

# Povijest prijevoza kamenih blokova

---

**Dunda, Siniša**

*Source / Izvornik:* **Klesarstvo i graditeljstvo, 1997, 8, 67 - 78**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:409278>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering Repository, University of Zagreb](#)



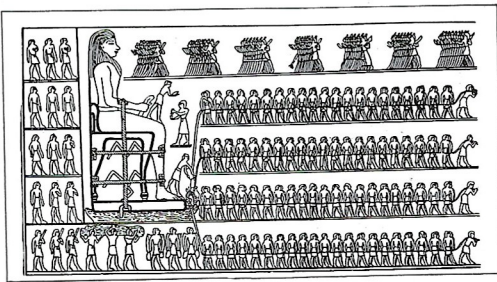
## POVIJEST PRIJEVOZA KAMENIH BLOKOVA

Kameni blok izdvojen iz svog prirodnog sklopa, potrebno je premjestiti van radilišta, utovariti u prijevozno sredstvo i prevesti do pretovarenog ili nekog određenog mjesta. Tako proces dobivanja arhitektonskog kamena završava tek onda kada kamen prijeđe sa mjesta za vadenje na mjesto potrošnje. Prijevoz kamenih blokova od mjesta pretovara, prerade ili potrošnje ima bitnu ulogu u radu i gospodarstvu svakog kamenoloma, jer prijevoz kao zadnja karika u proizvodnom ciklusu, omogućuje da proizvod kamenoloma dobije konkretnu uporabnu vrijednost.

Specifičnost prijevoza arhitektonskog kamena, u odnosu na druge mineralne sirovine, ogleda se u činjenici da se radi o prijevozu blokova velikih dimenzija, za što je potrebno osigurati podesna prijevozna sredstva i njima prilagođene transportne trase.

### Prijevoz saonicama

Da su stari Egipćani bili veliki praktičari pri manipulaciji i prijevozu teških kamenih blokova uočava se iz sl. 1, koja prikazuje prijevoz divovskog kipa Thot

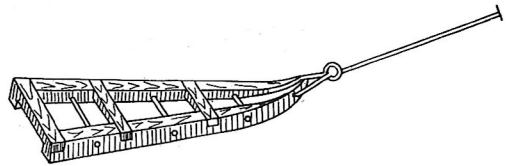


Slika 1 - Prijevo divovskog kipa saonicama

Hotep. Ovaj ogromni teret postavljen je i povezan na drvene saonice. Na mjestima gdje veze prihvaćaju kip nalaze se podloge, koje štite kip od oštećenja. Iz slike se ne može vidjeti, ali saonice vjerojatno imaju široke stope kako bi se velikom površinom nalijeganja smanjio specifični pritisak tereta na tlo. Teret vuku četiri reda ljudi, a jedna svećenica pri tom moli. Nadzornik stoji na koljenima kipa i pljeskanjem određuje ritam ravnomjernog vučenja. Na stopalima kipa je osoba koja lije vodu pod saonice, da se smanji trenje između saonica i tla. Na slici se vide tri nosača vode, a iza njih trojica nose jednu veliku gredu s nazubljenim izrezima. Ova greda služi za zaustavljanje saon-

ica na nagnutim dijelovima puta. Prijevoz ogromnih tereta na ovaj način omogućila je specifičnost egipatskog zemljišta, koje je izgrađeno od aluvijalnog nanosa rijeke Nila. Polijevanjem ovog muljevitog materijala znatno se smanjuje koeficijent trenja, što olakšava klizanje saonica.

Na sličan način prevozili su se i naši srednjovjekovni nadgrobnji spomenici - stećci ili mramori, koji su u Dalmaciji najrasprostranjeni u Imotskoj, i manje u Sinjskoj krajini, a potječu iz 14. i 15. stoljeća. Dalmatinski stećci (mramori) klešani su od autohtonog kamena vapnenca kojeg je bilo u blizini, a nerijetko su stećci prilično udaljeni od kamenoloma. Ovi veliki i teški (kako bi što dostojnije prekrili kosti pokojnika) nadgrobnji spomenici prevozili su se na saonicama napravljenim od dvije uzdužne drvene grede spojene poprečnim gredicama (sl. 2). Razmak uzdužnih greda manji je na prednjem kraju, ili su tu grede sasvim spojene, a taj prednji dio je povijen prema gore. Dimenzije saonica odgovarale su obliku i veličini bloka (stećka), a oblici i veličine su različite. Ima ih jednostavnih od jednog i složenih od dva komada tako da donji leži vodoravno, a na njemu je drugi izrađen u obliku sarkofaga. Prvi zapravo prekriva grob (postament) drugi u obliku sanduka ili sljemenjaka je samo ukras.



