smjeru eksploatacije i obaranju bloka iz banka. U slučaju kada se blokovi obaraju u usjek, širinu usjeka treba prilagoditi visini i debljini bloka kako bi oboreni blok po visini mogao stati u širinu otvorenog usjeka. Potrebno je paziti da širina usjeka bude na suprotnom kraju uža za oko 1 m kako bi se blokovi mogli bez poteškoća obarati. Dubina (dužina) usjeka ovisi o planu razvoja kamenoloma, tj. o broju planiranih usjeka u istom pravcu na dotičnoj etaži. Kada se radi o jednom usjeku optimalna dužina je oko 12 m. Visina usjeka ovisi o tipu i vrsti kamenoloma obzirom na izraženu slojevitost i odgovara visini etaža.

Pripremni se radovi sastoje od bušenja vertikalnih i horizontalnih bušotina. Najprije se buše vertikalne bušotine - bunari br. 1 i 2 promjera 150 mm, dubine po 10 m. Horizontalna bušotina br. 3 spaja se s bušotinom br.1, a bušotina br. 4 s bušotinom br. 2. Ove bušotine imaju promjer 90 mm i duge su svaka po 12,5 m. 4 vertikalne bušotine s jedne i 4 s druge strane na međusobnom razmaku od 2,5 m, buše se do horizontalnih bušotina (dubine 9,8 m) imaju promjer 40 ili 90 mm, što ovisi o visini usjeka i slojevitosti. Ovim su bušotinama omeđeni primarni blokovi u usjeku. Provlačenjem dijamantne žice kroz bunare i horizontalne bušotine omogućeno je piljenje vertikalnih bočnih rezova (okomito na slojevitost) dijamantnom žičnom pilom. Površine vertikalnog piljenja lijeve i desne glave iznose po $A = 13,1 \cdot 9,8 = 128,38 \text{ m}^2$. Horizontalni rezovi, tj. horizontalno piljenje izvodi se pomoću lančane pile. Ukupna površina piljenja iznosi 120 m^2 , a pili se u zahvatima korisne dubine piljenja 2 - 3 m ovisno o debljini bloka. U ovom slučaju treba piliti 5 rezova, svaki dubine 2,5 m, odnosno ukupne dubine 12,5 m što je i dubina usjeka. Širina reza sjekačice je 42 mm, udaljenost tračnica od čela radilišta je 1,1 m. Vertikalni rezovi, tj. vertikalno piljenje i odvajanje pojedinih blokova izvodi se pomoću dijamantne žične pile. Prvi se rez radi tako da se dijamantna žica provuče kroz vertikalnu bušotinu br. 5, zatim horizontalni rez od lančane pile i vertikalnu bušotinu br. 6 i zatvori u beskonačni tijek preko pogonskog kotača dijamantne pile koja je smještena na gornjoj etaži. Rez se dakle pili dubinskim načinom zatvaranjem žice u omču. Na isti način se pile i ostali vertikalni stražnji rezovi. Površina stražnjeg vertikalnog reza iznosi prosječno $9,8 \cdot 10 = 98 \text{ m}^2$. Slijedeće faze u izradi usjeka odgovaraju također fazama rada pri dobivanju blokova, tj. slijedi obaranje ispiljenog bloka uz pomoć pneumatskih jastuka, hidrauličnih potiskivača i utovarača. Iz oborenog bloka se pile odnosno oblikuju komercijalni blokovi pomoću dijamantne žične pile, dijamantnog žičnog gatera, lančane pile ili pomoću bušenja pneumatskim čekićima i cijepanja klinovima.

Pri otvaranju usjeka na ovaj način postupno se kako usjek napreduje, smanjuje visina etaže (slika 9.5.). Svaki slijedeći primarni blok iz usjeka niži je od prethodnog bar za 42 mm kolika je debljina reza lančane pile. Visina etaže na kraju usjeka manja je od visine na početku (čelu radilišta) za broj blokova pomnožen s debljinom reza lančane pile, tj. $H' = H - n \cdot d$. Prema slici 9.5. na etaži širine 16 m, visine $H = 7 \text{ m}$ potrebno je (za izraditi usjek pune dužine od 16 m) izraditi 8 blokova širine 2 m, pa će se visina etaže (zadnjeg bloka) smanjiti s 7 na 6.664 m, tj.

$$H' = H - n \cdot d = 7 - 8 \cdot 0.042 = 6.664 \text{ m}, \quad \text{gdje su:}$$

H' ... završna visina etaže,

$H=7 \text{ m}$... početna visina etaže,

$n=8$... broj blokova u usjeku,

$d=42\text{ mm}=0.042\text{ m}$... debljina reza lančane sjekačice.

U praksi je to sniženje visina još manje, tj. gubici zbog piljenja su još veći, jer se ruka sjekačice ne može u milimetar točno postaviti u osnovnu razinu piljenja. Tako da u praksi ovakvo sniženje etaže na dužini od 16 m za 8 rezova iznosi od 0.4 do 0.6 m, pa etaža na kraju ima visinu od 6.4 do 6.6 m.

Uz navedenu temeljnu metodu otvaranja u zdravoj stijeni mogu se primijeniti razni načini otvaranja usjeka ovisno o potrebama, geomorfologiji i svojstvima stijene.

Na slici 9.6. prikazan je postupak otvaranja trapeznog usjeka korištenjem dijamantne žične pile i cijepanja klinovima. Najprije se buše dvije vertikalne bušotine na razmaku potrebnom za otvaranje usjeka. Zatim se izrađuju dvije horizontalne bušotine, koje se spajaju s vertikalnim bušotinama. Svaka vertikalna bušotina međusobno pravokutno spojena s horizontalnom bušotinom sačinjava kružni tijek dijamantne žice za piljenje vertikalnih rezova. Vertikalne bušotine se rade s hidrauličnom garniturom s promjerom bušotine 90 mm, dok se horizontalne bušotine mogu raditi pomoću bušačeg čekića postavljenog na vodicu. Ovakav način rada je dopustiv za horizontalne bušotine duboke 6 do 10 m. Kod dužih bušotina i njih je potrebno bušiti hidrauličnom bušilicom s promjerom krune 90 mm. Odvajanje unutarnjeg zida određenog dvjema vertikalnim bušotinama, tj. izrada stražnjeg reza paralelnog s čelom radilišta, izvodi se bušenjem i cijepanjem klinovima. Odvajanje blokova usjeka po horizontalnoj površini obavlja se također pomoću klinova. U koliko postoje poteškoće pri izvlačenju blokova usjeka, isti se može rascijepati pomoću klinova na manje komade. Ovaj način izrade usjeka treba primjenjivati samo iznimno u raspucalijim ležištima kod manjih visina etaže.

Na slici 9.7. prikazan je postupak izrade trapeznog usjeka korištenjem dijamantne žične pile i bušače naprave multidrill, kojom se izrađuje stražnji zatvoreni vertikalni rez, čija izrada stvara najviše poteškoća pri otvaranju usjeka. Bušače krune multidrill rade s hidrauličnom bušilicom (sondom) s kojom se inače buše pripremljene bušotine za provlačenje dijamantne žice. Uz temeljnu vodeću krunu $\Phi 150\text{ mm}$ nalazi se još 6 pomoćnih bušačkih kruna $\Phi 120\text{ mm}$, koje s vodećom krunom formiraju jedan rez-bušotina širine 600 mm. Bušenjem niza tih rezova oformi se stražnji zatvoreni rez, čime su stvoreni uvjeti za lako piljenje preostalih površina dijamantnom žičnom pilom. U izbušeni zatvoreni pomoćni kanal buše se s čela etaže dvije horizontalne bušotine, kroz koje se provlači dijamantna žica. Preporučljivo je jednu bušotinu bušiti zajedno s bušenjem prvog reza multidrillom radi boljeg ispiranja pri bušenju slijedećih vrtina. Potom se dijamantnom žičnom pilom uobičajenim načinom pili najprije horizontalni, a zatim jedan pa drugi vertikalni rez. Ovako pripremljeni (ispiljeni) usjek može se dalje eksploatirati dijamantnom žičnom pilom ili bušenjem i cijepanjem klinovima. Na slici 9.8. prikazana je multidrill bušilaca odnosno izrada reza pomoću te bušilice kontinuiranim nizom bušotina na jednoj visini, te bušotina između prethodnih na drugoj visini.

Na slici 9.9 prikazana je izrada trapeznog usjeka primjenom isključivo dijamantne žične pile i hidraulične bušilice-sonde. Ovdje se i stražnji vertikalni rez izrađuje dijamantnom žičnom pilom zatvarajući dijamantnu žicu metodom obrnutog lanca preko potisnih stupova (vodilica) umjesto uobičajenog zatvaranja žice u omču (petlju). Najprije se izbuše vertikalne bušotine A i B promjera 360 mm, koje ograničavaju stražnji zatvoreni rez. Horizontalne bušotine C i D, koje se spajaju s bušotinama A i B imaju promjer 90 mm. Na bušotine A i B postavljaju se vodilice (mod.

015) s radnim transmisijskim kolom prema dnu bušotine, a vodećim kolom za navođenje dijamantne žice na glavi vodilice. Na izlazu bušotine B postavi se pomoćno kolo i oko cijelog kruga zatvori dijamantna žica. Da bi se eliminirala ispupčenost (konveksnost) koja se javlja u centru reza, vertikalne bušotine trebaju biti nešto dublje (oko 60 cm) od potrebnog horizontalnog nivoa. Pri radu je potrebno i povećano natezanje dijamantne žice. Kod ovakvog rada transmisijski koturi koji potiskuju dijamantnu žicu moraju odgovarati promjeru bušotine. Pri promjeru bušotine od 90 mm dijamantna žica se obavlja oko kotura malog promjera, što dovodi do njenog bržeg trošenja. Zato vertikalne bušotine imaju promjer 300 do 360 mm. Čim se završi piljenje stražnjeg reza demontiraju se vodilice i pila, ali se dijamantna žica zadrži na razini predviđenog horizontalnog reza i jedan kraj izvuče kroz bušotinu C, a drugi kroz bušotinu D, te započme piliti horizontalni rez. Pogonski kotač pile je sada položen horizontalno, tj. paralelan je s dnom etaže. Provlačenjem dijamantne žice kroz bušotinu A i C ispili se jedan bočni vertikalni rez, a kroz bušotinu B i D preostali bočni vertikalni rez. Ovisno o veličini stražnjeg zatvorenog reza on se može izraditi pomoću dijamantne žične pile i potisnih stupova naizmjeničnim lepezastim piljenjem kao što je prikazano na slici 9.10. Transmisijski kotur potisnog stupa (vodilice) pomiče se prema dnu bušotine A-A' (1). U crti bušotine postavlja se pomoćno kolo koje se postupno pomiče od A prema B (2). Kada se pomoćno kolo premjesti do točke B, dijamantna žica radi protječući preko transmisijskog kotura na potisnom stupu postupno ulazeći potiskivanjem u bušotinu B-B'. Da bi se kompletirao rez mobilno pomoćno kolo se smješta uz bušotinu B-B' prema pogonskom kotaču pile (3). Potiskivanjem transmisijskog kotura u bušotinu B-B' ispili se druga polovica stražnjeg vertikalnog reza.

Cijepanje i izvlačenje kamene mase iz usjeka, kao i prije, izvodi se cijepanjem ili piljenjem. Vertikalne bušotine se buše pneumatskim čekićima (s vodilicama) na udaljenosti od ruba oko 160 cm. Rupe se buše na manjem međusobnom razmaku od uobičajenih razmaka, tj. na razmaku 10 do 15 cm. Cijepa se običnim klinovima ili s hidrauličnim klinovima. Prihvatljiviji način vađenja blokova iz stijenske mase usjeka je njeno potiskivanje hidrauličnim potiskivačima - cilindrima i potom piljenje dijamantnom žičnom pilom. Postavljanjem hidrauličnih potiskivača na zatvoreni vertikalni rez cijela se ispiljena kamena masa potisne izvan usjeka. Kada je potrebna širina kamene mase (bloka) izvan usjeka ista se ispili dijamantnom žičnom pilom i tako nastavlja dok se sva kamena masa ne oblikuje u blokove. Ukoliko se ocijeni da je ispiljena masa kamena u usjeku zdrava njeno piljenja u blokove može se izvesti nakon podizanja i potiskivanja. U tu svrhu se masa podiže na početku horizontalnog reza jastucima ili hidrauličnim potiskivačima. Ovisno o masi koja se podiže odredi se potrebni broj cilindara (jedan za masu od oko 150 t). Kada se podigne prednja strana ispiljene mase za oko 15 do 20 cm umetne se oprezno u horizontalni rez čelični valjak (osovina) promjera 10 do 12 cm, dužine oko 50 cm. Otpuštanjem cilindara na horizontalnom rezu masa kamena legne na taj valjak, pa je horizontalno potiskivanje iz stražnjeg reza olakšano zbog smanjenog koeficijenta trenja. Iz potisnute kamene mase blokovi se pile jedan za drugim kao i prije. Ovakvim radom preporuča se izrada usjeka centralno u najzdravijem dijelu stijene jer se iz njega dobivaju neupropašteni blokovi, a rad u zdravoj masi je garancija da će se cijeli radni proces uspješnije izvesti. Kad se ovako otvori usjek prikladnih dimenzija otvori se etaža kamenoloma "na dvije ruke" (dva fronta), a ukoliko je etaža duga preporuča se na njoj izrada više usjeka.

Na slici 9.11. prikazan je također način izrade trapeznog usjeka isključivim korištenjem dijamantne žične pile i to piljenjem svih površina zatvaranjem

dijamantne žice u trajektoriju omče. Metoda je poglavito pogodna pri izradi manjih usjeka. Hidrauličnom bušilicom - sondom izbuši se vertikalna bušotina B_1 promjera 150 ili 205 mm, veće dubine od visine etaže. Ta dubina ovisi o udaljenosti slijedeće vertikalne bušotine B_2 i nagiba treće kose bušotine B_3 , a mora biti tolika da kosa bušotina poveže dvije vertikalne bušotine. Druga vertikalna bušotina ima također promjer 150 ili 205 mm. Kosa bušotina B_3 buši se obično pod nagibom 40 do 45° promjera 90 mm. Bušenju ove bušotine treba posvetiti posebnu pozornost, jer ona mora proći kroz bušotinu B_2 i B_1 . Potom se s donje etaže buši horizontalna bušotina B_4 do bušotine B_1 . Ova bušotina se buši sondom promjera 90 mm ili zračnom bušilicom promjera 50 mm. Idućuća je horizontalna bušotina B_5 do bušotine B_2 . Dijamantna žica se provuče kroz bušotine B_2 preko B_3 i kroz B_1 i zatvori u kružni tijek na pili postavljenoj na gornjoj etaži. Tako se ispili taj dubinski vertikalni stražnji zatvoreni rez. Kroz dio bušotine B_1 i bušotinu B_4 izvuče se jedan kraj dijamantne žice, a kroz bušotine B_2 i B_5 njezin drugi kraj. Tako provučenu dijamantnu žicu polako se spusti u stražnji vertikalni rez do razine horizontalnog reza. Horizontalni rez se normalno pili s donjeg radnog platoa uz uobičajeno prethodno otupljivanje oštih kutova. Provlačenjem dijamantne žice kroz bušotine B_5 i B_2 ispili se prvi bočni vertikalni rez, a kroz bušotinu B_4 i dio bušotine B_1 drugi preostali bočni rez. Blokovi se iz ispiljene mase usjeka eksploatiraju na jedan od već opisanih načina.

