

2.3.1. Strojno-tehnološki sustavi pri zemljanim radovima

Građevinski zemljani radovi

Predmet rada svakog organiziranog tehnološkog postupka građevinskih zemljanih radova jesu prirodni zemljani i kameni materijali s površine ili tehnološki dostupne dubine zemljine kore kao i gradiva pridobivena iz navedenih prirodnih materijala. *Prirodno tlo i stijene*¹ zemljine kore ujedno su prostor odvijanja po čovjeku organiziranih zemljanih radova. Istovremeno su također prostor odvijanja *prirodnih (procesa) zemljanih radova*. Stoga se građevinski zemljani radovi odvijaju u prirodnom području zemljine kore gdje se istovremeno odvijaju prirodni geološki procesi trošenja, raspadanje ili erozije kore kao i prirodni transport (kretanje), taloženje te ponovno okamenjivanje navedenim procesima nastalih materijala.

Sa stajališta građevinskih zemljanih radova, ali i građenja općenito, značajno je područje raspadanja zemljine kore odnosno prelazno područje stijena u tlo ili obrnuto. Naime kora raspadanja ili trošenja često je nestabilna za izvođenje te korištenje izvedenih građevina. Međutim, kao takova manje-više olakšava izvođenje građevinskih zemljanih radova u tehnološkom smislu posebice u smislu utroška nekih resursa (energije, materijala itd.) potrebnih za iskop tla i stijene.

¹ Stijene u širem smislu sačinjavaju zemljinu kamenu koru ili litosferu. Čvrsta stijena u užem smislu ili kamen je agregat sastavljen većim dijelom od silikatnih a rijeđe od karbonatnih minerala. Prirodnim trošenjem odnosno razaranjem čvrste stijene nastaje tlo. Tlo je stoga prirodni sklop mineralnih čestica, vezanih ili nevezanih. Stijene u užem smislu razlikuje se od tla po načinu, stupanju i veličini povezanosti dijelova. Osnovne podgrupe stijena u širem smislu bile bi (po tzv. geološkoj ili genetskoj klasifikaciji) slijedeće:

- efuzivne eruptivne stijene (dijabazi, andeziti, daciti, rioliti, porfiriti, trahiti) visoke tlačne čvrstoće, gustoće i stabilnosti te niske poroznosti (uglavnom su vodnepropusne);
- intruzivne eruptivne stijene (graniti, sijeniti, tonaliti, gabri, dioriti, peridotiti, ovdje pripadaju tufovi) obilježja su kao efuzivne stijene a nastale su kristalizacijom ispod površine zemljine kore; kod granita se uslijed procesa grusifikacije nailazi na raspadnute površinske slojeve (grus);
- kristalasti škrljjevci kao metamorfne stijene višeg kristaliniteta (gnajsevi - stijene granularne kristaline strukture nastale metamorfozom granita; amfiboliti i amfibolski škrljjevci nastali metamorfozom gabra, dijabaza; kvarciti) različite visoke tlačne čvrstoće ovisno o ispucalosti i zdrobljenosti; amfibolski škrljjevci zbog slabo izražene škrljjevosti su žilave stijene postojane na utjecaj atmosferilija;
- serpentin, kao masivne metamorfne stijene nastale metamorfozom olivina i serpentina, različitih su obilježja posebice tlačne čvrstoće ovisno o mikropukotinama a uglavnom su neotporne na smrzavanje; masivani serpentin otporani su prema djelovanju atmosferilija;
- mramori kao metamorfne stijene kompaktno kristaline strukture nastale metamorfozom vapnenaca i dolomita različite stijene niže tlačne čvrstoće;
- škrljjevci, kao metamorfne stijene nižeg kristaliniteta te manje ili veće izražene škrljjeve strukture tj. škrljjevosti (filiti, argilošisti, tinjčevi škrljjevci ili mikašisti), koje nastaju dijelom metamorfozom glinenih škrljjevaca, niska tlačna čvrstoća pa su moguća klizišta kao redovita pojava,
- karbonatne sedimentne stijene (vapnenci - kao kemijske sedimentne stijene kompaktno granularne strukture; dolomiti; zoogeni i fitogeni organogeni vapnenci - kao sedimentne stijene porozne granularne strukture) različite tlačne čvrstoće čija ukupna obilježja ovise o porijeklu, slojevitosti i ispucalosti stijenskog masiva te okruženosti reljefa i podzemlja uslijed erozije i korozije; ovdje pripadaju anhidrit (gips ili sadra) kao vrlo meke sedimentne stijene niske tlačne čvrstoće;
- vezani (homogeni) klastični sedimenti (pješčenjaci - kao sedimentne stijene granularne kristaline strukture, konglomerati, breče) koje su, ovisno od vrste i udjela veziva i agregata, uglavnom nejednolikog sastava, stupnja trošnosti i promjenljivih obilježja i tlačne čvrstoće,;
- šljunci (psefiske mehaničke sedimentne stijene, veličina zrna od 2 mm nadalje) i pijesci (psamitske mehaničke sedimentne stijene, veličina zrna 0,06 - 2 mm) kao nevezani klastični sedimenti sačinjavaju sitno do krupnozrna nevezana (nekoherentna) tla od zaobljenih ili poluzaobljenih zrna odnosno oblutaka različitog petrografskog sastava; pijesak sačinjavaju minerali otporni na mehaničko i kemijsko trošenje;
- prašinsti i glinoviti sedimenti (pelitske mehaničke sedimentne stijene) čine vezana (koherentna) tla nastala trošenjem i taloženjem glinenaca ili feldpasta iz eruptivnih i metamorfnih stijena a obuhvaćaju prašine i gline; gline ulaze u sastav niza glinovitih stijena ili glinaca (čiste gline; les ili prapor kao eolski sediment; ilovače kao mješavine gline i pijeska; glineni škrljjevac ili argilošist ili brusilovac kao prelazna sedimentna stijena prema škrljjevcima niže kristaliniteta odnosno filitima i mikašistima koji su metamorfne stijene; lapori sastavljeni od gline i kalcijskog karbonata; laporoviti vapnenci itd);
- muljevita tla i živi pijesci kao prašinsti i glinoviti sedimenti zasićeni s vodom;
- dijabaz-rožnjačke geloške formacije kao stijene heterogenog litološkog sastava u kojima se smjenjuju pješčenjaci, rožnjaci (oblik kvarca), lapori, glineni škrljjevci i vapnenci čija ukupna, za građenje svakako nepovoljna, obilježja ovise o obilježjima i međusobnom odnosu članova;
- fliš i flišolike geloške tvorevine kao heterogene i anizotropne stijene koje sačinjavaju pješčenjaci, siltiti (ili alevroliti koje sadrže kvarc, feldpast, tinjac) i laporovite stijene čija ukupna, za građenje također nepovoljna, obilježja ovise o obilježjima članova koji se slojevito izmjenjuju.

Građevinski zemljani radovi u tlu i stijeni kao i zemljani radovi sa sipkim gradivima² pri izvedbi nasutih konstrukcija i građevina obuhvaćaju –

- radove u sraslom tlu ili stijeni (radovi “u zemlji”) koji su neophodni za nastavak izvedbe ostalih građevinskih odnosno zemljanih radova,
- radove pri izvedbi trajnih građevina od sipkih gradiva (radovi “sa zemljom”),
- radove pri proizvodnji mineralnih sirovina i gradiva.

Osnovni zemljani radovi jesu razni iskopi primjerice iskopi usjeka, kanala, rovova, temelja³ itd. Tu su također iskopi u glinokopima, šljunčarama ili kamenolomima. Općenito su iskopi pri građenju pretežito početni ili prethodni radovi koji omogućavaju izvedbu ostalih radova ili građevina od sipkih gradiva. Zemljane (nasute) građevine izvedene od sipkih gradiva bile bi, primjerice, neke hidrotehničke građevine (obaloutvrde ^(slika 2.3.1.1.), pera, prokopi, nasipi, pokosi kanala, kanalske mreže, drenaže, mreže poljskih puteva, podloge i obloge bazena, nasute brane itd.), zatim nasipi i ostali slični objekti od sipkih gradiva kod prometnica (drenaže, zidovi od gabiona, zaloge). U zemljane radove pripadaju također složeni geotehnički radovi, koji uz iskope i nasipavanja obuhvaćaju neke oblike betonskih i montažerskih radova, primjerice –

- radovi zaštite ili osiguranja zemljanih radova (primjerice zaštite i osiguranja pokosa ili stranica iskopa građevinskih jama i rovova),
- radovi zaštite trajnih građevina izvedenih od prirodnih sipkih gradiva (primjerice zaštite pokosa iskopa usjeka i zasjeka, zaštite pokosa nasipa ili zemljanih brana itd),
- izvedba geotehničkih nosivih konstrukcije koje u jednom dijelu sačinjava tlo ili stijena kao sastavni (aktivni i nosivi) dio tih konstrukcija,
- svi radovi temeljenja u tlu ili stijeni koji uz ostalo obuhvaćaju zemljane radove,
- poboljšanja geotehničkih obilježja prirodnog tla na području građenja kao primjerice “stabilizacije” (učvršćenja) temeljnog tla (podtla).



Slika 2.3.1.1: Obaloutvrda od gabiona

² Kamen, pridobiven iz stijene i nekih vrsta tla, većim se dijelom kao osnovno, ključno i glavno sipko gradivo pri zemljanim radovima rabi kroz slijedeće osnovne oblike njegove pojavnosti u pogledu veličine i oblika “bloka” ili “komada” ili “zrna” te načina njegova pridobivanja iz prirode:

-lomljeni kamen ili kamen lomljenjak koji se dobiva ručnim odnosno strojnim cijepanjem stijene ili ostalim načinima mehaničkog razaranja (udarom, ripanjem) stijene po plohama prirodnog kalanja, a može se dobiti također cijepanjem pomoću posebnih načina miniranja,

- minirani kamen širog sastava koji se dobiva uobičajenim miniranjem stijenskog masiva,

- nesijana i sijana kamena sitnež aluvijalnog porijekla koji se dobiva iskopom i sijanem tla od prirodnog pijeska i šljunka (u praksi se to jednostavno pojmi kao prirodni pijesak i šljunak),

- drobljenac (drobljena, predrobljena ili mljevena te nesijana ili sijana kamena sitnež) koja se dobiva drobljenjem miniranog kamena, drobljenjem sipara (prirodnih droblina) ili drobljenjem krupnog šljunka.

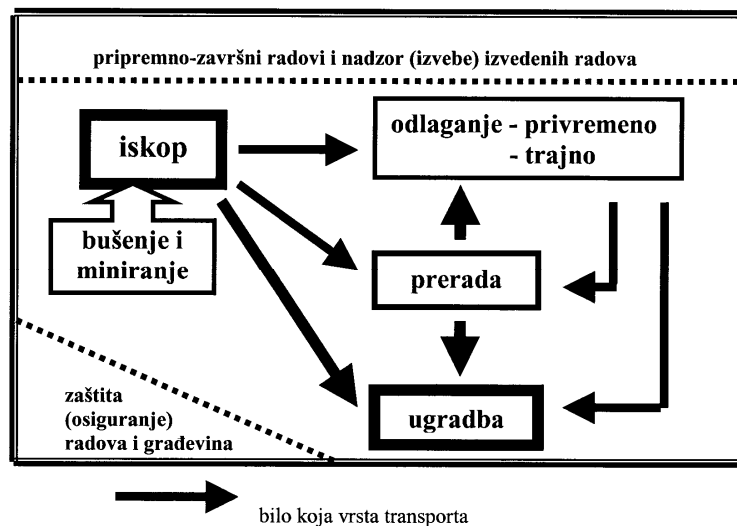
³ Iskopani usjek, predusjek, zasjek, kanal ili tunel predstavlja na neki način većem dijelu “zemljanu” građevnu iako u doslovnom smislu riječi nije ništa sagrađeno (pa i od prirodnih sipkih materijala) nego je samo prostorno uklonjeno tlo ili stijena kako bi tim prostor prošla primjerice bilo kakva prometnica kao složena građevinska konstrukcija. Plovni kanal čak nije ni to. Na njemu se tek naknadno mogu izvoditi neke građevine ili dijelovi građevina koje reguliraju plovljenje takvim kanalom.

