

16. LANČANA SJEKAČICA

Među najstarije rudarske strojeve ubrajaju se podsjsjekačice. Podsjsjekačice su se koristile za podsijecanje, a zasjsjekačice za zasjecanje. Podsjsjekačice su se upotrebljavale uglavnom na frontalnim, čelnim otkopima uglja i soli, a zasjsjekačice pri izradi hodnika u rudnicima ugljena i soli, te mjestimice na otkopima. Horizontalno ispiljena slobodna ploha nazivala se podsjsjek, a okomita ili kosa zasjsjek. Prema tome su se odgovarajuće radnje nazivale podsijecanje ili zasijecanje. Suvremene sjekačice imaju mogućnost rezanja svih vrsta rezova, one ustvari ujedinjuju oba stroja pa se više ne koristi podjela na podsjsjekačice i zasjsjekačice, već se govori samo o sjekačicama.

Koristile su se najprije podsjsjekačice s ozubljenim kotačem, a zatim podsjsjekačice s ozubljenim lancem i ozubljenom polugom. Podsjsjekačica s ozubljenim lancem ima prednost, jer je širina reza manja i time gubitak zbog zdrobljenog materijala manji. Osim toga imala je veći učinak, a zupci su se mogli lakše mijenjati. Podsjsjekačica s ozubljenim lancem (slika 16.1.) sastojala se iz pogonskog motora ugrađenog u zatvoreno kućište, pokretne pogonske glave za pogon lanca, vodilice s ozubljenim lancem i vitla za pomicanje. Podsjsjekačica se pomicala naprijed vlastitim pogonom na taj način da se jedan kraj čeličnog užeta pričvrstio na jednom (gornjem) kraju otkopa, a drugi kraj na vitlo, koje uže namotava. Lanac leži između vodilja tako da vani proviruju samo noževi. Noževi su bili raspoređeni na lancu u pet do 9 redova, te su se mogli mijenjati.

Razvojem klasične rudarske podsjsjekačice došlo je do primjene sličnog stroja pri piljenju horizontalnih i vertikalnih rezova pri eksploataciji kamena. Radni element za piljenje je ruka (mač) dužine 1 do 3.25 m što omogućava dubinu piljenja do 3 m ovisno o veličini ruke. Po žljebu ruke klizi beskonačni lanac sa zubima koji na sebi imaju sječiva - pločice od tvrdog (widia) metala. Kod današnjih izvedbi sječiva se na zube učvršćuju pomoću vijaka tako da se u slučaju istrošenosti ne mijenjaju zubi nego samo sječiva. Lanac se pokreće pomoću lančanika, koji je preko reduktora spojen s glavnim pogonskim motorom. Stroj se pokreće po tračnicama, a brzina posmaka se automatski regulira ovisno o veličini naprezanja (vrsta materijala, veličina reza i sl.).

Prvu prilagodbu rudarske podsjsjekačice za ugljen u podsjsjekačicu za kamen napravila je njemačka tvrtka Korfmann i primjenila je u kamenolomu travertina u Njemačkoj 1928. god. Znači u mekom materijalu kao što je i ugljen. Imala je rez debljine 80 mm, i mogla je piliti rez maksimalne dubine 75 cm, a zatim 130 cm. Poslije drugog svjetskog rata polovinom šezdesetih godina sjekačica Korfman se primjenjuje na kamenolomu vapnenca Comblanche u Francuskoj. Dužina ruke ostaje do 200 cm ali je debljina reza smanjena na 50 mm. Na slici 16.2. prikazana je starija izvedba Korfmanovih sjekačica pri piljenju horizontalnih i vertikalnih rezova u kamenolomu.

Rana primjena lančane sjekačice na kamenolomu u francuskoj utjecala je na "rađanje" novog proizvođača ovih strojeva tvrtku Perrier (slika 16.3.). Novija izvedba lančane sjekačice Korfman pri piljenju horizontalnog i vertikalnog reza prikazana je na slici 16.4. U novije se vrijeme na najvećem broju naših kamenoloma primjenjuju različite izvedbe lančanih sjekačica talijanske tvrtke Fantini. Laganija izvedba sjekačice Fantini pri radu na početku otvaranja usjeka, odnosno površinskog dubinskog kamenoloma prikazana je na slici 16.5., a naslici 16.6. se vide različite izvedbe lančanih sjekačica u različitim fazama rada pri piljenju vertikalnih i

horizontalnih rezova, te posebno na slici 16.7. rad sjekačice pri piljenju horizontalnog reza (videozapis).

Stroj se pomiče (posmak stroja) po tračnicama s dužinom sekcije od po 3m, a u opremi stroja su uglavnom tri takve sekcije, što znači da maksimalna dužina jednog reza bez premještanja tračnica iznosi 9 m. Tračnice se premještaju pomoću vlastite dizalice, koja se nalazi u sklopu stroja. Za pogon dizalice namijenjen je elektromotor pomoću kojeg se ostvaruje i posmak stroja. Motor je u funkciji dizalice pri premještanju stroja, kad se ionako stroj ne može pomicati, tj. kad se motor ne može koristiti za posmak stroja ni za zakretanje ruke. Tračnice moraju biti potpuno horizontalne kako ne bi dolazilo do iskrivljenja reza i oštećenje reznog elementa. Optimalna brzina lanca, pokazala se da je u našim kamenolomima oko 1.4 m/s, dok je zamjena i zakretanje pločica svrhovita poslije ispiljenih 30 do 40 m². Svi klizni i promjenjivi elementi su izvedeni tako da se mogu brzo mijenjati tako da je i zamjena zubi jednostavna. Vijek trajanja jedne garniture starog tipa zuba je oko 700 m², što znači da se zubi mogu oštriti oko 20 puta. Novi tip zubi na lancu sjekačice izrađen je u 7 različitih širina počevši od najužeg sa širinom od 1 cm do najšireg čija ukupna širina iznosi 4.2 cm. S tim je postignuta raspodjela ukupnih naprezanja tj. smanjenje naprezanja po zubu što bitno utječe na neravnomjerno piljenje i smanjenje opterećenja stroja. Ovisno o vrsti stijene koja se pili, te o načinu piljenja (suhi ili mokri postupak) na lancu se pričvršćuje serija zubi koje se sastoje od 5 do 7 komada. U seriji od 7 zubi prva tri zuba imaju po jednu pločicu, dok ostala 4 zuba, zbog širine imaju po dvije pločice. Broj serija od po 7 zuba, koje se naizmjenično ponavljaju ovisi o dužini ruke. Pločice se na zube pričvršćuju vijcima za razliku od starijeg reznog alata gdje se pločice pričvršćuju varenjem. Vijčanim spajanjem izbjegnuta je kruta veza pločica, što je rezultiralo smanjenim otkidanjem pločica. Pločica ima kvadratični oblik i svaki rub kvadrata je predviđen za rezanje. Kod prva tri zuba na svakoj pločici režu istovremeno 2 kuta, a kod ostala 4 zuba, koji imaju po 2 pločice istovremeno reže samo jedan kut. Kada istrošenost pločica, odnosno bridova, postane takva da piljenje više nije moguće, jednostavnim odvijanjem i zakretanjem pločica za rezanje namjesto se neistrošeni bridovi. Pločice se mijenjaju tek kad se sva četiri brida potpuno istroše. Zubi s pločicama se za vodeći lanac također pričvršćuju vijcima. Rezni lanac u zahvatu s lančanicom (pogonskom zvijezdom) te ostali elementi lanca (zubi s pločicama i pločica posebno) prikazani su na slici 16.8., dok je redoslijed (zubi se označavaju brjevima) postavljanja zubi na lanac, te oblik reza, odnosno položaj zahvata pojedinog zuba unutar širine reza za seriju s 6 zubi (8 pločica) prikazan na slici 16.9.