Slijedeći način izrade trapeznog usjeka prikazan na slici 9.12. koristi za piljenje zatvorenog reza posebni tip dijamantne žične pile (tvrtnice Benetti macchine) mod. 200. Ovaj način otvaranja usjeka je ustvari identičan načinu prikazanom na slici 9.9. s time da se dvije hidraulične vodilice koje vode dijamantnu žicu po trajektoriji obrnutog lanca nalaze u sklopu pile. Dijamantnu žicu vode vodilice s radnim kolom promjera 192 mm u bušotini promjera 205 mm, a usmjeravajući koturi imaju promjer 350 mm. Za ispiliti vertikalni zatvoreni rez najprije se izbuše bušotine A i B $\Phi 205$ mm. Po mogućnosti usjek treba planirati u najzdravijoj kamenoj masi. Radi tehnoloških prednosti treba nastojati da on bude u sredini fronta kamenoloma. Na izbušene vertikalne bušotine izbuše se dvije horizontalne bušotine C i D $\Phi 90$ mm. Horizontalne vrtnice se buše, kao u svim slučajevima otvaranja trapeznog usjeka, tako da nagib usjeka bude 3 do 5 % radi lakšeg izvlačenja ispiljene mase. S dijamantnom pilom mod. 200 ispili se stražnji zatvoreni rez potiskivanjem vodilica. Zatim se ispili dva bočna vertikalna reza na isti način kao i u prethodnim slučajevima.

Na slici 9.13. prikazana je dijamantna žična pila mod. 200, koja u svom sastavu ima potisne vodilice tako da je prilagođena za piljenje zatvorenog reza na način obrnutog slijeda. Na slici 9.14. prikazana je izrada zatvorenog reza s tom pilom, tj. pila u radu.

U slučaju potrebe bržeg otvaranja usjeka umjesto trapeznog može se raditi V usjek. Kod V usjeka u odnosu na trapezni otpada jedan vertikalni rez i jedna vertikalna bušotina. Na slici 9.15. prikazana je izrada V usjeka primjenom dijamantne žične pile. Prva operacija je izrada vertikalne bušotine AA' pomoću hidraulične bušilice (sonde). Promjer bušotine je 90 ili 200 mm. Zatim se buše dvije horizontalne bušotine B'A' i C'A' u bazi banka, tako da se sve tri bušotine spajaju u točki A'. Provlačenjem dijamantne žice kroz bušotine radi se najprije horizontalni rez A'B'C' zatim vertikalni rez AA' BB' i AA' CC'. Kod izrade horizontalnog reza javljaju se u početku rada teškoće, jer piljenje započinje preko vrha šiljastog kuta, što negativno djeluje na trajnost dijamantne žice. Stoga je u ovoj fazi rada potrebna veća pozornost uz smanjenje brzine rezanja do momenta dok se ne ispili (ublaži) kut,

tj. dok taj brid ne poprmi prihvatljivi radijus zakrivljenosti. Ponekad se umjesto jedne buše dvije vertikalne bušotine jedna uz drugu tako da se dobije jedna proširena bušotina čime se izvjesno umanju oština kuta usjeka. Preporuča se V usjek raditi samo u nuždi jer taj usjek ostavlja velike mrtve kuteve i neiskorištene mogućnosti daljnjeg piljenja kamene mase poglavito kod korištenja dijamantne žične pile. Kod eksploatacije dijamantnom žičnom pilom potrebno je iz kraja usjeka bušiti horizontalne bušotine što je iz V usjeka otežano, jer se u taj dio usjeka treba postaviti bušilica, pa je izrada V usjeka za taj vid eksploatacije nesvrhovita. Zato je i u ovom slučaju svrhovito raditi V usjek sa stranicama pod 90° , kao što je prikazano u glavi 8 Uklanjanje otkrivke, na slici 8.2.

9.2. OTVARANJE USJEKA U POVRŠINSKOM DUBINSKOM KAMENOLOMU

Pri otvaranju i razradi površinskog dubinskog kamenoloma koristi se više načina rada ovisno o značajkama ležišta i korištenim strojevima. Jedna metoda se zasniva na isključivom korištenju lančane pile (sjekačice), a druge su kombinirane metode, jer se pri otvaranju koristi lančana sjekačica i dijamantna žična pila.

Kod metode otvaranja isključivim piljenjem lančanom sjekačicom pili se mreža vertikalnih uzdužnih i poprečnih rezova. Najprije se pregledom kamenoloma odredi mjesto otvaranja usjeka. Usjek se mora otvarati na mjestu gdje je stijena najkompaktnija, jer se u takvoj stijeni ovi radovi najsigurnije odvijaju. Otvaranje dubinskog kamenoloma lančanom sjekačicom (slika 9.16.) zahtijeva ravnu površinu minimalnih dimenzija $6 \times 10 \times 8 \times 10$ m (1). Na površini se pile vertikalni uzdužni rezovi na međusobnom razmaku 1×2 m (2), a zatim vertikalni poprečni rezovi (3) na razmaku 1×1.5 m ovisno o veličini bloka. Blokovi se odvajaju po horizontali cijepanjem (lomljenjem) pomoću potiskivanja hidrauličnim klinovima i/ili potiskivačima i vade iz usjeka dizalicom (4). Kad se na taj način oslobodi prostor za smještaj lančane sjekačice na niži nivo, ostali se blokovi horizontalno potpilavaju lančanom sjekačicom. Ova temeljna metoda modificira se ovisno o mogućnostima u ležištu nastojeći da vertikalni rezovi imaju dužinu 20 i više metara.

Otvaranje površinskog dubinskog kamenoloma prikazano je i na slici 9.17. na kojoj se vidi i dalja razrada, tj. proširenje početnog usjeka (zaloma). Prvi blokovi kojima se baza oslobađa lomljenjem rade se manjih dimenzija. Kad se na taj način oslobodi prostor za spuštanje lančane sjekačice, baze slijedećih blokova se potpilavaju sjekačicom, pa im veličine odgovaraju optimalnim dimenzijama komercijalnih blokova koji se mogu dobiti lančanom sjekačicom (ovisno o dužini rezne ruke). Usjek se dalje proširuje vertikalnim i horizontalnim piljenjem optimalnih dimenzija, a produbljuje izradom slijedećeg usjeka na isti način kao i pri početnom otvaranju.

I na slici 9.18. prikazano je otvaranje dubinskog kamenoloma isključivom primjenom lančane sjekačice kao temeljnog stroja, s tim da su ovdje pojedinačno prikazane faze rada, a na slici 9.19. je prikazan jedan od načina lomljenja i izvlačenja blokova iz kamenoloma.

Na slici 9.20. prikazano je otvaranja površinskog dubinskog usjeka s prilagođenim veličinama za jedan konkretni primjer u praksi.

Prvo su se izradila tri vertikalna reza dubine do 3 m na međusobnom razmaku od 1.5 m. Poprečno na ta tri reza ispiljeni su također vertikalni rezovi na razmaku 1.2 do 1.5 m. Na mjestu otvaranja usjeka izrađen je, u dužini tri bloka, još jedan vertikalni rez na polovici širine između uzdužnih rezova i to s maksimalnom

dubinom piljenja. Po završetku vertikalnog piljenja, izlomljene su ispiljene prizme (blokovi) pomoću hidrauličnih klinova. Prvo su se lomili središnji blokovi (blok I. i II.), a zatim blokovi lijevo i desno od prethodno lomljenih. Nakon lomljenja prvog bloka isti se odmah vadi radi lakšeg zahvaćanja i lomljenja drugog bloka i oslobađanja prostora za eventualno postavljanje pumpe. Prije početka lomljenja hidrauličnim klinovima rez se obavezno očisti pomoću cijevi priključene na dovod komprimiranog zraka i cijevi s priključkom na dotok vode. Nakon lomljenja prva (manja) četiri bloka, lome se blokovi lijevo i desno od oformljenog usjeka kako bi se proširio prostor za postavljanje i rad lančane sjekačice ili dijamantne žične pile u usjeku. Ukoliko prilikom lomljenja pojedinih blokova dođe do lošeg pucanja, pa dno ostane neravno potrebno ga je izravnati klinovima ili nanovo ispiliti. Dno usjeka mora biti 15 do 20 cm ispod visine na kojoj će se dalje piliti blokovi, tj. visina otvorenog usjeka je veća od visine blokova. Ta razlika u visini omogućava nesmetanu izradu horizontalnih rezova i ujedno služi kao prostor za sakupljanje tehnološke i oborinske vode, tj. za postavljanje sisaljki.

Pri kombiniranom načinu otvaranja usjeka u površinskom dubinskom kamenolomu mogu se umjesto lomljenja blokova, horizontalni rezovi ispiliti dijamantnom žičnom pilom uz pomoć potisnih stupova i orijentacijskih kotura. Nakon što se izrade tri do četiri vertikalna reza lančanom sjekačicom, kao i u prethodno opisanoj metodi, izbuše se tri vertikalne bušotine (bunara) promjera 240 mm (slika 9.21.). Dvije bušotine su potrebne za postavljanje tlačnih stupova i navođenje dijamantne žice preko njih, a jedna (br. 3) za postavljanje sisaljke. Sisaljka se u bušotinu postavlja da bi za vrijeme rada isisala prekomjerna količina tehnološke i druge vode. Bušotina sa sisaljkom je preko vertikalnih rezova ispiljenih lančanom sjekačicom, povezana sa cijelom površinom usjeka. Da bi se horizontalni rez ispilio s dijamantnom žičnom pilom s osnovnog radnog platoa potrebno je dijamantnu žicu zatvoriti preko tlačnih stupova koji se postavljaju u dvije bušotine i učvrste zatezačima. Na tlačnim stupovima postavljaju se cijevi na kojima se nalazi posebna konstrukcija s pomoćnim kotačem $\Phi 200$ mm. Cijevi se ručno ili hidraulično spuste na predviđenu dubinu piljenja. Neposredno uz tlačne stupove postavljaju se pomoćni kotači u smjeru dijamantne žične pile koja je montirana na osnovnom radnom platou s pogonskim kotačem u horizontalnom položaju kao i kod piljenja horizontalnog reza u razini osnovnog platoa etaže. Dijamantna žica se postavlja u rez ispiljen lančanom sjekačicom tako da prolazi ispod donjih pomoćnih kotača na tlačnim stupovima i izlazi iz bušotine preko gornjih pomoćnih kotača na dijamantnu žičnu pilu. Horizontalni rez zahvaća površinu veličine 3-5 blokova koliko se pili vertikalnih poprečnih rezova lančanom sjekačicom. Ovi rezovi se pile tek kad se ispili dijamantnom žičnom pilom površina prvog bloka, jer bi inače došlo do ranijeg odcjepljenja bloka uklještenja dijamantne žice, tj. ne bi se mogao piliti horizontalni rez. Znači kad se dijamantnom žičnom pilom ispili prvi blok piljenje se zaustavlja uz prethodno osiguranje bloka da ne dođe do slijeganja bloka te zanošenja u jednu stranu. Piljenjem vertikalnog reza oslobodi se prvi blok, koji se odmah vadi, a lančanom pilom se ispili i preostali vertikalni rezovi. Sada se može nastaviti s horizontalnim piljenjem dijamantnom žičnom pilom, ali tako da se, čim se ispili krajevi bloka, u rez postave klinovi kako ne bi došlo do stiskanja reza i blokiranja dijamantne žice. Osiguranje bloka klinovima omogućava, njegovo izvlačenje, a i podizanje vodenim jastukom. Pri piljenju dijamantnom žičnom pilom treba paziti na rad sisaljke i na kontrolirano doziranje vode na rez. Češće kontrolirati pravac pomoćnih kotača na izlazu, a zbog specifičnosti piljenja, piljenju i doziranju vode posvetiti posebnu pozornost. Nakon vađenja tri do četiri bloka otvoren je toliki

prostor da se u usjek može postaviti dijamantna pila i piliti horizontalne rezove na normalni način bez korištenja tlačnih stupova. Ispod novoispiljenih blokova, nakon njihovog podizanja vodenim jastukom, postave se metalni podlošci po širini bloka te provlačenjem dijamantne žice vertikalnim piljenjem oblikuje blok na komercijalnu veličinu pa tek zatim izvlači iz usjeka. Pri podizanju bloka posebnu pozornost treba obratiti na kvalitetno postavljanje podmetača (što dublje pod blok) uz kontrolu razmaka. Ovaj postupak se mora obaviti što brže jer uvijek može doći do nekontroliranog pucanja vodenog jastuka. Pri određivanju veličine blokova treba voditi računa o potisnom pritisku vodenih jastuka (oko 300 kPa). Na mjesto mogućeg prevrtanja ispiljenog bloka treba nasuti kamene sitneži. Nakon ovakvog otvaranja usjeka on se dalje razvija po širini i dubini piljenjem vertikalnih rezova lančanom sjekačicom, a horizontalnih dijamantnom žičnom pilom.

Treća metoda otvaranja dubinskog usjeka izvodi se također kombiniranim piljenjem s lančanom sjekačicom i dijamantnom žičnom pilom s tim da se pogonski kotač dijamantne pile postavlja u vertikalni položaj, a pili horizontalni rez (slika 9.22.). Na prostoru planiranom za otvaranje usjeka na ovaj način najprije se s lančanom sjekačicom ispile vertikalni rezovi koji ograničavaju površinu oko 25 do 40 m², dubine 2 do 3.5 m. Dimenzije usjeka (dužina x širina x visina) koje obuhvaćaju ovu površinu, a rade se po ovoj metodi su: 5x5x2 m; 6x5x2.5 m; 7x5x3 m; 5x4.5x3 m i 8x5x3.5 m. U bilo kojem kutu planiranog usjeka ispile se još dva vertikalna reza koja zatvaraju površinu 1.7x1.7 m. Time je zahvaćen prvi blok u usjeku koji će se po horizontalnoj površini odvojiti lomljenjem. Od dubine usjeka ovisi hoće li se uokvirena površina tog prvog bloka iznositi 1.7x1.7 m ili će biti manje, jer se taj blok nakon završetka piljenja lomi hidrauličnim klinovima i izvlači iz usjeka, pa mu masa ne smije biti prevelika.

Važno je pri izradi usjeka na ovaj način izabrati mjesto otvaranja, koje mora biti u potpuno zdravoj kompaktnoj stijeni i po mogućnosti u radnom prostoru dizalice. U jednom od vertikalnih rezova izbuši se bušotina (bunar) $\Phi 240$ mm u koju se postavlja sisaljka. Nakon završetka piljenja svih vertikalnih rezova, te lomljenja i vađenja prvog bloka iz kuta usjeka, montira se dijamantna žična pila za piljenje horizontalnog reza. Prije uvlačenja dijamantne žice rez se dobro očisti. Dijamantna žica se uvlači (spušta) u ispiljene vertikalne rezove, a u prostor iz kojeg je izvađen prvi blok postavljaju se dva pomoćna kotača na izlazu iz usjeka. Pomoćni (orijentacijski) kotači se montiraju na nosač, koji se učvršćuje zatezačima. Dijamantna žica se preko pomoćnih kotača izvlači iz usjeka i usmjerava ka pili. Žica se zatvara oko pogonskog kotača trenja koji je postavljen u vertikalni položaj, tako da dijamantna žična pila radi kao kod normalnog piljenja vertikalnog reza. Međutim kako je navođenjem dijamantne žice preko pomoćnih kotača ova orijentirana na horizontalnu konturu žica pili donju horizontalnu površinu usjeka. Radi lakšeg pokretanja i ublažavanja oštih kuteva na sjecištima vertikalnih rezova, preporuča se u preostala tri kuta izbušiti vertikalne bušotine $\Phi 90$ mm.

