

Bela KOVAČ, Petar BRANA, Držislav VIDAKOVIĆ

TEHNOLOGIJA GRAĐENJA

- NASTAVNI MATERIJALI -

ZA PREDMET *TEHNOLOGIJA GRAĐENJA*

na dodiplomskom studiju
GRAĐEVINSKOG FAKULTETA
Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

lipanj 2006. godina

I) TEHNOLOŠKI PROCESI

1. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA TEHNOLOGIJE GRAĐENJA

Pod pojmom **proizvodni proces**, u najširem smislu, misli se na ukupnost svih procesa kojim se materijalna dobra pretvaraju u proizvodna i „uporabna“ sredstva. Nadalje, proces gradnje (građevni proces) nije ništa drugo nego proizvodni proces usmjeren na izgradnju određenog objekta.

Kao predmet proučavanja tehnologije građenja, potrebno ga je sagledati kao cjeloviti sustav, sa svim svojim komponentama (dijelovima), te unutarnjim i vanjskim odnosima. Upravo stoga se tehnologija građenja također ciljano usredotočuje i na specijalne aspekte građevnih procesa, te pri analizi i oblikovanju građevinske proizvodnje koristi i neke druge znanstvene discipline.

Prilikom građevinske proizvodnje ne ostvaruje se samo razmjena dobara između čovjeka i prirode, nego se stvara i utjecaj ljudi jednih na druge (međusobni ljudski utjecaj). Stoga ovakav proizvodni proces ima dvije dimenzije, materijalno- tehničku, te socijalnu- ekonomsku, koje stvaraju jednu jedinstvenu cjelinu.

- **Materijalno- tehnička dimenzija** (znanost o proizvodnom procesu građenja): obuhvaća odnose čovjek- priroda, odnosno čovjek- tehnika u sklopu procesa proizvodnje. Oblikovanje ovih odnosa je zadaća inženjera, kako s proizvodno- tehničkog, tako i s proizvodno- organizacijskog stajališta (gledišta).
- **Socijalno- ekonomska dimenzija** (znanost o ekonomskom aspektu procesa građenja): obuhvaća odnos čovjek- čovjek u procesu proizvodnje i stoga je primarni predmet proučavanja socijalnih, ekonomskih i pravnih znanstvenih disciplina.

Upravo stoga je baš materijalno- tehnička dimenzija proizvodnih procesa u građenju glavni predmet proučavanja znanosti o tehnologiji građenja, te će stoga biti dio pomnijeg razmatranja.

Svaki proizvodni proces se sastoji od tri glavna elementa:

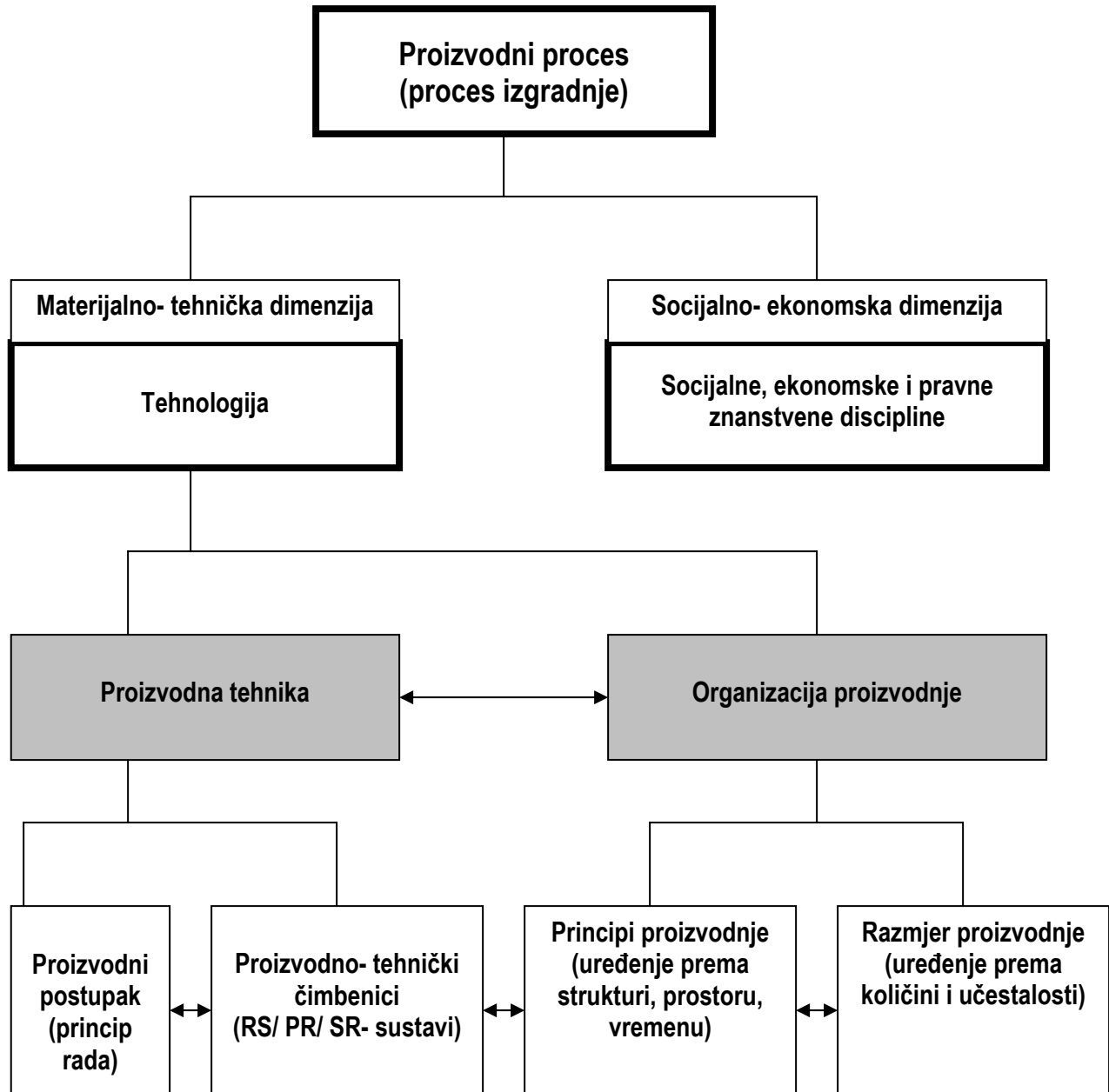
- Radna snaga (RS) (npr. čovjek)
- Predmet rada (PR) (npr. građevinski materijal, objekt)
- Sredstvo rada (SR) (npr. uređaj)

Čovjek kao inteligentna obrazovana radna snaga proizvodi, pri čemu uz pomoć sredstava za rad djeluje na predmet rada i tako ga kvalitativno mijenja, od sirovine do poluproizvoda, i napokon do gotovog proizvoda. Iz ovoga se može zaključiti da se tehnologija primarno bavi proučavanjem promjena stanja materijala, točnije, funkcijom predmeta rada i sredstva rada, kao i njihovom kombinacijom, te njihovim zajedničkim učinkom. Svojstva predmeta rada sama po sebi opet čine predmet proučavanja prirodnih znanosti, te znanosti vezanih za poznavanje materijala. Na proizvodni proces uvelike utječu rezultati novih istraživanja, a što se najbolje očituje primjenom novih proizvodnih metoda, kao i sve većom mehanizacijom, te automatizacijom sredstava rada. Može se reći da tehnologija pristupa proučavanju već spomenute materijalno- tehničke dimenzije proizvodnog procesa s dva različita aspekta (vidi sliku):

Proizvodna tehnika: Tehnički aspekt

Proizvodna tehnika objedinjuje pripadajuće tehničke osnove vezane za proizvodnju, razvoj proizvoda i osiguranje razine kvalitete u građevinskoj industriji. Na sinergijski učinak stvoren uzajamnim djelovanjem proizvodno- tehničkih čimbenika i metoda utječe i razvoj, te uporaba sredstava rada. Pri tome se, s jedne strane, misli na proizvodni postupak, tj. principe tehničke realizacije znanstvenih saznanja pri utjecaju radne snage i sredstava rada na predmet rada (načine na koji se ostvaruje praktična primjena teoretske osnove kada je riječ o utjecaju radne snage i sredstava za rad na proizvodni proces). S druge strane, može se govoriti o proizvodno- tehničkim čimbenicima, RS- PR- SR- sustavima, putem kojih se ostvaruje proizvodni postupak.

Slika: Područje djelovanja proizvodnog procesa



Proizvodna tehnika podrazumijeva primjenu saznanja (znanstvenih činjenica) iz područja prirodnih i tehničkih znanosti na proizvodni proces.

Organizacija proizvodnje: Organizacijski aspekt

Pri čemu se proizvodni principi shvaćaju kao kvalitativni, a razmjor proizvodnje kao kvantitativni oblik uređenja radne snage, predmeta rada i sredstava rada pri procesu proizvodnje.

Proizvodni princip klasificira (određuje) proces prema strukturnom i vremenskom uređenju sredstava rada, radne snage i predmeta rada.

(= kvalitativni oblik organizacije proizvodnog procesa)

Razmjor proizvodnje klasificira proces prema količini i učestalosti proizvoda (primjerice, zgotovljavanje pojedinih dijelova konstrukcije).

(= kvantitativni oblik organizacije proizvodnog procesa)

Proizvodna tehnika i organizacija proizvodnje tvore jednu isprepletenu cjelinu. Obadva aspekta sa svim svojim vezama i uzajamnim odnosima stvaraju jedan složeni dinamički sustav o kojem se razmatra u okviru „Teorija sustava“ kao znanstvene discipline.

Pojam proizvodne strukture također ulazi u okvire organizacije proizvodnje iako se nalazi na samom rubu područja kojim se bavi menadžment. Pod njim se podrazumijeva procesno uređenje sredstava za rad, radne snage i predmeta rada zasnovano na tehnološkoj podlozi.

Na osnovu navedenih činjenica definiramo tehnologiju kao vrstu znanosti:

- Tehnologija je znanost koja proučava primjenu saznanja iz područja prirodnih, tehničkih i organizacijskih znanstvenih disciplina pri oblikovanju materijalno- tehničke dimenzije proizvodnog procesa.

Ona istražuje zakonitosti koje se pojavljuju u ovoj dimenzije i tako

stvara znanstvenu osnovu za optimalnu tehnološku pripremu i izvedbu proizvodnog procesa.

- Predmet proučavanja tehnologije su složeni dinamički sustavi proizvodne tehnike i organizacije proizvodnje.
- Njezin cilj je oblikovanje proizvodnih procesa u smislu postizanja što veće razine učinkovitosti. (= ekonomski princip)¹

Sukladno dosadašnjim tvrdnjama (*Goßmann*)³ tehnologiju definira na sljedeći način:

„Predmet proučavanja tehnologije je takva kombinacija proizvodnih snaga s namjerom postizanja optimalnih sustava djelovanja za materijalno- energetske promjene stanja stvari svake vrste. Opet sve u svrhu ciljnog usmjeravanja proizvodnje dobara na osnovu njihovih svojstava (prirodnim zakonitostima uvjetovanim), te njihovih međusobnih odnosa, koji se pojavljuju u međudjelovanju s proizvodnom snagom.“

2. PROIZVODNI PROCES

Na gradilištu je proizvodni proces zapravo proces izgradnje. On podrazumijeva ukupnost svih procesa koji se tiču samih građevinskih radova, transporta, skladištenja, nadgledanja (nadzora), te osiguranja dobave svih resursa na gradilištu, a prilikom kojih se izrađuju i postavljaju građevni elementi i dijelovi. Predgotovljeni (prefabricirani) i gradilišni procesi razlikuju se već prema mjestu proizvodnje na kojem se odvija proizvodnja, odnosno izrada.

¹ Ekonomski princip: Pri oblikovanju nekog proizvodnog procesa potrebno je težiti postizanju što je moguće povoljnijeg odnosa (omjera) između uloženi i dobiveni dobara (veličina).

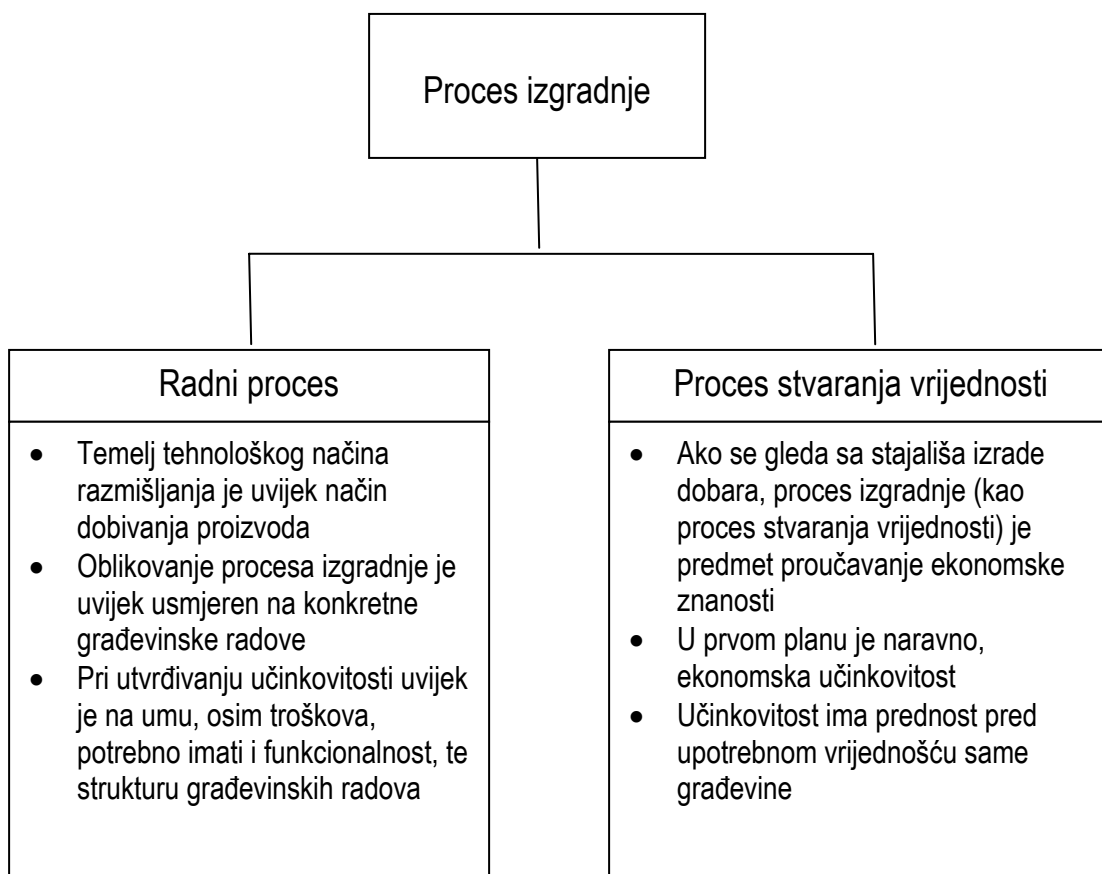
³ Goßmann, H.,: „Planung und Einrichtung von Produktionsstätten im Bauwesen“ WEB, Berlin 1971

U tehnološko- građevinskom smislu, a s druge strane i u ekonomskom smislu, proces izgradnje se može razlučiti na radni proces (proces rada) i proces stvaranja vrijednosti.

Stručnjaci za tehnologiju proces izgradnje primarno razmatraju kao radni proces i to s gledišta efikasnosti pri eksploataciji potrebnog materijala, strojeva i ljudi.

U literaturi se često pojavljuje i izraz „**tehnološki proces**“. Pod njim se podrazumijeva materijalno- tehničku dimenziju proizvodnog procesa. Ciljevi tehnološkog procesa se uvijek odnose na promjenu stanja (situacije) predmeta rada. Pri tome se ne misli samo na proizvodnju materijalnih dobara, već i na procese sa sličnim ciljevima, kao što su, primjerice, popravci, održavanja i sl.

Slika: Razdvajanje procesa izgradnje na radni proces i proces stvaranja vrijednosti



3. SPECIFIČNOSTI PROCESA IZGRADNJE

Za razliku od drugih proizvodnih procesa, proces građenja je poseban na više načina. Utjecaj “proizvedenih građevinskih dobara”, odnosno stvorenih građevina, na ljudsku okolinu traje desetljećima, što nije slučaj kod klasičnih privrednih dobara. Građevinski objekti moraju zadovoljiti niz uvjeta, koji ne proizlaze samo iz zahtjeva krajnjih korisnika objekta, nego i društva općenito.

Stoga je potrebno razlučiti pojedine posebnosti:

- 1.) Izrada prema narudžbi (unikatnost)
- 2.) Utjecaj fizičke okoline na proces konstruiranja građevine

- 3.) Utjecaj fizičke okoline na proces izgradnje
- 4.) Promjenjivost mjesta proizvodnje
- 5.) Dugotrajna izrada
- 6.) Vremenski utjecaj rada na otvorenom

1.) Izrada prema narudžbi

Građevinski radovi se ravnaju prema narudžbi. Nakon razmatranja zaprimljenih ponuda građevinskih izvođača, naručitelj ustupa izradu određenog projekta odabranom izvođaču, bilo da je riječ o javnom, djelomično zatvorenom natječaju ili pak direktnom ustupanju posla putem dogovora. Zbog osobnih želja naručitelja, plan izvođenja radova obično je već na početku standardiziran, pri čemu izvođaču ne ostaje pretjerano puno opcija vezanih uz plan procesa proizvodnje. Na ovom tržištu se u većoj mjeri primjeti utjecaj naručitelja na oblikovanje procesa proizvodnje i izrade nego što je to slučaj u nekim drugim branšama, poput izgradnje industrijskih postrojenja ili brodogradnje.

2.) Utjecaj fizičke okoline na procese konstruiranja građevine

Proces konstruiranja i proces proizvodnje čvrsto su povezani i isprepleteni. Konstrukcija svake građevine mora u određenom stupnju odgovarati zadanim strukturnim odnosima, odnosno zadovoljavati postojeće geološke, klimatske i privredne zahtjeve. U takvim slučajevima ogleda se i ovisnost fizičke okoline o nosivosti temelja ili podzemnim vodama, jačini vjetera, potresa itd. Osim toga, građevinski objekt bi se trebao dobro uklopiti u postojeće privredne strukturne odnose kako bi se postigao jedan zadovoljavajući balans u cjelokupnoj privredi područja. Arhitektonski zahtjevi u sklopu serijske gradnje sami po sebi izazivaju jednu određenu razinu individualizacije proizvoda. Više nego u drugim granama, ovdje prevladava jedinična (pojedinačna) izrada, serijska ili pak masovna izrada je moguća samo pod posebnim uvjetima.

3.) Utjecaj fizičke okoline na proces izgradnje

Građevinski objekt se mogu "sastavljati" samo na unaprijed definiranom mjestu. Stoga se radovi moraju uskladiti sa zahtjevima, često različitih lokacija, a koji se odnose na topografske, tehničke, te gospodarske pojedinosti. Kao primjer, mogu se navesti klimatske pojave poput monsuna i poplava, zatim aktualna politička situacija u određenoj regiji, razina radne učinkovitosti domicilnog stanovništva i sl.

Radna snaga, proizvodna sredstva, kao i građevinski materijal, te oprema moraju se dopremiti na gradilište. Za svaku novu narudžbu, odnosno za svaki novi projekt, moraju se urediti nova odgovarajuća mjesta proizvodnje. Zbog jednokratnog karaktera projekta (neponovljivosti) i specifičnih zahtjeva koje nosi svaka nova lokacija, organizacija gradilišta, kao i kombinacija proizvodnih čimbenika, mora se, gledano s kvantitavnog, kvalitativnog i vremenskog stajališta, uvijek iznova posebno planirati i izvoditi. Upravo iz tih razloga, izvođači su uvijek ograničeni većim ili manjim brojem privremenih tehničkih i ekonomskih (privrednih) proizvodnih mjesta koja se razlikuju prema vrsti, načinu i obujmu procesa, uvjetima izvođenja i fazi, odnosno roku izrade.

4.) Promjenjivost mjesta proizvodnje

Već prema vrsti i obujmu projekta (radova, posla), tijekom građevinskih radova na gradilištu moraju se konstantno postavljati nove proizvodne stanice koje odgovaraju trenutnoj fazi proizvodnog procesa, a koje se odmah nakon izvršenja zadatka uklanjaju. Ova činjenica postavlja posebne zahtjeve na sredstva rada koja se moraju što je moguće jednostavnije i brže premjestiti i ugraditi na drugo mjesto, te staviti u pogon. Samo na taj način se mogu izbjeći visoki troškovi premještanja i ponovne ugradnje, a što zapravo stvara kontradikciju između sredstava

rada kao kompleksnih strojeva, agregata i uređaja s jedne strane, i postizanja željene visoke razine produktivnosti s druge strane.

Primjerice, vrlo je teško premještati potpuno automatiziranu mješalicu za beton jer tu pripadaju još neki drugi uređaji-, siosi, vage, itd.

Što je proces montaže na višem stupnju gotovosti, to se više različitih podprocesa može rasporediti na više ili manje proizvodnih stanica, a time se smanjuje i opseg organizacije gradilišta.

S obzirom na činjenicu da se mreža i odnosi s dobavljačima razlikuju zavisno od lokacije gradilišta, u ključnim trenucima je potrebno unaprijed planirati proces nabave potrebnog materijala. U suprotnom, ne samo da se mogu pojaviti visoki troškovi transporta materijala, nego i problemi s količinom zaliha na skladištu.

5.) Dugotrajna izrada

Izgradnja velikih i složenih objekata zahtijeva rokove od nekoliko mjeseci, a ponekad čak i od nekoliko godina. Građevinska proizvodnja, u tradicionalnom smislu, priznaje samo manji dio zasebnih podprocesa koji se mogu obavljati paralelno. Kod takvog načina gradnje potrebno je pažnju obratiti i na tehničke pojedinosti vezane uz vrijeme čekanja, primjerice kod Abbindenfristen, postavljanja i uklanjanja skela itd. O načinu na koji je povezano konstruiranje građevine s tokom procesa građenja, može se donijeti zaključak:

Svaka građevinska metoda odobrava odvijanje pojedinačnih (zasebnih) podprocesa i radova. Unutar ovakvog nizanja procesa, svaki sljedeći proces je ovisan o onome prije i ograničen je vremenskim faktorom (novi proces ne može započeti prije nego se završi prethodni). Na taj način tehnološki tijek rada potvrđuje pravilan niz (redoslijed) i vremenski tijek što povećava produktivnost ako se poštuje, ali i smanjuje, ako se ne poštuje pravilan redoslijed operacija.

6.) Vremenski utjecaj rada na otvorenom

Građevinski proces svakodnevno ovisi o vremenskim prilikama i općenito o podneblju. Suvremena proizvodno- tehnička rješenja su zaslužna za smanjenje razine ovisnosti o sezoni, ali se još uvijek trebaju imati na umu mogući ekstremni vremenski uvjeti. Prilikom gradnje u specijalnim klimatskim zonama (primjerice, u područjima s tropskom ili arktičkom klimom) moraju se razviti posebne metode građenja prilagođene upravo tom području. Do odgovora na pitanje "Kako će se graditi po zimi?" došlo se vrlo jednostavnim ekonomski rješenjem, industrijalizacijom građevinske proizvodnje. Prije svega to se odnosi na poslove vezane za izradu statičkih proračuna koji se mogu obavljati u zatvorenim prostorijama.

4. POVEZIVANJE PROCESA U GRAĐEVINSKOJ PROIZVODNJI

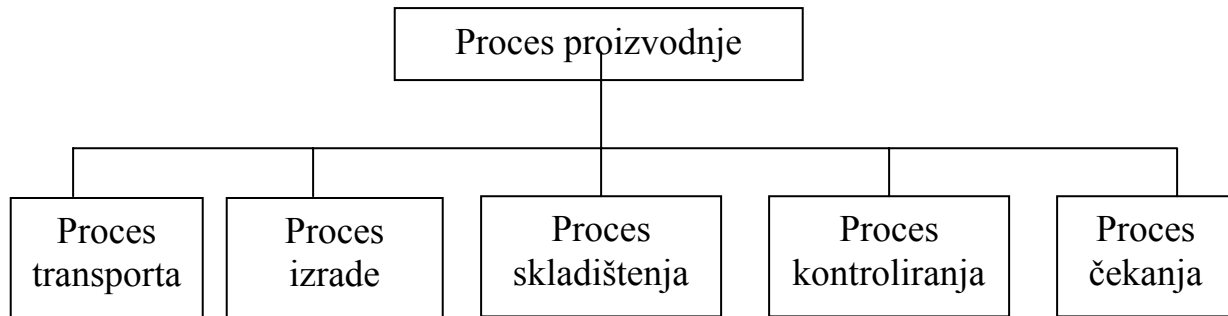
Povezivanje građevinskih procesa je zapravo podloga planiranja, služi kao osnova pri uređivanju gradilišta, pomoć pri analizi procesa i dr.

Zavisno od cilja koji se želi postići povezivanjem određenih procesa, postoje razne točke povezivanja koje se razlikuju sa stanovišta korisnika (s obzirom na potrebe i želje korisnika).

4.1. Povezivanje procesa s obzirom na vrstu djelovanja sredstva rada na predmet rada

Utjecaj, odnosno način na koji radna snaga i sredstva rada djeluju na predmet rada može jako varirati. U skladu s tim, važi sljedeća podjela proizvodnih procesa:

Slika: Povezivanje procesa prema načinu djelovanja sredstva rada



Tijekom procesa izrade (gradnje) na predmetima rada pod utjecajem djelovanja radne snage i sredstava rada dolazi do kvalitativne promjene.

Procesi izrade bi se nadalje, s obzirom na svoju svrhu, mogli podijeliti na radne i prirodne procese.

U radne procese spadaju procesi koji podrazumijevaju neposredne promjene, bilo kemijske ili mehaničke prirode, koje su se dogodile na predmetu rada.

Prirodni procesi također podrazumijevaju materijalne promjene na predmetu rada, ali ne one nastale neposrednim radom, nego one koje su nastale prirodnim putem (primjerice, vezivanje cementa je takav jedan proces).

Kod transportnog procesa ne nastupaju namjerne kvalitativne promjene. Ovdje se na predmet rada utjecaj vrši jedino preko sredstava prijevoza.

Tijekom procesa skladištenja predmet rada i sredstva rada se prije ili poslije izrade/upotrebe, odnosno između pojedinih etapa proizvodnog procesa, čuvaju, odnosno skladište. Za vrijeme ovog procesa mogu uslijediti namjerne ili nenamjerne kvalitativne promjene na čuvanim dobrima (koje se događaju pod utjecajem prirodnih procesa). Primjerice, drvo podliježe kvalitativnim promjenama pod utjecajem promjena u razini vlage.

Prema (Goßmannu)³ proces skladištenja predstavlja jednu zasebnu fazu u ukupnom procesu proizvodnje i stoga se mora i zasebno razmatrati.

Prilikom procesa kontroliranja putem djelovanja sredstava kontroliranja (mjerne tehnike, uređaja) mjeri se stvarna vrijednost predmeta i sredstva rada u procesu proizvodnje i uspoređuje se sa željenom vrijednošću, a sve u svrhu korekcije postojećih odstupanja. Jedan takav proces je primjerice, ispitivanje čvrstoće, betona ili morta.

Proces čekanja može se razmatrati samo kao zasebna procesna kategorija. Iako uključuje funkciju sredstava rada, sadržava i kontrolne procese, te procese transporta i izrade.

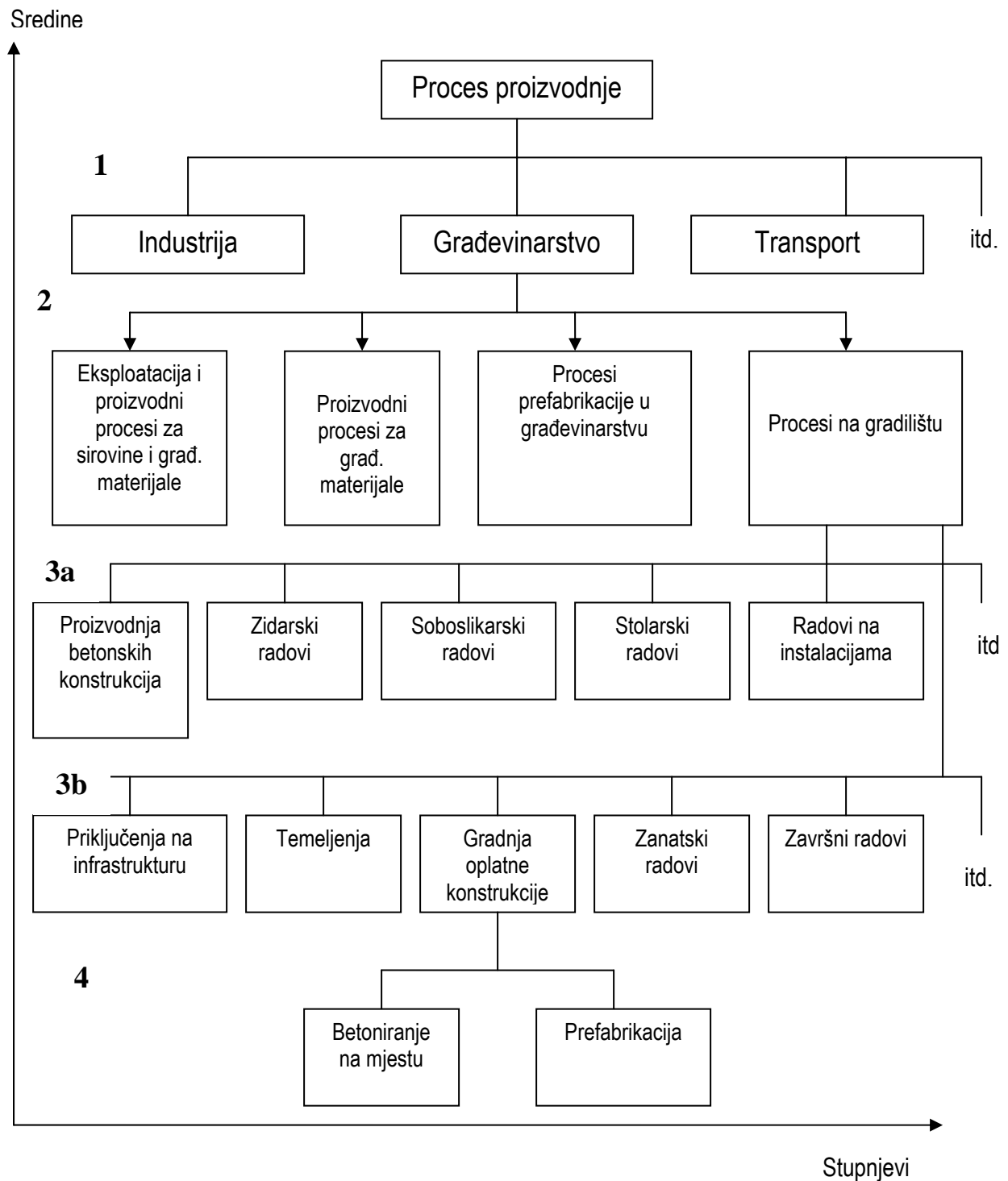
Pored navedenih vrsta, proces proizvodnje podrazumijeva i proces pripreme. Priprema proizvodnje je proces obrade informacije koji služi kao temelj za planiranje i dimenzioniranje međusobnog utjecaja sredstava proizvodnje. Primjerice, potrebno je uskladiti očekivanu količinu oplata, pojačanja i betona s brojem dizalica i radnika, odnosno vidjeti stoji li uopće na raspolaganju dovoljna količina resursa.

Dispozicija, odnosno usklađivanje potrebnog materijala, sredstava rada i radne snage od vrlo velike je važnosti. Ukoliko priprema nije izvršena, lako može doći do kasnijih problema u organizaciju što rezultira zastojeima u procesu izgradnje.

4.2. Horizontalno povezivanje procesa

Povezivanje proizvodnih procesa prema podjeli rada unutar određenih nacionalnih privrednih sredina naziva se horizontalnim povezivanjem procesa.

Slika: Horizontalno povezivanje procesa



- 1 Podjela rada na razini nacionalne privrede
- 2 Podjela rada u industrijskoj grani
- 3 Subjektivna podjela rada u poduzeću
- 4 Podjela rada na objektu

Sljedeća podjela prikazuje samo jedan isječak iz horizontalnog povezivanja procesa u određenoj sredini:

- nacionalna privreda
- grana privrede
- poduzeće.

Pri tome se na najnižoj razini pojavljuju dvije mogućnosti, koje su u građevini blisko povezane. S jedne strane, radi se o podjeli koja se temelji na subjektivnoj, fizičkoj podjeli rada, dok se s druge strane nalazi podjela rada zasnovana na objektivnosti i tehnološkim principima.

Horizontalno povezivanje procesa prije svega služi kao pomoć pri planiranju kod velikih projekata, odnosno kao bi se osigurala bolja preglednost kod projekata većeg obujma.

4.3. Vertikalno povezivanje procesa

U vertikalnom povezivanju proizvodnih procesa (često se naziva i "povezivanje prema stupnjevima (fazama) procesa") naglasak je stavljen na razinu udjela strukturnih elemenata proizvodnje (radne snage, sredstava rada i predmeta rada) u cjelokupnom procesu proizvodnje.

Svaki stupanj procesa je zapravo dio sljedećeg procesa višeg stupnja. Tako je primjerice, vertikalno povezivanje procesa umjesto na stupnjeve procesa raščlanjen na „korake“ (faze procesa), gdje podproces sadrži još jedan stupanj koji se opisuje kao „korak“.

Ovim putem povezivanje je preciznije opisano, naročito ako se gleda sa stajališta znanstvene podjele rada. Naime, tek nakon podjele procesa rada na „korake“, postupak, metoda i sustav rada mogu se konkretno opisati (vidi pojam: REFA).

• Koraci toka u građevinarstvu

U građevinarstvu je podjela na korake toka tek odnedavno postala sveopće prihvaćena praksa. Ovakva podjela je neophodna za ugovaranje radova (kako bi se postigao uspješan radni učinak), te za planiranje i upravljanje građevinskim radovima.

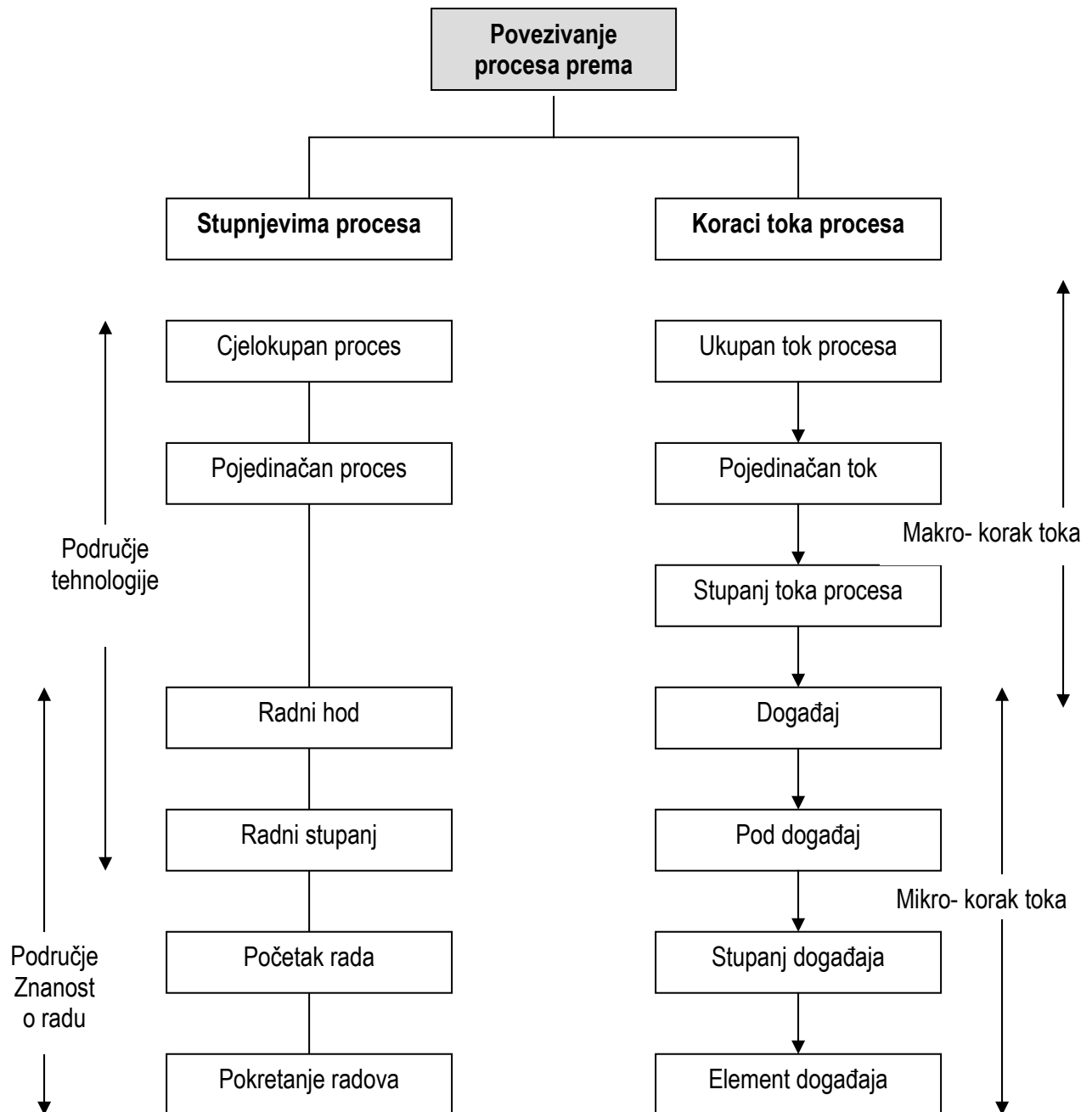
U svrhu izračuna radnog učinka opis radova (troškovnik) tijekom radova se prikazuju u obliku popisa radova koje treba uraditi. On služi kako bi se točno mogla opisati vrsta i opseg učinka, te na temelju toga izraditi precizna kalkulacija za sastavljanje ponude². Popis učinaka se obično sastavlja po grupama i pozicijama što odgovara podjeli ukupnog radnog toka na razini građevine (makro).

Planiranje radnih tokova samo po sebi zahtijeva jedan raspored (povezivanje) koji često znatno odstupa od klasičnog popisa učinaka i naziva se opis radova.

Dok popis učinaka služi opisivanju radova, opis radova bi trebao omogućiti planiranje i upravljanje prostornim i vremenskim slijedom koraka toka. Upravo zato je on mjerodavan kada je u pitanju naše razmatranje proizvodnih tehnika i metoda. Nadalje, koristi se i pri određivanju koraka toka s obzirom na kapacitete (ljudi i sredstva koja poduzeće ima na raspolaganju), inpute (informacije, materijal, energija), vrijeme i troškove. Podjela radova u obliku opisa radova spada u područje mikro koraka toka do aktivnosti i pred događaja, ali nikad ne zalazi u strukturu elementarnih aktivnosti.

² Ponuda: Objava ponuđača, postizanje određenog učinka za određenu naknadu uz poštivanje strogo utvrđenih uvjeta.

Slika: Vertikalno povezivanje procesa



Opis koraka toka

Nakon nastupanja najmanjeg koraka (odsječka), elementarna aktivnost (primjerice, uhvatiti, pustiti) može uslijediti slijedeći stupanj, odnosno pod aktivnost (isprazniti posudu s betonom, postaviti oplatno sidro).

Nekoliko podaktivnosti koje se pojavljuju prilikom jednog radnog zadatka, zbog bolje preglednosti mogu se obuhvatiti pojmom dio aktivnosti (postavljanje oplata, nanošenje betona u oplatu).

Za sastavljanje jednog cijelog građevnog elementa (primjerice, podrumskog zida) potrebno je izvršiti nekoliko aktivnosti (ušalovati, ojačati, izbetonirati zid). Za aktivnost je obično potrebno jedan ili više dana, zavisno o broju radnika koji će obavljati taj posao. U jednom detaljnom dinamičkom planu (npr. mrežnom planu ili Balkenplanu) pojavljuju se kao najmanji korak toka.

U popisu učinaka za jednu građevinu aktivnost odgovara jednoj poziciji, dok u opisu radova odgovara odgovara broju ili čini jedan njegov dio.

Daljnje povezivanje zasniva se na istom principu.

Procesa građenja sastoji se od niza aktivnosti koji su neophodni, primjerice, za izradu jednog građevnog dijela (elementa) ili dijela građevine.

Opisani načini raščlanjivanja i povezivanja procesa pomažu pri iznalaženju svrsishodnog rješenja kompleksnog problema kao što je proces izgradnje građevine. Pri čemu su, razumije se, opseg i složenost projekta čimbenici koji određuju broj potrebnih stupnjeva procesa.

Prije svega su produktivnost i aktivnost, upravo ti koraci koji su od većeg značenja kada se radi o sistemsko-teoretskom razmatranju.

Sve u svemu, može se zaključiti da se vertikalno povezivanje procesa koristi prilikom pripreme radova, normiranja radova, te prilikom kalkulacija potrebnih za izradu ponude.

Opis radova se sastavlja tako da se postignuti radovi navode prema tehničkim obilježjima kao stavke koje se obračunavaju. Treba sadržavati što je moguće detaljniji opis građevinskih radova, kao i okolnosti pod kojima će se radovi odvijati, a koji su relevantni za sastavljanje ponude. Pošto je sastavljanje opisa učinaka vrlo naporan posao koji oduzima dosta vremena, već se duže vrijeme teži primjeni standardnog opisa rada kako bi se smanjio opseg posla.

Opis radova služi kao osnova za sastavljanje izvješća o građevinskim učincima i podijeljen je prema fazama rada. Redoslijed pozicija ravna se prema slijedu građevinskih radova, te zavisno da li se opis radova radi u svrhu terminskog plana ili samo kao podjela zaobračun troškova. Pri tome treba paziti da podjela obuhvati zasebno određene tehničke procese (npr. šalovanje, armiranje, betoniranje), ali da ne bude opet pregruba i tako izazove izvanredni rashod zbog neobuhvatanja. Kada je podjela jednom utvrđena, od nje se ne bi trebalo odstupati, a struktura navedenih pozicija bi trebala moći vrijediti za sva gradilišta.

4.4. Podjela procesa sa stajališta menadžmenta

Podjela procesa koja se koristi obično samo u kategoriji menadžmenta bazira se na dvije temeljne odrednice – djelatnost, odnosno radove za koje je poduzeće specijalizirano, te učešće pojedinih procesa u finalnom proizvodu.

Prema ovoj podjeli **glavni procesi** su oni koji neposredno doprinose izradi glavnih proizvoda poduzeća, a njihovi rezultati se, i materijalno i financijski, uklapaju u proizvod (primjerice, izrada i ugradnja betona, zidova, pobijanje pilota, itd.).

Za **sporedne procese** vrijedi ista definicija samo što ovdje nije u pitanju glavni proizvod nego sporedni proizvodi uvjetovani proizvodnim profilom poduzeća.

Pomoćni procesi samo indirektno utječu na izradu finalnog proizvoda. Njihov doprinos se ne može materijalno definirati, nego samo njihova financijska vrijednost ulazi u kalkulaciju finalnog proizvoda. Ipak, oni su neophodni za izvođenje glavnih i sporednih procesa (transport, skladištenje, mjere zaštite i dr.).

Na financijski rezultat određenog građevinskog projekta u određenoj mjeri utječe i sama tehnologija gradnje. Stoga je potrebno obratiti posebnu pozornost na sljedeće ekonomske aspekte koji utječu na tehnologiju gradnje:

- Isplativost postupka građenja putem racionalnog ustroja gradilišta i građevinskih procesa, te putem ciljnog iskorištavanja zacrtane dinamike financiranja i utvrđivanja optimalnih termina odvijanja projekta.
- Ekonomski ispravno vrednovanje postupka izrade i načina mehanizacije.
- Kako bi se došlo do efikasnih rješenja, mora se postići optimalni redoslijed radnih zadataka
- Racionalni ustroj procesa transporta, pretovara, skladištenja i ugradnje kako bi se smanjila količina neefikasno utrošenog vremena.

5. TEHNOLOŠKI POSTUPCI PROIZVODNJE

5.1. Pojam i definicija

Postupak podrazumijeva određeni niz pravila, te tako određuje i procese koji će biti primjenjeni. Prilikom analize postupaka u građevinskoj proizvodnji najprije je potrebno detaljno utvrditi značenje pojma "postupak", osobito stoga što su zabilježeni slučajevi gdje su se pojavljivale znatne razlike u tumačenju ovog pojma.

Pod pojmom "postupak" u prvoj liniji podrazumijeva se složena cjelina koju čine tehnike industrijske izrade, a koju karakterizira određena kombinacija proizvodnih čimbenika.

Pojam koji se često koristi u praksi je "način građenja", a ne podudara se s gore navedenom definicijom "postupka". Ovaj pojam podrazumijeva puno detaljniji opis obilježja određene građevine, pri čemu je naglasak stavljen na glavne materijale, odnosno određene principe konstruiranja koji su upotrebljeni pri izgradnji objekta. Prema ovoj definiciji kao način gradnje zidana konstrukcija, skeletna konstrukcija, itd.

Postupak podrazumijeva određeni sustav pri kojem se prerada (oblikovanje) predmeta događa u svrhu ispunjenja zadanog zadatka, a počiva na određenom principu djelovanja. Određivanje tehničkog principa djelovanja zasniva se na obilježjima prirodnih zakonitosti s ciljem postizanja optimalne razine iskoristivosti istih prirodnoznastvenih principa.