Slika 2 - Drvene saonice za prijevoz stećaka

Najljepši su stećci sljemenjaci (slika 3) isklesani iz "živca kamena" u obliku kuće pri dnu suženi, trapezoidni s krovom "na dvije vode". Ukrašeni su reljefnim figurama: ljudi, žena, konjanika, zvijezda, mjeseca, košuta, konja, pasa, štitova, mačeva i vrlo često križeva. Uklesani križevi na našim dalmatinskim stećcima su jedan od dokaza da stećci nisu isključivo nadgrobnji spomenici bogumila, jer bogumili nisu štovali križ.<sup>(6)</sup> Od stećaka u Dalmaciji jedino su na onim u Imotskoj krajini zapaženi tragovi pisma koji su s vremenom uništeni i postali nečitljivi. Narod je uništavao natpise, jer je vjerovao da po njima "čivuti", za koje su držali sve putnike strance, mogu naći zakopano blago koje se nalazi u raznim gomilama u blizini stećaka. Narodno vjerovanje da će nevjere uništiti ljetinu ako se dira



Slika 3 - Dalmatinski stećak sljemenjak (lit. 2)

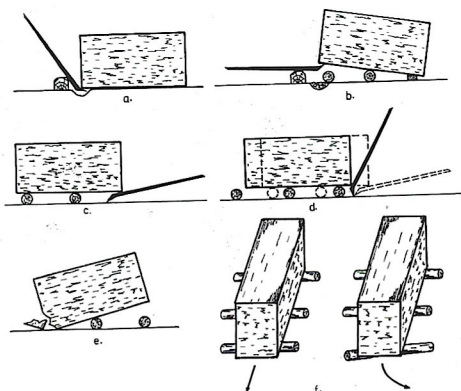
u stećke očuvalo ih je od potpunog uništenja. Međutim, smještaj u blizini prometnica i naselja pogodio je njihovom uništavanju. Veliki "mramori" prebijani ili ponegdje i cijeli ugrađivani su u zidove crkava, groblja, vinograda, vrtova i bunara, drobljeni i sipani u ceste. Petar Gudelj piše<sup>(2)</sup>: "Od kulturnih i kulturnih spomenika preživješe samo prehistorijske gomile, tumuli i srednjovjekovni nad-



*grobni megaliti - stećci, ali će i njih stići zla kob: u naše vrijeme, na naše oči, drobe ih kamenožderi zvani drobilice, proždiru i pretvaraju u svoje betonske izmetine."*

## Prijevoz po oblicama

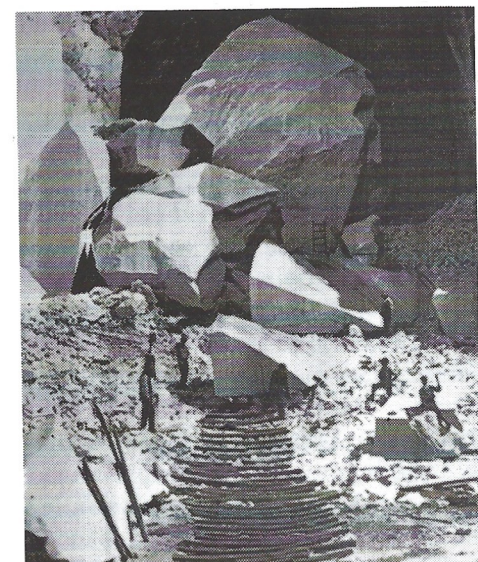
Stećci su tovareni na saonice uz pomoć greda, oblica, te drvenih i željeznih poluga. Saonice su vukli konji ili volovi. Kad udaljenost od kamenoloma do mjesta ugradnje nije bila velika i kad se radilo o veoma masivnom i nepravilnom



Slika 4 - Postupak korištenja oblica pri rukovanju s kamenim blokom

stećku, primjenjivan je još jedan način transporta - monolit je guran preko drvenih oblica (valjaka). Dokaz za to su oblice koje su ponegdje do danas ostale pod stećcima, jer ih ljudi zbog velike mase kamena nisu izvlačili. Jedan takav slučaj zabilježen je u Dalmaciji susjednom Humu (Hercegovina) nedaleko od Stoca, gdje je oblica ostala ispod stećka (sanduka), koji nije prebačen do groblja<sup>(5)</sup>.  
 Uporabom okruglih trupaca (oblica) koji se podlažu pod teret pretvara se otpor klizanja u znatno manji otpor kotrljanja. Stoga ne začuđuje da se povlačenje teških kamenih blokova preko drvenih oblica koje se umeću ispod bloka kao jednostavan i veoma efikasan način prijevoza počeo primjenjivati u najstarije vrijeme i da se zadržao u uporabi cijeli niz stoljeća, a susreće se ponekad i danas, obično kao pripomoć pri pomicanju blokova na suvremenim skladišnim prostorima koji nemaju suvremenu dizaličnu ili utovarno - pretovarnu opremu. Blok se na prednjem kraju podigne pomoću poluga i drvenih podmetača koji se ubacuju blizu polužnih uporišta čime se dodatno olakšava podizanje (sl. 4). Oblice se postavljaju ispod bloka pod pravim kutom u odnosu na smjer kretanja. Pomoću poluge blok se pogurne sa stražnje strane. Potrebno je voditi računa o broju oblica (ovisno o veličini bloka) i njihovoj pravilnoj izmjeni, kako ne bi došlo do skliznuća kraja bloka što bi moglo izazvati njihovo lomljenje. Zakretanje pravca gibanja postiže se zakošenjem čelne oblice u željeni položaj.

Prijevoz blokova po oblicama odvijao se po horizontalnim ili blago



Slika 5 - Prijevoz po oblicama nepravilnih blokova neposredno nakon njihovog izdvajanja iz ležišta.

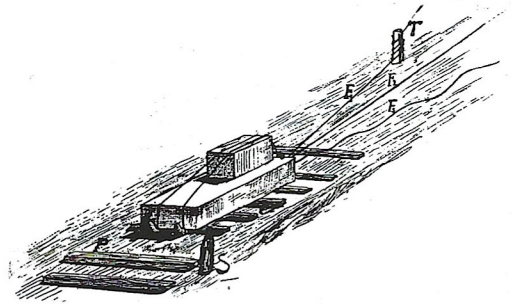


nagnutim stazama (sl. 5). Važno pitanje u rješavanju prijevoza kamenih blokova bilo je kako spustiti ove velike terete s visokih brdskih položaja, gdje su se najčešće nalazili kamenolomi, u nizinu ili do morske obale, gdje su se nalazile pilane ili mjesta dalje otpreme.