Pri piljenju treba stalno kontrolirati dotok vode i prema njemu odrediti režim rada sisaljke. Često se uočava nemiran rad dijamantne žice zbog povećanog vodenog opterećenja (vodni efekt), koje nastaje zbog suženog prostora i otežanog ispiranja dubinskog reza. Kada horizontalni rez uznapreduje za više od 1.3 m, tj. za dužinu bloka, presječe se usjek na tom mjestu poprečnim vertikalnim rezom pomoću lančane sjekačice. Prethodno su na ovom dijelu lančanom pilom ispiljena još dva uzdužna vertikalna reza (može i više) okomito na prethodni, tako da ta tri reza omeđuju minimalno tri bloka. Čim se ispile ovi blokovi (prethodno se učvrste i osiguraju od prijanjanja jedan na drugoga), započme se njihovim vađenjem na

površinu. Kad se ta tri (ili četiri) bloka izvade iz usjeka glavni dio njegovog otvaranja je završen. Umetanjem klinova u horizontalni rez spriječava se njegovo slijeganje i osigurava normalan nastavak piljenja i dobivanja ostalih blokova. Postupak je isti kao i kod prethodno opisane metode.

9.3. OTVARANJE USJEKA PRI PODZEMNOM OTKOPAVANJU

Otvaranje podzemnog kamenoloma pri postojanju jedne vertikalne okomite plohe započinje izradom usjeka kojim se otvara početna podzemna prostorija (galerija). Galerija odnosno usjek u galeriji se otvara piljenjem horizontalnih i vertikalnih rezova pomoću lančane zasjekačice (lančana sjekačica prilagođena za podzemni rad). Stražnja peta ploha se oslobodi ili lomljenjem blokova ili piljenjem dijamantnom žičnom pilom. Najčešći način otvaranja galerije odgovara načinu otvaranja usjeka u površinskom dubinskom kamenolomu s tim da je ovdje cijela situacija preslikana iz tlocrta u nacrt. Galerija se otvara piljenjem horizontalnih i vertikalnih rezova pomoću lančane sjekačice s tim da su početni blokovi usjeka znatno manji od ostalih blokova u galeriji. Ti manji blokovi se odvoje po stražnjoj plohi lomljenjem. Umetanjem vodenih jastuka u najgornji rez odvoji se prvi blok, a potom i blokovi ispod njega. Ostali blokovi se odvajaju piljenjem dijamantnom žičnom pilom na taj način da se u otvoreni usjek između podine i krovine učvrsti stup (stojka) s po dva orijentacijska kotura na gornjem i donjem dijelu. Svaki par koturova je postavljen tako da se jedan okomit na drugi jer im je zadatak promijeniti smjer dijamantne žice za 90° . Dijamantna žična pila se postavi izvan usjeka okomito na njega s pogonskim kotačem trenja u vertikalnom položaju. Dijamantnom žicom se obuhvati stražnja ploha blokova (kroz rezove lančane zasjekačice debljine oko 4 cm), zatvori u beskonačni tijek preko pogonskog kotača i pili kao i kod uobičajenog piljenja zatvaranjem žice u petlju.

Shematski prikaz otvaranja podzemnog kamenoloma prikazan je na slikama 9.23. i 9.24. Na slici 9.23. prikazan je rad s lančanom zasjekačicom odnosno piljenje horizontalnih i vertikalnih rezova, te lomljenje blokova u početnom usjeku vodenim jastucima. Na slici 9.24. prikazan je nastavak rada nakon otvaranja početnog usjeka, odnosno način postavljanja dijamantne žične pile za piljenje stražnje plohe ostalih blokova u ulaznoj galeriji. Na početku rada lančana zasjekačica se postavi ispred otkopne fronte tako da joj horizontalne vodilice rezne ruke budu što bliže površini rezanja. Horizontalni rezovi se pile uvijek odozdo prema gore. Kad se izrade svi horizontalni rezovi, zasjekačica se okreće okomito na otkopnu frontu, te počinje piliti vertikalne rezove. Vertikalni rezovi se rade tako da prvi niz blokova kojima će se nakon lomljenja otvoriti početni usjek imaju manje dimenzije, a da širine ostalih blokova odgovaraju komercijalnim dimenzijama (ovisno o preradbenim strojevima). Ukoliko na otkopnoj fronti (čelu, fasadi) postoje mikrotektonski diskontinuiteti, tada se rezovi za buduće širine i visine blokova podešavaju tako da se dobije što je moguće veći broj "zdravih" blokova, a pukotine se ostavljaju u blokovima niže kategorije ili budućim tombolonima. Pri vertikalnom i horizontalnom rezanju veoma je važno da se kontrolira rez u dubini jer se tako mogu odmah uočavati diskontinuiteti temeljem kojih se može planirati dalje piljenje. Blokovi iz početnog usjeka se kalaju (lome) pomoću vodenih (limenih) jastuka, na taj način da se jastuci uvuku u rezove (debljine oko 4 cm) u njih se upumpava voda pod pritiskom, što izazove lomljenje stražnje plohe bloka. Jastuci se stavljaju u najviši rez, a veoma često se lom nastaje u nekoliko navrata. Prije odloma u rezove se ubacuju čelični ulošci koji sprječavaju udarac gornjeg o donji blok. Prvo se lomi najgornji blok, koji

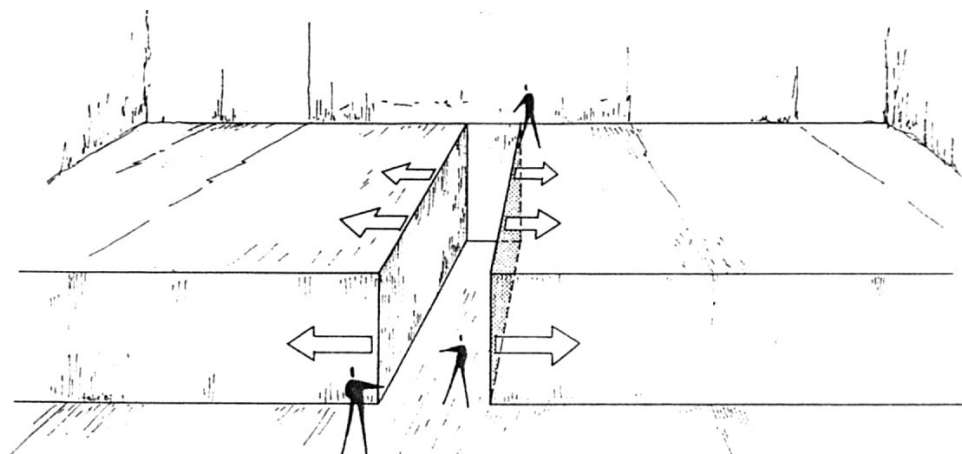
pukne po stražnjoj površini i nalegne na niži blok. Prilikom tog naližeganja ili pada često dolazi izravno do pucanja stražnjih ploha blokova u nižim redovima. Ako se to ne dogodi i oni se lome vodenim jastucima. U početni usjek se postavi stup s orijentacijskim koturima (popularno nazvano biciklo) preko kojih se pili stražnji rez dijamantnom žicom.

Na slici 9.25. dana je fotografija početnog otvaranja podzemnog kamenoloma, odnosno postavljanje lančane zasjekačice za početno otvaranje.

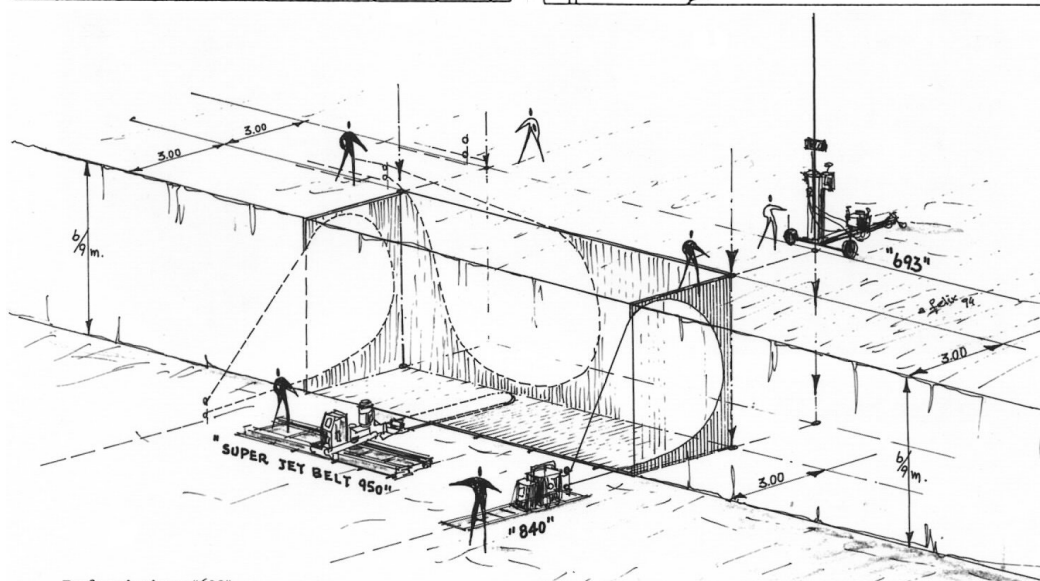
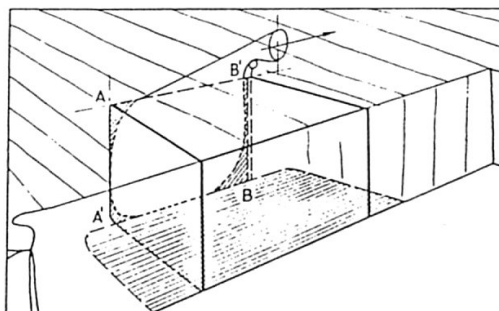
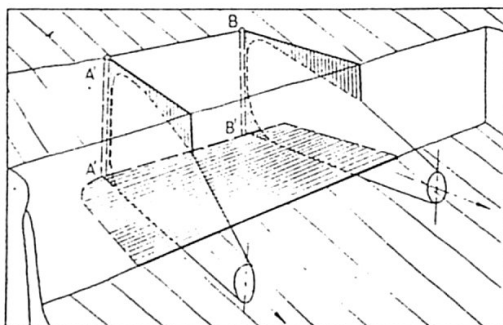
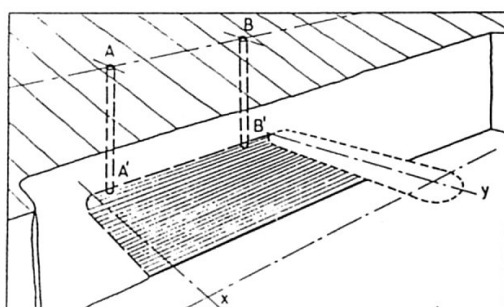
U koliko se želi i stražnja ploha blokova u početnom usjeku ispiliti dijamantnom žičnom pilom, tada nije potrebno da oni imaju manje dimenzije, već im dimenzije odgovaraju ostalim optimalnim blokovima, a vade se tako da se opet svi vertikalni i horizontalni rezovi izrade lančanom zasjekačicom. Stražnja se peta ploha ispili pomoću dijamantne žične pile, tako da se dijamantna žica uvuče u te rezove (debele oko 4 cm) pomoću dva orijentacijska kotura na specijalnim tankim ulošcima, s jedne strane, i guranje uloškom, s druge strane. Vođenjem dijamantne žice preko orijentacijskih kotura postiže se promjena smjera kretanja žice, odnosno njezino navođenje i zatvaranje preko pogonskog kotača trenja, koji je postavljen u okomiti položaj okomito na smjer piljenja (frontu radova). Zbog orijentacijskih kotura u rezu, stražnja se ploha ne može ispiliti odjedamput, pa se kad se rez primakne koturima, zaustavlja piljenje, stroj prebaci na drugu stranu i s te strane na isti način dovrši piljenje stražnje plohe (slika 9.26.).

Način vađenja prvih blokova modificira se ovisno o prilikama i naravi ležišta nastojeći pri tom što ekonomičnije dobiti komercijalne blokove optimalnih dimenzija uz što veće iskorištenje radnog vremena strojeva. Dimenzije (površine) rezova biraju se ovisno o strukturnom sklopu odnosno o geomehaničkim značajkama stijene, ali i o optimalnim površinama piljenja pojedinih strojeva, kako bi se izbjeglo njihovo često premještanje, odnosno što je više moguće smanjio neproduktivan rad. Tako su npr. u kamenolomu La Piana (Carrara) tvrtke Menzoni pri otvaranju ulazne galerije gornji i donji vodoravni rezovi dugi oko 6 m, a bočni su visoki 4 m (slika 9.27.). Ti se rezovi pile lančanom zasjekačicom, pa im dubina odgovara dužini ruke sjekačice i iznosi 2,8 m, tako da je piljenjem obuhvaćen primarni blok čiji je volumen oko 67 m^3 . Stražnja se stranica bloka pili dijamantnom žičnom pilom na već opisani način. Kada stražnji rez uznapreduje više od 1,6 m, presječe se primarni blok na toj udaljenosti okomitim rezom pomoću lančane zasjekačice. Time je dobiven prvi blok koji se izvlači iz masiva, a njegove su dimenzije $4 \times 2,8 \times 1,6 \text{ m}$ (približno 18 m^3), pogodne za dalju preradu. Nakon izvlačenja nekoliko takvih blokova, otvoren je prostor u koji se može smjestiti dijamantna žična pila, pa se stražnji rez nastavlja piliti iz tog prostora, bez zakretanja dijamantne žice za 90° na isti način kako se pili stražnja ploha primarnog bloka na površinskom kamenolomu. Daljnja razrada, u kojoj se zahvaćaju nove prostorije lijevo i desno, te silazi u niže etaže organizira se također kao i na površinskim kamenolomima.

Nije rijedak slučaj da se pri otvaranju podzemnog kamenoloma, kao i pri njegovoj daljoj eksploataciji, ne koristi dijamantna žična pila. U tom se slučaju svi blokovi pri otvaranju dobivaju lomljenjem stražnje plohe. Ovaj način "rezanja" stražnje plohe nije najekonomičniji, ali je najbrži i dosta čest. Razlog ne primjenjivanja dijamantne žične pile pri podzemnom otkopavanju je količina vode koja je potrebna za njen rad. Kad pila radi potrošnja vode iznosi 10 do 15 l/min, što je dostatno da radni prostor nakvasi i učini ga neugodnim. Zato dijamantnu žičnu pilu u podzemlju mnogi izbjegavaju, iako se njenom uporabom postiže bolje iskorištenje sirovine.