Svaki proizvodni postupak ima određenu ciljnu funkciju kako bi se izvršio određeni parcijalni ili ukupni proces:

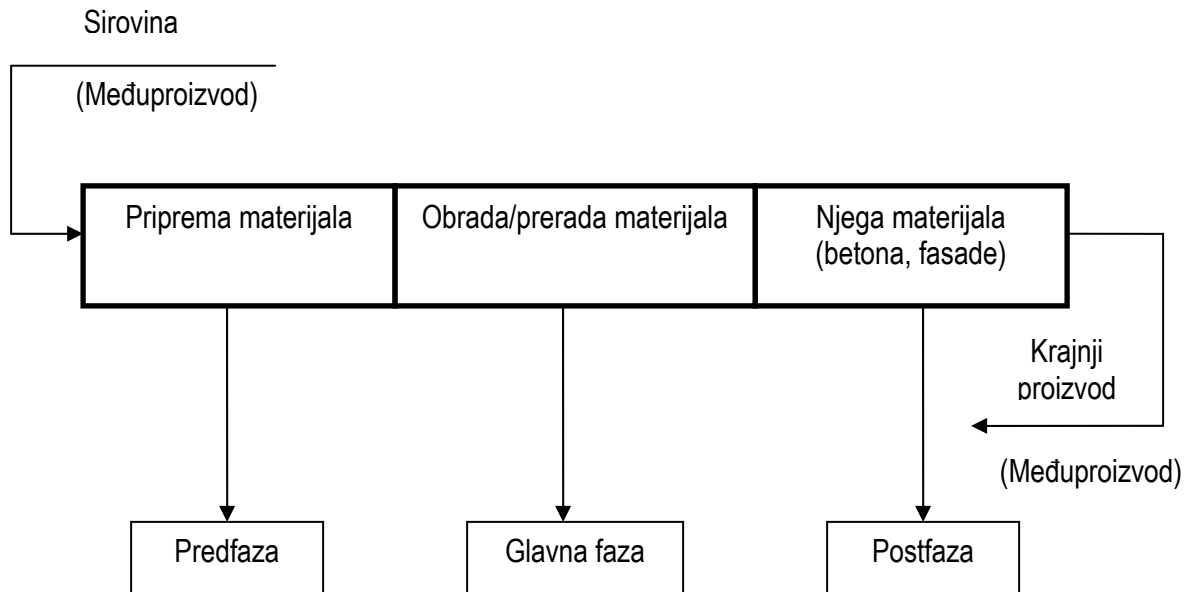
- **preraditi** materijale, s obzirom na oblik/strukturu (izrada)
- **prirediti** materijale za kasniju obradu (skladištenje)
- materijal, radnu snagu i radna sredstva **zamjeniti, s obzirom na položaj i mjesto** (transport)
- proizvodne čimbenike i procese **kontrolirati** putem mjerenja (kontrola)
- sredstva rada (npr. strojeve i uređaje) putem održavanja i servisiranja **držati u stanju pripravnosti** (održavanje)

Jedan postupak može u svim procesnim klasama biti strukturiran kako je naznačeno u dijagramu na sljedećoj stranici.

Priprema materijala opisuje se kao predfaza ili predstupanj, obrada i prerada materijala kao glavna faza, a njega materijala kao postfaza.

U predfazama i postfazama prevladavaju operacije koje se tiču osiguranja kvalitete i koje stabiliziraju glavnu fazu. Propusti u održavanju tijekom pred- i postfaza često su uzrok lošije kvalitete konačnog proizvoda, odnosno šteta na krajnjem proizvodu. Primjerice, ukoliko u fazi pripreme (predfazi) kod šalunga nije upotrebljeno sredstvo razdvajanja, krajnji proizvod bi mogao biti oštećena betonska površina.

Slika: Temeljna struktura postupka



Vrsta utjecaja tehničkih postupaka na krute, tekuće i plinovite materijale može se podijeliti na više tipova.

Vrste utjecaja:

- mijenjanje oblika
- prijetvorba (preobrazba) materijala
- promjena položaja
- operacije mjerenja

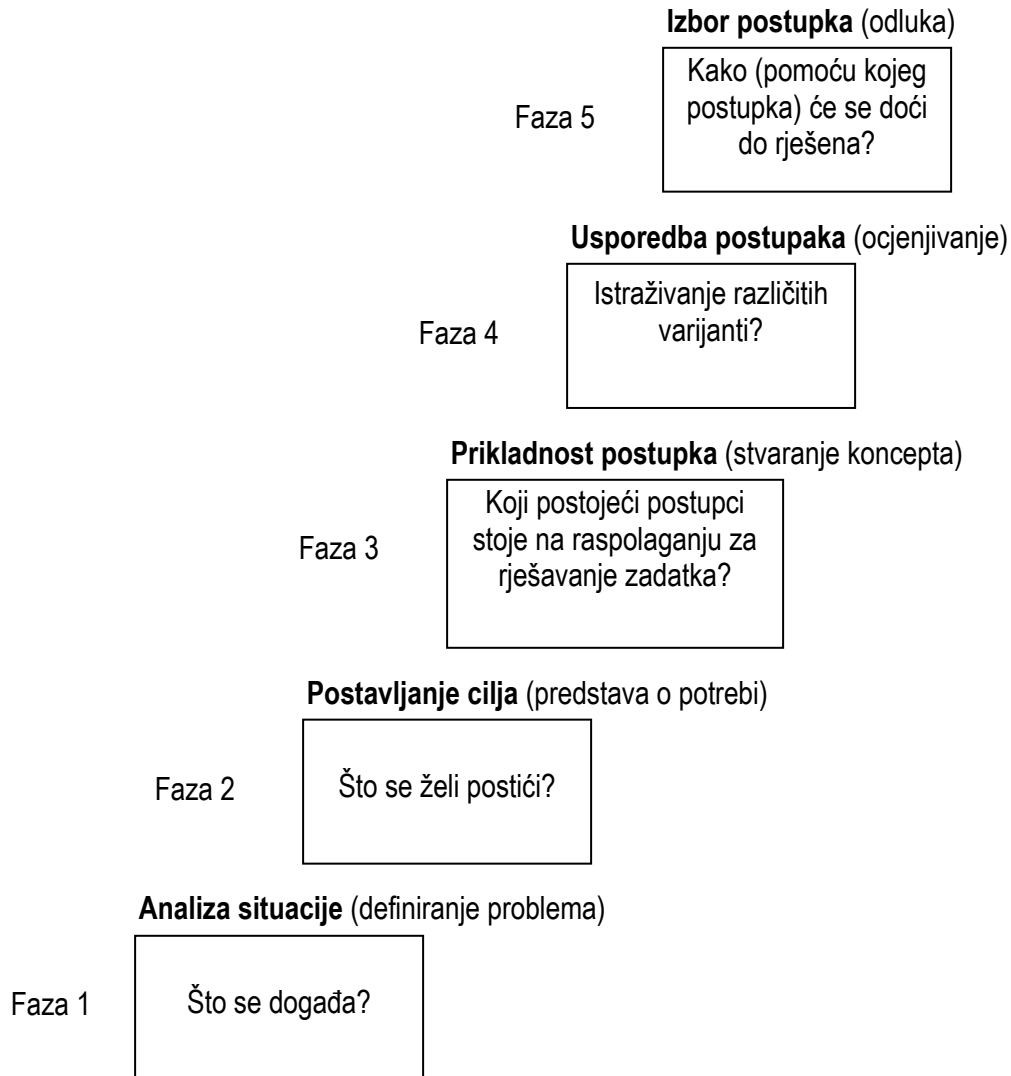
5.2. Izbor postupka

Odabiru temeljnog postupka može se pristupiti na temelju sljedećih kriterija:

- Kako je predmet rada formuliran ili definiran?
- Koje se promjene namjeravaju izvršiti na predmetu rada?
- Na koji način se promjene trebaju izvršiti?
- Na temelju kojih znanstveno definiranih prirodnih zakonitosti se može utvrditi primjena djelovanja na predmet rada?
- Pomoću kojeg sredstva rada, odnosno radnog organa kao čimbenika djelovanja, se prirodne zakonitosti mogu primijeniti?
- Koja energija se može upotrijebiti kao čimbenik djelovanja?
- Kako se predmet rada ponaša kao čimbenik djelovanja kod primjene nekih djelovanja i kako on utječe na operaciju?
- Na koje remetilačke faktore (uticaje) je potrebno obratiti pažnju i kako se oni kvantificiraju?
- Kakav bi trebao biti redoslijed temeljnih operacija i na koji način je potrebno razmatrati uvjete njihovih sudjelovanja?
- Postoji li više varijanti postupka?

5.3. *Ciklus pri odabiru postupka*

Opis izabranog postupka temelji se na metodi ciklusa rješavanja problema. On se formira pomoću faza od cilja pa sve do konačne odluke.



Analiza situacije, odnosno postavljanje cilja podrazumijeva definiranje problema i planiranje stanja koje se želi postići.

Prilikom izbora postupka nužno je utvrditi u kojoj je mjeri tehnički sustav prikladan, odnosno koliko on odgovara zahtjevima konkretnog zadatka.

Ocjenjivanje prikladnosti potrebno je kako bi se istaknuli proizvodni postupci koji bi mogli dovesti do provedbe parcijalnog i ukupnog procesa (usmjerenih k postizanju ciljne funkcije).

Opis postupaka izvodi se sa stajališta teorije sustava.

Na donošenje odluke o tome je li određeni postupak prikladan za izvođenje potrebnih procesa snažno utječu i unutarnji i vanjski faktori (odnosno vanjsku uvjeti).

Vanjski faktori se dijele na objektivne i subjektivne uvjete.

Objektivni uvjeti:

- dimenzije objekta (mjerenje objekta)
- nacrti objekta
- zahtjevi za određenom razinom čvrstoće građevinskih materijala koji su neophodni za konstrukciju
- karakteristike zemljišta (sastav tla, kvaliteta zemljišta; nagib terena, itd.)
- karakteristike temelja (nosivost, podzemne vode itd.)
- raspoloživi prostor za uređenje gradilišta

Subjektivni uvjeti proizlaze iz ciljeva koje je odredio nalogodavac:

- rokovi izrade (međurokovi, krajnji rok)
- konvencionalne kazne (penali) kod prekoračenja ugovorom određenih rokova
- premija za brzinu u slučaju završenja svih radova prije ugovorom određenih rokova
- mjere sigurnosti
- sporazumi koji se tiču estetike (npr. primjena određenih materijala kod vidljivih dijelova konstrukcije ili određene vrste oplata)

Unutarnji faktori (uvjeti unutar poduzeća) također uvelike utječu na odluke koje se tiču izvedbenog projekta.

Pored činjenice da je određen postupak prikladan za izvođenje građevinskog zadatka, trošak njegovog izvođenja bi trebao biti što je moguće manji. U tijesnoj vezi s navedenim ekonomskim zahtjevima stoje i uvjeti koje nalaže interna organizacija. Uređaji i radna snaga moraju biti raspoloživi i odgovarati specifičnostima postupka.

Usporedba postupaka

Općenito za izvođenje jednog građevinskog projekta (zamisli) može se birati između više građevinskih postupaka. Tako se primjerice, beton može transportirati pomoću dizalice, pumpe za beton, elevatora, transportnog miksera, itd. Ove mogućnosti izbora su od temeljne važnosti kada je riječ o optimalnom tijeku radova u smislu isplativosti i trajanja gradnje. Usporedba postupaka, naravno, predpostavlja određenja tehnička znanja koja se tiču određenog postupka, poznavanje redoslijeda operacija, kao i poznavanje međusobnih zavisnosti pojedinačnih učinaka prilikom procesa izgradnje. Usporedba postupaka olakšava donošenje odluke i čini temelj planiranja, a upravo je ta faza ključna za ekonomski aspekt cijelog projekta.

Kao što je poznato, izvoditelji radova su zbog velikog pritiska konkurencije prisiljeni svoj dio posla obavljati po što povoljnijoj cijeni kako bi mogli dobiti određeni natječaj. Upravo zbog toga je izbor proizvodnih postupaka vrlo bitan, pa se stoga u građevinarstvu stalno razvijaju novi građevinski postupci kako bi se moglo reagirati na visinu troškova i sve veće zahtjeve tržišta. Građevinske tvrtke su prisiljene locirati svoje slabe točke i angažirati proizvodne rezerve. Kako bi se to postiglo, potrebno je znati kako "izbjeci" troškove i na koji način implementirati prijedloge za njihovo smanjenje. S tim u vezi, analizom građevinskih postupaka potrebno je istražiti njihovu isplativost, pouzdanost i njihov utjecaj na okoliš.

Ciljevi optimalnog izbora postupka

Opisani kriteriji za utvrđivanje prikladnosti postupka pretpostavljaju određeni cilj. Pri tome je važno definirati koji ciljevi su primarni i za koju su narudžbu interesantni.

Pri odabiru postupka općenito se mogu slijediti sljedeći ciljevi:

1. Postupak treba osigurati potrebnu razinu kvalitete radova.
2. On mora udovoljiti određenim zahtjevima iz opisa radova, naročito kada je riječ o ispunjenju zadanih rokova.
3. Opasnost od nesreća (nezgoda) bi trebala biti svedena na minimum.
4. Troškovi bi trebali biti što manji.
5. Trebalo bi se težiti postizanju nesmetanog tijeka procesa izrade (odvijanja radova) na gradilištu.

6. Rizik od postojanja nepoželjnog odstupanja između stvarnih i planiranih troškova bi trebao biti što manji.
7. Utjecaj na okoliš bi treba biti što neznatniji.

Prilikom detaljnije analize navedenih ciljeva potrebno je prepoznati sljedeće međuzavisne odnose:

- ad 2) Zacrtni zahtjevi iz opisa radova zavise od 1., jer zahtjevi koji se odnose na postupak ne smiju utjecati na razinu kvalitetu građevinskog učinka.
- ad 5) Nesmetano odvijanje građevinskog procesa može se sagledati i sa stajališta razine zadovoljstva investitora. Ovo uvelike utječe na razinu troškova određenog postupka jer samo nesmetan tijek radova vodi k minimalnim troškovima proizvodnje.
- ad 6) Smanjivanje odstupanja stvarnih od planiranih troškova usmjereno je ka postizanju minimalizacije troškova. Problem je u tome što svaka kalkulacija troškova procesa koji se odvijaju na gradilištu sadržava i određeni faktor nesigurnosti. Nesigurnost se prilikom izrada kalkulacija pokušava reducirati primjenom koeficijenta (postotaka) vjerojatnosti.
- ad 7) Utjecaj koji se vrši na okoliš primjenom određenog postupka može se regulirati uvođenjem određenih dodatnih tehničkih zahtjeva u postupak gradnje, što obično vodi do povišenja troškova. Ovakvi poduhvati obično usporavaju tijek radova. Stoga se ovaj cilj može regulirati pomoću ciljeva koji se tiču minimalizacije troškova i zadovoljstva investitora.

Iz ovoga slijedi da je prilikom donošenja odluke o izboru postupka, pored navedenih 7 ciljeva, pažnju potrebno obratiti i na sljedeća 4 cilja:

1. Minimaliziranje troškova
2. Zadovoljstvo investitora
3. Izbjegavanje poteškoća u organizaciji
4. Smanjenje opasnosti od nezgoda

Nakon isključivanja postupaka koji su manjkavi po pitanju tehničke realizacije i mjera sigurnosti, potrebno je samo još provjeriti odgovaraju li u potpunosti gore navedenim ciljevima. To se može provjeriti kvantificiranjem odlučujućih kriterija za odabir postupka.

Izbor postupka

Kako bi se mogao definirati optimalni postupak, u zadnjoj fazi je potrebno kvantificirati sastavne dijelove usporedbe postupaka.

Prvo se mora riješiti problem jedinstvene baze za usporedbu.

U pravilu nije moguće u potpunosti objektivno pristupiti kvantificiranju kriterija jer kod ovog procesa veliku ulogu igraju upravo subjektivni utjecaji.

Kod kvalitativnih kriterija kvantificiranje se može provoditi kombinacijom ocjenjivanja i vrednovanja (vaganja) pojedinačnih kriterija, kao što je slučaj kod popisivanja učinaka (ali u puno jednostavnijem obliku).

Temeljna odrednica za provedbu ocjenjivanja i vrednovanja pojedinačnih kriterija je stupanj realizacije zadanih ciljeva na osnovu kriterija.

1. Ekonomski kriteriji

Kao što je već istaknuto, ekonomski ciljevi vezani za izvođenje određenog građevinskog projekta su minimalno vrijeme izgradnje uz minimalne troškove izgradnje. U svezi s tim, prilikom izbora građevinskog postupka dovoljno je detaljnije proanalizirati pet vrsta troškova s najvećim utjecajem (satnice, plaće, materijal, strojevi, transport). Zadaća kalkulacije troškova je potraga za zavisnošću među troškovima, te postizanje "transparentnosti troškova".

2. Tehnički kriteriji

U pravilu i nakon ispitivanja prikladnosti postupka na raspolaganju i dalje ostaje nekoliko mogućih varijanti za postizanje određenog cilja građenja (npr. izrada osiguranja jame temelja pomoću žmurja ili bušenim pilotima).

Prije nego što se pri odabiru postupka određenom postupku, na temelju najmanjih troškova, da prednost pred ostalima, potrebno je vidjeti da li je on sukladan i s različitim tehničkim uvjetima vezanima za izvođenje građevinskih radova (zadovoljstvo investitora, izbjegavanje poremećaja u tijeku radova i reduciranje rizika od nesreća), a koji često mogu biti od ključne važnosti. Zbog nedostatka nekog općeg mjerila, učinkovitost se, za razliku od odabira po principu analize troškova, ne može baš tako lako kvantificirati. Upravo zato je ovdje moguće samo relativno ocjenjivanje.

3. **Organizacijski kriteriji**

U usporedbu postupaka mogu ući samo oni postupci koji se mogu izvesti u okviru zadanih rokova. Tu se misli na instalirane strojeve s pripadajućim uređajima (napravama), osoblje s odgovarajućim kvalifikacijama i postojanje osnova za instalaciju, što se može omogućiti kupnjom, najmom ili zapošljavanjem osoblja.

Mjerenje tehničkih i financijskih veličina kod ovog kriterija također se može izvoditi samo putem relativnog ocjenjivanja.

4. **Ekološki kriteriji**

Utjecaj na okoliš izražava se preko pogođenih čimbenika okoliša, čije postojanje se zbog složenog zavisnog djelovanja može samo načelno opisati.

Ocjenjivanje štetnog utjecaja na okoliš moguće je provesti samo pomoću usporedbe s poznatom smjernicom ili s istovrsnim izvorima zagađenja.

I ovdje se, kao i kod tehničkih i organizacijskih kriterija, kao princip vrednovanja primjenjuje relativno ocjenjivanje.

II) ZEMLJANI RADOVI

Potreba za izvođenjem zemljenih radova velikog obujma danas je sve veća i češća. Paralelno s razvitkom industrije i prometa sve više rastu i potrebe za zemljanim radovima velikog obujma. Posebno su značajni ti radovi kad su u pitanju objekti niskogradnje, poput prometnica, hidrotehničkih objekata, melioracija i sl. Razvoj građevinskih strojeva za zemljane radove kreće se pravcem zadovoljavanja potreba za ostvarivanjem sve većih učinaka uz povećanje pokretljivosti i elastičnosti u radu. Uz to teži se tome da stupanj mehaniziranosti radova bude što veći, a isto tako i kontinuiranost njihova izvođenja.

1. OPĆENITO

Tehnologija izvedbe zemljanih radova svakako je osobit zadatak za svaki pojedini objekt u odnosu prema njegovoj vrsti, veličini, složenosti i posebnosti, te lokaciji na kojoj se izvodi. Rješenje tehnologije izvedbe zemljanih radova za svaki pojedini objekt znači poseban zadatak koji valja riješiti u okviru pripreme rada u projektu organizacije građenja.

Pri izvedbi masovnih zemljanih radova, tehnološko rješenje za određeni objekt je konkretan zadatak koji zahtijeva dobro poznavanje znanstveno-stručne discipline toga područja.

1.1. Osobitost zemljanih radova

Da je građenje mnogih objekata još donedavno bilo manje-više obrtnička djelatnost u koju tek sad razvitkom industrijskoga načina građenja prodire sve više strojni rad, zemljani radovi i njima slični masovni radovi (npr. betonski) razvili su primjenu visoke mehaniziranosti velikih učinaka pojedinih strojeva. Zato je proučavanje tehnologije zemljanih radova zapravo proučavanje primjene pojedinih građevinskih strojeva i uređaja u međusobno povezanom djelovanju koje na kraju daje određeni proizvod, odnosno prirodni zemljani materijal prerađen u korisnu građevinu. Zemljani radovi se uglavnom izvode s upotrebom mehanizacije, koja je zahvaljujući intenzivnom razvoju proizvodnje strojeva dostigla vrlo visoke učinke, što je uvelike olakšalo i ubrzalo izvedbu radova.

Udio fizičkog rada u izvedbi zemljanih radova neznatan je i postoji jedino kod vrlo malih objekata, gdje zbog prostornih ograničenja nije moguće koristiti strojeve. Kad su posrijedi radovi u čvrstom materijalu i stijeni na raspolaganju nam stoji širok izbor strojeva visokog učinka.

Vrlo je važno točno odrediti praktični kapacitet strojeva za sve vrste zemljanih radova uključujući transport, uz sve potrebne koeficijente ograničenja u odnosu prema tehničkom kapacitetu i to:

- koeficijent rastresitosti,
- koeficijent vremena,
- koeficijent organizacije,
- koeficijent zahvata i drugi koji dolaze u obzir.

Pojam zemljanih radova kod nekih objekata može biti izuzetno velik, kao što je slučaj kod izgradnje plovnih i odušnih kanala niskotlačnih hidrocentrala, regulacije vodotoka i slično potvrđuju izvedene najveće svjetske građevine:

- iskop za Panamski kanal u Panami (1906-1914.) iznosio je 137 milijuna m³,
- iskop za Miteliand kanal u Njemačkoj (1916-1937.) iznosio je 46 milijuna m³
- iskop za Sueski kanal u Egiptu (1860-1870.) iznosio je 35 milijuna m³
- iskop za Mauagil kanal Sudan (1957-1959.) iznosio je 28 milijuna m³

- za nasutu branu Tatbela u Pakistanu (1969-1974.) ugrađeno je 149 milijuna m³,
- u nasutu branu Mangla Damm u Pakistanu (1962-1967.) ugrađeno je 80 milijuna m³.

To su primjeri najvećih građevina iz toga područja, ali i mnogi manji objekti zahtijevaju masovne izvedbe zemljanih radova.

Kolika je važnost upotrebe strojeva u izvedbi zemljanih radova može se vidjeti usporedbom podataka izvedbe Sueskog kanala u Egiptu (1860-1870., dužina 125 km, vrijeme građenja 10 godina, broj radnika 41.000, korišteno 60 primitivnih bagera) i Managil kanala u Sudanu (1957-1959., dužina 134 km, vrijeme građenja 2,5 godina, broj radnika 700, korišteno 32 catrepillara D9, 32 vučna skrejpera, 4 bagera, utovarivači i grejderi). Očita je golema razlika u razmaku od 1870. do 1959. godine, a u idućem razdoblju do današnjeg dana te su razlike još veće, jer se u tih četrdesetak godina dogodio mnogo snažniji razvoj strojeva, za zemljane radove. Zemljani radovi, kao područje graditeljske prakse i tehnologije, nezamislivi su bez dobrog poznavanja temeljnih znanosti, od kojih su najvažnije:

- geologija,
- petrologija (litologija), petrografija i
- mineralogija.

Isto tako treba dobro poznavati primijenjene znanosti, od kojih je najvažnija mehanika tla i u novije vrijeme mehanika stijena te hidrologija i meteorologija. Tehnologija zemljanih radova je dio tehnologije građenja, koja kao postupak u graditeljskoj proizvodnji objedinjuje znanje i tehniku.

1.2. Vrste zemljanih radova

Radovi obuhvaćaju:

- radove u sraslom tlu ili stijeni koji su nužni za nastavak drugih radova, u onom smislu predstavljaju prethodne radove;
- radove u sraslom tlu ili stijeni na izgradnji trajnih objekata od zemlje.

Zemljani radovi koji se izvode kao prethodni jesu radovi što omogućuju izvedbu građevinskih radova za građevinske objekte od drugih materijala. Radovi kao prethodni jesu:

- iskop rovova,
- iskop građevinskih jama,
- uređenje podtla i dr.

Ciljane građevine kao trajni objekti od zemlje jesu nasipi, brane i slično; oni imaju trajno značenje i određenu namjenu. Radove možemo još podijeliti u sljedeće vrste:

- prethodni radovi,
- glavni radovi,
- radovi povezani s drugim radovima, i
- pomoćni radovi.

Bez obzira na svoju veličinu i značenje, zemljani radovi su sastavni dio izgradnje svih objekata niskogradnje i visokogradnje. Nema ni jednog područja rada graditeljstvu gdje ne bi trebali

zemljani radovi, ili kao prethodni, ili kao pripremni, kao pomoćni i kao završni (ako nisu glavni) radovi. Zemljani radovi se u osnovi sastoje od iskopa i transporta iskopanog materijala koji disponira u daljnjem procesu na:

- odlaganje, što može biti privremeno ili stalno,
- daljnju preradu, ili
- ugradbu.

Prije iskopa potrebno je izvršiti pripremu i izvesti opće i posebne pripremne radove. Iskopu može prethoditi bušenje i miniranje čvrste stijene, radi njezinog rasipanja ili razbijanja, kako bi se u daljnjem postupku zemljani radovi mogli nastaviti. Zemljanim radovima može prethoditi zaštita i odvodnja zemljanih objekata, kako tijekom izvedbe ne bi došlo do deformacije i opterećenja tih objekata. U vezi s izvedbom zemljanih radova može zatrebati da se izvedu i ovi radovi:

- stabilizacija podtla,
- konsolidacija tla,
- izvedba žmurja,
- izvedba pilota,
- izvedba zavjesa,
- izvedba sidara,
- izvedba zaštitnih zidova i drugo.

1.3. Strojevi za izvedbu zemljanih radova

S obzirom na način primjene u tehnologiji građenja, pa tako i u tehnologiji zemljanih radova, možemo ove strojeve podijeliti pojednostavljeno barem u dvije temeljne skupine:

- građevinski strojevi i uređaji čija koncepcija i konstrukcija sama po sebi unaprijed određuje način njihove primjene, a koju čine uglavnom uobičajeni, najčešće pojedinačni građevinski strojevi manje ili više serijske proizvodnje (npr. bageri, buldozeri, grejderi, skrejperi, valjci itd.);
- građevinska oprema čija je koncepcija i konstrukcija proizašla iz unaprijed zamišljenog načina primjene, tj. posebna građevinska oprema ili izvanserijske izvedbe ili složena od uređaja i strojeva serijske proizvodnje kao tehničko-tehnološka cjelina.

Građevinska mehanizacija za izvedbu zemljanih radova, koja se sastoji od različitih strojeva uglavnom samohodnih, svakim se danom sve više usavršava za postizanje sljedećih ciljeva:

- ostvarenje što većih učinaka,
- jednostavnijeg i lakšeg rukovanja uvođenjem načela automatizacije, sniženjem pogonskih troškova po jedinici proizvoda,
- jednostavniju i lakšu opskrbu i zamjenu rezervnih dijelova, lakše i jednostavnije održavanje,
- poboljšavanje tehničkih mogućnosti kretanja, okretanja, promjene brzine te rada u različitim uvjetima okruženja.

1.4. Klasifikacija zemlje za iskop prema DIN 1830 (1979)

KLASA 1: Gornji površinski sloj tla

To je tlo koje pored anorganskih tvari, npr. šljunka, pijeska, mulja i gline sadrži također humus i žive organizme

KLASA 2: Kašaste vrste tla

Vrste tla koje su od tekućeg do kašastog stanja i teško otpuštaju vodu.

KLASA 3: Lako zagrabljive vrste tla

Nevezani do slabo povezani pijesak, šljunak i mješavina šljunka i pijeska sa do 15% primjese mulja i gline (promjer zrna manji od 0.06 mm) i sa najviše 30 % kamenja veličine zrna od preko 63 mm pa do 0.01 m³ zapremine.

Organske vrste tla sa neznatnim sadržajem vode.

KLASA 4: Sradnje teško zagrabljive vrste tla

Mješavina pijeska, šljunka mulja i gline s udjelom više od 15% težine zrna veličine manjih od 0.06 mm. Vezano tlo malog do srednjeg plasticiteta, koje je u odnosu na sadržaj vode mekano do tvrdo i sa najviše 30 % kamenja veličine zrna od preko 63 mm pa do 0.01 m³ zapremine.

KLASA 5: Teško zagrabljive vrste tla

To su vrste tla kao i klase 3 i 4, ali ipak u ukupnoj masi sa više od 30% kamenja čiji je promjer zrna veći od 63 mm do 0.01 m³ zapremine. Nevezane i vezane vrste tla sa najviše 30 % kamenja od preko 0.01 m³ do 0.1 m³ zapremine. *, * *

KLASA 6: Lako zagrabljive stijene

Vrste stijena mineralnog sastava, ali s puno pukotina, lomljive, trošne, sklone klanju; isto kao i čvrsta nepovezana i povezana tla.

Nepovezane i povezane vrste tla sa više od 30% težine kamenja od preko m³ do 0.1 m³ zapremine. *

KLASA 7: Teško zagrabljive vrste stijena

Vrste stijena koje imaju mineralni sastav i čvrstu strukturu, imaju malo pukotina i nisu trošne. U sastavu stijene su čvrste naslage, neistrošeni škriljci, talog rudača i sl.

Kamenje od preko 0.1 m³ zapremine.

* 0.1 m³ zapremine odgovara kugli promjera cca 0.30 m.

* * 0.01 m³ zapremine odgovara kugli promjera cca 0.60 m.

2. STROJEVI ZA ZEMLJANE RADOVE

2.1 Podjela

Najčešća, najveća i najmasovnija skupina graditeljskih radova su zemljani radovi temeljnoga radnog sadržaja: iskopati materijal u tlu, premjestiti ili prevesti iskopani materijal na određenu lokaciju (eventualno obaviti preradu materijala), te premješteni materijal nabiti do projektom predviđene zbijenosti tla.

Svojstva prirodnih materijala tla razlikuju se pa ih dijelimo prema normativima za temeljenje građevinskih objekata u tri temeljne vrste:

- stijena-monolitna ili trošna,
- nevezani materijali-drobina ili obluci, šljunak i pijesak,
- vezani materijali-prah, glina i treset.

Neophodno je poznavati masu kod prirodnih materijala kao i njihovu rastresitost. Koeficijent rastresitosti K_r možemo dobiti ne samo iz obujma odnosa nego i iz odnosa masa koje su u

suprotnom odnosu s obujmom, kao što je vidljivo iz sljedećeg:

Pri primjeni koeficijenta rastresitosti K_r treba paziti na to da se primijeni na masu u sraslom stanju.

Važan utjecaj na nevezane i vezane materijale ima voda, pa razlikujemo suhe nevezane materijale, malo vlažne i zasićene vodom, dok vezani materijali mogu biti čvrsti, polučvrsti, teško gnječivi, lako gnječivi i žitki.

Prirodne materijale nadalje dijelimo prema porozitetu: nevezani mogu biti vrlo zbijeni, zbijeni i srednje zbijeni, a vezani vrlo malo porozni, malo porozni, srednje porozni, jače porozni i vrlo porozni.

Osim na tlima različitih svojstava, zemljani radovi mogu se obavljati na površini tla, pod zemljom i u vodi, što ima svoje specifičnosti glede primjene tehnologije rada i odabira strojeva.

U odnosu na tehnologiju rada, skupina strojeva za zemljane radove dijeli se na četiri podskupine:

- strojevi za iskop vezanih i nevezanih materijala, utovar i transport,
- strojevi za nabijanje materijala,
- strojevi za iskope u kamenu i
- strojevi za iskope u tunelima.

Strojevi za iskop vezanih i nevezanih materijala, utovar i transport

To je poluskupina građevinskih strojeva za zemljane radove u kojoj su neki najstariji strojevi prošli sve etape razvoja, od pogona na paru i mehaničkog upravljanja strojem, do pogona najsuvremenijim motorima i uporabom hidraulike i elektronike.

Radovi koji se obavljaju tim strojevima najbrojniji su u graditeljstvu, a istodobno, u odnosu na veličinu i radne uvjete, vrlo raznoliki, pa stoga na tom području moraju postojati mali i vrlo veliki strojevi.

S obzirom na to da su svojstva vezanih i nevezanih materijala promjenljiva u odnosu na vlažnost i poroznost, vrstu strojeva i njihova radna tijela treba prilagoditi i tim zahtjevima, a budući da se radovi ponekad moraju obavljati i u vodi, za takve su radove konstruirane posebne vrste strojeva. S obzirom na sve to kao i mnoge druge razloge, za iskope, utovar i transport rabe se sljedeće vrste građevinskih strojeva:

- bageri
- rovokopači
- dozeri,
- grejderi,
- skreperi,
- utovarivači
- transportna sredstva.

2.2. Bageri i zemljani radovi koji se izvode bagerima

Bageri su vrsta građevinskih strojeva kojima se može obavljati iskop materijala, iskop s utovarom u transpormo sredstvo, te samo utovar.

Neki se od tih strojeva mogu, uz minimalnu prilagodbu, koristiti i za dizanje tereta, zabijanje pilota i žmurja, nabijanje tla, razbijanje kolnika i slično.

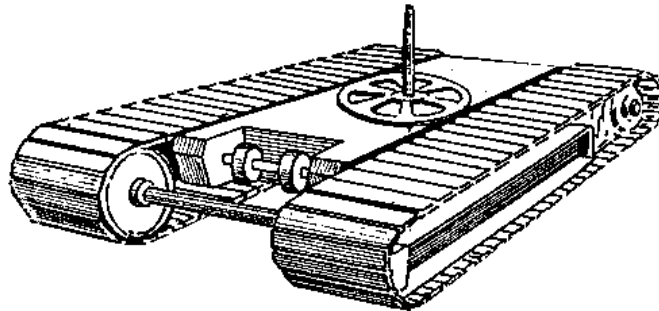
Temeljni dijelovi bagera s visinskom, povlačnom, zahvatnom i dubinskom lopatom sastoje se od:

- donjeg postolja na gusjenicama ili kotačima s gumama
- gornjeg postolja s pogonskim, upravljačkim i radnim sklopom, te kućicom s protuutegom ili stabilizatorima koji se koriste radi bolje stabilnosti stroja.

Donje postolje služi za kretanje bagera, te nošenje i okretanje oko okomite osi gornjeg postolja sa sklopovima. Kretanje na gusjenicama ima prednost na slabo nosivom tlu, jer je sila pritiska u lakih bagera 5-10 N/cm² dok je u vrlo teških 10-35 N/cm² (50-100 kPa, odnosno 100-350 kPa). Kretanje bagera na kotačima s gumama ima prednost u radu u naseljima, lakše se premješta, ne oštećuje kolnik na cestama, može imati veću brzinu. Najčešće ima četiri kotača, što ovisi o težini stroja i dopuštenoj sili pritiska na tlo koja ne smije biti viša od 100 N/cm² (1000 kPa). Okretanje gornjeg postolja obavlja se uglavnom s pomoću velikoga prstenastog zupčanika nazubljenog s vanjske ili unutarnje strane, smještenog oko okomite osovine i malih zupčanika kojima se prenosi okretna snaga.

Upravljački sklopovi mogu biti mehanički, hidraulički ili miješani, mehaničko-hidrauličko-zračni. Mehanički se sklopovi sastoje od čelične užadi, koloturnika, vitla, kvačila i kočnice. Hidraulički upravljački sklopovi imaju prednost, jer su točniji u radu, nemaju trzaja. Umjesto užadi imaju cjevovode, tlačne stubline sa štapovima, uljnu pumpu i regulacijski uređaj. Poluge za stabilizaciju se spuštaju i dižu također s pomoću hidraulike.

Kućica u bageru zauzima dominantno mjesto radi bolje kontrole rada, ima os vjetljenje radi rada noću i grijanje za rad u zimskim uvjetima.



Slika: - Donje postolje na gusjenicama

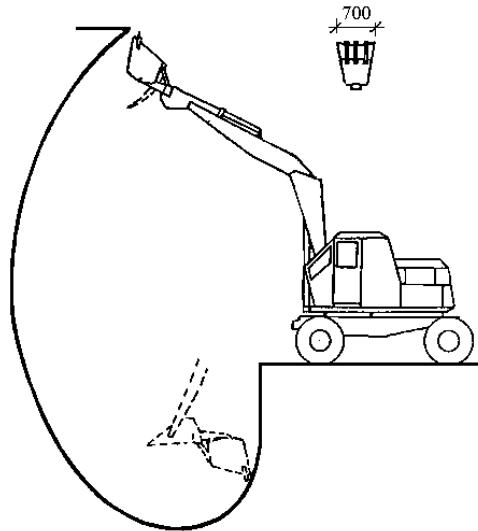
Po principu rada bagere djelimo na:

- bagere s neprekidnim radom
- bagere s prekidnim radom

Bagerima s neprekidnim radom zovemo one bagere kod kojih je iskop materijala kontinuiran (vedričari), dok u drugu grupu ubrajamo bagere kod kojih između dva takta iskopa postoji vrijeme u kojem je bagerska lopata prazna (dakle prekid u iskopu). U građevinarstvu je daleko veća primjena bagera ove zadnje grupe, dok se bageri sa kontinuiranim radom najčešće koriste u proizvodnji građevinskog materijala (opeke, separacije šljunka i sl.). Prema vrsti i smjeru kretanja bagerske lopate prilikom iskopa bagere djelimo na:

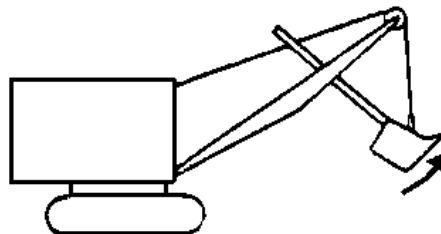
- bagere s visinskom lopatom,
- bagere s dubinskom lopatom,
- bagere s povlačnom lopatom,
- bagere sa zahvatnom lopatom,

Bageri s visinskom lopatom

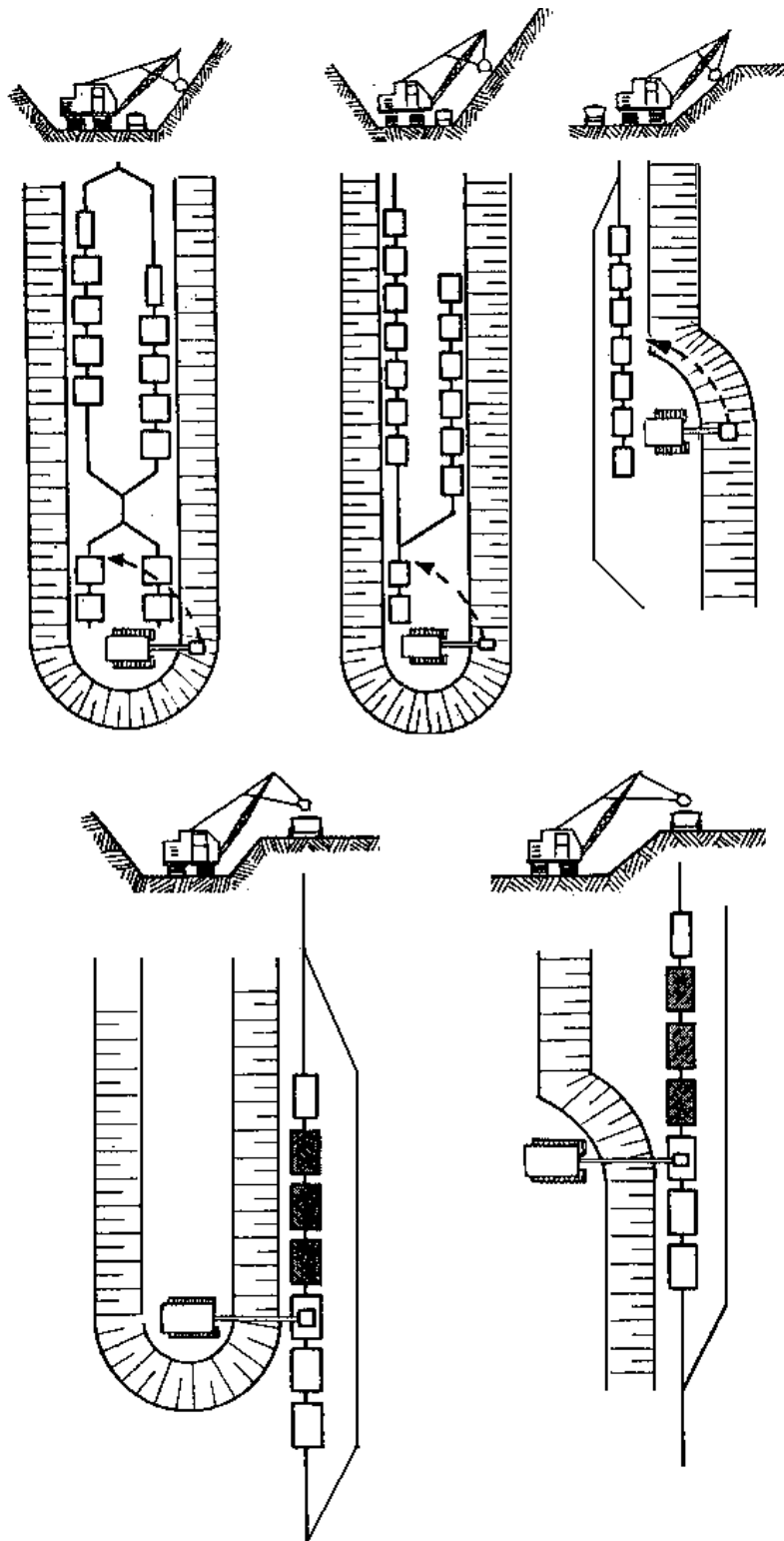


Slika: -Zahvat s visinskom lopatom

Kod bagera s visinskom lopatom iskop se vrši tako da se lopata kreće odozdola prema gore. Zbog velike snage kopanja područje primjene ove vrste bagera je široko, jer se s ovom vrstom lopate može kopati zemlja svih kategorija sve do trošne stijene.

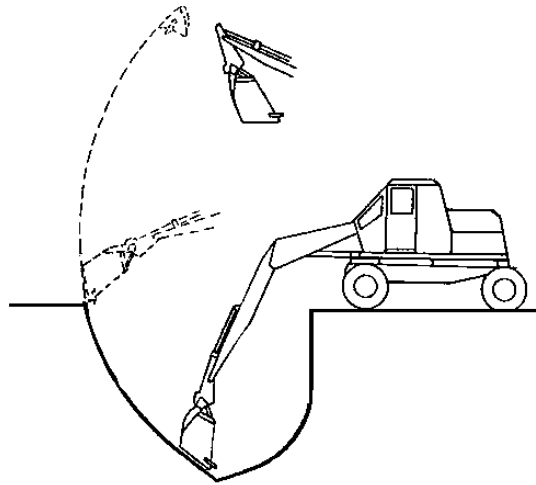


Slika: -Shema bagera s visinskom lopatom



Sika:-Sheme rada bagera s visinskom lopatom

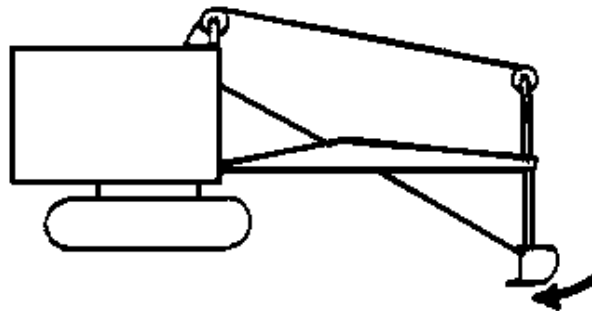
Bageri s dubinskom lopatom



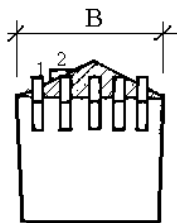
Slika:-Zahvat s dubinskom lopatom

Kod bagera s dubinskom lopatom iskop se vrši tako da se lopata kreće u smjeru odozgora prema dole. Prednost ovog bagera je ta što on radi s površine terena tj. ne mora silaziti na dno iskopa. Nedostatak mu je što ostavlja razmjerno strmu kosinu iskopa, koja može dovesti do urušavanja i to što kod utovara u vozilo dosta rasipa materijal.

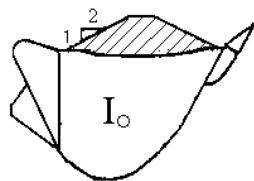
Iz tog razloga bageri sa dubinskom lopatom imaju nešto manje učinke od bagera s visinskom lopatom iste zapremine.



