

13. DOBIVANJE KOMERCIJALNIH BLOKOVA

Nakon obaranja primarnog bloka na osnovni radni plato etaže iz njega se daljim oblikovanjem dobivaju komercijalni blokovi. Iz primarnog bloka nastoji se dobiti što više komercijalnih blokova optimalnih dimenzija. Tako se npr. iz optimalnog bloka dimenzija 12x9x3 m nastoji dobiti što je moguće više komercijalnih blokova dimenzija 3x1.5x1.5 m, iz bloka dimenzija 15x7x1.4 m što više blokova dimenzija 2.5x1.4x1.5 m, itd.

Oborena blok se najprije dobro opere, pozorno pregleda i na njemu obilježe prirodne pukotine. Vodeći računa o pružanju pukotina i prslina u bloku, odrede se i označe komercijalni blokovi, nastojeći da oni budu istih dimenzija, da što više blokova bude s optimalnim dimenzijama, odnosno da iskorištenje blokovske mase bude što je moguće veće.

Pri tom se vodi računa i da iskorištenje strojeva bude maksimalno, da se dobije optimalne blokove uz što manje površine piljenja ili što manji broj bušotina (u koliko se blokovi dobivaju cijepanjem) i da ima što manje jalovog rada pri premještanju strojeva i sl. Komercijalni blokovi iz primarnog bloka mogu dobivati bušenjem i kalanjem klinovima ili piljenjem (slika 13.1.). Piliti se može dijamantnom žičnom pilom ili lančanom sjekačicom. Piljenje oborenog primarnog bloka lančanom sjekačicom je, zbog širine profila piljenja (gubitak sirovine), a poglavito zbog male dužine reza i količine jalovog rada zbog premještanja stroja, nesvrhovito. Zbog toga se komercijalni blokovi izdvajaju iz primarnog bloka uglavnom bušenjem odnosno cijepanjem i piljenjem malom (laganom) dijamantnom žičnom pilom (slika 13.2.)

13.1. BUŠENJE I KALANJE KLINOVIMA

Klasični način cijepanja primarnih blokova na komercijalne sastoji se od bušenja vrtina u koje se umeću klinovi i njima kala blok (slike 13.3. i 13.4.).

Nakon što se obilježi položaj bušotina, iste se buše bušačim čekićem. Razmak između bušotina iznosi 10 do 30 cm ovisno o kvaliteti bloka. Tamo gdje nije izražena slojevitost vrtine se buše kroz cijelu debljinu bloka, a tamo gdje je u smjeru bušenja izražena slojevitost, dovoljno je da dubina bušotine bude oko četrdesetak centimetara. U pravilu jedna bušotina (svaka 5. ili 6.) je duža, što pridonosi boljem cijepanju bloka. Po završetku bušenja u bušotine se stavljaju klinovi. Za smanjenje trenja između klina i kamena u bušotine se najprije postave čelični umeci-laštre (protuklinovi), a između njih se ugura klin. Po klinovima se ravnomjerno nanose udarci čekićem (macolom). Sile udaraca klinovi prenose na protuklinove (krilaperaje), što na zidovima bušotina razvija visoki pritisak, a stijenska masa između susjednih bušotina biva izložena naprezanju na istezanje. Kad to naprezanje dostigne kritičnu vrijednost, tj. proizvedeno naprezanje premaši čvrstoću stijene, dolazi do cijepanja blokova po crti najmanjeg otpora, tj. blok se kala u pravcu izbušenih vrtina. Nepravilno postavljanje umetaka (krila) dovodi do većih iskrivljenosti površine cijepanja. Zato, da se postignu dobri efekti cijepanja, klin mora biti prilagođen bušotini, a sile se moraju prenositi tangencijalno u željenom pravcu. Dobro je klin malo podmazati (čak i istrošenim uljem) zbog lakšeg prijenosa sile, a i povećanja trajnosti. Po klinovima udarati manjim čekićem od 2 do 4 kg, ovisno o tipu klina. Dimenzije klinova (tablica 13.1) prilagođene su standardu bušačeg dlijeta (Φ 22, 29 i 34 mm).

Tablica 13.1. - Karakteristike klinova za ručni rad

Model klina	22	29	29 L	34	34 L
Promjer, mm	22	29	29	34	34
Dužina, mm	135	245	440	350	700
Razmak između bušotina, cm	5...10	10...15	10...15	15...30	15...30

Dužine ovise o kvaliteti, tj. o diskontinuitetima u bloku. Često je dovoljno bušotinu bušiti s traženim promjerom samo za dužinu klina, a nastavak izbušiti s manjim promjerom. Važno je da su sve bušotine u istom pravcu i da je tijekom bušenja očuvana paralelnost bušotina.

Zato je poželjno na bloku, sustav gustih bušotina bušiti s lafetnom bušilicom (slika 13.5.). Kod lafetne bušilice rade najčešće po dva bušača čekića, koja buše bušotine promjera 32 mm, na razmaku 12 do 20 cm. Bušilica je postavljena na postolje (tračnice) - vodilice koje usmjeravaju lafete i čekić, te održavaju pravac i nagib bušenja.

Na slici 13.6. prikazana je lafetna bušilica model TB/602. Postolje - vodilica lafete ima dužinu 4.6 m, uzduž koje se lafeta pomiče preko nazubljenih letvi s obje strane vodilica. Lafeta se uzduž vodilica može gibati i postaviti u željeni položaj u vertikalnom ili horizontalnom položaju, tako da se mogu bušiti vertikalne i horizontalne bušotine pomoću dva pneumatska čekića smještene na nosač, koji se giba uzduž lafete posredstvom galovog beskonačnog lanca. Visina lafete je 2.4 m, a dužina bušenja s jednom bušačem šipkom 2.05 m. Snaga zračnog potisnog motora za ostvarenje radnog i manevarskog posmaka nosača čekića je 1.6 kW. Tračnice s dvije bočne vodilice pričvršćene su za blok preko samozateznih sidrenih vijaka. Pomoću blokirnih osigurača zaustavljaju se kolica lafete na unaprijed određenim udaljenostima. Primjenom ovakve bušilice - vodilje ostvaruje se potpuna okomitost bušotine, po točnom pravcu i s potpuno točnim razmacima između bušotina. Potpuna preciznost u odnosu na ručno bušenje, postiže se kako kod vertikalnih, tako i kod horizontalnih bušotina. To omogućava dobra odvajanja površina, što rezultira povećanjem iskorištenja sirovine i povećanjem vrijednosti bloka.

Smanjenim obujmom dobivanja komercijalnih blokova bušenjem, tj. prelaskom na dobivanje komercijalnih blokova piljenjem dijamantnom žičnom pilom, smanjuje se potreba za korištenjem ove naprave za tu svrhu. Veću primjenu dobiva međutim, za bušenje horizontalnih bušotina na oborenim bloku pri dobivanju komercijalnih blokova piljenjem dijamantnom žičnom pilom. U koliko posteljica-tampon nije unaprijed pogodno izrađena, tj. kad ne ostane ispod bloka na točno određenom mjestu prostor za provlačenje dijamantne žične pile, na podnožju bloka je potrebno izbušiti bušotine za provlačenje dijamantne žice, pa se za te radove između ostalog može koristiti lafetna bušilica.

Na slikama 13.7., 13.8. i 13.9. prikazani su različiti tipovi lafetnih vodilica s različitim načinima potiskivanja/podizanja bušačeg (ili bušačkih) čekića, uzduž tornja, različitog načina gibanja tornja uzduž vodilica, te s različitim konstrukcijama vodilica.

Za ručno bušenje pri eksploataciji i za cijepanje klinovima koriste se također obični ručni bušači čekići npr. RK-18, RK-21 i RK-23. Tip čekića označava istovremeno i njegovu masu u kilogramima. Radni pritisak im je 500 do 600 kPa, potrošnja zraka 1.7 do 2.4 m³/min, ovisno o tipu čekića, broj udaraca 1900...2000 min⁻¹, a broj okretaja 170...220 min⁻¹. Smjenski učinak čekića kreće se od 35 do oko 50 m bušotina $\Phi 32$ mm. Za pravilno iskorištenje čekićima je, mada se obično pogrešno ne smatraju važnim alatima, potrebno pravilno održavanje i tjedni pregledi

u radionici. Prije priključivanja crijeva na čekić potrebno ih je ispuhati komprimiranim zrakom. Rad čekića na prazno, kao i bušenje s suviše velikim pritiskom na dljeto, štetno utječe na izdržljivost čekića. Pri radu čekića treba voditi računa o efikasnom ispuhivanju bušotine, kako zdrobljeni materijal ne bi na dnu bušotine stvarao jastuk koji bi usporavao brzinu bušenja.

13.1.1. Hidraulični klinovi

Osim klinova za ručni rad blokovi se mogu cijepati i hidrauličnim klinovima (čekićima). Na slici 13.10. prikazano je cijepanje kamenih blokova hidrauličnim klinovima. Princip rada je u stvari isti kao i pri radu s klinovima za ručni rad (slika 13.11.). Nakon ucrtavanja sheme bušenja i bušotina blok se cijepa umetanjem u bušotine hidrauličnih klinova. Hidraulični klin se često nazivaju “darda” prema jednom (prvom) tipu tih klinova (slika 13.12.). Hidraulični klin je u stvari hidraulični čekić, kojem se radni element sastoji od dva umetka-laštre (krila) i jednog klina (slike 13.13. i 13.14.). Pod pritiskom hidrauličnog ulja, iz hidrauličnog agregata, stap čekića djeluje na klin, ovaj se izvlači i time razmiče umetke i tako se stvara visoki pritisak na suprotnim stranama bušotine. U materijalu između dvije uzastopne bušotine javlja se naprezanje na vlak i kada to naprezanje premaši čvrstoću stijene na vlak dolazi do pucanja bloka duž crte bušenja (slika 13.15.). Bočna sila na bokovima klina, ovisno o modelu čekića, kreće se oko 2 MN, tj. jedna garnitura od pet klinova koliko ih je obično u sastavu jednog hidrauličnog agregata ostvaruje ukupnu potisnu silu od 10 MN. Kao i pri korištenju klinova za ručni rad i ovdje je bitno da su bušotine izbušene pravilno i u pravcu. Bušotine treba bušiti kružnom bušačom krunom, a ne monoblok dijetom, da se dobije što pravilnija bušotina u kojoj se neće oštetiti klin ni krila klina. Paziti da pri cijepanju ne dođe do pomicanja cijepanog bloka, što je također opasno za oštećenje klina.

Kad se cijepa veća dužina, odnosno veća masa kamena samo s jednom garniturom od pet klinova, može se pripomoći s velikim trodjelnim mehaničkim klinovima promjera 34 mm, dužine 70 ili 100 cm. Polja među hidrauličnim klinovima popune se mehaničkim (ručnim) klinovima i udarcima čekića (mace) stijena se dovede u napregnuto stanje. Potiskivanjem hidrauličnih klinova i naizmjeničnim nabijanjem mehaničkih klinova izazove se kalanje bloka po cijeloj predviđenoj crti odloma.

Hidraulični se klinovi mogu svrhovito primjenjivati i za proširivanje reza, kada je to iz bilo kojih razloga potrebno (npr. otežano uvlačenje starijih zračnih jastuka). Najprije se hidraulični klinovi 1 i 2 (slika 13.16.) nabiju (potisnu) do maksimuma. Klin 2 se ostavi u zategnutom stanju, a klin 1 izvuče i u procjep postave pomoćna krila-peraje. Ponovo se zateže (puni) klin 1 proširujući još više procjep. Ova radnja se može ponoviti više puta, jer se za svaki klin mogu upotrijebiti po dva para pomoćnih krila-peraja.

Na slici 13.17. prikazana je garnitura hidrauličnih klinova tvrtke Benetti macchine model 186/E. Pogonska jedinica klinova (čekića) je kao i kod potiskivača blokova mali lako prenosivi (vučna kolica s dva kotača) hidraulični agregat. Pogonski elektromotor snage 4 kW (ili diesel verzija 5.2 kW) pogoni hidrauličnu aksijalnu pumpu, koja ostvaruje pritisak od 50 MPa i tlači ulje preko gumenih crijeva s brzovezujućim spojnicama do čekića (klina). Pod pritiskom hidrauličnog ulja stap čekića djeluje na klin, ovaj se izvlači i time razmiče umetke klina. Promjer klina s umetcima je 33 mm, pa potrebni promjer bušotine iznosi 34 mm. Maksimalna potisna sila klina je 2.25 MN. Istovremeno se može priključiti 1 ili više alata, jer

agregat ima šest priključnih spojnice. Razni proizvođači izrađuju više tipova i modela klinova različitih veličina i radnih karakteristika. (slike 13.18. i 13.19). Izbor veličine stapa ovisi poglavito od toga cijepa li se primarni blok ili se klin koristi za sekundarno razbijanje samaca. Za sekundarno cijepanje dovoljan je jedan ili dva klina manjih dimenzija, a za dobivanje komercijalnih blokova upotrijebiti će se tri ili više težih klinova u seriji (u istoj ravni). U tablici 13.2. dane su radne karakteristike klinova različitih veličina.

Tablica 13.2. - Radne karakteristike hidrauličnih klinova

Velicina cilindra	Promjer bušotine mm	Dubina bušotine cm	Dužina rascjepa mm	Efektivna sila MN	Masa klina kg
I.	21-25	21.5	95	1.373	9.0
II.	29-33	27.0	165	3.040	17.5
III.	32-36	40.0	250	4.217	21.5
IV.	39-43	67.0	400	5.000	27.0
V.	40-45	67.0	400	6.276	31.0
VI.	42-47	80.0	500	7.256	35.0

Mali gabariti i mase hidrauličnih agregata koji se koriste i kod hidrauličnih klinova omogućuju njihovo lagano prebacivanje (prenošenje) što ih čini pogodnim za korištenje na više radilišta s različitim alatima i uređajima. Brzo-rastavljajuće spojnice omogućuju brzu i laganu izmjenu priključnog alata ili uređaja, tako da ista energetska stanica ima višenamjensku primjenu, što je pogodno za radove pri kojima se pojedine aktivnosti vremenski strogo ne poklapaju. Među alate i uređaje pogodne za priključivanje na hidraulični energetski agregat spadaju i razni hidraulični proširivači pogodni također za proširivanje reza, početno odguravanje i podizanje blokova. Potisne sile na zubima proširivača kreću se ovisno o modelu i fazi rada od 30-220 kN. Za cijepanje, potiskivanje, a i podizanje blokova mogu se koristiti i hidraulični višestupanjski proširivači, koji se sastoje od tijela potiskivača radne dužine 308-578 mm (ovisno o modelu) iz kojeg se izvlači 5-10 klipova na koje se postavi potiskujući umetak. Potisna sila kreće se od 396-792 kN. Promjer potiskivača bez umetka je 30 mm, tako da je potrební promjer bušotine (ako se koristi za kalanje bloka) 76 mm.

Posebna izvedba hidrauličnog klina prikazana na slici 13.20. razlikuje se od prethodnih po tome što se pogonski dio nalazi na čekiću. Time su samo donekle olakšani poslovi premještanja agregata, ali je masa čekića porasla, što je razlog da ova izvedba nije našla širu primjenu u praksi.

Na slici 13. 21. prikazana je pojednostavljena shema hidrauličnog klina proizvod tvrtke Gullick Dobson (Engleska). Kod svih prikazanih izvedbi čekića hidraulično ulje visokog tlaka djeluje iza stapa, koji klin špičastog oblika izvlači i na taj način razmiče umetke, dok kod ovog čekića ulje visokog tlaka dolazi ispred stapa gurajući ga unatrag, tj. klin (trapeznog oblika) se uvlači i razmiče umetke.