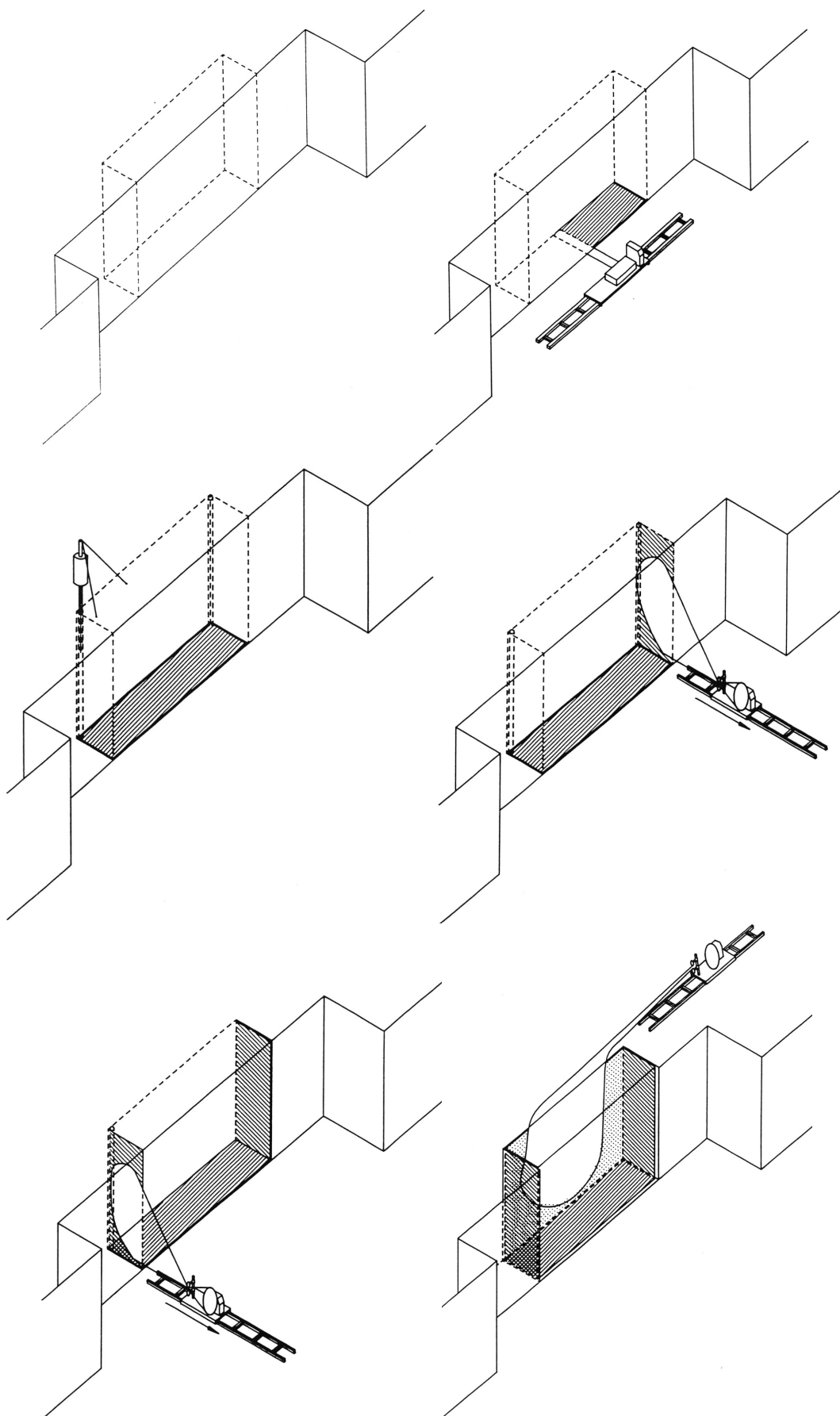


Slika 9.1. - Razrada etaže otvaranjem usjeka

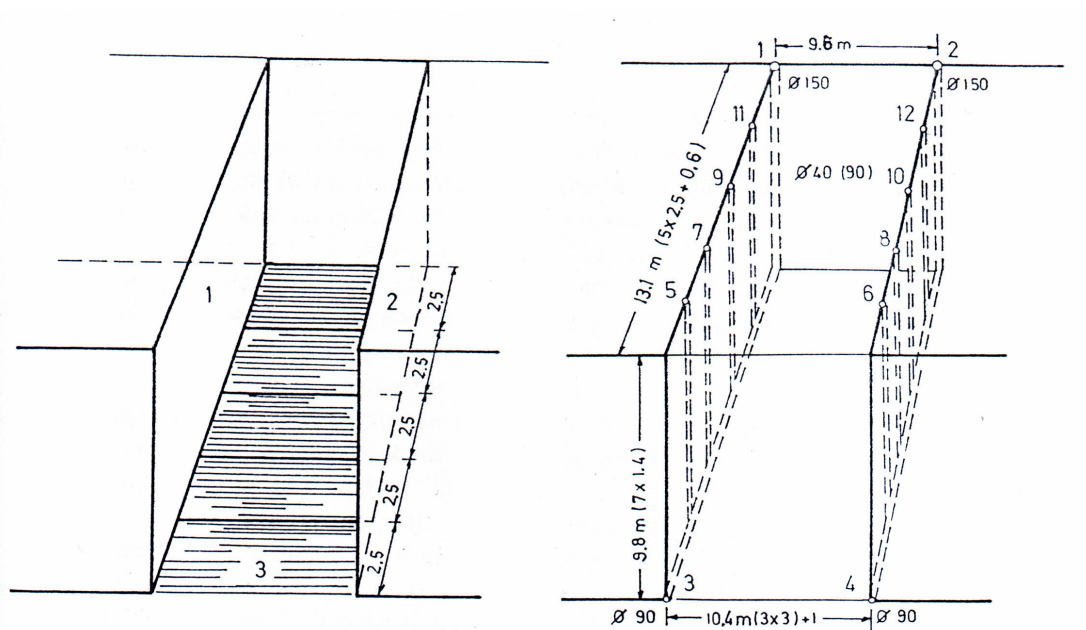


Perforazioni con "693"

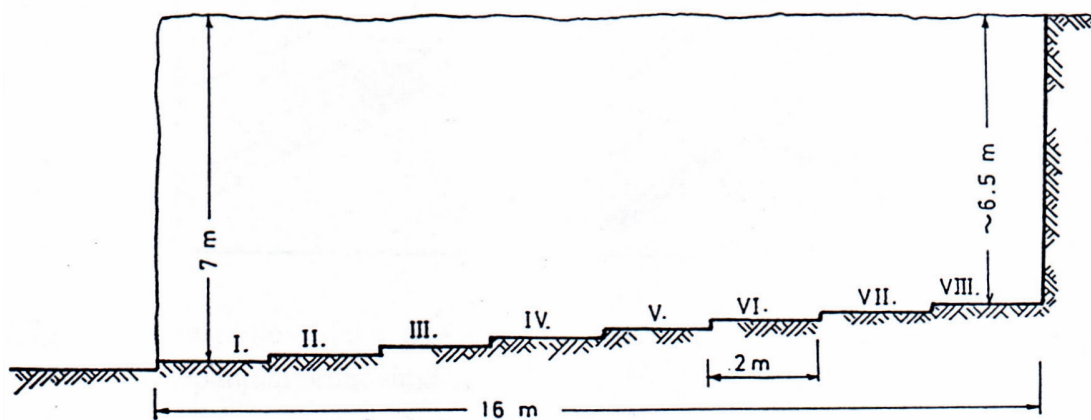
Slika 9.2. - Otvaranje usjeka piljenjem s dijamantnom žičnom pilom i lančanom sjekačicom



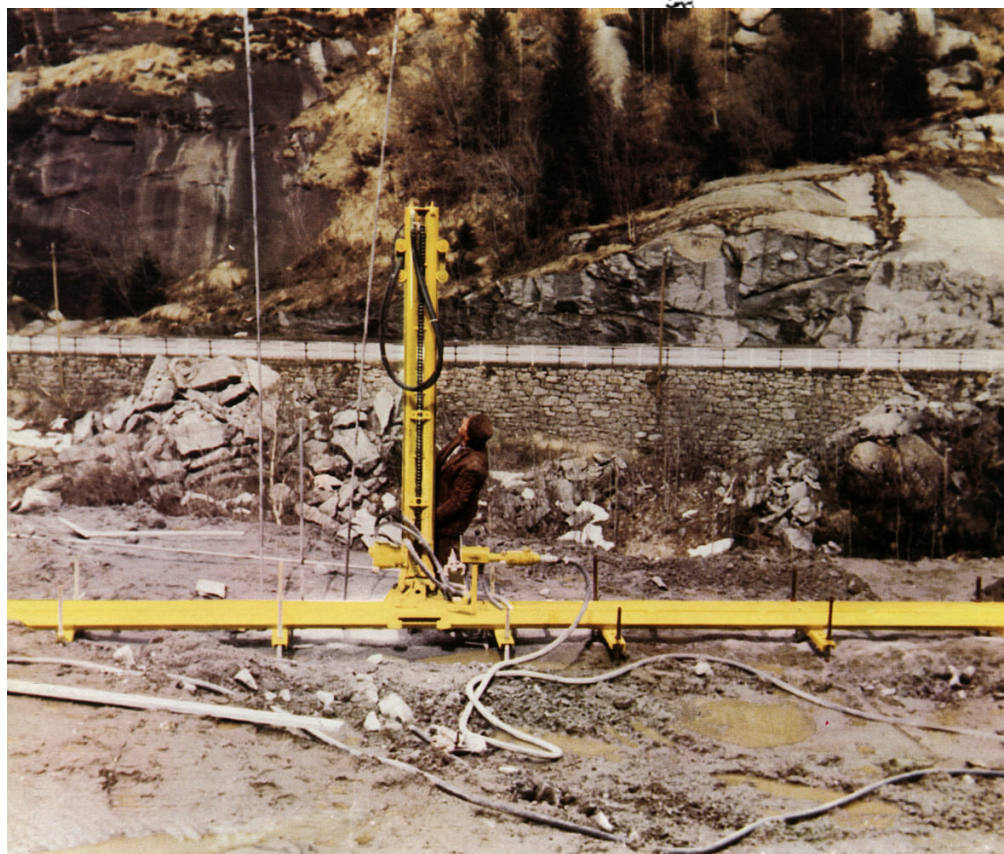
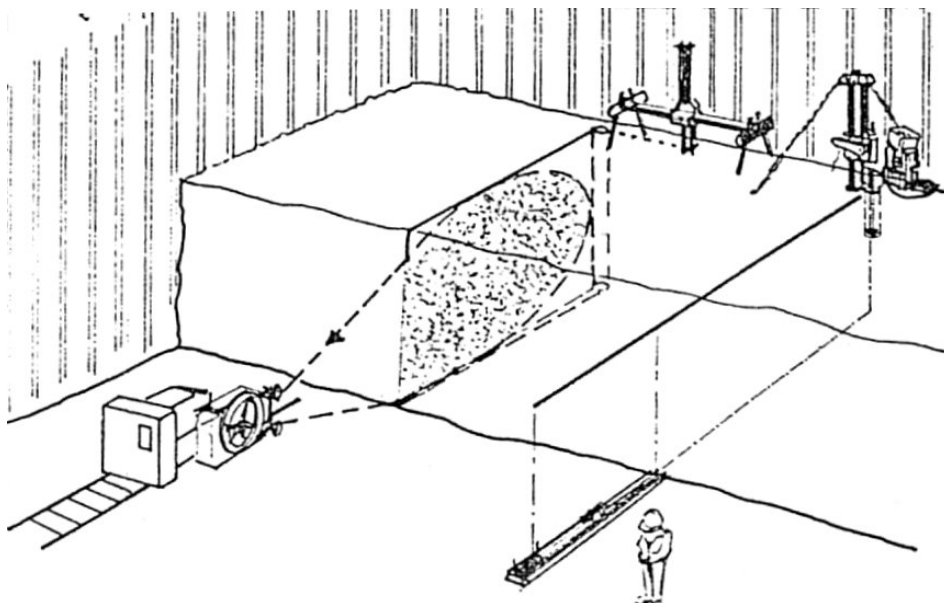
Slika 9.3. - Faze izrade usjeka kombiniranom primjenom lančane sjekačice i dijamantne žične pile



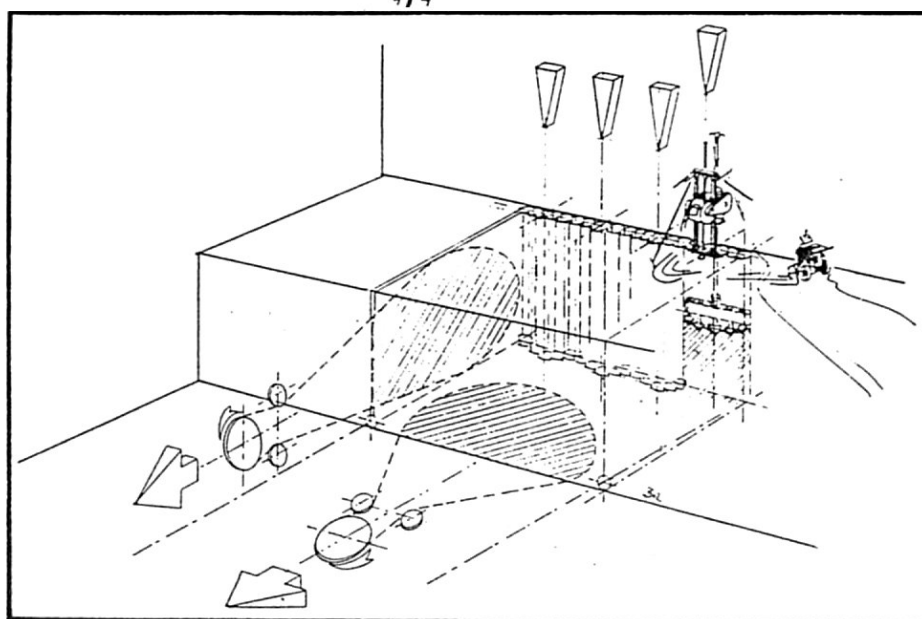
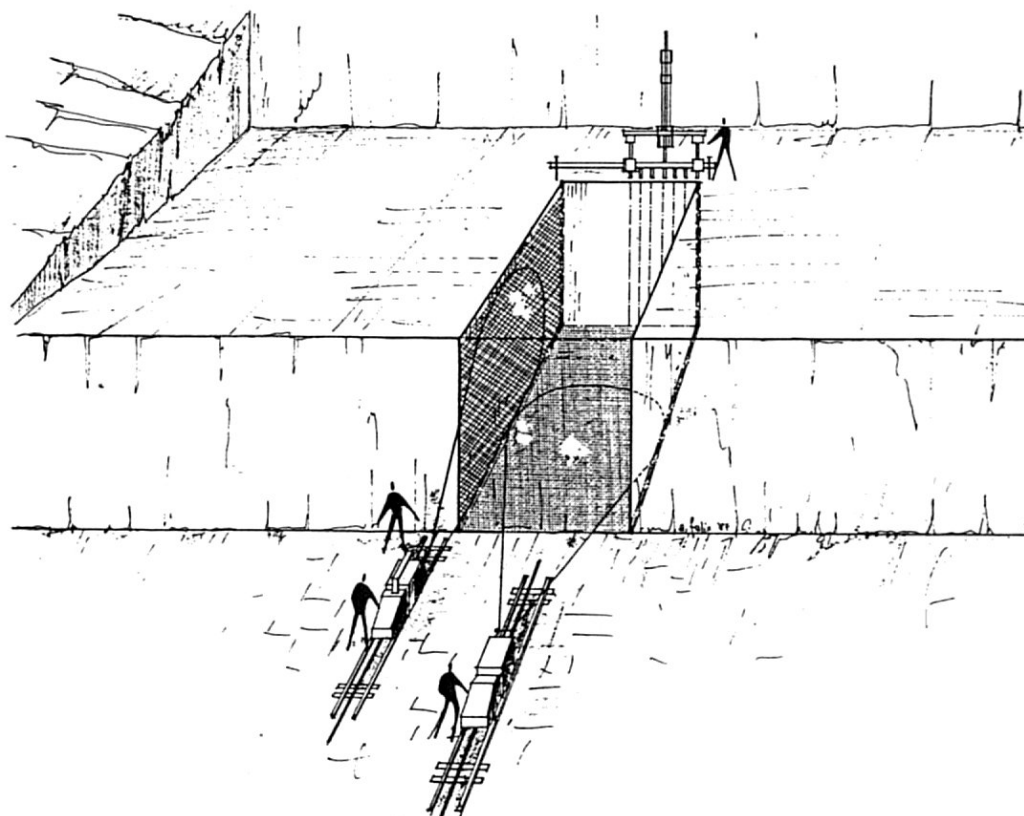
Slika 9.4. - Otvaranje trapeznog usjeka početne širine 10 m, dužine 12,5 m u etaži visine 9,8 m