Proizvodnja mineralnih sirovina i sipkih gradiva za potrebe građenja obuhvaća prerađu posebice kamenih materijala radi dobivanja sekundarnih sirovina (kamene sitneži, glinene sirovine, kaolina, tupine itd.) za proizvodnju ostalih gradiva, prerađevina i elemenata (betona, opeke, crijepa, betonskih elemenata, ostalih keramičkih proizvoda, stakla itd). Ova proizvodnja može biti jednostavna i odvijati se na samom gradilištu (primjerice iskop usjeka na trasi neke prometnice te u prostoru toga iskopa proizvodnja kamene sitneži kao gradiva nosivih slojeva te prometnice) ili u privremenim nalazištima prirodnog gradiva ili u stalnim (industrijskim) proizvodnim pogonima (glinokopi, šljunčare i kamenolomi u okviru ciglana ili proizvodnje betonskih prerađevina, elemenata i sklopova).

Zemljanih radovi provode se, u smislu vremenskog i prostornog redoslijeda njihova izvođenja, kao prethodni, glavni (za sebe izdvojeni), povezani (isprepleteni, zajednički s drugim građevinskim radovima) i pomoćni radovi. U pogledu prostora odvijanja mogu biti nadzemni (površinski), podzemni i podvodni zemljani radovi. Podzemni radovi su dio građevinskih radova na izvedbi raznih potkopa, tunela, podzemnih prostorija itd. Podvodni zemljani radovi mogu se izvoditi s površine vode ili pod vodom.

Neki organizirani tehnološki postupak građevinskih, posebice površinskih, zemljanih radova obuhvaća slijedeće međusobno povezane te organizacijski, logistički i tehnološki uvjetovane osnovnih aktivnosti kao pojedinih (zasebnih) tehnoloških procesa ili skupova zahvata ili zahvata za sebe (oni se mogu također u organizacijskom, logističkom i tehnološkom smislu razmatrati i kao "faze" i kao "vrste" odnosno oblici zemljanih radova za sebe (slika 2.3.1.2.):

- iskop tla ili stijene, te zatim
- transport iskopanog prirodnog sipkog materijala ili na
- (bilo privremeno bilo stalno) odlaganje ("deponiranje") ili na
- prerađu ili na
- ponovnu ugradbu.



Slika 2.3.1.2: Ukupni tehnološki postupak zemljanih radova

Iskopu stijene može prethoditi njezino miniranje tj. njezino rastresanje ili lomljenje pomoću neke eksplozivne tvari. Nakon iskopa stijene slijedi u nekim slučajevima prije opisana prerađu prirodnih zemljanih i kamenih materijala odnosno proizvodnja mineralnih sirovina i sipkih gradiva posebice u drobilanama⁴. Ukupnim zemljanim radovima odnosno iskopu prethode opći i posebni pripremni radovi koji uključuju i stalni nadzor kvalitete i količine izvedenih radova.

⁴ Građevinske drobilane su razmjerno manja lako/brzo demontažna prenosiva postrojenja ili pokretna (vučena na kotačima) postrojenja ili samohodna postrojenja na gusjenicama. Osnovna proizvodno-tehnološka koncepcija takvih drobilana nepromjenjiva je a dijeli se u načelu na tri osnovna dijela. Ovakova podjela je uvjetna, ali je osnova za bilo kakvo daljnje sažimanje ili proširenje neke tehničko-tehnološke te logističke koncepcije drobilane. U primarnom dijelu se provodi

Iskopi tla i/ilitijene u užem smislu (tj. radovi "u zemlji") osnovni su i početni zemljani radovi koji omogućavaju ostale zemljane i građevinske radove, a osobito radove nasipavanja pri izvedbi nasutih konstrukcija i građevina od sipkih gradiva. Obuhvaćaju složene tehnološke (pod)proces⁵ i zahvate rastresanja ili razaranja prirodne građe prostora u kojem se izvode. U većini slučajeva obuhvaćaju također istovremeno izmještanje iskopanog materijala izvan prostora iskopa. Bez obzira na oblik i način izvođenja iskopa tla ili stijene⁶ pripadni složeni (pod)procesi i zahvati uvijek bitno mijenjaju geotehnička i fizičko-mehanička obilježja tla ili stijene koja se kopa kao primjerice njihov izgled, strukturu (građu), sadržaj vode, obujam, masu, gustoću, homogenost, čvrstoću itd.

U pogledu područja ili prostora odvijanja iskopa u/na terenu razlikuju se vanjski tj. površinski (nadzemni), podzemni (tunelski) te podvodni iskopi. Površinski iskopi izvode se na/pri površini terena ili s površine u određenoj dubini terena. Zbog toga se često nazivaju također otvoreni iskopi jer je najmanje jedna ploha prostora iskopa uvijek otvorena s površine terena. Iskopi u okviru glinokopa, šljunčara i kamenoloma jesu *površinski kopovima* koji se pretežito izvode s površine razmjerno duboko u stijenski masiv. Provode se u više razina, trajnog su obilježja a zakonski su u nadležnosti rudarstva, čak kada se radi samo o proizvodnji mineralne sirovine ili materijala za potrebe građenja ili proizvodnje gradiva.

Podzemni iskopi potkopa, tunela (*slika 2.3.1.3*), velikih podzemnih prostorija ("kaverni") i sl. izvode se u dubini stijenskog masiva ispod površine terena. Pri tomu se površina terena iznad iskopa ne mijenja te ostaje prirodno cjelovita tijekom i nakon podzemnog iskopa. Ovi su iskopi slični u tehničko-tehnološkom smislu površinskim iskopima samo se odvijaju uglavnom ciklički u skućenom prostoru pa se razlikuju po načinu organizacije samih radova. Stoga je tehnika podzemnog iskopa (tj. strojevi i ostala strojno-tehnološka oprema za podzemne radove) svojim mjerama, oblikom, radnom logistikom i tomu pripadnom konstrukcijom te načinom kretanja (logistički) prilagođena takvim ograničenim podzemnim „radnim prostorima“.

prihvat kamenog materijala, izdvajanje jalovine rešetanjem kao i početno (pred)drobljenje kamenog materijala. U sekundarnom dijelu provodi se djelomično (pred)sijanje drobljenca te predrobljavanje ili mljevenje (pred)sijane kamene sitneži koja ima početnim drobljenjem veličinu pojedinog zrna veću od tražene. U tercijarnom dijelu provodi se završno sijanje prethodno drobljene ili mljevene kamene sitneži, zatim po potrebi pranje kamene sitneži ili/ dodatno mljevenje suvišnog dijela kamene sitneži radi popravljivanja završne granulometrije prosijane kamene sitneži, kao i na kraju odlaganje završnog proizvoda granulirane kamene sitnež. Kako se vidi, na svakoj su drobilani osnovni tehnološki procesi i zahvati drobljenje (pri čemu su primarne drobilice najčešće čeljusne drobilice, sekundarne drobilice najčešće udarne ili kružne drobilice a tercijarne drobilice udarni ili kružni mlinovi) i sijanje (provodi se najčešće kroz kosa vibracijska sita ili vodoravna rezonantna sita). Ostalu opremu drobilane čine bunker i za prihvat materijala, uređaji za dodavanje (doziranje) materijala na drobilice i sita (dodavači, dozatori, dodavači s rešetalkom), transportne trake, otkrivači metala te uređaji za pranje materijala. Obzirom na prethodni stupanj prerade ulazne sirovine i njezina svojstva (stupanj izminiranosti, stupanj prethodne usitnjenosti te fizičko-mehanička svojstva stijene ili šljunka) neka drobilana može biti manje ili više složena. Ovo također ovisi o zadanoj kvaliteti i količini proizvodnje kamene sitneži. Također (polu)pokreta i samohodna postrojenja mogu biti, kao strojno-logističke cjeline jedno-, dvo- ili višedjelana tzv. "modularna" postrojenja.

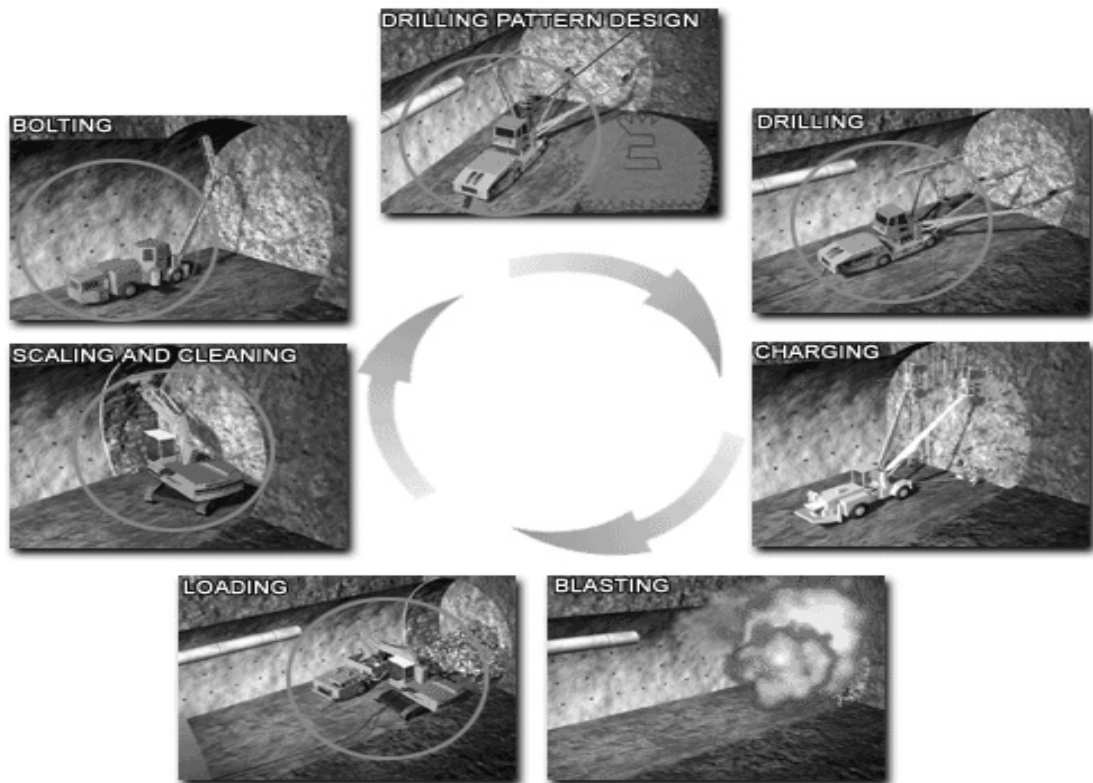
⁵ *Osnovni tehnoloških procesi, odnosno pripadni postupci i zahvati pri zemljanim radovima bili bi mehanički postupci (struganje, rijanje ili ripanje, rezanje, drobljenje pritiskom ili udarom, sijanje, suho miješanje, briketiranje, djelomice miniranje ili tla ili stijene ili kamena itd.), hidromehanički postupci (ispiranje, taloženje, hidrauličko razvrstavanje, filtracija, entrifugiranje, miješanje razmuljenih tekućina iskopanog tla ili gline odnosno kamene sitneži itd) i toplinski postupci (sušenje, isparavanje iskopanog zemljanog materijala ili djelomice kod miniranja stijene itd). U tehnologiji zemljanih radova najčešće se koriste mehanički postupci koji obuhvaćaju pretežito fizikalne promjene na prirodnim satojcima tla ili stijene. Može bitni toplinski postupci su pretežito postupci sušenja koji se odvijaju prirodnim putem prilikom odležavanja iskopanih materijala. Brzina i kvaliteta samih promjena ovise o veličini površine terena u makro smislu odnosno o fizičko-mehaničkim obilježjima prirodnog materijala kao predmeta rada u mikro smislu. Samo po sebi je razumljivo da su prirodno tlo ili stijenski masiv, kao osnovni početni materijal odnosno "predmet rada" nekog tehnološkog postupka i pripadnih procesa zemljanih radova, na neki način neograničeni po svojoj površini odnosno prostoru.*