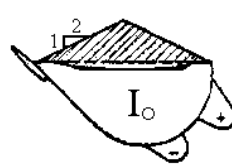
Slika:.-Shema bagera s dubinskom lopatom



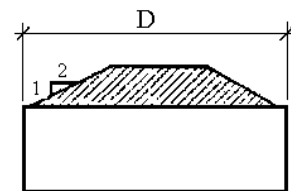
B-širina lopate



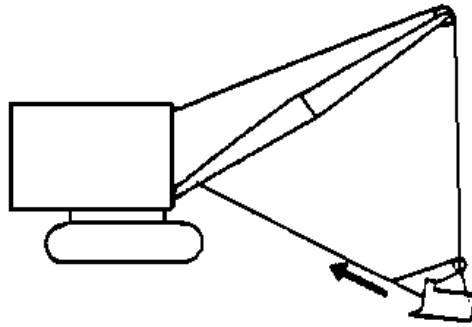
D-dužina lopate



Slika:.-Puna lopata bagera

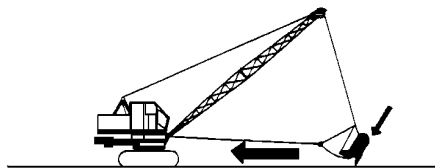


Bageri s povlačnom lopatom

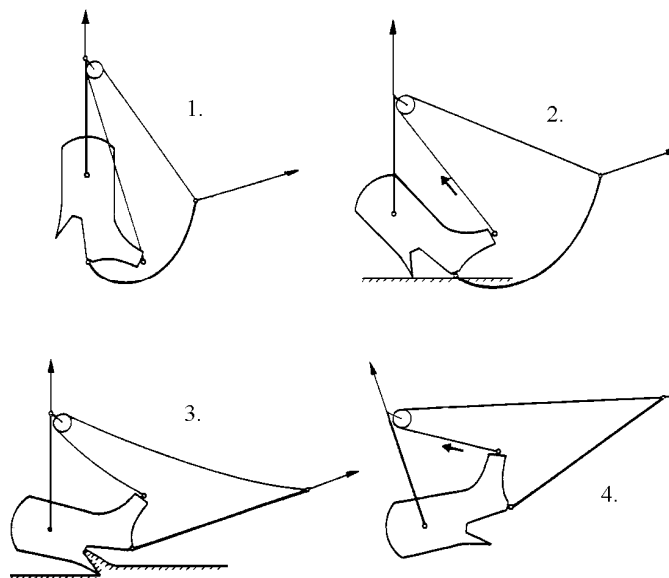


Slika:-Shema bagera s povlačnom lopatom

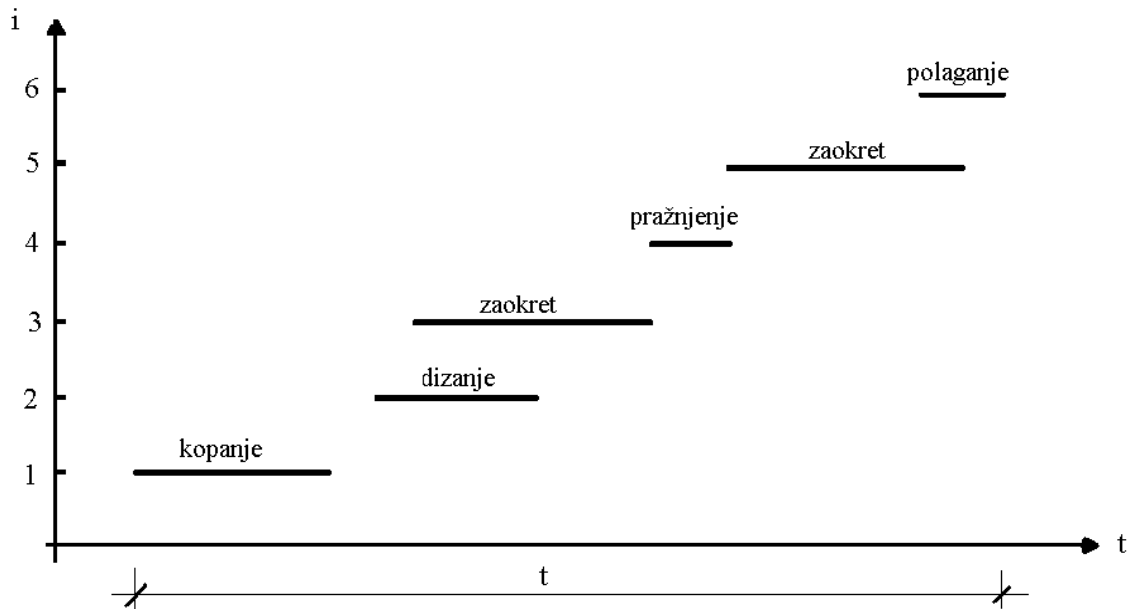
Kod ovih bagera lopata se puni i prazni naizmjeničnim zatezanjem i popuštanjem užadi(sajli),Lopata je izrađena od jakog čeličnog lima,ima dno i tri strane,tj otvorena je prema bageru. Na dnu lopate,prema otvorenoj strani nalaze se zubi za rovanje tla.



sl.-Prikaz rada bagera s povlačnom lopatom

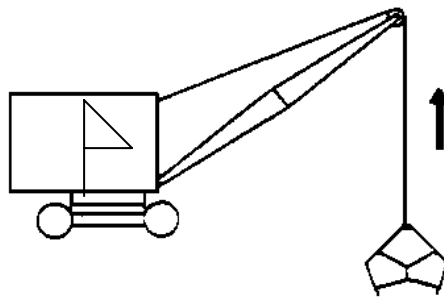


Slika: -Punjenje povlačne lopate



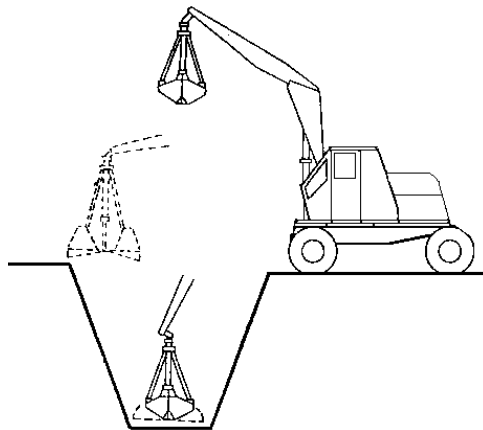
Slika: -Redoslijed operacija kod rada bagera s povlačnom lopatom

Bageri sa zahvatnom lopatom

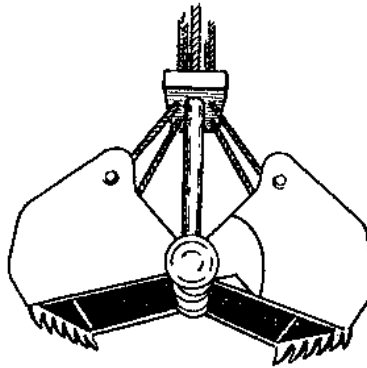


Slika: -Shema bagera sa zahvatnom lopatom

To su bageri kojima je glavni «pribor» za rad zahvatna lopata (njem. Greifer-grabilica). Upotrebljava se za kopanje i grabljenje sipkog, odnosno mekog zemljanog materijala (za rad u vodi).



Slika: -Punjenje zahvatne lopate



Slika: -Zahvatna lopata

Zahvatna lopata ima na donjem rubu zube za rad u tvrdom ili rastresitom materijalu.

2.3 Dozeri i zemljani radovi koji se izvode dozerima

Dozer je stroj koji se kreće na gusjenicama ili na kotačima s gumama sa svrhom da guranjem pri radu kopa zemljani materijal, te da ga premjesti na određenu udaljenost. Zbog rada guranjem, temeljni dio stroja naziva se traktorom.

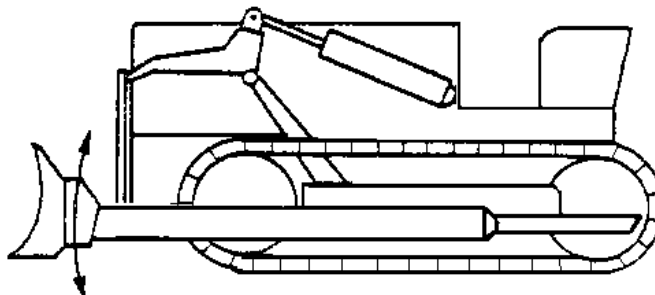
Kostur traktora izraden je od zavarenih čeličnih profila i limova na koje su uravnoteženo raspoređeni pogonski i upravljački sklopovi tako da traktor dobije što niže težište, a time i maksimalno moguću stabilnost pri radu. Za pogon traktora koriste se eksplozivni dizel-motori, snage 30 kW do više od 350 kW, ovisno o veličini traktora. Upravljanje sklopovima za kretanje (gusjenicama i sl.) obavlja se na način kao u vozila, a u posljednje vrijeme i s pomoću međusobno neovisnih hidrauličkih motora. Djelovi dozera su: pogonski traktor, dozerska daska s nožem i uređaja za podizanje dozerske daske.

Ovisno o položaju dozerske daske s nožem u odnosu na uzdužnu os pogonskog stroja razlikujemo:

- buldozere
- angldozere
- tiltdozere
- dozere gurače

Buldozeri

Za vrijeme rada njihova daska s nožem je okomita na uzdužnu os stroja i može se jedino spuštati i podizati u odnosu na tlo.

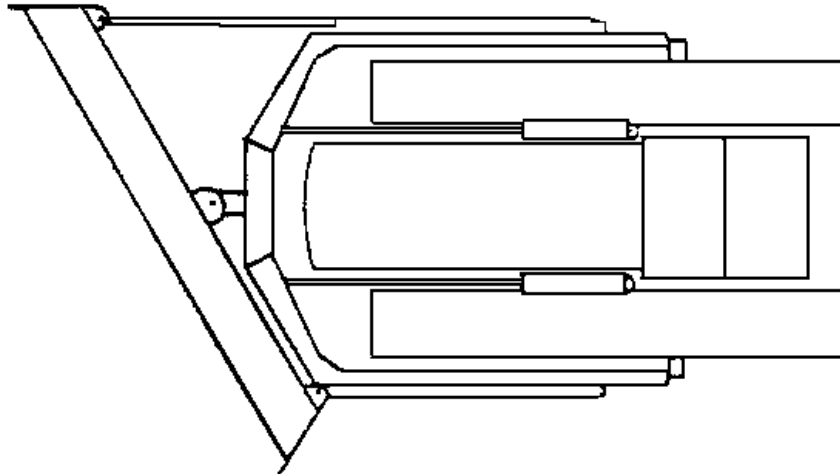


Slika:-Shema buldozera

Angldozeri

Njihova dozerska daska se može postaviti pod nekim kutem u odnosu na uzdužnu os stroja, a isto tako i spuštati i podizati u odnosu na tlo.

Ovakva konstrukcija dozerskog uređaja omogućava istovremeno pomicanje iskopanog materijala i u uzdužnom i u poprečnom pravcu, što se vrlo povoljno može koristiti pri iskopu materijala u zasjecima.



Slika: -Shema angldozera

Tiltdozeri

Konstruirani su tako da se njihova daska pored već navedenih položaja može postaviti i pod nekim kutem u odnosu na tlo, podizanjem jednog ili drugog kraja noža, što se povoljno može iskoristiti pri obradi kosina, usjeka i nasipa.

Dozeri gurači

Imaju dozersku dasku bez noža učvršćenu na određenu visinu u odnosu na tlo i koriste se za guranje skrepera prilikom iskopa.

Uređaji za podizanje i spuštanje dozerske daske (komande) mogu biti:

- mehanički
- hidraulični
- električni

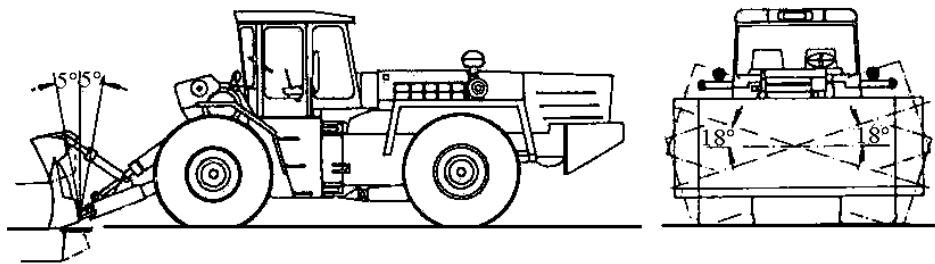
Mjerodavne karakteristike ovih strojeva od kojih u najvećoj mjeri zavisi učinak su: snaga motora osnovnog stroja, dimenzije dozerske daske i brzine kretanja pri radu.

Dozerima se uspješno mogu izvoditi sljedeći radovi:

- skidanje humusa u slojevima od 10-20 cm
- iskop u širokom otkopu (svih kategorija materijale zaključno s IV).
- guranje iskopanog materijala na manje i veće udaljenosti od mjesta iskopa

Granice ekonomičnosti za duljine transporta (guranja) iskopanog materijala:

- manji dozeri gusjeničari (do 90 KS) _____ do 40 m.
- srednji dozeri gusjeničari (do 200 KS) _____ do 60 m.
- veliki dozeri gusjeničari (>200 KS) _____ do 100 m.
- dozeri na kotačima (>150KS) _____ do 200 m.



Slika: -Dozer na kotačima

Pored navedenih radova dozeri se mogu koristiti i za fino planiranje pri izradi posteljice ceste (osobito dozeri na kotačima), iako za tu vrstu radova grejderi imaju veliku prednost.

2.4. Grejderi i zemljani radovi koji se izvode grejderima

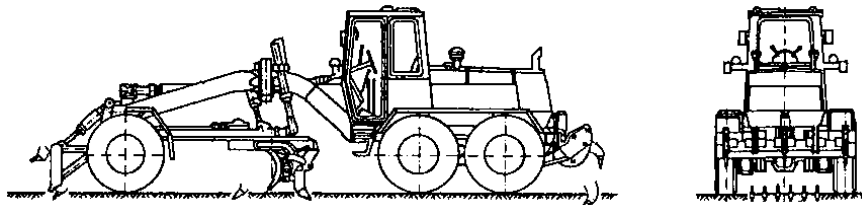
To je građevinski stroj koji se pretežito rabi u niskogradnji za planiranja, razastiranja, kopanje jaraka, skidanje humusnih slojeva te iskop u pjeskovitim materijalima.

Pojavili su se najprije kao strojevi koje su vukli traktori da bi se u pedesetim godinama ovog stoljeća pojavili kao samohodni i vrlo brzo postali nezamjenjivi pri planiranju zemljanih površina. U konstruktivnom smislu, grejder se sastoji od produženog traktora kao temeljnog dijela stroja koji je isključivo na kotačima s gumama. Brzina kretanja grejdera pri premještanju je do 60 km/h, a može biti vrlo prilagodljiva, od 0 do 40 km, ovisno o potrebi pri radu.

U sredini grejdera, na produljenom dijelu traktora, smješten je vodoravno veliki prstenasti zupčanik koji se može zakretati oko osi usporednoj sa smjerom kretanja grejdera. Na zupčaniku je ugrađen nož koji može, po zupčaniku, mijenjati položaj u krugu od 360°, a može se i uzdužno pomicati. Tako konstruiran sklop za upravljanje nožem dopušta da nož može zauzeti svaki položaj koji mu je u radu potreban.

Postoje uglavnom tri veličine grejdera, snage motora oko 35 kW, na dvije osovine i 4 kotača s gumama, te snage motora 75 kW i 130 kW na 3 osovine i 6 kotača s gumama. Duljina noža je od 2,5 m do 4,5 m, a visina 0,5 m-0,6 m, prednja strana noža je blago zakrivljena, na donjoj strani noža učvršćeno je sječivo koje se nakon istrošenosti noža može izmijeniti.

Posebnost grejdera su *fina planiranja*, a središnji nož u konstrukciji grejdera pri svakom prijelazu smanjuje neravnine na tlu na četvrtinu visine, a u grejdera sa 6 kotača smanjenje neravnina je na desetinu



Slika: -Grejder

Radovi koji se izvode grejderima mogu se obuhvatiti slijedećim pozicijama:

- ravnanje terena sa malim iskopom, uzdužnim i poprečnim transportom na manje udaljenosti.
- razastiranje materijala pri ravnanju
- obrada kosina nasipa i usjeka
- iskop jaraka, održavanje cesta i čišćenje snijega

- fino planiranje posteljice, razastiranje šljunka kod izrade tampon slojeva.

Prema uređajima za upravljanje djelimo ih na:

- grejderi s mehaničkim uređajima za upravljanje
- grejderi s hidrauličkim uređajima za upravljanje (BOLJE)

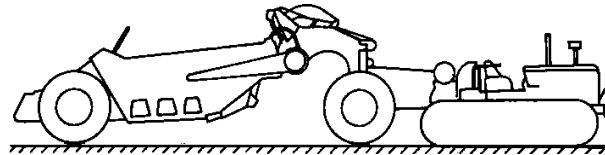
Princip rada grejdera je struganje sloja zemlje u nekoliko prelaženja, dok se ne dođe do zadane dubine, odnosno visine.

2.4. Skreperi i zemljani radovi koji se izvode skreperima

Skreperi (ili skrejperi) uz dozere čine jednu od najbrojnijih grupa strojeva za iskope i pomicanje zemljanih masa. Za razliku od dozera koji iskopani materijal gura svojom dozerskom daskom po tlu, skreperi iskopani materijal prihvaćaju u svoj koš, prevoze ga do mjesta istovara, razastiru u slojeve željene mogućnosti i djelomično sabijaju prilikom učestalih prelaza preko već razastrtog materijala. Princip rada skrepera zasniva se na činjenici da sloj tla odsječen skreperskim nožem bude, pri kretanju skrepera naprijed potisnut od sloja koji je još kompaktan, u koš skrepera. Zbog toga je ograničena mogućnost rada skrepera u slabo koherentnim, a naročito u nekoherentnim materijalima (šljunak, pijesak), jer on ne može potisnuti materijal u koš, nego se on gomila pred košem.

Prema konstrukciji razlikujemo :

- Samohodne skrepere-motoskrepere
- Vučene skrepere

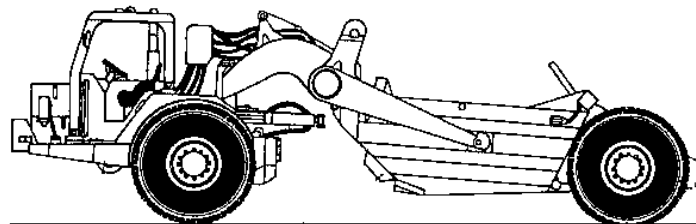


Slika: -Vučeni skreper

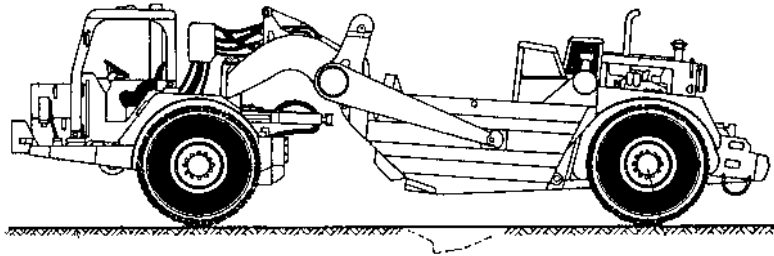
Prema zapremini koša ih djelimo na :

- Male skrepere
- Srednje skrepere
- Velike skrepere

Ekonomsko opravdanje za zemljane radove u građevinarstvu imaju samo oni čija je zapremina koša veća od $6,0 \text{ m}^3$.



Slika: -Samohodni skreper-jednomotorni



Slika: -Samohodni skreper-dvomotorni

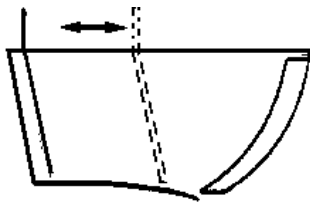
Radni ciklus skrepera sastoji se od sljedećih radnji:

1.—ISKOP sa SAMOUTOVAROM, Kretanjem skrepera naprijed, zasječeni sloj materijala ulazi u sanduk i postupno ga puni. Duljina puta punjenja iznosi 30 do 60 m, a za to vrijeme potrebna je i najveća snaga za pogon. Pri punjenju sanduka treba skreper uvijek pomaknuti za dvije širine, tako da između dva kopanja ostaje srednji trak, koji skreper kopa naknadno i na taj način štedi energiju. Kad se skreperski sanduk napuni, podigne se prednji dio i zatvori.

2.—PRIJEVOZ MATERIJALA zavaćenog u koš vrši se u pravilu većom brzinom, nego prilikom iskopa uz od tla dovoljno odignut skreperski nož.

3.—PRAŽNENJE SKREPERA vrši se u slojevima, na određenom mjestu. Debljina slojeva ovisi o visini koša u odnosu na tlo, a koji se lako podiže i spušta, te tako pravi deblje odnosno tanje slojeve. Skreperski nož sada služi kao dozerski, planirajući materijal koji iz skreperskog koša izlazi guran daskom za izguravanje materijala.

4.—POVRATAK skrepera na mjesto iskopa, izvodi se u pravilu najvećom mogućom brzinom. Pri tome se podrazumjeva da je i skreperski koš odignut od tla.



-tlo se ispušta-

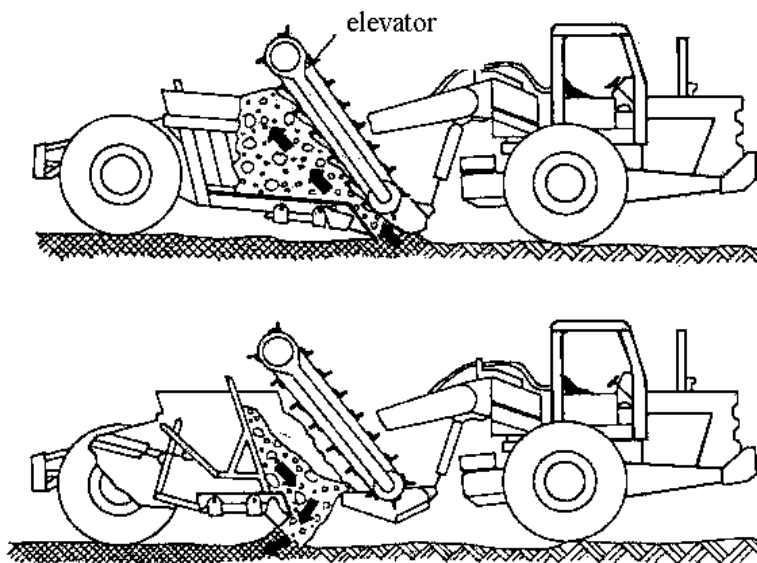


-tlo se prazni izvrtanjem-

Slika: -Pražnjenje skreperskog koša

Pored klasičnih skrepera postoje i brojne konstrukcije SKREPERA SA ELEVATOROM, koji materijal kopaju i bacaju u skreperski koš uz pomoć jednog elevatora sa većim brojem posuda, koji je smješten s prednje strane skreperskog koša.

Ovi skreperi se uspješno koriste i za rad u slabo koherentnim i nekoherentnim materijalima, s obzirom da se materijal u skreper unosi elevatorom.



Slika: -Samohodni skreper s elevatorom

2.5. Utovarivači

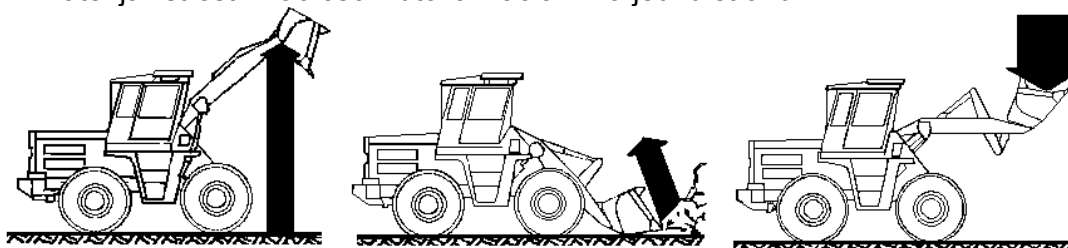
Utovarivači čine grupu građevinskih strojeva koja je svojim vrlo širokim mogućnostima korištenja izbila u prvi plan; ne samo zbog toga što znatno ubrzavaju proces građenja i zamjenjuju veliki broj radnika, već najviše zbog toga što svojim radom znatno utječu na bolje korištenje ostalih strojnih kapaciteta (brži transport, brzo raščišćavanje terena).

To su građevinski strojevi koji služe pretežito za utovarivanje rastresitog materijala. Sastoje se od traktora na gusjenicama ili na kotačima s gumama i utovarne lopate s hidrauličkim upravljanjem. Ima utovarivača različitih veličina, s lopatom od 0,3 m³ do 9 m³. Utovarivači-gusjeničari rabe se za utovare na kamenitom terenu, pa su im utovarne lopate konstruirane od debljeg lima i s čeličnim zubima.

Utovarne lopate mogu biti različitog oblika, ovisno o zadatku koji obavljaju.

Podjela utovarivača s obzirom na način utovara:

- UTOVARIVAČI ZA UTOVAR SA ČELA—kod kojih je lopata i prilikom istresanja materijala u istom položaju u kome je bila i prilikom zahvaćanja materijala.
- UTOVARIVAČI ZA UTOVAR PREKO GLAVE—odnosno preko sebe, kod kojih se materijal zahvaća čeonom lopatom i bez dodatnog namještanja istresa uvozilo koje stoji iza iza utovarivača.
- UTOVARIVAČI SA ISTRESANJEM MATERIJALA U STRANU—koji predstavljaju modifikaciju čeonih utovarivača. Obično je lopata utovarivača podešena tako da može materijal istresti i kao čeonu utovarivač ali i na jednu stranu.



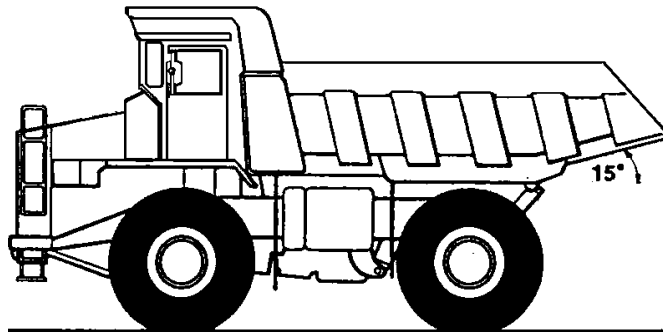
Slika: -Utovarivač na kotačima

2.6. Transportna sredstva

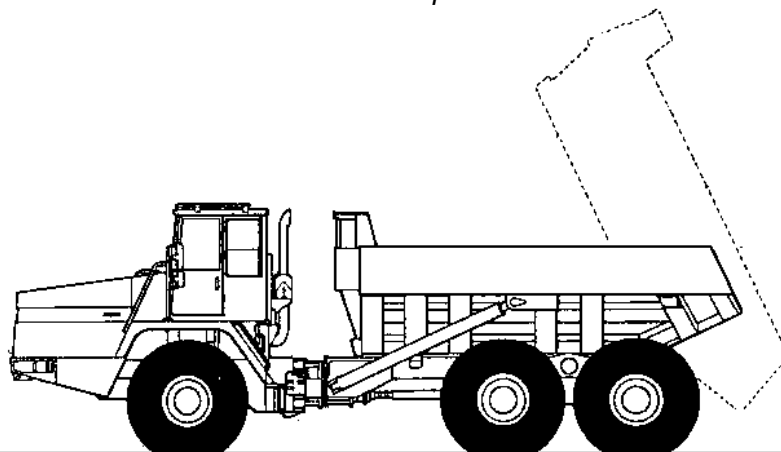
Građevinske strojeve za vuču ili prijevoz građevinskog materijala nazivamo transportnim sredstvima. Transportna sredstva mogu biti unutarnja, kakve su pretežito transportne vrpce, ili vanjska, kao što su pretežito vozila na tračnicama i vozila na kotačima s gumama.

Najbrojnija transportna sredstva su vozila na kotačima s gumama, a možemo ih dijeliti na vozila što se kreću po cestovnim površinama i na vozila koja se kreću izvan cestovnih površina. Temeljna razlika između njih je u tomu što su vozila koja se kreću izvan cestovnih površina znatno robusnija, pa im je odnos težine konstrukcije prema korisnom teretu 1:1, dok je u cestovnih vozila taj odnos 0,7:1. Međutim, zbog sporijega kretanja, za masu od 10 t korisnog tereta u vozilima što se kreću izvan prometnih površina potrebno je svega 9 do 11 kW, a u cestovnim vozilima oko 14 kW.

Transport materijala je relativno visoka stavka u ukupnim troškovima za zemljane radove, pa s ekonomskog stajališta treba analizirati odabrani sustav transporta, s obzirom na to da tehnička sredstva omogućuju razne kombinacije. Optimalno odabranim sustavom transporta mogu se postići velike uštede.

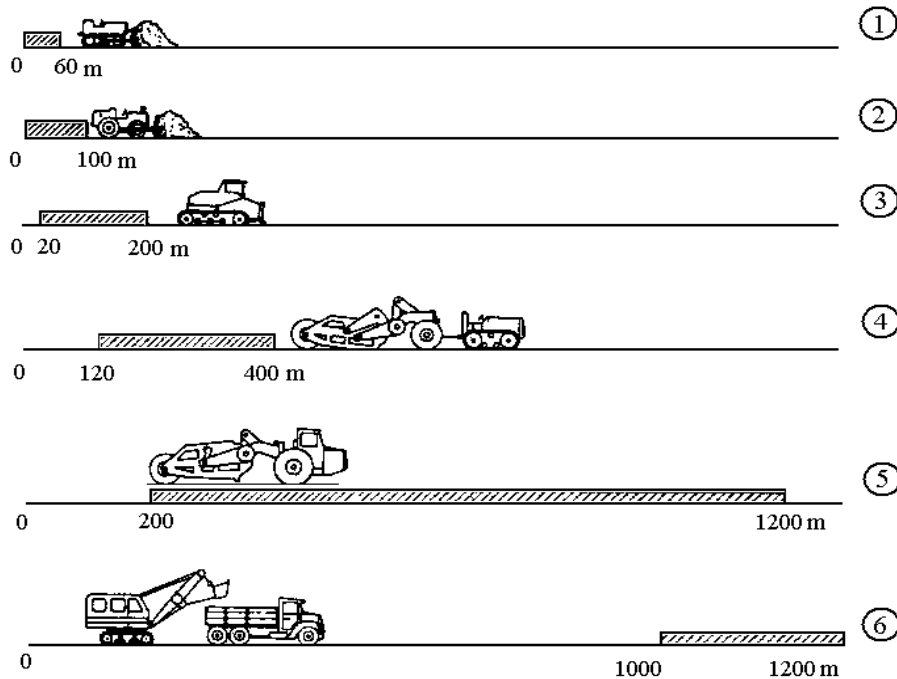


Slika: -Kiper



Slika: -Kiper-položaj sanduka pri istovaru sa stražnje strane

Zone primjene građevinskih strojeva za transport zemlje



Slika: -Optimalne duljine transporta zemljanih materijala za različite strojeve

1. Lakši buldozer na gusjenicama,
2. Lakši buldozer na kotačima,
3. Teži buldozer na gusjenicama,
4. Skrejper prikolica na gumenim kotačima;vuča-traktor na gusjenicama,
5. Samohodni skrejper na gumenim kotačima (noviji tipovi s većim košem i do 2,5 km),
6. Kamion za transport zemlje.

2.7. Strojevi za zbijanje materijala

U odnosu na način djelovanja, razlikuju se tri poluskupine strojeva za zbijanje:

- strojevi koji zbijaju statički, vlastitom težinom, a dijele se na ježeve, čelične glatke valjke, te valjke na gumama,
- strojevi koji zbijaju dinamički, koristeći pritom silu slobodnog pada (različiti mehanički i eksplozivni nabijači),
- strojevi koji zbijaju dinamički, s pomoću vibracija, a dijele se na vibrovaljke, vibroježeve, vibroploče i kompaktore.

Ježevi

Ježevi su vrsta strojeva za zbijanje. Među prvima su se pojavili za zbijanje nasipnog materijala, a djeluju vlastitom težinom - gnječenjem materijala. Pogodni su za zbijanje koherentnog materijala, pa se za takav materijal isključivo i rabe. Jež se sastoji od glatkog valjka, savijenog od lima debljine 15-30 mm, postrance zatvorenog. Po obodu valjka raspoređene su bodlje

konusnog oblika ili oblika ovčje noge sa svrhom da pri valjanju prodire u nasuti sloj te da ga počnu nabijati u donjem dijelu. Visina bodlje iznosi 18 do 23 cm, a na četvorni metar dolazi 10 do 12 bodlja. Debljina nasutog sloja smije biti najviše 1,2 visine bodlje ježa kojim se nabija sloj. Za potrebnu nabijenost nekog sloja jež mora prijeći 10 do 12 puta uz pretpostavku da je nasipni sloj optimalno vlažan i da veličina bodlja odgovara debljini sloja. Znakovito je da jež zbija nasipni sloj od donjeg dijela prema gore. Ježevi težine 20 do 60 kN svrstavaju se u srednje teške, dok se oni teži od 60 kN svrstavaju u teške i velike. Težina ježa povećava se tako da se u šupljinu unutar plašta valjka stavlja voda, odnosno pijesak za još veću težinu. Postoje ježevi koji umjesto savijenoga limenog plašta imaju plašt od rešetke. Njih se često opterećuje zbog veće težine betonskim blokovima.

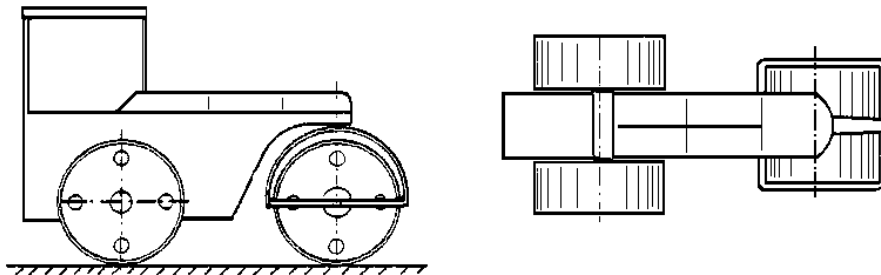
Valjci s glatkim čeličnim kotačima

Usporedno s ježevima pojavili su se i valjci s glatkim čeličnim kotačima, a pripadaju u vrstu građevinskih strojeva što djeluju vlastitom težinom, tj. statički. Rabe se za zbijanje kamenih podloga krupnijih granulacija, a osobito za završnu obradu već nabijenih nasutih slojeva. Značajka je tih strojeva da im pritisak naglo opada od površine prema donjim dijelovima sloja, dakle, suprotno od ježeva. Zato se ti valjci rabe za površinska zbijanja ili za zbijanja u slojevima od 10 do najviše 20 cm debljine. Konstruktivno, sastoje se od okvirnog postolja koje se nalazi na širokim glatkim čeličnim kotačima. Na postolju je kućica te uređaj za upravljanje i pogon, pa su to pretežito samohodni valjci.

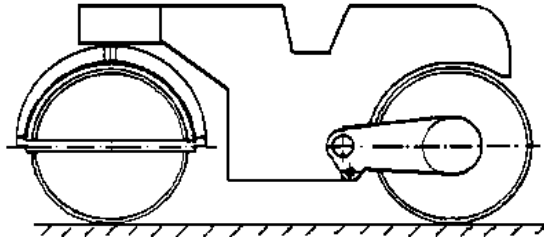
Dijelimo ih na:

- valjak s jednim prednjim glatkim čeličnim kotačem i dva stražnja glatka čelična kotača koji su ujedno i pogonski,
- valjak s jednim prednjim i jednim stražnjim širokim glatkim čeličnim kotačem, koji se još naziva tandem-valjkom.

Valjci s dva čelična kotača (tandem-valjci) rabe se za zaglađivanje završnih površina jer ne ostavljaju uzdužne tragove, kao što je to često u valjaka s tri čelična kotača, pa su pogodni za valjanje asfaltnih slojeva. Nedostatak je tog valjka što može prouzročiti valove ako se naglo zaustavlja i naglo pokreće, ili ako ga se nakon zaustavljanja dulje zadržava najednome mjestu. Za svaku tonu mase valjka potrebna je snaga motora od 1,4 do 2,8 kW. Sila pritiska po dužnom centimetru dodirne crte koju čini širina čeličnoga kotača i tla iznosi za male valjke 200 do 400 N, a za velike valjke 800 do 1000 N. Da bi se dobila potrebna zbijenost, potreban broj prijelazaje 6-8 po istom prolazu. Da bi se dobio veći tlačni pritisak, prostori unutar plašta čeličnoga kotača valjaka mogu se puniti vodom. Proračun planskog učinka valjaka s glatkim čeličnim kotačima utvrđuje se isto kao i kod ježa.



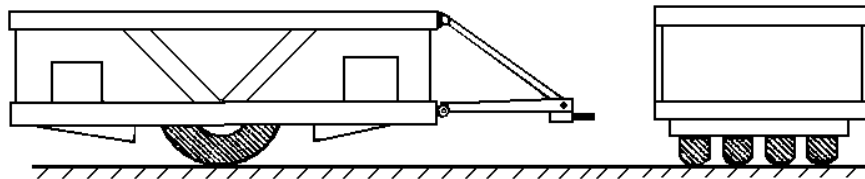
Slika: -Valjak s tri čelična glatka kotača



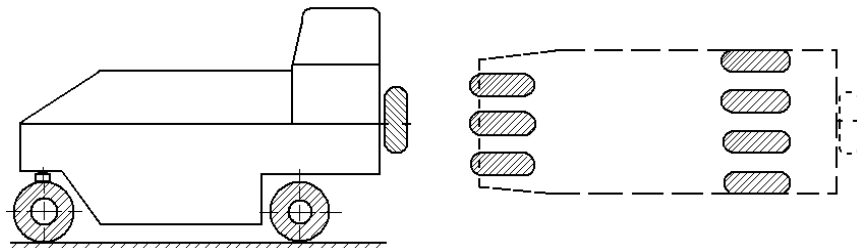
Slika: -Tandem valjak

Valjci na kotačima s gumama

Valjci na kotačima s gumama (kompaktori) pripadaju u skupinu strojeva koji zbijaju vlastitom težinom, uz dopunsko elastično djelovanje guma koje stvaraju bočne sile i pospešuju konsolidaciju nasipnog materijala. Djelovanje takvih valjaka je površinsko, iako dublje od glatkih statičkih valjaka. Valjci na kotačima s gumama mogu biti vučeni ili samohodni. Vučeni valjci imaju sanduk koji se puni priručnim zemljanim materijalom radi veće težine, a rabe se za valjanje nasipnog materijala, osobito nižih slojeva u nasipu, tj. pri grubljim zemljanim radovima.



Slika: -Vučeni valjak na kotačima s gumama



Slika: -Samohodni valjak na kotačima s gumama

Vibrovaljci i vibroježevi

Osnovni element vibrovaljaka i vibroježa je vibrator koji, ovisno o konstrukciji, može stvarati kružne ili okomite vibracije. Frekvencija vibracija iznosi od 20 do 75 Hz (broj vibracija u sekundi), a vibriranjem se postiže da se u nasipnom materijalu za vrijeme vibracija smanjuju kohezijske sile i trenje, pa se čestice materijala slažu u slobodne prostore stvarajući tako najveću moguću gustoću u nasipnom materijalu.

Amplituda je veličina za koju se vibrirajuća masa pomiče gore-dolje od neke nulte crte. Što je veća masa koja vibrira, kao i amplituda, to je i dubina zbijanja veća.

Vibroploče

Vibroploče su građevinski strojevi koji se koriste za zbijanje većih nasipnih količina nekoherentnih materijala, osobito tamponskih slojeva. Dijele se, prema težini, na lagane vibroploče težine 0,1 do 0,5 kN, srednje teške vibroploče 0,6 do 2 kN i teške vibroploče preko 2 kN. Vibroploče se sastoje od temeljne čelične ploče na koju je smješten pogonski motor

odgovarajuće veličine, te sklop s ekscentrom koji izaziva vibracije. Vibracije se prenose preko naliježuće čelične ploče na nasipni materijal a proizvode 600 do 2000 udaraca u minuti, uz udarnu silu od 3,5 do 20 kN. Površina ploče u najlakših vibroploča je 0,15 m², a u najtežih 1,2 m², dok im je vlastita pokretljivost od 12 do 25 m/min. Dubina djelovanja pri zbijanju najlakših vibroploča je 30 cm, a najtežih i do 180 cm. Ako se vibroploče kreću samo u jednom smjeru, nazivamo ih vibrosolima, a ako se kreću naprijed-natrag – vibromaksima.

3. UČINAK GRAĐEVINSKIH STROJEVA ZA ZEMLJANE RADOVE

Građevinski stroj ima zadaću da obavlja određene građevinske radove, no nije svejedno u kojemu će vremenu ti radovi biti završeni. Potrebno vrijeme u izravnoj je vezi s radnom mogućnošću stroja u vremenskoj jedinici. Tu mogućnost nazivamo "učinkom" građevinskog stroja. Prema tomu, temeljni podatak koji je potreban već pri nabavci građevinskog stroja, zatim u planiranju rada i konačno u proizvodnji jest veličina učinka kojim se vrednuje njegova stvarna vrijednost.

Temeljni čimbenici koji utječu na veličinu učinka su:

- konstruktivna svojstva stroja, kao što je snaga motora, brzina pri radu, veličina zahvatnih radnih tijela,
- obilježje proizvodnje što ovisi o većem ili manjem obujmu radova, načinu rada i kvaliteti, o svojstvima materijala, tvrdoći, vlažnosti i drugom,
- radni uvjeti koji ovise o skućenom ili širem radnom prostoru, o tomu radi li stroj sam ili je vezan uz rad jednog ili više strojeva. Tu je važno međusobno usklađivanje učinaka pojedinih strojeva i način posluživanja,
- korištenje radnog vremena, ovisno o osposobljenosti rukovatelja strojem, kao i o postavljenoj organizaciji rada, koja može biti u jednoj ili više smjena.

Mogu se pojaviti i zastoji tijekom rada zbog popravaka, premještanja stroja, uslijed vremenskih nepogoda ili s drugih razloga. Sve to treba znati kad se određuje učinak za neki stroj na određenom radnom zadatku. Prema načinu rada, strojevi mogu djelovati neprekidno (kontinuirano) ili ciklički (periodički). Pri cikličkom djelovanju rad se obavlja ponavljanjem pojedinih radnih operacija sa sljedećim dijelovima

- koristan rad stroja koji znači neposredno radno ostvarenje proizvoda,
- prazan hod je povratak stroja u prvotni položaj kako bi mogao ponovno obaviti koristan rad,
- zastoj stroja je vrijeme u kojemu se radno tijelo stroja oslobađa tereta.

Za svaki od tih dijelova utroši se stanovito vrijeme zbrajanjem kojeg se dobije određeni učinak unutar jednog ciklusa. Pri cikličkom djelovanju učinak rada u jedinici vremena jednak je zbroju učinaka svih ciklusa koji su obavljani u tom vremenu. Pri kontinuiranom djelovanju stroj obavlja samo koristan rad i ima jednolik učinak u jedinici vremena.

Razlikujemo "teorijski" ili tehnički (U_t), planski ili "praktični" (U_p) i stvarni (U_s) učinak; planski učinak je uvijek manji od teorijskog. Teorijski učinak u strojeva koji u proizvodnji djeluju kontinuirano izražava se drukčije nego u strojeva koji djeluju ciklično, no u oba slučaja potrebno je poznavati optimalne veličine. **Optimalno jedinično vrijeme (T) određuje se u sekundama, minutama ili satima, dok se optimalna količina (Q) izražava obujmom (m³), masom (kg, tone), površinom (m²), duljinom (m) i slično.**

Teorijski učinak izražava se ovisno o načinu djelovanja građevinskog stroja prema:

$U_t = T \cdot Q_t$, (kontinuirano djelovanje)

$U_t = (T/T_c) \cdot Q_c$ (cikličko djelovanje), $T/T_c = n$, $U_t = n \cdot Q_c$

gdje je:

U_t -teorijski učinak

T -jedinično trajanje radnog vremena

T_c -vrijeme trajanja punoga radnog ciklusa

Q -količina proizvedena u jedinici vremena

Q_c -količina proizvedena jednim radnim ciklusom

n -broj ciklusa u jedinici vremena

Planski učinak utvrđuje se prethodnim određivanjem teorijskog učinka, analizom uvjeta rada, kao što su značajke materijala u kojemu se radovi obavljaju, obujam radova, usklađenost s ovisnim građevinskim strojevima ili materijalima, uvježbanošću upravljača strojem i slično. S obzirom na navedene uvjete koji mogu djelovati samo umanjujuće u odnosu na optimalne, možemo ustvrditi da se planski učinak građevinskog stroja može dobiti redukcijom teorijskog učinka: $U_p = U_t * K_o * K_p * K_r * K_v * K_g * K_d \dots$, gdje je:

U_p -planski učinak

U_t -teorijski učinak

K_o -koeficijent okretanja

K_p -koeficijent punjenja

K_r -koeficijent rastresivosti (za sraslo stanje)

K_v -koeficijent korištenja radnog vremena

K_g -koeficijent organiziranosti gradilišta

K_d -koeficijent dotrajalosti

U_s -stvarni učinak koji se utvrđuje mjerenjem pri radu stroja

Veličina pojedinih koeficijenata ovisi o raznim okolnostima, primjerice:

K_o (koeficijent okretanja) pojavljuje se u strojeva koji unutar radnog ciklusa obavljaju i određeni vodoravni okretaj. Pod pretpostavkom da se kut okretaja od 90° smatra optimalnim, koeficijent okretanja može iznimno biti i veći od 1. Prema istraživanjima tog odnosa, koeficijent okretaja K_o u odnosu na kut okretanja iznosi od 1,26 za kut od 45° do 0,71 za kut od 180°

K_r (koeficijent punjenja) ovisi o punjenju radnog tijela, lopate, sanduka, košare i slično, a dobije se iz odnosa:

$K_p = (\text{stvarna popunjenost}) / (\text{optimalno moguća popunjenost})$

K_r (koeficijent rastresitosti) koristi se kada se rezultat izražava u sraslom stanju, a dobije se iz odnosa:

$K_r = (\text{obujam sraslog stanja}) / (\text{obujam rastresitog stanja})$

K_v (koeficijent korištenja radnog vremena) univerzalne je prirode, primjenjuje se u većine strojeva, a dobije se iz odnosa:

$K_v = (\text{vrijeme čistog (efektivnog) rada}) / (\text{ukupno radno vrijeme})$

K_g (koeficijent gradilišta) dograđuje se na koeficijent K_v (u nekih strojeva).

K_d (koeficijent dotrajalosti) upotrebljava se ponekad kod proračuna planskog učinka već korištenih strojeva, a iznosi:

do 2000 sati rada; $K_d = 1$

od 2000 do 4000 sati rada; $K_d = 0,9$

preko 4000 sati rada; $K_d = 0,8$

Poznato je da se istim strojem na radilištu postižu različiti učinci, kao rezultat zastoja uzrokovanog loše postavljenom organizacijom (slaba uvježbanost rukovatelja strojem, loša koordinacija s drugim strojevima) te različitim terenskim i vremenskim uvjetima. Često se ne može sa sigurnošću teorijski utvrditi veličina pojedinoga koeficijenta, pa njegovu veličinu provjeravamo i utvrđujemo mjerenjima tijekom rada građevinskog stroja, a temeljem jedne od poznatih metoda za utvrđivanje normativa čime se planski učinak približava stvarnom učinku (U_s).

4. NAČINI NASIPANJA U SLOJEVIMA

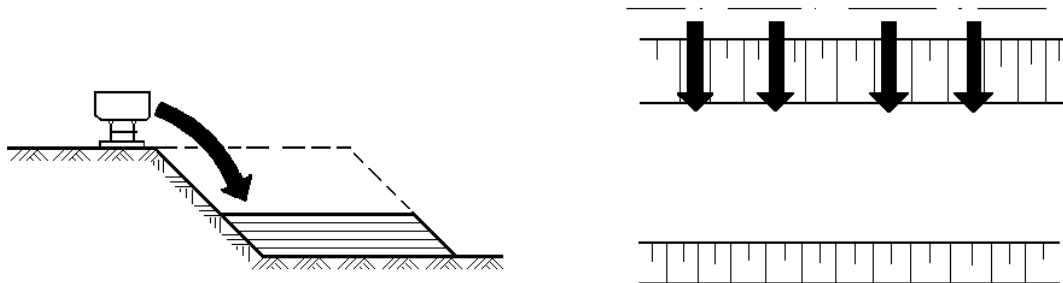
Osnovno pravilo

Kod ugrađivanja materijala u slojevima, debljina slojeva ovisi o vrsti tla i o alatima, odnosno strojevima za zbijanje tla.

Mora postojati dovoljno prostora za pražnjenje i okretanje transportnog vozila.

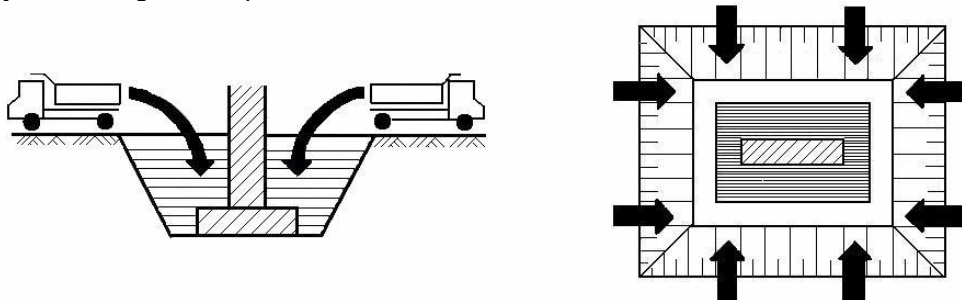
Načini nasipanja:

1.) Istovar niz padinu -za polunasipe.