Posebnu pozornost treba posvetiti centriranju tračnica jer o tome ovisi kvaliteta piljenja. Ukoliko su tračnice loše centrirane dolazi do iskrivljenja reza i deformacije ruke stroja. Tračnice moraju biti dobro učvršćene u vodoravnom položaju kako tijekom piljenja ne bi dolazilo do njihovog pomicanja. To je osobito važno pri horizontalnom piljenju kada tračnice moraju biti potpuno vodoravne po visini i po širini. Pri vertikalnom piljenju ruka može raditi pod nagibom od 20°, ali tračnice moraju uvijek stajati vodoravno po širini. Ukopavanje (početak piljenja) treba biti s potpuno oštrim zubima. Pri mijenjanju zubi ruka mora biti izvan reza, a na glavnoj sklopki prekinut dovod struje kako se lanac ne bi pokrenuo. Prije početka rada stroja treba provjeriti izvan reza (na prazno) smjer okretanja lanca i potom blokirati dugmeta za obrnuti smjer lanca kako greškom ne bi pri piljenju došlo do pucanja zubi. Da se smanji što je više moguće pucanje zubi početak piljenja, tj. ukopavanje ruke u rez treba biti što pozornije. Do pregrijavanja i oštećenja zubi na stroju predviđenom za mokri rad doći će ukoliko nisu dovedene dovoljne količine

vode za hlađenje zuba. Zabranjeno je stajati u pravcu rezanja ruke i u blizini lanca, jer može doći do povreda u slučaju iznenadnog pucanja lanca. Po završetku rada lanac treba izvaditi iz reza i dobro ga isprati vodom. Tijekom rada treba stalno kontrolirati: vodoravnost i ukrutenost tračnica, brzinu rezanja (posmak stroja), pritisak ruke i sisaljku za podmazivanje. U slučaju iznenadnog nestanka struje, odnosno kad se stroj iz bilo kojih razloga zaustavi u rezu treba prije ponovnog uključivanja, izvaditi ruku izvan reza, te prekontrolirati stanje zubi. Prije puštanja u rad ruka se mora odmaknuti od reza. Pri oštrenju starog tipa zubi treba paziti da svi zubi budu isto naoštreni, tj. da imaju istu visinu i širinu. loše naoštreni zubi, istrošen lančanik ili slabo centrirana tračnica uzrokuju nenormalne vibracije pri radu stroja. Pri premještanju stroja s dizalicom treba upotrebljavati originalni nosač za vezivanje stroja. Ispred sjekačice za dužinu ruke treba pokriti nedovršeni rez daskom kako ne bi došlo do pada komada kamena ili željeza u rez.

Prednost piljenja sjekačicom sastoji se u kraćim i jednostavnijim pripremnim radnjama. Stoga je, osim rada u dubinskom kamenolomu, sjekačica naročito učinkovita u kombinaciji s dijamantnom žičnom pilom, kada se sjekačicom pile horizontalni, a dijamantnom žičnom pilom vertikalni rezovi. Pri takvoj kombinaciji, za piljenje dijamantne žične pile, treba bušiti samo vertikalne bušotine, jer se žica provlači kroz te vertikalne bušotine i horizontalni rez čime je omogućeno piljenje dvije bočne i preostale zadnje stranice. Takav je rad poglavito pogodan pri izradi usjeka. Kada se za dobivanje primarnih blokova koristi isključivo sjekačica, tj. kad se etaža formira po dubini reza ostvarenog dužinom ruke sjekačice, pripreme radnje se svode isključivo na niveliranje tračnica i premještanje stroja.

Kad je stroj jednom postavljen i centriran, neučinkovito je piliti kratke rezove, jer postavljanje i centriranje zahtijeva gotovo isti posao i vrijeme bez obzira radi li se o kratkim ili dugim rezovima. Piljenje dužih rezova uključuje samo dodatne zastoje potrebne za premještanje tračnica. Obzirom na kretanje sjekačice po tračnicama neekonomično je piliti rezove kraće od 9 m. Nastojati da dužina reza iznosi 20 do 50 m, a po mogućnosti i više.

Podzemno otkopavanje

Oprema koja se koristi pri podzemnom otkopavanju odgovara opremi koja se koristi pri površinskom otkopavanju uz dodatnu opremu neophodnu za otvaranje kopa. Temeljni strojevi za piljenje su kao i na površinskim kamenolomima: dijamantna žična pila i lančana sjekačica, te dijamantna remenska pila, a prateću opremu sačinjavaju također: bušilice, bušači čekići, zračni i vodeni jastuci, hidraulični potiskivači, a kao utovarno prijenosna sredstva utovarač i bager. Od pomoćne opreme kao što su npr.: kompresor, motorgenerator, transformator, sisaljke itd. u podzemlju je potrebna dodatna oprema za osiguranje zdrave i čiste atmosfere (ventilatori, odprašivači, filteri itd.) i oprema za kontrolna mjerenja čistoće atmosfere. Posebna oprema koja može zatrebati u podzemlju je i oprema za postavljanje sidara u krovinu, ako se radi o nestabilnom ili opasnom dijelu krovine.

Specijalna oprema koja se koristi u podzemlju su lančane sjekačice prilagođene za tu svrhu - lančane zasjekačice (slika 16.10.).

I ova je kao i ranije prikazana sjekačica opremljena s posebnim pogonskim dijelom neovisnim od radnog dijela stroja. I ovdje je zastupljen hidrostatički pogonski sustav. Glavni pogonski motor električni ili motor s unutarnjim izgaranjem pogone temeljnu hidrauličnu pumpu koja tlači hidraulično ulje do hidrauličnih motora na pojedinom dijelu stroja namijenjenu za pogon tog pogonskog sklopa. I

ovdje postoje različite kombinacije tako da hidraulične motore na pojedinim pogonskim jedinicama (za ostvarenje rotacijskog gibanja) zamjenjuju elektro motori. Hidraulični motor radnog elementa sjekačice pogoni pogonsku zvijezdu koja zahvaća beskonačni lanac na kojem su razmješteni rezni elementi (zubi s reznim pločicama). Zbog takvog pogona gibanje lanca je “na mahove” s udarnim efektima pa su zbog toga rezne pločice od tvrdog widia metala, a ne mogu se primijeniti dijamantni segmenti, jer dijamanti ne podnose udarna naprezanja. Naprotiv kod dijamantne remenske pile gibanje beskonačnog remena se ostvaruje trenjem između remena i pogonskog kotača trenja, pa mu je hod miran bez većih udarnih naprezanja pa se na njima koriste kao rezni elementi dijamantni segmenti. Podzemne lančane sjekačice na radu u podzemlju prikazane su na slikama 16.11., 16.12. i 16.13. a shematski prikaz rada lančane sjekačice pri podzemnom otkopavanju na slici 16.13.

Lančana sjekačica se sastoji od upravljačke jedinice s hidrostatičkim pogonom kao i sjekačice namijenjene za rad i u površinskim kamenolomima; vertikalnih stupova - stojki (kolona) pomoću kojih se sjekačica učvršćuje u radni položaj, razupiranjem između podine i krovine u unutrašnjosti kopa ili pomoću zatega pri početnom otvaranju kopa (slika 16.12.); i horizontalnih vodilica za gibanje pogonskog dijela s reznim krakom (rukom). Gibanje horizontalnih vodilica po horizontali (po vertikalnim stupovima), kao i pogonskog dijela s reznom rukom po horizontali (po horizontalnim vodilicama) ostvaruje se pomoću nazubljene letve koja je sastavni dio stupova odnosno horizontalne vodilice (slika 16.11.). Postavljanje lančane sjekačice razupiranjem stupova između podine i krovine vidi se na slikama 16.11. i 16.13., dok se na slici 16.12. vidi situacija pri početnom otvaranju galerije kad je usjek toliko otvoren da se jedan stup učvršćuje razupiranjem između podine i krovine, a drugi koji se još nalazi izvan kopa, pomoću zatega. Na shematskom prikazu rada podzemne sjekačice (slika 16.14.) vidi se: postavljanje sjekačice u položaj za izradu gornjeg horizontalnog reza, izrada horizontalnog reza, postavljanje za izradu i izrada vertikalnog reza.