⁶ *Za razliku od tla, iskop odnosno razaranja tvrde i čvrste stijene u užem smislu (iskop u stijenskom masivu) moguć je na tri osnovna načina odnosno kao –*

- uvjetno rečeno, "mehanički" ("fizikalni") iskop stijena pretežito vrlo tanke slojevitosti ili velike raspucalosti ali u svakom slučaju male čvrstoće, primjenom nekog (u tehničkom i tehnološkom smislu uprošćenog) fizikalnog postupka razaranja stijene kopanjem, otkidanjem (udarom), oranjem (ripanjem, rujanjem), struganjem itd.,

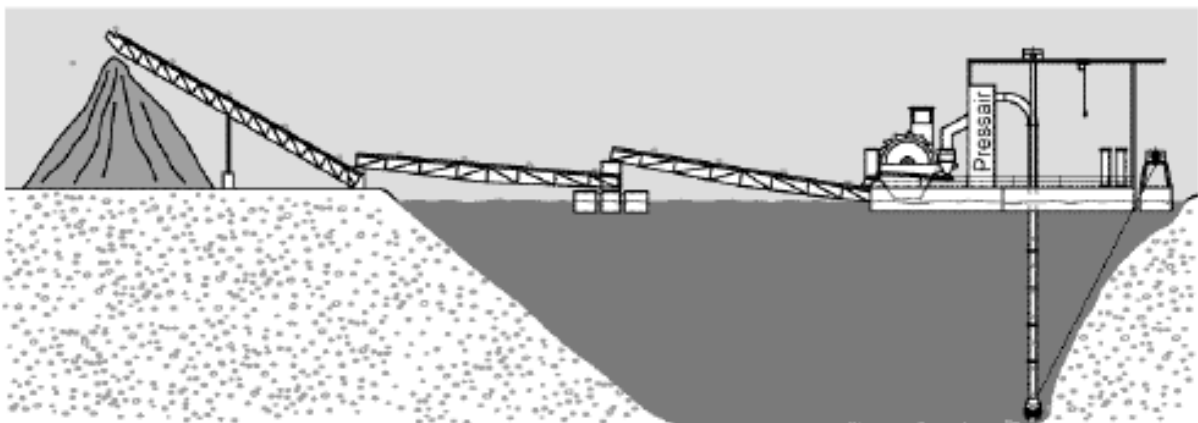
- iskop stijene strojnim putem nakon njezinog prethodnog djelomičnog miniranja (rastresanje stijenskog masiva miniranjem do popuštanja) i to u slučaju iskopa nekih vrsta stijena kod kojih to omogućava njihova geološka makrostruktura (tanku uslojenost, izražena ili vidljiva velika raspucalost) te slabija fizičko-mehanička obilježja (mala do srednje mala tvrdoća, čvrstoća i žilavost),

- strojni iskop nakon cjelovitog (potpuno) miniranja stijene (potpuno lomljenje stijenskog masiva) odnosno razaranja homogenih stijena ili stijena debele do vrlo debele uslojenosti pomoću eksploziva radi njihova pretvaranja u sipki materijal pri čemu nakon miniranja slijedi strojni iskop stijene kao tla u užem smislu.



Slika 2.3.1.3: Tehnološki proces radnog ciklusa pri iskopu tunela (mjerjenje i označavanje mina, bušenje, punjenje bušotina eksplozivom – izvedba i opremanje mina, miniranje – otpucavanje mina, utovar izminiranog materijala, kavanje i čišćenje iskopanog obrisa tunela, osiguranje iskopanog obrisa tunela geotehničkim sidrima)

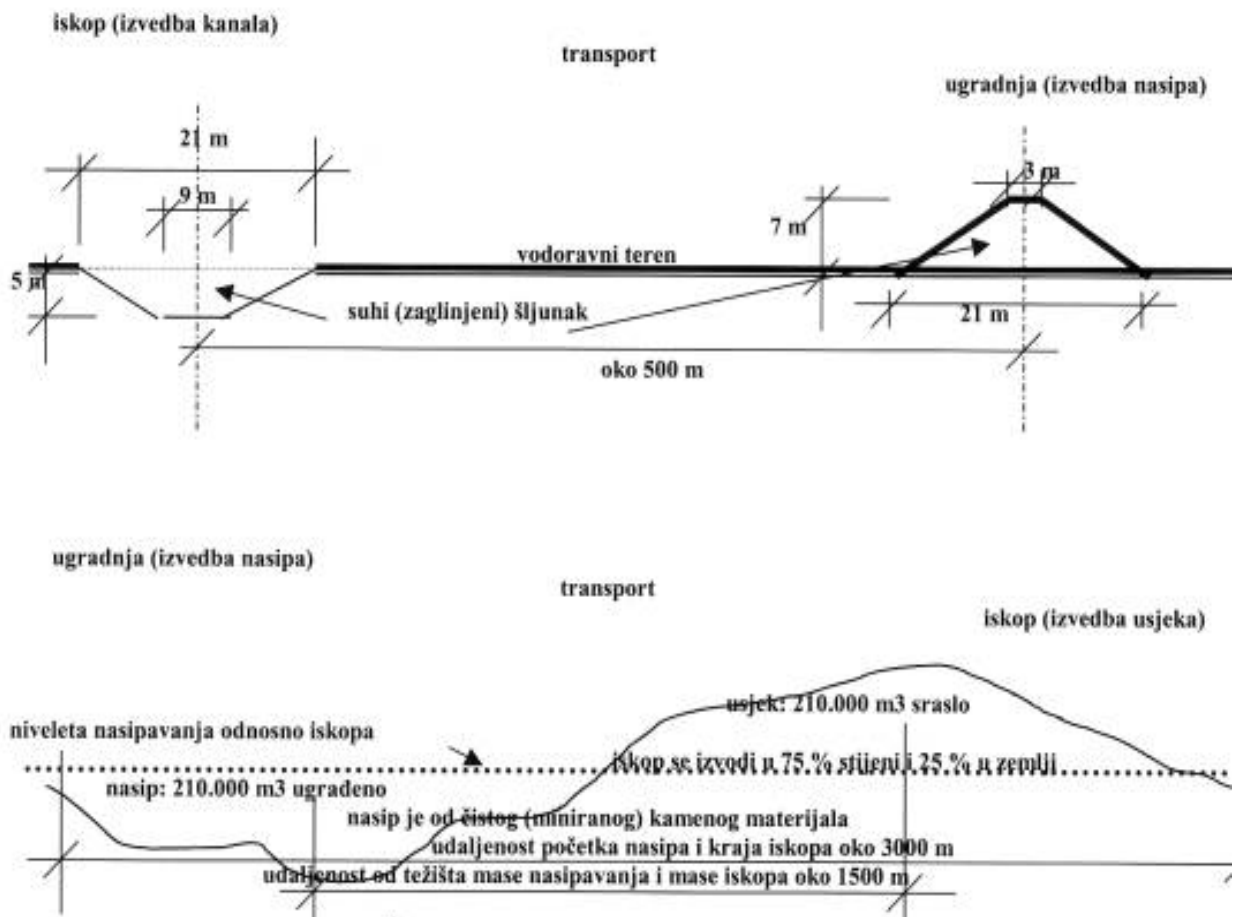
Podvodni iskopi na dnu i obalama rijeka, jezera ili mora izvode se tako da se kopanje u vodi (pod vodom) izvodi ili s kopna ili s površine vode (s nekog plovila^(slika 2.3.1.4)) ili u vodi (na površini dna ili pokosa obale pod vodom). Podvodni iskop bili bi također iskopi u vodom zasićenom tlu ili stijeni. Stoga je u nekim slučajevima podvodni iskop podvrsta ili površinskog ili podzemnog iskopa koji se izvode ili u vodi ili pod vodom. Podvodni iskop s kopna obuhvaća primjerice iskop kanala ili slične iskope u lukama. Tu pripadaju iskopi vodotoka u svrhu održavanja njihove plovnosti ili tražene protočnosti te iskopi aluvijalnih materijala kao gradiva ili kao sirovine za ostale građevinske materijale. Sličan je podvodni iskop s plovila.



Slika 2.3.1.4: Iskop u vodi s plovila

U pogledu oblika i smjera pružanja prostora iskopa odnosno u pogledu međusobnog odnosa i veličine mjera prostora iskopa razlikuju se –

- linijski iskopi (iskop rovova, kanala (slika 2.3.1.4. gore), jaraka, trakastih temelja, potkopa, tunela) kod kojih se na većoj duljini kopa po mjerama nepromjenjivi poprečni presjek,
- plošni iskopi (iskopi humusa i trošnog tla, većih građevinskih jama, iskopi u šljunčarama, kamenolomima i glinokopima gdje je površina iskopa znatno veća od dubine iskopa),
- skučeni ("točkasti") iskopi (iskopi temelja samaca, "šahtova", manjih građevinskih jama),
- složeni iskopi od navedenih (iskopi predusjeka, usjeka (slika 2.3.1.4. dolje) i zasjeka kao kombinacija linijskih, plošnih i skučenih iskopa ovisno o njihovim mjerama i duljini pružanja).



Slika 2.3.1.4: Gore: primjer nekog iskopa kanala s uporednom izvedbom hidrotehničkog nasipa; dole: primjer nekog iskopa usjeka cestovne prometnice s uporednom izvedbom nasipa

Standardni građevinski strojevi za površinske zemljane radove

Površinski (nadzemni, otvoreni) strojni iskop pri građenju bilo koje vrste tla, zatim nekih prijelaznih oblika trošnih stijena u tlo (glinoviti sedimenti, lapori, laporoviti vapnenci, stijene heterogenih litoških stava, fliševi i flišolike geološke tvorevine, siltiti) kao i prethodno minirane stijene, moguće je na tri osnovna načina ovisno o vrsti primjenjene mehanizacije –

1. dozerski iskop (iskop dozerima⁷) koji podrazumijeva masovni iskop tla, trošne stijene ili prethodno minirane stijene struganjem te istovremeno transport iskopanog sipkog materijala guranjem kao i njegovo gomilanje i/ili razastiranje,
2. bagerski iskop (iskop s pomoću svih vrsta bagera, iskop rovokopačima ili trenčerima, iskop strojeva s otkopnim krakom) koji podrazumijeva različite tehnike kopanja (ovisno u veličini i obliku prostora iskopa, vrsti i stanju materijala koji se kopa te o vrsti otkopnog alata bagera odnosno lopate, vedrice itd.) kao i transport (prijenos ili dodavanje) otkopanog materijala bilo na odlaganje bilo u neko transportno sredstvo,
3. skrepperski iskop (iskop skrepperima⁸) koji podrazumijeva masovni iskop pretežito zemljanih materijala struganjem, prijevoz iskopanih materijala kao i njegovu ugradbu razastiranjem, pri čemu se svi navedeni zahvati izvode u neprekinutom kretanju bez ikakva stajanja.