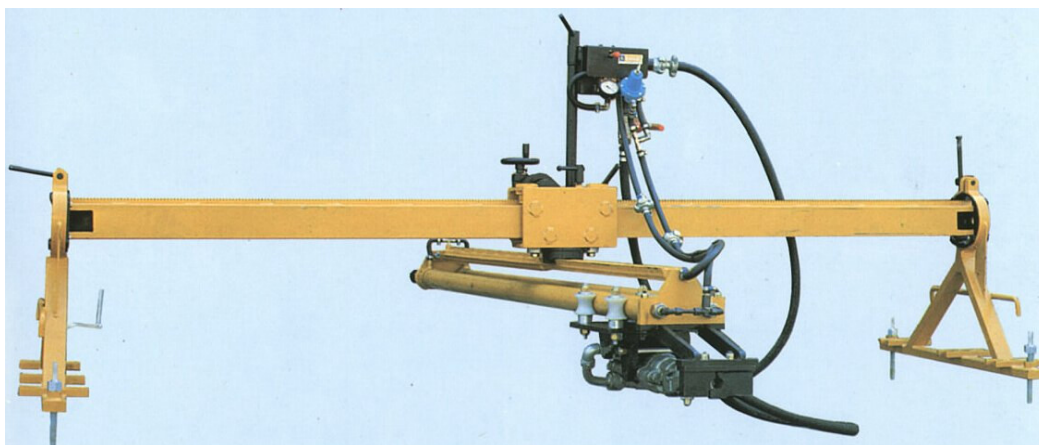
Slika 9.5. - Smanjenje visine etaže po dubini usjeka



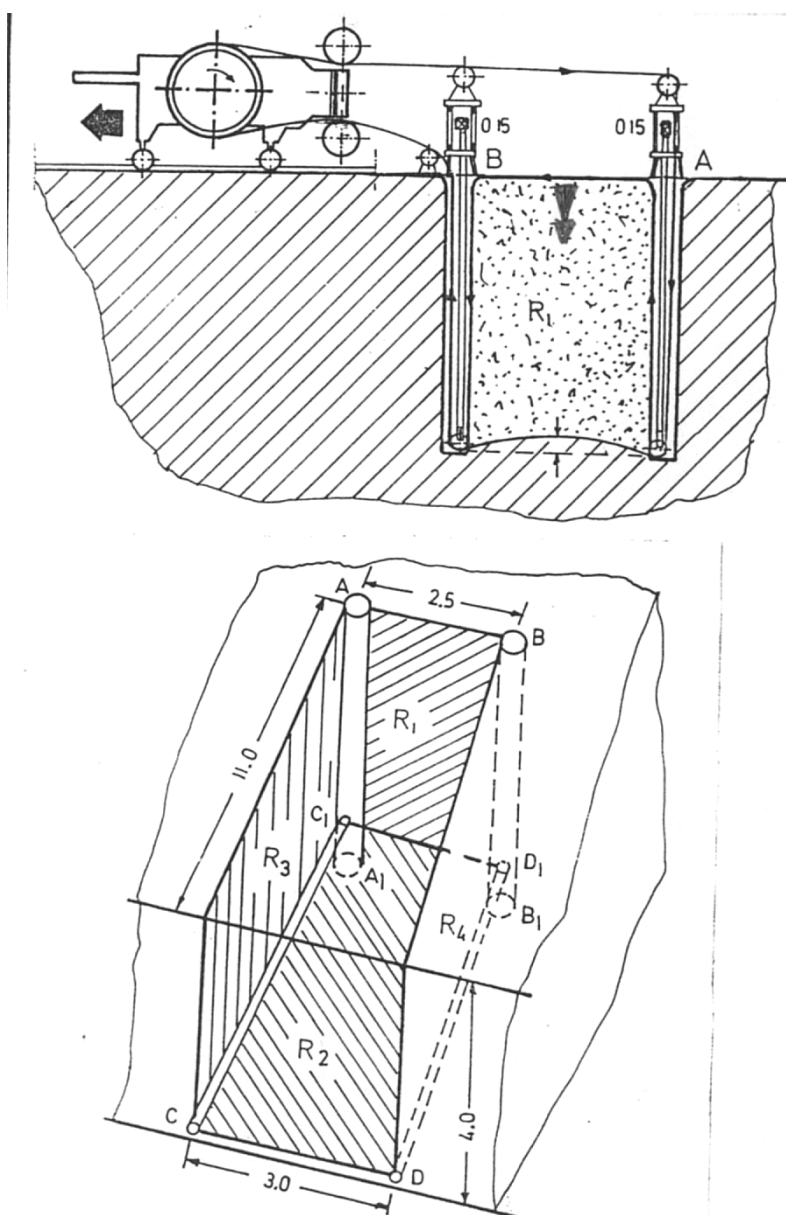
Slika 9.6. - Otvaranje usjeka piljenjem dijamantnom žičnom pilom, te bušenjem i cijepanjem klinovima



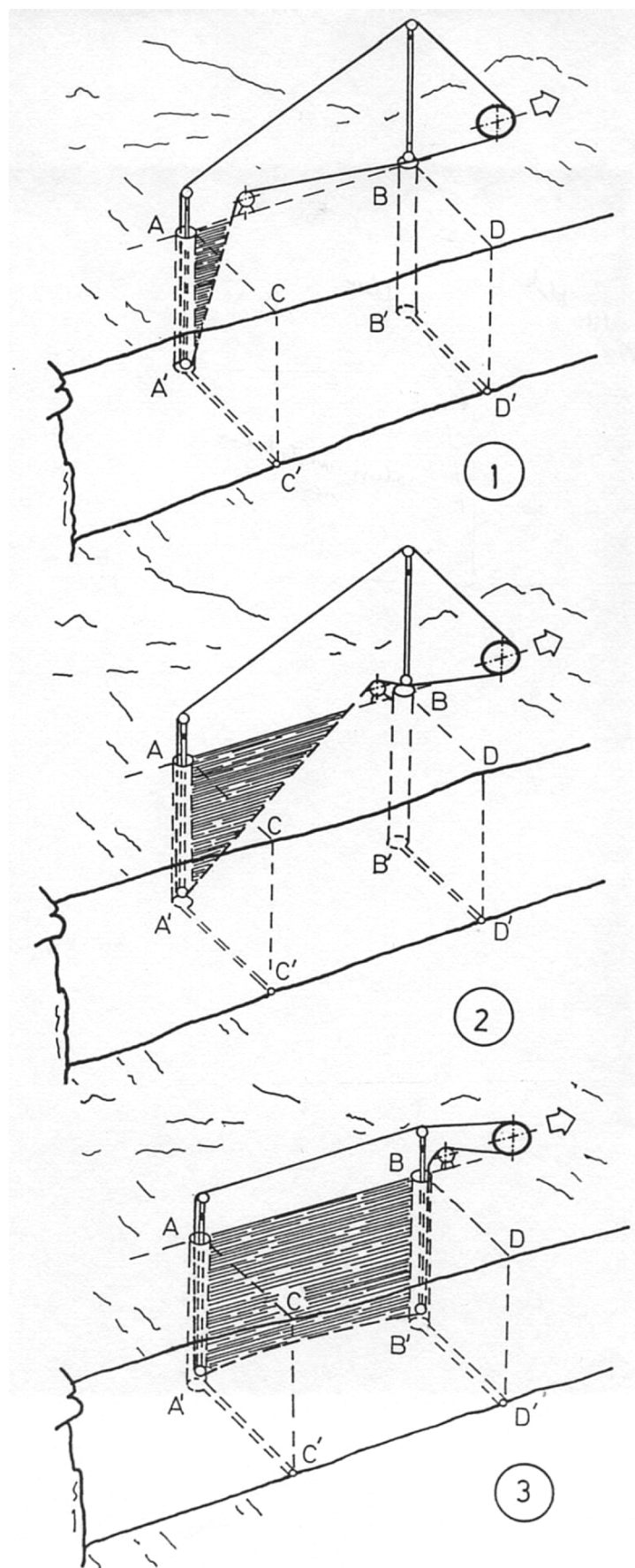
Slika 9.7. - Otvaranje trapeznog usjeka pomoću dijamantne žične pile i bušaće garniture multidrill



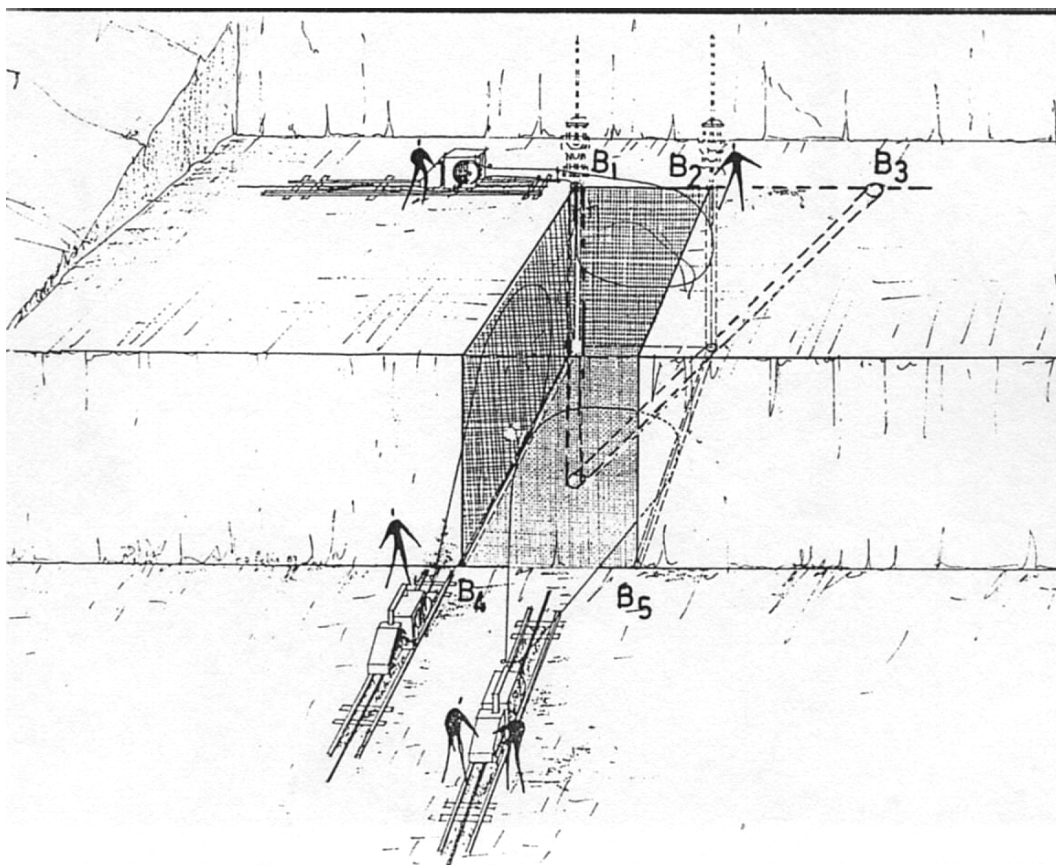
Slika 9.8. - Multidrill bušilica za izradu reza (kontinuiranog niza bušotina)



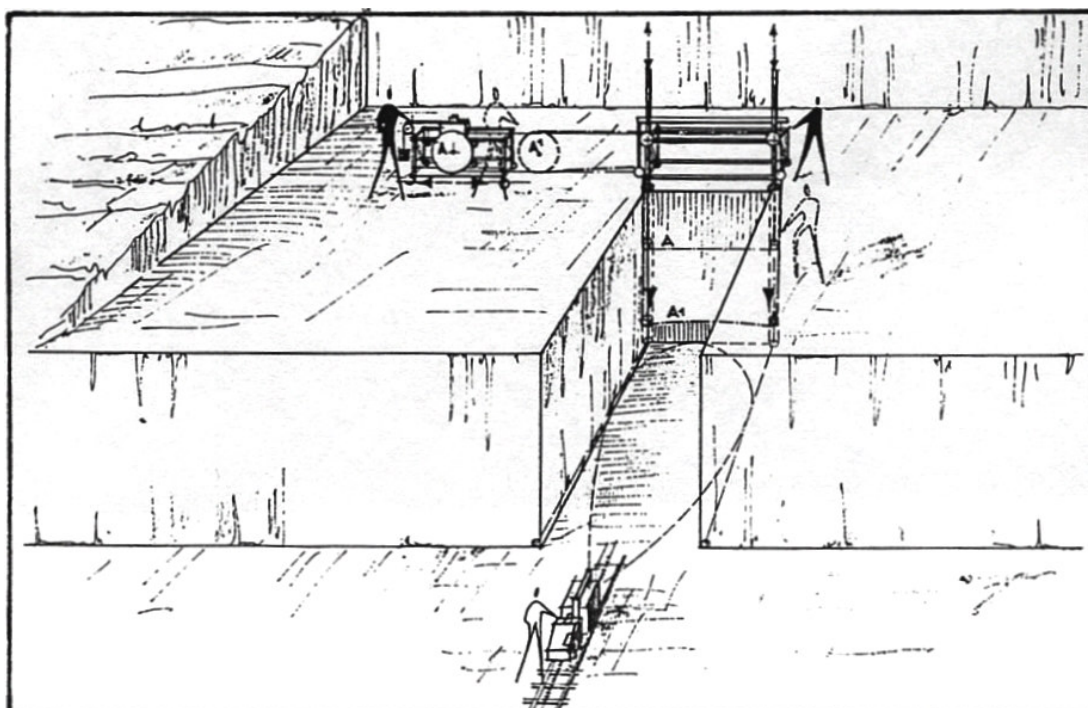
Slika 9.9. - Piljenje stražnjeg zatvorenog reza trapeznog usjeka dijamantnom žičnom pilom, uz pomoć potisnih vodilica



Slika 9.10. - Lepezasto piljenje stražnjeg zatvorenog reza dijamantnom žičnom pilom uz pomoć potisnih vodilica