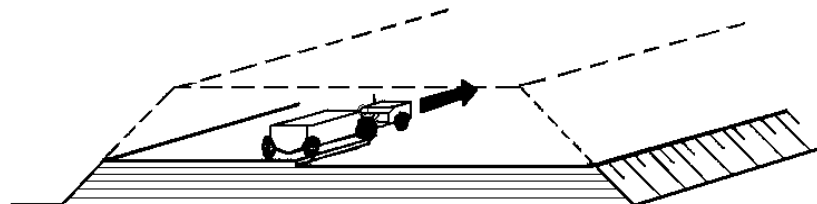
Slika: -Vozilo vozi paralelno s postojećom strminom i prazni se sa strane

2.) Pražnjenje odostraga -za ispune.



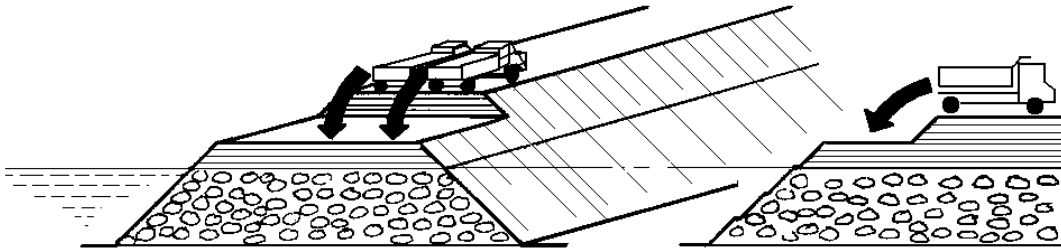
Slika: -Vozilo vozi paralelno s građevinskim iskopom i prazni se sa strane ili se vožnjom unatrag postavlja uz rub iskopa i prazni odostraga

3.) Pražnjenje u slojevima -za nasipe i sl.



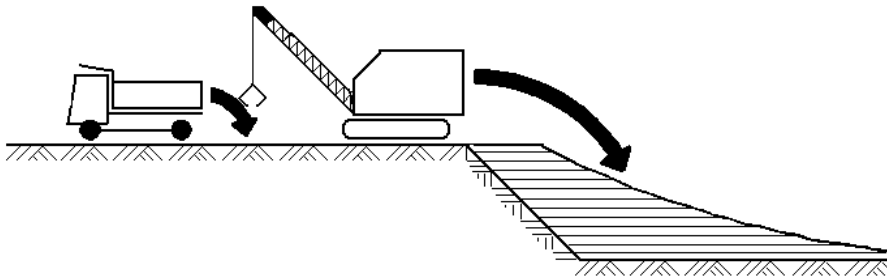
Slika: -Vozilo vozi paralelno s nasipom i prazni se u slojevima koji će se još poravnati strojevima za ugrađivanje

4.) Istovar s visine (npr. kipanje u vodu) -za nasipe i sl.



Slika: -Istovar vozila s visine

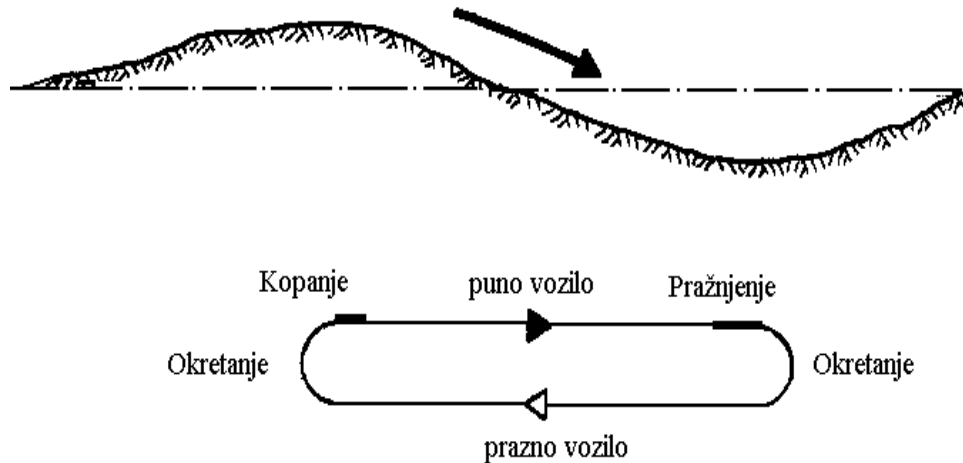
5.) Istovar skidanjem -za sve uzvisine i padine na terenu.



Slika: Istovar skidanjem

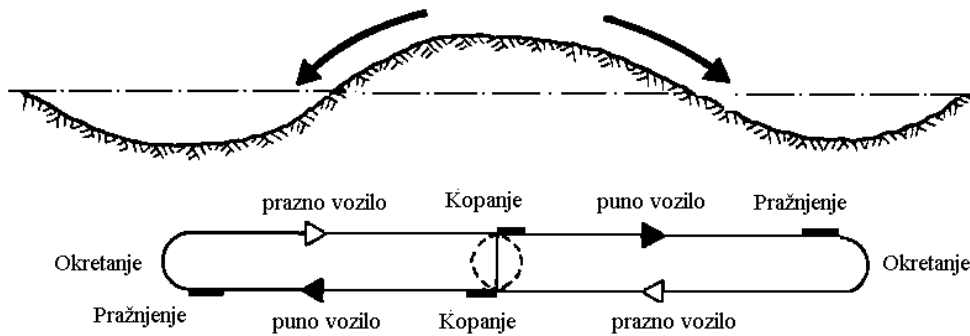
5. IZJEDNAČAVANJE ZEMLJANIH MASA TRANSPORTOM

1.) Jednostruki presjek sa prevozom u jednom smjeru



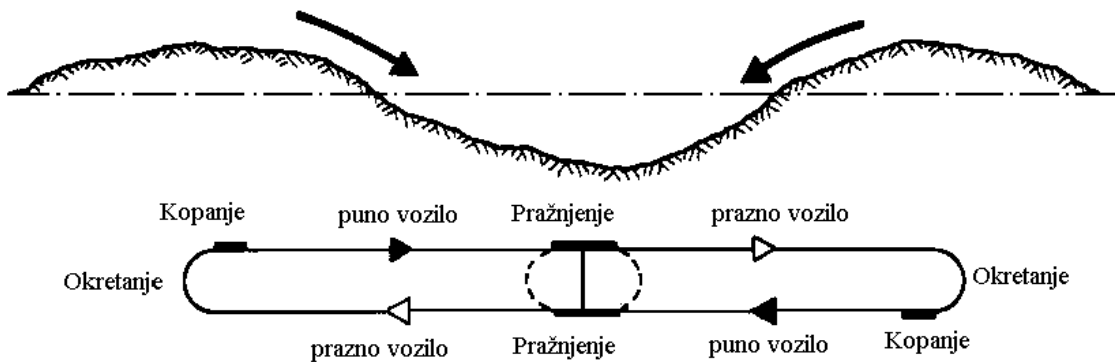
Slika: -Shema kretanja vozila s prevozom u jednom smjeru

2.) Jednostruki presjek sa prevozom u dva smjera (pražnjenje na dva mjesta)



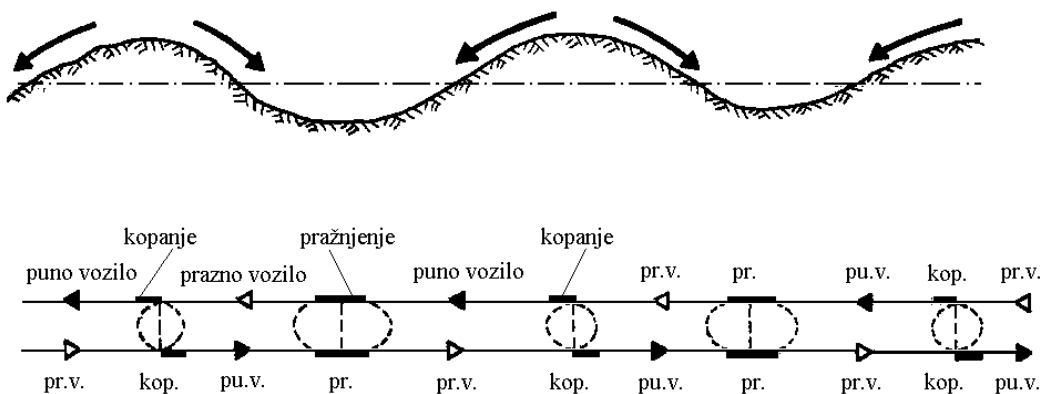
Slika: -Shema kretanja vozila s prevozom u dva smjera

3.) Dvostruki presjek sa prevozom u dva smjera (pražnjenje na jednom mjestu)



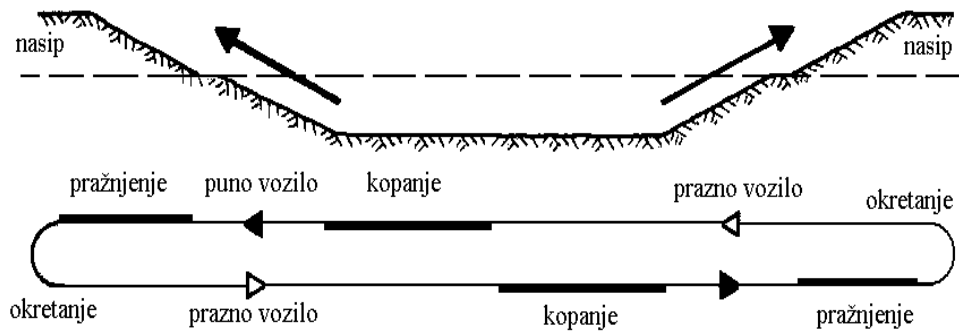
Slika: -Shema kretanja vozila s prevozom u dva smjera i pražnjenjem na jednom mjestu

4.) Višestruki presjek



Slika: -Primjena -izjednačavanje masa kod cesta i autocesta, manjih prokopa

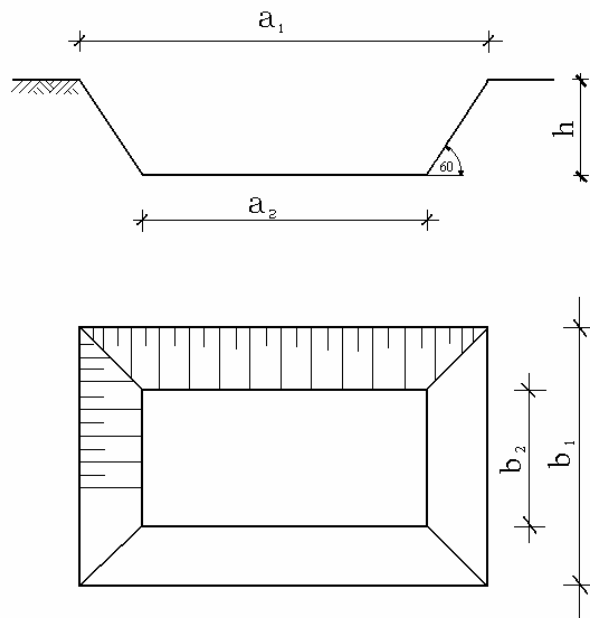
5.) Poprečni transport zemljanih masa



Slika Poprečni transport kod širokih kanala, prokopa

6. STANDARDI OBRAČUNA ZEMLJANIH RADOVA

6.1 Proračun iskopa građevinske jame prizmatičnog oblika



$$a_1 = 14,0 \text{ m}$$

$$b_1 = 9,0 \text{ m}$$

$$h = 1,73 \text{ m}$$

$$a_2 = 12,0 \text{ m}$$

$$b_2 = 7,0 \text{ m}$$

PRORAČUN :

$$V = \frac{h}{6} * (F + 4F_m + f);$$

$$V = \frac{1,73}{6} * (14,0 * 9,0 + 4 * \left[\frac{14,0 + 12,0}{2} * \frac{9,0 + 7,0}{2} \right] + 12,0 * 7,0) = 180,49 \text{ m}^3$$

ili prema približnoj formuli 1.: $V_1 = h * \left(\frac{E + f}{2} \right);$

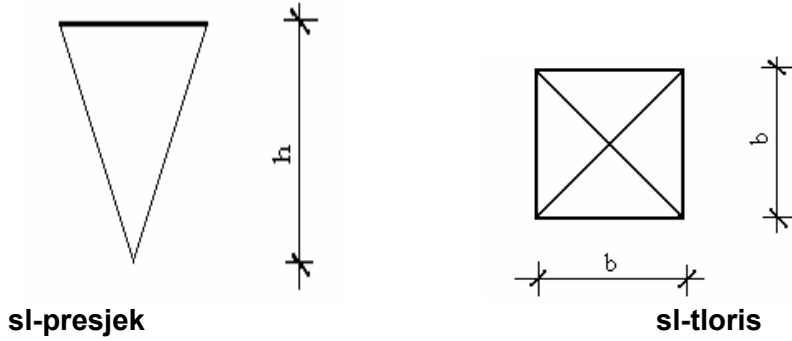
$$V_1 = 1,73 * \left(\frac{14,0 * 9,0 + 12,0 * 7,0}{2} \right) = 181,65 \text{ m}^3 \approx 180,49 \text{ m}^3$$

ili prema približnoj formuli 2.: $V_2 = h * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} * \frac{b_1 + b_2}{2} \right);$

$$V_2 = 1,73 * \left(\frac{14,0 + 12,0}{2} * \frac{9,0 + 7,0}{2} \right) = 179,92 \text{ m}^3 \approx$$

$$180,49 \text{ m}^3$$

6.2. Proračun iskopa građevinske jame u obliku piramide



PRORAČUN :

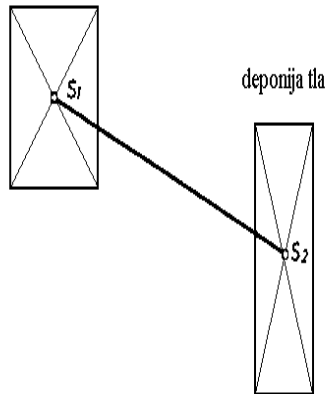
$$V = \frac{h}{6} * \left(b^2 + 4 * \left(\frac{b}{2} \right)^2 + 0 \right) = \frac{1}{3} * h * b^2$$

ili prema približnoj formuli 1.: $V_1 = h * \left(\frac{b^2 + 0}{2} \right) = \frac{1}{2} * h * b^2$ odstupanje= +50%

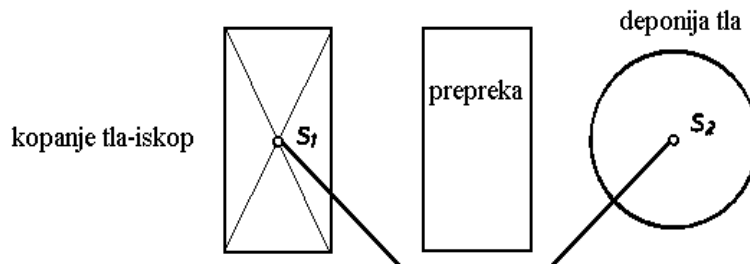
ili prema približnoj formuli 2. $V_2 = h * \left(\frac{b+0}{2} * \frac{b+0}{2} \right) = \frac{1}{4} * h * b^2$ odstupanje= +25%

6.3 Prijenos tla

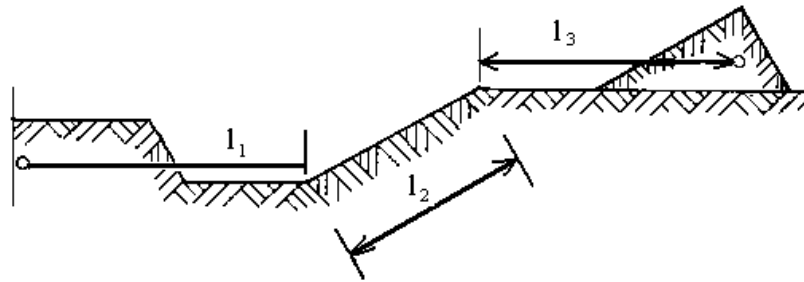
kopanje tla-iskop



Slika: -Prijenosni put S_1-S_2



Slika: -Prijenosni put S_1-S_2

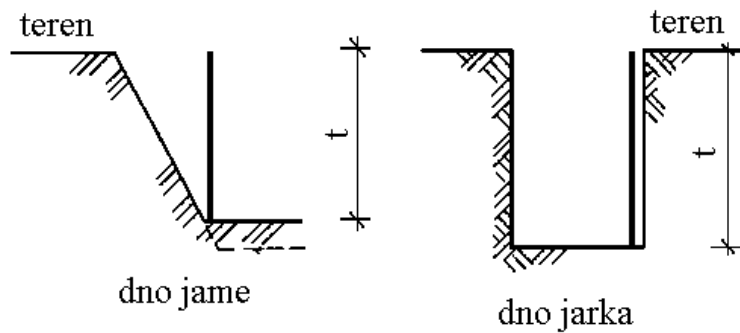


Slika: -Prijenos zemlje na gradilištu

PRIJENOSNI PUT = $l_1 + l_2 + l_3$

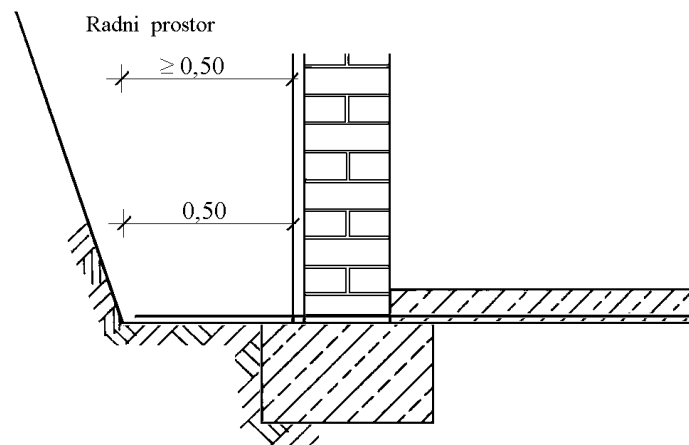
6.3. Građevinske jame i jarci

Određivanje dubine izbacivanja



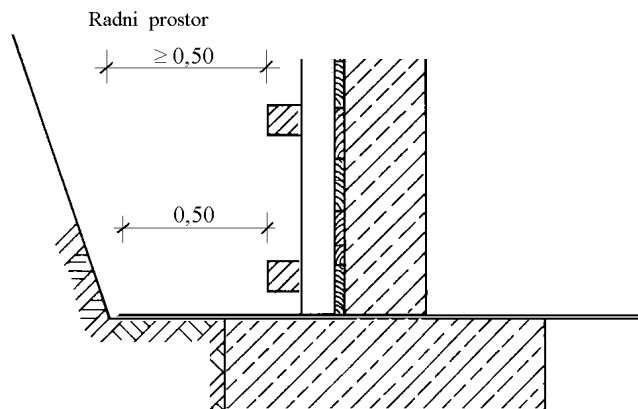
Slika –Građevinski iskopi

Određivanje potrebnog radnog prostora kod radova u jami



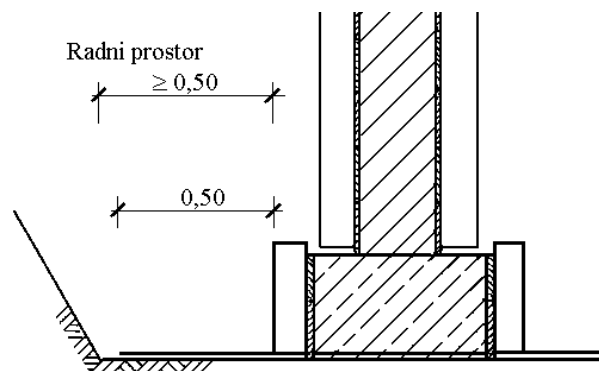
Slika: -Građevinska jama s kosinom

POTREBNA ŠIRINA DNA JAME = ZID + 0,50 m.



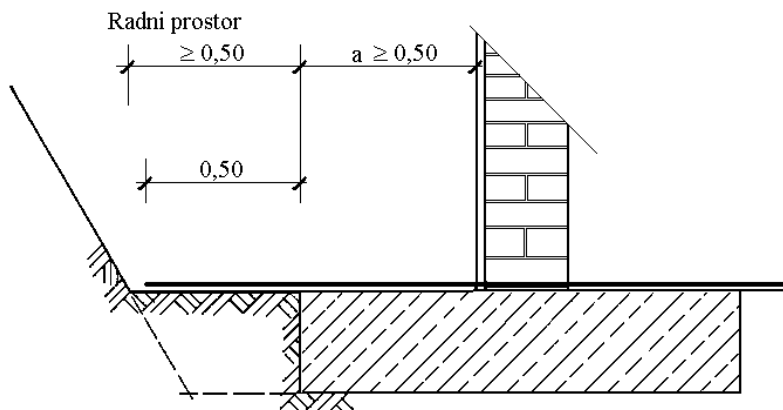
Slika: - Građevinska jama s kosinom

POTREBNA ŠIRINA DNA JAME=GORNJI DIO TEMELJA + OPLATA + 0,50 m.



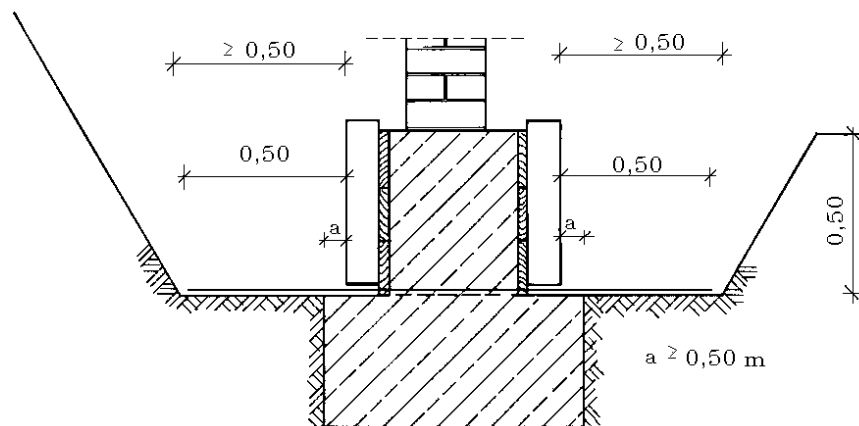
Slika: - Građevinska jama s kosinom

POTREBNA ŠIRINA DNA JAME=ZID + OPLATA + 0,50 m.



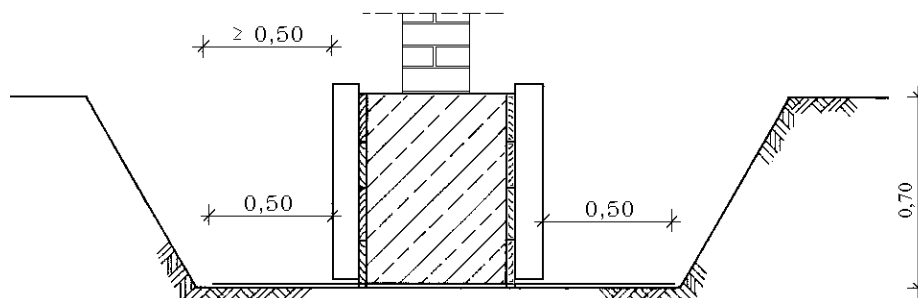
Slika: - Građevinska jama s kosinom

POTREBNA ŠIRINA DNA JAME = UDALJENOST OD ZIDA DO RUBA TEMELJA + 0,50 m.



Slika: -Građevinska jama s kosinom

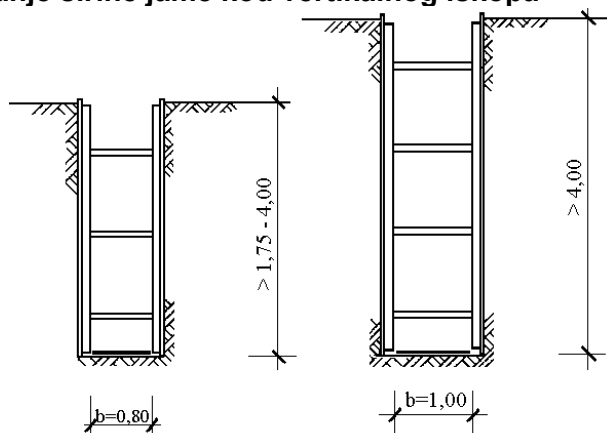
POTREBNA ŠIRINA DNA JAME = GORNJI DIO TEMELJA + 2* OPLATNA KONSTRUKCIJA + 2*0.50 m.



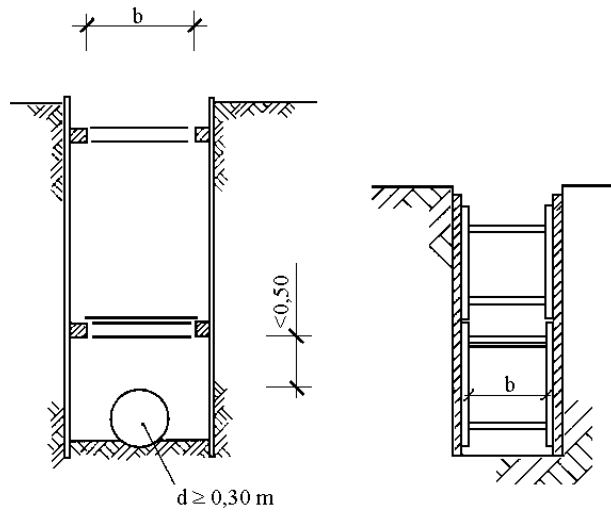
Sl.52.- Građevinska jama s kosinom.

POTREBNA ŠIRINA DNA JAME = TEMELJ + 2*OPLATNA KONSTRUKCIJA + 2* 0.50

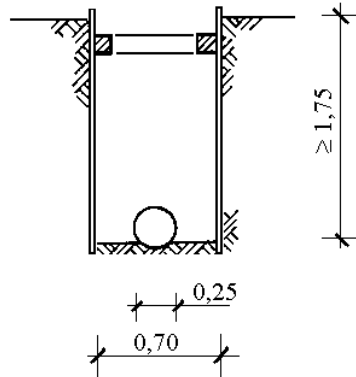
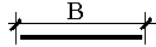
6.4 Određivanje širine jame kod vertikalnog iskopa



Slika: -Vertikalan iskop



Slika: -Vertikalan iskop -donji rub razupore je manje nego 0,50 m iznad cijevi.

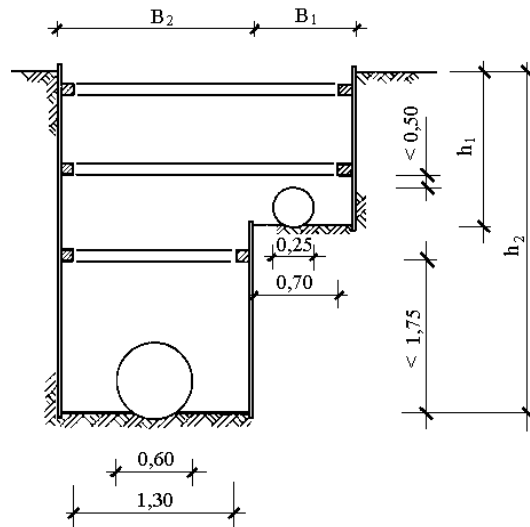


Slika: -Vertikalan iskop

Promjer cijevi $d=0,25$ m

Svijetla najmanja širina $b=d + 0,40$ m ;ali ne manje od 0,70m

ŠIRINA JAME $B= b + 2* \text{podupiranje}$.



Slika: -Stepenasta jama

GORNJA CIJEV: Promjer cijevi $d_1 = 0,25$ m

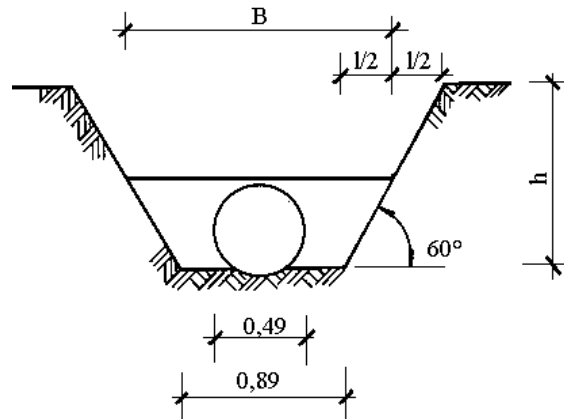
Svijetla najmanja širina $b_1 = d + 0,40$ m; ali ne manje od 0,70m

ŠIRINA JAME $B_1 = b_1 + 1 \cdot \text{podupiranje}$

DONJA CIJEV : Promjer cijevi $d_2 = 0,60$ m

Svijetla najmanja širina $b_2 = d_2 + 0,70$ m = 1,30 m

ŠIRINA JAME $B_2 = b_2 + 2 \cdot \text{podupiranje}$

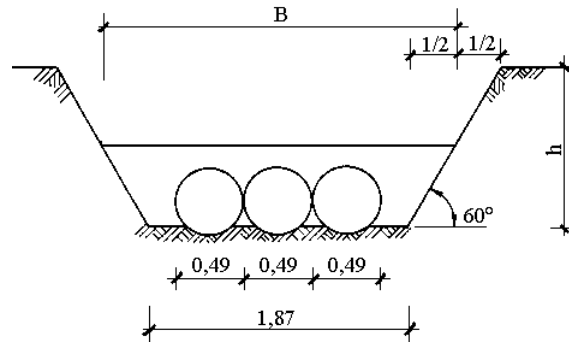


Slika: -Kopanje pod nagibom

Promjer cijevi $d = 0,49$ m

Svijetla najmanja širina dna jame $b = d + 0,40 = 0,89$ m

ŠIRINA JAME $B = b + 2 \cdot 1/2 \cdot \text{širine nagiba}$

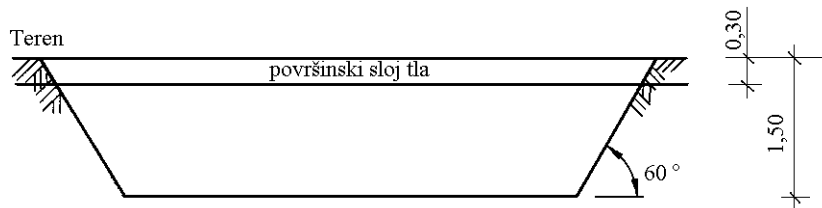


Slika: -Kopanje pod nagibom

Promjer cijevi $d = 0,49$ m

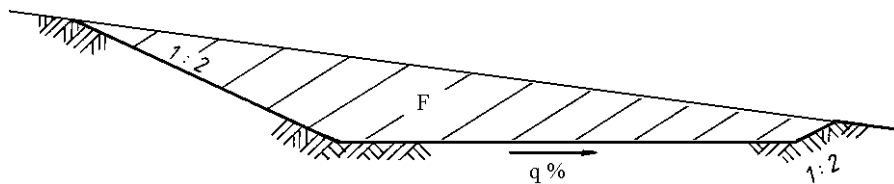
Svijetla najmanja širina dna jame $b = 3 \cdot d + 0,40 = 1,87$ m

ŠIRINA JAME $B = b + 2 \cdot 1/2 \cdot \text{širine nagiba}$

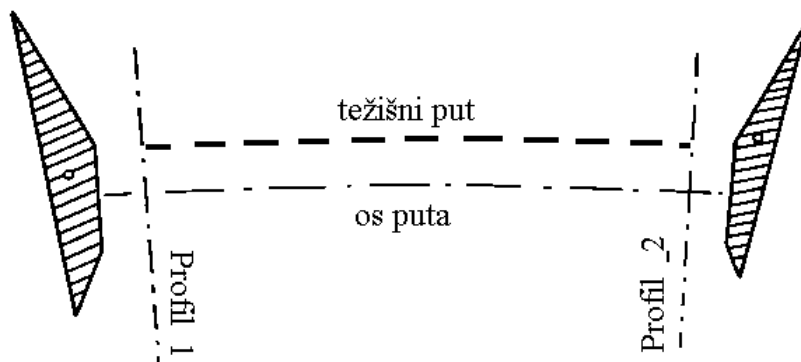


Slika: -Iznos različitih vrsta tla

6.5 Iznosi iskopa i nasipa

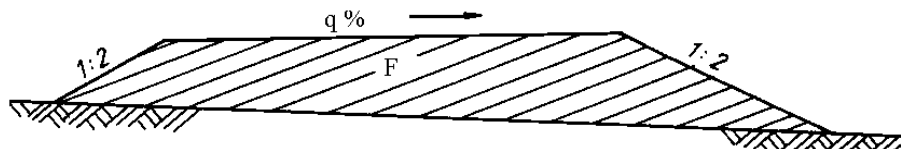


$$\text{IZNOS } V = \frac{F_1 + F_2}{2} * \text{DUŽINA}$$



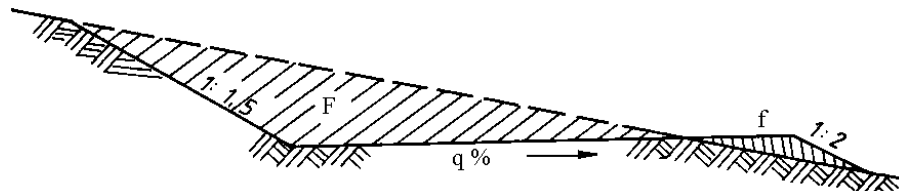
Slika: -Presjek ceste u krivini

$$\text{IZNOS } V = \frac{F_1 + F_2}{2} * \text{DUŽINA (težišni put)}$$



SI.62.-Cestovni nasip

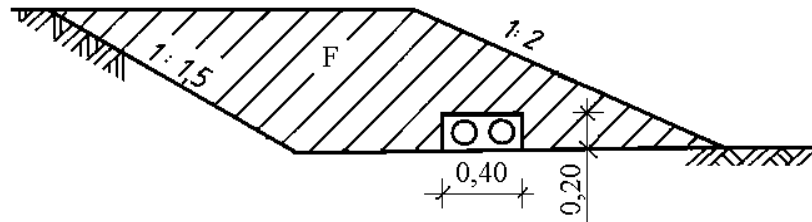
$$\text{NASIP } V = \frac{F_1 + F_2}{2} * \text{DUŽINA}$$



Slika: -Zasjek

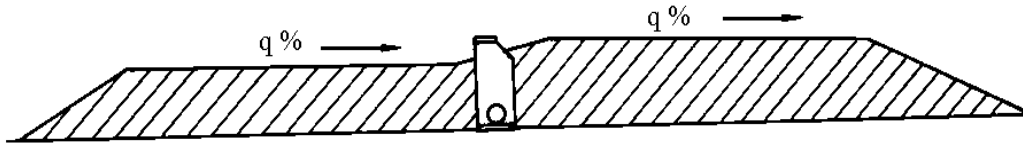
$$\text{IZNOS } V = \frac{F_1 + F_2}{2} * \text{DUŽINA}$$

$$\text{NASIP } V = \frac{f_1 + f_2}{2} * \text{DUŽINA}$$

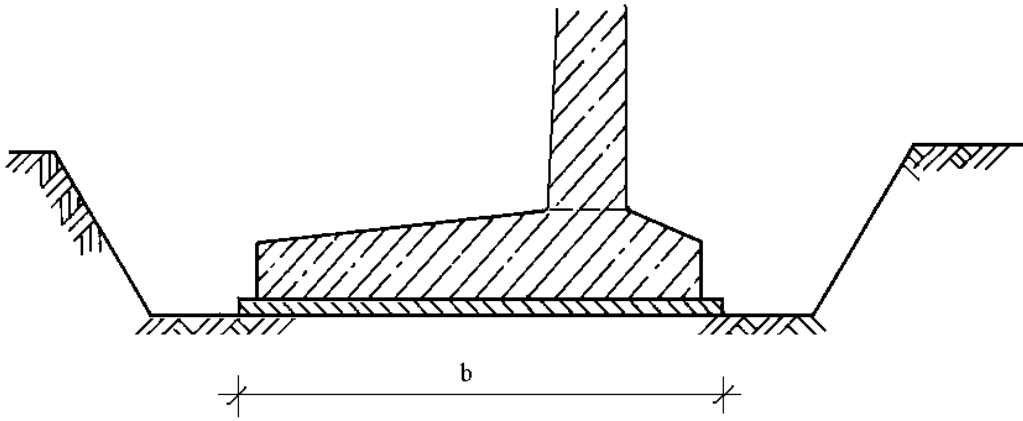


Slika: -Proširenje ceste

$$\text{NASIP } V = \frac{F_1 + F_2}{2} * \text{DUŽINA}$$



Slika:.-Cestovni nasip sa odvodnjom u sredini



Slika: -Dno jame ispod potpornog zida je zbijeno

$$\text{POVRŠINA ZBIJANJA} = b * \text{DUŽINA}$$

III) PROIZVODNJA A.B. KONSTRUKCIJA

1 PROIZVODNJA, TRANSPORT I UGRADBA SVJEŽE BETONSKE MJEŠAVINE

1.1. Analiza problema

Beton se u današnjoj konstruktivnoj inženjerskoj gradnji razvio u najvažniji element gradnje za podizanje visokih i industrijskih zgrada, ulica, mostova, podzemnih građevina itd. To je s jedne strane zbog visoke mogućnosti opterećenja i ustrajnosti materijala, s druge strane zbog činjenice, da se gotovo svi geometrijski oblici prema želji proizvođača mogu proizvesti. Osim toga beton se za mnoštvo građevinskih dijelova može koristiti i zbog svojih svojstava kojim prednjači u ispunjavanju zahtjeva pred drugim materijalima. Bez sumnje se beton ubraja u masovne proizvode našeg vremena.

1.2. Tehnički zahtjevi građevine

Pod konstruktivnim stajalištima betonska građevina se dijeli u četiri područja:

1. Jedinstvena betonska građevina
2. armirano-betonska građevina
3. prednapeta betonska građevina
4. specijalna betonska građevina.

Za realizaciju betonskih građevina potrebni su građevinski dijelovi poput temelja, podova, zidova, stupova, grede, kutije, ploče itd. U okviru tih radnji, pored glavnog materijala, betona, uključuju se prema konstruktivnoj potrebi, čelik u različitim oblicima i veličinama, materijal za pukotine i prigušivanje. Ako se na gradilište ne dovozi gotov betonski element, nego se kao svježi beton treba ugraditi u građevinu, tada je oplata nužna, kako bi se relativno tekućem materijalu dala mogućnost formiranja u predviđene geometrijske oblike.

Težišne točke u gradnji sa betonom čine:

- a) Nabavljanje pojedinih građevnih tvari pijesak, šljunak, cement, voda, dodatna sredstva, čelik, daske za oplatu, skele, sitni materijal,
- b) Priprema svih materijala za konstruktivne dijelove u dovoljnoj mjeri i kvaliteti,
- c) Ugradnja svih građevinskih tvari u za to predviđene cjeline.

Što se tiče vrste prerađenosti građevinskog materijala, razlikujemo:

- teški-više od 2800 kg/m^3 (rudače i minerali koji sadrže barit ili čelične okside-čelične strugotine)
- normalni-od $2000\text{-}2800 \text{ kg/m}^3$ (prirodni materijali-šljunak, pijesak, tucanik itd.)
- laki beton-do 2000 kg/m^3 (grubi leteći pepeo, ekspandirane granule polimera)

1.3. Materijal za preradu (komponente)

Već ionako djelomice teški zadaci, uzrokovani preradom vrlo različitih tvari u jednu cjelinu, popraćeni su dodatnim otežavanjem, koji proizlaze kemijskim i fizikalnim ponašanjem betona. Postupci odvajanja i otvrdnuća, prilikom čega se cement, voda i agregat transformiraju iz svježeg stanja kao takozvano cementno ljepilo u čvrst oblik kao takozvani cementni kamen, kroz kemijske reakcije, moraju se u sve tehnološki-logično i vremensko ovisno razmatranje integrirati.

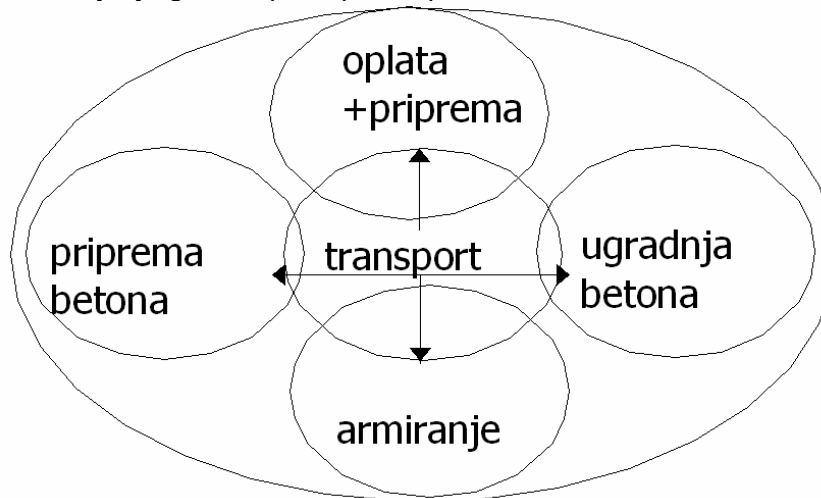
Vrste cementa se dijele na:

1. čisti portland cement
2. portland cement s miješanim dodatcima
3. portland cementi sa dodatkom šljake visoke peći
4. pucolanski cementi
5. miješani cementi

Svježi beton, u pogledu na njegovu konzistenciju, označava se kao kruti, plastični ili tekući beton.

Sistemski pristup je u području tehnologije gradnje betonom mnogo više ukorijenjen, nego što bi na prvi pogled zaključili, jer kompleksna povezanost u izradi betona sa drugim sredstvima nije više bezopasna i nepredvidiva. To znači da se svako izdavanje proizvoda mora držati pod stalnom kvalitativnom, kvantitativnom i ekonomskom kontrolom, kako bih odmah mogli reagirati na nepoželjne procese i rezultate.

Sistem betonske gradnje može se shvatiti kao slika dva križajuća lanca, gdje se jedan lanac sastoji od djelomičnih članova betonskog područja, a drugi se tvori od ljske. Zajednički povezani član predstavlja tehnološke sisteme transporta za prelazak svih mjesnih putova Svaki djelomični sistem predstavlja svoj vlastiti pravilni krug. Cilj mora biti, preko uskih preplitanja sa obostranim povezivanjem informacija, postići optimalan, kontinuirani skupni tok. Transporti u neposrednoj povezanosti sa gotovim procesom, na primjer punjenje miješalice, prikazuju se zajedno sa određenim postupkom. Razlog u tom ograničavanju je u svjesnoj koncentraciji na jedno uvodno predstavljanje glavnih postupaka i povezanosti sistema.



Slika:-Gradnja s betonom kao sistem isprepletenih lanaca

1.4. Osnovni sistemi doziranja i miješanja betona

Među najvažnije postupke u betonskoj gradnji, prema pravilima kakvoće, pripadaju mjerenje i doziranje čvrstih i tekućih tvari. Samo sistem sa besprijekorno funkcionalnim mjerilima, garantira kvalitetan beton, a na drugoj strani ne dopušta predoziranje jedne materijalne komponente. Za proizvodnju betona koristimo slijedeća tri sektora doziranja:

1. propisane količine dodatnih tvari
2. propisano dodavanje količine sredstva za povezivanje cementa
3. propisano dodavanje količine vode

Opis postupka doziranja i miješanja

a) Doziranje dodatnih tvari

Za određivanje određene recepture dodatnih tvari imamo dvije mogućnosti, količinu odrediti težinom (gravimetrijska) ili po podjeli na prostoru (volumetrijska), u pravilu se koristi težišno mjerenje. Uređaji za doziranje upotrebljavaju se ili kao posudična vozila ili kao vozila na traci; zbog toga rade u smjenama ili neprekidno.

Vozila dodatnih tvari i cementa imaju slijedeće varijantsko konstruktivne razlike:

1. vaga sa opružnim pokazivačem sa kružnim kazaljka i otvorenom skalom,
2. vaga sa kružnom kazaljkom sa zatvorenom kružnom kazaljkom, (glavni instrument za 1. i 2.; opruga),

3. kantar sa pomičnim utegom na kantar na gredi vage, (glavni instrument: pomični uteg na kantar),
4. elektromehanička vaga sa mjerenjima sile.

Jedan daljnji važni čimbenik razlike, tehničkog sistema doziranja je u načinu upravljanja:

1. ručno upravljanje dodijeljivača za prtok materijala i zatvarača za ispražnjavanje posuda,
2. električno upravljanje preko impulsa za prebacivanje dodijeljivača tvari, kao elektro motorička ili elektro pneumatska sila zatvarača, dozirajućih gurača itd.

Za doziranje dodatnih tvari imamo:

-lijevkasti silos: duboki silos – razvrstano vaganje, vaganje visokog silosa, plitka posuda – vaga za razvrstavanje

-vaga za miješanje: koso penjajuća vaga, vaganje mosta

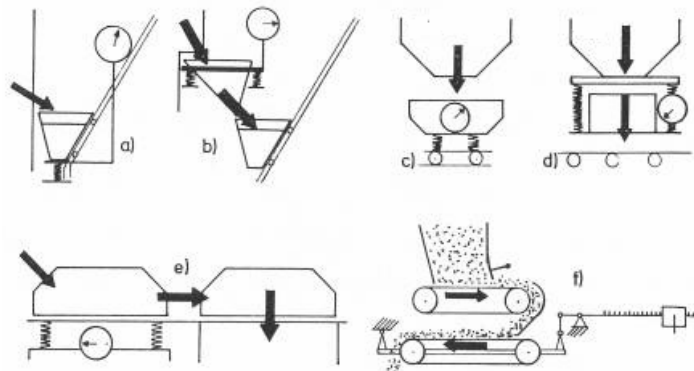
-vaganje posuda: ručno upravljanje, poluautomatski, automatski,

-pokretna silos vaga sa ručnim kliznim podvozjem, kružna kipajuća vaga,

-vaga na traci, sprava za doziranje sa trakom (volumetrično mjerenje),

-transportna vaga

Bitni principi poretka mjernih usmjeravanja kod sistema mjerenja težine od dodatnih tvari su vidljive na slici ispod.



Slika: Sistemi mjerenja težine

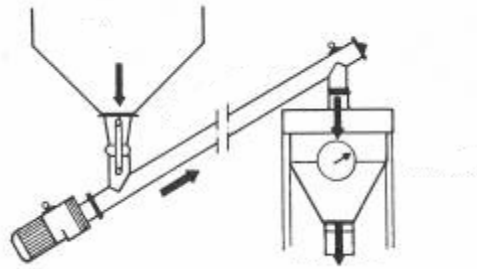
- a) vaga je poredana na opskrbljivačkoj posudi,
- b) vaga je nadređena opskrbljivačkoj posudi,
- c) vaga je ispod poticajne posude,
- d) vaga je ispod sita
- e) vaga je poredana pored mješalice
- f) vaga je podređena traci (vaga na traci).

b) doziranje cementa

Kod doziranja cementa odnosi su drukčiji nego kod dodatnih tvari, jer DIN 1045 zahtjeva posebni dodatak sa točnošću od $\pm 3\%$. Pošto se danas kod većih količina betona često koristi silo cement, neophodno je mjerenje sredstava za vezanje pomoću cementnih vaga. Te vage opremljene pokretnim utezima nalaze se iznad mješalice ili opskrbljivačke posude i pune se preko cementnih puževa ili zupčanih dodijeljivača iz silosa.