Kako se vidi osnovni strojevi (dozeri, bageri, skrepper) za površinski iskop tla pri građenju, ali i na neki način prethodno prirodno dezinigrirane stijene, izvode uz glavne tehnološke zahvate samog iskopa također djelomični ili potpuni transport materijala do mjesta utovara, odlaganja ili ugradbe.

Neke lakše iskope (skidanje humusa, iskop jaraka i malih kanala) može se izvoditi grejderima⁹ i utovarivačima no oni su prvenstveno transportno sredstvo. Kombinacija dozera i utovarivača su dozer-utovarivači (utovarivači gusjeničari)¹⁰ koji se uspješno koriste za iskop, utovar i prijenos iskopanog materijala na manje daljine izvan prostora iskopa.

Dozerski iskop izvodi se cikličkim radom najčešće dozera gusjeničara u svim vrstama tla i

⁷ Dozeri su tipični građevinski strojevi prije svega za masovni iskop tla i trošne stijene struganjem i njihov transport guranjem te za razastiranje i grubo planiranje sipkih zemljanih i kamenih gradiva. Doziranje odnosno rad dozera učinkovit je do oko 100 m. Dozer čini traktorsko podvozje najčešće na gusjenicama (dozer gusjeničar što uglavnom pojmi samo kao dozer) na koje je s prednje strane oslonjen osnovni radni alat tzv. nož dozera u obliku na razne načine oblikovane daske. Današnji dozer stoga ima značajke nekadašnjih buldozera (nož se mogao dizati samo uspravno, i to pomoću užadi), angldozera i tiltdozera (mogućnost dizanja i zakretanja noža u vodoravnoj odnosno uspravnoj ravnini). Sa stražnje strane dozer može imati rijač (riper) koji omogućava iskop uz ostalo i nekih vrsta stijena. Rjeđe su u uporabi dozeri na kotačima koji su slični utovarivaču koji ima nož dozera. Kao univerzalni građevinski strojevi rabe se za vuču drugih strojeva, kao podvozje razne tehnološke opreme, kao cijevopolagači. Posebne inačice su dozer-skrepper kao kombinacija skrepera odnosno skrepperske košare i dozera (povišeni dozer između gusjenica ima skreppersku košaru umjesto noža) te dozer-utovarivač (utovarivač gusjeničar). Kompaktor je oblik dozera ili utovarivača s gumenim kotačima na koje su navučeni čelični plaševi valjka s bodljama.

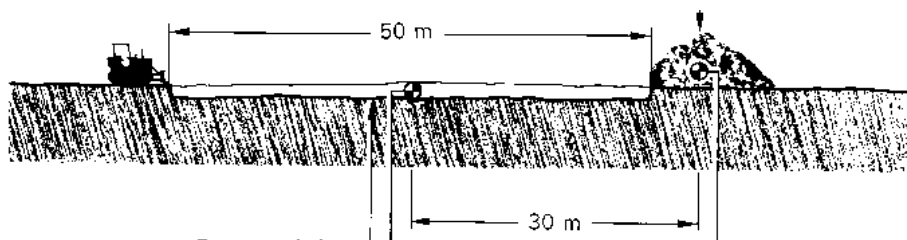
⁸ Skrepper je tipični građevinski stroj za masovni iskop, samoutovar, autoprijevoz do nekoliko kilometara te istovar, s grubim razastiranjem uglavnom koherentnih, posebice glinovitih materijala. Sve radne operacije skrepper izvodi u kretanju. Sastoji se od posebno oblikovanoga prednjeg dijela neke vrste odnosno oblika traktora na gumenim kotačima, nosivog okvira na kojemu je ovješeno, prethodno navedeni, posebno oblikovani sanduk ili tzv. skrepperska košara (po kojemu je stroj dobio ime), te stražnjega nosivog dijela, također na gumenim kotačima. Otvaranjem dna sanduka i spuštanjem posebno oblikovanoga noža izvodi se u smjeru kretanja iskop tla struganjem te samopunjenje sanduka. Pri pražnjenju sanduka, njegovo otvaranje je u drugom smjeru od kretanja. Može imati sanduk s elevatorom koji olakšava njegovo punjenje. Skrepper također može imati pogon i vuču (motore), osim na prednjim, i na stražnjim kotačima. Pomalo nestaje iz uporabe u graditeljstvu, jer ga potiskuju učinkovitije kombinacije hidrauličnih bagera i utovarivača s kamionima kiperima i damperima.

⁹ Grejder je tipičan, vrlo pokretljiv i razmjerno brz, građevinski stroj za razastiranje, planiranje i oblikovanje svih vrsta sipkih gradiva. Grejder čini traktorsko postolje na gumenim kotačima (dva ili četiri straga te dva sprijeda) na čiji je izduženi središnji okvir (povezuje prednje i stražnje kotače) učvršćena u svim smjerovima okretna, dugačka i razmjerno uska daska. To je osnovni alat čija (pokretljivost u razne radne položaje daje grejderu obilježja univerzalnog građevinskog stroja pa osim navedenih izvodi i niz drugih radnih zahvata pri zemljanim radovima (iskop jaraka, izvedba bankina, oblikovanje kosina, miješanje kod izvedbe stabiliziranih nosivih slojeva itd.) kao i održavanja posebice makadamskih prometnica (ravnanje planuma, čišćenje planuma, čišćenje snijega i sl.). Grejder može biti s prednje strane opskrbljen manjim dozerskim nožem, a sa stražnje manjim rijačem koji omogućuju olakšati iskop prethodnim razrahljivanjem nekih vrsta tla.

¹⁰ Dozer-utovarivač (utovarivač gusjeničar) ujedinjuje konstrukciju radna obilježja dozera i utovarivača. Ima utovarnu lopatu sličnu zatvorenom nožu dozera, a straga po potrebi rijač (riper). Rabi se za iskop i utovar te po potrebi prijenos, razastiranje i grubo planiranje sipkih zemljanih i kamenih gradiva. On je također univerzalni građevinski stroj prikladan za izvedbu raznih vrsta zemljanih radova.

stijena struganjem pomoću njegova osnovnog alata “noža” dozera a po potrebi dodatnim ripanjem¹¹ stvrdnutog tla, trošne ili prethodno slabo minirane stijene pomoću ripera¹² kao dodatnog alata sa stražnje strane. Dozeri su visokoproduktivni strojevi velike manevarske sposobnosti u slučaju površinskog iskopa u razmjerno ravnom i širokom (“slobodnom”) radnom prostoru. Optimalno su učinkoviti pri iskopu s duljinom guranja i gomilanja do oko 50 m ^(slika 2.1.3.5.). Razmjerno su učinkoviti prilikom iskopa, transporta i razastiranja do oko 100 m iako je moguće ove tehnološke zahvate izvoditi velikim snažnim dozerima također na daljine do oko (najviše) 300 m. Razlikuje se dva osnovna oblika prostorne organizacije površinskog iskopa dozerima:

- uzdužni bočni iskop (uporedni iskop) koji može biti dvojak tj. može se izvoditi ili istosmjerno (isti smjer iskopa a povratak bez iskopa) u slučaju jednostranog gomilanja ili dvosmjerno u slučaju dvostranog gomilanja,
- iskop po obodu oko područja iskopa (kružni iskop) koji može biti također dvojak – iz sredine područja iskopa prema vana prema sredini područja iskopa.



Slika 2.1.3.5: Površinski iskop i guranje te gomilanje iskopnog materijala dozerom (izvor: FIATALLIS Performance Handbook, 1981)

Dozeri “rade” rijeđe samostalno a češće u “suradnji” s drugim dozerima ili građevinskim strojevima za zemljane radove (bagerima, utovarivačima, skrejperima). Kod privremenog gomilanja dozerom iskopanog materijala utovar u vozila provodi se drugim strojem – utovarivačem ili bagerom. Dozeri se obzirom na različite zahvate iskopa, guranja, gomilanja, razastiranja, ravnjanja, vučenja itd. proizvode različite veličine, snage i sukladno tome opremljenosti nožem dozera (po obliku i veličini), gusjenica (po širini i obliku papučica) te sa stražnje strane ripera.

Suvremeni razvoj vrlo snažnih dozera uz nove konstrukcije hidrauličnih ripera s habajućim dijelovima iz najkvalitenijih čelika daju tehnologiji ripanja ^(slika 2.1.3.6.) sve više prednost pred miniranjem pri iskopu mnogih vrsta okamenjenih tala ili stijena koje su se donedavno mogli kopati samo njihovim prethodnim miniranjem. Razlog su tomu također ne samo smanjeni troškovi po jedinici mjere iskopa, nego također manji štetni utjecaja po okoliš, zatim najveće moguće iskorištenje učinaka pripadne opreme osobito zbog neprekidnog rada strojeva, iskop željene veličine lomljenjaka itd.

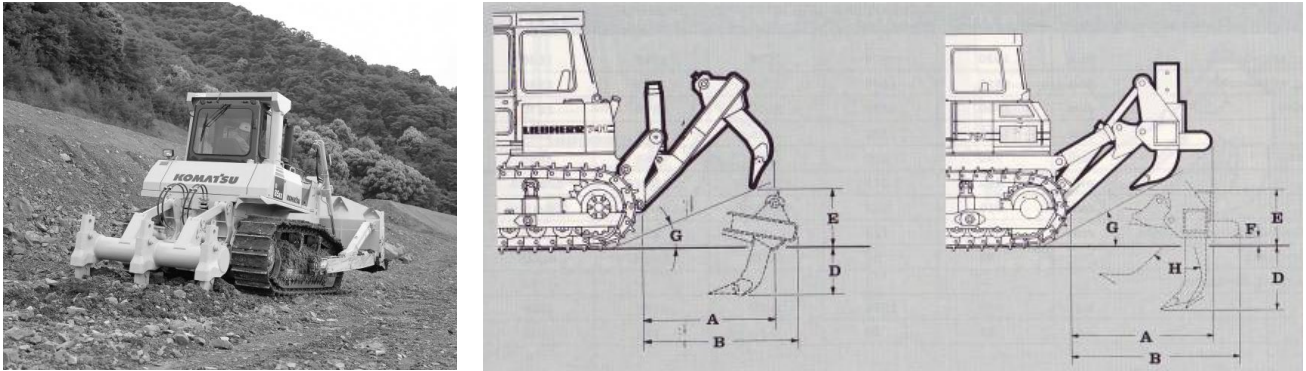
Ripanje bi se moralo svakako primijeniti kada je to god moguće uz uvažavanje slijedećeg:

- ripanje je još uvijek više «umješnost» nego znanje, a primjena ove tehnike i tehnologije iskopa ovisi o trenutnoj procjeni moguće primjene nego o nekoj zakonitosti moguće primjene,
- ukoliko ne postoji sigurnost o mogućnosti primjene ripanja, odnosno sumnja da se iskop može u potpunosti uspješno izvršiti ripanjem, bolje je primijeniti miniranje.