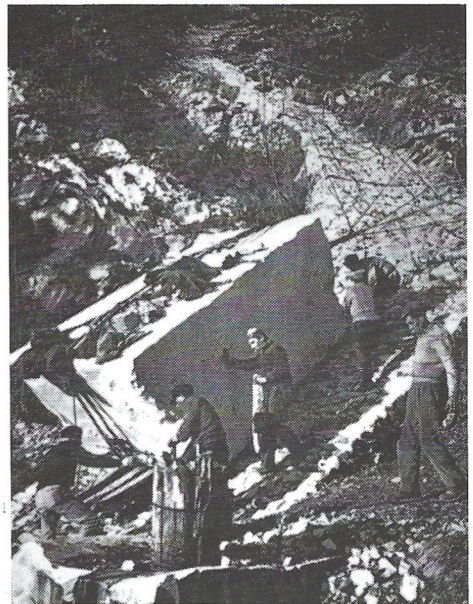
### Klizne svoznice

U antičko doba blokovi su se dopremali u niže predjele jednostavnim neposrednim slobodnim spuštanjem (klizanjem) niz strme padine brda. Pri ovakvom načinu spuštanja blokova, osim opasnosti za ljude, najveću poteškoću predstavljao je izbor klizne trase. Do nekontroliranog zaustavljanja bloka dolazilo je, ne samo na zaravnjenim dijelovima trase nego i na kosinama koje, zbog velikog trenja između bloka i tla, nisu omogućavale otklizavanje bloka do predviđenog položaja. Gravitacijska komponenta (ovisno o nagibu ali i o veličini bloka) nije bila dovoljna za savladavanje sile trenja između bloka i tla. Smanjenje koeficijenta trenja između bloka i tla postiglo se primjenom modificiranog načina prijevoza po drvenim oblicama, kontroliranim spuštanjem blokova po tzv. kliznim svoznicama. Prema tome, kliznu svoznicu predstavlja uređena ili izgrađena staza po kojoj se kontrolirano (užetima pridržavan) spuštao blok postupnim umetanjem drvenih gredica (pragova) ispod njega. Pri izboru i izgradnji staze nastojalo se što više prilagoditi konfiguraciji terena slijedeći najčešće prirodne putove slijevanja vode. Na sl. 6 prikazana je klizna svodnica na ručni "pogon", a na sl. 7 rad na prijevozu bloka po kliznici.

Jedan ili više blokova ukupne mase najčešće 10 do 20 t poveže se na saonice izrađene od grubo istesane česmine, bukovine ili hrastovine. Od tih vrsta drveta tešu se i trupci (gredice, pragovi), koje se podlažu pod saonice. Gredice se mažu sapunom ili nekim drugim lubrikacijskim sredstvom kako bi se smanjilo trenje, a i toplina koja se razvija uslijed trenja između saonica i trupaca. Saonice uvijek leže na tri do četiri praga. Trupci, odnosno valjci, zahtijevaju čvrstu podlogu, usporedno vođenje i razmjerno ravan

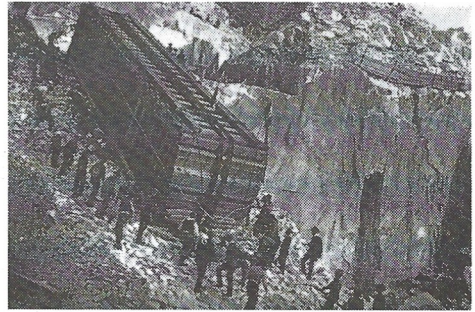


Slika 6 - Shema kliznice za ručni rad (lit. 6)