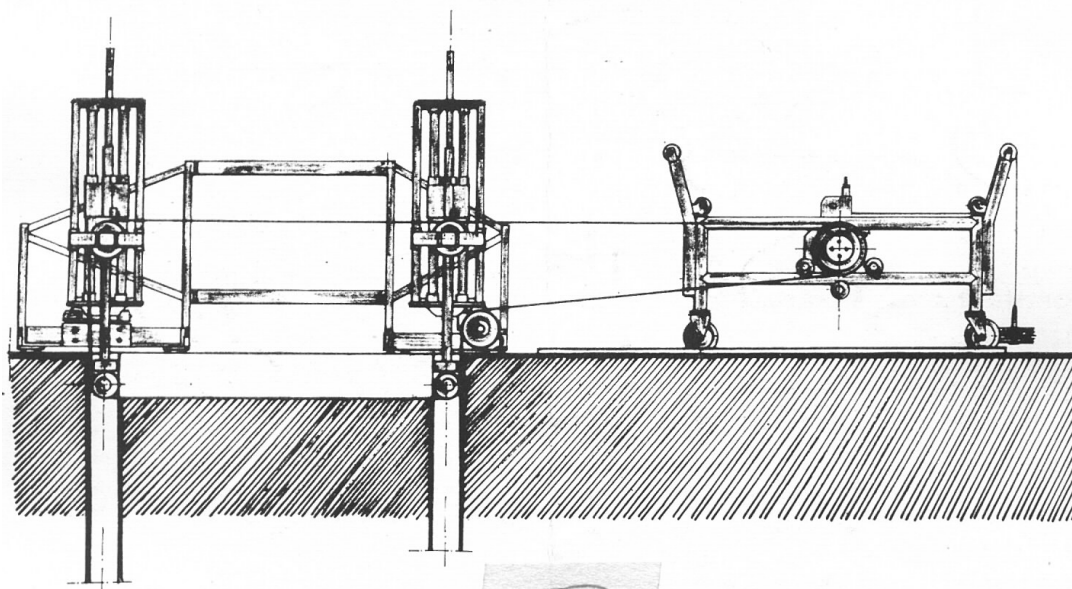
Slika 9.11. - Izrada trapeznog usjeka isključivim korištenjem dijamantne žične pile



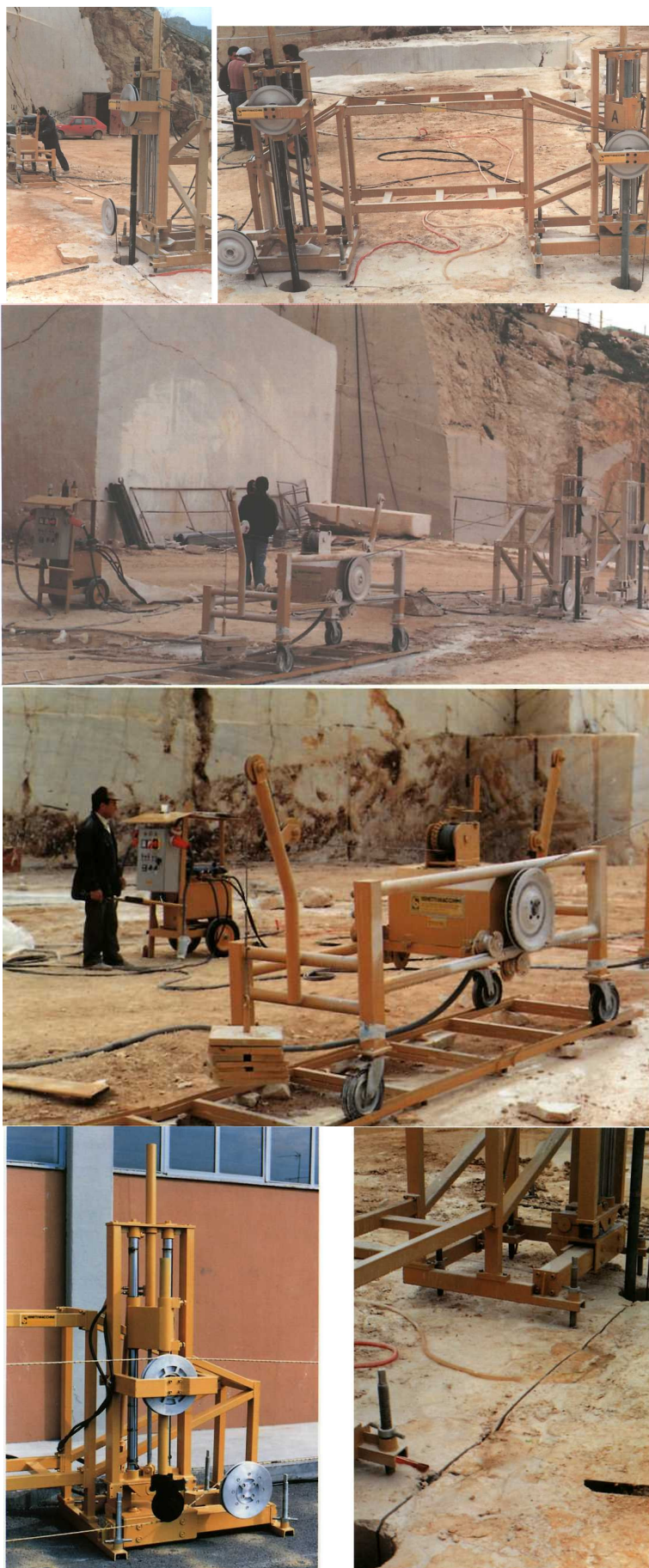
Slika 9.12. - Izrada usjeka pomoću dijamantne žične pile mod. 200 i uobičajene dijamantne žične pile

**TAGLIATRICE A FILO DIAMANTATO MOD. 200
PER TAGLI CHIUSI**

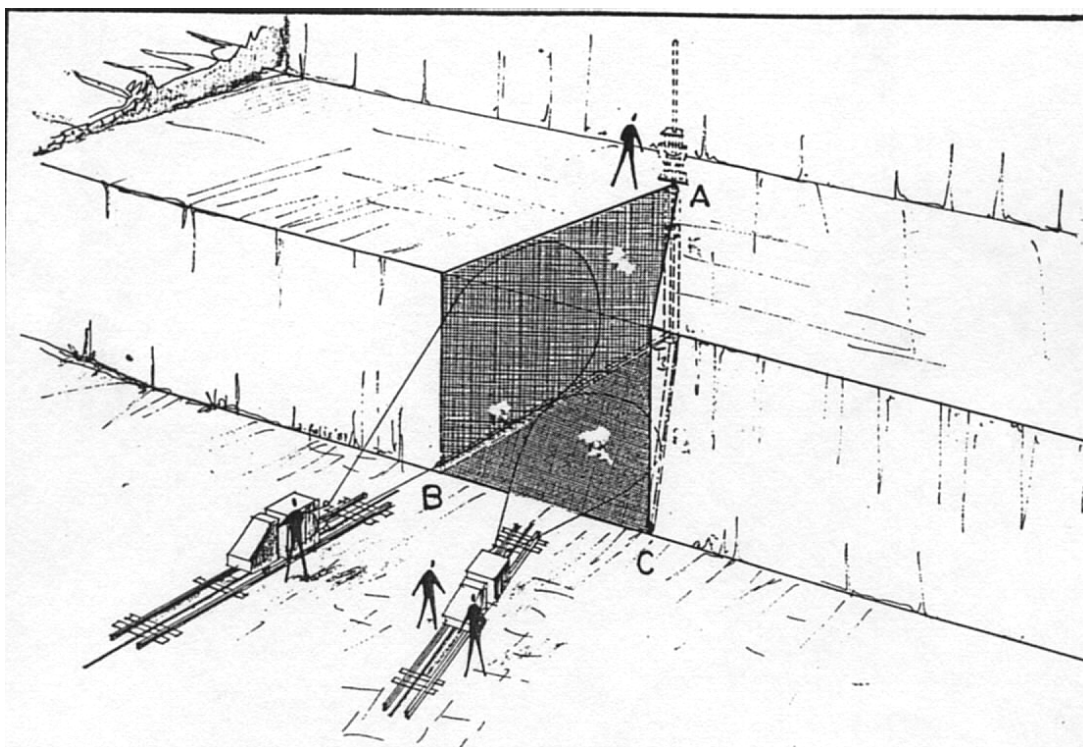
**DIAMOND WIRE SAW MOD. 200
FOR CLOSED CUTS**



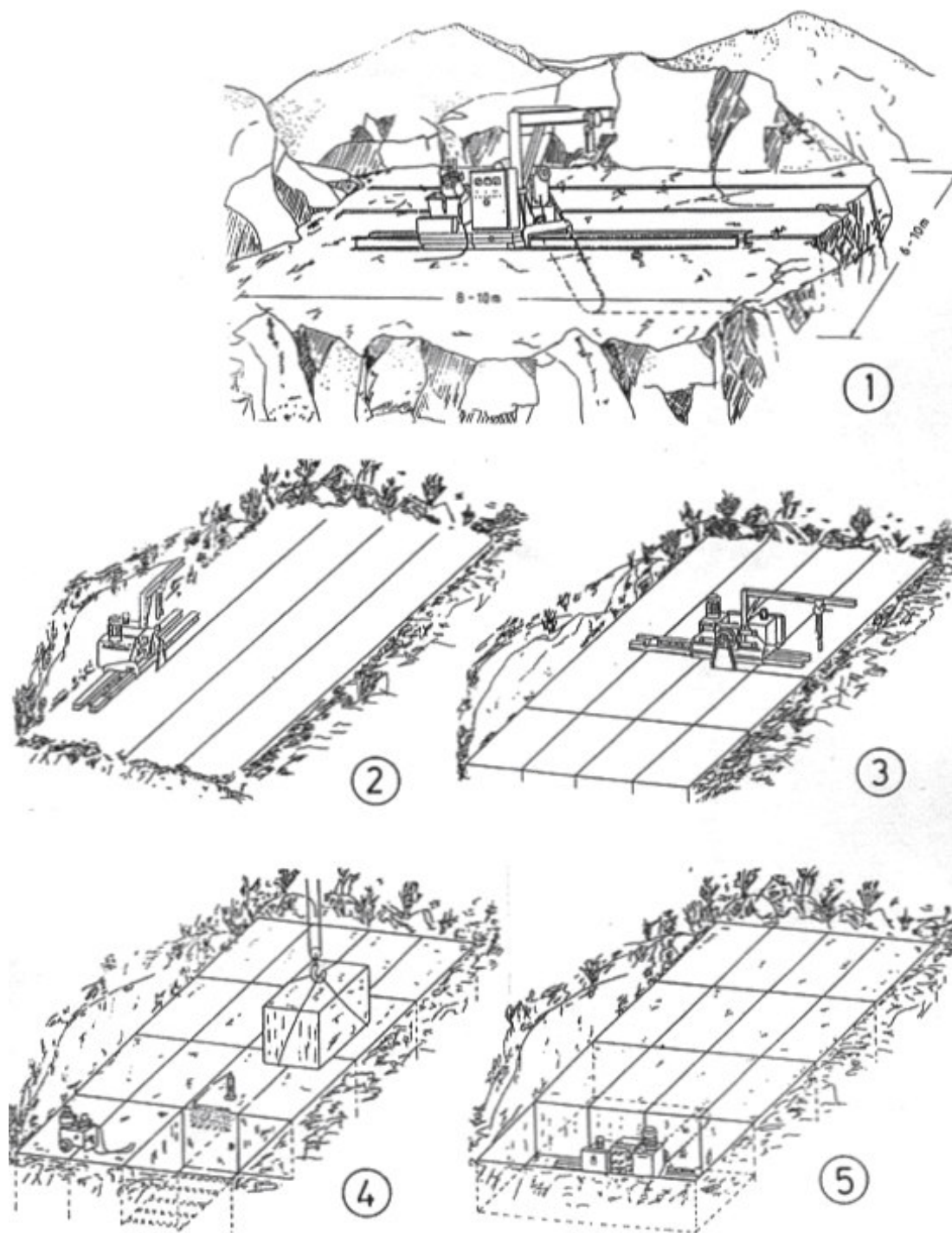
Slika 9.13. - Dijamantna žična pila mod. 200 namijenjena za piljenje zatvorenog reza



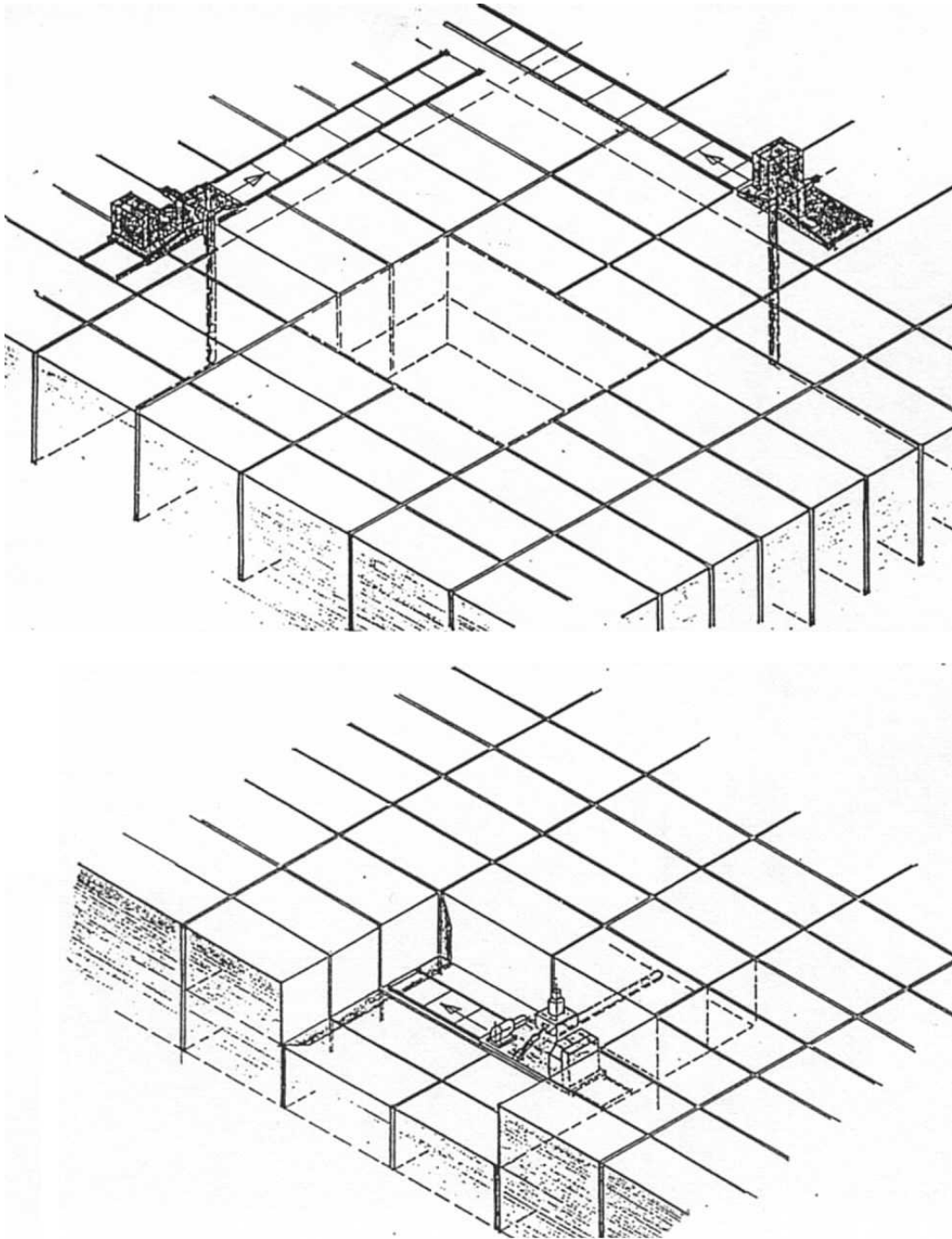
Slika 9.14. - Dijamantna žična pila mod. 200 za vrijeme rada