¹¹ naziv ripanje, ripper zadržan ovdje radi uobičajnog stručnog poimanja ove tehnologije i tehnike razaranja stvrdnutog tla ili stijene mehaničkim putem, pravilno (hrvatski) bi možebitno bilo rijanjanje ili čak oranjanje

¹² rijač, ripper, alat za razrahljivanje i razaranje sraslog tla ili trošne stijene. Oblika je neke vrste izduženoga uskog rala (sličnog polusavijenom, razmjerno duljem klinu) koje se utiskuje i provlači kroz tlo ili stijenu. Učvršćuje se uglavnom zglobno sa stražnje strane najčešće dozera zatim dozer-utovarivača i grejdera. Može biti jednostruk, dvostruk ili trostruk u smislu broja rijača. S obzirom na okretanje (podizanje odnosno spuštanje) u odnosu na ravninu učvršćenja, rijač može biti okretni ili usporedni te njihova kombinacija. Bolji je okretni rijač, jer se pri nailasku na dijelove tla ili stijene koje ne može razoriti samostalno odize, dok usporedni rijač zapinje te onemogućava stroju koji ga nosi da se kreće dalje. Jednostruki udarni rijač (udarni ripper) u obliku udarnog čekića omogućava dozeru također iskop svih vrsta čvrstih stijena.

Ipak se mora istaknuti općenito pravilo: *“Ako možeš ripati ripaj!”* ovisno obilježjima stijene koja kao povoljne omogućavaju ripanje a to su sitna uslojenost, velika raspucalost, velika razlomljenost, velika raspadnutost, krupnoznost, krhkost stijene, mala čvrstoća te mala gustoća stijene. Ripanje ipak nije uvijek moguće kod navedenih povoljnih obilježja stijene osobito u slučaju nepogodne uslojenosti kada dolazi do lomljenja prekrupnih komada koji onemogućavaju kretanje dozera a nisu također pogodni za daljnju logistika dobivenog kamenog gradiva.



Slika 2.1.3.6:: Lijevo površinski iskop ripanjem; desno: kinematika, hidraulika i logistika rada najčešće rabljene vrste tzv. „radijalnih“ (okretnih) ripera (lijeva sličica) i složenih tzv. „radijalno-paraleni“ ripera (desna sličica)

Bagerski iskop je vrlo raznolik u smislu prostornoga oblika njegova izvođenja, zatim u smislu veličine (mjera) zahvata kao i količine iskopa. Može se provoditi kao masovni iskop ili kao iskop vrlo malih razmjera primjerice iskop jaraka, šahtova, manjih temelja, plitkih rovova itd. Raznolik je također u smislu primjenjene radne koncepcije odnosno logistke rada bagera koji se koristi pri iskopu (ciklički ili kontinuirani iskop; iskop u dubinu ili u visinu; čelni ili bočni iskop; iskop kretanjem; iskop i utovar okretanjem; zatim utovar iznad razine, u razini i ispod razine stajanja bagera; iskop u vodi, podzemni iskop; iskop sa utovrom u vozila koja su različito smještena u odnosu na položaj i način rada bagera; razne kombinacije prethodno navedenih oblika iskopa, itd.). Izvodi se u svim vrstama tla i stijena (sa i bez njihova prethodna miniranja) najčešće tipičnim građevinskim bagerima¹³ u koje pripadaju bageri sajlaši¹⁴ i hidraulični bageri¹⁵ sa jednim krakom i jednom lopatom. Pri iskopu aluvijalnih materijala pod

¹³ Građevinski bageri obuhvaćaju različite oblike, vrste, podvrste i tipove sličnih strojeva namijenjenih za iskop za iskop sraslog tla i stijene te utovar ili odlaganje iskopanih materijala. Dijele se na (1.) građevinske bagere s jednim krakom ili strijelom i jednom lopatom, (2.) bagere s više lopata ili vjedrica (bageri vjedričari te dio rovokopača ili trenčera) i (3.) bagere bez lopata ili vjedrica (bager sisavci ili refuleri, dio rovokopača ili trenčera s lancem šiljaka, strojevi s otkopnim krakom u obliku otkopne rotacijske glave sa šiljcima za struganje). Mogu biti na gusjenicama, kotačima (tu pripadaju autobageri), vagonskom podvozju ili plovilu (plovni bageri). Standardni građevinski bageri s jednim krakom i jednom lopatom na tom kraku obuhvaćaju podvozje s opremom za kretanje (gusjenice ili kotači) na kojem se nalazi okretno postolje. Ono nosi pogonske motore, opremu prijenosa, upravljačku kabinu te krak (strijelu) bagera s lopatom ili nekim drugim alatom.

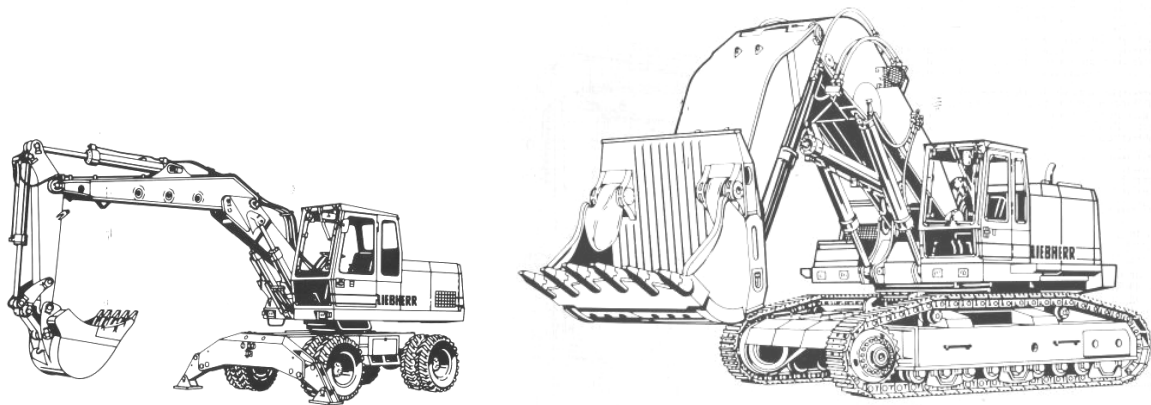
¹⁴ Bageri sajlaši pretežito su na gusjenicama ili na nekom plovilu. Kod njih se gibanje kraka i opreme za iskop upravlja, pokreće i izvodi pomoću “sajli” preko vitala i koloturnika (zovu se također “mehanički” bageri za razliku od hidrauličnih bagera). Dijele se u dvije skupine. Jedni su (1.) dreglajni s nepromjenjivom rešetkastom strijelom. Imaju povlačnu košaru (skrejper). Ukoliko imaju mehaničku zahvatnu lopatu (grajfer) pojme se kao grajferi. Dreglajni ili grajferi (to je ustvari najčešće jedan te isti bager-sajlaš s jednim od navedenih lopata ili košara) služe za masovni iskop pretežito aluvijalnih materijala iz vode i to ili s kopna ili s plovila. Također se rabe kao bager-dizalice. Drugi su veliki (2.) bageri sajlaši s dvodjelnim zglobno vezanim krakom i utovarnom (čeonom) lopatom. Rabe se samo u rudarstvu (bageri lopatari).

¹⁵ Hidraulični bageri kao univerzalni građevinski strojevi najčešće su korišteni strojevi pri građenju, posebice snažni hidraulični bageri gusjeničari s lomljivim krakom. Kod njih su svi mehanizmi prijenosa i rada alata na hidraulični pogon. Mogu biti opremljeni također s teleskopskom produžnom strijelom ili krakom kao teleskopski bageri. Postoje suvremene kombinacije hidrauličnih bagera s pomoćnim “sajlama” za povlačenje lopate ukoliko se radi u konstrukcijama dugačkih krakova radi uspješnog djelovanja bagera na većim duljinama njegova dohvata. Neke vrste lakših hidrauličnih bagera manje snage su na podvozju s gumenim kotačima. Hidraulični bageri mogu također brzo i jednostavno mijenjati lopate, priručne alate i uruđa na kraku te time izvoditi razne zahvate pri građenju i zemljanim radovima. Služe također kao podvozja te kao pogonski strojevi za ostalu tehnološku opremu pri građenju (kao nosači radnih postolja, kao građevinske dizalice, kao bageri s opremom za izvedbu pilota ili zavjesa (žmurja), bageri s opremom za izvedbu zastora itd. U pogledu samog iskopa razlikuju se hidraulični bageri -

- s utovarnom («čeonom») lopatom za površinski (vanjski, otvoreni) iskop iznad razine stajanja a primjenjuje se kao vrlo učinkovita utovarna sredstva u nalazištima gradiva (glinokopi, šljunčare, kamenolomi) i pri iskopu miniranim kamenih materijala u okviru velikih usjeka, zasjeka i građevnih jama,

vodom učinkoviti su bageri sajlaši bilo da su dreglajni (sa povlačnom košarom ili tzv. skrejperom) ili da su grajferi (sa zahvatnom lopatom ili tzv. grajferom). Na planiranju pokosa koriste se također kao vrlo učinkoviti telekopski bageri.

Građevinski hidralični bageri s jednim krakom i jednom lopatom, koji su inače najčešće i najviše korišteni standardni građevinski strojevi, izvode ciklički iskop s utovarom bilo kojih transportnih sredstava ili s odlaganjem iskopanog materijala u području njihova dohvata. Ovi bageri su također najviše korišteni strojevi za sve “skučene” iskope manjeg obujma (primjerice iskop temelja i građevnih jama, iskop rovova, iskop kanala i jaraka, razrada iskopa tunela u više razina ili dijelova i sl.). Također je učinkovit masovni iskop izminiranog materijala bagerima s utovarom lopatom u velikim usjecima i zasjecima. Osim iskopa hidralični bageri uspješno se koriste na zatrpavanjima, na planiranju pokosa uz iskop ili nakon iskopa itd. Rade ili samostalno (kod manjih iskopa) ili u grupama s ostalim građevinskim strojevima (kod masovnih zemljanih radova). Manji bageri, bilo gusjeničari bilo na kotačima (*slika 2.1.3.7 lijevo*) pretežito se koriste kod manjih iskopa (rovova, kanalića, jaraka, temelja, manjih građevnih jama i sl.) s tvrde podloge pretežito u tlu a srednji do veliki hidraulični bageri pretežito gusjeničari (*slika 2.1.3.7. desno*) koriste se za ostale oblike iskopa u tlu i (trošnoj ili miniranoj) stijeni kao i za masovni utovar posebice izminiranih materijala.