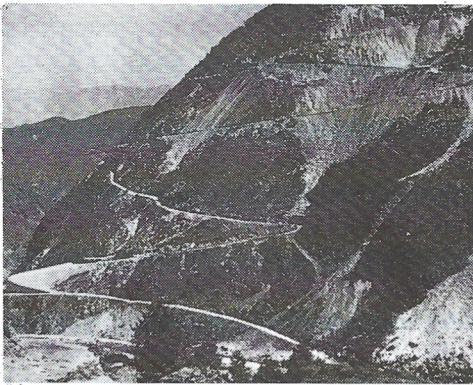


Slika 7 - Spuštanje bloka veličine 3 m<sup>3</sup> po kliznoj svoznici

teren. Zato se staze trasiraju na stjenovitom terenu ili se izgrade suhozidom u obliku grubog pločnika. Nagibi su im od 50 do 70%, ali mogu biti i veći od 100%. S obje strane uzduž staze zakošeno su pobijeni obli drveni (kesten ili slično tvrdo drvo) stupci promjera oko 30 cm. Stupci su, zbog lakše zamjene, umetnuti u rupe kvadratičnog presjeka i učvršćeni drvenim klinovima. Ovisno o masi, teret se veže s tri ili više užeta, koja se omataju oko stupaca. Svakim užetom rukuje jedan ili grupa radnika spuštajući teret naizmjeničnim popuštanjem užeta prema komandama upravitelja kliznice. Istovremeno se postupno premještaju pragovi tako da se zadnji prag prebacuje ispred saonica kad se one pomaknu za dužinu jednog razmaka pragova. Znači da se kod ovog vida prijevoza teret kotrlja po pokretnoj stazi, jer se premještanjem trupaca ustvari giba i staza. Ovakve klizne svodnice korištene su npr. na području Apuanskih alpi duže od dva milenija, jer su se s njima mogli spuštati kod dobro odabrane trase, blokovi praktično neograničenih masa (sl. 8), staza se mogla mijenjati, a sam prijevoz nije bio skup. Primjer prijevoza ogromnog tereta na ovaj način je prebacivanje monolita Mussolini iz kamenoloma do luke u Carrari i dalje do Rima, za što je trebalo izgraditi i posebno plovno sredstvo, jer se postojećim jedrenjacima i parobrodima to nije moglo izvesti.



Slika 8 - Spuštanje zaštićenog velikog tereta po kliznoj svodnici



Slika 9 - Staza kliznice transformirana za cestovni promet

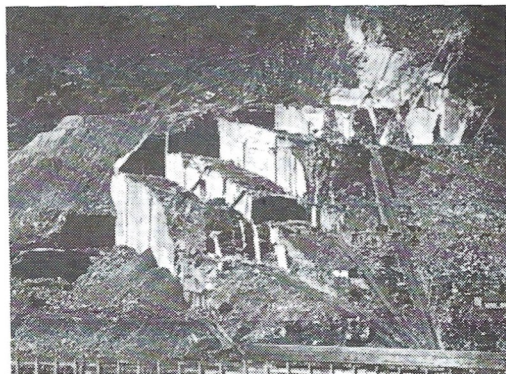
Razvojem cestovnog prijevoza ponegdje, gdje je to bilo moguće, staze kliznih svodnica su transformirane u ceste (sl. 9).

Za prijevoz blokova po pravcu koristile su se i mehaničke kliznice, kod kojih su saonice s blokom pokretane pomoću čeličnog užeta pogonjenog vitlom s krajnje najviše kote kliznice. Pri povlačenju saonica s blokom po horizontalnim prugama korištena su vitla s uključivanjem bubnjeva pomoću tarnih spojki, a na kosim prugama pri spuštanju saonica s blokom korištena su vitla opremljena jednom kočnicom na osovini bubnja, obično pojasnom, kao i vitla s dvije, obično čeljusne, kočnice od kojih jedna, sigurnosna kočnica, djeluje na osovini bubnja, a druga manevarska, na osovini pogonskog elektromotora. Staze (sl. 10) po kojima su klizile saonice bile su izgrađene od drvenih pragova (trupaca) ukopanih u tlo poprijeko na smjer gibanja saonica, ali tako da po prilici polovinom visine nadvisuju tlo.

Za razliku od ovih strojno pogonjenih kliznica s gibanjem po pravcu, na kliznici "Moretti"5ogle su se svladati i krivine. Na stazi ove kliznice po



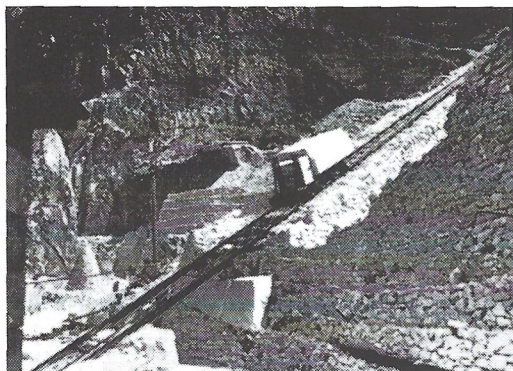
središnjoj osi fiksnih pragova, učvršćena je cjevasta vodilica tako da ta staza predstavlja prugu s prisilnim vođenjem saonica. Cjevasta vodilica sastavljena je od ravnih ili zakrivljenih (u jednoj ili dvije ravnine) sekcija dužine 5 do 6 m, što omogućava da se potrebnim kombiniranjem prati željena trasa. Saonice su s donje strane opremljene sustavom oslonih poluprstenastih vodećih elemenata koji nalijeganjem na pružnu cjevastu vodilicu omogućavaju tim uzajamno prisilnim vođenjem, vožnju kroz krivine. Saonice su, kao i kod pravocrtnih motornih kliznica pogonjene odmatanjem, odnosno namatanjem užeta na bubanj pogonskog vitla. U krivinama postavljeni su orijentacijski kotači (valjci), koji vode užu u ispravnom položaju.



Slika 10 - Staze kliznica s motornim pogonom

### Tračničke željeznice

Staze mehaničkih kliznica predstavljale su ustvari "željezničke pruge" na kojima su bili položeni pragovi, ali pruge nisu imale tračnice niti su vozila (saonice) imale kotače. Pričvršćenjem tračnica za pragove i uvođenjem prijevoznih vozila na kotačima s vijencima prešlo se na dopremu blokova mehaniziranim tračničkim sredstvima.