Univerzalnost teških strojeva s hidrostatíckim pogonom omogućava im zamjenu klasičnog radnog elementa dodatnom opremom. Jedna od mogućnosti priključenja dodatne opreme je priključenje niza hidrauličnih klinova (čekíća). Oprema se najčešće sastoji od hidraulične grede s velikim brojem priključaka koja se po potrebi, umjesto klasičnih lopata, priključuje na bagere ili utovarače (slike 13.22., 13.23. i 13.24.). S ovom opremom postižu se izvanredni rezultati cijepanja poglavito u eruptivnim stijenama (granitima) koje su pogodne za kalanje. Budući da su na kamenolomima takvih vrsta stijena bušenje i kalanje klinovima temeljne metode

eksploatacije, gdje se veliki broj ploha odvaja iz etaže ili iz prevrnutog bloka na ovaj način, tu je i ova oprema našla svrhovitu primjenu.

13.2. LOMLJENJE BLOKOVA NEEKSPLOZIVNOM SMJESOM

Umjesto bušenjem i cijepanjem klinovima blokovi, a i stijenske mase u ležištu se mogu lomiti bušenjem i cijepanjem pomoću neeksplozivne smjese, koja cijepa stijenu na temelju snažnog ekspanzijskog tlaka, koji se stvara postepeno njenim bubrenjem u procesu hidratizacije. Kao i pri cijepanju klinovima i ovdje treba po traženoj crti cijepanja izbušiti bušotine u koje će se umjesto klinova postaviti ekspanzijska smjesa (cement, malta) sastavljena pretežno od vapnenih silikata. Smjesa će kroz izvjesno vrijeme izazvati ekspanzijske napone stvorene vlastitom hidratizacijom i dovesti do pucanja stijene po crti najmanjeg otpora, tj. po pravcu izbušenih vrtina.

Iako se sredstva ovog tipa upotrebljavaju od 1980. god. (u Evropi od 1982. god.), u kamenolomima arhitektonskog kamena nakon početnog zamaha ne nalaze neku veću primjenu iz razloga što je, u odnosu na cijepanje klinovima, potrebno daleko duže vrijeme do nastanka cijepanja, a i ekonomska računica je bila na strani cijepanja klinovima. Nešto veću primjenu našla je ova metoda razbijanja blokova kamena u kamenolomima tehničkog kamena za razbijanje velikih prekogabaritnih blokova u sredinama gdje je bilo nepoželjno sekundarno miniranje. Veća primjena je u građevinarstvu pri rušenjima i razbijanjima temelja i objekata koji dopuštaju krhke lomove u gradskim sredinama i zonama, gdje je zabranjena uporaba eksploziva, jer je razbijanje s ovom smjesom bez vibracija i buke te bez razbacivanja fragmenata stijene ili betona. Može se uz to slobodno upotrebljavati bez pribavljanja dozvola i poduzimanja strogih zaštitnih mjera propisanih kada se upotrebljava eksploziv.

Pri cijepanju blokova arhitektonskog kamena u komercijalne blokove pomoću neeksplozivne smjese gubici sirovine su isti kao i pri cijepanju klinovima, pa će se ovo sredstvo više koristiti za usitnjavanje manjih ili većih komada kamena ili dijelova stijene u neposrednoj blizini rada strojeva, opreme ili rudarskih objekata, tj. tamo gdje je primjena eksploziva ograničena i štetna.

Neeksplozivna smjesa se isporučuje u obliku patrona - Capsule type i u rasutom stanju - Bulk type (slika 13.25.). Patrone je prije punjenja u bušotine potrebno uroniti u vodu, a rastresiti prah prije punjenja u bušotinu pomiješati s vodom (slika 13.26.). Otvor bušotine nije potrebno pokrivati ili začepiti bilo kakvim materijalom. Patrone su pogodnije za punjenje u horizontalne bušotine, a smjesa u rasutom stanju za dublje bušotine i slučajeve kad je predviđena uporaba većih količina smjese. U roku od oko 12 sati nakon što se smjesa postavi u bušotine pojaviti će se pukotinski lomovi, pa ukoliko se radi o razbijanju izvangabarita, može se započeti s dodatnim razbijanjem pomoću hidrauličnih razbijača - brekera i slično. Vrijeme reakcije ovisi o tipu i obliku lomljenog objekta, stanju slobodne površine, vrsti smjese, temperaturi, te o tome je li upotrijebljen ubrzivač ili ne. Proizvodi se veliki broj tipova smjese (i do 16 vrsta od istog proizvođača) i potrebno je izabrati smjesu prema vrsti i temperaturi objekta koji će se lomiti, godišnjem dobu i promjeru bušotina. Na slici 13.27. prikazani su dijagrami ekspanzijskih napona različitih patroniranih smjesa i smjesa u rasutom stanju, ovisno o vremenu djelovanja i temperaturnom tipu smjese. U tablici 13.3. navedeni su promjeri bušotina prema kojima se izabire vrsta smjese. Promjeri bušotina ne smiju prijeći maksimalne vrijednosti navedene u toj tablici.

Tablica 13.3. - Promjeri bušotina ovisno o vrsti smjese

Vrsta bušotine	Promjer bušačeg dlijeta mm	Promjer bušotine mm	Vrsta smjese	Dimenzije patrone (promjer × dužina, mm)	Masa po komadu kg
Obični promjer	34-38	34-40	Patrone	30 × 250	0.3
Veliki promjer	55-65	55-70		50 × 300	1.0
Obični promjer	30-48	30-50	U rasutom stanju	--	--
Veliki promjer	50-65	50-70		--	--

U tablici 13.4. navedene su temperature objekta koji se lomi i temperatura vode kojom se smjesa miješa ovisno o vrsti smjese, a na slici 13.28. dijagram vremenskog djelovanja neeksplozivne smjese ovisno o atmosferskoj temperaturi i temperaturi bušotine (objekta).

Tablica 13.4. - Temperatura vode ovisno o temperaturi bušotine (objekta)

Tip smjese	Godišnje doba, temperatura °C	Maksimalna temp. bušotine °C	Temperatura vode, °C
L tip	Najhladnije -5 do 5	5	niža od 5
W tip	Zima 0 do 10	10	niža od 10
M tip	Proljeće i jesen 10 do 20	20	niža od 20
S tip	Ljeto 20 do 35	35	niža od 35

Smjesa se ne smije upotrebljavati ukoliko su temperature veće od temperatura navedenih u tablici 13.4., jer postoji opasnost od izbijanja smjese (slika 13.29).

Prije punjenja bušotine s patronama, patronu je potrebno uroniti u vodu i pustiti da upija vodu dok se ne prestanu stvarati mjehurići zraka (oko 5 minuta za običan i 10 minuta za veći promjer). Posuda (volumena oko 20 l) ne smije biti onečišćena uljem ili organskim tvarima. Istovremeno se uronjava oko 30 patrona običnog promjera ili oko 18 patrona ako se radi o većem promjeru. Temperatura vode u procesu hidratizacije raste, pa je potrebno, kako bi se stalno održavale temperature iz tablice 13.4., nadolijevati ili zamijeniti vodu. Smije se upotrebljavati samo čista voda. Patrone se zatim pune u bušotinu do vrha i to u roku najviše od 20 minuta. Svaku patronu treba nabiti šipkom za nabijanje 4 do 5 puta (jednu po jednu) tako da na kraju ne ostane ni najmanji razmak između patrona, jer snaga lomljenja ovisi o gustoći punjenja. Ne zaustavljati punjenje sve dok bušotina nije napunjena do vrha, zadnju patronu odlomiti na odgovarajuću veličinu prema potrebi da bušotina bude puna.

Kad se radi sa prahom, uspe se 5 kg smjese u 1.4 l vode i sve miješa ručno ili mikserom dok ne nestanu grumeni (oko 3 minute). Smjesa izmiješana s vodom se mora odmah puniti u bušotinu do samog vrha u roku od 10 minuta. Ako se smjesa izmiješana s vodom ostavi više od 10 minuta njena će se fluidnost početi smanjivati, štoviše postoji opasnost da mješavina “iskipi” iz posude. Kratko vrijeme nakon punjenja može doći do stvaranja udubljenja na kraju bušotine, ali to udubljenje ne treba popunjavati. Bušotina se ne smije zatvarati ili prekrivati. Kad se pune horizontalne bušotine mora ih se pokriti spužvom ili nekim sličnim materijalom kako smjesa ne bi iscurila. U koliko se pune bušotine u poroznim stijenama u bušotine se

stavljaju plastične cijevi ne manjeg promjera od potrebnog promjera bušotine navedenog u tablici 13.3.

Promjer, dužina razmak među bušotinama, te količina neeksplozivnog sredstva, određuje se ovisno o vrsti stijene prema svrsi lomljenja (potpuno, parcijalno, grubo itd.). Orijentacijski parametri za primjenu u vapnencima navedeni su u tablici 13.5.

Tablica 13 - parametri punjenja neeksplozivne smjese

Promjer bušotine mm		Obični promjer											Veći promjer			
		30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	55	60	65	70
Količina	Patrone	ne upotrebljavati		1.5	1.7	1.9	2.1	ne smije se upotrebljavati					4.0	4.7	5.5	6.4
punjenja kg/m	u rasutom stanju	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	4.0	4.7	5.5	6.4
Razmak	Samac	50		60			70			80			--			
između bušotina cm	Primarni blok (ili etaža)	40		50			60			70			80-120			

Dužine bušotina su oko 70-90 % dužine bloka samca ili potpuna visina bloka ukoliko se cijepaju primarni blokovi. Bolji učinci se postižu ako je slobodna površina paralelna u odnosu na smjer pukotinskih lomova. Tamo gdje su razmaci između bušotine jednaki, lakše će se postići paralelno lomljenje u odnosu na slobodnu površinu. Razmaci između bušotina u smjeru planiranog loma trebaju biti što manji, a da bi lomljenje bilo uspješno, linija najmanjeg otpora mora biti na polovici razmaka među bušotinama.

Cijepanje stijenske mase u kamenolomu, primarnih blokova, te lomljenje samaca s više slobodnih površina prikazano je na slici 13.30. Kod samaca ukopanih u zemlju potrebno je promijeniti ili odrediti visinu bloka otkopavanjem okolne zemlje.

Neeksplozivna smjesa može špricnuti ili prodrijeti na površinu, ako se nestručno upotrebljava. Zato se treba obvezno pridržavati tablica s temperaturama vode i okoline. Ovaj proizvod pripada alkalnoj skupini i može prouzročiti sljepilo ako uđe u oči. Obvezno je nositi zaštitne naočale i gumene rukavice otporne na vodu kada se rukuje sa smjesom. Ako smjesa uđe u oči treba ih odmah oprati čistom vodom i otići liječniku. Ako je bilo koji dio tijela došao u doticaj sa smjesom valja taj dio odmah oprati čistom vodom kako bi se spriječilo oštećenje kože. Smjesa pomiješana s vodom mora se upotrijebiti u roku od 10 minuta (u rasutom stanju) odnosno u roku od 20 minuta (u patronama). Ne smije se ostaviti neiskorištena duže vrijeme, a strogo je zabranjeno ponovno puniti već napunjenu bušotinu. Ako postoji opasnost od rušenja pojedinih dijelova kamena ili koja druga opasnost, objekt treba pokriti zaštitnom mrežom. Nikad se ne smije stavljati smjesa uronjena u vodu ili pomiješana s vodom u praznu bocu ili limenku jer postoji opasnost od eksplozije. Kada dio smjese pomiješane s vodom ostane neiskorišten treba ga razblažiti s vodom i čim prije deponirati na pogodno mjesto. Iako se smjesa pakira u vrećice otporne na vlagu treba je čuvati na suhom mjestu i otvarati neposredno prije uporabe. Neupotrebljene patrone s kojih je skinuta ambalaža moraju se zapakirati u plastične vrećice i upotrijebiti što je moguće prije. Ako je ostala neupotrebljena smjesa u rasutom stanju treba odstraniti zrak iz vrećice, zatvoriti ju i iskoristiti što prije.

13.2.1. Ostale mogućnosti lomljenja blokova

Iako prikazani postojeći načini lomljenja primarnog bloka u komercijalne zadovoljavaju temeljni uvjet dobivanja blokova, odvajanje kamenog bloka uz potpuno očuvanje strukture stijene, i dalje se traže rješenja koja će pridonijeti jeftinijoj proizvodnji s manje rada. Zato se može očekivati i primjena drugačijih sličnih postupaka cijepanja blokova. Od brojnih istraživanih načina cijepanja stijena većina je u fazi eksperimentiranja.

Zadovoljavajući rezultati postignuti su tehnikom cijepanja stijenske mase pomoću elektrohidrauličnog efekta. Cijepanje stijena pomoću ovog efekta identično je u stvari cijepanju pomoću hidrauličnih klinova. Naime, u nekoliko bušotina na jednom pravcu, umjesto utiskivanja klina na strane bušotine djeluje trenutni veliki hidrostatski pritisak, tako da stijena između bušotina biva izložena naprezanju na istezanje. Kako stijene imaju nisku čvrstoću na istezanje dolazi do cijepanja po pravcu bušotine. U odnosu na hidraulične klinove, čiji je pritisak skoncentriran u užem rasponu u gornjem dijelu bušotine elektrohidraulični efekt djeluje hidrostatski na većem dijelu bušotine, pa stoga postiže i veće dubine cijepanja. Princip elektrohidrauličnog efekta sastoji se u trenutnom izazivanju visokog napona u bušotini napunjenoj vodom. Jedan dio vode trenutno isparava i ekspandira, dok drugi služi kao medij hidrostatskog prenošenja pritiska na bokove bušotina. Da ne dođe do djelovanja u bušotini u više radijalnih smjerova na sondu se postavljaju aerodinamični usmjerivači od teflona koji hidrostatske silnice usmjeravaju na dvije suprotne strane. Za ovaj način cijepanja stijena koristi se istosmjerna struja napona 10 kV. U bušotine se stavlja sonda dužine 80 cm s priključkom za kablove, a na drugom kraju brončana žica. Sonda se uvlači u bušotinu nalivenu vodom. Zatvaranjem strujnog kruga dolazi do trenutnog izgaranja brončane žice i u stijeni se pojavljuje uska pukotina po dužini bloka.

U eksperimentalnoj fazi se još uvijek nalazi sječenje stijena laserom, gdje ima velikih poteškoća pri uklanjanju isparenja i gubitaka topline isijavanjima, tako da se još nije postigao dublji prodor u stijenu.

Slično je i s istraživanjima cijepanja stijena kemijskom tehnikom gdje su istraživanja skoncentrirana na određivanje aditiva koji bi intenzivirali mehaničku fragmentaciju stijenskog materijala.

U eksperimentalnoj fazi su i istraživanja sječenja stijena pomoću elektroničkog snopa (pretvorba električne energije u energiju elektroničkog snopa), kao i sječenje pomoću plazme (ionizirajući plin visokog napona, koji predstavlja izvor vrlo visoke temperature).