Varijante postupaka su kroz slijedeće vrste vaga označene:

1. ručno upravljana statična cementna vaga,
2. ručno upravljana vitlana i pokretna cementna vaga,
3. električno upravljajuće spremišne vage, pokretna, prazni se ručno,
4. kao i gore navedeno, samo se električno i sa zračnim pritiskom prazni,
5. električno upravljane spremišne vage, statične,
6. cementne vage u obliku puža,
7. cementni silos – njihajuća vaga



Slika: Cementna vaga sa dobavljačkom cijevi, kinematika

c) doziranje vode

Postupak mjerenja dodatne vode mora prema DIN-u biti tako podešen, da se osigurava točnost količine od $\pm 3\%$; mjerodavne su dane vrijednosti za konzistenciju, odnosno za vrijednost cementa u vodi. Danas se koriste sprave za mjerenje vode sa vodenim satovima na kojima se unaprijed namješta količina, kod kojih se količina mjeri pomoću vodenih satova. Reguliranje se provodi ili sa brzim šinama ručno ili sa elektromagnetskim prolaznim ventilima na električki način. Za velike miješalice razvili su se nove sprave, koje pomoću električnih otpornih mjerila samo regulirajući u dodacima prisutne količine vode primaju i na dodavajući volumen vode zbraja; one se zovu dozirajući higrometar.

1.5. Strojno miješanje betona

Krajnji postupci strojnog miješanja pripreme betona mogu se na isti način koristiti i za zidne ili stropne cementne žbuke. Oni su obuhvaćeni pod brojkama 1 -3 u točki 1.3.

Postupak 1 iz točke 1.3 poklapa se sa ručnim miješanjem morta. Kod 2. postupka sve teče jednostavnije nego što je to kod 3. postupka.

Ako strojeve za miješanje promatramo (točka 1.3, br. 3) prema principu tijeka materijala tijekom miješanja, tada razlikujemo dva načina sistema:

1. kontinuirani (trajni) miješajući sistem
2. povremen (djelomični) miješajući sistem

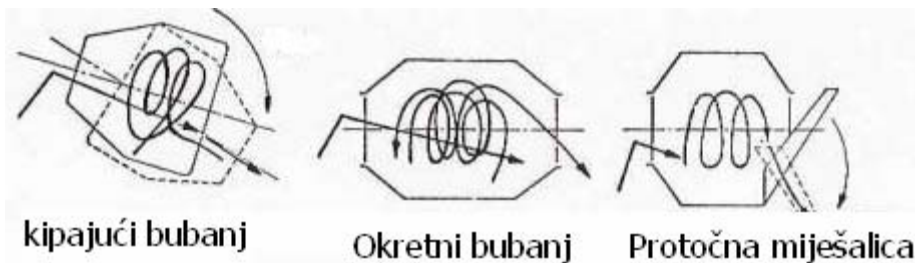
Problem kod trajnih miješalica je u osiguranju ravnomjernog sastava materijala. Konstrukcija kontinuirano radnih miješalica je, ili dugo ispružen, na krivo padajući bubanj ili kao valovita posuda sa miješalicom u obliku puža. Značajna prednost je u tome što se dobiva velika snaga sa niskom potrošnjom energije. Kod pretežito upotrebljivanih punećih miješalica, posuda miješalice puni se i prazni samo povremeno. Konstruktivne razlike su u pogledu na konstrukciju posude za miješanje i tijekom postupka miješanja.

Oblici posuda za miješanje mogu biti: 1. bubanj, 2. tanjur, 3. duboko korito.

Sa bubnjom koristimo efekt prirodnih zakona, kojega komponente miješanog dobra pokazuju prilikom okretanja. Masa nalik tijestu miješa se sa dodacima i sredstvima za vezanje, te vodom, uzduž unutrašnjih obloga, dok se ne podignu pomoću poredanih, formiranih limova do centra bubnja i zbog njene sile teže u slobodnom padu, padaju natrag do donjeg predjela bubnja, gdje se spaja sa ostalim materijalom. Cikličko ponavljanje tog postupka izaziva stalno kretanje materijala, dok se ne dobije ista raspodjela udjela. Taj princip miješanja naziva se i „slobodno padno miješanje“, a strojeve „slobodno padne strojeve“.

Kao varijante tog postupka spomenuti ćemo slijedeće vrste strojeva:

- a. kipajući bubanj, b. okretni bubanj, c. protočna miješalica



Slika: -Princip miješalica i smijer kretanja materijala za miješanje

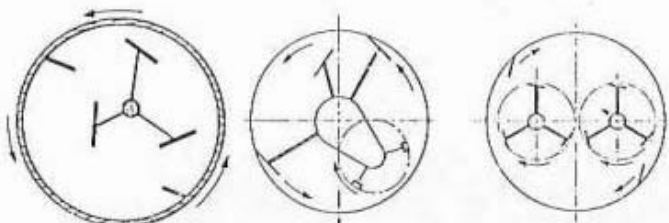
Kipajući bubanj je opremljen sa otvorom, kroz koji se i puni i prazni materijal, i tako je napravljen, da se može kipati tijekom okretanja samog bubnja; smijer okretanja ostaje uvijek isti.

Nasuprot tome, kod okretnog bubnja je bubanj vodoravan, obostrano otvoren, okreće se u oba smjera i kroz specijalan oblik lopate, materijal se zadržava u centru miješalice. Za pražnjenje se posuda pokreće u suprotnom smjeru, tako se beton izbacuje na otvor za sipanje.

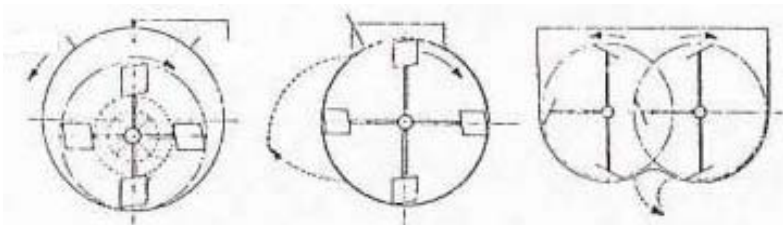
Slična obilježja ima i protočna miješalica, iako se kod pražnjenja cilindrični bubanj kreće i dalje u jednom smjeru, sadržaj se otvaranjem poklopca izbacuje.

Drugi postupni uvjeti su kod korištenja miješanih posuda tanjura i korita. Obje posude za miješanje su prema gore otvorene, materijal se miješa na donjoj površini posude. Pokreće se i miješa pomoću električne miješalice; kod tanjurastih miješalica se taj postupak često podržava okretima tanjura u suprotnome smjeru. Govorimo o „prisilnom miješanju“. Pošto se zrnasti dijelovi drže u vodi, tijekom punjenja nastala gnijezda i grudice moraju se relativno brzo razbiti, te se sa vodom i cementnom kašom spojiti. Na taj način se događa intenzivno miješanje sa kraćim vremenom miješanja, nego kod miješalica sa bubnjem.

Ulazni otvori oba oblika posuda su u gornjem dijelu i kroz prevrtanje služe istovremeno za pražnjenje; drugi tipovi prazne materijal preko podnih otvora ili otvora sa strane.



Slika: -Pogled na različite tipove tanjurastih miješalica



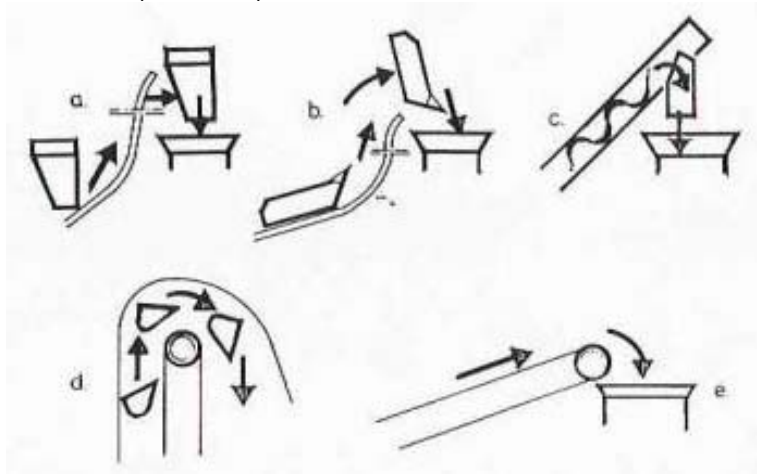
Presjek kroz jedno- i dvovalnu koritastu miješalicu

Slika: -Princip rada tanjurastih i koritastih miješalica

U pogledu na način punjenja kod svih vrsta miješalica razlikujemo između direktnog i indirektnog punjenja.

U direktne metode ubrajaju se: neposredno ručno ubacivanje materijala u miješalicu, punjenje cementa iz vage kroz ulazne podupirače u bubanj miješalice i direktno dodavanje vode, preko vodenih cijevi, sa sapnicom za štrcanje.

Indirektno punjenje miješalice sa materijalom odvija se preko kante sa materijalom koja je nadograđena na miješalicu (sa podnim pražnjenjem ili kao kutija za istovar. Indirektnom punjenju cementa služi poticajni cementni puž (vidi slike). Visoki silos dodatnih materijala puni se liftom odnosno poticajnim trakama (vidi slike).



Slika: -Kinematika postupka punjenja

Pod obzirom mjesnog dodjeljivanja i gradnje dijelova miješalice, možemo ih podijeliti u
1. zvjezdasta naprava, 2. naprava u redovima, 3. toranjska naprava

Zvjezdani poredak sadrži sektorsko oblikovanu napravu područja skladištenja agregata sa koncentracijom na miješalicu betona, kod naprave u redovima je agregat u redovima poredan i skladište se u silosima. Za dugoročni stacionarni pogon pogodne su takozvane toranjske naprave, čija je gradnja tako uređena, da se miješalica, sprava za mjerenje i rezervni silos nalaze vertikalno jedna iznad druge i na taj način dođe do izražaja sila teže materijala.

1.6. Transporti komponenti za spravljanje betona I svježe betonske mješavine

Kao važan temelj za izbor transportnog sredstva, mora se uvijek paziti, da prije svega uslijedi procjena uvjeta gradilišta po određenim parametrima količine materijala, daljine, visine, prostora gradnje, brzine gradnje i stanje materijala.

Betonska gradnja je opisana u slijedećim dijelovima transporta:

1. Transport sa izvora sirovine do pripremnog postrojenja i mjesta gradnje (ostaje ovdje nezapaženo),
2. Transport dodatnih tvari od stajališnog mjesta do miješalice
3. Transport cementa od silosa do miješalice
4. Transport vode od vodiča do miješalice
5. Transport oblaganja od mjesta oblaganja do montažnog mjesta i natrag
6. Transport opskrbljivača od mjesta savijanja do montažnog mjesta i natrag
7. Transport betona od miješalice do istovarnog mjesta

Opisi postupaka prijenosa i transporta

a) transport pomoću sile teže

Kod transporta betona ne smije se prekoračiti visina slobodnog pada od cca. 1,0 m, jer prijeti razmješavanje količine tvari. Slobodni pad betona pojavljuje se kod bacanja lopatom, na donjem dijelu tobogana, rina, cijevi, na mjestu bacanja kod transportnih traka ili na ruci dizalice i na taj način dolazi u kombinaciju sa drugim varijantama (usporedi sliku 10).

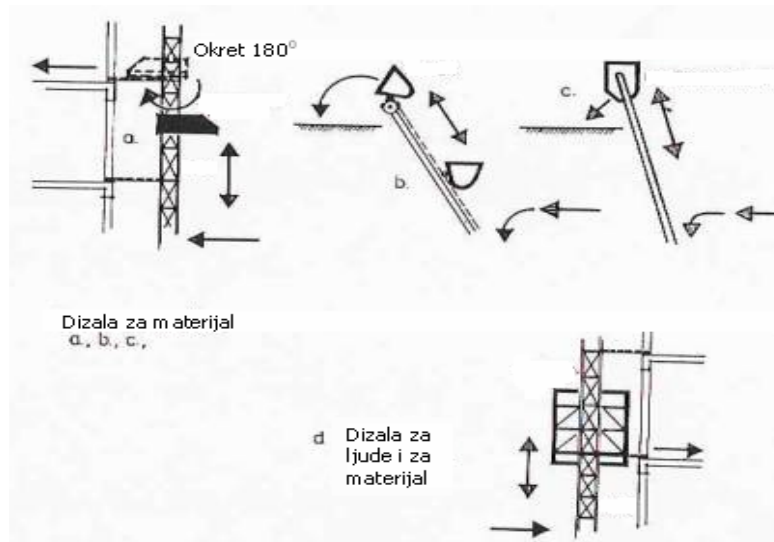
b) transport sa dizalom

Ovdje razlikujemo između

1. Transport sa dizalom za materijal
2. Transport sa kombiniranim dizalom za ljude i materijal
3. Transport osoba i materijala, koji je instaliran na gradilištu (zapostavlja se kao zaseban slučaj)

Na željeznoj konstrukciji transportna korpa se kreće vertikalno – kod malih dizala materijala i u nagnutom stanju – prema gore i dolje. Preko uvojka idu vitlom upravljane čelične sajle, pričvršćene na kipajuću posudu odnosno posudu sa podnim pražnjenjem (samo dizala za materijal) ili pokretnim platformama kao okretno ili prolazne platforme (kombinirana dizala). Dizala za materijal mogu se koristiti kao vozna i tako brzo ostvarena konstrukcija na dvo osovinskim vozilima ili kao koncipirani uređaji na statičnoj skeli. Što se tiče vrste konstrukcije dizala, tako razlikujemo dizala sa jednom ili dvije šine, namješteni-, priključni- ili brzo građevinsko dizalo; kod vođenja na jednoj šini potrebno je njihanje poticajnog stroja za 180° stupnjeva.

Dizala predviđena za ljude i za materijal podliježu u pogledu transporta ljudi vrlo strogim sigurnosnim pravilima, tako da je konstruktivno stvaranje mnogo napornije nego kod dizala za materijal.



Slika: :Kinematske varijante građ. dizala

c) transport sa okretnom dizalicom i tornjem

Prema DIN 15 001 pod pojmom dizalica misli se na uređaj, „gdje teret visi na jednom nosivom uređaju, većinom na jednoj sajli, diže se i može se pokretati u jednom ili više smjerova“. Glavna grupa stroj dijeli se u dizalice na mostovima, portalne, kablovske i dizalice koje se okreću.

Okretne dizalice sa tornjem su danas najvažnije transportno sredstvo na gradilištima.

Prema podacima iz točke 1.3 (broj 13) razlikujemo slijedeće varijante postupaka (usporedit i sliku 8):

1. Okretne dizalice sa tornjem bez portala sa polugom, na šinama, zračnim gumama ili gusjenicama,
2. Toranjska dizalica bez portala sa pokretnom rukom
3. Kamionske okretne dizalice sa tornjem sa portalom i podvozjem na šinama,
4. Stacionarni toranjska kao zgradna ili penjajuća dizalica sa pokretnom rukom i protutežnim podvozjem, polugom ili zglobnim izdanjem.

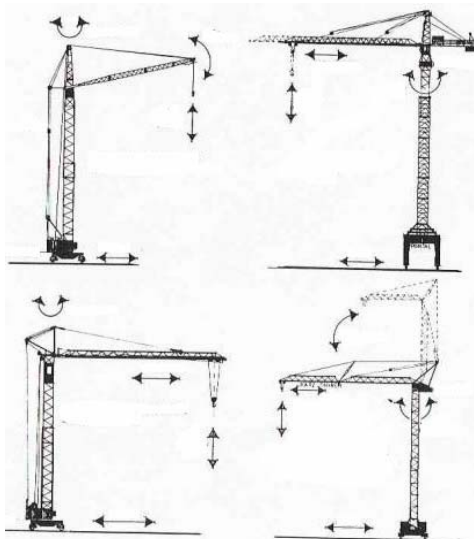
Stupovi dizalice kao stručne konstrukcije mogu se ugurati strogo ili teleskopno odnosno mogu se sklopiti. Portalne dizalice, koje su komplicirane za postavljanje i demontiranje imaju portalni okvir vođen na šinama, na kojem je stavljen toranj dizalice; njena uporaba isplativa je samo za dulju uporabu na jednom mjestu.

Vrtnje okretne dizalice sa tornjem moguća je na dva načina:

- a) u podnožju okretnog stroja na motki, prilikom čega se cijeli stup okreće,
- b) na stroju koji se nalazi vrhu motke za teške i visoke dizalice, prilikom čega je okretni izlagač pričvršćen na statičnom stupu dizalice.

Što se tiče upravljanja strojara, tako se može na stupu dizalice pričvrstiti prostorija ili se pokreti dizalice mogu odvojene točke upravljanja, pomoću daljinskog upravljača, sa strane vođe dizalice, upravljati.

Sredstva za dizanje koji pripadaju uz dizalicu, sastoje se od različitih sajli, eventualnih kukasti lanaca i teretne kuke, kao i kranskog vitla sa kukom, betonske posude, korpe od kamena i druge.



Slika: -Okretna dizalica sa tornjem – varijante i njena kinematika

c) transport pumpama

Postupni princip je označen pokretačkom energijom pumpi, koja se mehanički prenosi na svježi beton; na taj način se stiže plastični materijal kroz čvrste(metal) ili fleksibilne (plastika ili armirana guma) cijevi promjera 80 – 200 mm. Po načinu gradnje razlikujemo pumpe sa klipom i rotor pumpe.

Način rada pumpi sa klipom teče ovako: Poticajni klip se pomoću hidrauličnog pritiska pokreće. Kod povratka (usisno dizanje) puni se iz posude za beton cilindar kroz otvoreni ulazni ventila, materijalom, dok klip nije zauzeo krajnju poziciju. Tada se zatvara ulazni poklopac, a otvara se izlazni, tako da se dizanjem klipa (pokretanje naprijed) plastična masa utiskuje u vod cijevi. Kod dizanja pritiskom, istovremeno se iz prostorije koja se nalazi iza poticajnog cilindra, puni voda u slobodni prostor cilindra kako bi saprala ostatke betona sa unutrašnjosti.

Rotirajuće pumpe rade po jednom sasvim suprotnom principu. Ovdje se na mjestu poticajnog cilindra istiskuje najlonom pojačano crijevo sa rotirajućim valjcima ili rolama i tako se beton tiska u vod cijevi. Crijevo koje se nalazi u jednoj posudi sa laganim pod pritiskom, odmah nakon istiskivanja poprima isti promjer, tako da u slučaju djelovanja nakupljenja, uvijek novi beton teče. Betonske pumpe pokreću se elektromotorima i dizel motorima, pokretanje klipova kod starijih modela je mehanički, kod novijih verzija vodeni ili uljno hidraulički. Daljnje razlike su u vrsti podvozja: sa jednom šinom za uporabu na gradilištima, pokretne na kamionskim okvirima, prikolice sa dvije šine ili samovozne. Vezano za broj cilindara, razlikujemo sprave sa

jednocilindričnim i dvocilindričnim pumpama. Lijevak za materijal može biti opremljen sa miješalicom, ali i ne mora.

Kroz razvoj manjih betonskih pumpi, fleksibilnih i na taj način jednostavnijih cijevi za uporabu, višestruko pokretni cijevni stupci (stacionarni na vozilu, često u kombinaciji sa pumpom), pumpanje betona postalo je isplativo i za manja gradilišta.

Svakako je uporaba tog postupka vezano za neke pretpostavke, koji se od poticajnog dobra moraju ispuniti; više točki ćemo ovdje spomenuti:

1. Sastavljanje betonskih sastojaka mora biti tako birana, da beton ne odbacuje vodu i da se usput ne rastave sastavni dijelovi smjese (začepljenje),
2. Mora se predvidjeti dovoljno dugo vrijeme za miješanje,
3. Cement mora dokazati dobro svojstvo držanja vode,
4. Dodaci sa okruglim zrnom su prikladniji nego od drobljenog kamena,
5. posebno značenje ima udio zrna do 0,25 mm, jer taj materijal sa vodom i cementom služi kao ribajući sloj na golim zidovima,
6. pretjerano dodavanje sredstava koji stvaraju zračne pore treba se izbjegavati, jer istiskajući zračni sloj smanjuje poticajno ostvarenje
7. plastični materijal (K2, količina širenja do 40 cm) je povoljno; konzistencija betona mora i dalje ostati ista, kako bi se izbjegla začepljenja.

Poticajni postupak sa poticanjem zračnog pritiska danas se samo u specijalnim slučajevima upotrebljava, na primjer u gradnji tunela. Transport betona ovdje se događa pomoću zraka, zbog čega ovdje pričamo o jednom pneumatskom poticajnom sistemu. Sastavni dijelovi su posuda koja daje zadatak takozvani tjerajući kotao, jedan kompresor i jedna posuda kao sabirnica za pritisak, kao i cjevovod sa sabirnim kotlom na kraju cijevi. Beton se puni u tjerajući kotao i posuda se puni nakon zatvaranja ventila sa pritiskom (2,5 do 5,5 atm) iz sabirnice pritiska, tako da se poticajno dobro stišće kroz cijevi i tako se transportira; mogući je djelomični i stalni poticaj.

Prirodnoznanstvena i tehnička obilježja

Efekti prirodnih zakona postupka transporta su fizikalne naravi. Kod iskorištavanja sile teže tobogani i cijevi služe za usmjeravanje smjera padanja i fiksiranja visine padanja.

Kod transporta sa okretnim dizalicama sa tornjem, dizalom ili trakom za transport, električna energija potiče dizanje, njihanje i pokretanje.

1.7. Ugradnja i zbijanja betona

Ugradnja betona

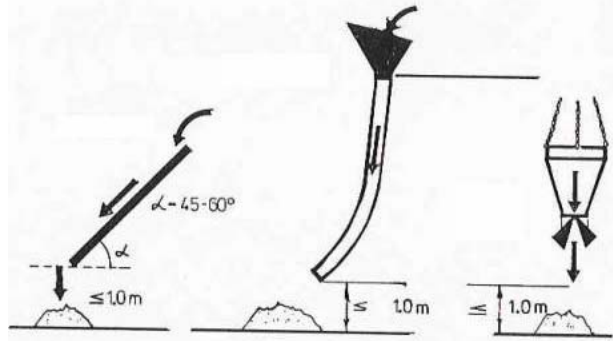
U točki 1.3 je ugradnja (pod brojem 4 i 5) dvostruko navedena, gdje je razlika u tome, da imamo sa strane konstrukcije gradnje dijelovima relativno jednostavne djelomične procese i teške postupke. Prvi slučaj je, kada se sveži beton može sve do mjesta ugradnje transportirati (na primjer kod trakastih temelja, podnih ploča, stropnih ploča). Teža situacija je kada se pražnjenje posude u manje ili više velikoj visini iznad uporabnog mjesta betona, mora dogoditi, ili kada se beton mora u uske, dodatno sa armaturnim dodacima oblikovane forme, unijeti.

Krećemo od tri varijante postupanja:

1. Unos i podjela direktno sa transportnim sredstvom
2. Unos i podjela sa toboganom
3. Unos i podjela sa cijevima

Direktna ugradnja sa poticajnim sredstvima ovisi o uvjetima površine u radnom području. Tako je kod betoniranja ploča najpogodnija posuda dizalice, koja opet kod uskih zidova ili stupova zbog velike površine posude, stvara poteškoće. Posuda dizalice – nazvano i posuda silosa –

posjeduje cilindar – ili kuglastu formu sa guračima viska, okruglim zatvaračima sa zaustavnim klapnama za istovar sa strane ili na dnu i zapreminom od 250 do 1500 l. Mjesno snažno fiksirano, kombinirajuće transportno – ugradivo sredstvo je poticajna traka, koje se ili zavrne sa podvozjem ostvareno ili mora biti opremljeno posebnim mjestima bacanja.



Slika: Kinematika ugradnje betona

Ako se ugrađuje pumpani beton, onda kraj voda služi kao ugradno sredstvo. Pri tome vod cijevi može biti kruto ili fleksibilno na kraju izrađeno, odnosno biti opremljeno sa podjelnom glavom. Kod uporabe poticanja komprimiranog zraka na krutom kraju cijevi, nanosi se prihvatna posuda i okrugli odjeljivač za povećanje radnog prostora.

Pomoćna konstrukcija „tobogan“ u uporabi je kada se unošenje svježeg betona, događa iz jedne pozicije iznad betonirajućeg dijela, na primjer sa gornjeg ruba do podnožja strmine ili sa radne skele u niže nalazeći zidni okvir. Tobogani su načinjeni kao pravokutni ili trokutne rine od drveta ili lima odnosno limom obrađenog drveta; na gornjem kraju za bolje obavljanje zadatka, postavlja se lijevak. Potrebno je postići klizanje, koje osigurava pokretanje plastične građevinske tvari (veći 45 stupnjeva, manji 60 stupnjeva).

Za unos betona u gotovo vertikalni smjer sa visokim mjestom punjenja, bolje pogoduje takozvana cijev u obliku hlača, koja je izrađena od lima sa lijevkom i iz jedinstvenih 1m dugih i ca. 30 cm debelim komadima cijevi. Oni se ubadaju jedan u drugoga, spojeni su ili ulančeni, tako da je rastvaranje sajli do ca. 30 stupnjeva moguće. Maksimalno unošenje materijala sa cijevima daleko je iznad one kod tobogana (do cca. 10 m).

Zbijanje betona

Potrebno zbijanje materijala prilikom ugradnje svježeg betona služi reduciranju rupičastog prostora kroz premještanje zrnaca ono je svedeno na minimum, ono mora paralelno sa djelomičnim procesima ugradnje teći i zbog toga ga preuzima osoblje zaduženo za betoniranje.

Po postupku možemo razlikovati prema principu rada zbijanja:

- a) nabijanje
- b) ubabiranje i kucanje
- c) drmanje
- d) vrtenje
- e) stiskanje
- f) šokiranje

gdje se zadnja 3 spomenuta postupka na gradilištima ne mogu primjenjivati.

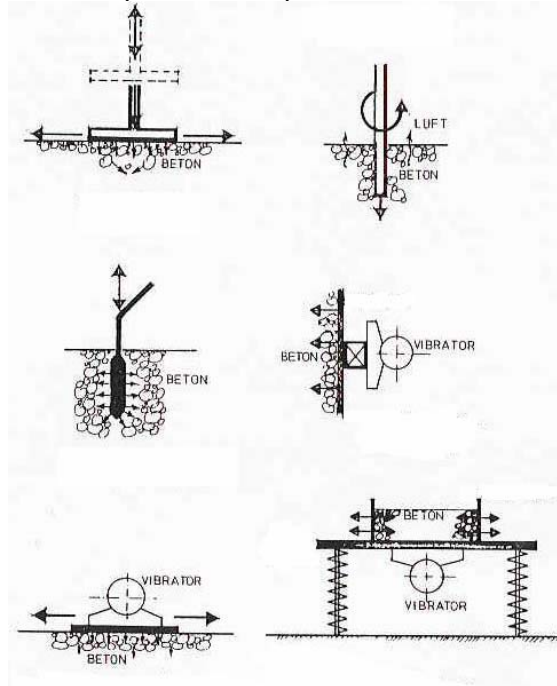
Kod relativno velikih mjerenja prosjeka ugradbenog dijela i slabog otpora čelika možemo kruti beton sa nabijačima nabiti. Kao varijante u pitanje dolaze: ručni-, stlačeni ili električni vibrator. Zbog slabog djelovanja nabijanja, nasipani sloj treba maksimalno 20 cm iznositi. Mora se tako raditi, da ne nastanu naboji u betonu.

Ubadanje i kucanje su ručni zahvati, da bi se plastični odnosno tekući beton kod malih ugradbenih količina donekle pouzdano nabio.

Bez sumnje najvažniji postupak nabijanja predstavlja tehnika drmanja, kod koje se mehanički valovi uvode u svježu mješavinu krute i plastične konzistencije, tako da se zbog vibracija, zrnasti dijelovi međusobno optimalno mijenjaju raspored. Vibriranje je tehnički bez greške, sposobno, odgovorno i ekonomski isplativo. Vibratori koji se nalaze na tržištu, razlikujemo po vrsti proizvedenih vibracija, smjera zamaha i uvida energije u mješavinu (unutrašnji i vanjski vibratori).

Najčešće se koriste unutrašnji ili ronilački vibratori, koji njihovu energiju proizvedenu iz udaraca direktno predaju svježem betonu.

U vanjske vibratore ubrajamo površinske vibratore kao vibrirajuće oplate stolni i ograničavajući vibratori (principi djelovanja prikazani su na slikama). Kod vodoravnih, slabo naklonjenih, većih površina, i po mogućnosti krutog betona, uporaba površinskih vibratora je korisna, jer istovremeno i nabijaju, kao i uglađivanju vidljivu betonsku površinu; ti relativno laki uređaji rukuju se ručno i guraju se sporo, sve dok površina ne postane malo mokra.



Slika: -Pokretni postupci kod zbijanja betona

Opis postupka

Ubadanje i kuckanje-materijal se već kod usipanja mora sa ubodnim letvama biti obrađivan, kako bi se postojeći zračni baloni iznijeli van. Kuckanje čekićem iz vana po oplati poboljšava nabijanje.

Unutrašnji ili ronilački vibratori- postupak je takav da se vibrator, lagano izvlači, a nastalo otvorenje se zatvara. Mjesta uranjanja moraju biti toliko blizu, da se radijus djelovanja presijeca, kako bi se dobilo opsežno nabijanje.

Ako se moraju proizvest tanki betonski dijelovi, kao što su ploče, tanki zidovi itd., onda se postave izazivači titraja izvana na oplatu i pušta se proizvedena vibracija indirektno preko oplatnog elementa koji dijeluje na beton. Pošto se u tom slučaju napinju oplatni elementi, potrebno je pažljivo oplačivanje i posebno gusto postavljanje dasaka (uske fugne).

Za proizvodnju gotovih betonskih dijelova, često se koristi takozvani vibrostol, koji se montira na stol i djeluje kao proizvođač vibracija. Na stol se stavlja kalup, u koji se puni beton, i nakon uključivanja vibratora prenosi vibracije.

2. OPLATE ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE

Oplata je tehnološka konstrukcija, sredstvo rada, koje betonskoj konstrukciji daje trajni oblik i površinski izgled. Oplate su privremene konstrukcije u koje se izlijeva svježa betonska mješavina i u kojima se obavlja proces očvršćivanja. Materijali oplatnih sklopova u proizvodnji se troše, ali ne ulaze u sastav novog proizvoda.

Među suvremenim građevinama gotovo da nema građevine od bilo kojeg materijala u kojoj beton nije prisutan u dijelu ili cijeloj konstrukciji. Betonske se konstrukcije oplatama oblikuju u zidove, stupove, ploče i grede.

Ne postoji najbolja oplata, već samo najbolje rješenje za svaki pojedini slučaj. Izbor vrste oplate i postupka rada ovisi o mnogim čimbenicima :

- količini betonskih konstrukcija za koje je potrebno izraditi oplate na građevini ili gradilištu
- obliku i vrsti konstrukcije po visini i prostoru
- zahtjevima za vidljivim površinama konstrukcija
- tržišnim cijenama plaćivanja
- tržišnim cijenama rada ljudi
- raspoloživim strojevima
- raspoloživom vremenu za izvođenje radova
- raspoloživim sredstvima za nabavku oplatnih sustava
- raspoloživom broju obučeni djelatnika za rad s oplatama
- klimatskim i drugim uvjetima okoliša gradilišta

Što se tiče same cijene armirano-betonske konstrukcije, ovisno o složenosti i veličini presjeka elementa, oplata sudjeluje od 20 do 40%.

Oblik, točnost svakog elementa u svim prostornim veličinama i površinski izgled izravan su odraz vrste i kvalitete primijenjenih oplat. Tehničkim rješenjima oplatnih sklopova omogućuje se da očvrstnuta betonska konstrukcija postupno i mirno preuzme opterećenja za koje je izrađena.

Zahtjevi koje moraju ispunjavati elementi oplata su :

- da prihvate i prenesu opterećenje od svježeg betona
- da je ploha koja je u dodiru sa svježim betonom nepropusna
- da su svi materijali od kojih su izrađeni elementi oplata vodootporni, što znači da pod utjecajem vode i vlage ne mijenjaju fizička svojstva
- rješenje oplatnih sklopova moraju omogućiti točno namještanje pri postavljanju i dovođenju u projektirani položaj
- elementi i sklopovi moraju biti prilagodljivi i omogućiti izradu različitih oblika i dimenzija betonskih konstrukcija
- rješenja povezivanja, sklapanja i skidanja oplatnih sklopova trebaju omogućiti laganu manipulaciju uz mali utrošak ljudskog rada

Za betonske konstrukcije potrebno je izraditi velike površine oplata. Kod prosječno složene građevine za jedan prostorni metar betonske konstrukcije potrebno je izraditi 8 do 15m² oplatnih površina, a kod tankostjenih složenih konstrukcija i do 20m² oplata po m³ betona.

Za izradu oplata potreban je umni i fizički ljudski rad. Tehničkim rješenjima oplatnih sklopova utrošak ljudskog rada se može smanjiti, ali nikako ne i izbjeći. Oplate mogu raditi samo obučeni radnici, tesari, koji poznaju osnove postavke prijenosa opterećenja betonskih konstrukcija. Neuspješno izveden dio betonske konstrukcije mora se ukloniti razaranjem materijala uz zastoje svih radova, što je uzrok velikih neželjenih dopunskih troškova.

Velike potrebe za stambenim prostorom u drugoj polovici 20. stoljeća doprinijele su razvoju niza novih metoda građenja kojima su ciljevi bili da se gradnja ubrza i pojeftini.

Posljednjih 30 godina zapaža se sve masovnija primjena tehnologije lijevanog betona u izgradnji stambenih objekata, uz napomenu da je to omogućilo i znatni razvoj tehnologije za proizvodnju izolacijskih materijala raznih vrsta i namjena.

U tradicionalnoj gradnji gdje prevladavaju neobrađene drvene oplatae koje se uvijek ponovno kroje za svako betoniranje nije se moglo ići dalje naprijed u pogledu brzine i cijena, jer je deficitarnost i skupoća drvene građe, te sporost pri obradi oplata potiskivana suvremenijim tehnologijama građenja. Današnje drvene oplatae se rade od prefabriciranih ploča koje se nakon stvrdnjavanja betona lako demontiraju, te im je trajnost velika.

Pored unapređenih drvenih oplatae koje su ojačane ili presvučene novim materijalima pojavile su se u upotrebi i našle znatnu primjenu oplatae u cijelosti napravljene od metala, uglavnom čelika raznih kvaliteta. Također je pogodna kombinacija drveno-čeličnih oplatae gdje kostur, nosivi dio koji čini čelični skelet, a samu presvlaku šperploča, ali znatno bolje kvalitete (vodootporna, čvršća). Racionalizacijom upravo na radovima oplacivanja može se postići znatna ušteda.

Suvremeni sustavi za oplacivanje sve se više orijentiraju na oplacivanje kao montažni proces, s čim je poboljšana i tehnička sigurnost i zaštita na radu.

Danas se suvremene oplatae uglavnom rade za višestruku uporabu i to od čelika, čeličnog skeleta i drvenog omotača, drvenih rešetki, drvenog omotača i čeličnih (pocinčanih) veza. Trendovi razvoja danas se na drvenim oplatama sa čeličnim vezama vrlo često i zgodno kombiniraju na drvenim elementima sa kojima čine cjelinu.

Prednosti elemenata oplatae napravljenih od čelika su:

- vrlo dobra preciznost izrade
- ravne površine
- dug vijek trajanja (veći broj uporaba)

Nedostaci istih su :

- loša (slaba) prilagodljivost raznih elemenata konstrukcije (slaba fleksibilnost)
- loša toplinska zaštita (velika toplinska provodljivost)

Iz velikog broja danas razrađenih, usavršenih i standardiziranih sistema oplacivanja oplatae možemo u grubo podijeliti na:

- univerzalne oplatae
- posebne (specijalne) vrste oplatae

Specijalne (posebne) oplatae mogu se podijeliti na :

- **Velikoplošne oplatae** – služe za odvojeno izvođenje zidova i ploča

- **Tunelske (prostorne) oplatae** – služe za istovremeno izvođenje ploča i zidova

- **Oplatae za zidove (ravne i zakrivljene)** – raznih visina i nagiba naročito u upotrebi pri izvođenju inženjerskih konstrukcija

- **Klizne oplatae** – pogodne za izvođenje vertikalnih zidova i tornjeva (dimnjaka)

- **Pneumatske oplatae** –pogodne za oplacivanje otvora i prijelaza, propusta sa dvostrukom zakrivljenošću i većim brojem ponavljanja (kanalizacije), pokrovski radovi

Velikoplošne oplatae sastoje se od dva bitna elementa :

- Plohe (plašta) za oplacivanje sa neophodnim ukrućenjima
- Kostura oplatae (skelet, nosači, podupirači).

Pred konstruktorom oplatae stoje mnogi zahtjevi koje treba riješiti, kao :

- sigurno nanošenje svih opterećenja za vrijeme ugradnje betona i transporta preko oplatae,
- visoka krutost (stabilnost forme, oblika) oplatae,
- zvođenje ravnih i reljefnih vidnih površina sa velikom preciznošću,
- veliki broj korištenja oplatae,
- jednostavna i brza montaže te demontaža,
- sigurna i bezopasna montaža, demontaža i rad na betoniranju i transport betona,
- što raznovrsnija upotreba elemenata oplatae za razne elemente, tj. fleksibilnost

Svi ovi zahtjevi danas se u manjoj ili većoj mjeri ispunjavaju i od stupnja ispunjenja istih ovisi kvaliteta promatranog sustava oplata.

Velikoplošne oplatae za izvođenje zgrada dijele se na :

- oplatae za zidove
- oplatae za ploče

Funkcija oplata za zidove je proizvodnja (izvođenje) zidova u projektiranom obliku sa zahtijevanom točnošću i preuzimanje (prenošenje) opterećenja od pritiska svježeg betona. Velikoplošne oplatae za zidove sastoje se od plašta sa ukrućenjima i nosača oplatae.

Kao materijal za izradu plašta koristi se najčešće šperploča (vodootporna ili plastificirana) ili čelični lim.

Utrošak rada potrebnog za ugradnju betona ovisi o tehnološkim pokazateljima svježeg betona kao što su:

- v/c faktor,
- obradljivost,
- krupnoća zrna,
- oblik zrna i drugi

Konstruktivne karakteristike betoniranog elementa su presudne za utrošak vremena potrebnog za betoniranje jednog m^3 elementa, a to su :

- udio oplatae

$$s = m^2 \text{ oplatae} / m^3 \text{ ugrađenog betona (} m^2/m^3 \text{)}$$

- udio armature

$$a = \text{kg armature} / m^3 \text{ ugrađenog betona}$$

- udio površine koje se obrađuju

$$p = m^2 / m^3 \text{ (čvrst beton)}$$

Kako se prilikom dimenzioniranja smanjenje presjeka direktno odražava na povećanje količine armature, to se prva dva faktora obično podudaraju. Prvi faktor «s» utječe naročito jako na vrijednost potrebnog rada po jedinici ugrađenog betona i on prema istraživanjima 15 pomoću regresijske analize na uzorku od 73096 m^3 , sa 817 mjerenja ima utjecaj :

$$N(b) = 0,70 + 0,13 s \quad (h/m^3) \text{ ugrađenog betona}$$

$N(b)$ – potrebna količina rada u « h » za ugradnju $1m^3$ ugrađenog betona

s – vrijednost obično od 0 do 16 m^2/m^3 , s tim da je u visokogradnji očekivana vrijednost između 5 i 7 m^2/m^3

	Oplata			Armatura			Beton
	m^2/m^3	h/m^2	h/m^{3*}	kg/m^3	h/t	h/m^{3*}	h/m^3
Prosječna gornja granična vrijednost	8,0	2,5	20,0	90,0	40,0	3,6	3,0
Srednja vrijednost	6,0	1,5	9,0	60,0	30,0	1,8	2,2
Prosječna donja granična vrijednost	4,0	1,0	4,0	4,0	20,0	0,6	1,4

h/m^{3*} odnosi se na m^3 izgrađenog prostora (BRI)

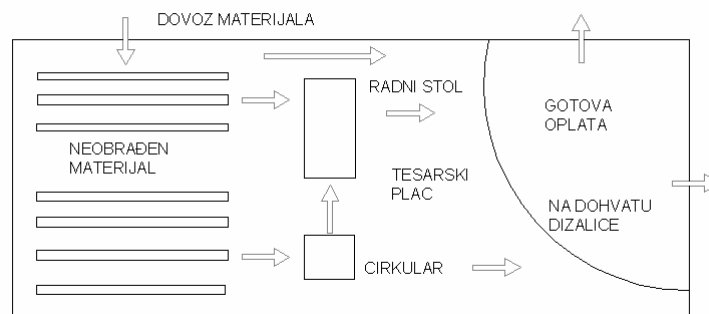
Tablica1. -Pregled srednjih vrijednosti utrošaka rada za oplačivanje, armiranje i ugradnju betona: Rad na oplačivanju sa daskama je poznata stvar i za te radove postoje norme, detaljno razrađene. Ukoliko daske zamijenimo pločama od šperploče, utrošci vremena mogu se smanjiti za 50%, ali ploče rijetko odgovaraju zadanim dimenzijama koje treba oplačivati, stoga se jedan dio mora podešavati i krojiti. Ova dopunska podešavanja i krojenja zahtijevaju 75% više vremena nego rad sa daskom, a obično iznose 10 -30% od ukupne površine, tako da možemo očekivati smanjenje rada za 20 -50%.

Kod rada sa rastezljivim podvlakama (koje mogu biti drvene i metalne), punim i rešetkastim, postupak je znatno pojednostavljen primjenom posebnih glava na metalnim podupiračima, koje su standardizirane i usvojene sa dimenzijama podvlak.

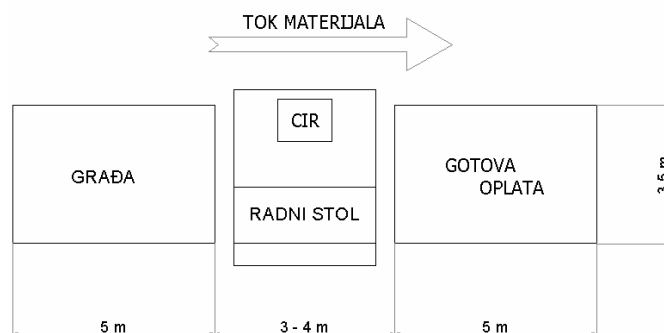
Svi ovi sistemi, osim oplata većih stupova, su sastavljeni od elemenata takvih dimenzija i takvih su težina da sa njima mogu rukovati dva radnika, te im je pomoć dizalice pri radu nepotrebna. Dizalica treba radnike na radnom frontu samo snabdijevati dovoljnom količinom elemenata (ili da ih poslije demontaže oplata prenese na drugo mjesto). Ova tehnološka osobina pojedinih oplatnih sustava omogućuje dosta male potrebe u vremenskom opterećenju dizalica, tako da one mogu opsluživati veliki radni prostor sa znatno više radnika. Ekvivalent kod ovakvih sustava je približno 1,0 t čelika = 1,6 m³ drvenog materijala. Za ove sustave zanimljivo je vrijeme nominalno potrebno da oplata bude na elementu. Prema DIN-1045 ta vremena iznose:

klase čvrstoće cementa prema DIN EN 197-1	zidna i potporna oplata, stranična gredna oplata	oplata pokrovne plohe (ploče)	opremanje gredi, okvira i široko zetegnutih (gipkih) plohe (ploča)
32,5 N	3 dana	8 dana	20 dana
32,5 R ; 42,5 N	2 dana	5 dana	10 dana
42,5 R ; 52,5 N/R	1 dan	3 dana	6 dana

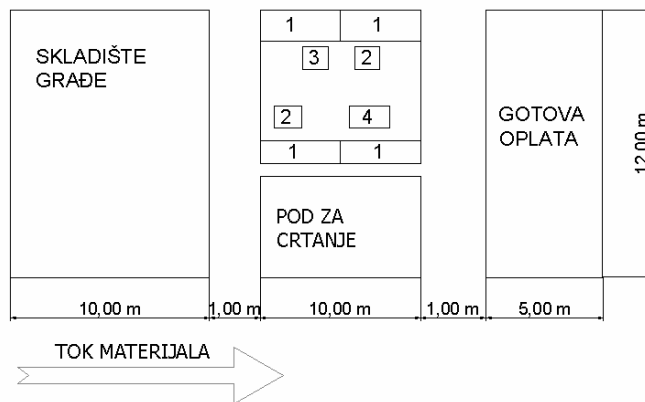
Tablica 2. -Vrijeme potrebno ta skidanje oplata (referentne vrijednosti) prema DIN 1045 (7.88) Kako je na svim gradilištima neophodan prostor za tesare, za izradu, preradu, popravke oplata i sklopova, to se daju skice prostornog rasporeda.



Slika -Opća shema prostornog rasporeda tesarskog prostora



Slika -Shema manjeg tesarskog prostora



Slika - Shema većeg tesarskog prostora: 1-stolovi, 2-cirkulari, 3,-tračna pila, 4-blanjalica

Ukupno vrijeme koje se troši na oplaćivanje sastoji se od zbroja vremena slijedećih aktivnosti: dovoz i odvoz sa dizanjem i skidanjem materijala sa oplate

- sastavljanje i rastavljanje sklopova za oplaćivanje
- postavljanje (montaža) i skidanje (demontaža) oplate sa čišćenjem, premazivanjem i manjim popravcima

Faktori koji utječu na veličinu utroška rada na oplaćivanju mogu se podijeliti u 4 grupe:

A) Opći uvjeti na gradilištu

- utjecaji vremenskih prilika
- nepredviđeni događaji

B) Opći pogonski uvjeti

- motiviranost i kvalifikacija radnika
- stanje mehanizacije i njena usklađenost sa zahtjevima kod prijenosa oplatnih stolova (dohvat, nosivost)
- intenzitet i kvaliteta pripreme rada
- koordinacija radnih tokova i usklađivanja potrebnih vremena za pojedine operacije

C) Posebni pogonski uvjeti

- kompliciranost tlocrtnih rješenja
- broj ponavljanja istih elemenata
- specifični radni i gradilišni uvjeti

D) Utjecaji sustava za oplaćivanje

- konvencionalna oplata ili oplatni sustav sa višestrukom upotrebom
- materijal, vrsta i rješenja sustava oplaćivanja
- veličina elemenata kao i ujednačenost po geometriji i masi
- mjesta i broj veza po jedinici površine
- težina oplate
- materijalna i kvalitetna opšava (presvlake)

Osim na faktore iz grupe A) koji su stohastičke prirode, na ostale faktore može se uglavnom utjecati u manjoj ili većoj mjeri, ali sa vrlo različitim sredstvima i metodama.

Upravo u ovom području istraživanja tehnologije građenja postoje najveće mogućnosti za inovacije čiji su rezultati upravo ovdje najvidljiviji.