Lančana sjekačica prilagođena podzemnom otkopavanju je neophodna za otvaranje podzemnog kopa i pri daljoj eksploataciji u podzemlju. Zbog što učinkovitijeg otvaranja kopa lančane zasjekačice se neprekidno usavršavaju. Jedan takav model je i samohodna podzemna zasjekačica prikazana na slici 16.15.

16.1. DIJAMANTNA REMENSKA PILA

Gibanje reznog alata “na mahove” kod lančane sjekačice izaziva poteškoće pri piljenju stijena koje u sebi imaju diskontinuitete, a posebice pri pojavi većih pukotina i kaverni ili proslojka tvrdog materijala. Vibracije kao redovna pojava pojačane promjenom uvjeta piljenja izazivaju nerijetko oštećenje reznog alata. Svi pokušaji postavljanja dijamantnih segmenata umjesto widia pločica na beskonačnom lancu urodili su neuspjehom, što je i razumljivo kada se zna da se gibanje lanca ostvaruje zahvatanjem zubi pogonske zvijezde u karike lanca, pa je gibanje lanca na mahove, tj. brzina mu se mijenja po sinusoidi, što izaziva udarne efekte, a dijamanti su krti i ne podnose udarna naprezanja.

Polovicom osamdesetih godina američka tvrtka W. F. MEYERS je na “konstrukcijski odgovarajućem” stroju (lančanoj sjekačici) zamijenila radni element beskonačni lanac s reznim widia pločicama s beskonačnim remenom od posebnog plastičnog materijala u koji su ugrađeni sintetizirani dijamantni segmenti. Umjesto pogonske zvijezde prijenos gibanja na remen se ostvaruje pomoću pogonskog kotača trenja - remenice, tako da je gibanje remena mirno bez udarnih naprezanja, a stijena

se razara otkidanjem strugotina piljenjem, a ne sječenjem kao kod lančane sjekačice, pa se i stroj naziva pila, a ne sjekačica. Budući da se dijamantni alati moraju hladiti vodom, ovdje se ona dodaje kroz perforirane otvore na reznoj ruci (vodilici remena) tako da remen klizi po vodenom jastuku, čime su smanjeni otpori uslijed trenja uzduž ruke, i time omogućena izrada pila s većom dužinom ruke. Neophodno trenje za pokretanje remena ostvaruje se na remenici. Režim rada stroja je kao i kod klasične sjekačice automatiziran ovisno o opterećenju, tj. svaki pogon radi s određenom optimalnom snagom, a brzine se mijenjaju ovisno o opterećenju. Vodeni jastuk na ruci vodilici se održava pomoću pumpnog sustava tlaka od oko 3 bara, uz potrošnju vode 130 do 150 l/min. Kretanje stroja po tračnicama ostvaruje se također pomoću posebne zupčaste letve ili je ta letva sastavni dio jedne tračnice. Obodna brzina dijamantnog remena iznosi 15 m/s.

Dijamantna remenska pila je prikazana na slikama 16.16., 16.17., 16.18., 16.19. i 16.20. Dijamantna remenska pila pili vertikalne i horizontalne rezove na isti način kao i lančana sjekačica, što se vidi iz slike 16.16., tako da se za horizontalni rez cijeli noseći dio s rukom položi u horizontalu. Na ovoj se slici dobro uočava i pogonski kotač trenja (remenica). Model Super Jet-Beet 950 dijamantne remenske pile tvrtke Benetti na slici 16.17. ima mogućnost piljenja vertikalnog reza dubine 3.43 m, a horizontalnog 3.05 m. Remen s umetnutim dijamantnim segmentima dobro se vidi se na slici 16.19. (donji desni dio), a produžena ruka na slici 16.20.

Kao što je lančana sjekačica prilagođena za otvaranje i rad u podzemnim kamenolomima tako je i dijamantna remenska pila prilagođena za tu svrhu. Na slici 16.21. prikazan je shematski izgled dijamantne remenske pile za podzemno otkopavanje, a na slici 16.22. dijamantna remenska pila pri radu u podzemlju.

Pila ima gumene kotače na vertikalnim stupovima pomoću kojih se premješta, tj. ona je samohodna s električnim pogonom tih kotača. Obodna brzina remena se kreće do 20 m/s, a potrošnja vode iznosi 100 do 125 l/min. Pila pri rezanju može ostvarivati dva rotacijska stupnja slobode (dvije osi rotacije) i dvije uzdužne mogućnosti gibanja, te jednu vertikalnu os gibanja za učvršćenje (gibanje dvostruko djelujućeg hidrauličnog cilindra).

Rezni element lančane sjekačice radi s manjim obodnim brzinama i može raditi “na suho”, bez vode, dok remenska pila radi s većim obodnim brzinama uz veliku potrošnju vode. Voda smanjuje temperaturu kontaktne površine dijamantata sa stijenom što sprječava grafitizaciju dijamantnih zrna u segmentu. Zato je pri podzemnoj eksploataciji raširenija primjena lančane sjekačice u odnosu na remensku pilu. Razlog je u velikoj količini vode potrebne za rad remenske pile. Rad s vodom u podzemlju, poglavito ako se radi u ležištima ograničene debljine sloja po visini, voda može prouzročiti cijeli niz problema. U podzemnim kamenolomima mramora gdje zasjekačica ili remenska pila služi za otvaranje ili “ulazak” u podzemlje, a nakon toga se u podzemlju radi na način kao i na površinskim kamenolomima, uporaba remenske pile je moguća bez većih problema. U podzemnim kamenolomima s niskim prostorima, kao što je to slučaj u npr. kamenolomu Kanfanar gdje su podzemne prostorije visoke 4,2 do 6,7 m, voda stvara velike probleme, pa je poželjan rad na suho.

16.2. PILJENJE VODENIM MLAZOM

Počeci eksploatacije mineralnih sirovina pomoću vodene struje visokog pritiska sežu u daleku prošlost. Povijest razvoja hidrauličnog otkopavanja opisana je u lit. (1) iz 1905. god. Metodu i opremu za taj način iskopavanja nekonsolidiranih

mineralnih sirovina kreirao je 1852. god. E.E. Mattison u Kaliforniji, gdje je metoda prvi put i primijenjena pri eksploataciji jednog šljunčanog brežuljka.