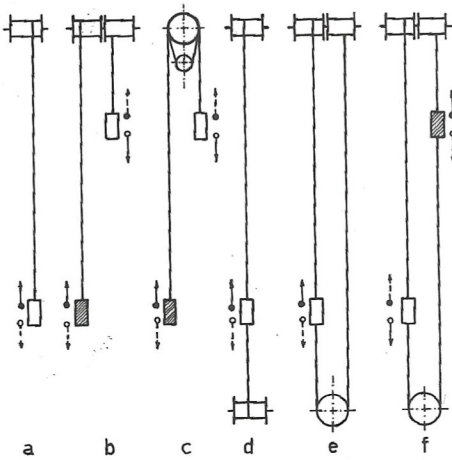


Slika 11 - Tračnički prijevoz blokova pomoću čeličnog užeta

Doprema čeličnim užetom (sl.11) bila je jedan od prvih načina mehanizacije prijevoza po tračnicama. Postrojenje za dopremu čeličnim užetom sastojalo se od stacionarnog strojnog pogona i savitljivog vučnog elementa, koji prenosi silu gibanja od stroja na kolica. Strojni pogon obično je vitlo s 1 ili 2 bubnja ili s kotačem trenja, već prema načinu dopreme. Savitljivi vučni element je čelično užu. Kolica (vagonet) nemaju sanduk nego samo vozno postolje s ravnom tovarnom plohom. Pri dopremi blokova

čeličnim užetima po kosim prugama razlikuje se spuštanje tereta s višeg nivoa na niži - svoznice (spuštaljke) i dizanje tereta s nižeg nivoa na viši - uspinjače. Za pogon uspinjače, na vitlu mora biti ugrađen pogonski stroj, a kod svoznice pouzdana kočnica, koja regulira brzinu spuštanja i zaustavlja kolica na krajnjim postajama. Razlikovala se jednoradna i dvoradna doprema. Kod jednoradne dopreme kolica s blokom gibala su se samo u jednom smjeru, a kod dvoradne su se istovremeno gibala kolica s blokom u jednom, a vagonet s kremenim pijeskom ili drugim priborom u suprotnom smjeru. Temeljne sheme prijevoza po tračnicama



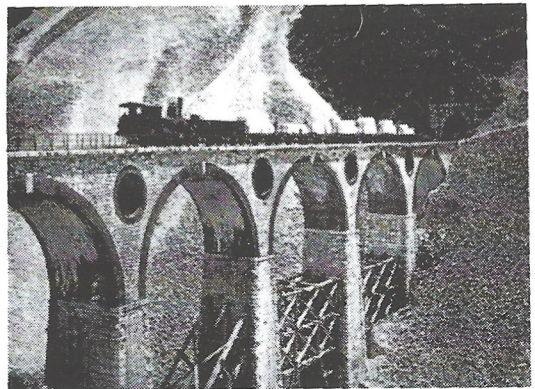


Slika 12 - Sheme tračničkog prijevoza čeličnim užetom

pomoću povlačnog užeta prikazuje sl. 12. Jednoradni prijevoz po shemi a) obavlja se s 1 otvorenim užetom pomoću jednobubnjastog vitla, a primjenjivao se na kosim prugama, gdje se kolica izvlače pomoću vitla, a spuštaju djelovanjem gravitacije. Dvoradna oprema prema shemi b.) odvija se pomoću dva otvorena užeta po kosim prugama pomoću dvobubnjastog vitla. Umjesto pruge s dva paralelna kolosijeka s 4 tračnice može se upotrijebiti pruga s 3 ili 2 tračnice s ugibaljštem u sredini. Analogno ovoj shemi prijevoza, kod koje je jedan kraj užeta pričvršćen za bubanj, a drugi prikopčan za kolica, blokovi se mogu prevoziti i

prema shemi c.) samo što je ovdje uže prebačeno preko pogonskog kotača trenja, a na njegove krajeve prikopčavaju se kolica. Vučna sila s kotača prenosi se na uže trenjem. Jednoradna izmjenična doprema blokova po horizontalnim prugama odvijala su se po shemi d.) s 2 jednobubnjasta vitla pomoću dva otvorena užeta koja se zakopčavaju sprijeda i pozadi tereta. Analogni način prijevoza pomoću dvobubnjastog vitla s otvorenim užetima, prednjim i stražnjim, samo što su ovdje oba bubnja smještena na istom mjestu u vidu dvobubnjastog vitla prikazan je na shemi e.). Zadnje ili povratno uže mora imati dvostruku dužinu i one se vodi preko posebnih otvorenih ili zatvorenih kotura. Dvoradna doprema, zbog čega prijevozna pruga mora biti dvokolosječna ili jednokolosječna s ugibaljštem u sredini, po horizontalnim prugama je s dvobubnjastim vitlom, te otvorenim užetima i to s 2 prednja ili 1 spojnim kako to prikazuje shema f.).

Kad se govori o prijevozu kamenih blokova na tračnicama, neophodno je spomenuti transport lokomotivama, odnosno bivšu jedinstvenu u svijetu "kararsku mramornu željeznicu" (sl 13) koja je povezivala cijeli niz kamenoloma (iz kojih je direktno preuzimala blokove bez dodatnog transporta i pretovara) s pilanama i morskom lukom Marina di Carrara. Prva dionica ove željezničke pruge izgrađena je 1876. do Piastre, da bi 1890., bila završena cijela trasa ukupne dužine 32 km, s maksimalnom visinskom razlikom postaja, koje je željeznica povezivala od 445 m. Željeznicom su se prevozili blokovi pojedinačne mase do 40 t, a blokovi veće mase prevažani su po staroj cesti klasičnim specijalnim kolima s volovskom vučom tzv. *Carriona* po kojima je Carrara vjerojatno dobila ime.