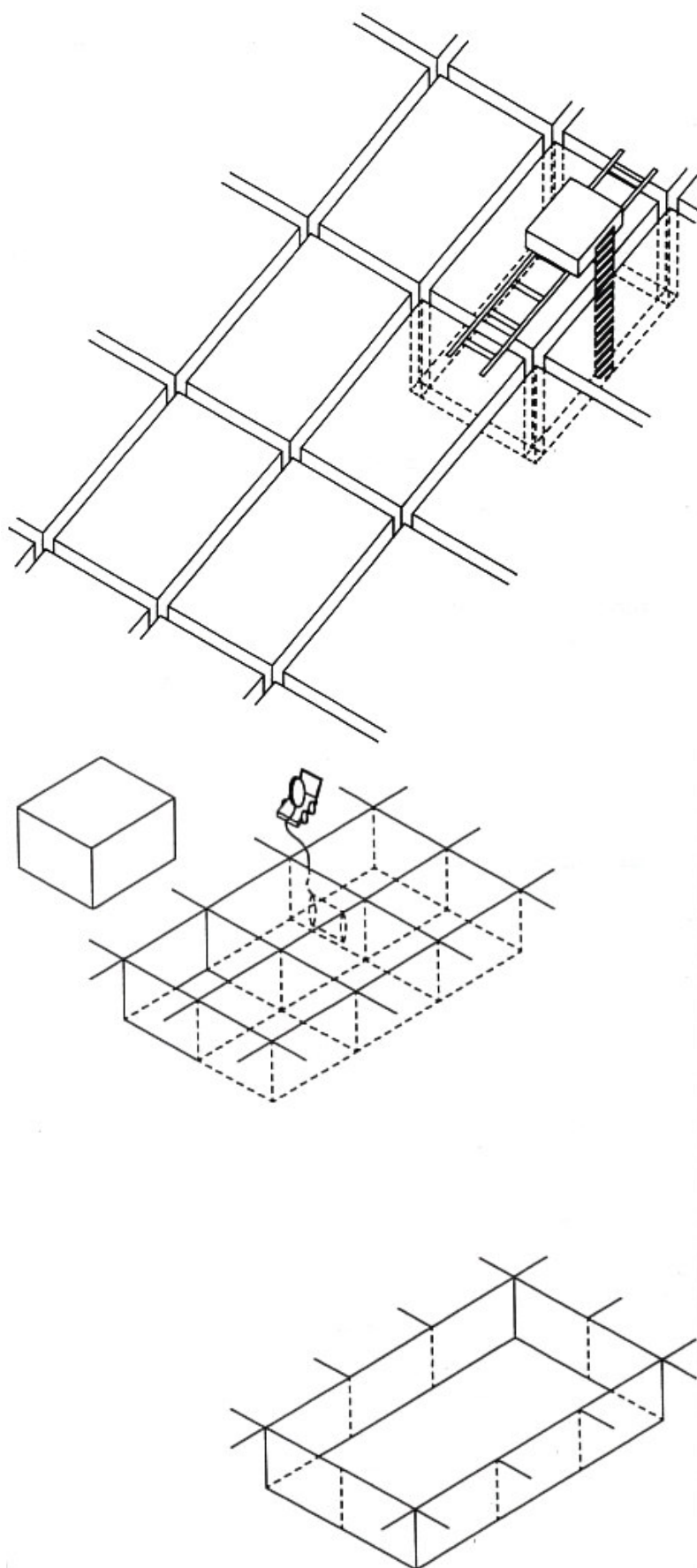
Slika 9.15. - Izrada "V" usjeka dijamantnom žičnom pilom



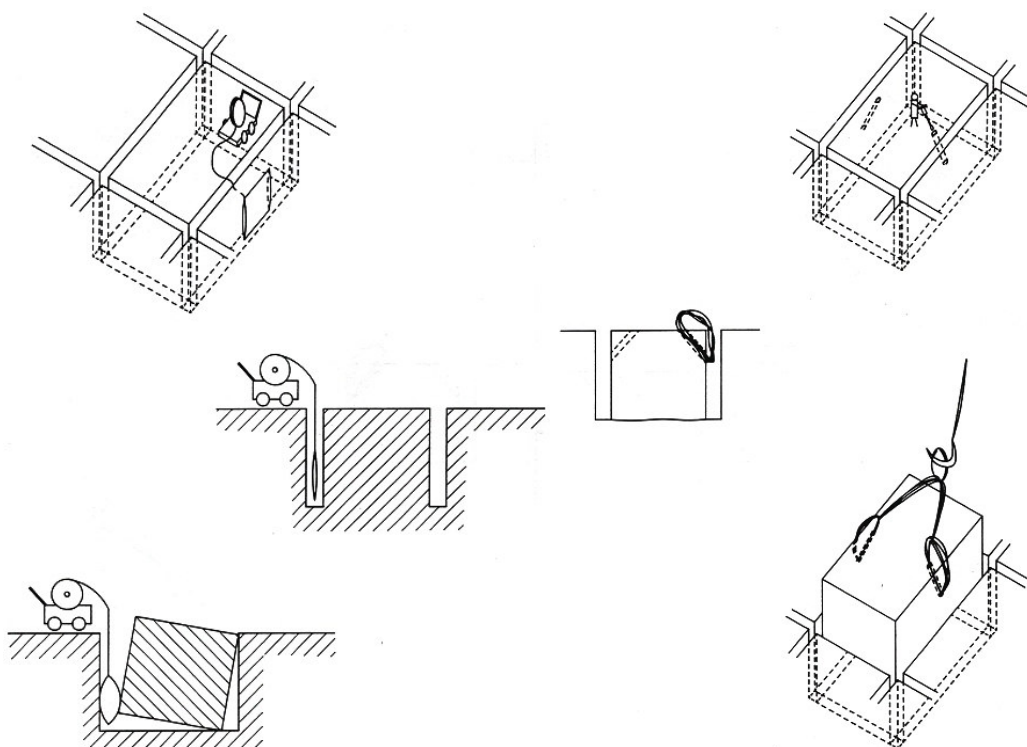
Slika 9.16. - Otvaranje dubinskog usjeka lančanom sjekačicom



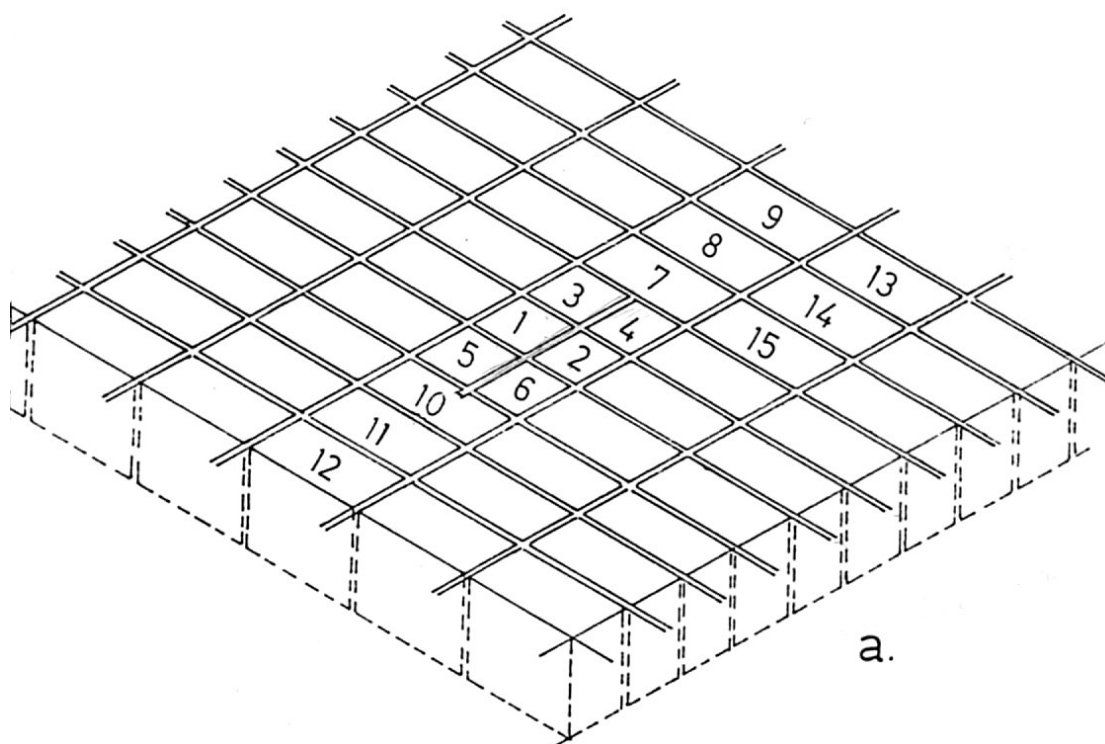
Slika 9.17.- Otvaranje i razrada površinskog dubinskog kamenoloma lančanom sjekačicom



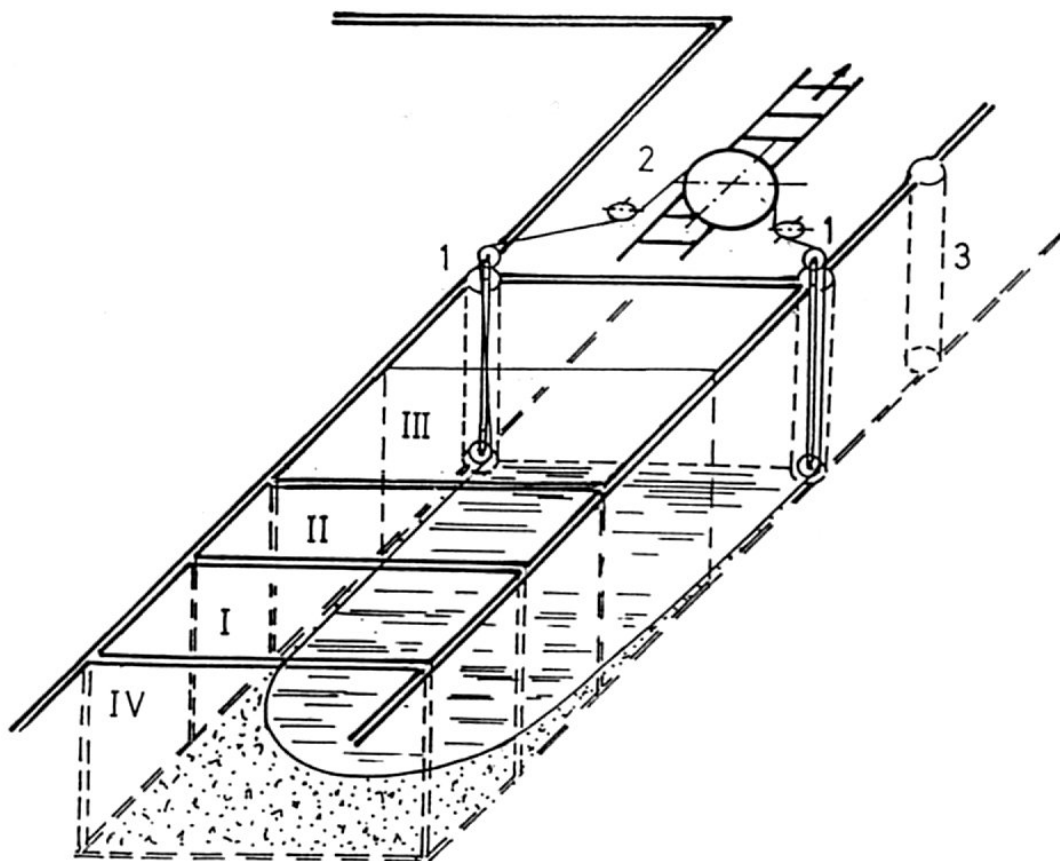
Slika 9.18. - Faze rada pri izradi usjeka u dubinskom kamenolomu



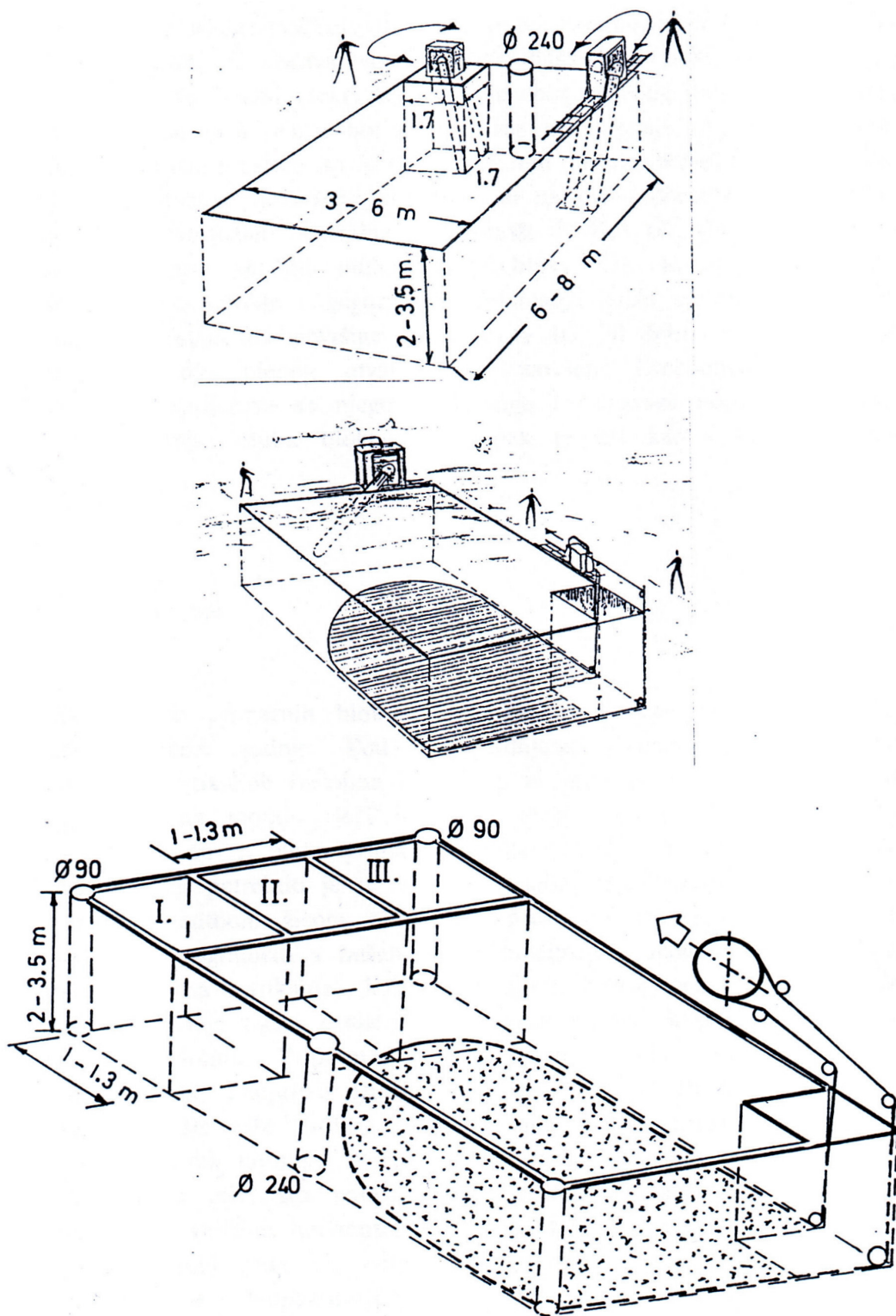
Slika 9.19. - Lomljenje i izvlačenje prvih blokova pri izradi dubinskog usjeka lančanom sjekačicom.