Pomoću struje vode izbačene iz mlaznice mineralna sirovina se može otkopavati, transportirati i odlagati. U sipkim materijalima se strujom vode poremeti međusobna povezanost zrna, ili se u drobljivim materijalima stijena razdrobi na komade i komadiće, koji se također strujanjem vode transportiraju do mjesta za dalju preradu ili uskladištuju na odlagalištu. Za otkopavanje se koristi uređaj tzv. hidromonitor u kojemu se potencijalna energija vode pretvara u kinetičku, koja se koristi za razaranje stijena. Na slici 16.23. prikazana je stara shema hidromonitora. Hidromonitor se sastoji iz donjeg i gornjeg koljena, bacača i mlaznice (N). Spojnice koljena konstruirane su tako da se bacač može okretati u horizontalnoj ravnini (J) za puni krug, a u vertikalnoj ravnini (M) za prilično veliki kut. Održavanje i promjena smjera mlaza vode postiže se pomicanjem špricaljke posredstvom poluge (S) s protuutegom (P) pričvršćene za špricaljku. Otvor bacača ima promjer 100 do 300 mm, a promjer na izlazu špricaljke iznosi 25 do 150 mm. Pritisak vode kreće se ovisno o promjeru špricaljke i potrošnji vode od 1,3 do 3,4 MPa, a mlaz vode ima brzinu 15 do 50 m/s. Ukoliko se materijal transportira strujom vode njena brzina pri tom iznosi svega 1,5 do 5,0 m/s, a pri deponiranju materijala ne smije prijeći 0,3 m/s. Potrošnja vode iznosi oko 50 do 200 l/s ovisno o produktivnosti i kategoriji stijene. Zbog toga je, osim podatnosti stijene za otkopavanje, temeljni uvjet za primjenu hidromehanizacije, raspolaganje s dostatnim količinama vode. Voda se u monitor dovodi prirodnim padom ili najčešće pomoću sisaljki kroz dovodne cijevi promjera 200 do 1100 mm ovisno o kapacitetu hidrouređaja. Voda se nakon pročišćavanja ispušta ili ponovo vraća u proces uz, ovisno o gubicima, dodatak svježih količina.

Za eksploataciju arhitektonskog kamena ovaj način otkopavanja se koristio samo pri dobivanju velikih kamena samaca magmatskog porijekla ("oblutaka") tzv. bouldera. Pri tom se vodeni mlaz koristio samo za čišćenje saprolita oko bouldera, tj. za njegovo oslobađanje, da bi se nakon utvrđivanja ploha izražene cjepivosti, boulder miniranjem cijepao u blokove. S vodenim mlazom navedenih značajki kamen se nije mogao cijepati.

Jasno je bilo da se energija vodenog mlaza, ali znatno većeg pritiska, može koristiti i za razaranje čvrstih stijena. Daljim sistematičnim istraživanjima oblika i općih značajki samog mlaza, vrsta špricaljki, veličine pritiska, te drugih čimbenika ove tehnologije, razvijena je oprema koja se, osim za rezanje papira, drva, plastike itd., u novije vrijeme efikasno koristi i za rezanje kamena.

16.2.1. Rezanje kamena vodenim mlazom

Energija vodenog mlaza visokog pritiska koristi se u industriji za različite namjene kao što su npr.: pranje, dekontaminacija, bušenje i rezanje.

Pumpom visokog pritiska tlači se voda do 400 MPa i izbacuje kroz špricaljku s otvorom promjera od svega 0,1 mm, ostvarujući veliku brzinu mlaza od oko 1000 m/s (slika 16.24.a). S energijom nastalog vodenog mlaza mogu se rezati mekši materijali kao što su: plastika, guma, drvo i papir. Ukoliko se dodatnim uređajem ubaci u mlaz vode iza špricaljke određena količina abraziva (slika 16.24.b) stvori se abrazivni vodeni mlaz visokog pritiska s kojim se mogu rezati tvrdi materijali kao što su npr.: staklo, keramika, čelik, bakar, bronca, različite metalne legure i razne vrste kamena.

Vodenim mlazom se veoma uspješno reže kamen pri rezanju ploča ili pri reljefnoj obradi kamena.

Voda dolazi u pumpu gdje se pretlačuje na pritisak od 350 do 400 MPa i kroz vod visokog pritiska od nehrđajućeg čelika dovodi do rezne glave, gdje izlazi kroz špricaljku s otvorom od 0,04 do 0,1 mm s trostrukom brzinom zvuka (oko 1000 m/s). Iz dozatora abraziva ubacuje se u vodenu struju abrazivna smjesa i kroz mlaznicu usmjerava na obrađivanu kamenu ploču. Abraziv se ubacuje u struju vode u reznoj glavi (slika 16.25.) na kraju sustava kako bi se zaštitili ostali njegovi dijelovi od štetnog habajućeg djelovanja abraziva. Iz istog razloga je izlazna mlaznica izrađena od tvrde keramičko karbidne slitine tako da joj trajnost iznosi oko 80 sati efektivnog rada.

Vodeni mlaz visokog pritiska (water-jet) primjenjuje se u posljednje vrijeme i pri eksploataciji arhitektonskog kamena. Stijene silikatnog porijekla su zbog svog postanka, mineralnog sastava, strukture, teksture i kemizma, odnosno fizičko-mehaničkih značajki pogodne za ovaj način razaranja.

Tako tvrtka Rocky Mountain Rose Red koristi ovaj način eksploatacije u svom kamenolomu granita smještenom blizu nacionalnog parka Rocky Mountain, pri oslobađanju primarnih blokova mase oko 120 t dimenzija 5 x 3 x 2,4 m. Vodeno-mlaznim sustavom, instaliranim uz asistenciju Roy Erickson and Watertown Monument Works, režu se bočne površine 3 x 2,4 m, dok se ostali dijelovi bloka oslobađaju tehnikom bušenja i cijepanja. Primarni blok se cijepa u dvanaest komercijalnih blokova dimenzija 2,5 x 1,2 x 1 m.

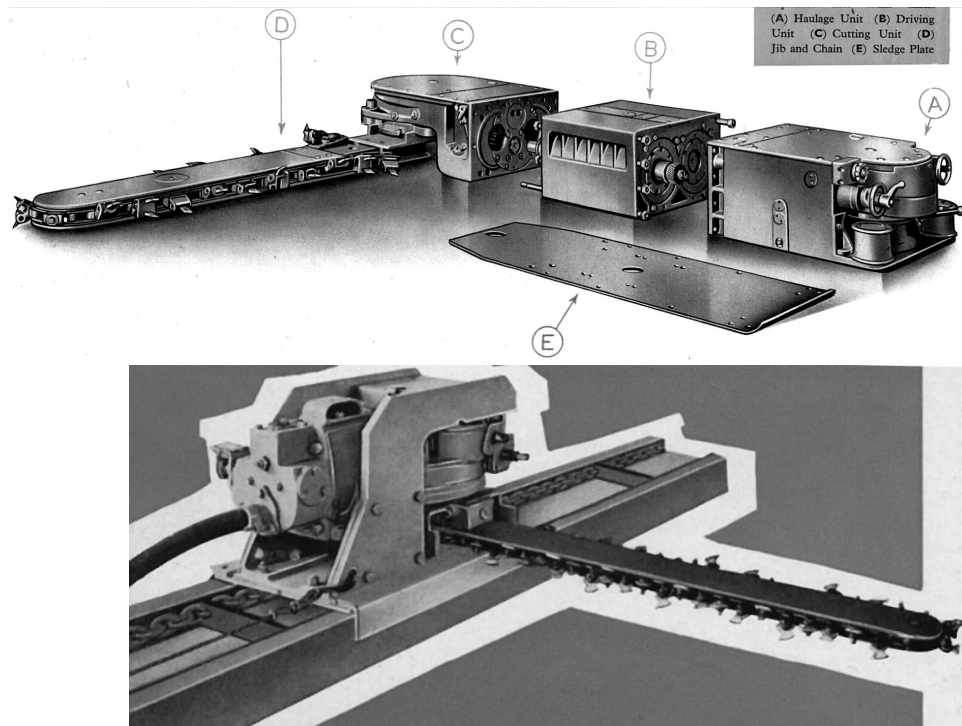
Učinak rezanja vodenim mlazom varira ovisno o tome ima li kamen zrnastu, porfiroidnu, porfirsku, ofitsku ili hijalinsku strukturu, odnosno je li zrnasta struktura sitno ili krupnozrnasta. Prosječni ostvareni učinak u kamenolomu Rocky Mountain Rose Red iznosi oko 0,6 m² na sat. Stroj snage 30 kW troši 3,8 l vode u minuti. Širina reza je oko 4 cm, a buka 90 do 100 decibela, što je znatno niže od buke pri plameno-mlaznom (flame-jet) načinu eksploatacije pri kojem ona iznosi 125 do 150 db.