13.3. DOBIVANJE KOMERCIJALNIH BLOKOVA PILJENJEM DIJAMANTNOM ŽIČNOM PILOM

Komercijalni lok dobiven iz primarnog bušenjem i cijepanjem ima neravnu površinu na crti kalanja, pa se prilikom dalje obrade oblikovanjem bloka na kamenolomu ili u pilani poravnava ta neravnina piljenjem, što predstavlja dodatni rad i dodatni gubitak sirovine. Zato se nastoji dobivati komercijalne blokove iz oborenog bloka piljenjem. Piljenje oborenih primarnih blokova s dijamantnim žičnim pilama, koje se koriste pri piljenju u čvrstoj stijenskoj masi pokazalo se neekonomično zbog malih neracionalnih površina piljenja za taj stroj i nepogodnog oblika reza s malim promjerima savijanja dijamantne žice, koji su uzrokovali njenu brzu potrošnju. Konstruiranjem i uvođenjem u eksploataciju malih (laganih) dijamantnih žičnih pila (slika 13.31.) s manjim pogonskim snagama poboljšano je i

unaprijeđeno dobivanje komercijalnih blokova piljenjem primarnog bloka dijamantnom žičnom pilom (slika 13.32.).

Kad se npr. u kamenolomu se pile primarni blokovi prosječnih dužina 12–18 m, visina 6–9 m, na debljinu 1.4–3 m, pri eksploataciji će se horizontalno piliti više takvih blokova odjednom po slojevitosti, kako bi se pilila optimalna površina horizontalnog reza. Blok se obara na prednju stranicu dimenzija 15x9 m, ako su mu npr. dimenzije iznosile 15x9x1.4 m. Taj oboreni blok ima visinu 1.4 m i iz njega se dalje formiraju komercijalni blokovi piljenjem vertikalnih rezova visine 1.4m. Blok se znači opet pili po slojevitosti, jer mu je horizontalna stranica dubine 1.4m prevrtanjem zauzela vertikalni položaj visine 1.4 m. Ispiljeni komercijalni blokovi imaju glatke završne površine, čime se povećava iskorištenje stijenske mase u odnosu na bušenje i cijepanje za oko 4 %, što je uz povećanu kvalitetu blokova povećava ukupnu proizvodnju komercijalnih blokova za oko 15 %. Zbog toga treba nastojati što je moguće više raspilavati primarne u komercijalne blokove pomoću malih dijamantnih žičnih pila.

Dijamantna je žična pila, za ove potrebe, manje snage i koristi se manja dužina dijamantne žice, jer se pili manje površine i to isključivo koristeći vertikalne rezove. Način piljenja je identičan kao i pri dobivanju primarnog bloka. Razlika se očituje u daleko kraćim pripremama koje se što se tiče bušenja mogu potpuno izbjeći, a u svakom slučaju nije potrebno bušenje sondom. Izbjegavanje bilo kakvog bušenja postiže se tako da se na posteljicu (tampon) prije obaranja bloka postave gredice, koje stvore djelomično šupljine između oborenog bloka i tampona. Kroz tu šupljinu provuče se dijamantna žica i obuhvati blok po liniji piljenja. Ako to nije moguće potrebno je za jedan rez pile samo jedna donja horizontalna bušotina, kroz koju se provuče dijamantna žica i tako omogućiti piljenje primarnog bloka. Važno je točno postavljanje žice po unaprijed predviđenoj liniji piljenja, kako bi se dobili potpuno pravilni blokovi.

Na slici 13.33. prikazana je lagana dijamantna žična pila model TL 920 proizvod tvrtke Benetti macchine. Pila je poglavito namijenjena za manje površine piljenja i pili rezove od vertikalnog do horizontalnog pod svim nagibima. Na slici 13.34. na kojoj je također prikazana mala dijamantna pila vide se pojedini dijelovi stroja kao uređaj za posmak stroja pomoću nazubljene letve, pogonski kotač trenja sa zaštitnim vratima i otklonski koturovi trenja.

Primjenom ove pile na oblikovanju blokova postiže se i bolje iskorištenje dijamantne žice, jer se na njoj može koristiti starija žica upotrebljena već pri eksploatacijskom piljenju. Naime, dijamantnoj žici se nakon izvjesnog vremena, uslijed zamora materijala, smanjuje otpornost pa je povećana opasnost od njenog pucanja zbog velikih naprezanja u rezu koji ima veliku površinu. Zato se takva žica ne može koristiti za piljenje većih rezova iako perle nisu potpuno potrošene. Pri raspilavanju blokova malom dijamantnom žičnom pilom površina reza je ispod 20 m², pa se takva upotrebljavana dijamantna žica može koristiti na ovoj pili (zbog smanjenih naprezanja i time smanjene opasnosti od pucanja), sve dok se dijamantni sloj na perlama potpuno ne potroši. Tijekom piljenja može se povećavati ili smanjivati napinjanje dijamantne žice, tj. regulirati brzina piljenja ovisno o obliku reza, koji se pri takvim radova često mijenja. Ni pri raspilavanju blokova malom pilom ne smije se piliti rez do kraja, jer se dijamantna žica najviše “zamrsi” pri potpunom izlasku iz reza. Ostavi se neispiljenih bar 20 cm, pa se taj neispiljeni dio bloka otcijepi pomoću tradicionalnih naprava običnog ili trodijelnog klina i slično.

Za raspilavanje primarnih blokova u komercijalne blokove mogu se koristiti i dijamantne žične pile namijenjene za piljenje u masivu (slike 13.35. i 13.36.).

Iskoristivost tih pila pri ovim radovima je umanjena, ali u slučaju slobodnih kapaciteta njihova primjena na raspilavanju blokova je opravdana, poglavito ako se radi o debelim blokovima (3 m visine) i većim površinama reza. Pri korištenju tih pila za ove poslove, treba raditi s manjim snagama i manjim obodnim brzinama dijamantne žice, jer se pile manji rezovi od optimalnih površina piljenja ovih strojeva. U slučaju slobodnih kapaciteta ili potrebe intenziviranja radova istovremeno se može nesmetano raditi s više dijamantnih žičnih pila. Jedan primjer korištenja dijamantnih žičnih pila na raspilavanju bloka velikih dimenzija prikazan je na slici 13.37.

13.4. RASPILAVANJE PRIMARNIH BLOKOVA LANČANOM SJEKAČICOM

Kod zdravih blokova s visokim koeficijentom iskorištenja komercijalni se blokovi mogu dobivati i piljenjem lančanom sjekačicom. Nakon prevrtanja bloka na njega se postave tračnice i na jedan od krajeva tračnica podigne lančana sjekačica. Pili se pomicanjem sjekačice do suprotnog kraja tračnica. Došavši do kraja izvlači se ruka (mač) iz reza, skida lanac, ruka zakreće u vertikalnoj ravnini za 180° i ponovo montira lanac, ali u suprotnom smjeru. Nakon ovih radnji, pili se do spoja s prethodnim rezom, tj. dovrši se započeti rez, a da se pri tom nije premještalo ni stroj ni tračnice. Tek kad je prvi rez potpuno završen, premješta se stroj s tračnicama paralelno s ispiljenim rezom u novi položaj i na isti način pili slijedeći rez.

Iskorištenje sirovine i pri zdravim blokovima je znatno manje nego pri piljenju dijamantnom žičnom pilom, jer je debljina reza lančane sjekačice (42 mm) daleko veća nego kod dijamantne žične pile (10 mm), pa su za toliko i veći gubici sirovine uslijed gubitaka od širine reza. Ova razlika je poglavito izražena kad se pili više rezova na bloku. Zato je primjena lančane sjekačice daleko svrhovitija pri piljenju horizontalnih rezova za izdvajanje primarnih blokova iz masiva.

Osim klasične stacionarne sjekačice u pilanama i kamenolomima se ponekad koriste i manje ručne prenosive sjekačice, kao pomoćni alat za raspilavanje manjih ili dotjerivanje većih blokova. Na slici 13.38. prikazana je jedna takva sjekačica s kojom moraju rukovati dva radnika, a na slici 13.39. za sjekačica kojom rukuje 1 radnik.

13.5. ZAVRŠNO OBLIKOVANJE BLOKOVA

Pri bilo kojem načinu dobivanja komercijalnih blokova ostaje (zbog prirodnih diskontinuiteta u stijeni) dio nepravilnih blokova većih dimenzija, koji se mogu dodatnim završnim oblikovanjem dotjerati dajući im približno paralelopipedan oblik, čime im se podiže komercijalna vrijednost. Osim nepravilnih i subpravilnih (bar dvije površine međusobno paralelne) blokova, koji se postupcima sekundarne obrade mogu dotjerati do kategorije pravilnih blokova, ostat će dio malih blokova nepravilnih oblika-tombolona, koje se današnjom tehnologijom obrade u pilanama u određenim slučajevima isplati prerađivati.

Pri cijepanju primarnih blokova klinovima dobiju se, za razliku od piljenja dijamantnom žičnom pilom, neravne površine bloka (slika 13.40.) Te neravnine se uklanjaju daljim dotjerivanjem bloka u kamenolomu ili u pilani.

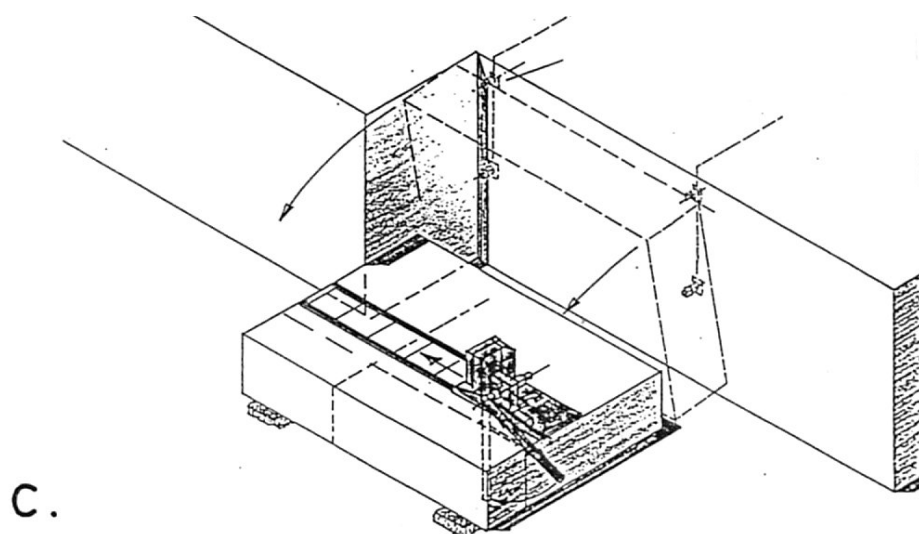
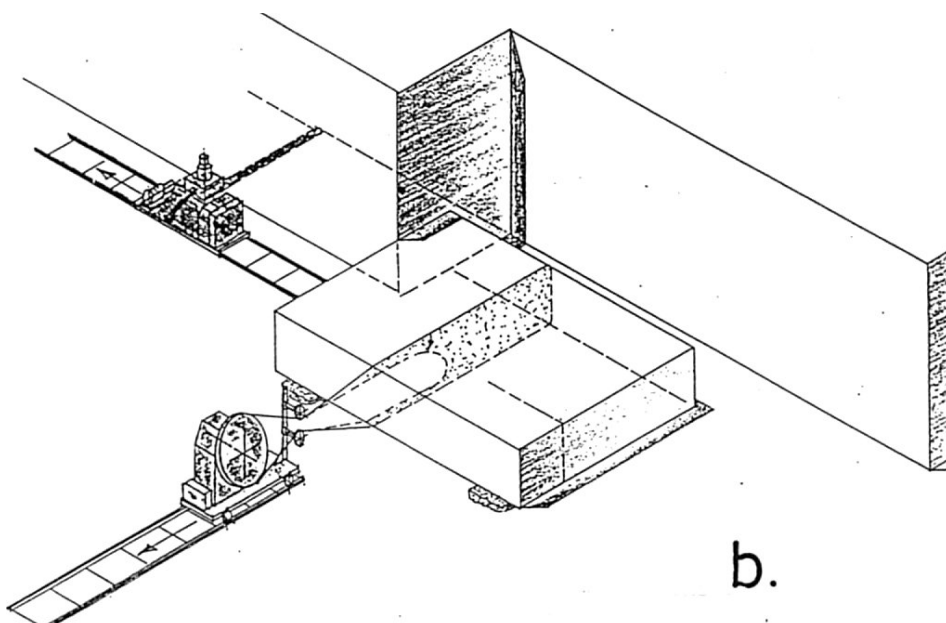
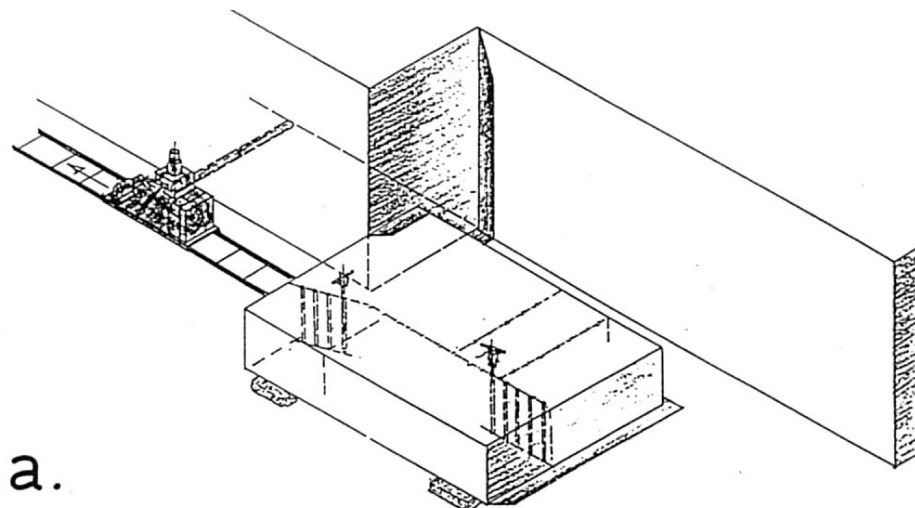
Uz ručno dotjerivanje, koje se koristi samo za odstranjivanje manjih nepravilnosti, danas se u kamenolomima za oblikovanje blokova koriste i stacionarni strojevi za formiranje blokova kao što su: dijamantni žični gater, monolama i

ponegdje stroj s dijamantnom kružnom pilom velikog promjera. Ovi su strojevi u stvari iz pilane premješteni u kamenolom, kako bi se što manje nekorisne mase prevozile od kamenoloma do pilane.

Zbog manjeg kapaciteta, tj. zbog male brzine piljenja monolamom, na kamenolomima se za ove namjene ustalio stacionarni žični gater kojem je rezni element također dijamantna žica.

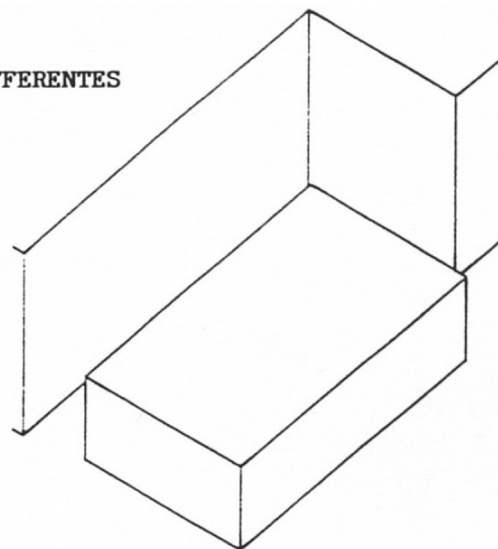
Inačica stroja namijenjenog za piljenje blokova znatne visine za rad u kamenolomu (slike 13.41. i 13.42.), nema kolica (karet) za smještaj blokova. Gater se montira u kamenolomu na osnovnom radnom platou, bez izrade temelja. Zahvaljujući dvama radnim kotačima velikog promjera od 2500 mm (model Diamantfil tip DF 2500 - proizvod tvrtke Pelegrini), od kojih se svaki lagano spušta i prodire u posebni na tlu napravljeni usjek, može se kompletno rezati blokove dužine 4 m, visine 2.2 m (ili 2.4 m). Blokovi se dopremaju pod gater direktno utovaračem. Na stacionarnim strojevima, kao što je i dijamantni žični gater, mogu se naravno raspilavati samo blokovi veličine koje se mogu zahvatiti i dopremiti utovarno transportnom mehanizacijom, za razliku od mobilnih pila koje se dovoze do blokova bilo kakvih dimenzija. Zato su ovi gateri pogodni za oblikovanje i obradu komercijalnih blokova dobivenih iz oborenih primarnih blokova, a ne za raspilavanje primarnih blokova. Osim za izravnavanje blokova, npr. nakon cijepanja klinovima, gater se naravno po potrebi može koristiti i za raspilavanje bloka u deblje sirovo piljene ploče, isto kako se koristi i u pilani.