Slika 13 - "Kararska mramorna željeznica"

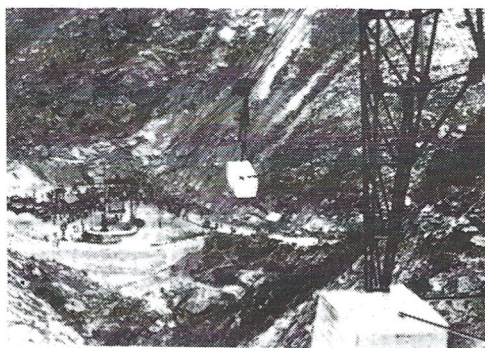


Općenito kad se govori o željeznicama prvenstveno se imaju u vidu ovakve adhezijske željeznice s lokomotivskom vučom kod kojih se gibanje lokomotive temelji na međusobnom djelovanju njenih pogonskih kotača i tračnica. Zbog postojanja trenja između kotača i tračnica i pritiska kotača na tračnice dolazi do adhezije (prijanjanja) između kotača i tračnica koja sprječava klizanje kotača po tračnicama, odnosno omogućava kotrljanje kotača. Kod razvitka brdskih željeznica brzo se spoznalo da se pogon na adhezijskim željeznicama može ostvariti samo do stanovitih ne baš velikih uspona. Kod većih uspona pogon postaje i tehnički neprovediv, obzirom na način prijenosa sile između pogonskih kotača i tračnica gdje postoji uzajamna ovisnost njihove vučne sile o adhezijskoj težini lokomotive, te i o uvjetima adhezijskog trenja između kotača i tračnica. Ovi mali dozvoljeni nagibi traže kod adhezijskih željeznica u brdovitom terenu opširno i skupo razvijanje trase uz izgradnju većeg broja umjetnih građevina tunela i vijadukta. Nastoji se u praksi obilaziti prepreke i graditi dužu prugu manjeg nagiba, koja je povoljnija u eksploataciji nego kraća pruga, koja većim nagibima prelazi prepreke, ali je za eksploataciju nepovoljna, a u gradnji možda jeftinija jer je kraća. Zoran primjer brdske izgradnje pruge je bila i kararska mramorna željeznica koja slijedi, koliko god može, blage nagibe konfiguracije terena, tj. većim dijelom ide "cik-cak".

Razumljivo da je bilo potrebno u cijelosti osloboditi kretanje vozila od utjecaja trenja između kotača i tračnica, te ga oblikovati na posebnim principima u svim onim slučajevima, gdje iz tehničkih i gospodarskih razloga nije bilo moguće primijeniti adhezijski princip vuče. Zbog toga su se za prijevoz blokova iz kamenoloma koristile prije opisane specijalne željeznice "užetne uspinjače" i "užetne spuštaljke-svoznice", kod kojih se pogonska sila odnosno sila kočenja prenosi na vozilo preko užeta. Težište vozila se kod ovih željeznica nalazi također kao i kod adhezijskih željeznica iznad pruge. Kod njih se za vođenje kotača upotrebljava običan kolosijek s dvije tračnice kao i kod adhezijskih željeznica. Budući da se kod oba ova sustava težište vozila nalazi iznad pruge, a vozila se kreću po kolosijeku s dvije tračnice, mogu se sve te željeznice obuhvatiti zajedničkim nazivom tračničke željeznice. Brojni ostaci užetnih tračničkih željeznica nalaze se po našim napuštenim i aktivnim kamenolomima.

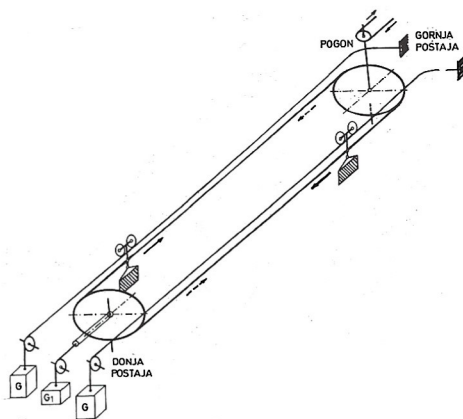
## Žičare

Treću skupinu željeznica, kojima su se prevozili kameni blokovi predstavljaju "viseće žične željeznice - žičare" (sl. 14). Značajka visećih željeznica je da vozilo s blokom nije više vođeno kolosijekom s dvije tračnice, te nemaju svoje težište iznad pruge, već vise na čeličnom užetu. Vodeća pruga kod žičara je dakle noseće uže na kojem je obješen teret, a vučna sila prenosi se na njega pomoću vučnog (pogonskog) užeta. Viseće prenosnice



Slika 14 - Doprema kamenih blokova visećom žičnom željeznicom (žičarom)