Tvrtka Pellegrini Meccanica Spa (Italija) je 1993. god., u suradnji s inženjerima sveučilišta iz Cagliari, provela pokuse rezanja granita s vodenim mlazom visokog pritiska u kamenolomu Salvatore Fiore (Budduso). Nakon usavršavanja postrojenja ista tvrtka je 1995. god. ponovila pokusnu eksploataciju pomoću vodenog mlaza u kamenolomu granita udruženja Fergranit smještenog na lokaciji Bozzano (Budduso).

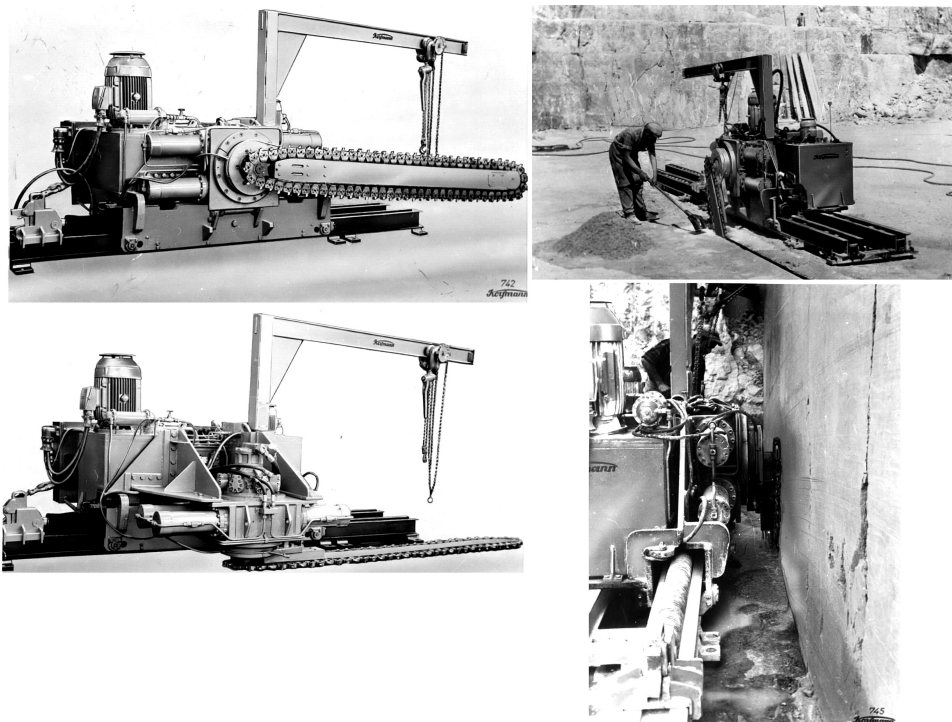
Postrojenje tvrtke Pellegrini nazvano Pel jet (slika 16.26.) snage 95 kW ostvaruje s količinom vode od 18 l/min pritisak 210 do 220 MPa. Može izrađivati vertikalni, horizontalni ili kosi rez s dubinom prodiranja do 3,6 m, uz mogućnost produženja ruke za vertikalni rez do 8 m. Maksimalno ostvareni učinak iznosio je 2,54 m²/h, minimalni 1,66 m²/h odnosno prosječno 2,1 m²/h, uz normativ potrošnje vode 680 l/m², električne energije 50 kW/m² i trajnost mlaznice 100 m² reza.

Postrojenje radi potpuno automatizirano gibajući se po tračnicama na način rada analogno radu lančane sjekačice u kopovima s kamenom karbonatnog sastava. Ukoliko ovaj stroj i način piljenja kamena nađu ekonomsku primjenu omogućiti će se i u kamenolomima granita primjena svih metoda eksploatacije koje se, u površinskim visinskim i dubinskim kao i podzemnim kamenolomima karbonatnih stijena, zasnivaju na primjeni lančane sjekačice ili kombinaciji lančane sjekačice i dijamantne žične pile. Sadašnji način eksploatacije kamenoloma granita, koji u najvećoj mjeri koristi bušenje i cijepanje, te u manjoj mjeri piljenje dijamantnom žičnom pilom, potpuno bi se promijenio, jer bi ti kamenolomi dobili "sjekačicu" i mogli bi koristiti metode eksploatacije kao i kamenolomi kamena karbonatnog sastava, što je prikazano na slikama 16.27. i 16.28. Na slici 16. 27. se vidi otvoreni

površinski brdski kamenolom u kojem bi umjesto lančane sjekačice iste rezove koje ona pili rezao stroj s abrazivnim vodenim mlazom. Na slici 16.28. Prikazano je otvaranje u površinskom brdskom kamenolomu na način kako se otvara i podzemni kamenolom po kojem bi se vertikalni i horizontalni rezovi radili strojem s abrazivnim vodenim mlazom, a dijamantnom žičnom pilom bi se pilio stražnji zatvoreni rez, na način zatvaranja dijamantne žice u omču.



Slika 16.1. - Stara rudarska podsječkača



Slika 16.2. - Starija izvedba sjekačice Korfmann pri radu u kamenolomu



Slika 16.3. - Lančana sjekačica francuske tvrtke Perrier pri piljenju horizontalnog reza u kamenolomu



Slika 16.4. - Novija izvedba sjekačice Korfman postavljena za piljenje horizontalnog reza (desno), pri piljenju horizontalnog reza (lijevo gore) i pri piljenju vertikalnog reza (lijevo dolje)



Slika 16.5. - Laganija izvedba lančane sjekačice Fantini pri radu na početnom otvaranju usjeka, tj. pri početku rada na otvaranju dubinskog kamenoloma



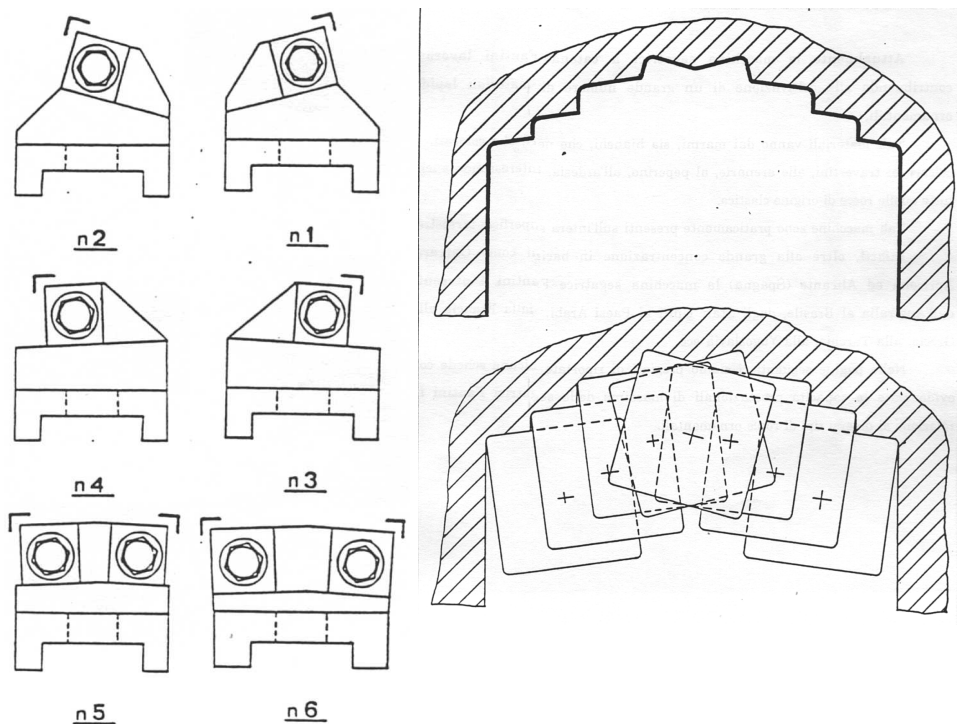
Slika 16.6. - Različite izvedbe lančanih sjekačica u različitim fazama piljenja vertikalnih i horizontalnih rezova