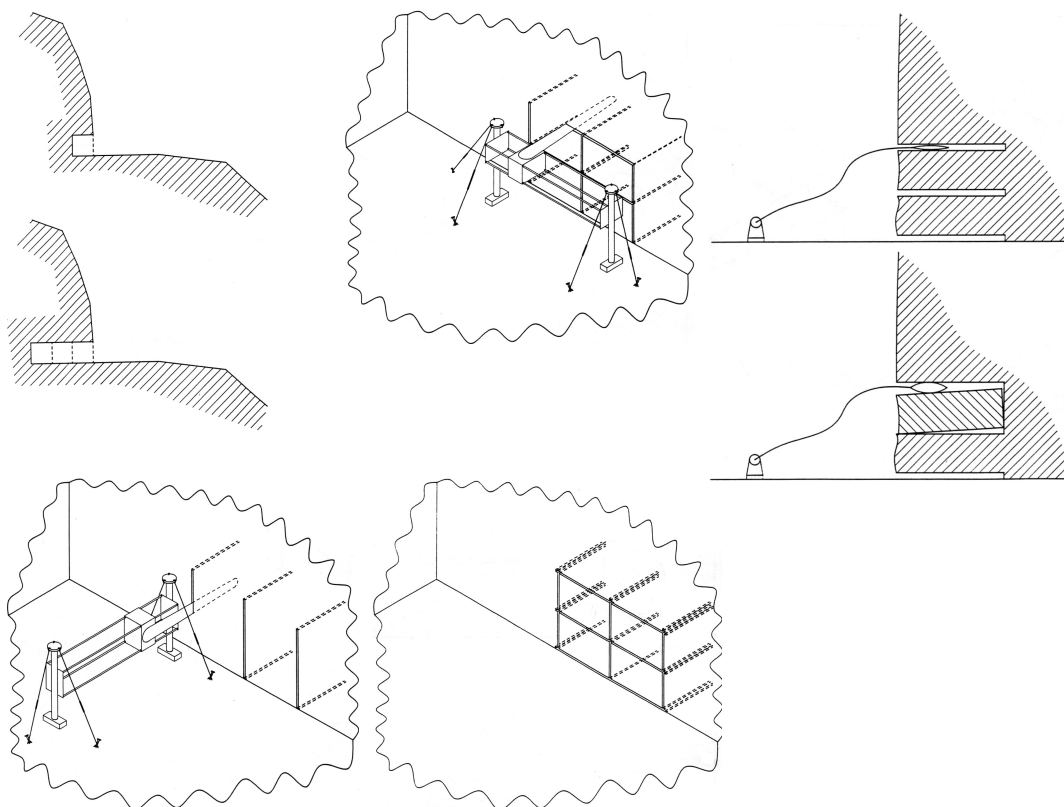
Slika 9.20. - Redoslijed i način rada pri otvaranju dubinskog kamenoloma lančanom sjekačicom



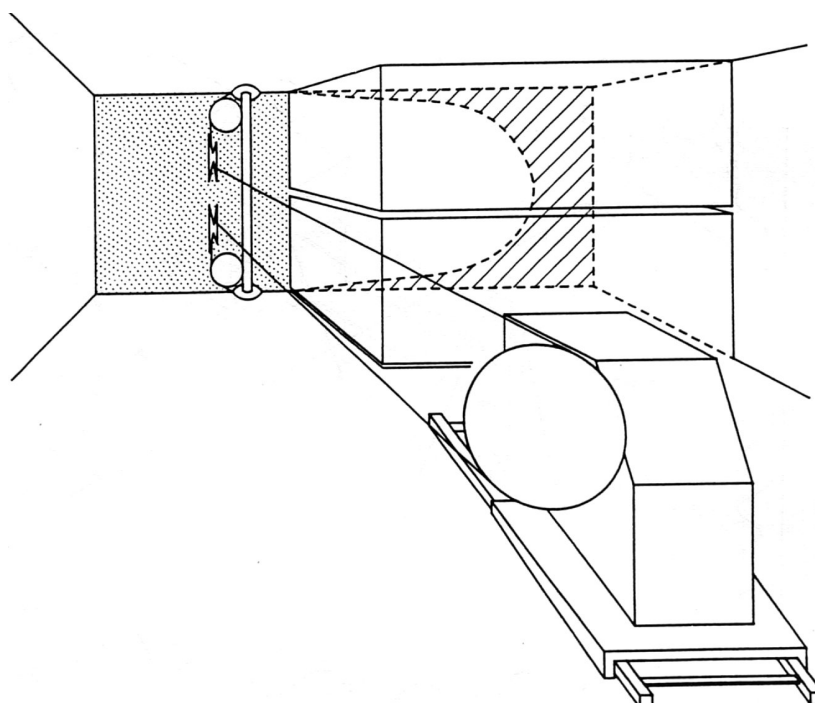
Slika 9.21. - Kombinirano otvaranje dubinskog usjeka lančanom sjekačicom i dijamantnom žičnom pilom postavljanjem pile u horizontalan položaj, 1 - tlačni stupovi, 2 - dijamantna žična pila u horizontalnom položaju, 3 - bunar $\Phi 240$ mm (za postavljanje sisaljki)



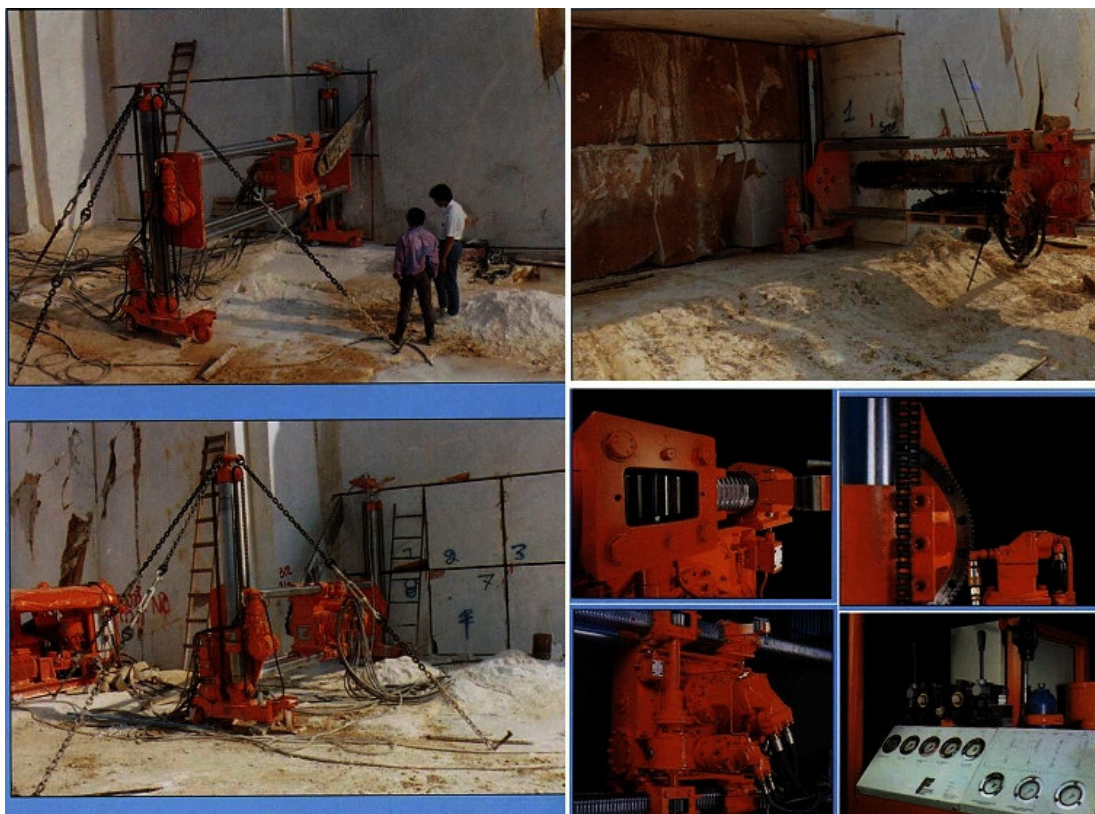
Slika 9.22. - Kombinirano otvaranje dubinskog usjeka dijamantnom žičnom pilom postavljenom u vertikalni položaj i lančanom sjekačicom



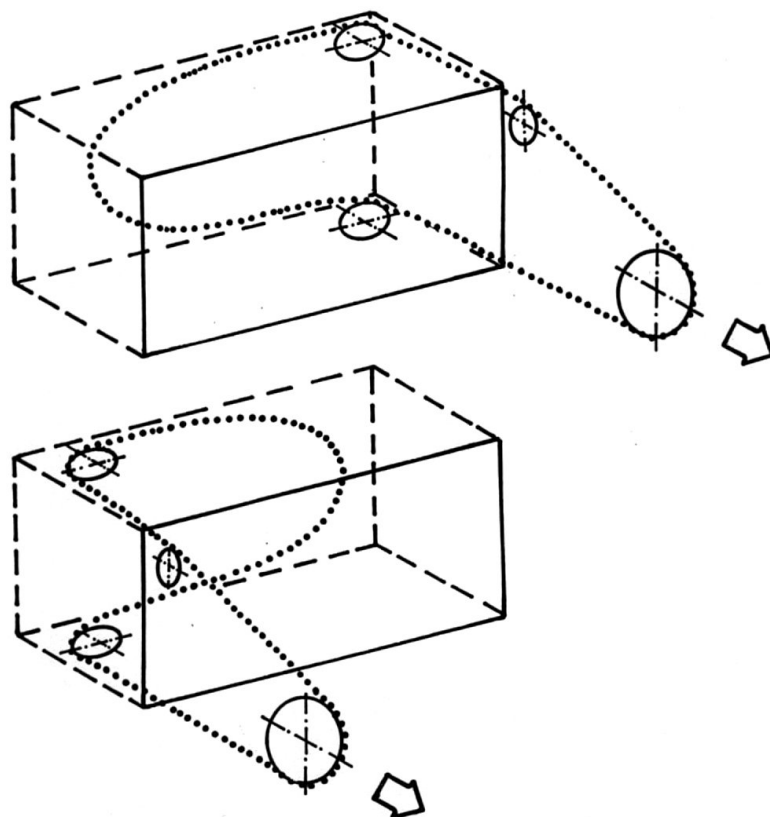
Slika 9.23. - Shema otvaranja podzemnog kamenoloma - piljenje horizontalnih i vertikalnih rezova lančanom zasjekačicom, lomljenje niza blokova u početnom usjeku vodenim jastucima



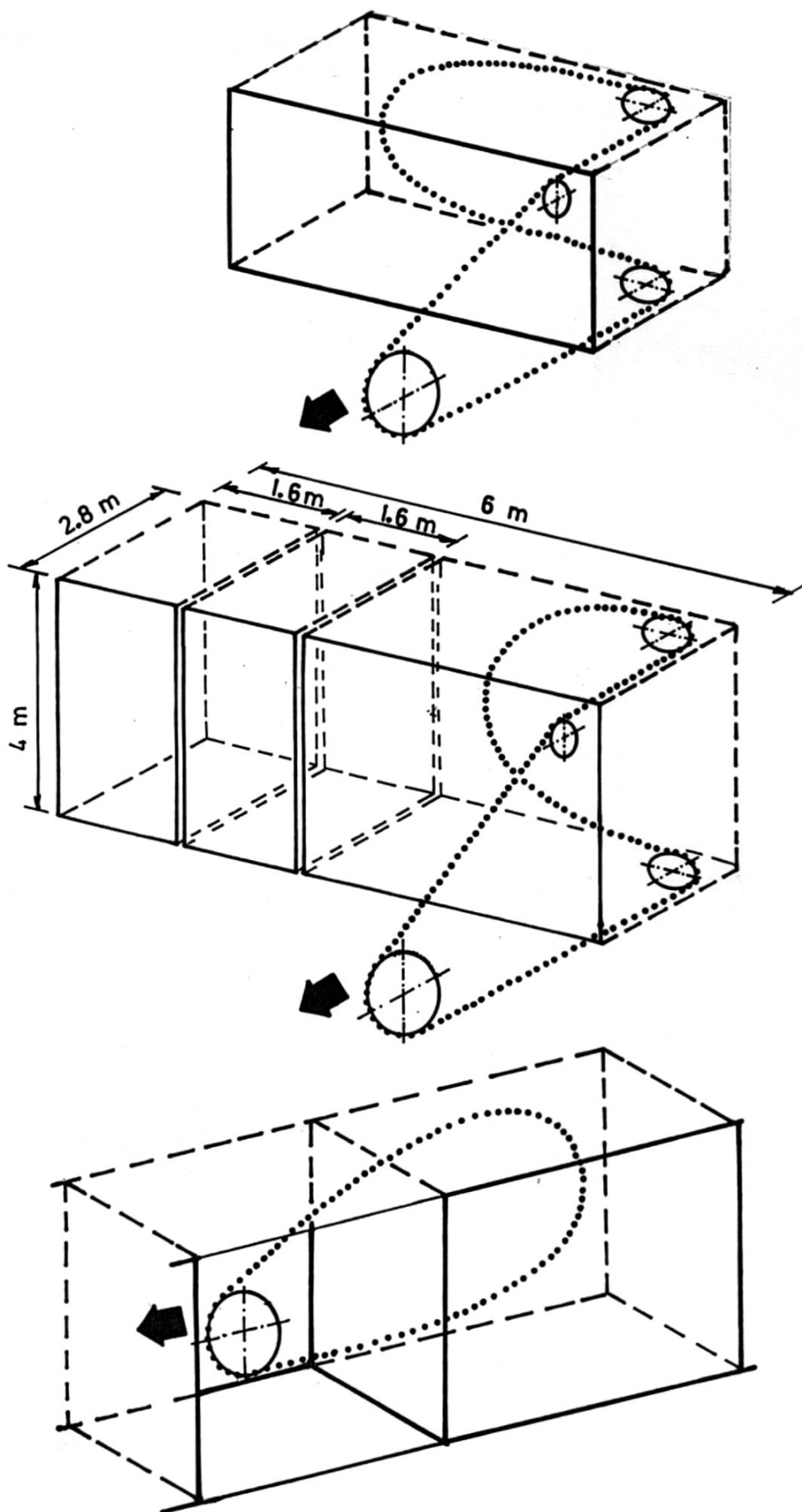
Slika 9.24. - Shema otvaranja podzemnog kamenoloma - piljenje stražnjeg reza dijamantnom žičnom pilom



Slika 9.25. - Lančana zasjekačica pri otvaranju podzemnog kamenoloma.



Slika 9.26. - Piljenje stražnjeg reza blokova u početnom usjeku dijamantnom žicom



Slika 27 - Način podzemne eksploatacije u kamenolomu La Piana (Carrara)