Veliki promjeri pogonskih kotača smanjuju vibracije i naprezanje na savijanje dijamantne žice, što omogućava rotaciju perli (žice) okomito na pravac gibanja žice, čime se spriječava nepravilno trošenje dijamantnih perli do kojeg bi došlo ako perle ne bi rotirale. Pogonski se kotač trenja pokreće preko varijatora s kontinuiranom promjenom brzine, što omogućava lagano pokretanje uz mogućnost promjene obodne brzine dijamantne žice (ovisno o vrsti kamena) između 10 i 35 m/s. Napinjanje žice postiže se direktnim klizanjem jednog od dva radna kotača po saonicama za otprilike 800 mm. Nakon što je započeto piljenje stroj može raditi bez prisustva radnika, jer je kontrola rada automatska, a zaštitni uređaji zaustavljaju stroj u slučaju nedostatka vode, pucanja dijamantne žice i kad je rez potpuno ispiljen.

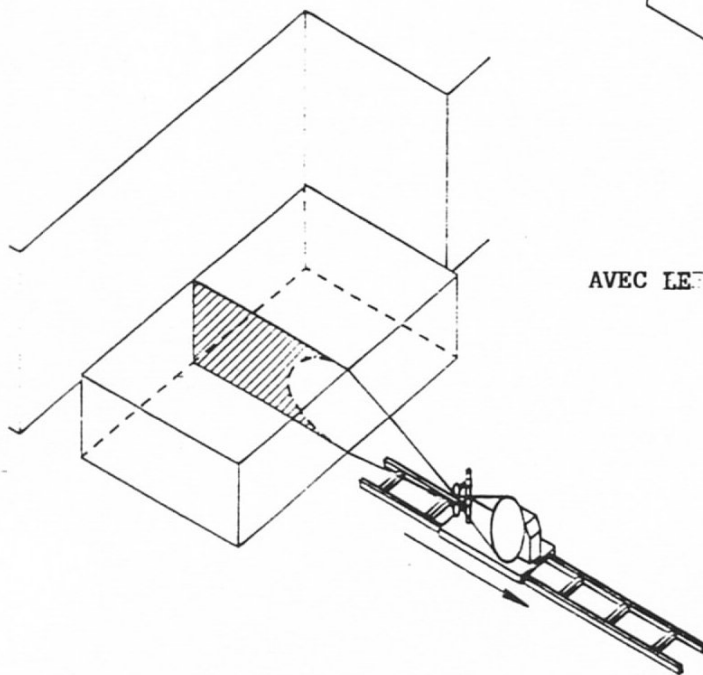


Slika 13.1. - Dobivanje komercijalnih blokova a) bušenjem i kalanjem, b) piljenjem dijamantnom žičnom pilom, c) piljenjem lančanom sjekačicom

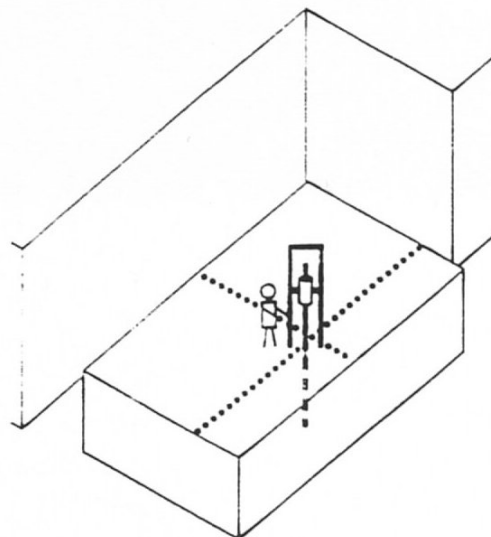
TAILLES SECONDAIRES EXECUTES AVEC DIFFERENTES
TECHNOLOGIES.



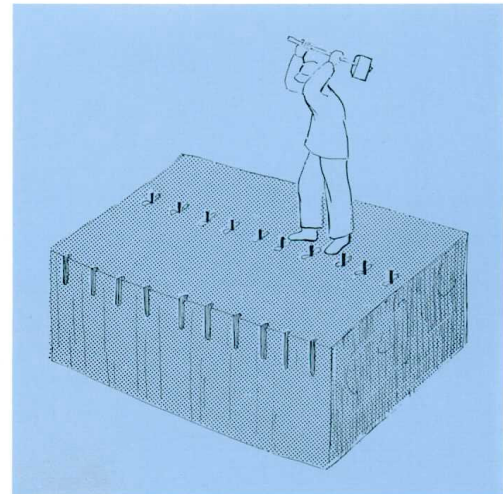
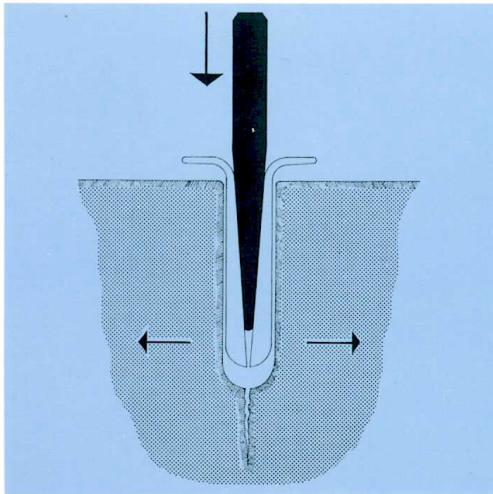
AVEC LE FIL DIAMANTÉ.



AVEC PERFORATEURS MANUELLES.



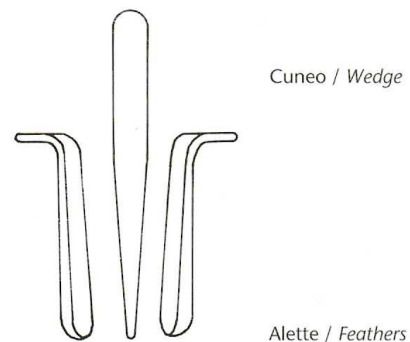
Slika 13.2. - Najčešći načini izdvajanja komercijalnih iz primarnih blokova



Esempio particolare e vista d'insieme di apertura blocco a mezzo spaccaroccia.
Detail and overall view of the splitting of a marble block using wedge stonebreaks.

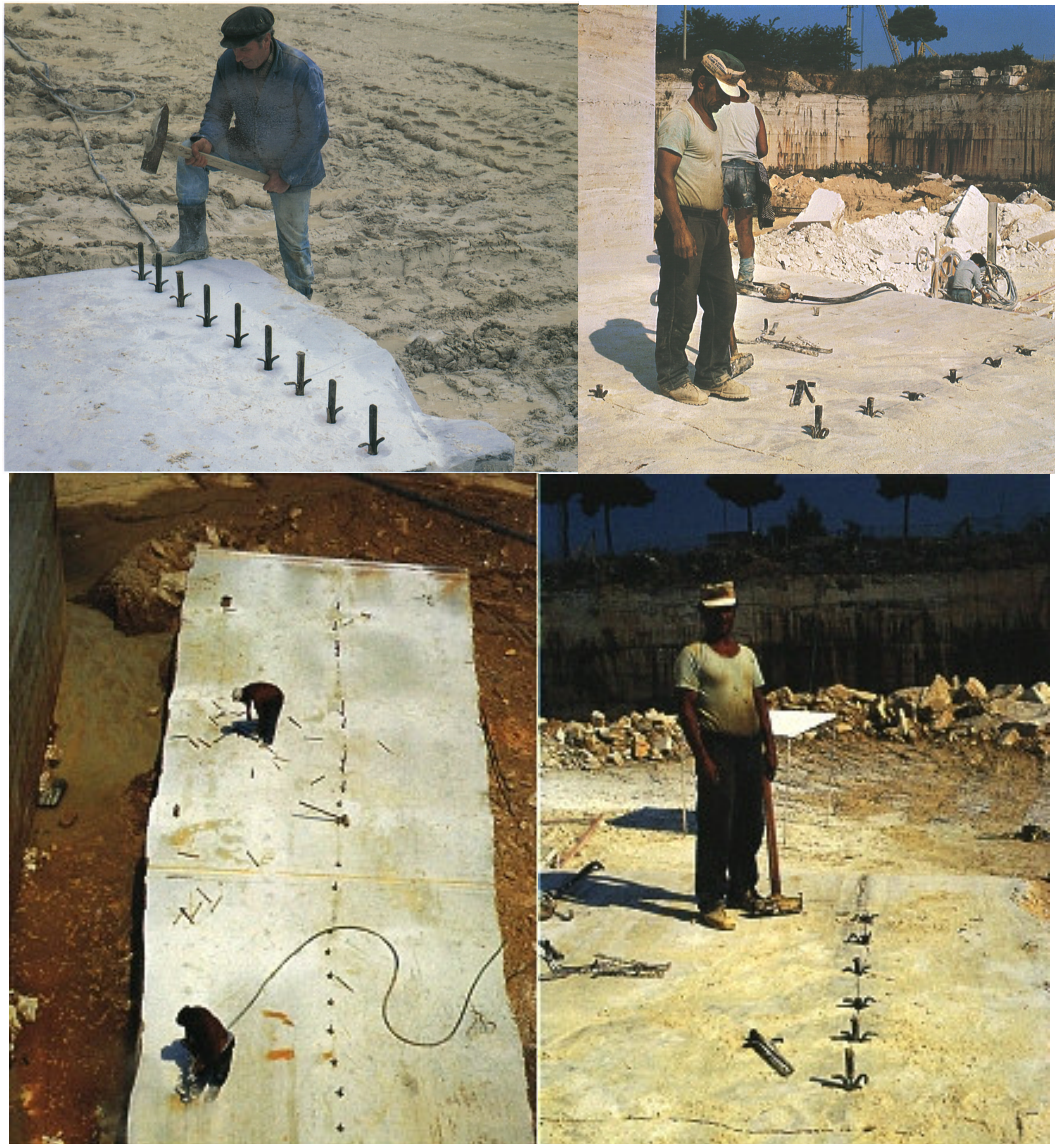


Serie completa tipi di spaccatura.
Complete set of wedge stonebreaks.

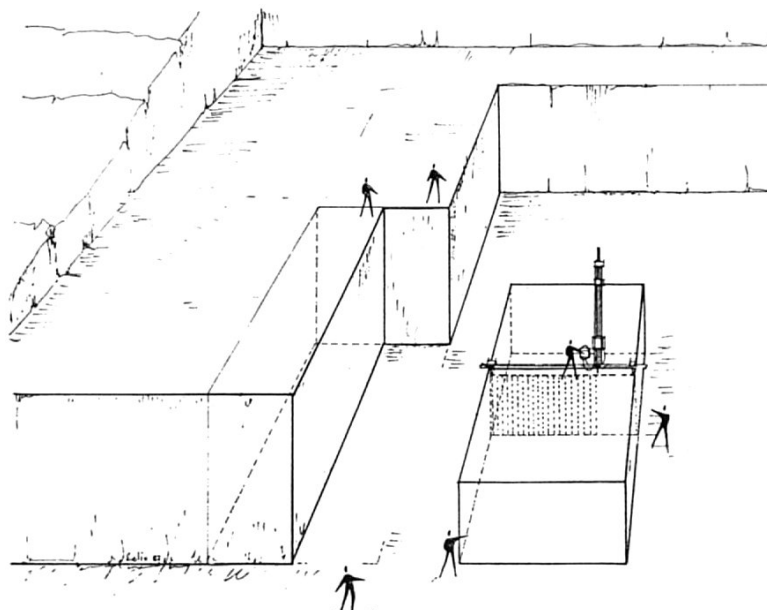


Modello Model	Ø mm. Ø mm.	h.utensili mm. size mm.	distanza fori distance between holes	adatto per tagli used for cuts
22X135	22	135	5-10	bassi
22X150	22	150	5-10	medi
29X250	29	250	10-15	medi
29X450	29	450	10-15	alti
34X350	34	350	15-30	medi
34X700	34	700	15-30	alti

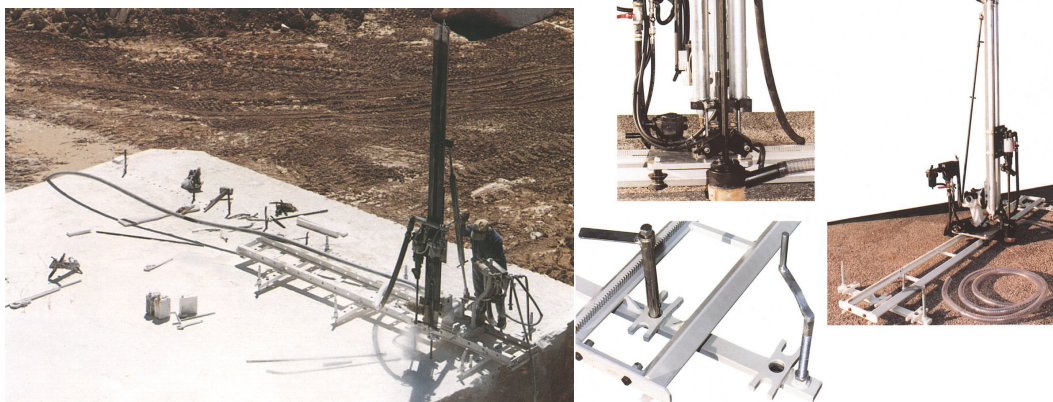
Slika 13.3. - Cijepanje primarnih blokova pomoću klinova