Slika 16.7. - Lančana sjekačica pri piljenju horizontalnog reza (film)



Slika 16.8. - Lanac i njegovi rezni elementi (zubi i pločice)



Slika 16.9. - Raspored serije s 6 zuba s 8 reznih pločica na lancu lančane sjekačice



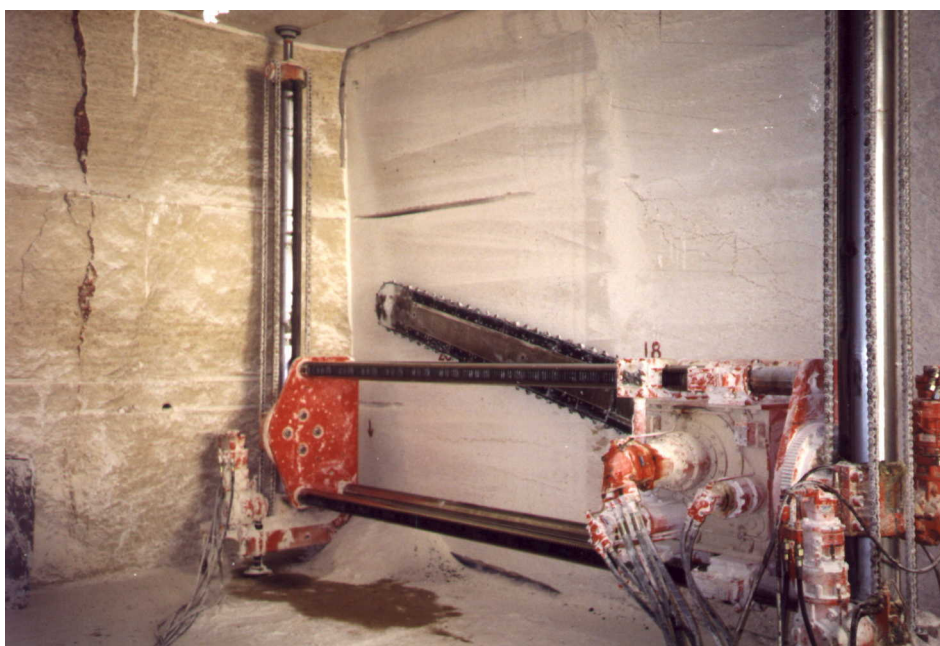
Slika 16.10. - Lančana sjekačica u podzemnom kamenolomu



Slika 16.11. - Lančana sjekačica prilagođena za podzemno otkopavanje

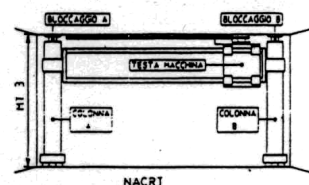


Slika 16.12. - Lančana sjekačica pri početnom otvaranju podzemnog kamenoloma

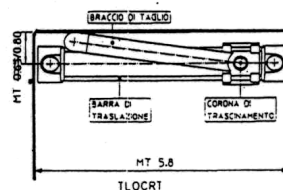


Slika 16.13. - Lančana slekačica proizvod Fantini model G70 namijenjena za podzemno otkopavanje

NAČIN IZRADE HORIZONTALNOG REZA SCHEMATIC VIEW OF HORIZONTAL CUT

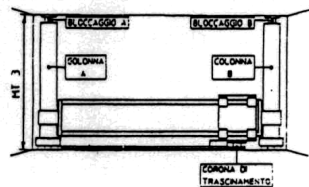


NACRT

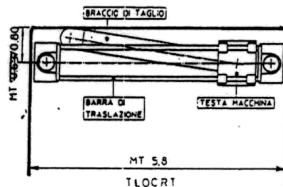


TLOCRT

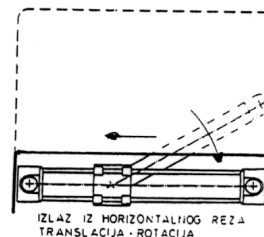
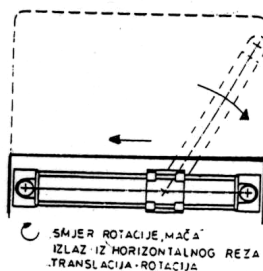
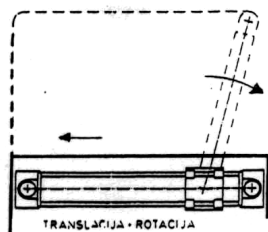
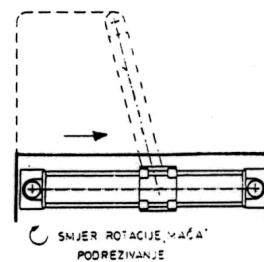
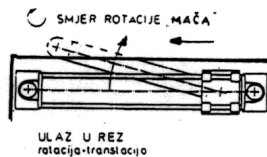
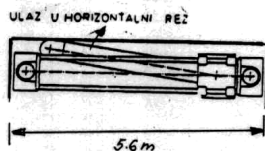
POSTAVLJANJE SJekaČICE ZA HORIZONTALNI REZ - donji