	Vrsta oplata	1*)			2*)	3*)	4*)
		h/m ²			h/m ²	h/m ²	h/m ²
		od - do		E *			
temelji	trakasti	0,9 - 2,10		1,00	1,00	1,10	0,80
	samci	0,9 - 2,10		1,20	1,05		
	ploče	0,2 - 1,45		0,50	0,35		
zidovi	konvencionalna do 3m visine	0,75 - 2,30		1,30	1,30	1,30	1,04
	do 5m visine	0,6 - 2,70		1,50	1,55		1,07
	velikoplošna sklapanje i rasklap. nanošenje i skidanje	0,80 - 1,60 0,20 - 0,90		1,40 0,60	1,20 0,80		0,80
stupovi	pravokutni	1,00 - 2,80		2,00	2,10	2,40	2,00
	okrugli	2,40 - 4,50		3,50	3,80	2,80	2,36
	posebnom oplatom	0,60 - 2,60		1,80			
ploče	konvencionalna do 3m visine	0,60 - 1,60		1,00	1,20	1,00	1,09
	do 5m visine	0,60 - 2,30		1,30	1,50	1,00	1,43
	velikoplošna sklapanje i rasklap. nanošenje i skidanje	0,80 - 3,00 0,40 - 1,20		1,80 0,80	0,80	0,70	0,70
nosači i podvlake		1,00 - 2,50		2,20		2,20	2,00

1*) H. Platz

2*) Winkler

3*) Plumecke

4*) Kompleksne norme

E* Očekivana vrijednost

Tablica -Orijentacijske vrijednosti za utrošak vremena za radove oplacivanja

2.1. OSNOVNI DIJELOVI OPLATNIH SKLOPOVA

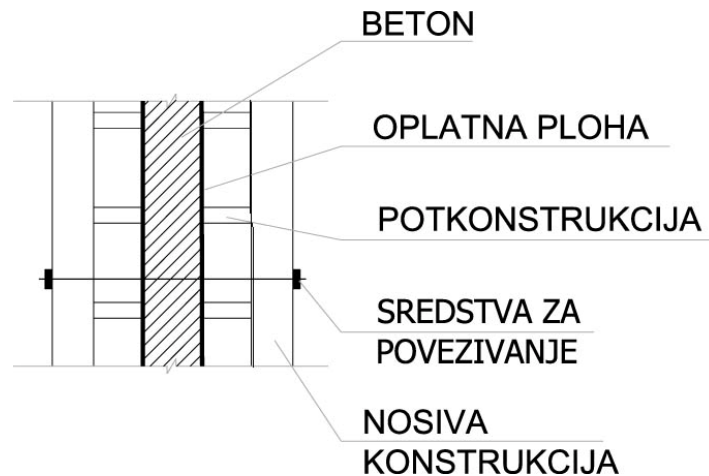
Dijelovi oplatnih sklopova mogu biti različitih oblika i od mnogih vrsta materijala, sa različitim tehničkim rješenjima, ali zato svaki od tih dijelova ima određenu ulogu u izradi betonskih konstrukcija.

Osnovni dijelovi oplatnih sklopova su :

- oplatne plohe
- potkonstrukcije
- nosive konstrukcije
- uređaji za povezivanje
- uređaji za prilagođavanje i otpuštanje

Osim ovih osnovnih dijelova oplatni sklopovi mogu sadržavati i neke pomoćne dijelove, kao što su :

- radne staze i zaštitne ograde
- uređaji za visoke zidove
- namjenski alati uređaji za manipulaciju



Slika: -Osnovni dijelovi oplatnih sklopova

Oplatne plohe

Oplatna ploha je površina koja dolazi u neposredni dodir sa svježim betonom. Upravo te plohe su najosjetljiviji dio oplatnih sklopova, izložene opterećenju, vlazi i udarima sredstava za zbijanje betona. Vidljivi dio betonske konstrukcije je obrnuta slika oplatne plohe.

Vodonepropusnost, čvrstoća i elastičnost, vodootpornost, otpornost na habanje i udare, te trajnost osnovni su kvalitativni zahtjevi kojima moraju udovoljavati materijali za oplatne plohe.

Osnovna zadaća oplatnih ploha je da oblikuju betonsku konstrukciju, prihvate i prenesu opterećenje svježeg betona na potkonstrukciju i druge dijelove sklopa.

Oplatna ploha od drvene građe najstariji je materijal koji se koristio za izradu oplatnih ploha, a koji ni danas nije napušten. Koristi se crnogorično drvo (jela, ariš, borovina). Bjelogorično drvo bez prethodne obrade se ne koristi za izradu ploha.

Oplatne plohe od rezane drvene građe izrađuju se od daske debljine 24 do 48mm, a širine 16 do 20mm. Kod posebnih zahtjeva daske se prethodno blančaju i povezuju utorima. Izrađuju se na mjestu gradnje. Daske se režu, ukivaju i povezuju za potkonstrukciju i međusobno.

Oplatna ploha na spojevima dasaka propušta cementno mlijeko te ostaju vidljivi tragovi na betonskoj površini. Ukoliko daske nisu zaštićene od sunca i oborina, vrlo brzo se vitopere i krive i prije izlivanja betona. Zbog rezanja, naizmjeničnog kvašenja i sušenja već nakon 3 do 4 uporabe drvene daske i gredice postaju neuporabljive. Ukoliko se daske blančaju i zaštite penetrirajućim sredstvima kvaliteta oplatne plohe je bolja i dugotrajnija ali se i cijena povećava. Najčešće se koriste kod individualne gradnje ili za unikatne dijelove konstrukcije.

Oplatne ploče od industrijski prerađenih drvenih materijala neopravdano malo se koriste za izradu oplatnih ploha. Drvoprerađivači proizvode niz pločastih materijala od drvenih otpadaka, ljepila i punila. Za drvenu masu se koriste ligno – celulozna vlakna bjelogorice, koja se različitim postupcima usitnjavaju i raščijavaju na vlakna. U smjesu se dodaju inertna punila i pod velikim tlakom i temperaturom oblikuju se pločasti materijali. Jedna je površina obično glatka i puna a druga je gruba. Najpoznatiji predstavnici ovih ploča su različite vrste iverice, lesonita i medijapan ploče.

Ploče se proizvode u dimenzijama 120 do 150cm širine i od 250 do 500cm dužine, u debljinama od 6 do 10mm. Volumne težine su 650 do 900 kg/m³, a čvrstoće na tlak od 3 do 6 kN/mm².

Imaju malo upijanje vode i bubrenje, te se mogu koristiti za izradu ili oblogu oplatnih ploha. Pažljivim radom, prethodnom površinskom zaštitom sredstvima koja sprečavaju prodor vode, čišćenjem i premazivanjem nakon svake uporabe mogu se do 10 puta koristiti.

Lesonitne ploče su pogodne za zakrivljene i ovalne pločaste konstrukcije jer se lako i ravnomjerno savijaju ali se moraju postaviti na podlogu od dasaka ili drugog pločastog materijala.

Oplatne plohe od lijepljenog drveta bolje koriste drvenu građu prilikom izrade i povećavaju broj korištenja. Ploče su izrađene od drvenih ploča debljine 8 do 10mm križno lijepljene u 3 sloja, glatke su površine i prevučene zaštitnim premazima. Čeone su stranice zaštićene aluminijskim ili plastičnim folijama. Na pločama su izrađeni otvori za povezivanje i ukivanje od metalnih cijevi. Proizvode se i debljinama 25 do 30mm. Sa lijepljenim oplatnim plohamo može se postići daleko bolji izgled i kvaliteta betonske konstrukcije. Uz pažljiv rad mogu se koristiti do 30 puta ukoliko se želi dobiti glatka vidljiva površina a do 50 korištenja za površine koje se naknadno obrađuju.



Oplatne plohe od vodootporne šperploče danas su gotovo potisnuli sve druge materijale za izradu oplata. Izrađuju se od folija bjelogoričnog drveta debljine 1 do 3mm. Folije se ljušte sa trupaca, suše, natapaju ljepilom i križno postavljaju u 7 do 15 slojeva. Pod visokim tlakom i temperaturom dobivaju se ploče znatno boljih mehaničkih svojstava od materijala od kojeg su izrađene. Ploče se proizvode u debljinama 10, 15, 20, 25 i 30mm u dimenzijama 120/250 do 300mm. Prilikom rezanja ploče rezne je površine potrebno naknadno zaštititi vodootpornim premazima. Može se upotrijebiti i do 100 puta. Ploče imaju jednaku čvrstoću na savijanje u oba smjera. Kod povezivanja za druge dijelove konstrukcija koriste se vijci za drvo. Oplatne plohe od šperploče daju ravne i glatke betonske površine koje nije potrebno žbukati i oblagati drugim materijalima, osim površnih premaza ukoliko su predviđeni. U posljednje vrijeme znatno više se koriste tanke šperploče, 8 do 12mm debljine, koje se na tvornički proizvedenim oplatnim pločama koriste kao obloga kontaktne plohe s betonom.

Oplatne plohe od čeličnih limova su na prvi pogled po kvaliteti najbolji materijal za opladne plohe. Zadovoljavajuće čvrstoće, elastični, otporni na udare i trajni, zadovoljavaju sve uvjete koji se traže od materijala za opladne plohe. Ukoliko se želi dobiti potpuno glatku betonsku površinu, za opladne plohe se koriste čelični limovi debljine 3 do 4mm. Tanji se limovi pod opterećenjem betona valovito deformiraju, što stvara neželjenu sliku betonske površine. Teške su za prijenos i sklapanje oplatnih konstrukcija. Oplatni sklopovi od čeličnih limova ne mogu mijenjati oblik i dimenzije te su neprilagodljivi za promjene veličine, a oštećenja se mogu popraviti samo u radionicama s odgovarajućim alatom i opremom. Ekonomsku opravdanost postižu samo u slučajevima velikog broja korištenja u istom obliku i dimenzijama. Pri dobroj organizaciji

poduzeća u jednoj godini oplata zidova mogu 40 do 60 puta upotrijebiti a oplata ploča i greda do 30 puta.

Može se zaključiti da se opladne plohe od čeličnih limova koje se sukladno svojstvima materijala mogu 150 do 200 puta upotrijebiti, a korisnik može otplatiti tek nakon 5 do 6 godina korištenja.

Opladne plohe od armiranih poliestera i drugih sintetičkih materijala rijetko se primjenjuju za izradu opladnih ploha, ali u nekim slučajevima su nezamjenjivi. Ploče su male težine, lako se obrađuju, elastične su i otporne. U praksi nisu ispunila očekivanja. Zbog osjetljivosti na udar, kada se javljaju staklaste prskotine na površini, ne može se postići više od 30 uporaba. Materijal također ima naglašena toplinska izduženja, te ukoliko je kruto vezan za podlogu, dolazi do valovite deformacije na površini. Nabavna cijena poliesterskih ploča dostigla je cijenu čeličnih limova što dovodi u pitanje ekonomičnu primjenu. Naglašeno dobar izgled sa plohama od armiranog poliestera postiže se kod zaobljenih i kružnih oblika, kakvi se često koriste kod oblikovanja ograda mostova, vijenaca, urbanog i vrtnog namještaja (posude za cvijeće, ukrasni stupovi javne rasvjete).

Potkonstrukcije

Potkonstrukcija su dijelovi sklopova koji se nalaze ispod opladnih ploha. Osnovna je namjena da prihvati opterećenje s opladne plohe i prenesu na nosivu konstrukciju, a istovremeno da povezuju opladnu plohu u cjelinu sklopa.

Potkonstrukcije nisu izravno izložene djelovanju svježeg betona, ali su zato izložene utjecaju atmosferilija (kiša, vjetar, sunce) i manipulaciji na gradilištu.

U osnovi se razlikuju dva načina formiranja potkonstrukcija :

- linijski
- plošni

Linijske potkonstrukcije prihvaćaju opterećenje s opladne plohe na širini od 30 do 40 cm a oslanjaju se na rasponu 80 do 120 cm.

Kod daščanih oplata, potkonstrukcija je od drvenih letava 5/8 do 6/10 cm. Ista potkonstrukcija se koristi i kod opladnih ploha sa šperpločom, ali se letve prethodno blanaju i premažu zaštitnim sredstvima. Kod suvremenih sklopova potkonstrukcije su izrađene od čeličnih limova ili slitina, galvanski zaštićeni, kutijastih poprečnih presjeka što doprinosi krutosti sklopova i smanjuje težinu.



Plošne potkonstrukcije prihvaćaju oplatne plohe po cijeloj površini, što omogućuje korištenje tankih obložnih oplatnih ploha, najčešće od šperploče debljine 8 do 10mm. Za izradu potkonstrukcije koriste se različiti materijali, od blanžane daske debljine 48mm, do sačastih konstrukcija izrađenih od profiliranih metalnih limova.

Može se računati da drvene potkonstrukcije mogu podnijeti do 20 korištenja kada je daščana oplatna ploha, a kod ploha od šperploče do 50 puta.

Kod tvorničkih izrađenih sačastih potkonstrukcija računa se s korištenjem od 4 do 5 godina ili do 150 uporaba.

Nosive konstrukcije

Opterećenje od svježeg betona, preko oplatne plohe i potkonstrukcije prihvaćaju *nosive konstrukcije* i prenose na tlo ili dovršene dijelove građevine. Nosive konstrukcije su rasponski nosači izrađeni od različitih materijala i različitih rješenja. Imaju naglašenu statičku krutost poprečnog presjeka kako bi prihvatile opterećenje od svježeg betona s najmanjim ugibom. Deformacije pod opterećenjem nosivih konstrukcija « preslikavaju » se na betonske konstrukcije greda, zidova i ploča. Nastojanju da nosiva konstrukcija prihvati opterećenje uz najmanje deformacije, dimenzionira se i izrađuje kao vrlo kruta s velikim momentom inercije.

U pogledu materijala, rješenja konstrukcija postoje mnogobrojna i raznovrsna rješenja :

- drvene rezane gredice
- radionički izrađene čelične gredice sa zategom
- radionički izrađeni rešetkasti čelični nosači
- tvornički izrađeni drveni lijepljeni nosači I i T presjeka
- tvornički izrađene drvene rešetke

Drvene rezane gredice su najstarija nosiva konstrukcija i sada se rijetko koristi. Presjeka su 12/12 do 16/16cm dužine do 4m. Duže traju ukoliko su blanžane i natopljene zaštitnim premazima. Postavljaju se na razmaku 0,8 do 1,2m. Nezaštićene se gredice mogu do 10 puta uporabiti, ali se zbog naizmjeničnog kvašenja i sušenja brzo vitopere i savijaju.

Radionički izrađene čelične gredice sa zategom danas su već pomalo napušteno rješenje. Za okomite i vodoravne oplatne sklopove, nosive konstrukcije se izrađuju od normiranih čeličnih profila NP (6 do 8, i okruglog betonskog čelika promjera 12 do 14mm). Pomoću središnjeg vijka zatega se aktivira i na neopterećenom nosaču dobiva se suprotna deformacija koja se izgubi prilikom opterećenja (kontra ugib). Nosači su relativno lagani u odnosu na opterećenje koje mogu prihvatiti ali zbog velike dubine, odnosno širine u tjemenu zauzimaju mnogo radnog prostora na građevini. Izrađuju se u gradilišnim bravarskim radionicama u dimenzijama 2,5 do 3m za okomite oplatne sklopove a do 6m za vodoravne. Težine su do 5kg/m¹.

Radionički izrađeni čelični rešetkasti nosači izrađuju se od normiranih čeličnih profila i okruglog betonskog čelika s mogućnošću nastavaka kod okomitih oplatnih sklopova a produženja kod vodoravnih. Gornji pojas rešetke je uobičajeno od normalnih profila a donji pojas i štapovi od okruglog čelika. Visina nosača je od 20 do 30cm, a proizvode se u dužinama od 3 do 6m. Gotove rešetke mogu prihvatiti momente savijanja od 10 do 20 kNm. Za vodoravne oplatne sklopove rade se rešetke promjenjive dužine, 6 do 8m što je riješeno s uvlačenjem dijela rešetke. Težina se rešetke kreće od 8 do 10 kg/m¹ te su dosta teške za ručnu manipulaciju.

Tvornički izrađene drvene nosive konstrukcije su svakodnevno u primjeni. Proizvode se u tvornicama različitih rješenja konstrukcija i mogućnosti. U primjeni su drveni nosači I i T presjeka izrađeni od stabiliziranog drveta spojene vijcima i lijepljenjem, a ojačane su osloncima od čeličnih limova.

Visina nosača je od 20 do 30cm, a proizvode se u dužinama od 3 do 6 m. Gredice mogu prihvatiti momente savijanja od 4 do 6 kNm.

Lake su za manipulaciju, jer pojedinačno ne prelaze težinu od 35 kg/kom.

Optimalnu zaštitu od udaraca i kalanja na krajevima nosača omogućuju čelične kape s poprečnim čeličnim zakovicama. Osim toga, ona djeluje kao zapreka za eventualno piljenje. Površina panela se dodatno zaštićuje nepropusnim slojem umjetne smole. Traka koja ima poprečni presjek oko 40x80mm već nosač čini dovoljno sigurnim od prevrtanja i osigurava mu dobro čavljanje.



Slika: -Postavljanje oplatnih ploha na nosive konstrukcije



Slika: -Prefabricirani puni nosači za stropne oplatne sklopove

Uz redovno održavanje (čišćenje i podmazivanje nakon uporabe i ispravno slaganje u skladištu) mogu se koristiti i do 6-10 godina (oko 150-200 korištenja).

Tvornički izrađene drvene rešetkaste grede koriste se za raspone do 10m, što je čest slučaj kod gradnje gospodarskih objekata i mostova. Rešetke su visine od 30 do 60cm. Nosivost rešetkastih nosača je znatno veća i kreće se i do 20 kNm. Na svakom čvoru je trakasta greda s rešetkastim nosačem, višeslojno zalijepljena. Tako je onemogućeno cijepanje trake nosača. Imaju dugi vijek trajanja zahvaljujući čeličnim kavicama sa svih strana te završnom štitu.



Slika: -Rešetkasti nosači za stropne opladne sklopove

Pojedinačna težina ne prelazi 40kg te su pogodne za ručnu manipulaciju. Lagane su za korištenje u izradi stropova, zidova te nekih specijalnih rješenja.

Uređaji za povezivanje

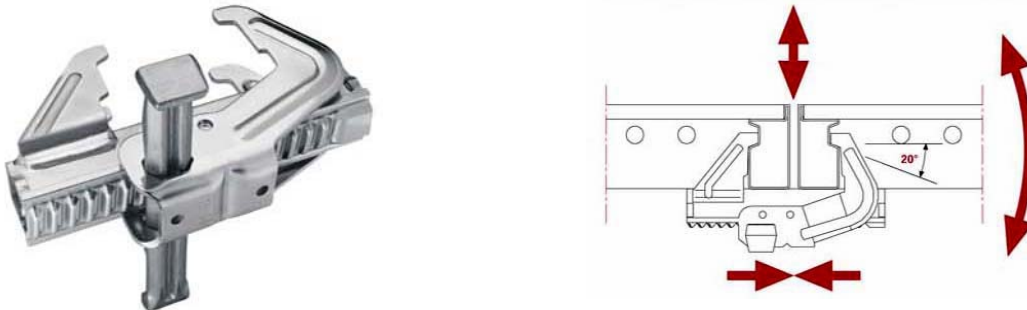
Za vrijeme ulijevanja betona u oplatu dok beton dovoljno ne očvrstne, *uređaji za povezivanje* osiguravaju vezu sklopova oplata međusobno i nepomičnost oplatnih sklopova.

Način povezivanja ima izniman značaj kod okomitih konstrukcija, zidova i stupova, jer je opterećenje svježeg betona kod vibriranja iznimno veliko, dok kod ploča samo povezuje dijelove i sklopove oplata.



Slika: -Povezivanje oplatnih elemenata suvremenim spojnicama

Stalni porast troškova rada na gradilištima zahtjeva sve jednostavnije i brže oplatne sustave, jer veliki dio grubih građevinskih radova od armiranog betona jesu zapravo troškovi montažnih radova. Pri tome su troškovi rada znatno veći od troškova materijala. Broj pojedinačnih dijelova oplata određuje vrijeme montažnih radova, a time i troškove.



Slika –Primjer "brze spojke" za povezivanje oplatnih ploča jednu uz drugu

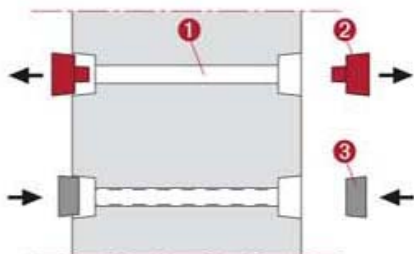
Najstariji način povezivanja oplata je tzv. "paljenom žicom". Riječ je o mekoj čeličnoj žici promjera 3 do 5mm. Žicom se kod zidova i stupova povezuju dvije suprotne gredice nosive konstrukcije s dvostrukim ili višestrukim vezom. U blizini proboja žice postavlja se drvena letvica koja određuje širinu konstrukcije, a koja se prilikom betoniranja izbija. Polugom se snopovi žica uvrću i na taj način zatežu oplatni sklopovi. Nakon očvršćivanja betona žica se na vanjskim stranama siječe kako bi se mogla skinuti oplata i ostaje u betonu. Povezivanje žicom je dosta pouzdano ali je sporo i uz veliki utrošak rada. Poteškoće stvaraju krajevi žica koje ostaju i strše iz betona. Kada se žice odsijeku ravno s betonskom površinom, s vremenom se na tim mjestima pojavljuju mrlje od hrđanja željeza.

Suvremeni uređaji za povezivanje uglavnom su konstruirani s vijkom i velikim matičnim glavama koje olakšavaju zatezanje. Vezni su elementi šipke od čelika, ali s orebrenjem u navoju, promjera 10 do 16mm, koje se vade iz betona i višekratno koriste. Točnost rastojanja unutar oplata postiže se izrezanim komadima plastične cijevi kroz koju prolaze vezne šipke. Obično se koriste cijevi od tvrde plastike promjera 30mm koje ostaju u betonu, ali mogu se raditi držači razmaka od betona s otvorom u sredini. Ukoliko se želi postići vodonepropusnost zidova, kao što je kod spremnika za vodu ili drugih tekućina, cijevi s posebno konstruiranim kliještima vade a otvor ispunjava cementnom žbukom s dodatkom koji izaziva bubrenje i poboljšava vodonepropusnost. Kod izrade betonskih spremnika za tekućine uređaji za povezivanje postavljaju se na mjestima nastavka betoniranja ili se koriste posebno izvedene čelične kotve s navojem te se potpuno izbjegavaju otvori na betonskim zidovima.

Općenito, sidreni sustavi za zidne oplata su vodonepropusni, plinonepropusni, otporni na vatru, zvučnoizolacijski, otporni na zračenje.

Prikazao bih kako je tvrtka za oplata PERI razvio dva sustava, tj. dva rješenja uređaja za povezivanje: DK i SK.

DK sustav se sastoji iz 2 ponovno upotrebljiva DK konusa te od plastične cijevi koja se betonira. Kao prednost kod montaže oplata pokazalo se kontinuirano sidro. Brtveni poklopac između konusa i oplata savladava neravnine i sprečava itjecanje betonskog mlijeka. Prednost ovih sustava je kontinuirano sidro kod montaže velikih zidnih elemenata što znači da nema uvlačenja u otvore sidra, izvlačenje brtvenog konusa bez puno truda pomoću konusnog ključa, visoki stupanj ponovne uporabljivosti brtvenog konusa jer imaju istu vanjsku formu tako da jedan brtveni konus odgovara svim otiscima.



1. hrapava cijev
2. brtveni DK konus
3. betonski DK konus

Slika – Sidra koja se postavljaju između nasuprotnih oplatnih ploča

SK sustav se sastoji također od 2 ponovno uporabljiva SK sidrena konusa i 3 sidra, od kojih se središnje sidro može ubetonirati kod npr. sigurnosnih traktova. Kod svih ostalih primjena koristi se obložna cijev, kako bi se ponovno koristilo središnje sidro. Zatvaranje se vrši brtvenim poklopcem. Prednost ovog sustava je također dugi vijek trajanja sidrenog konusa uz eventualnu zamjenu plastičnog omotača, jednostavna demontaža (izvlači se okretanjem prema van), ciljana primjena kod zaštitnih zidova od zračenja i zidova u sigurnosnim traktovima s izgubljenim sidrom.

Uređaji za regulaciju i pridržavanje

Kada se postavi oplata bilo koje vrste, prije pritezanja mora se provjeriti i dovesti u projektiranu visinu i vertikalnost. Nakon očvršćivanja betona oplata se mora postupno popuštati, bez trzaja i udara, kako bi betonska konstrukcija preuzela opterećenje.

Uređaji za regulaciju omogućuju postupna pomicanja oplatnih sklopova po visini ili nagibu kod postavljanja u projektirani položaj i postupno popuštanje kod skidanja oplata.



Slika: -Jednostrane, velikoplošne zidne oplata

Svaki oplatni sustav mora sadržavati ugrađena rješenja za regulaciju i pridržavanje.

Kod drvenih oplata kao uređaji za regulaciju služe klinovi koji se u parovima postavljaju na smjerovima pomicanja. Klinovi se rade od hrastova ili bukova drveta glatkih površina s nagibom jedne strane 1:5 do 1:10. Klinovi se postavljaju u paru tako da su im vanjske strane usporedne. Laganim udaranjem čekićem po jednom ili drugom klinu oplatni sklopovi se pomiču ili popuštaju.

Kod suvremenih oplatnih sustava izrađuje se posebna oprema za regulaciju i pridržavanje. Nagib okomitih oplata regulira se pomoću cjevastih kosnika koji ujedno služe za podupiranje i pridržavanje oplata tijekom rada. U cijevi kosnika ugrađen je suprotan navoj te se okretanjem cijevi, kosnik produžava ili skraćuje. Na taj se način oplatni sklop dovodi u željeni položaj. Pomicanje sklopova po visini oplata riješeno je vijcima s oslanjačkom papučom.

Kod teških konstrukcija, kao što su nosači mostova, koriste se hidraulični podizači velike snage s prstenom za fiksiranje visine. Kada se oplatni sklopovi dovedu na potrebnu visinu, pomoću prstena se fiksira visina i isključuje hidraulika. Kod skidanja oplata aktiviraju se hidraulični podizači, skida prsten, te ravnomjerno popušta na više oslonaca.

Podupirači i skele za oplata

Kada su oplatni sklopovi ploča ili greda iznad tla ili radnog prostora, do visine 4m, za prihvaćanje i oslanjanje koriste se podupirači. Suvremena rješenja podupirača mogu se koristiti do visine 8m.

Podupirači su samostalni nosivi štapovi koji prihvaćaju opterećenje i prenose ga na oslonce. Mogu primiti vlačne napone i savijanje.



Podupiranje stropne oplata

Cjevasti podupirači s teleskopskim cijevima i oslonačkim papučama su nešto starija ali i najčešća rješenja. Pomoću vijaka na osloncima moguće je lagano podizati i popuštati podupirače do 10cm. Uobičajena rješenja imaju rupe na svakih 10cm za grubo određivanje dužine. Pomoću trnova visina podupirača grubo se određuje, a podizanje i popuštanje vrši se pomoću vijaka. Trn je od okruglog betonskog čelika promjera 10mm. U slučaju preopterećenja stjenke cijevi sijeku trn i sprečavaju krivljenje podupirača.

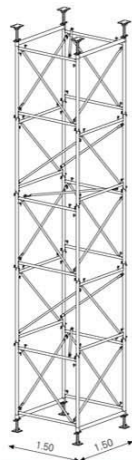
Visina podupirača je podesiva od 260 do 410cm, a nosivost je od 10 do 20 kN. Vanjski promjer cijevi je 50 i 75mm. Težina podupirača je oko 15 do 20 kg te se može ručno manipulirati. Uz

dobro održavanje (čišćenje i podmazivanje) može se računati sa vijekom trajanja do 10 godina. Nabavna cijena je izražena po kilogramu težine i kreće se oko 20% iznad uobičajenih bravarskih konstrukcija te se obzirom na trajnost može reći da nisu skupi. Suvremeni podupirači proizvode se od okruglog ili zvjezdastog poprečnog presjeka od čelika ili aluminijevih slitina. Visina podupiranja kod pojedinih vrsta kreće se do 6 m.



Slika: -Podešavanje visine cijevnih podupirača

Lake sklopive skele koriste se za visine od 4 do 10m. Različitih su rješenja i konstrukcija. Elementi lakih skela sastoje se os fiksnog okvira izrađenog od cjevastih sklopova koji se međusobno jednostavno povezuju i podižu.



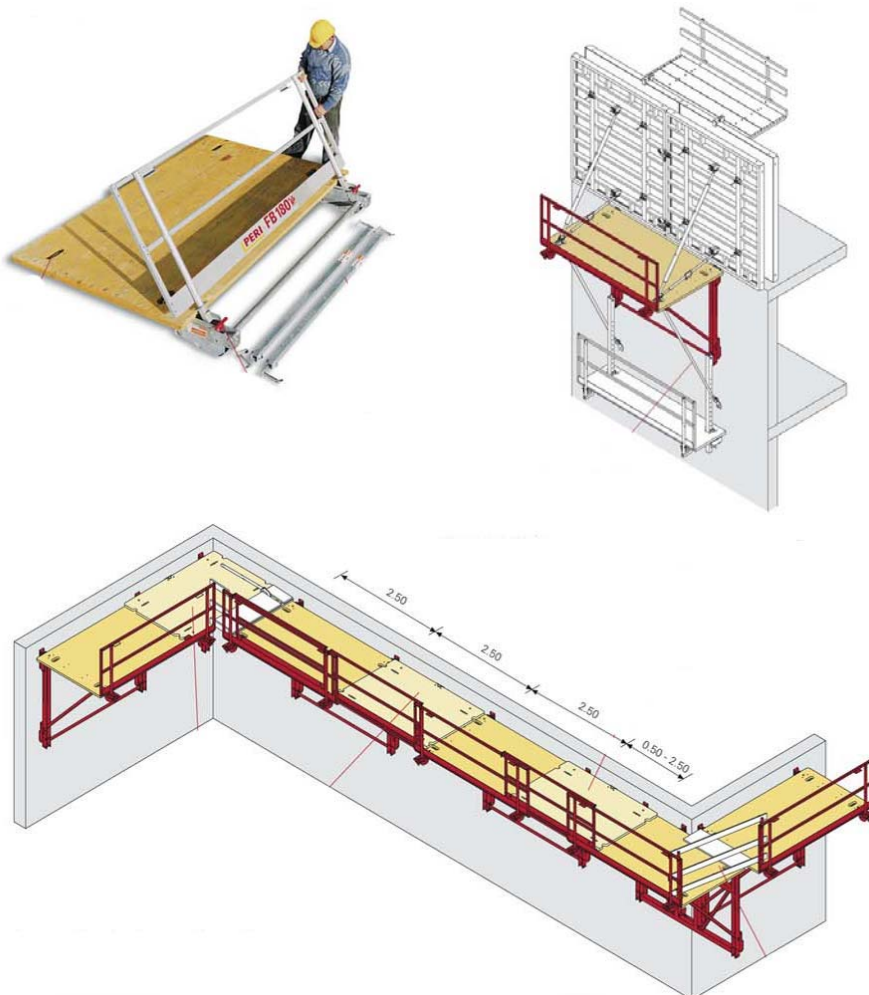
Skele: -Skele kao nosivi toranj

Mogu služiti kao stolovi za stropove (za veliki broj postavljanja), kao nosivi toranj (za velika opterećenja), i kao stubišni toranj (za sigurno penjanje i silaženje). Sklapaju se u tornjeve, a mogu se podići do 15m visine. Nosivost jednog tornja je oko 50 kN.

Radne staze i zaštitne ograde

U sastavu oplatnih sustava proizvode se i dijelovi za oplatne sklopove koji omogućuju i osiguravaju rad ljudi na izradi betonskih konstrukcija. U tu skupinu opreme spadaju radne staze, konzole za visoke i zabatne zidove, zaštitne ograde i radna stubišta za sigurno kretanje radnika.

Radne staze su prostorni elementi sa stazom, zaštitnom ogradom i konzolama za vješanje na oplatne sklopove. S radne staze izlijeva se beton u konstrukcije, po stazama se kreću radnici, drži alat i vibratori. Računsko opterećenje radnih staza je $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$. Dužina elemenata je do 2m, a težina je oko 50 kg.

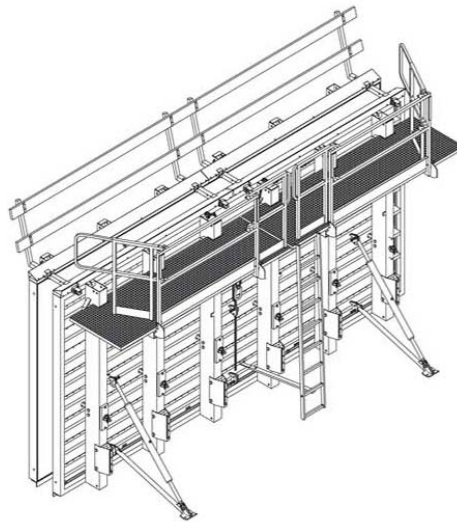


Skele: -Predmontirana zaštitna skela

Zaštitne ograde su unificirani elementi koji se vežu za oplatne sklopove. Postavljaju se oko radnih mjesta na visokim građevinama, kod izrade ploča, greda i zidova. Ograda je visine do

1,1 m a stabilnost se provjerava na horizontalnu silu od $P = 1,0 \text{ kN/m}^1$. Na ogradi se postavljaju rukohvati i zaštitna daska na dnu da spriječi ispadanje materijala i alata.

Konzole za visoke zidove postavljaju se na vanjskim stranama visokih zidova i zabatnim fasadama. Na konzole se oslanjaju oplatni sklopovi, ali i služe kao radne staze kod postavljanja i skidanja oplata. Vrlo su značajna rješenja vješanja konzola na gotove donje dijelove konstrukcije kao i podizanje konzola. Konzole se oslanjaju i vežu na očvrsnute zidove pomoću vijaka s unutarnje strane, a s vanjske strane se vješaju na utorima koji su na konzolama. Vijci se kroz zid provlače kroz rupe ostale od pritezanja oplata. Podižu se pomoću dizalica u ciklusima napredovanja radova.



Radne ljestve služe za penjanje radnika na oplatne sklopove. Osigurane su kukama za vješanje i ogradama te pružaju potpunu sigurnost kod kretanja i penjanja na oplatne sklopove. Pored navedene pomoćne opreme, za pojedine oplatne sustave razvijeni su i namjenski alati koji olakšavaju rukovanje (kao npr. neke vrste čekića za pritezanje oplata, sječu i okretanje vijaka).

2.2. IZBOR I IZRADA OPLATNIH SKLOPOVA ZA RAZLIČITE VRSTE KONSTRUKCIJA

Na izbor vrste oplatnih sklopova za svaki konkretni slučaj utječu brojni tehnički i organizacijski čimbenici. Izbor ovisi, kao je već i na samom početku objašnjeno, o obliku konstrukcije, veličini površine koju namjeravamo oplaćivati, raspoloživim strojevima i vremenu za radove, klimatskim uvjetima u vrijeme izvođenja radova, pa sve i do raspoloživog broja i obučenosti radnika koji će same radove i izvoditi.

Izborom vrste oplatnih sklopova i načina rada, moraju se zadovoljiti uvjeti za uspješan pothvat, što podrazumijeva: dobiti traženu kvalitetu betonskih konstrukcija u pogledu dimenzija i izgleda i završiti građevinu u predviđenom vremenu, a uz najniže troškove.

Pogrešan izbor vrsta oplata i načina rada nepovoljno se odražava na ostale faze radova i na odvijanje radova u cjelini.

Na gradilištu se nastoji postaviti organizacija izvođenja s međusobno ujednačenim kapacitetima po vrstama radova. Ukoliko se radovi na izradi oplata ne odvijaju u predviđenom vremenu,

zaostaju armirački, betonski i zidarski radovi uz nedovoljno korištenje kapaciteta a što se odražava na troškove.

U rješavanju oplatnih sklopova mogu se promatrati tri osnovna pristupa:

1. sustavi koji se **izrađuju na mjestu građenja**, gdje se svrstavaju krojene oplata od drvene građe ili drvenih prerađevina
2. sustavi koje se od tvornički izrađenih ploča i elemenata **na mjestu građenja sklapa** oplatni sklop
3. sustavi gdje se od tvornički izrađenih elemenata u **radionici izrađuje oplatni sklop** u veličini i obliku konstrukcije koji se na mjestu građenja postavlja i skida

IZRADA OPLATA NA MJESTU GRAĐENJA

Izrada oplata na mjestu građenja najstariji je način izrade oplata i sve suvremene vrste oplata i postupci rada počeli su izradom oplata na mjestu građenja. Takav način rada danas koriste uglavnom samo manji poduzetnici i samograditelji.

Uobičajen naziv za ovaj način izrade oplata je "krojene oplata" jer se drvena građa reže, sastavlja i zakiva na mjestu izrade konstrukcije.

Druga mogućnost izrada oplata na mjestu gradnje je korištenjem tvornički izrađenih elemenata. Na mjestu gradnje sastavlja se oplatni sklop od tipskih elemenata, lakih drvenih rešetkastih i sličnih nosača, oplatnih ploča, podupirača i drugih dijelova. Kod ovih oplata je kvaliteta konstrukcije znatno bolja, ali utrošak rada nije znatno smanjen.

Oplata od drvene rezane građe se izrađuju od dasaka debljine 24 i 48mm, letvica 2,5/5,0cm i gredica 10/10 do 16/16 cm. Za oplatne plohe mogu se koristiti i prethodno izrađene drvene lijepljene ploče i dijelovi šperploča, koji se režu ili uklapaju na mjestu buduće betonske konstrukcije.

Oplatni sklop se povezuje čavlima, kovačkim sponama i žicom od mekog čelika 3-6mm debljine. Podiže se, podešava i popušta pomoću klinova od tvrdog drveta. Kod skidanja, čelične žice se sijeku, te krajevi vire iz betonskih površina. Ukoliko se žice želi u potpunosti odstraniti, sijeku se ispod površine betona što oštećuje konstrukciju. Oštećena mjesta se naknadno zatvaraju cementnom žbukom koja je vidljiva na površini, a kod vanjskih površina s vremenom žbuka puca i ispada. Ostaci žica oksidiraju na površini što stvara neugodne žute mrlje. Predviđeno je da se daske za oplatnu plohu mogu upotrijebiti do 7 puta a letve i gredice do 10 puta.

Utrošak rada je vrlo velik a pritom krojene drvene oplata mogu raditi samo obučeni tesari više kvalifikacije koji znaju samostalno čitati projekte konstrukcije. Za izradu, skidanje i čišćenje oplata utrošak rada se kreće od 1,0 do 2,0 h/m², a kod složenih konstrukcija malog presjeka i do 3,0 h/m².

Za izradu se koriste ručni alati, kao što su male sjekire, pile, čekići, kliješta za rezanje žice i čelične poluge.

Kvaliteta betonskih konstrukcija i površina nakon uporabe krojenih oplata nije zadovoljavajuća. Zidovi, stupovi, grede i ploče su neravni, a odstupanje od projektiranog poprečnog presjeka je veliko. Na vanjskim površinama su vidljiva mjesta propuštanja cementnog mlijeka, naročito na spojevima dasaka i kutovima. Korištenjem oplatnih ploha od šperploče ili lijepljenog drveta nešto se popravlja kvaliteta i izgled konstrukcije ali utrošak vremena za izradu ostaje neizmijenjen.

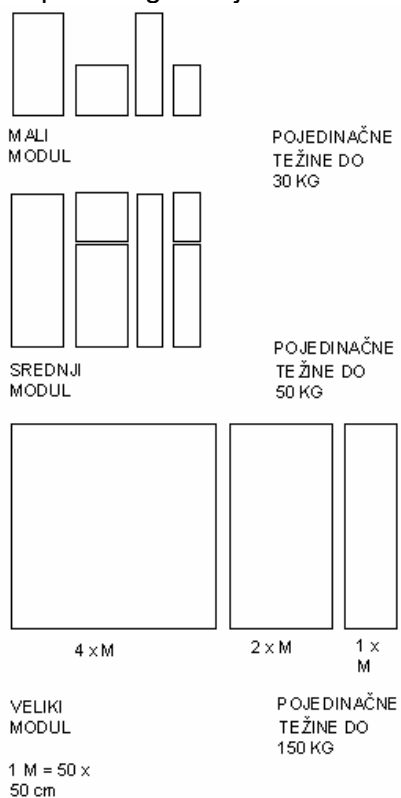
Oplata od gotovih tvornički izrađenih elemenata također se izrađuju na mjestu građenja. Za izradu se koriste lagani drveni nosači, cjevasti podesivi podupirači a oplatna ploha i potkonstrukcija se može raditi od šperploče, lijepljenog drveta s gotovim gredicama ali se mogu koristiti i modularne tvornički izrađene ploče.



Kvaliteta betonske konstrukcije znatno je bolja u odnosu na drvene krojene oplata, ali utrošak rada je velik. Kada se oplačuju konstrukcije sa gotovim elementima u pravilu je potrebno pojedine dijelove izraditi od drvene građe radi prilagođavanja obliku i veličini konstrukcije jer se gotovi elementi ne smiju rezati i ukivati. Navedeni sustav koriste uglavnom obrtničke radionice i manja poduzeća kod nadogradnji i adaptacija zgrada. Utrošak rada je značajan i kreće se os 0,8 do 1,0 h/m².

SUSTAVI KOJI SE SKLAPAJU NA MJESTU GRAĐENJA

Ovaj sustav spada u suvremena rješenja oplata. Pristup izrade oplatnih sklopova polazi od modularnih, tvornički izrađenih oplatnih tabli i pratećih dijelova za podešavanje koji se na mjestu građenja sklapaju u oplatne sklopove odgovarajuće veličine i oblika.



Slika: -Modularne tvornički izrađene oplatne ploče

Tvornički izrađene modularne oplatne table visoke su kvalitete izrade s pratećim dijelovima i rješenjima i predstavljaju posljednji stupanj razvoja suvremenih oplatnih sustava. Osnovni nosivi okvir ploče izrađen je od profiliranog aluminijskog lima ili kutijastih limenih presjeka.

Potkonstrukcija je od istog materijala, sačasto postavljena i zavarena na okvir što osigurava jednaku nosivost u dva smjera. Na bočnim stranama okvira, u određenom ritmu, postavljene su rupe i trnovi kojima se osigurava uklapanje ploča u istoj ravnini. Oplatne plohe su od šperploče ali po zahtjevu mogu biti i s čeličnim limovima ili drugim materijalima s površinskim teksturama.

Rješenjima je omogućena jednostavna zamjena oplatnih ploha nakon određenog broja upotreba. Ploče se rade u različitim veličinama ali u modularnim odnosima.

Sustavi sadrže osnovnu ploču i pomoćne. Pomoćne ploče su veličine $\frac{1}{2}$ i $\frac{1}{4}$ od osnovne, što omogućuje kompatibilnost pri sklapanju u velike sklopove različitih dimenzija i oblika. Prema veličini osnovne ploče razlikuju se sustavi s pločama uvjetno « malih » dimenzija, gdje je osnovna ploča veličine 50x100 cm ili 60x120 cm. Sustavi sa srednje velikim pločama su s osnovnom pločom od 50x250 cm a sustavi s velikim pločama imaju osnovnu ploču 240x240 cm do 300x300 cm.

Sustavi sa malim pločama vrlo su prilagodljivi u pogledu oblikovanja različitih veličina i oblika oplatnih sklopova za okomite i vodoravne konstrukcije te ih pretežno koriste manja poduzeća i obrtnici. Težina pojedinačne ploče ne prelazi 35kg te su pogodne i za ručni prijenos i rad. U svakom sustavu predviđene su posebne ploče sa zglobovima u sredini za oblikovanje unutarnjih i vanjskih kutova kod zidova. Tada se mogu oblikovati mnogokutne kružne i ovalne osnove zidova.

Rješenje povezivanja ploča međusobno i pritezanja oplata kod zidova može biti različito ali osnova je da su elementi izliveni od čelika ili slitine, patentiranog oblika, težine po komadu oko 0,3 do 0,5 kg kojima se jednostavno rukuje.

Ploče se povezuju u sklopove, postavljaju, pritežu i popuštaju pomoću posebno oblikovanog čekića dužine oko 40cm koji je ujedno i jedini alat za rad.

Dvije se ploče po bočnim stranama uklapaju pomoću trnova i rupa a pritežu s veznim elementima.

Sustavi sa srednjim i velikim oplatnim pločama rade se na isti način i od istih materijala ali od krućih profila u različitim veličinama.



Većina sustava s velikim pločama počinje osnovnom pločom 240x240 cm i pratećim veličinama 120x240 cm i 60x240 cm ali mogu se naći proizvođači sa osnovnom pločom 300x300 cm. Velike su ploče znatno teže, oko 250 do 300 kg, te nije moguć rad bez dizalica, ali su zato i znatno efikasnije na velikim gradilištima. S modularnim oplatnim pločama rade se okomite i vodoravne konstrukcije a razlika je samo u prihvaćanju tabli kod vodoravnih konstrukcija.

Betonske konstrukcije izrađene s gotovim tvorničkim pločama izvanredne su kvalitete. Dimenzije ne odstupaju od projektiranih više od 2-3 mm, a površine su glatke i pune. Oplatne plohe od šperploče mogu se upotrijebiti i do 100 puta, uz odgovarajuće održavanje. Oplatne plohe se jednostavno zamjenjuju, a ako nisu dublje oštećene ili deformirane, samo se okrenu na drugu stranu i ponovo koriste. Poslije svake uporabe ploče se moraju očistiti od betona i namazati zaštitnim premazom protiv hrđanja.

U proračunu cijena, tvornički proizvedene oplatne ploče se uzimaju sa vremenskim otpisom od 5 godina, te se na cijenu održavaju u ovisnosti o broju uporaba u jednoj godini. Unatoč visokoj nabavnoj cijeni, zbog velikog broja uporaba, korištenje nije skupo.

Brzina izrade oplata i mali utrošak rada najveća je prednost ovih oplatnih sustava. Utrošak rada za postavljanje i skidanje oplata kreće se od 0,10 do 0,3 h/m². Radna skupina od tri čovjeka mogu za 8 h rada izraditi oko 150 do 200 m² oplatnih zidova i približno toliko i oplata ploča bez podupiranja.

SUSTAVI KOJI SE POSTAVLJAJU NA MJESTU GRAĐENJA

Sustavi gdje se za izradu oplatnih sklopova koriste tvornički izrađeni elementi od kojih se u radionici izrađuju oplatni sklopovi u potrebnom obliku i veličini konstrukcije koji se na mjestu građenja samo postavljaju i skidaju, po učinkovitosti i kvaliteti betonskih konstrukcija sigurno su najbolji. Uspješna primjena uvjetovana je velikim brojem konstrukcija istih dimenzija i oblika na istoj građevini.