Slika 13.4. - Dobivanje komercijalnih blokova cijepanjem klinovima ručnim radom



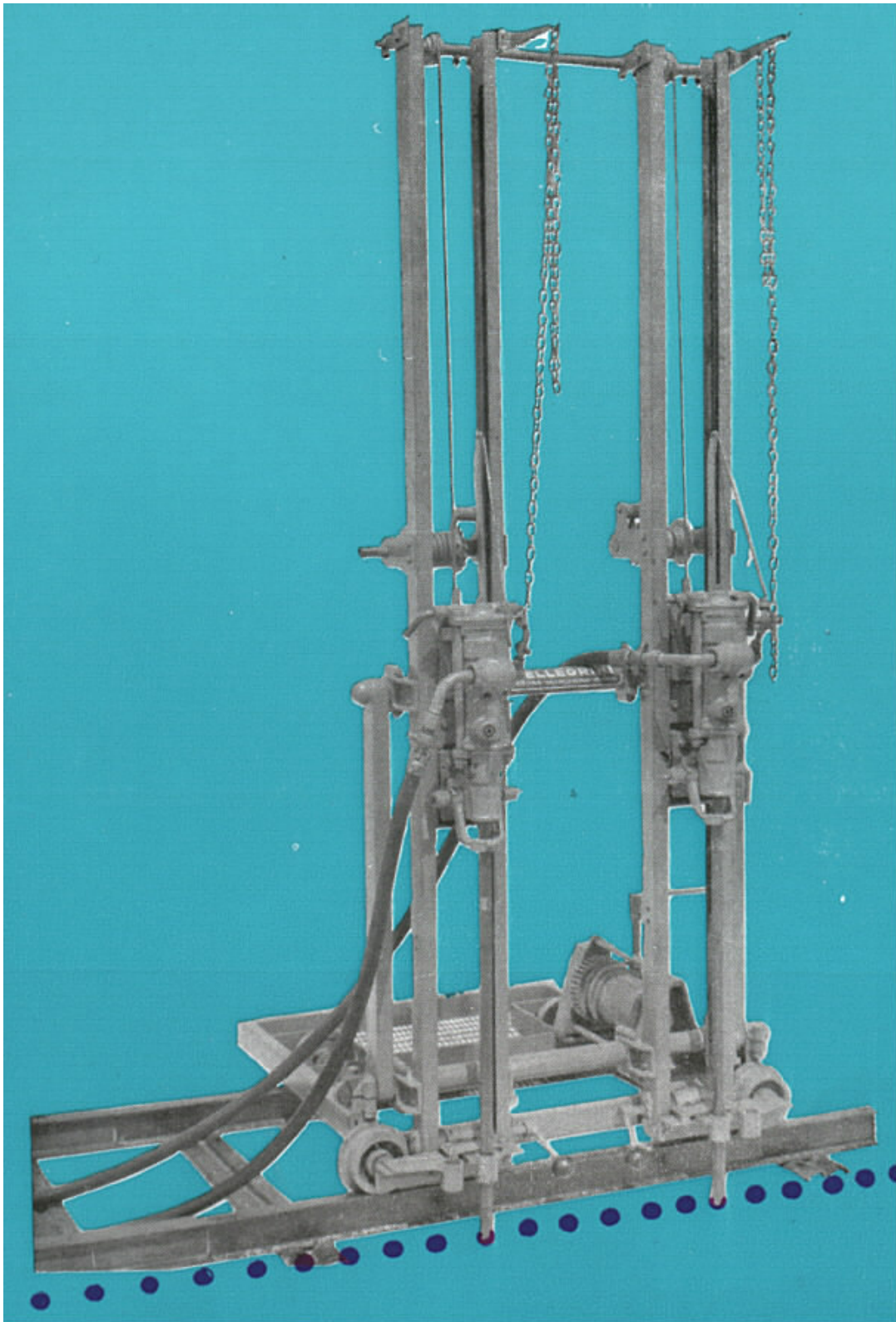
Slika 13.5. - Bušenje lafetnom bušilicom



Slika 13.6. - Rad s lafetnom bušilicom na udvojenim vodilicama; pomicanje tornja pomoću nazubljenih letvi

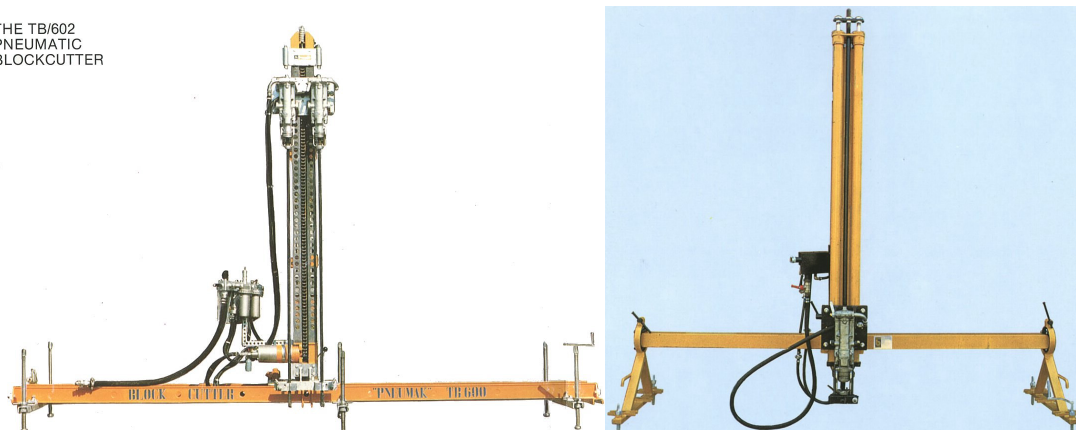


Slika 13.7. - Lafetna bušilica s jednim hidraulično potiskivanim bušačim čekićem; gibanje tornja po udvojenim vodilicama pomoću nazubljene letve

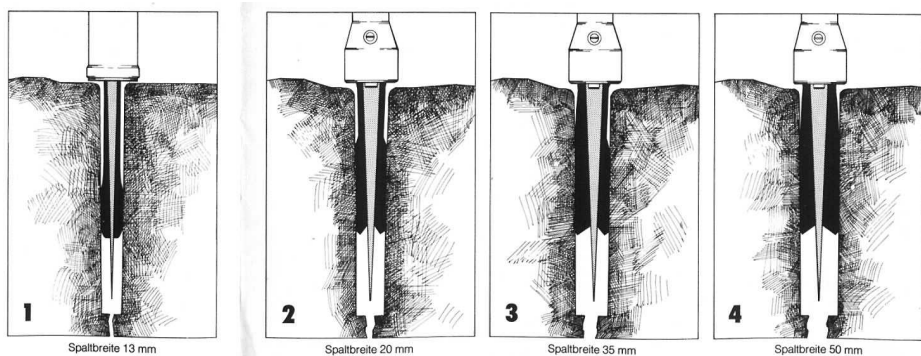
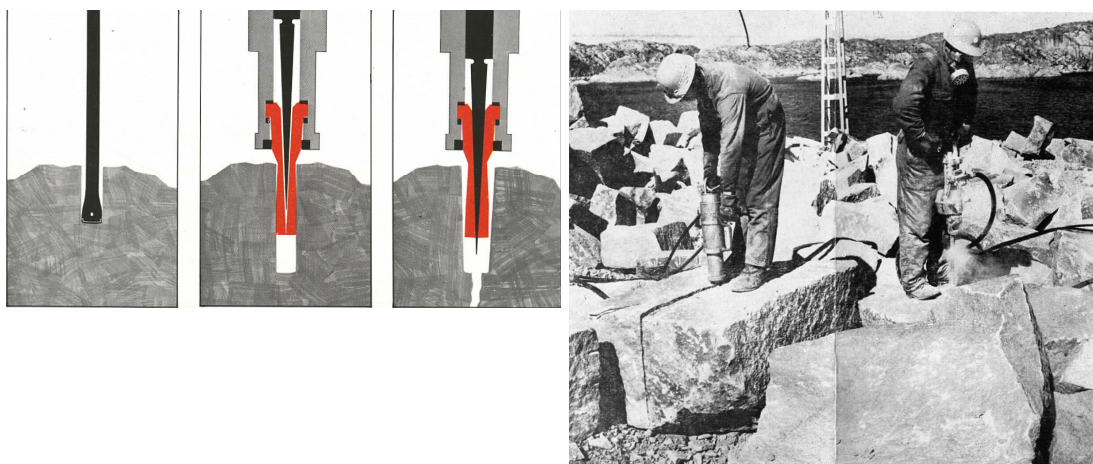


Slika 13.8. - Lafetna bušilica s dva bušača čekića; gibanje tornja pomoću kotača poguravanjem; potisak vlastitom masom - podizanje vitlom

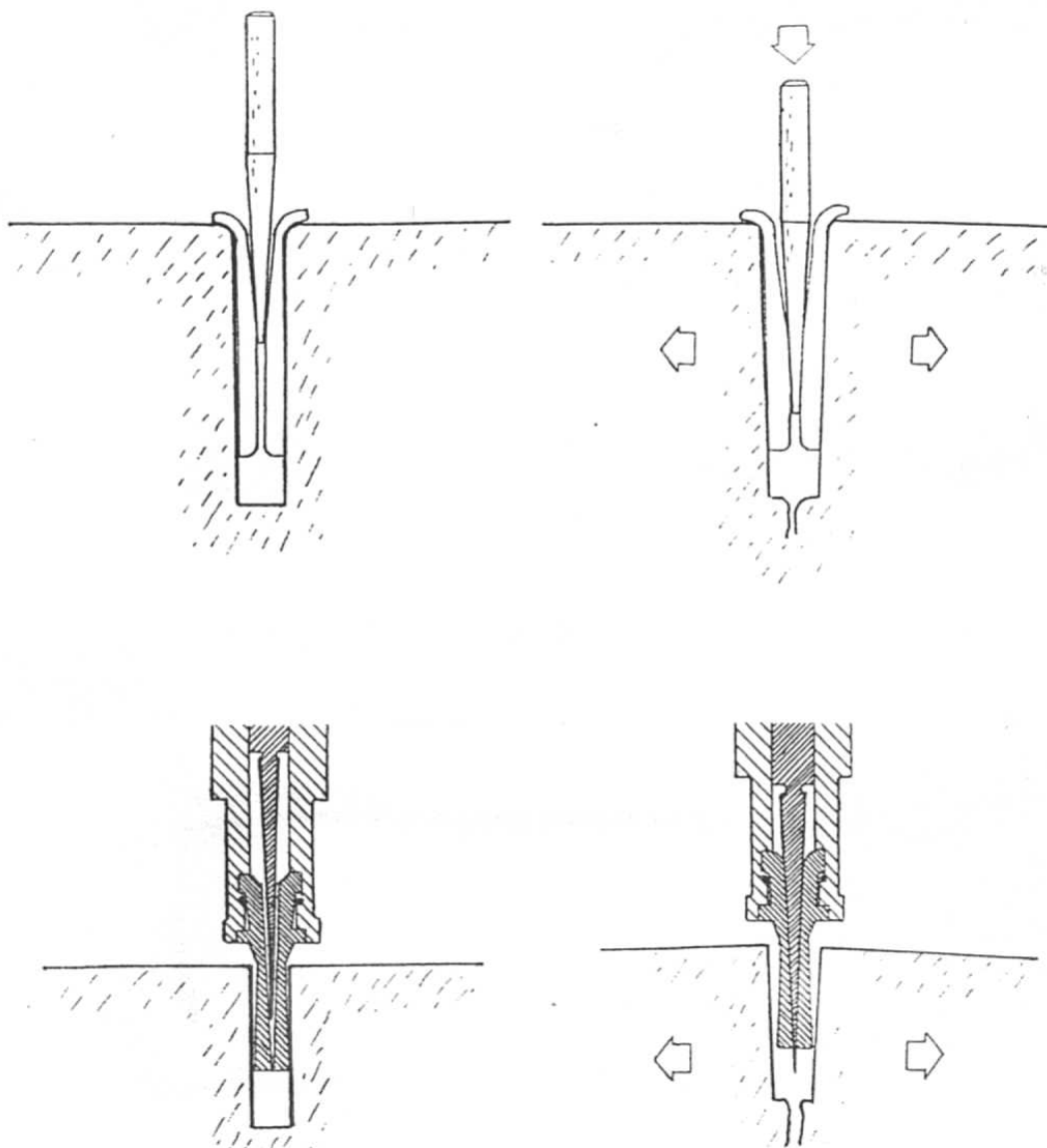
THE TB/602
PNEUMATIC
BLOCKCUTTER



Slika 13.9. - Lafetne bušilice s jednim i s dva bušača čekića na jednostrukoj vodilici; potiskivanje/podizanje pomoću Galovog lanca



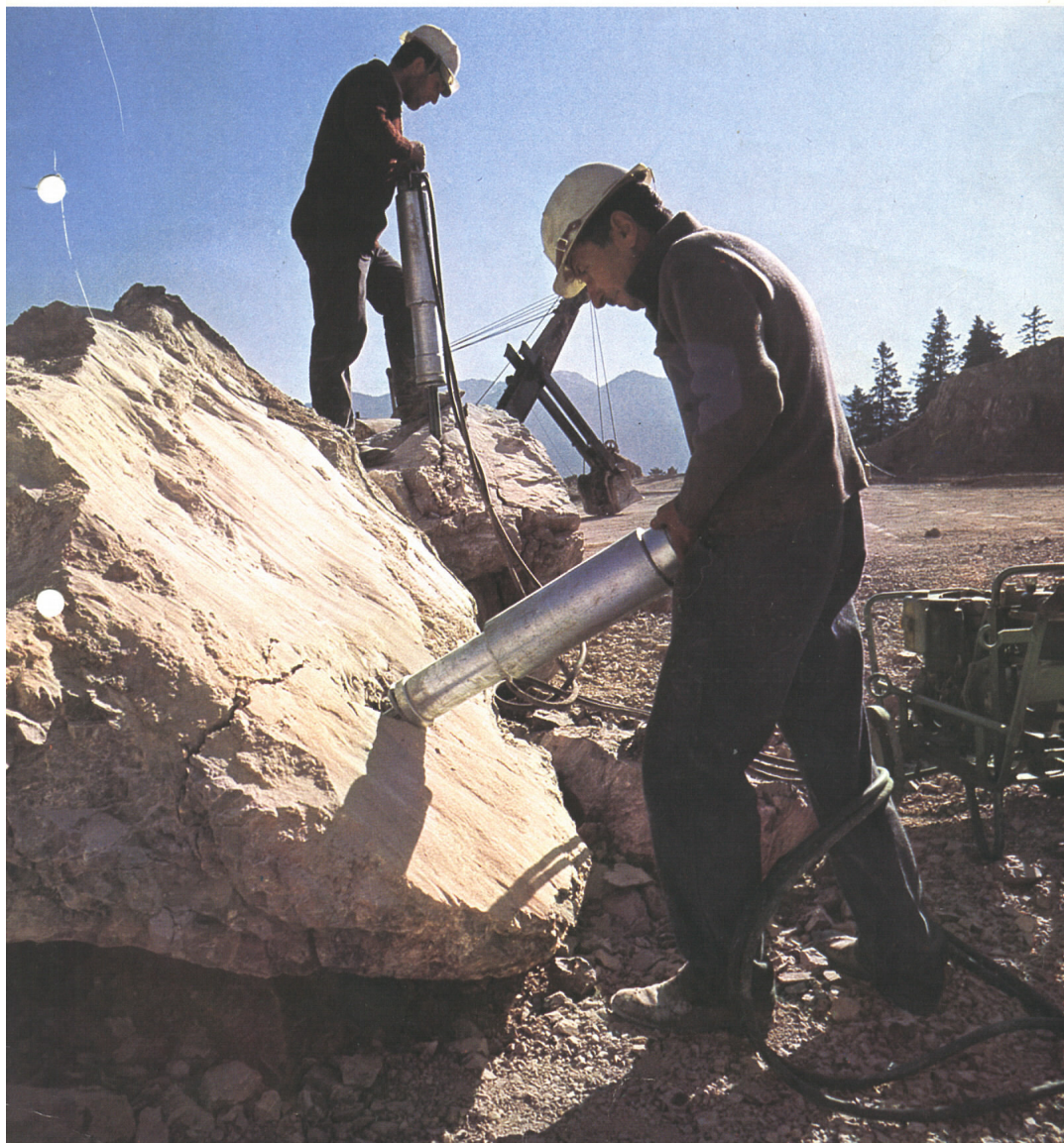
Slika 13.10. - Cijepanje blokova hidrauličnim klinovima