Slika 2.1.3.7: Lijevo: hidraulični bager na kotačima s dubinskom (otkopnom) lopatom; desno:

Ostale posebne tehnike i tehnologije masovnog površinskog iskopa u tlu i stijeni pri građenju vezane su uz razvoj suvremene u načelu rudarske otkopne mehanizacije kao primjerice površinski iskop mehaničkim putem glodanjem odnosno struganjem. Mogućnosti primjene takvih tehnika i tehnologija iskopa odnosno razaranja (razbijanja, rastresanja, usitnjavanja) stijene «mehaničkim» (fizikalnim) načinom pomoću posebnih strojeva, a također sa posebnim alatima i uređajima, ovisi prvenstveno o inženjersko-geološkim i fizičko-mehaničkim obilježjima stijene u kojoj se izvodi iskop. Od petrografskih obilježja ključan je sadržaj silicija u kamenu. Strojni iskop mehaničkim načinom provodi se u razmjerno čvršćim, tvrdim te pretežito nesilikatnim stijenama koje imaju manje ili više izraženu anizotropiju njihovih makro- i mikro-strukturnih inženjersko-geoloških obilježja. To bi bile u stijene koje su prirodnim geološkim procesima prethodno u nekoj mjeri dezintegrirane (raspucale, sitno uslojene, grusificirane itd.), primjerice –

- trošne metamorfne škriljave stijene, promjenjive građe i obilježja, manje tlačne čvrstoće,
- jako raspucale sedimentne stijene male do srednje tlačne čvrstoće,
- okamenjene glinene stijene različite tlačne čvrstoće,

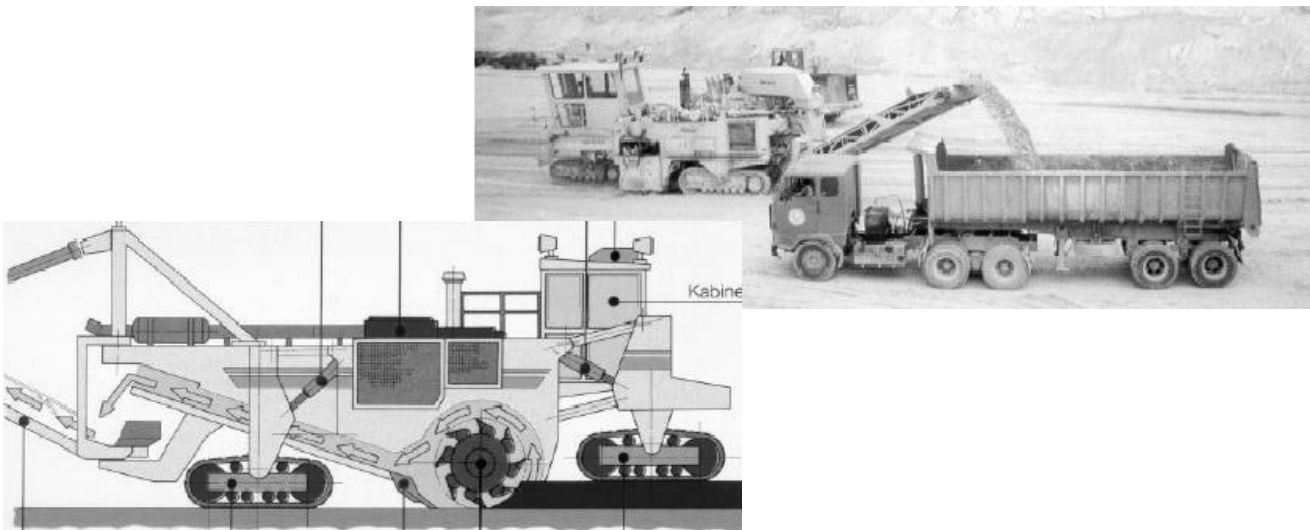
-
- s dubinskom (otkopnom, «iskopnom») lopatom za iskop ispod razine stajanja a primjenjuje se kod većine uobičajenih iskopa te posebice kod iskopa skučenih temelja, rovova i kanala svih veličina i oblika porečnog presjeka, zatim iskopa manjih građevnih jama, zatim kao utovarno sredstvo u posebnim slučajevima, za iskop sa plovila pod vodom, itd.
 - sa zahvatnom lopatom (grajfer) za iskop ispod razine stajanja ali i za uskih dubokih jama kod iskopa temelja (manjih građevnih jama, rovova, kanala, jaraka i sl.), također za iskop pod vodom sa kopna ili plovila,
 - s udarnim (otkopnim) čekićom ili otkopnom rotirajućom glavom (slike narednog poglavlja o iskopu stijene mehaničkim putem udarom ili struganjem odnosno glodanjem).

- polučvrste sedimentne stijene glinenog porijekla visokog stupnja zbijenosti, koje su postojane i tvrde u suhom stanju i sl.

Neke vrste navedenih prirodno dezintegriranih stijena kopaju se bagerima s uobičajenim lopatama. Ostali oblici strojnog iskopa prije navedenih vrsta za to pogodnih stijena, koje bi se mogle razarati «mehničkim» putem, izvodi se zasada u tehničkom smislu na dva osnovna načina:

- ili uzastopnim udarom određenog alata (udarni čekići¹⁶) po površini stijene koja se razara, ili
- pritiskom (odnosno utiskivanjem) određenog alata na/u stijenu uz provlačenje, dakle kretanje tog alata u/po stijeni ili kroz stijenu čime se ona smicanjem lomi u manje (sitnije) dijelove, koje obuhvaća dva glavna načina mehaničkog razaranja stijene –
 - o prije opisano ripanje, kao način masovnog površinskog uglavnom dozerskog iskopa,
 - o struganje ili glodanje, kao način iskopa po mjerama ograničenog osobito skučenog podzemnog prostora ili nadzemnog iskopa temelja, rovova, manjih građevnih jama i ostalih oblika površinskih iskopa manjeg obujma.

Tehnike i tehnologije iskopa stijene struganjem ili glodanjem obuhvaća slične načine plošnog ili površinskog mehaničkog (fizikalnog) razaranja čvrste stijene smicanjem pomoću posebnih strojeva i pripadnih uređaja ili alata. U smislu koncepcije i konstrukcije alata za struganje kao i čitavog stroja na kojem je alat ustrojen te u smislu područja primjene razlikuju se, za potrebe površinskog iskopa, uobičajeni ili posebno građeni bageri odnosno strojevi s rotirajućom otkopnom glavom za struganje ili glodanje stijene, posebni bageri rovokopači ili trenčeri te također posebni strojevi za površinsko struganje ili glodanje stijene (slika 2.1.3.8).



Slika 2.1.3.8: Tehnika i tehnologija površinskog struganja ili glodanja stijene

¹⁶ Neposredni iskop udarom pomoću udarnih ili vibracijskih čekića, bez bilo kakvog oblika istovremenog transporta iskopanog materijala, primjenjuje se pri iskopu pretežito manjih obujama stijene ili pri smanjivanju većih blokova koji su na neki način prethodno prirodno izdvojenih iz stijenskih masiva. Primjenjuje se također pri iskopu manjih temelja, rovova i sl., pri razbijanju većih blokova preostalih nakon miniranja čime se izbjegava naknadno miniranje, pri dotjerivanju iskopanih obrisa kao i pri iskopu stijene u onim slučajevima gdje je nemoguće primijeniti miniranje. Primjena udarnih čekića u tehničko-tehnološkom smislu nije ograničena prostorom, vrstom te obilježjima stijene u kojoj se izvodi. Razlozi ograničavanja u primjene ove tehnike i tehnologije pri masovnom iskopu razmjeno čvrstih, tvrdih i krutih kompaktnih stijena zasada su pretežito tehnološko-ekonomske prirode zbog razmjerno manjih radnih učinika takvog načina razaranja stijene kao i zbog povećanog trošenja (utroška) alata za udar. Teški lafetirani udarni čekići mase do nekoliko tona pretežito su učvršćeni na krak hidraličnog bagera a lakši udarni čekići mogu biti učvršćeni na (manji) utovarivač te na bager-utovarivač (kombinirku).

Ustrojavanja tehnoloških postupaka pri površinskom iskopu tla i stijene

Površinski (nadzemni, vanjski) iskopi podrazumjevaju slijedeće vrste i oblike zemljanih radova u tlu i/ili stijeni:

- plitki površinski iskopi,
- *masovni široki površinski iskopi*, iskopi usjeka, predusjeka i većih zasjeka, iskopi srednje velikih kanala odvodnje i/ili meloracijskih mreža
- iskopi manjih kanala i jaraka
- iskopi rovova)
- iskopi (*pojedinčnih, trakastih, složenih plićih i dubokih*) temelja
- iskopi građevnih jama i *ostali potrebni iskopi koji omogućavaju izvedbu građevnih jama (iskopi posebnih vrlo dubokih i uskih rovova za izvedbu zavjesa i zidova građevnih jama te ostali slični iskopi)*
- posebni iskopi u okviru izvedbe geotehničkih konstrukcija pri temeljenju, pilotiranju i sl.
- ostali iskopi za potrebe građenja.

Plitki površinski iskopi		
Razmjerno masovni iskopi u dubine do najviše 0,5 (iznimno 0,75 / 1,00 m) -		
- <i>humusa (organsko tlo)</i>		
- <i>trošnog površinskog sloja (trošne stijene)</i>		
opće inženjersko-geloško ili geotehničko) obilježje terena iskopa		tehnika i tehnologija iskopa
tlo	- humus, - koherentna i nekoherentna tla (aluviji), - mješana tla (zemlja, ilovača, pjeskovita glina, zaglinjeni šljunci)	- dozerski iskop - skrepperski iskop - (iskop grejderima) - (manji iskop bagerima)
trošna stijena	- stijene heterogenog litološkog sastava - fliš i flišolike geloške tvorevine - glinci, lapori	- dozerski iskop (struganje) o ripanje - (manji iskop bagerima)



Široki površinski iskopi		
Masovni iskopi - <ul style="list-style-type: none"> - temelja velikih brana, - umjetnih akumulacijskih jezera, - velikih plovnih kanala i umjetnih vodotoka - velikih usjeka (na autocestama) <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>širina ovih iskopa je u načelu veća od širine dozerskog noža</i> 		
opće inženjersko-geloško ili geotehničko) obilježje terena iskopa		tehnika i tehnologija iskopa
tla	<ul style="list-style-type: none"> - koherentna i nekoherentna tla (aluviji), - mješana tla (zemlja, ilovača, pjeskovita glina, zaglinjeni šljunci) 	<ul style="list-style-type: none"> - dozerski iskop - skrepperski iskop - bagerski iskop
trošne stijene	<ul style="list-style-type: none"> - stijene heterogenog litološkog sastava - fliš i flišolike geloške tvorevine - glinci, lapori 	<ul style="list-style-type: none"> - (rastresanje miniranjem) - dozerski iskop (struganje) <ul style="list-style-type: none"> ○ ripanje - bagerski iskop
«čvrste» «tvrde» stijene		<ul style="list-style-type: none"> - miniranje - dozerski iskop (struganje) <ul style="list-style-type: none"> ○ ripanje - bagerski iskop
Obilježja (područja) iskopa - <ul style="list-style-type: none"> - inženjersko geološka obilježja, morfologija (reljef, oblik) i topografija terena - veličina, oblik i količina iskopa - podzemne vode i veličina (mjere strojeva) uvjetuju razradu iskopa po visini i po širini (tlocrtno) <ul style="list-style-type: none"> - iskop od površine prema dole ▼ - iskop od podine prema gore ▲ - pristupi području iskopa 		