U primjeni su velikoplošni oplatni sklopovi vrlo učinkoviti, postiže se velika brzina rada uz zadovoljavajuću kvalitetu i mali utrošak rada.

Sustavi s unificiranim elementima sadržavaju:

- nosive konstrukcije
- konzole za oslanjanje
- uređaje za regulaciju i povezivanje
- radne staze
- elemente za povezivanje sklopova
- namjenske skele za vodoravne sklopove za ploče
- rješenja za vješanje kod prijenosa

Oplatne plohe i potkonstrukcije osigurava izvođač radova, a uglavnom se koriste šperploče za oplatne plohe a gredice ili daske od 48mm za potkonstrukciju koje su prethodno obrađene i zaštićene. U radionicama ili na samom gradilištu izrađuju se oplatni sklopovi u veličinama i oblicima betonskih konstrukcija.

VELIKOPLOŠNI OPLATNI SUSTAVI

Postupak s velikoplošnim prijenosnim oplatama razvijen je u visokogradnji gdje se konstrukcije betonskih zidova i ploča u istim geometrijskim oblicima javljaju u velikom broju na jednoj građevini. Prijenosni velikoplošni sklopovi našli su primjenu kod građenja inženjerskih konstrukcija, kod izrade visokih zidova, stupova za mostove, spremnike za vodu, žitnih silosa i sličnih konstrukcija.

Sustav za oplaćivanje treba ispuniti slijedeće uvjete :

- brza i jednostavna montaža
- jednostavno i po mogućnosti gusto skladištenje
- jednostavna konstrukcija spoja na uglovima
- lako nanošenje (montiranje) radnih konzola
- lako rukovanje sa ukrućenjima i vezama, te uređajima za namještanje vertikalnosti

Osnovni dio sustava, tvornički izrađenih elemenata je unificirana nosiva konstrukcija. Ona se proizvodi u različitim oblicima i veličinama. Najviše su u korištenju nosači od profiliranog lima s drvenim dijelovima na čelima. Proizvode se u visinama 2,5 do 3,0 m, a u poprečnom su presjeku veličine 40 do 80 cm. Također su popularne konstrukcije nosača, od drvenih rešetki izrađenih od lijepljenog drveta a koriste se i kao nosači modularnih tabli.

Raspored ankera u povoljnim slučajevima je svega 0,2 ankera/m² (uspoređeno sa 3 do 4 ankera/m² u konvencionalnim oplatama). Ankeri su obično 12,5 mm; 15,0 mm; 26,5 mm sa nosivošću od 80, 120, 300 kN.

Izrada oplatnih sklopova obavlja se u gradilišnim radionicama, gdje se uz korištenje gotovih elemenata izrađuju oplatni sklopovi za zidove i ploče u dimenzijama elemenata konstrukcije. Postoji mogućnost i da se izrade oplatni sklopovi za zidove veličine 10,0x3,0 m ili oplatni stol za ploče veličine 4,0x8,0 m.

U radionici je oplatni sklop opremljen svim osnovnim i pratećim dijelovima, konzolama za podupiranje, radnom stazom, uređajima za povezivanje, konzolama za zabatne zidove i uređajima za povezivanje i regulaciju.



Slika: -Velikoplošni oplatni sklop s radnom stazom

Izrađeni oplatni sklop se pomoću dizalice prenosi na građevinu na mjesto za koju je konstrukciju pripremljen. Kompletan sklop se nakon izrade betonske konstrukcije popušta i pomoću dizalice prenosi na drugo mjesto gdje se nalazi betonska konstrukcija istih dimenzija. Radne operacije na postavljanju i skidanju vrlo su jednostavne, a sadrže:

- prihvat elementa sa dizalice
- dovođenje u točan položaj po visini i nagibu
- pritezanje

Kod premještanja se popuštaju veze, očisti oplatna ploha i zakvači za dizalicu.

Kod višekatnica isti se oplatni sklop na jednoj katnoj visini, u taktinom postupku rada, može koristiti i 6 puta, te se već kod 8 katova na zgradi postiže 50 uporaba.

Horizontalni oplatni sklopovi za ploče i grede izrađuju se na sličan način. Oplatna ploha i potkonstrukcija su istovjetne kao kod zidova a ispod nosive konstrukcije postavlja se namjenska

prostorna skela. Na osloncima skela postavljene su oslonačke papuče s vijcima pomoću kojih se oplatna ploha podiže ili spušta za 10 do 15cm.

Rad na postavljanju i skidanju sklopova vrlo je jednostavan i uz jednog kvalificiranog radnika sve se operacije mogu obaviti i sa priučenim radnicima.

Također se proizvode velikoplošni oplatni sklopovi za ploče (oplatni stolovi) koji se oslanjaju na zato postavljene čelične konzole na zidovima. Na konzolama su uređaji za popuštanje, odnosno za odvajanje oplata od betona. Sklopovi se prihvaćaju prenose dizalicama. Rađeni su u dimenzijama ploče jedne prostorije a kod većih ploča postavlja se usporedno više stolova.



Slika -Transport oplatnog stola dizalicom

Nakon što je izlivena ploča na jednoj visini, oplatni stolovi se pomoću vijaka popuštaju za 10 do 20cm. Na istoj visini uz oslonce su kotači na obrtnim zglobovima koji prihvaćaju oplatni stol. Dva radnika sa lakoćom stol guraju prema slobodnom otvoru na fasadi, gdje se prihvaća dizalicom i prenosi na drugi položaj, obično samo kat više. Oplatni stolovi dostižu takt prijenosa kod manjih raspona od 48 do 72 sata, ali u prosjeku se može računati sa 4 dana. Stolovi se izvlače ispod betonirane i očvrsnule ploče prema slobodnom otvoru na fasadi, ručno ili pomoću vitla. Kada se stol kroz otvor izgura do 1/3 dužine, prihvaća se dizalicama.

Uz pridržavanje jednog kraja sa dizalicom, sklop se izvlači na 2/3 dužine i vješa za drugi par užadi te prenosi na novi položaj. Konstruirani su i namjenski pristroji za prijenos stolova, tzv. "pačji kljunovi" koji su oblika položenog slova "U". Kljunom se stol prihvaća ispod oplatne plohe, izvlači i prenosi u drugi položaj.

Redoslijed radova na građevini sa velikoplošnim oplatama i stolovima vodeća je operacija kojoj se prilagođavaju svi ostali radni zahvati i radovi.

U prvom taktu se na polovici osnove izvedu svi zidovi i stupci. Kada se u osnovama javlja dvostruka ili četverostruka simetričnost konstruktivnih elemenata, oplatni sklopovi zidova se prenose na drugu polovinu ili četvrtinu osnove.

U idućem taktu između izlivenih konstrukcija zidova se postavljaju stolovi i izljevaju ploče a istovremeno se na drugoj polovini osnove izljevaju zidovi.

Posebno se kod zidova izrađuju kutni elementi, koji se kod premještanja prvi vade kako bi oslobodili vađenje ravnih ploha.

Redosljed rada moguće je podesiti i na taj način izbjeći izradu zasebnih kutnih elemenata. U tom slučaju, prvo se izrađuju na polovini osnove svi poprečni zidovi, a u drugom taktu uzdužni. Povezivanje poprečnih i uzdužnih zidova osigurava se posebno izvedenim detaljima.

Utrošak rada za postavljanje, prenošenje, sklapanje i rastavljanje oplatnih sklopova iznosi od 0,25 do 0,35 h/m².

Težina velikoplošne oplate je velika, težina sklopova kreću se od 5 do 10 kN/kom. I ne mogu se koristiti bez snažnih toranjskih dizalica.

Da bi se ovi sklopovi uspješno koristili potrebno je još pri projektiranju betonsku konstrukciju prilagoditi tehnologiji rada s oplatama. Zidovi moraju biti ravni, bez istaka ili zadebljanja. Na podgledu ploča ne mogu biti veće grede ili nadvojni nad otvorima, a jedna strana prostora mora biti otvorena prema fasadi kako bi se stol mogao izvući.

PROSTORNI OPLATNI SKLOPOVI

Spajanjem zidova i ploča u velikoplošnim sklopovima u jednu cjelinu nastali su prostorni oplatni sklopovi, koje još nazivamo i tunelske oplate. Prostorne oplate su po tehničkim rješenjima složene konstrukcije koje sadrže posebno konstruirane zglobne veze, podizače, kotače i instalacije za zagrijavanje oplatne ploče.

Konstrukcija prostornih sklopova je od metala, uobičajeno sa limenim oplatnim ploham, nosačima i kosnicima od čeličnih cjevastih ili kutijastih profila.

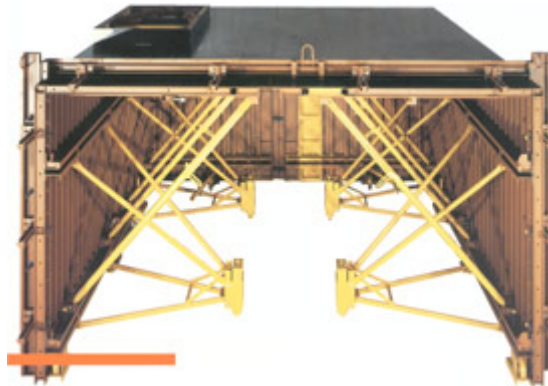
Ovi oplatni sklopovi omogućuju istovremeno izlivanje zidova i ploča. Kako bi se sklopovi što ranije izvadili iz očvrnutih betonskih konstrukcija, na oplatnoj plohi su ispod ploče postavljeni grijači. Grijanjem betona pospješuje se brzina očvršćivanja u ploči što omogućuje istovremeno skidanje oplata sa zidova i ploča. Grijanje se najčešće rješava sa plinom, rijetko sa elektrogrijačima. Sa prostornim sklopovima se može dostići takt izrade od 2-3 dana, ali se za planiranje računa sa taktom od 4 dana.

Na osnovi ploče, na mjestu zidova, prethodno se izrađuju mali nadzidci visine 5 do 10 cm a u širini zida. Oplate zidova oblikuju opladne plohe dva susjedna sklopa, a nadzidcima se određuje širina i položaj zida, jer prostorni sklopovi nisu međusobno vezani. Kod izvlačenja se na sklopu popuštaju veze te pomoću zglobova i regulatora sklop se po širini smanji za 3 do 5cm a isto toliko snizi visina. Spuštanjem se sklop dočekuje na kotače, pomoću kojih se izvlači. Za izvlačenje i prijenos mora se koristiti « kljun ».

Velika oplaćena površina velika je prednost ovih oplatnih sklopova jer se u jednom radnom zahvatu oplakuje površina od 40 do 60 m². Brzina rada je neusporediva sa drugim sklopovima jer se u ljetnom razdoblju može dostići takt prijenosa od 48 sati. Utrošak rada je vrlo mali i kada se obuhvate sve operacije iznosi od 0,05 h/m².

Neprikladnost oblika oplatnog sklopa je samo jedan od otežavajućih uvjeta za uspješnu primjenu. Jednom izrađen sklop za određenu konstrukciju i raspon ne može se naknadno mijenjati ili promjene iziskuju velike troškove. Jedino je povećanje raspona moguće s umetanjem središnjih dodatnih ploča ali u ograničenom opsegu.

Težina sklopova je velika i kreće se od 20 do 30 kN/kom te se ne mogu koristiti bez vrlo snažnih toranjskih dizalica.



Slika -Tunelska oplata u jednom komadu za a.b. zidove i stropove višestambenih građevina

Tehnološki i ekonomski opravdana primjena može se dobiti samo kod rijetkih građevina, gdje je broj istih otvora ili istih dužinskih sekcija, vrlo velik. Zbog visoke nabavne cijene, unatoč malom utrošku rada, teško je postići ekonomsku opravdanost ispod 100 do 120 korištenja sklopa istih dimenzija i oblika.

Osim višekatnica, prostorni oplatni sklopovi mogu se uspješno koristiti kod izrade zatvorenih kanala, pothodnika i sličnih dugačkih zatvorenih konstrukcija, ali tada se ne prenose već su na kotačima.

KLIZNI I POMIČNI OPLATNI SKLOPOVI

Postupak rada i uređaji za rad s kliznim oplatnim sklopovima razvijen je za visoke inženjerske građevine zatvorenih osnova bez vodoravne konstrukcije, s istom ili ujednačenom promjenjivom debljinom zidova po visini. U te građevine spadaju visoki tvornički dimnjaci, silosi za žito, spremnici za tekućine, visoki stupovi mostova i drugi slični oblici kružnog i mnogokutnog zatvorenog oblika. Postupak rada s kliznim oplatnim sklopovima odlikuje se brzinom podizanja građevine i malim utroškom ljudskog rada ali za primjenu nameće brojne tehnološke i organizacijske uvjete. Klizni oplatni sklop sastoji se od oplatnih ploha, jarmova, uređaja za klizanje

Oplatne plohe su izrađene od čeličnih limenih oplatnih ploha na čeličnoj potkonstrukciji, visine 1,5 do 2,0 m a širine 1,2 do 2,4 m. U vodoravnom smjeru ploče su povezane međusobno u cjelinu. Po dvije suprotne ploče oslanjaju se na jaram. Jarmovi se rade od čeličnih normalnih profila u obliku obrnutog slova U. Dvije suprotne ploče zida jarmovi pridržavaju sa gornje strane. Konstrukcija omogućuje da se po potrebi kruti gornji čvorovi jarma pretvore u zglobove, što je potrebno kod namještanja i popuštanja sklopova. Promjena širine čeljusti jarma omogućuje izradu različitih širina zidova. Na vrhu jarma nalaze se podizači s pomoću kojih se postepeno podižu oplatne ploče kod klizanja. Podizači se oslanjaju na čelične štapove promjera do 40mm.koje u praksi nazivaju «kleter štange». Dužina pojedinih štapova je 2 do 3 m a na krajevima su navoji za nastavljjanje. Podizačima se osigurava ravnomjerno podizanje svih povezanih jarmova s oplatnim pločama. Svi podizači povezani su za središnji upravljački blok, odakle se dostavlja i regulira energija do podizača. Kao izvor i način prenošenja mehaničke energije najviše se koriste hidrauličke pumpe sa hidrauličkim dizalicama na jarmovima. Sustav podizanja mora osigurati isti hod po visini svih jarmova neovisno o otporu na pojedinim dijelovima, što osigurava geometriju zidova i građevine po visini. S uređajima za podizanje jarmova podešava se brzina kretanja, koja se kreće od 5 do 20 cm po satu.

Početak rada je na temeljnoj ploči. Na temeljnoj se konstrukciji postavljaju oplatne ploče i jarmovi te međusobno povezuju prema debljini zidova i obliku građevine. Unutar zidova se

postavljaju štapovi za oslanjanje i povezuju za podizače. Oslanjački štapovi u visini oplatne ploče prolaze kroz cijevi koje vise s jarma a koje sprečavaju vezivanje svježeg betona za oslanjački štap. Time je omogućeno da se oslanjački štapovi nakon dovršenja gradnje izvuku i ponovno koriste. Kada je sklop na temeljnoj ploči oblikovan i povezan, na visini gornjeg ruba oplatnih ploča postavlja se radna površina koja služi za rad, kretanje i zaštitu radnika, jer potpuno zatvara unutarnji prostor građevine.

Rad počinje ulijevanjem betona do 1/3 visine oplatnih ploča u koncentričnim slojevima po osnovi. Nakon 3 do 5 sati aktiviraju se podizači i oplata se podigne 10 do 15cm kako bi se beton odvojio od oplatne plohe. Nakon 6 do 10 sati, ovisno o brzini očvršćivanja betona, počinje se sa ravnomjernim ulijevanjem betona u zidove po slojevima. Brzina ulijevanja betona podešava se prema brzini podizanja sklopova, što se naziva *klizanjem*. Oplatni sklop klizi preko djelomično očvrstnutog betona u zidovima.

Brzina napredovanja ovisna je o brzini očvršćivanja betona. Onaj trenutak kada betonski zid ostane ispod oplatne plohe, mora imati dovoljnu čvrstoću da sam sebe nosi. Brzine koje se postižu su naizgled male, 5 do 20 cm/h ali i malom brzinom se osigurava dnevno napredovanje betonskih zidova od 1,2 do 4,8 m po visini. Kada se počne sa klizanjem rad se ne smije obustaviti. U slučaju kraćih zastoja s klizanjem se nastavlja do potpunosti pola visine oplatnih ploča, nakon toga se podizanje zaustavlja. Ukoliko se još ne može nastaviti s radom svakih 30 do 60 minuta podizači se aktiviraju i sklopovi se podižu za 3 do 4cm, kako bi se spriječilo vezivanje betona za oplatne plohe. U slučaju prekida radova mora se računati s gubitkom od 1 do 2 dana dok se ne uspostavi novi režim klizanja, a troškovi se povećavaju.

Praktički jedini rad na oplatnim sklopovima obavlja se na početku i na kraju radova, kada se sklapaju i rastavljaju sklopovi. Tijekom klizanja nema posla na oplatama.

Otežavajući uvjeti primjene klizne oplata su da se rad na klizanju mora obaviti bez prekida a to zahtjeva rad 24 sata na dan na građevini i proizvodnji betona.

OPLATNI SKLOPOVI ZA STUPOVE

Stupovi su iznimno osjetljivi konstruktivni dijelovi svake građevine. Na stupovima je koncentrirano okomito opterećenje. Zbog izvijanja osjetljivi su na točnost dimenzija i oblika, kvalitetu betona i spoj s podlogom i kapitelom.

Pod stupovima se podrazumijevaju vertikalne betonske konstrukcije odnosa stranica u osnovi do 1:1 do 1:2. Vrlo su osjetljivi na ekscentrična opterećenja. Stupovi su dijelovi konstrukcije koji su u većini slučajeva vidljivi u prostoru. Odstupanje u dimenzijama, procurivanje cementnog mlijeka i neravnine naglašeno su uočljive.

Za izradu stupova koriste se oplata koje se rade na mjestu, prijenosni oplatni sklopovi i namjenski izrađeni sklopovi za određene oblike stupova. Visoki stupovi, velikog presjeka u osnovi, mogu se raditi kliznim i podižućim oplatnim sklopovima.

Krojene oplata stupova koje se izrađuju na mjestu građenja uobičajeno su od drvene građe s oplatnim ploham od dasaka ili šperploče. Izrađuju se od dvije istovjetne ploče, čeone i bočne. Na uglovima bočne ploče preklapaju se čeone radi boljeg zaptivanja. Prilikom betoniranja stupovi se pune bez prekida do pune visine. U slučaju prekida rada, kada beton nije izliven do pune visine, oplata stupa se mora skinuti, pripremiti kontaktna površina za nastavak betoniranja i oplata ponovno postaviti. Oplate se povezuju i reguliraju žicom ili posebno izrađenim stegama. Kod iznimno visokih stupova koriste se oplata u punoj visini stupa s otvorima po visini kroz koje se ulijeva beton. Kada se beton napuni do visine prvog otvora na oplati, otvor se zatvara i nastavlja se ulijevati na slijedećem, višem nivou.

Prenosive oplata stupova izrađuju se od tvornički izrađenih oplatnih ploča, gdje je povezivanje već riješeno u konstrukciji ploče i vezivnim elementima. Najčešće se koriste ploče koje se

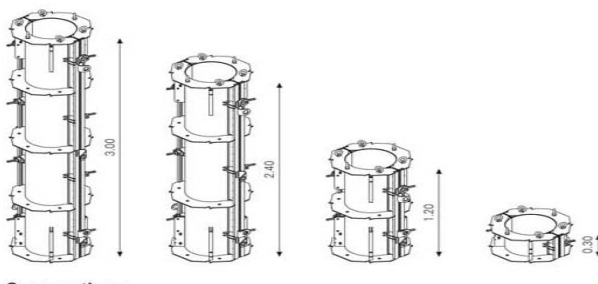
postavljaju na preklap što omogućuje izradu različitih dimenzija stupova u osnovi a ujedno osigurava stabilnost oplatnog sklopa.



Slika: -Oplata za pravokutne stupove, fleksibilna za različite dimenzije

Za izradu se koriste tvornički izrađene ploče oplatnih sustava s velikim modularnim tablama. U slučajevima da je na gradilištu potrebno izvesti veliki broj stupova istog poprečnog presjeka, kružne ili druge složene osnove, izrađuju se namjenski oplatni sklopovi samo za tu vrstu stupova. Ekonomsko opravdanje za izradu namjenskih sklopova može se dobiti u velikom broju korištenja.

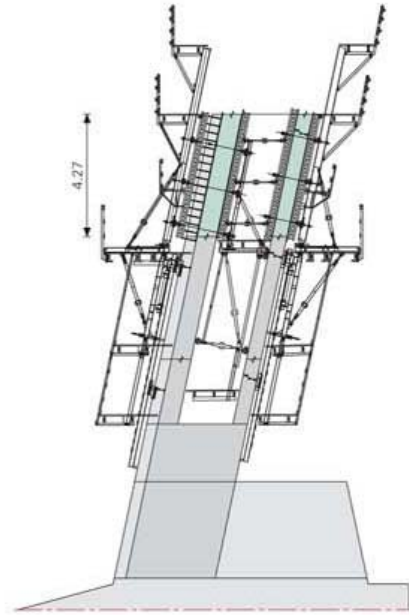
Osim stupova kvadratnog poprečnog presjeka izrađuju se i stupovi kružnog poprečnog presjeka. Mogući su i različiti drugi poprečni presjeci koji se postižu umetanjem dodatnih elemenata uz unutarnju stranu oplatnih ploha, najčešće od stiropora. Oplate za kružne stupove često se izrađuju od specijalno obrađenog kartona, koji je otporan na vlagu, lagan i brzo se postavlja i skida.



Slike -Kružne oplate stupova

IZVEDBA VISOKIH ZIDOVA I STUPOVA U OPLATI

Visoki betonski zidovi javljaju se kod mnogih konstrukcija građevina kao okomite konstrukcije spremnika za žito, silosa za tekućine, visokih stupova kod mostova s unutarnjim šupljinama i tornjevima različitih razmjera. U tlocrtu zidovi mogu biti ravni, zakrivljeni, kružni, elipsasti ili kombinacija zakrivljenih i ravnih poteza.



Slika: -Oplata visokih stupova mostova

sekcije oko 3 m visine dok dužina nije ograničena ali se rijetko ide preko 6,0 m.

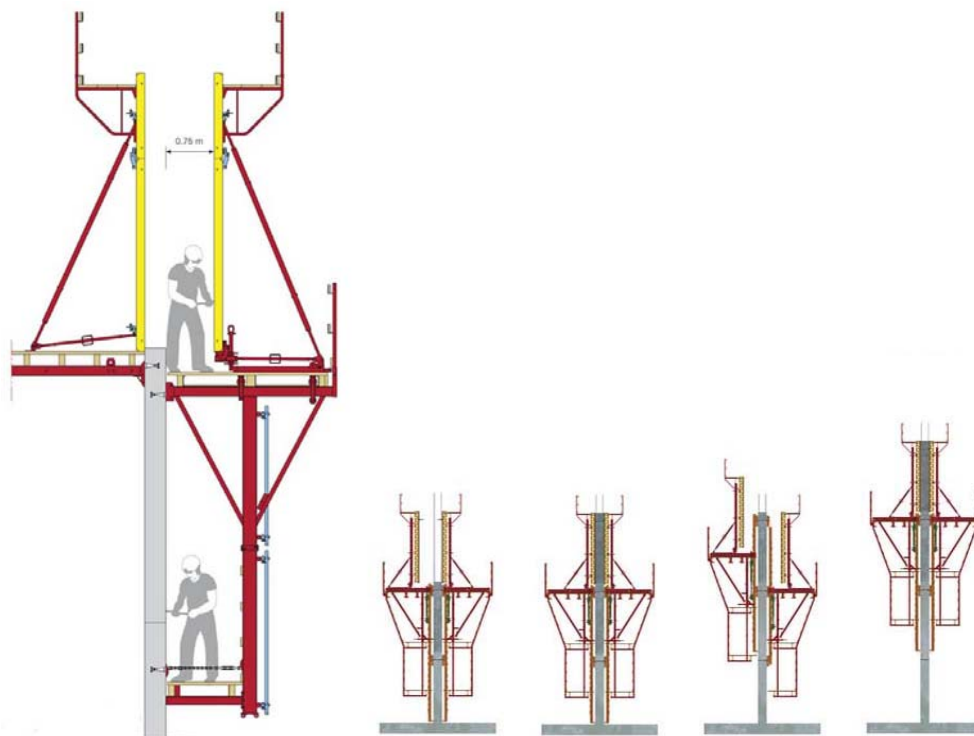
Za izradu sklopova za visoke zidove mogu se koristiti različite vrste tvornički izrađenih gotovih ploča. Prednost imaju velikoplošni oplatni sklopovi ali se mogu primijeniti samo kod ravnih zidova u tlocrtu.

Na oplatnim sklopovima na svakoj visinskoj sekciji su radne staze sa zaštitnim ogradama. Posebnost rješenja ovih sklopova je u načinu povezivanja za oslonce. Veze moraju sigurno povezati gornji dio oplatnog sklopa za oslonce ali isto tako omogućiti otvaranje oplatnih ploča. Veze se rade kao zglobne ili vodoravno pomične. Zglobne veze otvaraju oplatne plohe kao škare okrenute prema gore, što otežava postavljanje betonskog željeza i čišćenje oplatnih ploha. Vodoravno pomične veze omogućuju bočno pomicanje oplatnih ploča što ostavlja slobodan radni prostor na unutarnjoj strani zida, širine do 75 cm s jedne ili obje strane. Prostor je dovoljan za čišćenje o pripremu oplatne plohe te postavljanje armature.

Oslanjačke konzole su dio sklopa koji pridržavaju oplatni sklop i omogućuju premještanje po visini. Na konzolama je radna staza s koje se oplatne ploče otvaraju i zatvaraju. Konzole se oslanjaju preko čeličnih trnova na donje, završene i dijelom očvrsnute betonske konstrukcije.

Kod oplatnih sklopova za visoke zidove potrebne su tri radne staze po visini. Gornja služi za ulijevanje betona, srednja za otvaranje oplata i postavljanje armature a donja za vezivanje i otpuštanje sklopa od konstrukcije.

Kada beton u oplati dovoljno očvrstne da može primiti opterećenje oplatnog sklopa, popuštaju se donje veze konzola za konstrukciju. Kolika je čvrstoća betona potrebna ovisi o rješenju trna, ali uobičajeno je da se počne sa podizanjem kada beton dostigne oko 50% predviđene čvrstoće. Podizanje oplatnih sklopova izvodi se po sekcijama koji su širine od 3,0 do 6,0 m.



Slika: -Primjena pomične, podižuće oplata

Najčešći načini za podizanje ovih sklopova su:

- podizanje sklopova pomoću dizalica
- samopodižući sklopovi

Nakon što su veze konzola na trnovima popuštene, na zato predviđene ušice koje su ugrađene za oplatni sklop, jedna po jedna sekcija se prihvaća toranjskom dizalicom s obje strane sklopa. U tom trenutku radnici napuštaju radne staze i dizalica podiže sklop. Iznimno je teška operacija vješanja sklopa za gornji trn. Ljudi moraju u jednom trenutku doći na donju stazu i uspostaviti veze sa trnovima dok čitav sklop pridrži dizalica.

Samopodižući sklopovi su znatno bolja i sigurnija rješenja. Na konzolama su ugrađene nazubljene uspravne vođice od čeličnih profila. Vođice su povezane preko sidara za betonsku konstrukciju a konzole se zupčanicima drže za vođice i pomjeraju po visini. Prilikom podizanja sklop se povezuje za očvrсну betonsku konstrukciju a pomoću elektro-motora i reduktora podižu se vođice i na novi položaj i povezuju se za betonsku konstrukciju pomoću sidara. Kada se oplatni sklop podigne na potrebnu visinu zupčanicima koji povezuju oplatni sklop s nazubljenom vođicom se zakoče.

Podizanje jedna sekcije oplatnih sklopova traje oko 15 minuta a za cijeli pojas, ovisno o veličini, utroši se nepuni radni dan. Utrošak rada je malen.

Nakon dostizanja projektne visine, oplatni sklopovi s pomoću podizača mogu se na isti način i spustiti, ali je jednostavnije i brže kada se to obavi dizalicom.

OPLATE ZA VISOKE MASIVNE ZIDOVE

Visoki masivni zidovi su građevine gdje se zbog debljine konstrukcije ili jednostrane oplata ne mogu povezati dva suprotna oplatna sklopa. Predstavnicima ovih građevina su betonske brane, visoki potporni i obložni zidovi i duboke temeljne konstrukcije. Po visini mogu biti promjenjivog

poprečnog presjeka, a kod brana i obložnih zidova blago zakrivljeni ili kosi. Izrada oplatnih sklopova ne razlikuje se mnogo od visokih zidova, osim u načinu vješanja za konstrukciju i pridržavanju.



Slika: -Izvedba zida brane

Nosiva konstrukcija oplatnog sklopa radi se u visini dva pojasa podizanja sklopa i to je obično čelična rešetka. Na donjem dijelu sklopa je radna staza s ogradom i regulatorom okomitosti za formiranje kosine, a na gornjem dijelu je radna staza za ugradnju betona s zaštitnom ogradom. Cijeli oplatni sklop se vješa preko vijčanih trnova na ugrađena sidra u konstrukciji. Ugrađena sidra izrađena su s upuštenom navojnom glavom za koju se povezuje oplatni sklop. Podizanje može biti riješeno toranjskim dizalicama, ali suvremena rješenja imaju ugrađene podizače i okomito pomičnu vođicu, riješenu na isti način kao kod visokih zidova.

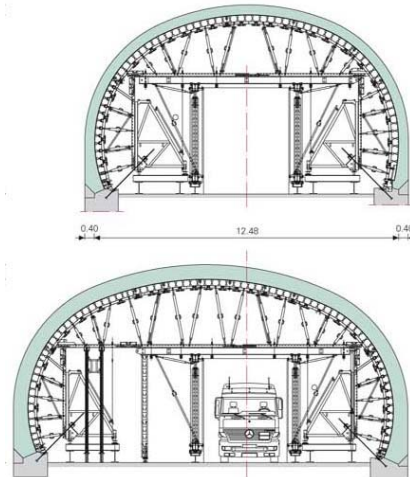
Napredovanje je nešto sporije u odnosu na visoke zidove jer su oplatni sklopovi jednostrani. Kod izgradnje brana to nije od značaja jer se u visinske sekcije izlijevaju velike količine betona, a redosljed radova odvija naizmjenično na više sekcija u određenom redosljedu. Potpuno ista rješenja primjenjuju se i kod potpornih, temeljnih i obložnih zidova gdje se oplata može postavljati samo s jedne strane.

OPLAĆIVANJE KOD TUNELSKIH GRAĐEVINA

Dugački zatvoreni tuneli za prometnice ili hidrotehničke građevine izrađuju se pomoću sklopivih oplatnih sekcija koje se premještaju po dužini na željeznim vođicama ili gumenim kotačima. Oplatni sklopovi obuhvaćaju cijeli poprečni presjek otvora, a izvode se u sekcijama dužine 10,0 do 15,0 m. Ti sklopovi su povezani sa zglobovima i polugama za popuštanje i premještanje. Kod uzdužnog premještanja opladne plohe se odvajaju od očvrnutog betona preklapanjem oplatnih ploča pomoću zglobova. Smanjena veličina u poprečnom presjeku oplatnog sklopa omogućuje premještanje na drugi položaj po dužini.



Slika –Oplata kod tunelogradnje



Nabavna cijena kompozicije tunelskih oplatnih sklopova vrlo je visoka te se prilikom izbora poprečnog presjeka tunela i izbora vrste oplatnih sklopova provode se opsežna prethodna ispitivanja. Kod projektiranja prometnica nastoji se poprečni presjek tunela zadržati u istom poprečnom presjeku, kako bi se kompozicije oplatnih sklopova mogle koristiti na više tunela. Na sličan način može se riješiti izvođenje otvorenih hidrotehničkih kanala istoga poprečnog presjeka po dužini.

OPLATNI SKLOPOVI ZA POSEBNE NAMJENE

Osim opisanih vrsta i postupaka rada pojave se i neka nova rješenja oplata i postupaka, razvijenih za neke posebne konstrukcije i uvjete.

Napuhane oplata su izrađene od gumenih ili sličnih elastičnih materijala, zatvorenog oblika. Obično su to cilindri, ali mogu biti i drugi oblici. Pune se zrakom pod tlakom zbog čega povećavaju promjer. Nakon očvršćivanja betona zrak se ispušta, što omogućuje izvlačenje oplata. Postoje ipak dodatne teškoće prilikom zbijanja betona vibratorima na elastičnoj podlozi. Napuhane oplata uspješno se koriste kada je potrebno u unutrašnjosti masivnih betonskih konstrukcija ostaviti zatvorene šupljine, na što se nailazi kod mostova, brana i cjevovoda. Nakon očvršćivanja betona oplata se izvlače kroz male otvore koji se ostavljaju na konstrukciji.

Izrada zakrivljenih betonskih ploha, bez oplata je postupak koji se rijetko koristi. Između privremenih podupirača ili ranije izvedenih nosača, postavlja se betonski čelik i dobro veže za podupirače. Čelične armaturene šipke se međusobno vežu točkastim zavarivanjem. S vanjske strane zaobljenih ploha, koje oblikuje postavljena betonska armatura, postavlja se gusti žičani pletar. Veličina okana pletera treba biti oko 3 do 6 mm, te se mogu koristiti "rabc mreže" i mreže izrađene od sječenih tankih čeličnih limova. Mreže se dobro vežu za već postavljenu armaturu. S vanjske strane se strojem nabacuje mlazni beton i koristi se kod obloga kosina ili unutrašnjosti tunela. Beton se na mrežu nabacuje u slojevima debljine 3 do 4 cm po cijeloj površini. Vrlo je osjetljiv na isušivanje te se preporučuje trenutna zaštita plastičnim folijama. Nakon 4 do 7 dana beton očvrstne, što omogućuje da se sa unutarnje strane nastavi s izradom konstrukcije postupkom mlaznog betona. Vanjski sloj ulazi u nosivi presjek konstrukcije, ali preporučljivo je dodati 2 do 3 cm debljine jer se mlaznim betonom dobiva grubo valovita površina.

Izrada konstrukcija bez oplata vrlo je zahtjevan postupak ali je u pojedinim slučajevima potpuno opravdan. Kada se moraju izvesti promjenjive zakrivljene betonske plošne konstrukcije,

postupak s mlaznim betonom ekonomski je mnogo je povoljniji od izrade drvenih krojenih oplata.

Danas su razrađeni kompletni sustavi za zakrivljene oplata, a izgledaju poput ravnih.

Izgubljene oplata su namijenjene izradi šupljina u unutrašnjosti konstrukcija a koje ostaju u konstrukciji nakon očvršćivanja betona. Potreba za unutarnjim otvorima javlja se kod nosača za mostove, greda velikih raspona i međukatnih konstrukcija. U pogledu materijala za izgubljene oplata potrebna je izuzetna pozornost. Organski materijali (sve vrste drvene građe, kartonske cijevi i šperploče) uslijed kondenzacije vode u unutarnjim šupljinama vremenom se biološki razgrađuju. To može imati za posljedicu pojavu neuglednih mrlja na vidljivim dijelovima konstrukcije i nepovoljan utjecaj na kvalitetu i trajnost betona. Sigurnije je koristiti sintetičke materijale kao što su PVC cijevi i poliesterske ploče, ali su to skuplja rješenja s nepoznatim ishodom u pogledu trajnosti.

U današnje vrijeme je moguće izvesti objekte različitih veličina i oblika, a sve zahvaljujući suvremenim spoznajama, umijeću i razvoju tehnologije izrade oplata.



Slika: - Primjer složene građevine koja zahtjeva komplicirane oplatne sklopove

2.3. PRIPREMA I SKIDANJE OPLATNIH SKLOPOVA

Prilikom izrade oplatnih sklopova iznimna pozornost mora se posvetiti pripremi oplatne plohe i skidanju oplata nakon očvršćivanja betona. Površinski izgled betonske konstrukcije odraz je stanja oplatne plohe. Ukoliko oplatna ploha nije prethodno pripremljena beton će se vezati za plohu i kod skidanja oštetiti. Skidanje oplatnih sklopova nakon očvršćivanja betona je ujedno i aktiviranje izrađene nove betonske konstrukcije za prihvat opterećenja za koje je namijenjena. Na nedovoljno čvrstoj konstrukciji nepažljivim se skidanjem mogu izazvati pukotine ili prouzročiti druge nepovoljne posljedice.

Da bi se na duži vremenski period sačuvale vrijednosti i mogućnosti višestrukog korištenja oplata ista se mora redovito čistiti i njegovati. Korištenjem u teškim vremenskim uvjetima i uvjetima rada neizbježna su oštećenja a tako i popravci.

Čak i najbolja oplatna ploča mora se zamijeniti nakon višestrukog korištenja. Za osposobljavanje rabljenih elemenata postoje u postrojenjima mali i veliki servisi za popravke. U malim servisima se obavlja čišćenje i stavljanje novih oplatnih ploča. U velikim servisima okviri se pjeskare, ravnaju i potrebi vare.

PRIPREMA OPLATNIH PLOHA

Prijanjanje za beton sprečava se čišćenjem i nanošenjem tankih premaza preko oplatnih ploha prije svake uporabe. Lijepljenje betona za oplatnu plohu ovisi o površinskoj obradi materijalu plohe. Neravne i hrapave površine imaju veću površinu i prijanjanje je veće nego kod glatkih i punih ploha. Oplatne plohe izrađene od vodopropusnih materijala ili nedovoljno zaptivenih na spojevima povećavaju prijanjanje i kod skidanja oštećuju plohe i betonske površine.

Prije nanošenja premaza oplatna ploha se dobro očisti od ostataka betona i cementnog mlijeka zaostalih od prethodne uporabe. Za to se koriste posebni strugači izrađeni od tvrde plastike, koji ne oštećuju plohu. Nakon struganja oplatne plohe se ispiru vodom i suše.

Premazi za oplatnu plohu ne smiju biti agresivni ili na bilo koji drugi način kemijski aktivni sa sastojcima betona. Na betonskim površinama premazi ne smiju ostavljati masnoće i mrlje. Premazi moraju biti stabilni i otporni na vanjske utjecaje, niske i visoke temperature, padaline i brisanje. Premazi koji se koriste u praksi se mogu uvjetno podijeliti na suhe i masne

Suhi premazi dolaze na gradilište kao praškaste tvari kojima se na gradilištu prave vodeni rastvori i nanose se na oplatne plohe. Prije izlivanja betona premazi se moraju osušiti zato što premazi između betona i oplatne plohe stvaraju tanki sloj koji omogućava lako odvajanje oplata od očvršnutog betona. Za premaze se najviše koristi mješavina gašenog vapna i gipsa, ali se rade i od kamenog brašna s umjetnim vezivima. Suhi premaz su osjetljivi na kišu, kvašenje i udare te se oštećuju kod postavljanja betonskog čelika i hodanja radnika. Pogodne su za drvenih i oštećenih oplatnih ploha jer dijelom popunjavaju oštećenja i na oplatnoj plohi izravnavaju i zaptivaju površinu.

Masni premazi su otopine izrađene od mineralnih ulja ili parafina sa rastvaračima. Na gradilište dolaze pripremljene otopine, u bačvama od 100 do 200kg. Prije uporabe se moraju dobro izmiješati jer nakon dužeg stajanja u bačvama se na dnu javlja talog. Na oplatne plohe se nanose krpama, spužvama i prskalicama u tankim slojevima. Nakon desetak minuta rastvarači isparavaju a masne tvari ostaju na površini. Pogodne su za glatke oplatne površine kao što su plohe od šperploče, lijepljenog drveta ili čeličnih limova. Utrošak materijala za mazanje oplata je oko 0,1 do 0,2 kg/m².

U suvremenijim radionicama za izrade oplata postoje posebna postrojenja za čišćenje oplata gdje se mogu čistiti elementi od 30 cm do 3,30 m visine, različitih širina i debljina. Najmodernije tehnike omogućavaju racionalno i ekonomično čišćenje. Uređaji za usisavanje prašine, kontinuirano podesiva prolazna brzina ili individualno podesiva tlačna sila četkanja su pretpostavke za temeljito čišćenje, ali i ono koje štiti.

SKIDANJE OPLATA

Kod skidanja oplata aktivira se izrađena betonska konstrukcija koja u tom trenutku preuzima opterećenje od vlastite težine i vanjskih utjecaja okoliša, kao što je npr. vjetar. Oplatnim se sklopovima mora osigurati postupno i meko popuštanje, bez trzaja i udaraca, jer u većini slučajeva oplata se skidaju prije dostizanja konačne čvrstoće betona. Redoslijed popuštanja oplata treba prilagoditi statičkom sistemu betonske konstrukcije da se ne izazovu nepredviđena naprezanja pojedinim dijelovima. Naglašeno su osjetljive kontinuirane konstrukcije i uklješteni statički sustavi. Nakon koliko se vremena od izlivanja može oplata popustiti i aktivirati betonska konstrukcija ovisi o mnogim okolnostima:

- temperaturi betona kod izlivanja i očvršćivanja
- predviđenoj konačnoj čvrstoći betona
- aktivnosti cementa
- statičkom sistemu
- rasponu konstrukcije

Oplate se mogu skidati kada beton dostigne 30% predviđene čvrstoće kod zidova, stupova i drugih okomitih dijelova konstrukcije. Kod ploča, greda i stupova izloženih savijanju ili izvijanju oplate se mogu skidati kada beton dostigne 70% predviđene čvrstoće.

Temperatura u vrijeme izrade i očvršćavanja		
Vrsta konstrukcije	Veća od 15C	od 5 do 15C
okomite plohe zidova, stupova i greda	12 - 24 sata	48 - 72 sata
vodoravne oplate ploča, greda, T presjeka, križne i gredne konstrukcije do 6m raspona	72 - 120 sati	96 - 144 sata
konstrukcije na rasponu od 6 do 9m	120 sati	168 sati
složene konstrukcije, velikih raspona, složenih presjeka	504 sata	672 sata

Kako bi se skratilo vrijeme skidanja skupih oplate kod velikih raspona može se konstrukcija poduprijeti na 1/2 raspona. Nakon skidanja oplate konstrukcija ostaje poduprta do potrebne čvrstoće betona a oplate se u međuvremenu mogu koristiti. Kod velikih raspona i složenih presjeka vrijeme popuštanja mora se točno odrediti.

2.4. PROJEKTIRANJE OPLATA

Izvođenje svih radova oko šalovanja na gradilištu i u centralnom pogonu zahtijevaju pripremu u birou od strane projektanta i izvođača radova, kod vidljivog (natur) betona, u suglasnosti s nadzornim inženjerom za građevinske radove.

Prednosti: pravovremeno uočavanje grešaka u planovima i nejasnoća u dimenzioniranju (u protivnom prekidi radova, dogradnja oplate). Izbor materijala i metode šalovanja s obzirom na uporabne zahtjeve osigurava optimalni tijek radova.

Poželjno (preporučljivo) bi bilo ostvariti usku suradnju između osoblja iz projektantskog ureda s osobljem iz ureda izvođača radova.

Prilagođavanje nacрта i visina katova posebnostima (specifikacijama) oplatnog materijala koji je raspoloživ izvođaču može rezultirati značajnim povećanjem učinkovitosti i produktivnosti.

Kod utvrđivanja svih prostornih mjera i mjera za građevne dijelove potrebno je paziti na zadržavanje raster-mjera kako bi se, u što većoj mjeri, mogli primjeniti jedinstveni, površinski veliki oplatni elementi bez međuoplate od potrošnih, promjenjivih prijelaznih dijelova, te dijelova za izravnavanje (izjednačavanje).

Primjena bilo koje vrste oplate je isplativija što se češće koristi što je manji broj različitih oplatnih elemenata i to bez modifikacija (promjena). Komplicirani geometrijski oblici građevnih dijelova, a time i oplate, otežavaju i poskupljuju izvođenje oplate pogotovo kad se moraju nabavljati za njih posebni oplatni elementi neobičnih i za upotrebu nepraktičnih dimenzija. Kod spajanja drugih materijala na građevne dijelove trebao bi se izbjeći međusobni negativni utjecaj (otežavajuće okolnosti, ograničavajuća svojstva materijala). U visokogradnji potrebno je u najvećoj mogućoj mjeri osigurati taktno izvođenje radova kada se radi o izgradnji katova jer više jednakih faza izrade s jednakim oplatama znatno smanjuju troškove građenja.

Mjere koje poduzima izvođač radova

Priprema radova oplaćivanja ne može se planirati zasebno nego samo kao sastavni dio cjelokupnog plana rada. U uredu ili odjelu zaduženom za oplatae sastavlja se plan šalovanja, taktno i planovi spajanja, predračuni za radove šalovanja u smislu plaća prema učinkovitosti, opskrba gradilišta s gotovim oplatama, sastavljanje kalkulacija, veza s tvrtkinim tehnologom za beton ili specijaliziranim uredima (inženjerski stručnjaci za betonske radove). Konstrukcijski ured i ured zadužen za oplatae trebali bi pri svakom novom nalogu i građevini temeljito proučiti postojeću situaciju i podastrijesti dokaze vezane uz odluke o mogućem korištenju gotovih dijelova, učestalosti korištenja unaprijed pripremljenih oplata, te koji se, s obzirom na tehniku šalovanja, složeni ili s istim i sličnim dimenzijama građevni dijelovi mogu naći kao dio gotovih dijelova liveno-betonske konstrukcije.

Tlak koji svježi beton vrši na svoju oplatu (naročito na bočne oplatae) ne može se točno raspodijeliti klasičnim izračunavanjem. Često se neovisno o brzini dizanja uzima da tlak betona na oplatnu opnu iznosi 4 Mp/qm, a na skelu 3 Mp/qm. Često čvrstoća oplatnog materijala nije ta koja je mjerodavna kada se radi o određivanju debljine oplatne opne, već se ona određuje s obzirom na najveće dopušteno izvijanje između elemenata podkonstrukcije. Također, u izračunu ne postoje podaci koji se odnose na slučajeve kada su oplatna opna i skela ojačani kako bi što bolje podnosili njihanje (naginjanje) uslijed kompresije betona (posljedica, zaključak: nedostaci vidnog betona; uzroci: slučajno podudaranje vlastite frekvencije svježeg betona s frekvencijom sustava oplatne opne/podkonstrukcije/skele).

U svakom slučaju, oplata mora biti tako jaka da može bez problema podnijeti oplatni tlak i opterećenja nastala uslijed betoniranja. Nadalje, podkonstrukcija i skela također moraju moći podnijeti navedene sile, kao i svoju vlastitu težinu. Kako bi prilikom procesa betoniranja, mogli podnositi veća opterećenja, a posebice podrhtavanja, vibracije kod oplatae i skela (primjer: pumpani beton) ključno je razlučiti oplatnu skelu kao nosivu skelu i skelu prilikom betoniranja kao radnu skelu.