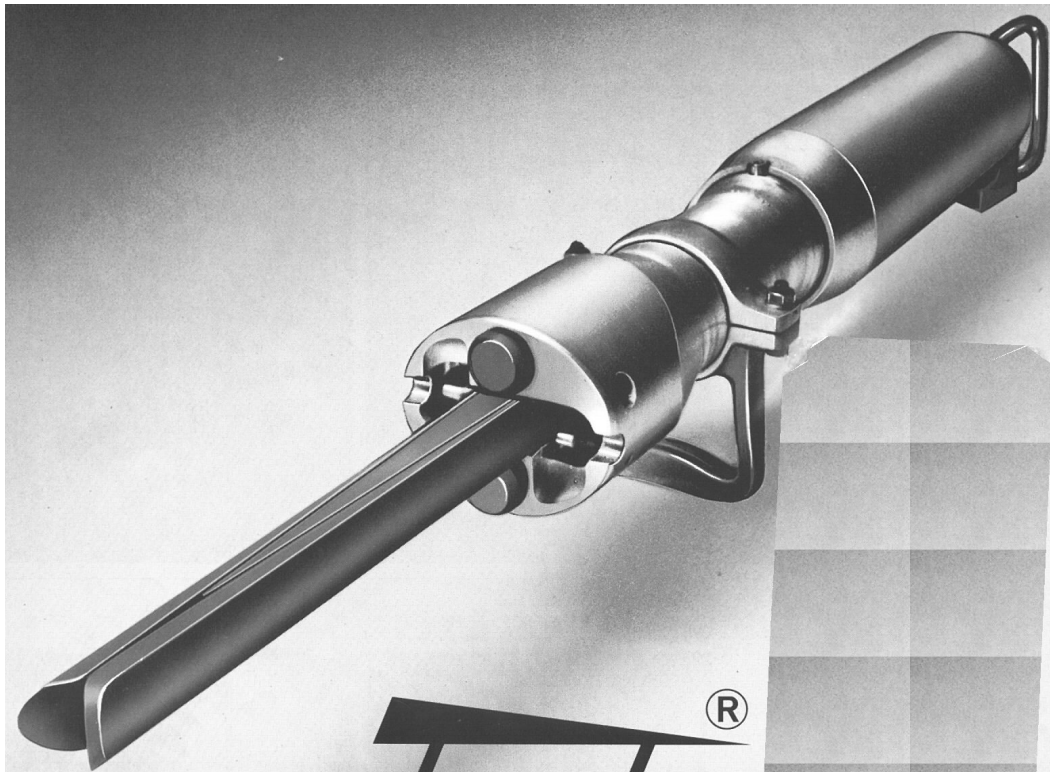
Slika 13.11. - Djelovanje klina - klin za ručni rad (gore); hidraulični klin (dolje)

DARDA

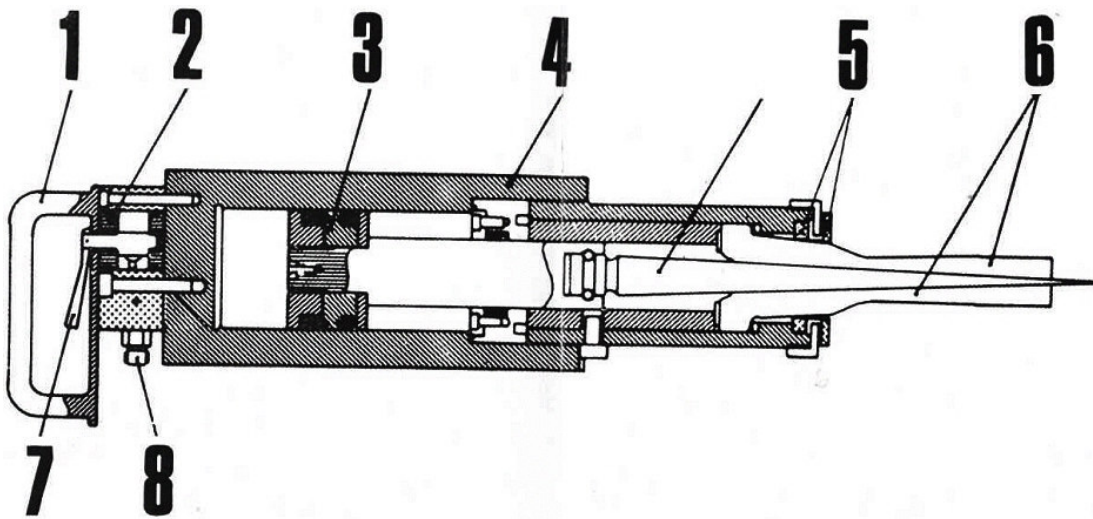
Hydraulic rock-splitting — an alternative to blasting



Slika 13.12. - Hidraulični klin - “darda”



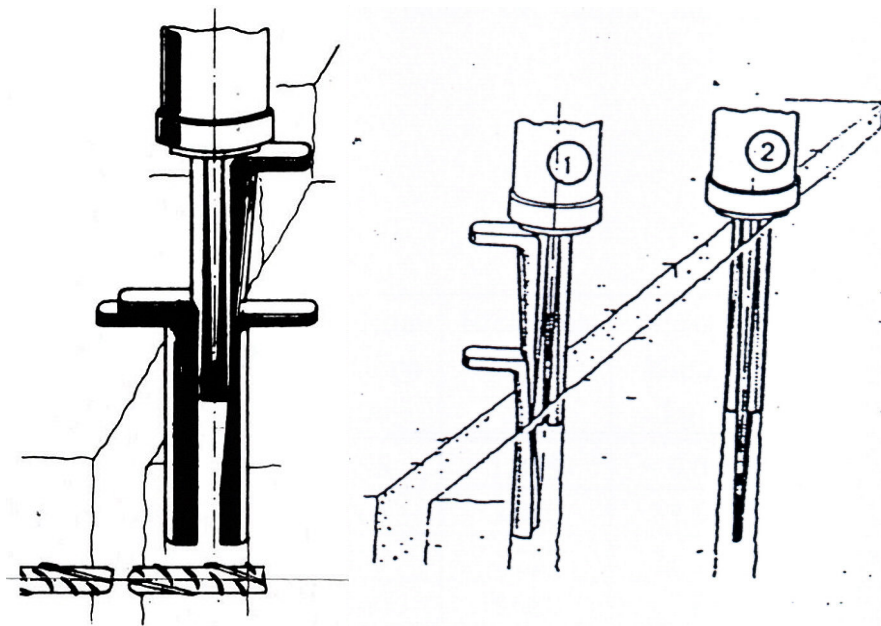
Slika 13.13. - Vanjski izgled hidrauličnog klina



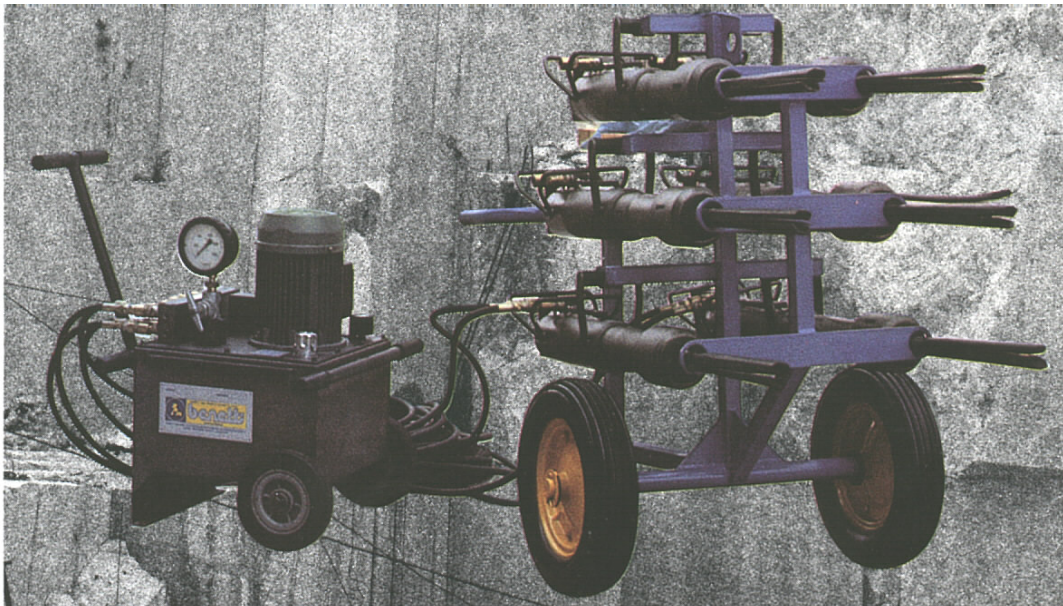
Slika 13.14. - Sastavni dijelovi hidrauličnog klina: 1) rukohvat; 2) kontrolni ventil; 3) stap; 4) kućište (cilindar); 5) klin; 6) kontra klinovi (krila); 7) dovodni priključak; 8) odvodni priključak



Slika 13.15. - Pucanje bloka pod djelovanjem garniture hidrauličnih klinova



Slika 13.16. - Proširivanje reza hidrauličnim klinovima

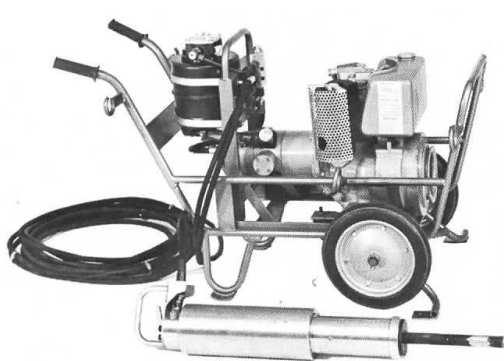


Slika 13.17. - Pogonski agregat s garniturom hidrauličnih klinova tvrtke abenetti macchine

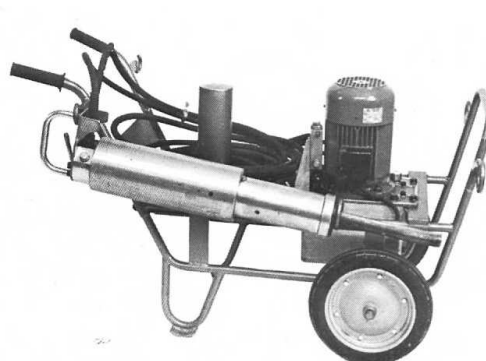


Darda, type A, an air-driven hydraulic unit

Slika 13.18. - Pogonski agregat za jedan klin; glavni pogon elektromotorom

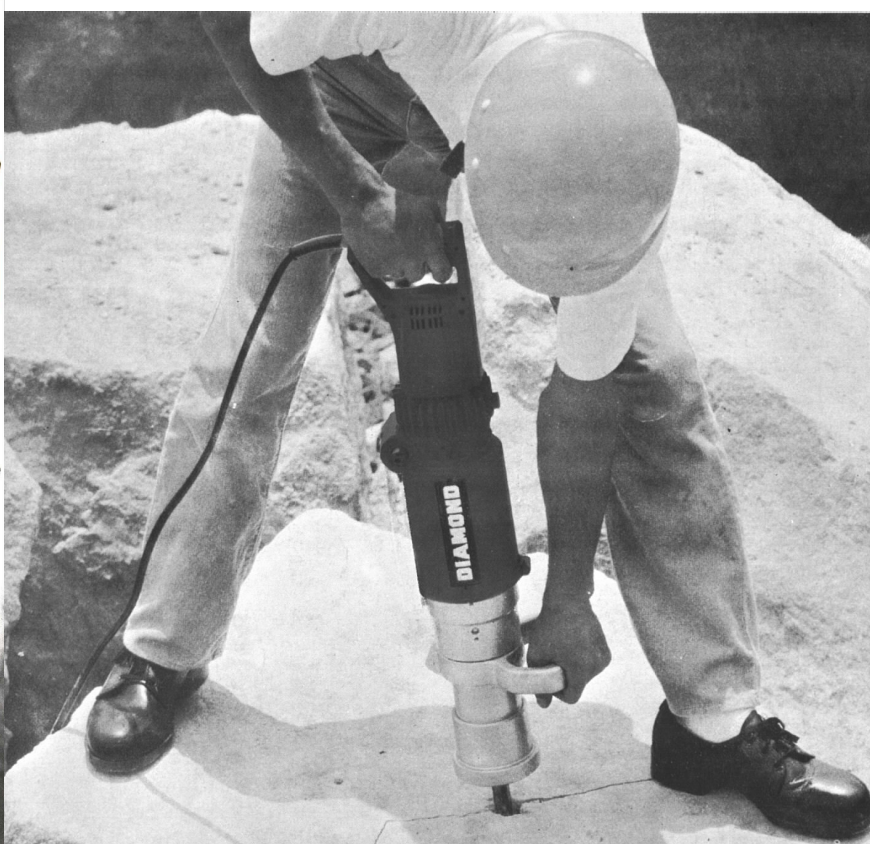


Darda, type D, a diesel-driven hydraulic unit.

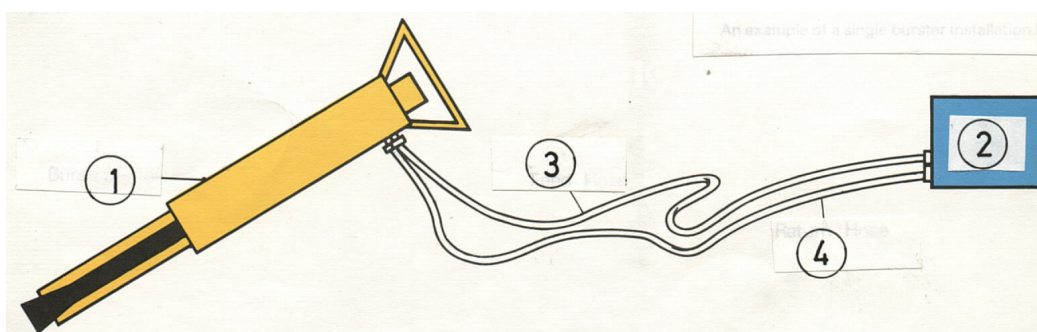


Darda, type E, an electrically powered hydraulic unit.