Iskopi usjeka i predusjeka (većih zasjeka) Iskopi srednje velikih kanala (odvodnje i melioracijske mreže)		
Iskopi u razmjerno skućenom prostoru		
- iskopi (manjih) zasjeka na kosini prirodnog terena <ul style="list-style-type: none"> ▪ (iskop "stepenica" na padinama na kojima se kasnije izvode nasipi) 		
opće inženjersko-geološko ili geotehničko) obilježje terena iskopa		tehnika i tehnologija iskopa
tla	- koherentna i nekoherentna tla (aluviji), - mješana tla (zemlja, ilovača, pjeskovita glina, zaglinjeni šljunci)	- bagerski iskop <ul style="list-style-type: none"> ○ dozerski iskop
trošne stijene	- stijene heterogenog litološkog sastava - fliš i flišolike geloške tvorevine - glinci, lapori	- (rastresanje miniranjem) - bagerski iskop <ul style="list-style-type: none"> - dozerski iskop (struganje) <ul style="list-style-type: none"> ○ ripanje
«čvrste» «tvrde» stijene		- miniranje - bagerski iskop <ul style="list-style-type: none"> - dozerski iskop (struganje) <ul style="list-style-type: none"> ○ ripanje
Obilježja (područja) iskopa - <ul style="list-style-type: none"> - inženjersko geološka obilježja, morfologija (reljef, oblik) i topografija terena - veličina, oblik i količina iskopa, pružanje iskopa, odnos visine i širine iskopa - podzemne vode - zaštita (osiguranje) stranica i dna iskopa <ul style="list-style-type: none"> ○ vrsta i oblik geotehničkih konstrukcija zaštite ○ tehnika i tehnologija izvedbe geotehničkih konstrukcija zaštite te veličina (mjere), broj i međusobni logistički odnos strojeva (odnos strojeva u procesu iskopa s utovarem) kao i krajnja logistika (korištenje ili odlaganje) iskopanog materijala uvjetuju razradu iskopa po visini i po širini (tlocrtno) <ul style="list-style-type: none"> - iskop od površine prema dole ▼ - iskop od podine prema gore ▲ - pristupi području iskopa 		



Iskopi manjih kanala i jaraka		
Iskopi (pojedinačnih, trakastih, složenih plitkih i dubokih) temelja		
Iskopi rovova		
Iskopi rovova ponovo se zatrpavaju iskopanim materijalom iz rova nakon polaganja cijevovoda što je njihova osnovna razlika od kanala ili jaraka koji ostaju trajno iskopani a iskopani materijal se trajno odlaže izvan njihova iskopa		
opće inženjersko-geloško ili geotehničko) obilježje terena iskopa		tehnika i tehnologija iskopa
tla	<ul style="list-style-type: none"> - koherentna i nekoherentna tla (aluviji), - mješana tla (zemlja, ilovača, pjeskovita glina, zaglinjeni šljunci) 	<ul style="list-style-type: none"> - bagerski iskop - iskop rovokopačima (trenčeri, drenopolagači) <ul style="list-style-type: none"> - (iskop grejderima)
trošne stijene	<ul style="list-style-type: none"> - stijene heterogenog litološkog sastava - fliš i flišolike geloške tvorevine - glinci, lapori 	<ul style="list-style-type: none"> - (rastresanje miniranjem) - bagerski iskop <ul style="list-style-type: none"> o (+ udarni čekić) - iskop rovokopačima (trenčeri, drenopolagači)
«čvrste» «tvrde» stijene		<ul style="list-style-type: none"> - miniranje - bagerski iskop <ul style="list-style-type: none"> o + udarni čekić - iskop rovokopačima (trenčeri, drenopolagači)
<p>Obilježja (područja) iskopa -</p> <ul style="list-style-type: none"> - inženjersko geološka obilježja, morfologija (reljef, oblik) i topografija terena - veličina, oblik i količina iskopa, pružanje iskopa, odnos visine i širine iskopa - podzemne vode <p>zatim veličina (mjere) i međusobni logistički odnos strojeva (odnos strojeva u procesu iskopa s utovarom) te odnos prema preko-profilnom iskopu (iskopu izvan projektiranog obrisa iskopa) uvjetuju općeniti pristup iskopu.</p>		



Iskopi građevinskih jama		
Iskopi u razmjerno skućenom prostoru		
- iskopi koji omogućavaju izvedbu građevnih jama		
- iskopi posebnih vrlo dubokih i uskih rovova za izvedbu zavjesa i zidova građevnih jama		
opće inženjersko-geološko ili geotehničko) obilježje terena iskopa		tehnika i tehnologija iskopa
tla	- koherentna i nekoherentna tla (aluviji), - mješana tla (zemlja, ilovača, pjeskovita glina, zaglinjeni šljunci)	- bagerski iskop ○ dozerski iskop
trošne stijene	- stijene heterogenog litološkog sastava - fliš i flišolike geološke tvorevine - glinci, lapori	- (rastresanje miniranjem) - bagerski iskop - dozerski iskop (struganje) ○ ripanje
«čvrste» «tvrde» stijene		- miniranje - bagerski iskop - dozerski iskop (struganje) ○ ripanje
Obilježja (područja) iskopa - <ul style="list-style-type: none"> - inženjersko geološka obilježja, morfologija (reljef, oblik) i topografija terena - veličina, oblik i količina iskopa, pružanje iskopa, odnos visine i širine iskopa - podzemne vode - zaštita (osiguranje) stranica i dna iskopa <ul style="list-style-type: none"> ○ vrsta i oblik geotehničkih konstrukcija zaštite ○ tehnika i tehnologija izvedbe geotehničkih konstrukcija zaštite te veličina (mjere), broj i međusobni logistički odnos strojeva (odnos strojeva u procesu iskopa s utovarom) kao i krajnja logistika (korištenje ili odlaganje) iskopanog materijala uvjetuju razradu iskopa po visini i po širini (tlocrtno) <ul style="list-style-type: none"> - iskop od površine prema dole ▼ - iskop od podine prema gore ▲ - pristupi području iskopa 		



Masovni zemljani radovi

Masovni zemljani radovi u tlu i stijeni kod građenja nekih pretežito složenih objekata (prometnica, hidroelektana, plovnih puteva, itd.) mogu se utvrditi kao oni koji su –

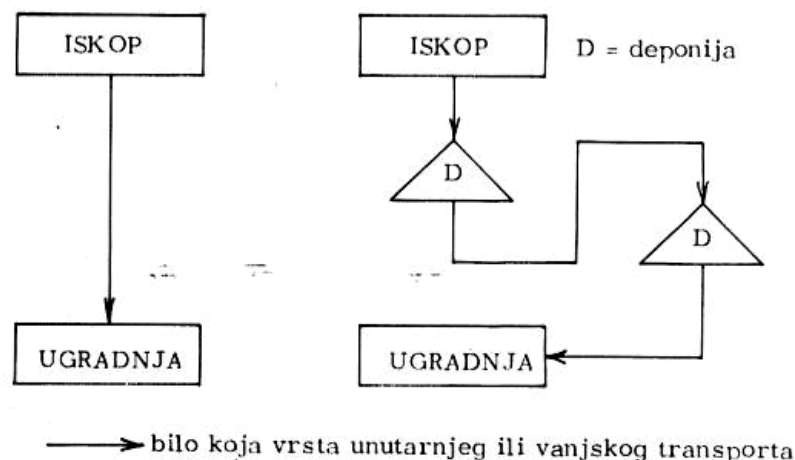
- prevladavajući po vrsti,
- značajni po količini, te
- vremenski dugotrajni.

Oni su nemogući u izvršenju bez primjene visokoučinkovitog strojnog rada odnosno dobro organiziranog rada grupe ili više grupa standardnih građevinskih strojeva i vozila za zemljane radove.

Ukupni tehnološki postupak masovnih zemljanih radova kod izvedbe (po veličini i količini) značajnih zemljanih građevina od sipkih prirodnih gradiva obuhvaća iskop, zatim transport (na bilo koji način) iskopanog materijala ili na odlaganje (bilo stalno bilo privremeno) ili na preradu ili na ugradbu. Masovnom iskopu razmjerno čvrste i tvrde stijene može prethoditi njezino miniranje odnosno "usitnjavanje" pomoću eksploziva. Privremeno odloženi sipki materijali mogu ponovo transportirati bilo na preradu bilo na ugradbu. Prerađeni materijali mogu transportirati bilo na privremeno odlaganje bilo neposredno na ugradbu.

Masovni zemljani radovi mogu se u okviru organizacije tehnološkog postupka "iskop - transport - ugradba" odvijati ^(slika 2.3.1.9.) –

- bez međudlaganja gradiva, te
- sa međudlaganjem gradiva zbog
 - o nemogućnosti daljnje uporabe ili ugradbe sipkih gradiva,
 - o poboljšanja fizičko-mehaničkih obilježja sipkih gradiva vremenskim odležavanjem (prosušivanje ocjeđivanjem),
 - o iskorištenja najvećeg mogućeg učinka pojedinih strojeva ili grupa strojeva u pojedinim međudjelovima tehnološkog procesa zemljanih radova što odbacuje pojam "ključnog stroja" pri odvijanju međusobno povezanog i uvjetovanog rada građevinskih strojeva,
 - o stvaranja zaliha u vremenu pripremnih radova ili u vremenu kad je nemoguće izvoditi zemljane i s njima povezane ostale građevinske radove,
 - o dužih organizacijskih zastoja dijela ili cjeline tehnološkog postupka zemljanih radova,
 - o bilo koji drugog razloga organizacijske ili tehnološke prirode koji (ni)je bio unaprijed planiran odnosno pretpostavljen ili očekivan.



Slika 2.1.3.9: Logistika zemljanih radova bez i s međudlaganjem sipkih gradiva

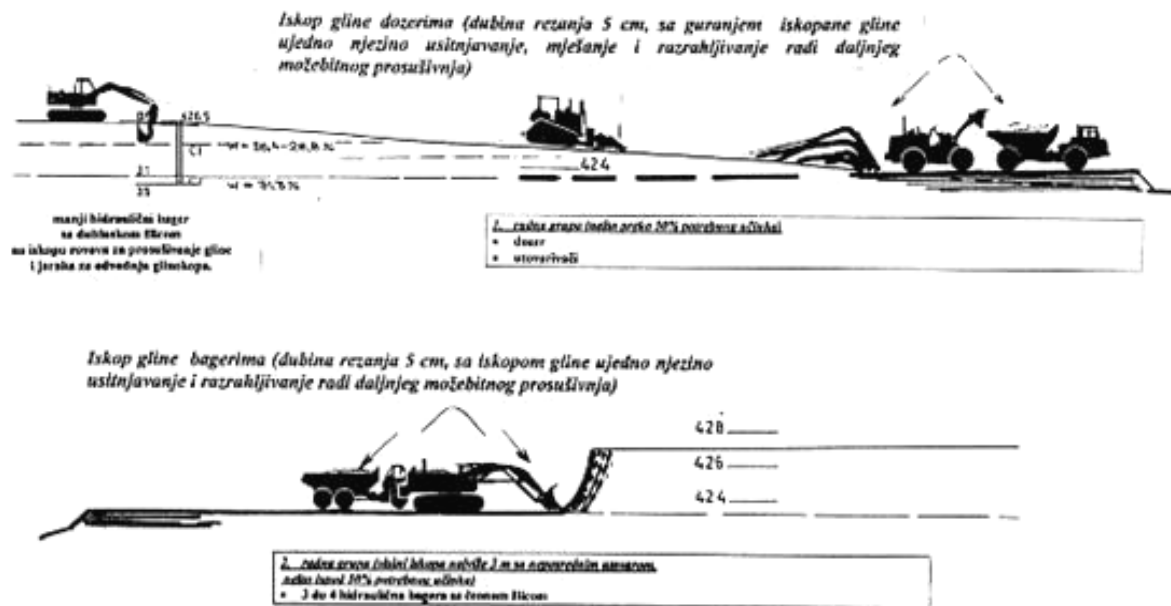
Osnovni (najjednostavniji) oblik tehnološkog postupka masovnih zemljanih radova bio bi

iskop → transport → odlaganje ili ugradba

nekoj zemljanog ili sličnog sipkog materijala u užem smislu. Ovaj tehnološki postupak zemljanih radova - *sustavno sagledavan* kroz organizirani proizvodno-tehnološki ili strojno-tehnološki sustav (gdje su iskop, transport i ugradba tehnološki podsustavi za sebe koji u svojoj zadaći ili djelovanju slijede jedan za drugim) – moguće je također sustavno organizirati u pogledu primjenjenih sredstava rada (tj. građevinskih strojeva i vozila) na nekoliko različitih načina. Pri tome su pojedini strojevi (kao cjeloviti samostalni tehnički podsustavi za sebe) elementi navedenog sustava odnosno njegova tri podsustava.