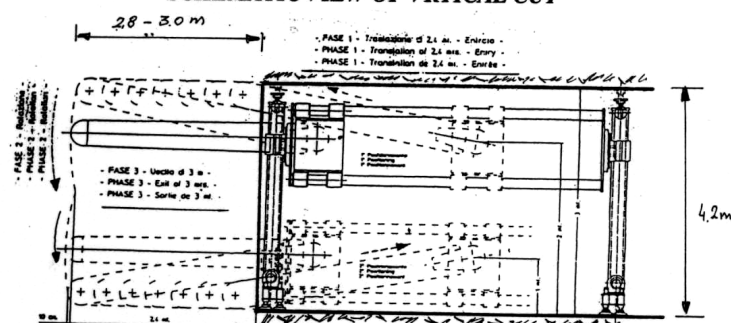
NACRT



TLOCRT

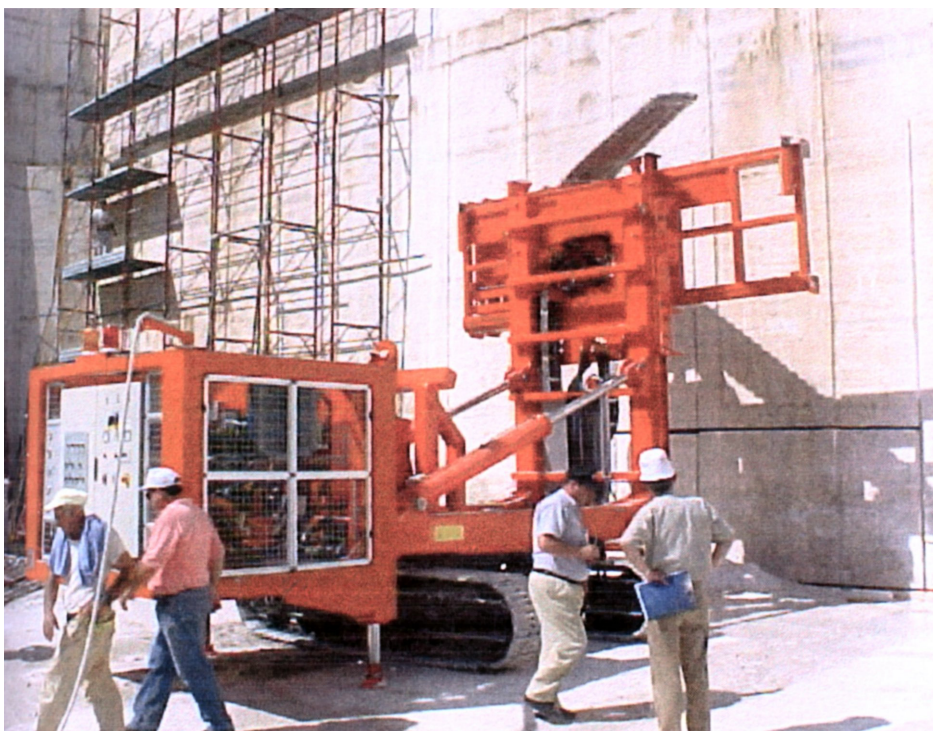


NAČIN IZRADE VERTIKALNOG REZA SCHEMATIC VIEW OF VERTICAL CUT

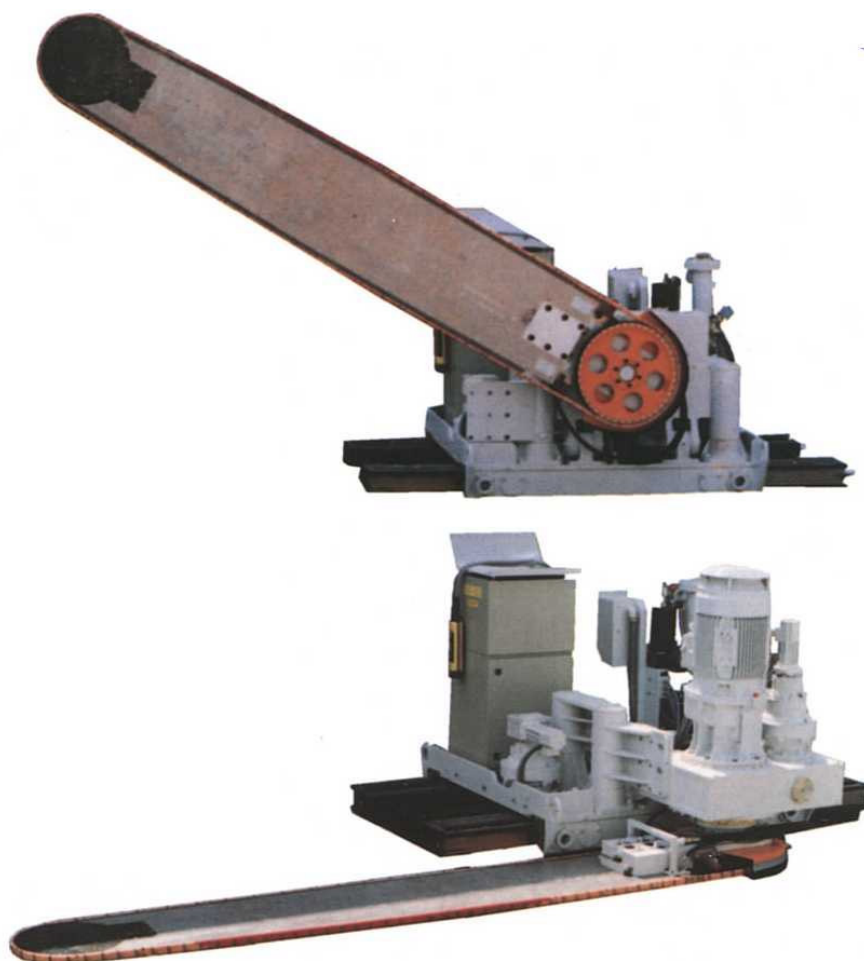


SLIKA 3

Slika 16. 14. - Shematski prikaz rada lančane sjekačice pri podzemnom otkopavanju



Slika 16.15. - Samohodna podzemna sjekačica proizvod Fantini model GU 70



Slika 16.16.- Dijamantna remenska pila u položaju za piljenje vertikalnog reza (gore)
i horizontalnog reza (dolje)

SUPER JET BELT 950

**TAGLIATRICE A CINGHIA DIAMANTATA PER TAGLI VERTICALI ED ORIZZONTALI
DIAMOND BELT SAW FOR VERTICAL AND HORIZONTAL CUTS
HAVEUSE À COURROIE DIAMANTÉE POUR COUPES VERTICALES ET HORIZONTALES
CORTADORA DE CINTA DIAMANTADA PARA CORTES VERTICALES Y HORIZONTALES**



Slika 16.17. - Dijamantna remenska pila model Super Jet Belt 950 pri piljenju horizontalnog reza



Marmo Bianco Carrara / White Carrara

ITALIA



Marmo Bianco Arni / White marble Arni

ITALIA



Marmo colorato / Coloured Marble

AUSTRIA

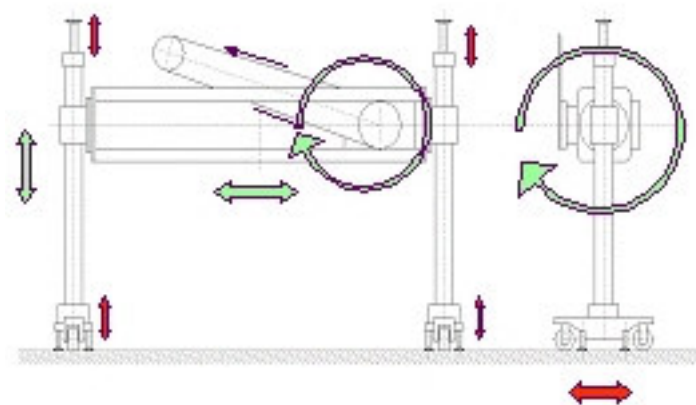
Slika 16.18. - Dijamantna remenska pila u različitim fazama piljenja horizontalnog reza



Slika 16.19. - Pojedinačni elementi dijamantne remenske pile



Slika 16.20. - Dijamantna remenska pila povećane dužine ruke u podzemnom kamenolomu



Slika 16.21. - Shematski prikaz dijamantne remenske pile za podzemno otkopavanje



Slika 16.22. - Dijamantna remenska pila model Tunnel jet belt 940 proizvod Benetti macchine pri podzemnom otkopavanju