tereta pomoću pletenog užeta u primitivnom obliku spadaju u red najstarijih prometnih sredstava, koja su upotrebljavali razni kulturni narodi Azije i Amerike, već prije nekoliko tisuća godina za prelaženje preko dubokih dolina. U Europi pojavljuju se žičare od XV. st. dalje u veoma skromnom opsegu najviše za vojne svrhe. Najveća smetnja razvitku žičara bio je materijal užeta, koja su prvobitno bila izrađena od bilinskih vlakana (manile i konoplje) i zbog toga male čvrstoće i kratke trajnosti. 1834. god. rudarski nadsavjetnik Albert u Chausthalu ručno je spleo prvo čelično uže i od tada ono ubrzano zamjenjuje bilinsku užad i lance. Izradom pletenih užeta iz čeličnih žica s dovoljnom čvrstoćom bio je ispunjen preduvjet za dalji razvitak žičara i prijevoz velikih tereta kakvi su kameni blokovi. Taj razvitak počeo je u drugoj polovici prošlog stoljeća. Općenito žičare nikad nisu imale značaj pruga za daleki promet, već je njihova zadaća bila povezati teško pristupačna mjesta (kamenolome) s mjestima koja su lako pristupačna općem kopnenom ili vodenom prometu. Zadaća im je bila povezati brdskse, a posebice dubinske kamenolome s mjestima primarne prerade blokova odnosno mjestima njihovog pretovara na druga prometna sredstva. Prednosti su im bile: postizanje najkraćeg prometnog spoja između dva mjesta bez obzira na konfiguraciju terena, veliki nagib pruge, slobodni prostor ispod pruge, mali otpor kretanju i malobrojna radna snaga. Žičare s dva užeta kod kojih jedno ima funkciju noseće ili vodeće pruge, a drugo služi za prijenos vučne sile od pogonskog agregata na vozilo naziva se često njemačkim sustavom, jer su se najviše razvile u Njemačkoj. Pri prijevozu kamenih blokova, da bi se povećao kapacitet prijevoza, korištene su dvostruke ili ponegdje i trostruke žičare, tj. građene su dvije ili tri paralelne žičare, koje imaju zajedničke postaje i potpore na pruži. Primjer takve velike žičare s tri noseća užeta bila je žičara Monte Sagro (Carrara). Na dva užeta su prevoženi blokovi mase do 20 t, a na trećem blokovi mase do 10 t. Dužina žičare iznosila je 1600 m, a s njom su se spuštali blokovi prema Equi. Visinska razlika gornje i donje postaje iznosila je 635 m. Kod ovakvih žičara s izmjeničnim pogonom promet se redovito odvija s dvojica vozna kolica, a svaka kolica vise na vlastitom noseću užetu. Svako noseće uže u gornjoj postaji čvrsto je usidreno, dok je u donjoj položeno slobodno pomično preko vertikalnog kolotura. Na njegovom kraju obješen je natezni uteg, koji svojom težinom napinje uže. Po nosećem užetu kreće se sustav kotača na kojima je obješena vješalica (kolica) sa spravama (najčešće užetima) za prihvaćanje bloka (vozno postolje). Vučno uže za obadvoja kolica je jedno, a pogonjeno je s dvobubnjastim vitlom ili, kao što je prikazano na slici 15, s pogonskim kotačem trenja. Kod pogona pomoću kotača u gornjoj i povratno-natezni kotur u donjoj postaji. Pogonska sila prenosi se na vučno uže trenjem pomoću gornjeg pogonskog kotura podižući donja kolica, dok se gornja kolica spuštaju.

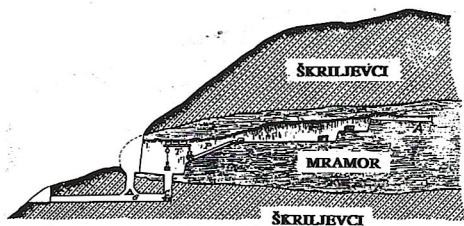


Slika 15 - Shema žičare pogonjene pomoću kotača trenja



Kod slijedeće vožnje smjer pogona bit će obratan, oboja će se kolica povratiti u svoj provtni položaj.

Posebni vid željezničkog prijevoza kod kojeg se težište vozila nalazi ispod pruge su viseće željeznice na jednotračnoj zavješenoj pruzi, koje su se koristile pri podzemnoj eksploataciji arhitektonskog kamena. Kod njih se, za razliku od žičara, ako vodeća odnosno noseća pruga koristi, umjesto užeta, u krovini učvršćena tračnica I profila. Pogon kolica na ovako zavješenoj jednotračnoj pruzi može biti užetni ili autonomni. Užetni pogon je identičan onom kod visećih užetnih žičara, a kod autonomnog pogona, gibanje proizvodi pogonska jedinica ("zavješena lokomotiva") u sastavu voznog postolja pomoću para kotača, koji nasuprotno pritišću o tračnicu i ostvaruju pri tom potrebnu pogonsku silu. Primjer takvog prijevoza bila je jednotračna zavješena željeznica nosivosti 24 tone u starom podzemnom kamenolomu Lasa (Bolzano), gdje su se jednotračnom prugom učvršćenom u stropu ulazne galerije preuzimali blokovi s užetne svodnice i prevozili do prostora s kojeg su dalje otpremani željezničkom prugom industrijskog kolosijeka (slika 16).