Slika 13. 19. - Hidraulični klinovi tip Darda; pogonski agregat s glavnim dizelskim i elektro motorom



Slika 13. 20. - Posebna izvedba hidrauličnog klina s pogonom na čekiću



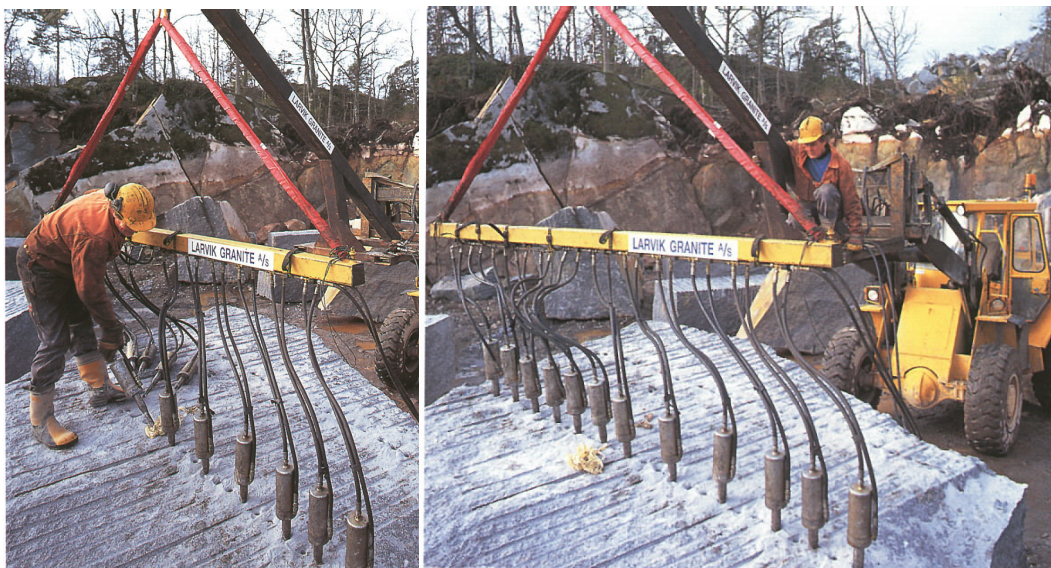
Slika 13.21. - Hidraulični klin tvrtke Gullick Dobson: 1 - čekić, 2 - pumpa, 3 - pogonsko crijevo, 4 - povratno crijevo



Slika 13.22. - Cijepanje granitnog bloka priključnom garniturom hidrauličnih klinova proizvod tvrtke Tamrock (Finska)



Slika 13.23. - Eksploatacija blokova bušenjem i cijepanjem klinovima pomoću priključne garniture u ležištu kamena silikatnog sastava



Slika 13.24. - Priključna garnitura hidrauličnih klinova na utovaraču pri radu u velikom ležištu granita Larvik (Norveška)



Slika 13.25. - Neeksplozivne hidratizirajuće smjese u patroniranom i rasutom stanju tip Callmite

Capsule Type



Drilling

Bulk Type



Drilling



**Absorbing with
water**



**Mixing with
water**

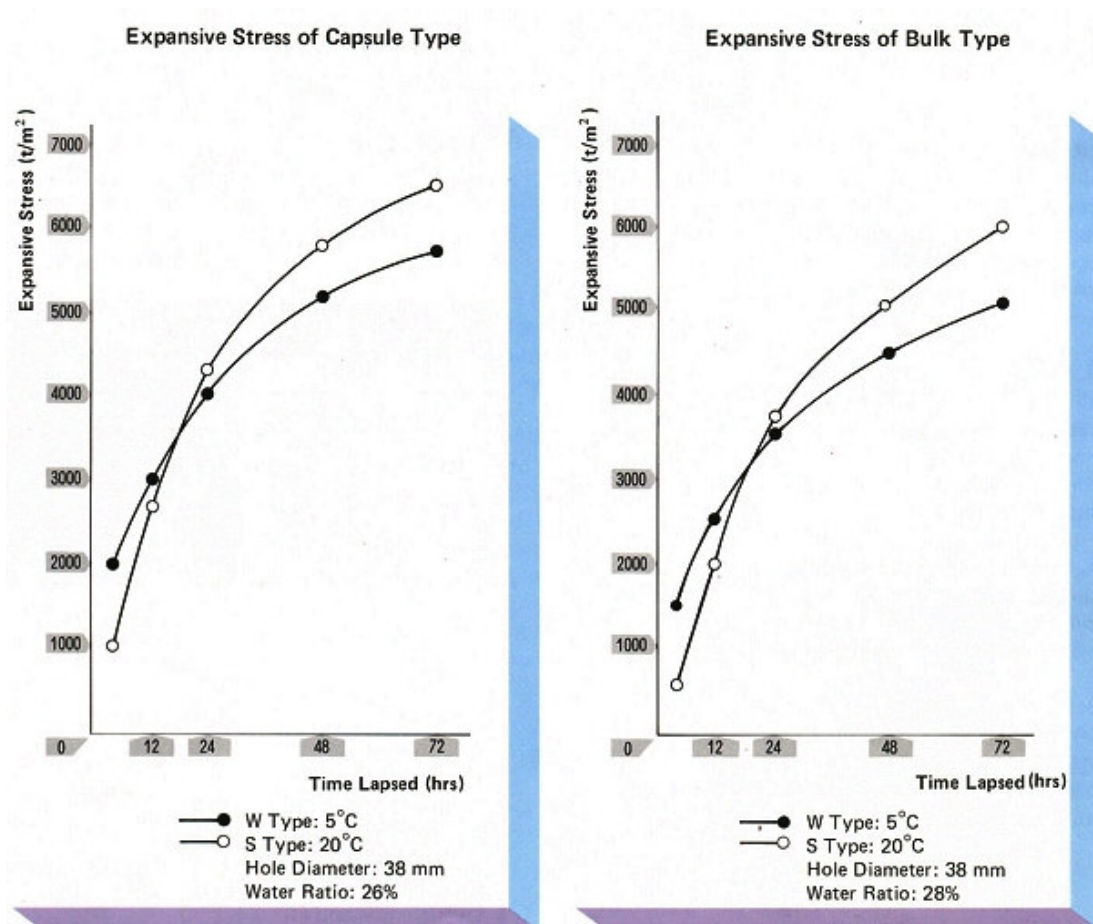


Hole Loading



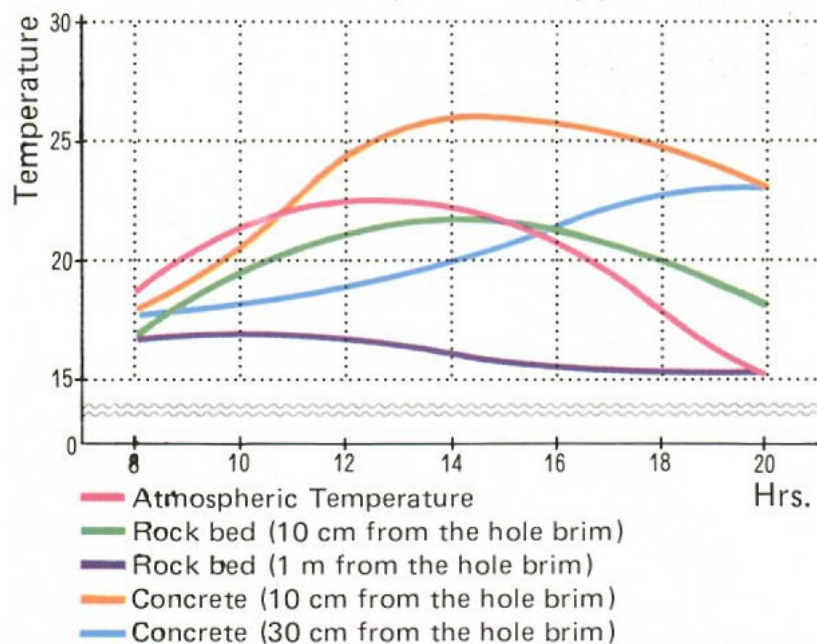
Hole Loading

Slika 13.26 - Način rada s patroniranim neeksplozivnim hidratizirajućim smjesama i smjesama u rasutom stanju



Slika 13.27 - Dijagrami ekspanzijskih napona

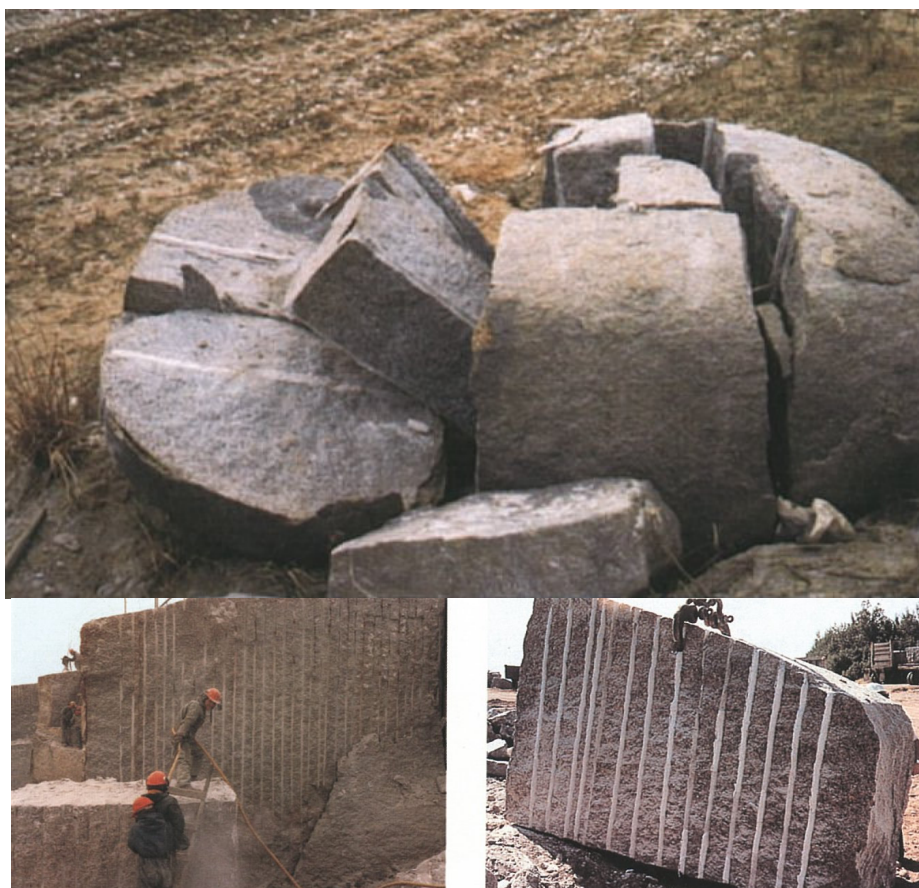
An example of relationship between atmospheric temperature and hole temperature of breaking object.
 (Temperature change in during a day)



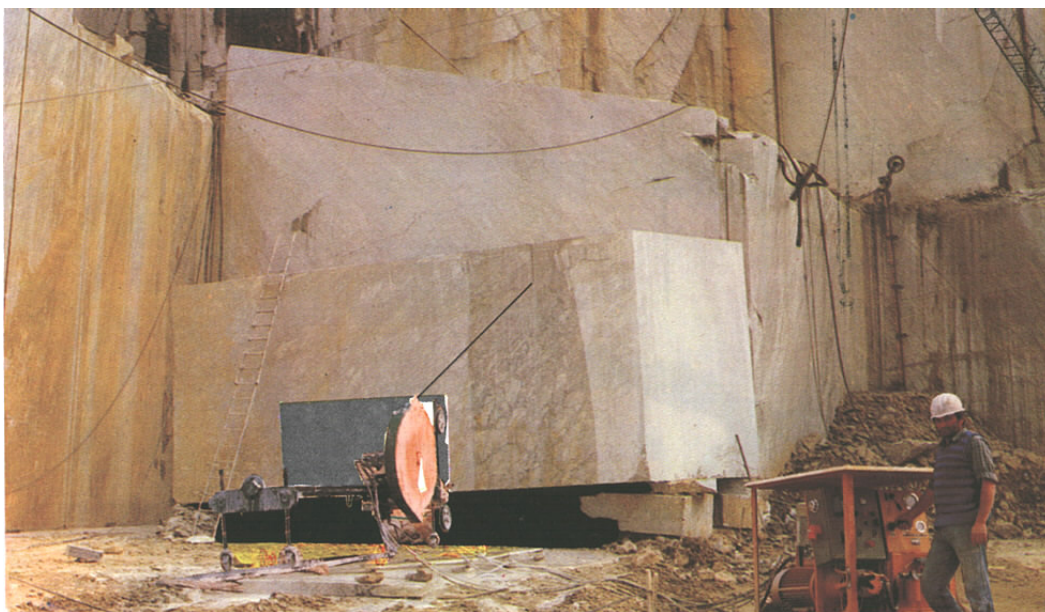
Slika 13.28. - Dijagram vremenskog djelovanja neeksplozivne smjese ovisno o temperaturi atmosfere i temperaturi bušotine (objekta)



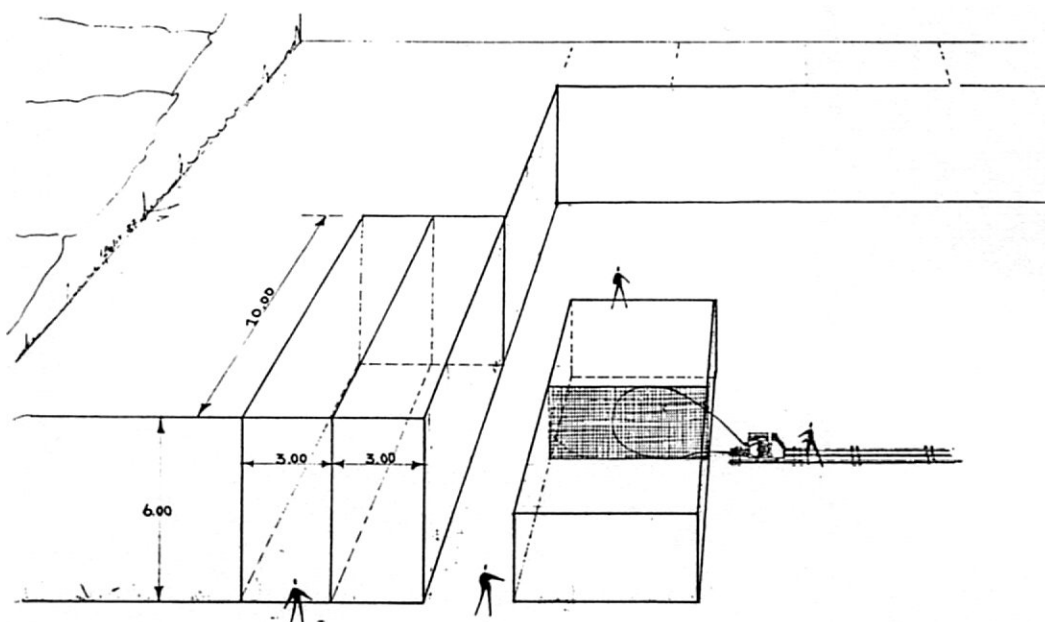
Slika 13.29. - Izbacivanje smjese iz bušotine zbog neujednačenosti temperatura



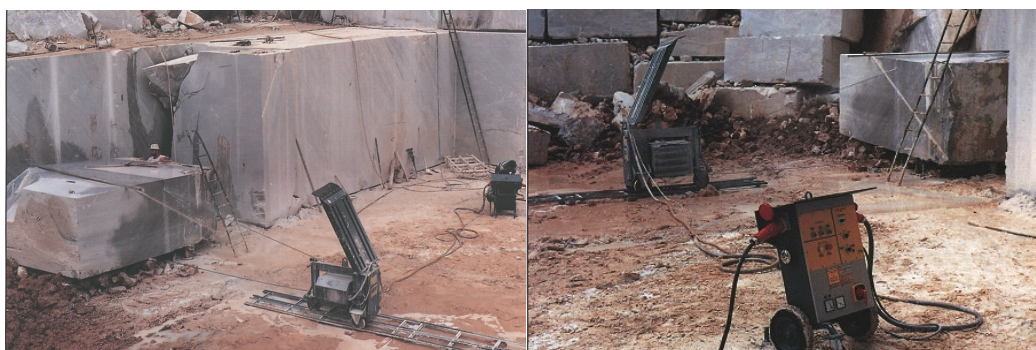
Slika 13.30. - Lomljenje neeksplozivnom smjesom stijenske mase u kamenolomu i primarnih blokova (dolje), te blokova samaca (gore)



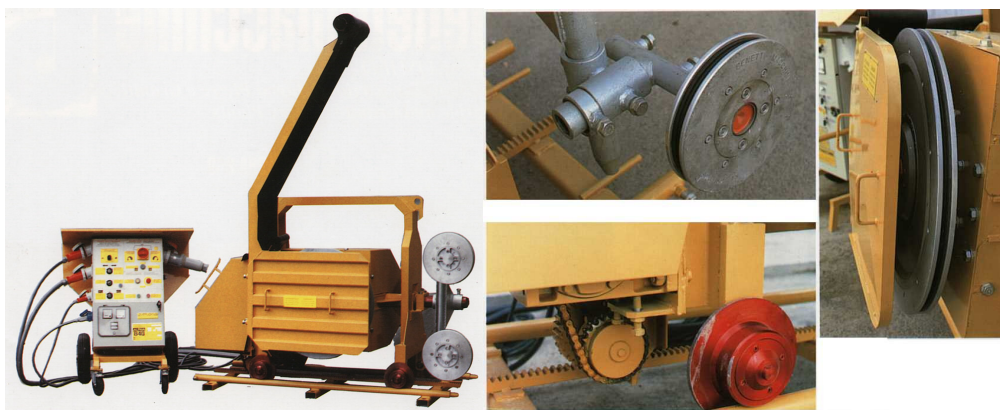
Slika 13.31. - Mala (lagana) dijamantna žična pila pri raspilavanju primarnog bloka