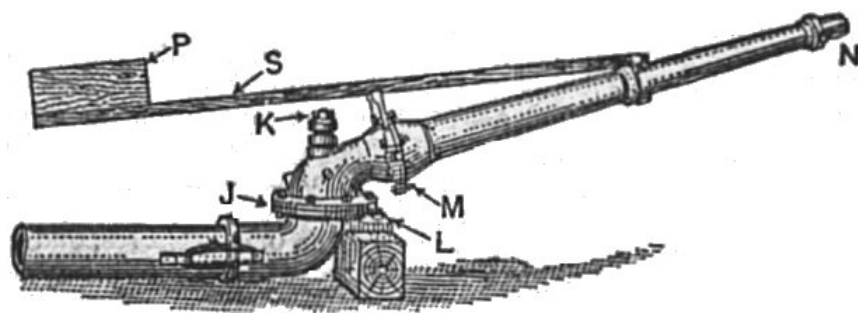
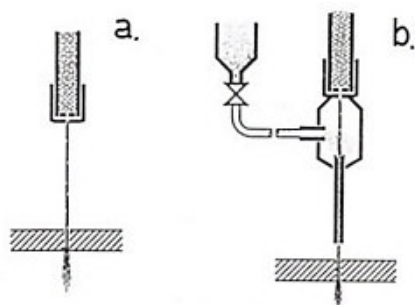
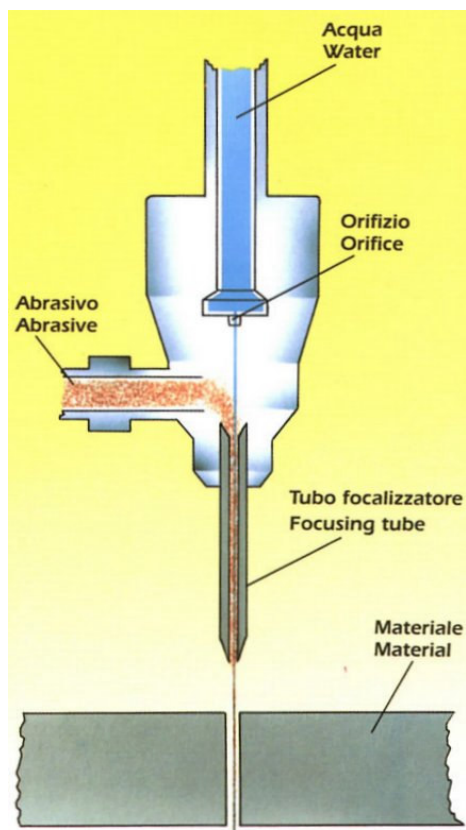


Fig 819. Giant or Monitor

Slika 16.23. - Hidromonitor (crtež iz literature iz 1952. god.)



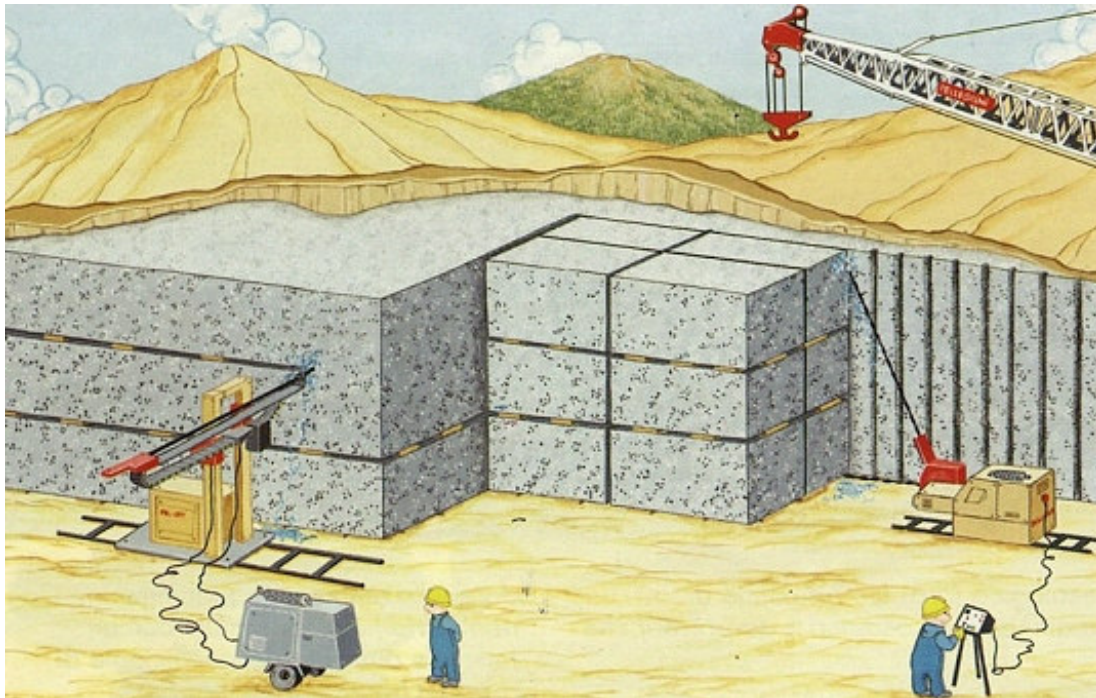
Slika 16.24. - Rezanje (a.) vodenim mlazom (water jet), (b.) vodeno abrazivnim mlazom (abrasiv jet)



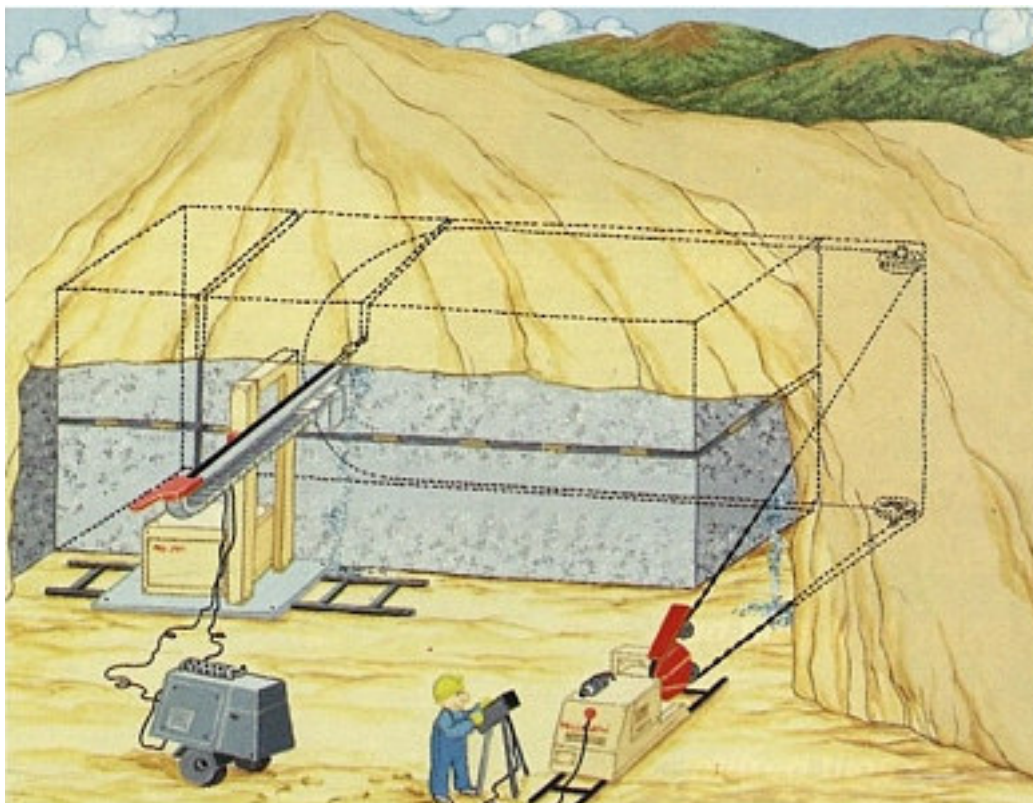
Slika 16.25. - Rezna glava: (water) voda, (orifice) otvor špricaljke, (abrasive) abraziv, (focusing tube) fokusirajuća cijev - usmjeravač, (material) kamena ploča



Slika 16.26. - Postrojenje Pel-jet tvrtke Pellegrini Meccanica S.p.a. pri piljenju horizontalnog (gore) i vertikalnog reza (dolje)



Slika 16.27. - Dobivanje blokova pri površinskoj eksploataciji - piljenje horizontalnog reza strojem s abrazivno-vodenim mlazom, a vertikalnog dijamantnom žičnom pilom



Slika 16.28. - Otvaranje površinskog brdskog kamenoloma na način otvaranja podzemnog kopa- piljenje horizontalnih i vertikalnih rezova strojem s abrazivno-vodenim mlazom, a stražnjeg zatvorenog reza dijamantnom žičnom pilom