Slika 16 - Prijetoz kamenih blokova u starom podzemnom kamenolomu Lasa

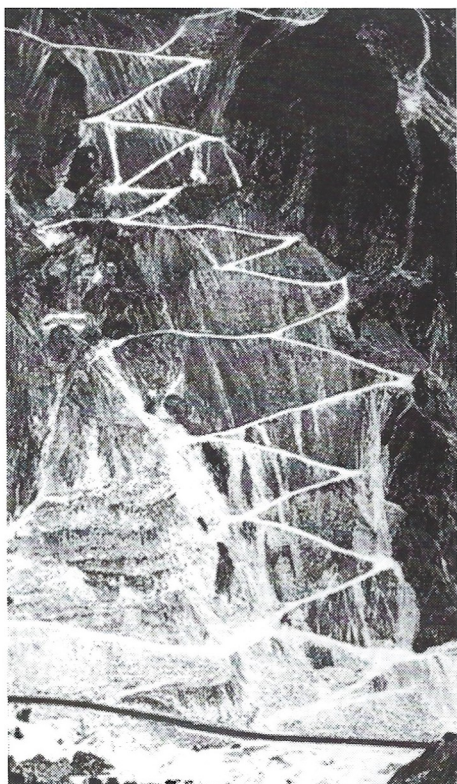
## Suvremeni kamionski prijevoz

Kao veoma veliko otkriće, obzirom da u prirodi nema sličnog uzora, smatra se pojava kotača i to negdje u 4. tisućljeću pr. n. e. Kotač s žbicama pojavljuje se u 2. tisućljeću te se, kako u svom primitivnom, tako i u profinjenom obliku zadržao do danas. Pronalazak kotača omogućio je izradu kola za prijevoz različitih tereta. Interesantno je spomenuti da su kola s četiri kotača tek oko 16. stoljeća počela koristiti zakretanje prednjih kotača u zavoju. Kola na kotačima korištena su naravno i za prijevoz kamenih blokova. Pri tom se za vuču koristila živa sila i to isključivo animalna - radne životinje (sl. 17), jer je snaga odraslog prosječno građenog i jakog radnika svega oko 0,1 KS. To je upravo razlog, a ne sentimentalni momenti, da se za vuču kola s kamenim blokovima, nije koristila ljudska energija.



Slika 17 - Prijetoz kamenih blokova volovskom zapregom

Kola i kotači su preteča automobilskom cestovnom prometu, koji zahvaljuje svoj razvitak ostvarenjima postignutim potkraj prošlog stoljeća u području eksploatacije i prerade nafte, metalurgije, proizvodnje raznovrsnih oruđa, alata itd. Brza primjena tehnoloških usavršenja vozila u pogledu trajnosti, komfora, sigurnosti i ekono-



*Slika 18 - Suvremeni kamionski prijevoz kamenih blokova*

samo olakšana manipulacija blokovima nego i omogućen rad s većim blokovima, jer im dimenzije nisu više limitirane dimenzijama utovarne lopate. Suvremeni višetažni način eksploatacije površinskih brdskih ležišta arhitektonskog kamena s dugim radnim čelima i širokom etažama s dvostrukim pristupnim putovima do svake etaže, omogućuje direktni kamionski prijevoz blokova s radišta, bez dodatnih pretovarnih punktova. Kamioni namijenjeni za prijevoz kamenih blokova imaju dvostruku zadnju osovinu, a umjesto utovarnog sanduka imaju ravnu platformu duž koje se pružaju dvije uzdužne grede radi lakše manipulacije kod utovara i istovara blokova. Za tu svrhu ovi kamioni imaju u pravilu ugrađeno do kabine manje vitlo, koje se pogoni kamionskim motorom. Motorno vitlo ugrađeno uz kabinu kamiona služi za navlačenje bloka preko kosnika na kamion, ali se obvezatno koristi za zatezanje bloka ili blokova na kamionu za vrijeme vožnje.

Prijevoz blokova iz kamenoloma kamionima ima prednost, u odnosu na druge vidove prijevoza, jer kamioni mogu savladati velike cestovne nagibe i male radijuse krivina, što se dobro uočava iz sl. 18, koja prikazuje automobilsku cestu koja povezuje brdske kamenolome. Ovakve automobilske ceste, koje vežu ležišta arhitektonskog kamena s ostalom cestovnom mrežom, karakterizira veće opterećenje po kotaču koje se prenosi na cestu, srazmjerno postojani tijekom tereta, visoki intenzitet prijevoza uz manje brzine kretanja vozila.

mičnosti, pridonosi nagloj primjeni automobilske cestovnog prometa nakon prvog svjetskog rata. Prednosti kamionskog prijevoza, u prvom redu maksimalna pogonska fleksibilnost (pokretljivost, izvanredne manevarske značajke, velika neovisnost o izvoru energije) utjecali su na to da kamionski prijevoz postane dominantan i pri prijevozu kamenih blokova, odnosno da kamioni u kombinaciji s utovaračima suvereno zavladaju u kamenolomima kao sredstva unutarnjeg i vanjskog prijevoza. Za izvlačenje blokova, tj. njihovo udaljavanje od mjesta eksploatacije, dalju manipulaciju i utovar, našli su utovarači kao mobilni univerzalni strojevi široku primjenu u kamenolomima. Zahvaljujući hidrostatskom pogonskom sustavu utovarač postaje nosač različite radne opreme. Klasična lopata utovarača, kojom se tovari npr. jalovina mijenja se, kad je to potrebno, s "viljuškama" za prihvaćanje, premještanje i utovar blokova. Time je ne



## LITERATURA

1. Arar, I. (1962): Transportna sredstva u rudarstvu, Tehnička knjiga, Zagreb
2. Gudelj, P. (1991): Moja Imota, Privredni vjesnik, Zagreb
3. Herbeck, A. (1953): Der Marmor, Verlag Georg D. W. Callwey, München
4. Horvat, O. F. (1957): Proizvodnja žica i užadi, Novosadska fabrika kabela Novi Sad
5. Ljubojević, M. (1986): Arhitektonsko-gradevinski kamen - istraživanje i eksploatacija, Institut za rudarska istraživanja, Tuzla
6. Pirei, M. (1964). I marmi d'Italia, Ulrico Hoepli, Milano
7. Pirei, M. (1966): Marmologia, Ulrico Hoepli, Milano
8. Ujević, A. (1991): Imotska krajina, Ogranak Matice hrvatske Imotski, Imotski