Slika 13.32. - Raspilavanje oborenog primarnog bloka s malom dijamantnom žičnom pilom



Slika 13.33. - Lagana dijamantna žična pila model TL 920 proizvod tvrtke Benetti macchine



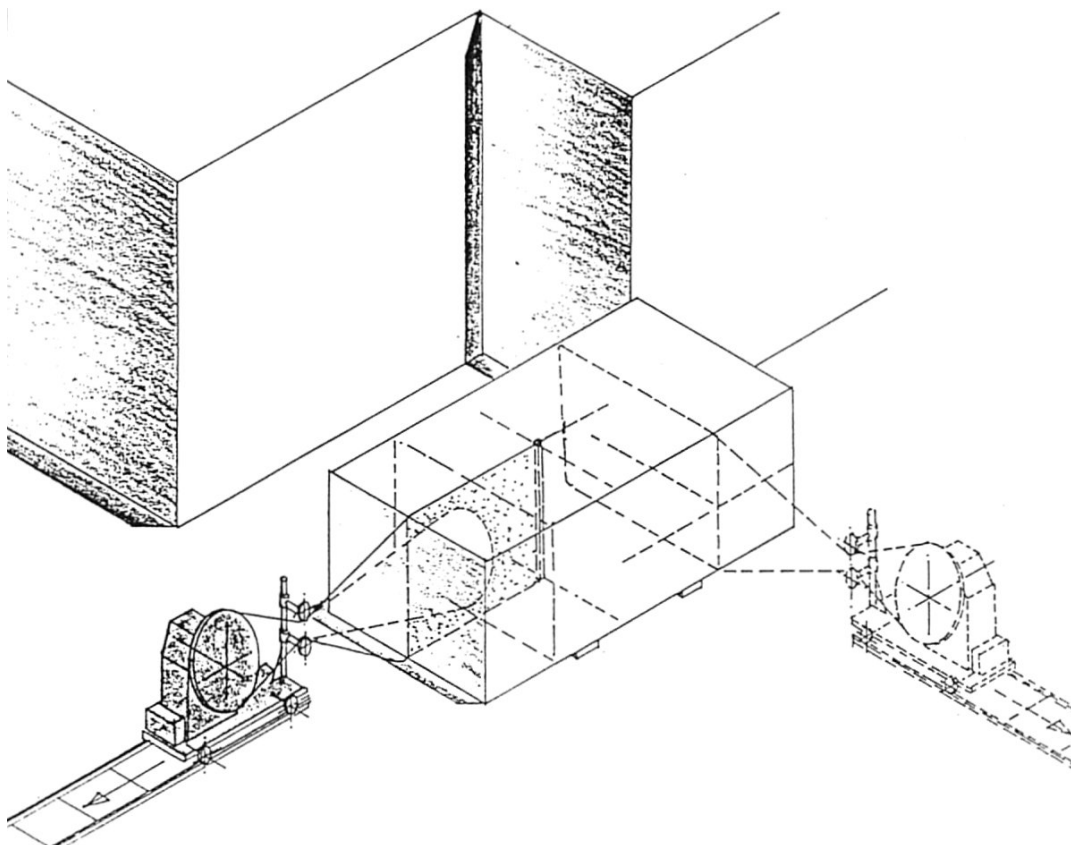
Slika 13.34. - Lagana dijamantna žična pila s detaljnijim prikazom pojedinih dijelova stroja



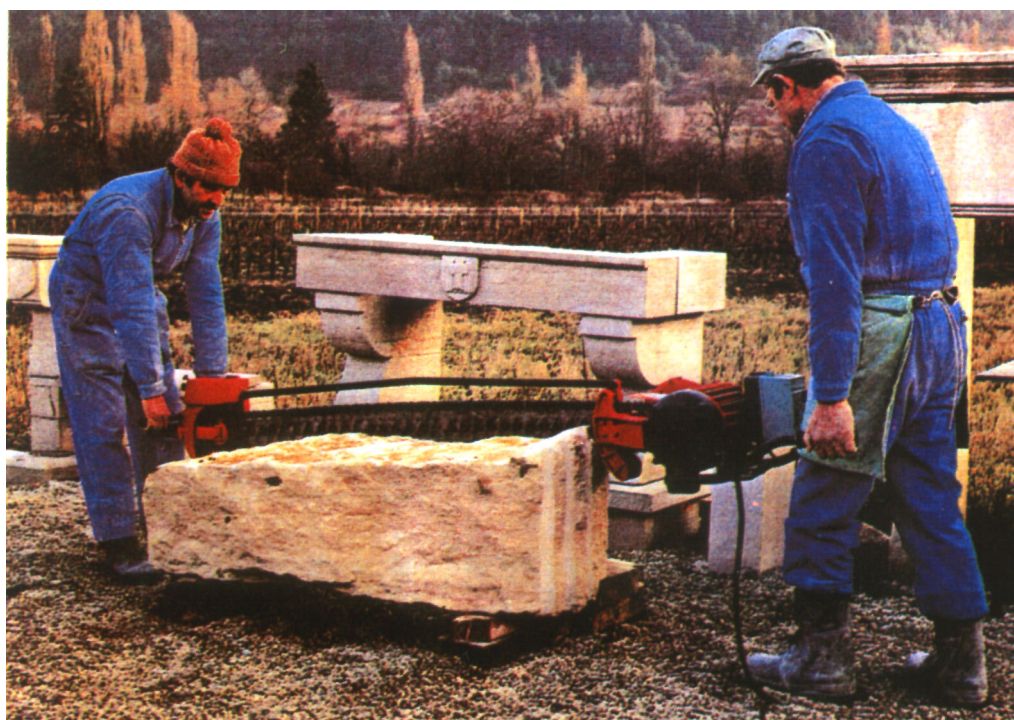
Slika 13.35. - Dijamantna žična pila model VIP 910, tvrtke Benetti macchine



Slika 13.36. - Dijamantna žična pila model VIP 910 pri piljenju u masivu



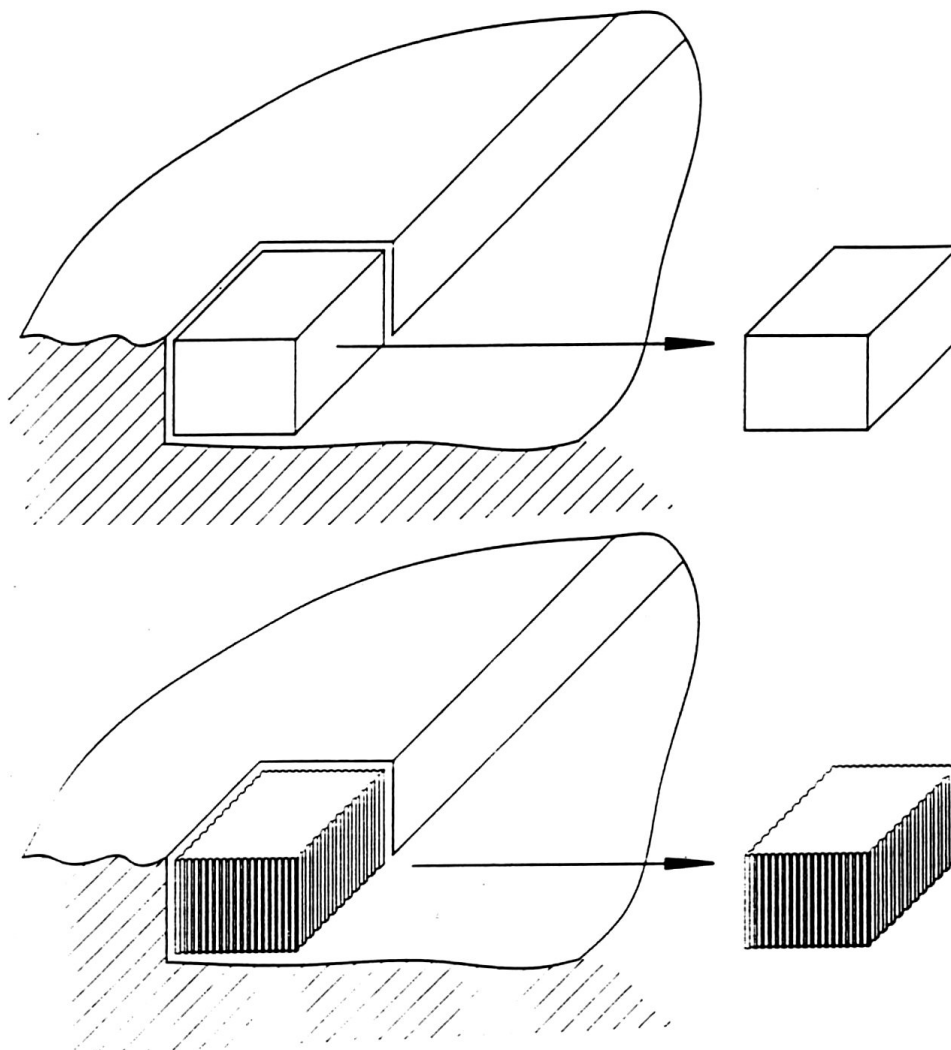
Slika 13.37. - Raspilavanje bloka velikih dimenzija s dijamantnim žičnim pilama



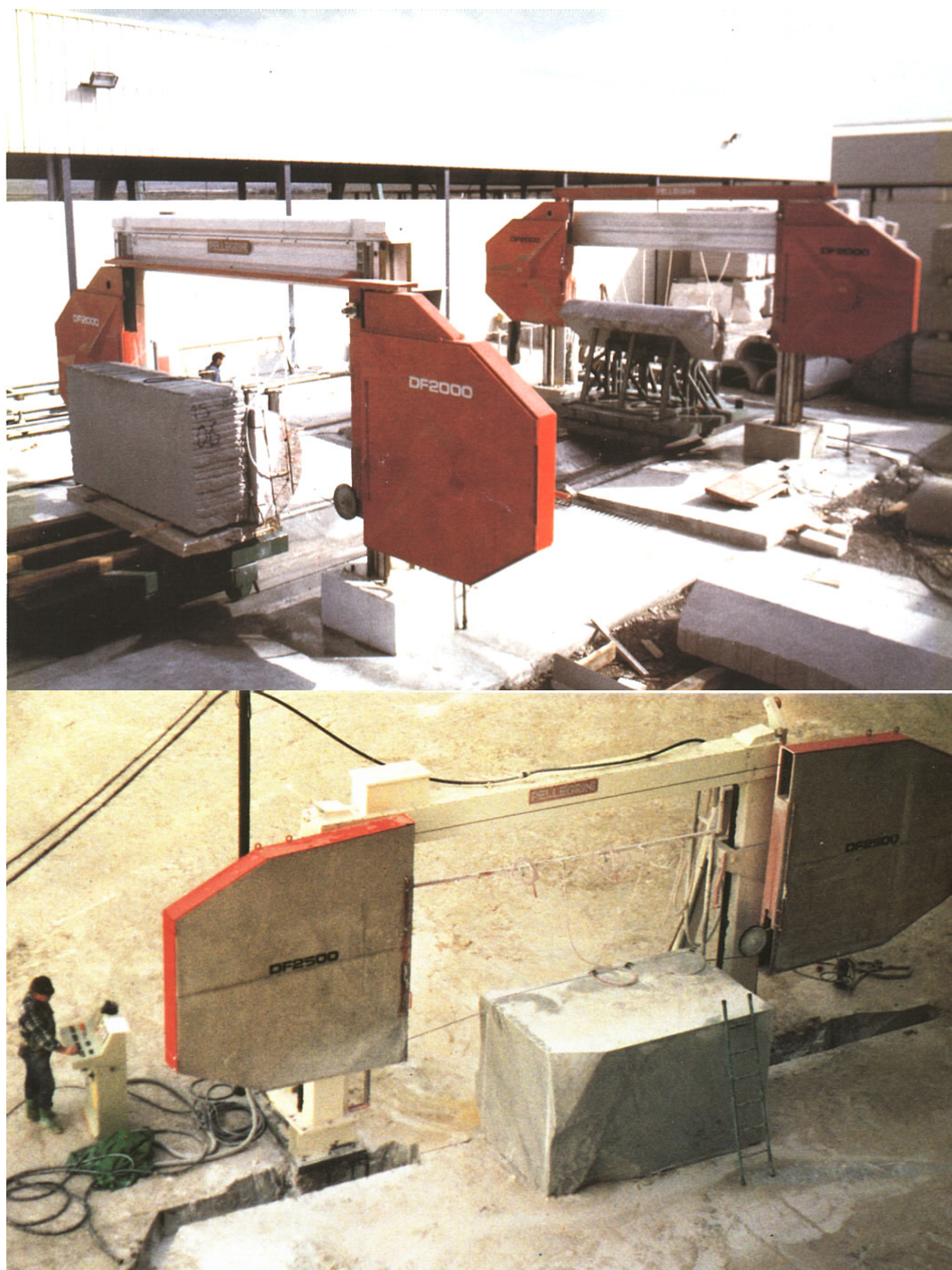
Slika 13.38. - Ručna dvostrana lančana sjekačica



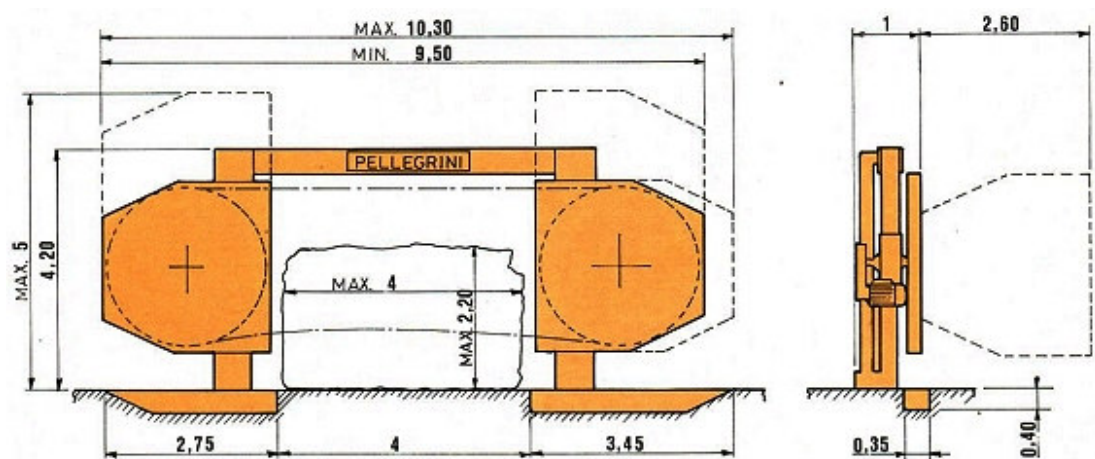
Slika 13.39. - Ručna jednostrana lančana sjekačica



Slika 13.40. - Oblik komercijalnih blokova ispiljenih dijamantnom žičnom pilom i dobivenih cijepanjem klinovima



Slika 13.41. - Dijamantni žični gater za oblikovanje komercijalnih blokova montiran u kamenolomu



Slika 13.42. - Dijamantni žični gater tip DF 2500 - Pelegriini