Kao primjer može se navesti dva osnovna međusobno bitno različita načina organizacije tehnološkog postupka (iskopa, transporta, ugradbe) masovnih zemljanih radova u pogledu odabira standardnih građevinskih strojeva te vozila prikazana na slijedećoj tablici (slika 2.3.1.10.)

	iskop	utovar	prijevoz	ugradba
1.	dozeri	utovarivači ili/i hidraulični bageri (sa čeonom žlicom ili utovarnom lopatom)	vozila: kamioni kiperi ili (zglobni) damperi	dozeri ili/i grejderi, valjci
2.		hidraulični bageri		



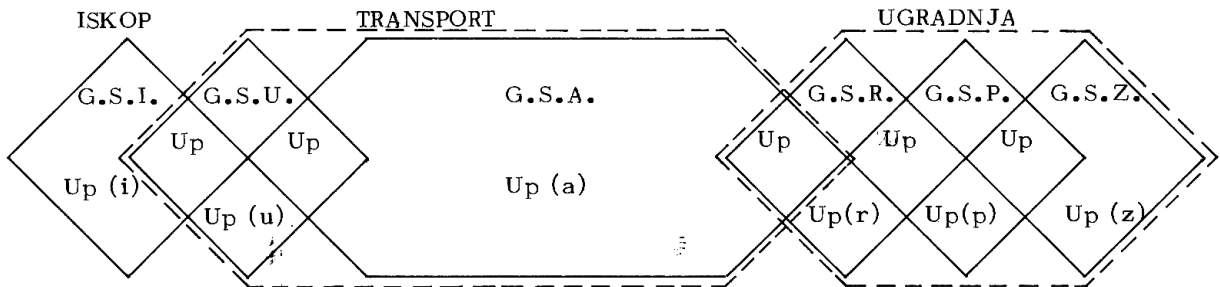
Slika 2.1.3.10: Inačice tehnike, tehnologije i logistika zemljanih radova u dijelu iskopa i utovara iskopanog materijala (gore: „dozerska“ s međudlaganjem sipkih gradiva, dolje: „bagerska inačica“ bez međudlaganja) i

Moguće je različito ostvariti (u budućnosti) organizaciju razmatranog tehnološkog postupka u pogledu tipova i broja pojedinih vrsta strojeva na slijedeće načine –

- pretpostavka korištenja različitog broja pojedinih strojnih jedinica (kao elemenata tehnološkog sustava odnosno njegovih podsustava) različitog učinka unutar pojedine grupe strojeva u jednom dijelu (podsustvu) tehnološkog postupka masovnih zemljanih radova (npr. veći broj "manjih" utovarivača manjeg učinka a manji broj "većih" dampera većeg učinka; ili manji broj većih utovarivača većeg učinka a veći broj manjih dampera manjeg učinka; ili manji broj većih utovarivača većeg učinka i manji broj većih dampera većeg učinka, itd.)
- pretpostavka različitog dnevnog radnog vremena pojedinih grupa strojeva kao podsustava za sebe unutar tehnološkog postupka zemljanih radova uvođenjem međudlaganja (npr. strojevi

na iskopu i privremnom odlaganju iskopanog materijala rade u tri smjene, strojevi na utovaru odloženog materijala i prijevozu dvije smjene a strojevi na ugradbi jednu smjenu ili obrnuto ili u nekoj trećoj kombinaciji radnog vremena, itd.)

- pretpostvka različitog organiziranje rada strojeva, tako da se jedni te isti strojevi, koriste unutar različitih dijelova tehnološkog postupka itd.



G.S.I. = grupa strojeva na iskopu

G.S.U. = grupa strojeva na utovaru

G.S.A. = grupa strojeva (sredstava) na (auto) prevozu

G.S.R. = grupa strojeva na razastiranju

G.S.P. = grupa strojeva na planiranju

G.S.Z. = grupa strojeva na zbijanju

$U_p \neq$ ukupni planirani učinak (iskopa, transporta i ugradnje)

$U_p(i), U_p(u), U_p(a), U_p(r), U_p(p), U_p(z)$ = planirani učinak pojedine grupe strojeva ($U_p(g)$)

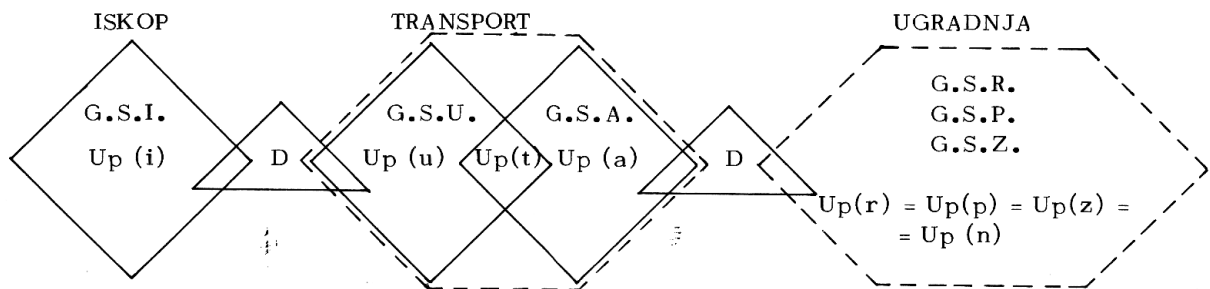
$U_p \cong U_p(i) \cong U_p(u) \cong U_p(a) \cong U_p(r) \cong U_p(p) \cong U_p(z)$

gdje je planirani učinak pojedine grupe strojeva:

$U_p(g) = \sum n_a \times U_p(n_a)$

n = broj strojeva istog tipa "a"

$U_p(n_a)$ = planirani učinak strojeva istog tipa "a"



$U_p(t)$ = planirani učinak grupe strojeva na transportu

$U_p(u) = U_p(a) = U_p(t)$

$U_p(n)$ = planirani učinak grupe strojeva na ugradnji (nasipavanju, izradi nasipa)

$U_p(n) \cong U_p(r) \cong U_p(p) \cong U_p(z)$

$U_p(i) \neq U_p(t) \neq U_p(n)$; $U_p \geq U_p(t)$; $U_p(t) \geq U_p(n)$

D = deponija (privremeno međudlaganje)

Slika 2.1.3.11: Inačice tehnike, tehnologije i logistika zemljanih radova bez i s međudlaganjem sipkih gradiva

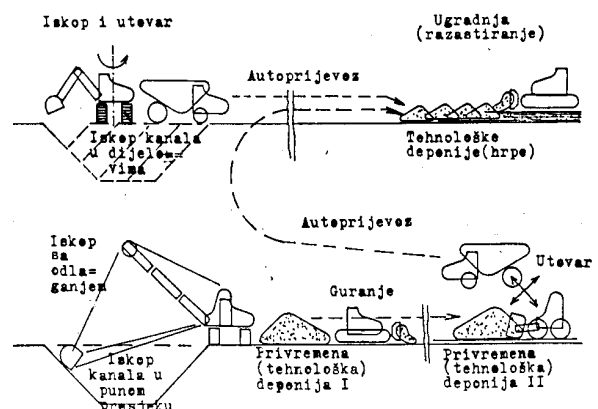
Svaka navedena inačica organizacije tehnološkog postupka razmatranih masovnih zemljanih radova ima također raspon mogućih učinaka. To ujedno znači da se neki razmatrani masovni zemljani radovi u troškovnom smislu mogu ocjenjivati u širokom području njihovih vrijednosti koje je, uvjetno rečeno, "ograničeno":

- odbranom inačicom organizacije tehnološkog postupaka masovnih zemljanih radova u pogledu odabira (a također i u pogledu tehničko-tehnoloških obilježja) pojedine vrsta građevinskih strojeva i vozila za zemljane radove,
- planiranim iskorištenjem učinka odabrane inačice organizacije tehnološkog postupaka masovnih zemljanih radova (odnosno predviđenim iskorištenjem učinaka pojedinih vrsta strojeva unutar odabrane inačice).

U smislu navedenih mogućnosti planiranja i odabira različite tehnike, tehnologije i organizacije masovnih zemljanih radova stvarni (u praksi provedeni) postupci nuđenje njihove izvedbe za potrebe gradnje određenih velikih zemljanih građevina pokazali su razlike među cijenama pojedinih ponuditelja odnosno mogućih izvođača i do 100%. Stoga se mora istaći kako se troškovno vrednovanje izvedbe takvih radova ne smije zasnivati na korištenju nekih opće poznatih prosječnih učinaka pojedinih strojeva na pojedinim vrstama zemljanih radova. Ona se mora zasnivati na sagledavanju odbrane organizaciji tehnološkog postupka zemljanih radova s utvrđivanjem pojedinačne i grupne učinkovitosti svih pretpostavljenih strojnih resursa posebice u pogledu njihove međusobne organizacijske ovisnosti i tehnološke uvjetovanosti.

Također valja istaći kako male razlike u jediničnim cijenama masovnih zemljanih radova u srazmjeru s njihovim velikim količinama rezultiraju velikim iznosima ukupnih troškova građenja (primjerice - razlika između neke moguće najniže i najviše jedinične cijene od par postotaka 1 m³ nekih zemljanih radova - koja apsolutno iznosi jedan *Euro* - može na veliku količinu od stotinjak tisuća m³ tih radova iznositi stotinjke tisuća *Eura* ili vrijednost nekog građevinskog stroja za zemljane radove ili vozila - tako samo ponudbenom kalkulacijom troškova može zaraditi ili izgubiti skoro jedan građevinski stroj ovisno u tome koja ponuđena cijena - veća ili manja - postane ugovorena cijena zemljanih radova). Prema tome promišljanje odabira tehnike, tehnologije i njima sukladne masovnih zemljanih radova traži ozbiljan inženjerski pristup kako bi se odabrala ona koja daje najveću moguću učinkovitost posebice ekonomičnost (dakle najveću moguću dobit) u svojoj realizaciji. Stoga bilo koje vrste prethodne simulacija (bilo matematske bilo pomoću programskih paketa za računala) tehnoloških postupaka masovnih zemljanih radova omogućavaju na neki način pravilno sagledavanje problematike njihova troškovna vrednovanja.

U takova promišljanja pripada također simulacija *pouzdanosti rada* odbaranih strojeva i vozila za razmatranu organizaciju i tehnologiju masovnih zemljanih radava pri čemu se ti strojevi i vozila sagledavaju kao međusobno povezani elementi složenih strojnih sustava odnosno kao dijelovi sustava standardnih građevinskih strojeva međusobno povezanih u skupove odnosno radne grupe (koje su ustvari posustavi za sebe) čija je zadaća ostvarenje određenog tehnološkog postupka masovnih radova na *iskopu - transportu - ugradbi* sipkih gradiva posebice pri izvedbi neke veće zemljane građevine ili konstrukcije od sipkih gradiva.



Slika 2.1.3.12: Inačice tehnike, tehnologije i logistika zemljanih radova bez i s međudlaganjem sipkih gradiva