Mjerne tolerancije

Betonska površina je, što se tiče točnosti njezinih mjera (mjerne preciznosti), kao i nizova, viska i vagi, otisak oplatae. Upravo stoga se već pri planiranju šalovanja moraju uvažavati mjerna odstupanja po DIN 18 201, 18 202 i 18 203. Kod oblika za gotove dijelove i betonsku robu potrebno je vrijednosti normi sagledati kao ukupna odstupanja koja se sastoje od pojedinačnih odstupanja dijelova forme, oblicima nastalima uslijed djelovanja topline, skupljanja, izvora, izvijanja. Svaka od ovih (utjecajnih) veličina (koje utječu na iznos odstupanja) mora zasebno biti manja od normom određenog ukupnog odstupanja; vidi sliku.

Nadvišenja

Kod velikih raspona potporna i opterećenja od betonske mase i elastično savijanje oplatae, te kasnije i stvrdnuti beton uzrokuju jedan "trbuh" koji se može izbjeći kroz odgovarajuće nadvišenje (ako je moguće paraboličnog oblika) oplatae. Naime, čak i neznatni progib ljudskom oku izgleda neestetično.

Kod dijela oplatnih nosača oplatnog sistema na ovakvo neophodno nadvišenje kao sigurnosno rješenje je već u planovima skrenuta pozornost. Kod većih teških skela, primjerice kod mostova, kontinuirano i elastično formiranje uslijed zajedničkih pritisaka, posebno pri sudaranju elemenata skela, promjenama temperature, puzanje i skupljanje, trebalo bi se predvidjeti proračunom i ispraviti upotrebom odgovarajućih nadvišenja. Poklapanje izračunatih i stvarnih vrijednosti progiba može biti iz više razloga nezadovoljavajuće, (moguća su odstupanja radi omekšavanja tla ili sl. do 100%).

Planovi oplata i specifikacije dijelova i materijala

Tek kada se utvrdi oplatni tlak, tolerancija mjera i nadvišenja, radna verzija plana izvođača se može preraditi u pravi plan šalovanja. On sadrži sve neophodne upute za šalovanje i podkonstrukciju (skelu):

a) položaj pojedinačnih elemenata opladne opne, ucrtan ili označen pomoću simbola. Položaj i veličinu ostatka-oplata-površina. Kod oplaćivanja daskama pravac (smjer). Otvore za čišćenje u podnožju potpornja, na donjoj strani oplata kod greda. Prozor za ubacivanje betona i zbijanje s unutarnjim vibratorom u zidovima, potpornjima, posebno kod manjih dimenzija, visoki stupanj armature, velike visine betoniranja. Položaj radnih fuga kod betoniranja, lajsne za okapnice itd..

b) Položaj i vrstu podkonstrukcije, sa svim uzdužnim i poprečnim pojačanjima, te nadvišenja.

c) skicirano objašnjenje nadgradnje i zasebnih oplatnih cjelina. Količinu i vrstu elemenata opladne opne i podkonstrukcije u preglednom obliku.

d) Teška skela u svim potrebnim cjelinama, naročito što se tiče spojeva, stanja montaže.

Plan šalovanja mora biti toliko jednostavan i pregledan tako da ga svaki stručni radnik može lako pročitati. Mora biti izrađen po fazama rada i ne bi trebao sadržavati nikakve nepotrebne mjere. Odrediti upute šalovanja koje se tiču količine i položaja sidra i odstoynika te držača armature.

Kod većine visokogradnji, upute koje se tiču položaja vodova svih vrsta nastupaju tek nakon sastavljanja planova šalovanja, a treba ih ucrtati u planove oplata.

Na temelju plana šalovanja pravi se specifikacija ili popis dijelova. Svi navedeni oplatni elementi bivaju predloženi u vrlo preglednoj formi što olakšava kupnju, izradu, naručivanje, pripremanje, opoziv i isporučivanje oplata; temelj svakog rasporeda troškova. Sve treba biti u okviru logistike gradilišta.

Planovi vremena gradnje i planovi odvijanja radova

Plan vremena gradnje pokazuje potrebno vrijeme za uvođenje oplatnog i potpornog materijala. Potrebno je utvrditi i opseg posla po svakom radniku kao i zgotovljavanje tesarskih brigada (kolona).

Plan pripreme, a posebno plan tijeka radova pokazuju u kojoj mjeri je isplativo uvođenje radnih kolona, te koliko se vremena gubi na česte izmjene radnika (s jednog posla na drugi). Radne kolone bi uvijek trebale biti istog sastava. Ukoliko se ne osigura kontinuirana zaposlenost radnika, dolazi do loše produktivnosti (izbjegavanje rada).

IV) ZIDARSKI RADOVI

1. PROIZVODNI POSTUPCI U ZIDARSTVU

Zidarski radovi su, po obujmu i vrstama radova, najobimniji na građevinama visokogradnje. Zemljanim, tesarskim, armiračkim i betonskim radovima se izrade temelji i osnovni nosivi sustav konstrukcije, a zidarskim se radovima nastavlja i završava građevina.

U niskogradnji se zidarski radovi javljaju kod prometnih građevina kao što su mostovi, tuneli, propusti, potporni zidovi, bankine, rubnjaci, odvodni kanali, osiguranje kosina itd.

Zidarski radovi najslabije su opremljeni sa strojevima i strojnim alatima, jer se većina radnih operacija izvodi ručnim alatima, utrošak radnih sati za zidarske radove prelazi 80 % od ukupnog utroška za građevinske radove. To znači, Zidarski radovi obuhvaćaju vrlo širok opseg različitih radova, od pripreme materijala, zidanja različitih vrsta okomitih i vodoravnih konstrukcija, izrade svih vrsta podloga podova i podova, žbukanja, izrade toplinskih i hidro-izolacija od različitih materijala do izrada ukrasnih površina na zidovima, stropovima i podovima.

Pri svakom prikazivanju proizvodnog procesa u vidu treba imati dvije stvari:

1. zadatak procesa kao i postojeći uvejeti,
2. mogućnosti rješenja zadataka u obliku dostupnih pojedinačnih postupaka.

Analiza ova dva djelomična područja služi tome da se nerazdvojive izmjenične veze između građevine i elemenata realizacije mogu bolje uočiti. Oba faktora su ovisna jedan o drugom i uvijek su povezana. Uporaba postupka u građevini je označena kroz tri glavne oznake:

1. ulazne oznake,
2. izlazne oznake,
3. smetnje.

Ulazne oznake se određuju kroz utjecaj nalogodavca, što on čini tako što određuje dimenzije građevine i materijal. Iz toga proizilaze osobine materijala, relevantne za izvedbu i obradu, na koje se mora orijentirati gradnja.

Pod izlaznim oznakama podrazumjevamo vrstu i kakvoću produkta gradnje na što u istoj mjeri utiču nalogodavac i priznata pravila tehnike gradnje.

Kao smetnje se mogu označiti različiti faktori kao što su: ljudske greške, zakazivanje strojeva, nepogodnosti tla i metereološke nepogodnosti.

Zidarstvo kao sistem

Zadatak građenja je u tome da se pomoću različitih građevinskih elemenata i morta prave razne masivne, nosive, nenasive, normirane građevinske konstrukcije.

Posebno se proizvodi, ovisno o potrebi, vanjski zidovi, unutarnji zidovi, stepenice, stubovi, itd.

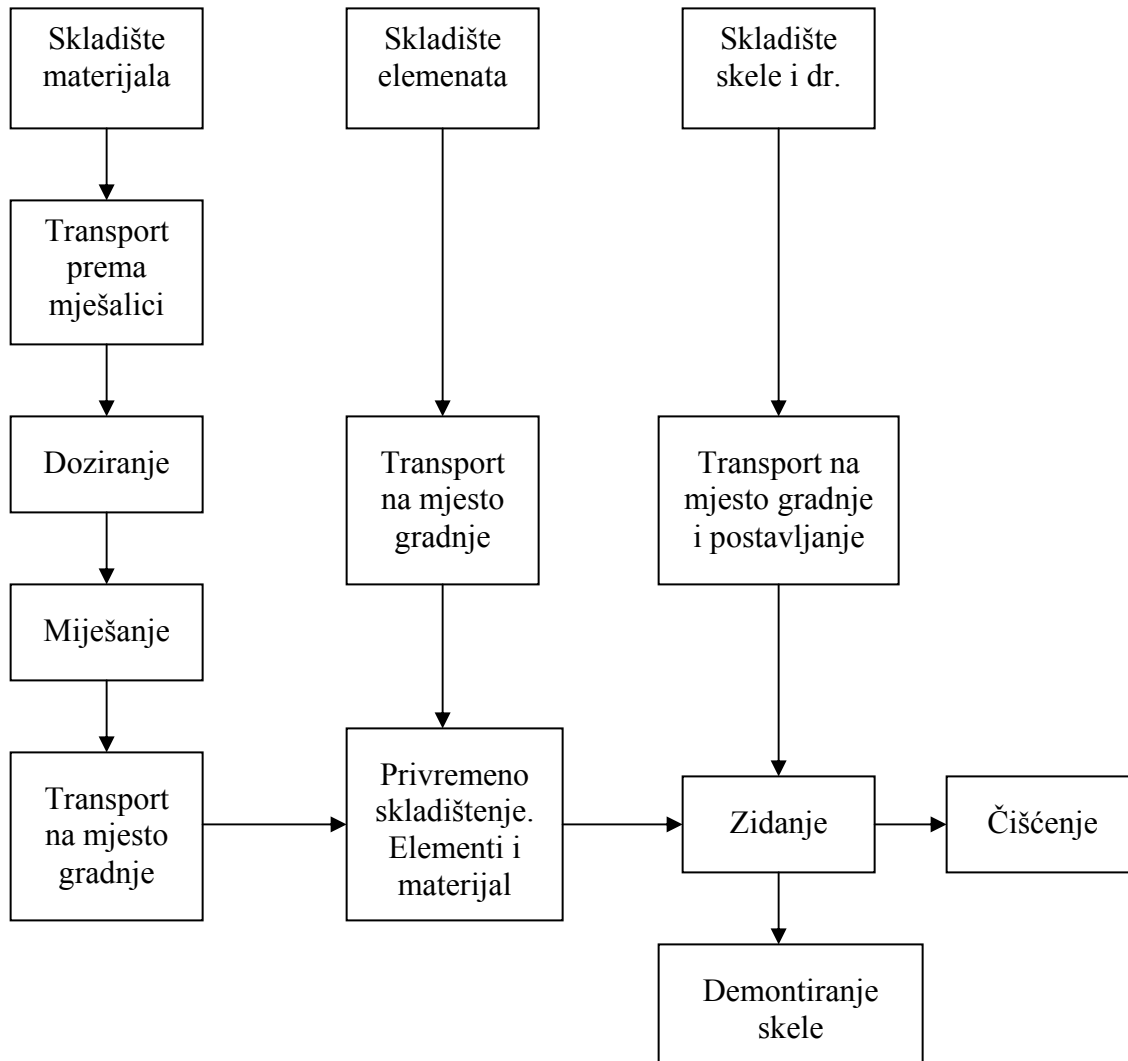
Ovi elementi moraju biti u okviru projekta i mjerenja a također moraju biti tehnički ispravno urađeni kao npr. ispravno postavljeni, ravni, neoštećeni itd.

Veliki broj materijala koji su na tržištu otežavaju planiranje u građevinarstvu tako da je vrlo bitno posjedovati znanje o obliku, veličini i karakteristikama pojedinih materijala.

Optimalna upotreba datih materijala je moguća samo ako znamo kako se oni ponašaju pri upotrebi. Može se doći do zaključka da u zidarstvu prioritet ima izabiranje prikladnog načina gradnje. To znači da nisu bitne samo građevinsko – fizičke karakteristike građevinskih elemenata nego se isto tako moraju uzeti u obzir činjenice kao što su veličina, oblik i težina elemenata.

Zidarstvo se može po principima sistemske teorije smatrati kao sistem višeg reda. Ono postavlja okvir u kojem određuje čitav niz djelomičnih proizvodnih postupaka. U ovim poljima opet, djeluju različiti tehnički sistemi koji su međusobno povezani. Pregled čitavog sistema zidarstva vidimo na sl. 2.1.

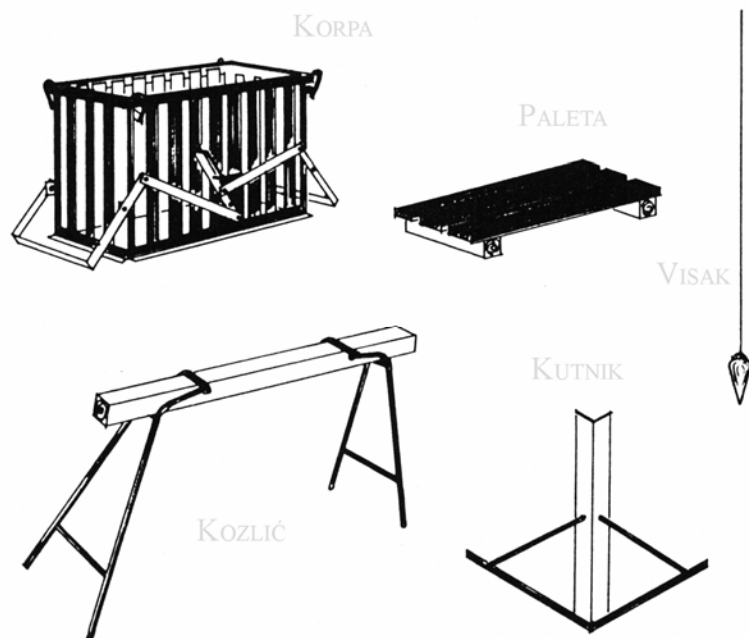
Zadatak zidarstva se ispunjava kroz upotrebu ljudske radne snage, koji moraju biti više ili manje kvalificirani za svoj posao, te upotrebom alata i strojeva. Radna snaga se dijeli po stručnoj spremi na zidare, strojare, kvalificirano osoblje i obično osoblje, pri čemu svaki radnik dobija radno mjesto koje odgovara njegovim sposobnostima. Ne treba se posebno spominjati da posebno rutinirani i sposobni radnicu igraju najveću ulogu pri rješavanju težih zadataka.



Slika: -Povezanost zadataka u sistemu zidarstva

Alat i strojevi se dijele u četiri grupe po tome kojem procesu gradnje pripadaju:

1. Priprema morta: Lopata, ručni razastirač za mort, mješalica,
2. Transport materijala: Kolica, kran, palete, kante, dizalica, traka,
3. Priručni alat : fangla, čekić, libela, visak, špahtla, posuda za mort,
4. Pomoćni alati: unutarnje i vanjske skele, daske.



Slika: -Tipična pomoćna sredstva u zidarstvu

Ovisno o potrebi, mort se može pripravljati ručno kad se radi o manjim količinama ili mješalicama kad se radi o većim količinama. Strojno pripravljanje ima tu prednost da se pored većih količina postiže i bolja kvaliteta. Treća mogućnost je naručivanje gotovog morta od velikih skladišta pri čemu je potrebno relativno malo pripreme na gradilištu.

U fazu pripremanja za gradnju spada i transport materijala od skladišta do gradilišta, od čega ovisi redovan tok gradnje. Svaki postojeći način transporta garantira dovoljnu opskrbu gradilišta ako se stvore potrebni organizacijski preduvjeti. Uporaba kolica bi se trebala izabrati samo u krajnjoj nuždi pošto je inače gotovo nemogućeracionalno obavljanje rada. Idealni postupak trenutno predstavlja korištenj kрана pri čemu se, ovisno o vrsti materijala koji se transportira, koriste različite posude.

Kod zidanja je bitna podjela rada. Ovisno o potrebi, može se raditi u grupi ili pojedinačno.

Mogućnosti pri zidanju:

1. Zidanje sa trokutastom žlicom,
2. Zidanje sa lopatom za mort,
3. Zidanje sa ručnim razastiračem,
4. Zidanje sa pumpom za mort i crijevom.

Pomoćna sredstva u građevini su uglavnom unutarnje i vanjske skele koje ovisno o potrebi variraju:

1. Unutarnje skele :

- drvene koze
- metalne polukoze
- čelične skele
- pojedini nosači koji se pomjeraju po visini

2. Vanjske skele :

- drvene-ljestvičarske skele
- cijevne skele
- skele od čeličnih cijevi sa pomičnim konzolama

Unutarnji transporti

Za premoštavanje udaljenosti između skladišta, mjesta gdje se neki materijali miješaju, i gradilišta služe razni sistemi transporta. Osnovna oznaka transporta je horizontalan i vertikalni hod materijala u sklopu područja gradnje.

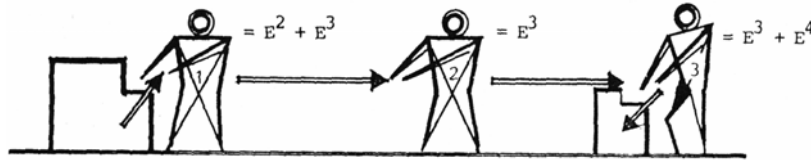
Materijal koji se transportira uglavnom se sastoji od umjetnog odnosno prirodnog kamena, pijeska, veziva i gotovog morta. Bitne mogućnosti transporta za zidarstvo su navedene u tablici ispod. Postoje dvije mogućnosti transporta – manualni i strojni. Strojni se još mogu dijeliti na pokretne, djelomično pokretne i fiksne.

Tabela - Sistemi transporta

Redni broj	Oznaka	Varijanta	Dodatne specifičnosti elemenata	Transportni materijal
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	Iskorištavanje gravitacije	Slobodan pad Klizanje Usmjereno klizanje	- drvo, lim(komb) drvo, lim(komb)	Mort Mort Mort
2	Čisto ručni transport	-	Ljestve, kosa staza, stepenice, pomoćni mostovi	Kamen, opeka
3	Ručni transport sa alatom	Kanta Leđna nosila Vreća Korpa Kasela	Kolotura i sajla	Mort Mort Mort Kamen, opeka Kamen, opeka
4	Ručni transport sa strojevima	Kolica s udubljenjem Ravna kolica Ručni viličar Japaner	S i bez paleta	Mort, kamen i opeka Kamen, opeka Kamen, opeka Mort
5	Transport sa kiperima	Dvo ili trostrani kiper Jednostrani kiper Kiperi sa i bez pogona na sve kotače	Staza, pomoćni mostovi, međusilos	Mort, kamen i opeka
6	Transport sa damperima		Isto kao prethodno	Mort, kamen i opeka
7	Transport sa viličarima	Četiri kotača Tri kotača Dizelski Električni	Paleta, posude, dobro učvršćena staza	Mort, kamen i opeka
8	Transport sa kranom	Bez portala na šinama Sa portalom na šinama Kran na rampi Autokran Toranjski kran Penjući kran	Kranska staza Fiksni nosač Za sve varijante; sajle, kuke, Lanci, vilice za utovar, korpe	
9	Transport sa dizalom	Brzopostavljano Koso oslonjeno Oslonjeno sa rukom Sa pomičnom rukom	Platforma za dizalo, kante	Mort, kamen i opeka
10	Transport sa pokretnim trakama	Glatka traka Grebenasta traka Pomična traka	Konstr. za učvršćivanje, odbojni lim	Mort, kamen i opeka
11	Transport sa cijevima pomoću pumpe	Fiksirane cijevi Fiksirane cijevi sa fleksibilnim zadnjim dijelom	Konstr. za učvršćivanje, razdjelna glava	Mort

Opis nekih postupaka

Činjenice ograničenih mogućnosti i nastojanje da se radnik oslobodi teškog fizičkog posla su doveli do zaključaka da se upotrebljavaju pomoćna sredstva i izbjegavaju postupci **1** i **2**. Povećanje efikasnosti se postiže postupkom **3** i **4** "Ručni transport s alatom" se također izbjegava, pošto se radnik brzo umara. Ne može se ipak zanemariti da je nekad zbog terenskih uvjeta potrebno primijeniti postupak **2**, **3** i **4**.



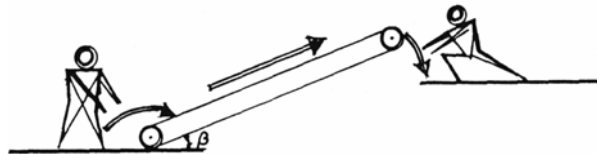
Slika: -Čisto ručni transport, kinematika

a) *Ručni transport* se može vršiti ručno ili npr. pomoću "ljudskog lanca". Ovaj način transporta je vrlo fleksibilan.

Za premoštavanje većih visina se ponekad koristi pokretna traka. U građevinarstvu se najčešće koristi pokretna traka sa gumenim remenom širine 400 do 500 mm. Razlikuju se na osnovu:

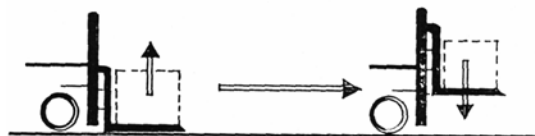
1. Pokretljivosti (fiksne, vozeće, prenosne)
2. Vrste trake (glatke, hrapave)
3. Dužini trake
4. Broju traka i njihovom rasporedu.

Potrebna su 2 – 4 radnika, koji su raspoređeni na obe strane, osim ako se koriste posebni uređaji.



Slika: Kinematika kod elevatora

Kod velikih, horizontalnih transporta se mogu koristiti dumperi i kamioni u različitim varijantama. Uvjet za njihovo korištenje je naravno količinska opravdanost. Kod horizontalnih transporta se također mogu koristiti viljuškari. To je vozilo sa automatskim pogonima sa hidrauličnom vilicom koja može nositi materijal na paletama ili u posebnim posudama. Hidraulički pomoću cilindra ili pomoću lanaca se izvode vertikalni ili nagnuti pokreti te se podiže materijal s poda. Uvjet za takve mehaničke radnje je posebno prilagođena vilica za opeke. Viličari se razlikuju po broju kotača (3, 4) i pogonu (dizel, električni).



Slika -Kinematika kod transporta s viličarom

Za transport građevinskih elemenata (opeka), s viličarom i kranom, industrija opeku pakuje na paleti ili omotanu čeličnom trakom u različitim veličinama i težinama. Najčešće se koristi težina od 600 kg. ili 300 kg. Pri transportu s kranom palete se transportiraju s posebnim sigurnosnim korpama.

b) Pri transportu morta i betona se koristi *sustav pumpi*, koji racionalizira cijeli proces.

Koristi se pri:

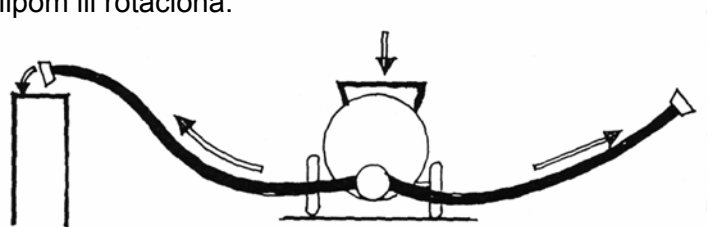
- a. Transportu morta,
- b. Transportu žbuke,
- c. Transportu betona.

Pumpe se koriste za prijenos cementnog i vapnenog morta na zidove i stropove, te za prijenos morta na mjesto uporabe. Uređaji se razlikuju na osnovu konstrukcijskih razlika:

Pogon : električni ili dizel,

Vrsta : sa mješalicom ili bez mješalice,

Vrsta pumpe : sa klipom ili rotaciona.



Slika: -Tok kretanja pri sistemu sa pumpom

Pri posmatranju sistemske strukture transporta se primjećuje da strojni sistem donosi više problema od čistog manualnog sistema pošto čovjek i stroj rade zajedno. Ako se konzekventno primjenjuju zakoni kibernetike može se primjetiti da tehnički sistem kao okvir nadilazi ljudski i mašinski sistem pojedinačno.

Smetnje i granice učinka i zalaganja

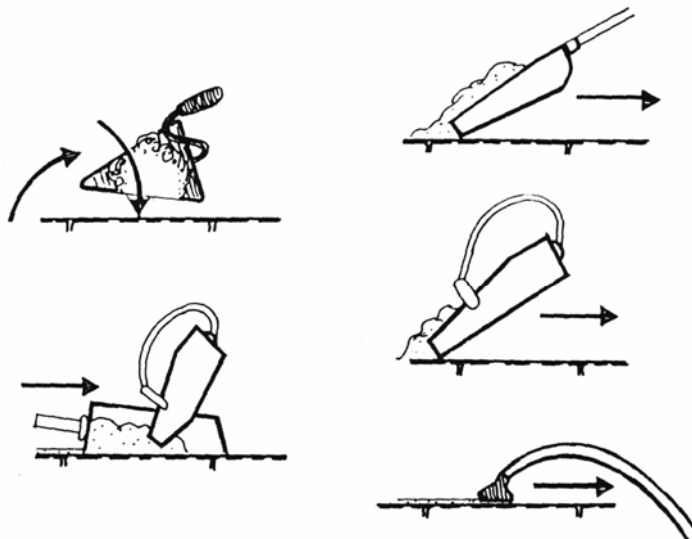
Da bi se izbjeglo pogrešno tumačenje na početku će se definirati pojmovi učinka i zalaganja.

Učinak je mogućnost produkcijskih snaga (čovjek, stroj) sa dostupnom energijom i iskoristivim potencijalom u okviru datih uvjeta rada da ispune radni zadatak. Kada sistem više nije u stanju ispuniti operaciju bez pomoći drugog sistema, kaže se da je dostigao svoju granicu učinkovitosti.

Pojam "zalaganja" sadrži upotrebu ljudi i strojeva za izvršavanje predstojećeg rada. Također su bitni vrsta materijala, vrsta zgrade i mjesto gradnje.

Pod pojmom "granica zalaganja" su ovdje misli na uvjete pod kojim upotreba snage i sredstava, ovisno o materijalu, građevini i mjestu građenja, su upitni ili nemogući.

Kao smetnja se gleda na svaki neželjeni utjecaj unutarnjih ili vajskih faktora na operacije dinamike sistema. Ove smetnje se mogu pojaviti u obliku otežanja ili čak prekida pojedinih procesa.



Slika: -Varijante nanošenja morta

Tehnički principi djelovanja

Razlog materijalne promjene pri zidanju je fizičke i kemijske prirode i može se ovako opisati: Na fizičkoj relaciji djeluju ručne snage na materijal, elemente i mort, koji predstavljaju ulaz X_e a završavaju kroz mehaničku promjenu kao "konglomerat" građevina i predstavljaju izlaze X_a . Kemijska oznaka se sastoji od toga da se friško pripremljeni mort postepeno mijenja i postaje sve čvršći i ima veću nosivost. Kroz sastavljanje elemenata i materijala oni postaju kompaktna tvorevina i čvrst nosivi element. Ova promjenjivost i mogućnost prijanjanja materijala tvore pretpostavke za nastajanje stalnog i čvrstog građevinskog tijela.

Općenito se sistem "Zidanje s alatom" može temeljiti na sličnom operacijskom postupku:

Uzimanje pripremljenih elemenata, uzimanje pripremljenog morta, okretanje prema mjestu gradnje, nanošenje potrebne količine morta, postavljanje elementa na mort uz pritiskanje uz prethodno postavljeni element, pazeći na pravilan položaj elementa.

Odgovarajuća dimanziona veličina E_w se formulira ovako:

Nakon određivanja broja radnika i raspodjele površine djelovanja na koju će radna snaga upotrijebiti tjelesni i mentalni napor, prethodno određivanje alata, određivanj pomoćnih elemenata kao što su vaservaga, metar, visak, itd.

Smetnje, granice učinka i primjene

a) Smetnje :

Pod uvjetom da se zidanje odvija na otvorenom, bitnu ulogu, pored ljudskih igraju i materijalni i mjesni utjecaji. Što se tiče ljudske komponente, posebno se primjete različito znanje i sposobnost te promjenjiva volja za poslom, pošto od njih značajno zavisi kviliteta i količina urađenog posla.

Što se tiče utjecaja od različitih stanja materijala, tako postoji čitav niz primjera, koje stručjaci moraju promatrati da bi izdvojili efekte smetnji:

1. Čisti ili oštri pijesak se teže miješa tako da se mora češće miješati i dodavati.
2. Različita sredstva za učvršćivanje imaju različito vrijeme učvršćivanja tako da se to mora uzeti u obzir.
3. Voda koja je prisutna u mortu utječe značajno na rad, tako što prerijedak mort ispada već prije nego što dođe do zida, a pregusti otežava zidanje.

4. Neravni elementi otežavaju pravilno redanje,
5. Jako upijajući elementi uzimaju mortu previše vode, tako da je čvrsta veza između njih ugrožena.

Normalan tok gradnje se može otežati kroz mjesno uzrokovane poteškoće gdje zidar ne može raditi optimalno. Npr. nadogradnja već postojeće zgrade, otežano je postizanje određenih visina zidova, u ovim slučajevima se moraju postavljati skele.

Skoro svi meteorološki elementi u slučaju prekomjernog ispoljavanja donose poteškoće pri zidanju. Ako pada kiša elementi se odvajaju od morta pošto ima previše vode. Prejako sunce šteti mortu zbog prevelikog nestanka vode. Hladnoća dovodi do smrzavanja materijala. Kao mjere protiv ovih smetnji se navode: dobro obučena radna snaga, odlična svojstva materijala, optimalno organizirani uvjeti na gradilištu i zaklon od vremenskih uvjeta. Pored toga je bitno stalno pratiti proces spremanja i poduzeti mjere ako izlaz previše odmiče od idealne vrijednosti.

Smetnje i mjere za ispravak:

1. *Tehničko područje – Utjecaji materijala i strojeve*

Odstupanje od propisane kvalitete materijala:	Prigovaranje kod isporučitelja
Zastoj u dostavi materijala	: Skladištenje rezervi
Otkazivanje strojeva	: Popravak ili nabava zamjene
Mjesne poteškoće	: Održavanje puteva

2. *Organizacijske poteškoće –Ljudski utjecaji*

Zahtjevana učinkovitost za strojeve i ljude se nemože ispuniti	: Povećanje ili zamjena radne snage
Razlike između mogućnosti učinka pojedinih grupa	: Izjednačiti učinak grupa

3. *Vanjski utjecaji – Meteorološki utjecaji*

Kiša	: Učvrstiti puteve, zakloniti mješalicu i materijal, eventualno zakloniti i zidove
Vrućina	: Napraviti zaklon od sunca
Hladnoća, mraz	: Ugrijati materijal, obustaviti rad

b) Granice učinka:

Kao "ručno" označen sistem i zidarstvo je u velikoj mjeri ograničeno energetske rezervama čovjeka. K tome dolazi i, po čovjekovoj tjelesnoj građi uvjetovan, minimalan stupanj djelovanja.

Ekstremni vremenski uvjeti, prije svega kiša i hladnoća, brzo tjeraju na napuštanje posla zbog toga što ovi faktori onemogućuju dobivanje potrebno izlaza X_A .

c) Granice djelovanja:

Značajna odstupanja od potrebnog sastava elemenata i morta onemogućuju zidanje po utvrđenim pravilima .

2. PROIZVODNJA ŽBUKA

2.1. VRSTE ŽBUKA

Vapneno-cementna žbuka

Od visokovrijednih i kvalitetnih sirovina, uz kontinuirano praćenje i kontroliranu proizvodnju u najsuvremenijim uvjetima, proizvodi se vapneno-cementna žbuka namjenjena strojnom (može i ručnom) žbukanju SVIH unutarnjih površina, kojoj se na gradilištu dodaje samo voda. Brzina i ekonomičnost ugradnje, bez rasteza materijala, mogućnost dopreme u silosima ili vrećama.

NAMJENA : vapneno cementna unutarnja jednoslojna žbuka za strojno i ručno žbukanje zidova i stropova, filcane teksture.

SASTAV : vapno, cement, pijesak granulacije do 1,25 mm, aditivi

IZGLED : sivi prah sa zrnom

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE:

gustoća očvrstle žbuke ~ 1400 kg/m³

tlačna čvrstoća » 2,5 N/mm²

faktor otpora difuziji vodene pare m >= 15

vrijeme upotrebe (20°C, 60% rel. vlaga) 2 – 3 h

minimalna debljina nanosa 10 mm

maksimalna debljina nanosa 20 mm

POTROŠNJA : 14 kg/m² za d=10 mm

POSTUPCI :

Priprema podloge

Sve podloge (zid od opeke, betona, porobetona) moraju biti čiste, čvrste, suhe, nesmrz-nute, bez ostataka oplatnih ulja i soli od iscvjetavanja.

Maksimalno odstupanje ravnine zida na 4 m ± 1 cm.

Spojeve različitih materijala, instalaterske otvore, obavezno rabićirati pocinčanim punkti-ranim rabić pletivom (25x25x0,9) ili staklenom mrežicom.

Prije početka radova treba postaviti kutne profile.

Jako upojne podloge (porobeton) treba impregnirati razrijeđenim vodom i S-N vezom 1 : 3 neposredno prije nanošenja žbuke.

Glatke i neupojne betonske podloge obraditi CEMENTNIM ŠPRICOM najmanje dan prije nanošenja žbuke.

Priprema materijala

Ručno: sadržaj vreće miješa se s vodom dok se ne postigne homogena masa pogodna za nanošenje.

Strojno: obavlja se s raznim tipovima žbukalica (m-tec duo-mix, m-tec m3E; P.F.T. G4, P.F.T. G5; Putzknecht S48; Putzmeister MS-X i sl.) Pauza u toku rada, kod crijeva ispunjenog žbukom, ne smije biti duža od 30 minuta.

PRIMJENA

VC žbuka nanosi se na zid od opeke obrađen predšpricom (rijetka konzistencija VC žbuka) ili na zid od betona obrađen CEMENTNIM ŠPRICOM, u debljini do 20 mm u jednom sloju i izravnati aluminijskom H letvom. Nakon djelomičnog očvršćivanja (vezanja), u pravilu drugi dan. VC žbuku treba navlažiti vodom, po potrebi nanijeti novi sloj rijetke VC žbuke i zafilcati grubom i finom spužvastom gladilicom, osim za keramičarske radove.

Prije završnih radova žbuka mora biti stara najmanje 3-4 tjedna.

Prilikom izvođenja radova pridržavati se važećih građevinskih normi.

ALAT : zidarska žlica, aluminijska H letva, gladilica sa grubom i finom spužvom

TEMPERATURA PODLOGE I ZRAKA: Najniža dozvoljena temperatura podloge i zraka je +5°C, a najviša +30°C.

MJERE SIGURNOSTI: Nadražuje oči i kožu i zato se mora koristiti zaštitne rukavice, a u slučaju doticaja s očima i kožom isprati s mnogo vode i konzultirati liječnika. Otpad je građevinski i ne ugrožava okoliš.

Vapneno-gipsana žbuka VG

Unutarnje strojne žbuke na bazi vapna i gipsa apsolutni su favoriti u modernom graditeljstvu. Brzina i ekonomičnost ugradnje samo su dio prednosti. Zdrave i ekološki izuzetno ugodne sirovine od kojih se proizvodi ova žbuka osiguravaju joj visoko mjesto u izboru graditelja. VG omogućava završnu filcanu teksturu, a nakon gletanja idealna je podloga za sve soboslikarske radove. Zbog prisutnosti gipsa **nije pogodna za vlažne prostore** (kupaonice, kuhinje i slično). NAMJENA: vapneno gipsana unutarnja jednoslojna žbuka za strojno i ručno žbukanje zidova i stro-pova, filcane teksture.

Ne primjenjuje se na svježe betonske podloge i u vlažnim prostorijama (kupaonicama i sl.)

SASTAV: vapno, gips, pijesak granulacije do 1,25 mm, punila, aditivi

IZGLED: sivi prah sa zrnom

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE:

gustoća očvrstle žbuke ~ 1200 kg/m³

tlačna čvrstoća $\geq 1,5$ N/mm²

toplinska provodnost I 0,5 W/(mK)

koeficijent otpora difuziji vodene pare m ≥ 15

vrijeme upotrebe (20°C, 60% rel. vlage) 2 – 3 h

minimalna debljina nanosa 10 mm – zid, 7 mm – strop

maksimalna debljina nanosa 10 mm – strop

POTROŠNJA: 12 kg/m² za d=10 mm

POSTUPCI:

Priprema podloge

Sve podloge (zid od opeke, betona, porobetona, drvocementne ploče) moraju biti čiste, čvrste, suhe, nesmrznute, bez ostataka oplatnih ulja i soli od iscvjetavanja.

Cementni špric i cementne žbuke moraju biti stare najmanje 21 dan.

Maksimalno odstupanje ravnine zida na 4 m \pm 1 cm.

Građevinska vlaga ne smije biti veća od 2,5 %.

Instalaterske otvore kao i nestabilne podloge obavezno rabicirati staklenom mrežicom.

Prije početka radova treba postaviti pocinčane kutne profile.

Jako upojne podloge (porobeton) treba impregnirati S-N vezom razrijeđenim vodom u omjeru 1:2 neposredno prije nanošenja VG.

Glatke i neupojne betonske podloge premazati KONTAKT GRUNDOM dan prije nanošenja VG.

Priprema materijala

Ručno: sadržaj vreće miješa se s vodom dok se ne postigne homogena masa pogodna za nanošenje.

Strojno: VG se može nanositi različitim tipovima žbukalica (m tec duo-mix, m-tec m3E; P.F.T.G4, P.F.T.G5; Putzknecht S 48; Putzmeister MS-X i sl.) Pauza u toku rada, kod crijeva ispunjenog žbukom, ne smije biti duža od 10 minuta.

PRIMJENA

VG se nanositi najprije kao žitka masa (pred špric), a zatim gušće konzistencije, u debljini do 20 mm, izravnati aluminijskom H letvom i zagladiti trapezastom letvom.

Nakon djelomičnog očvršćivanja (vezanja), VG treba navlažiti vodom i zafilcati grubom i finom spužvastom gladilicom.

Na lagane izolacijske građevinske ploče VG treba nanositi u dva sloja mokro na mokro i armirati alkalno otpornom staklenom mrežicom u 2/3 ukupne debljine žbuke.

Prije završnih radova žbuka mora biti suha, stara 3-4 tjedna.

3. NABACIVANJE ŽBUKA I BETONA

Prskani beton

Prskani beton je beton prenesen u jednoj zatvorenoj cijevi koja može podnijeti visok pritisak. Cijevastim trakastim sistemom se osigurava prijenos do mjesta ugradnje i tamo se preko šprice nanese i učvršćuje. (DIN 18 551).

Prskani beton prije poznat kao "Torkretbeton" je već prije 70 godina upotrebljavan u SAD-u. 1909 godine tvrtka Cement Gun u Allentown (Pennsylvania) je prskala pijesak-cement mort i 1911 godine dobiva amerikanac Akeley patent za svoj stroj za prskanje "Cement Gun". Iz istog vremena vrijedi dokaz od George Rice-a Bureau of Mines (Pittsburgh) o primjeni morta za prskanje u niskogradnji. 1914 godine je isti isproban u probnim jamama Bruce town/SAD u različitim jačinama i tipovima morta za prskanje.

Nakon prvog svjetskog rata dolazi stroj za prskanje u Americi poznatog kao "Cement Gun" (cement top) u Europu. Godine 1919 dobiva ing. Carl Weber u Berlinu patent za svoj stroj za prskanje "Tector". Weber je prije 5 godina u Americi analizirao prikladna znanja o špricanju betona te utemeljuje iste godine tvrtku "Torkret GmbH" kako bi primjenio svoj patent.

Prijelomni trenutak u znanosti betonskog špricanja dogodio se 1942 kada je švicarski ing. Georg Senn patentirao svoj betonski stroj za prskanje ("Aliva") sa kojim se je prvi put moglo raditi u oplatama sa zrnom veličine 25 mm. U intenzivnom nastavku otkrivanja u strojnom sektoru je u međuvremenu došlo do poboljšanja stroja u betonskoj mašini za prskanje koja je mogla obrađivati veličinu zrna 30 mm kao i povećanje kapaciteta do 16 m³ /h kao i uspješan rad na udaljenosti do 300 m.

Drugi prijelomni trenutak u znanosti betonskog špricanja vode "NÖT" poznatiji kao "Nova Austrijska metoda za tunele" ("NATM"), Ladislaus von Rabcewicz koji je 1948 prijavio patent i time odvratio pozornost od tradicionalnog građenja tunela. Umjesto podupiranja tunela kod NÖT-a se je umjesto podupirača kod proboja tunela to osiguravalo betonom za prskanje, tako da je prostor bez podupirača omogućio rad velikim strojevima.

Taj suprotni postupak se u kratkom vremenu ustalio i tržišno prihvatio, kod rada u rasutom kamenju razvio se je u srednjoj Europi kao najuspješniji način za izgradnju tunela u posljednja dva desetljeća.

Tehnička podloga kod betona za prskanje pripadala je unošenju i zguščivanju betonske mješavine u jednom postupku zajedno kod prskanja. Prskani beton se može izvesti na dva načina pri čemu izlazna mješavina sa dva doziranja dolazi do mlaznice.

1. Suho žbukanje sa tanko strujnim transportom (izlazna mješavina sastoji se od cementa, dodataka; eventualno betonski dodaci)
2. Mokro žbukanje sa tanko strujnim ili gusto strujnim transportom (izlazna mješavina sastoji se od cementa, dodataka i vode)

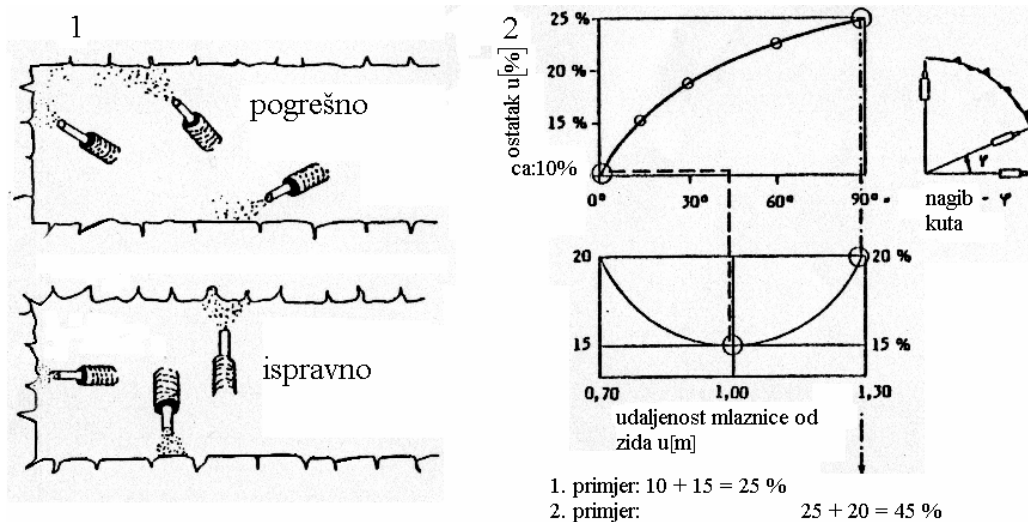
Suha mješavina izlazi pneumatički pod tanko strujnim pritiskom kod kojeg dodaci iz tehničkih razloga (nema prašine, prikriveno vezana slobodna zrnca prašine prijanjaju i nema ljepljenja) nisu potpuno suhi, nego sadrže vlastitu vlagu od 3 – 4 %. Kod suhog žbukanja voda i tekući betonski dodaci dodaju se neposredno prije prskanja.

Kod mokrog žbukanja izlazna mješavina se izrađuje u betonskoj mješalici i na kraju se preko zadane naprave potiskuje u crijevo, gdje se svježja betonska mješavina pomoću komprimiranog zraka "rastvori" i pretvori u rijetki mlaz. Istovremeno se mokra mješavina pneumatski pomoću komprimiranog zraka dovodi do mlaznice (ne raspršivača) i po potrebi se dodaju tekući dodaci. Kod upotrebe gusto strujnog transporta izlazna mokra mješavina se također u stroju za betonsko mješanje proizvodi i pomoću hidrauličke betonske pumpe dopremi do raspršivača. Ovdje se sa dovodom komprimiranog zraka gusta mješavina pretvori u rijetku pa se prskanje vrši većom izlaznom brzinom materijala – također sa dodatkom tekućeg betonskog dodatka.

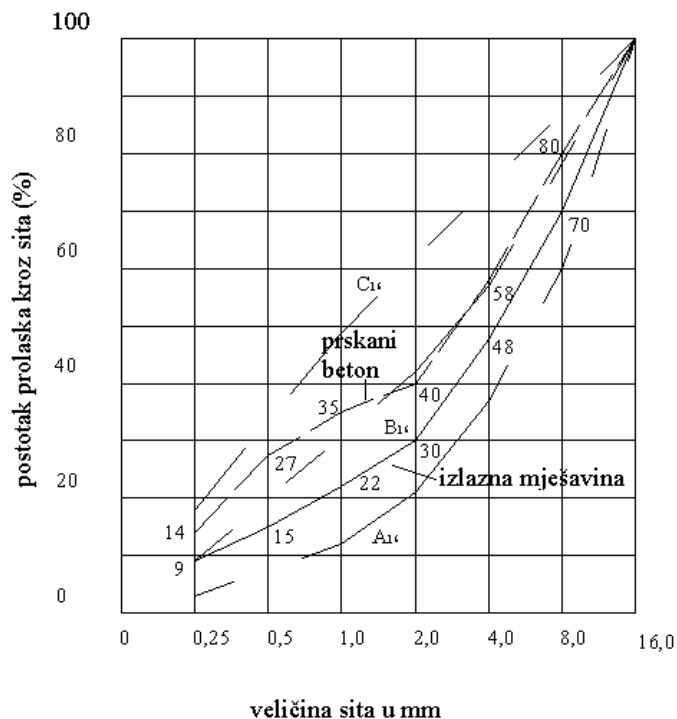
Sa raspršivačem se kod svih postupaka jednako razrijeđena mokra mješavina sa velikom brzinom nanosi na određenu površinu.

Kod nanošenja betona za prskanje jedan dio mase otpada kao otpad sa površine koja se prska. Taj otpad je ovisan o načinu nanosa osobe koja upravlja mlaznicom na određenu površinu.

Omjer otpada kod suhog žbukanja je oko 25 % (kod vodoravnog prskanja) i 45 % (kod prskanja iznad glave). Kod mokrog postupka je otpad 10 – 25 % manji. Taj postupak mijenja troškove, jer se taj isti odbačeni materijal ne treba upotrijebiti, zbog problematične uloge u kvaliteti.



Slika: -Pogrešno i ispravno vođenje mlaznice kod žbukanja (1), kod koje je odskog što manji. Utjecaj udaljenja mlaznice od zida i nagibnog kuta na količinu odskočne žbuke (2)



Linija sita prije i nakon nanošenja betona za prskanje

Postupak nanošenja

Postupak nanošenja: voda, cement i fini dijelovi stvaraju najprije na površini na koju se nanose adheziju i tanki sloj, u gruboj varijanti se zrnca ne love i odbijaju. Kod izlaza materijal se pomoću raspršivača i mlaznice nabija na upotrebljivu površinu, gdje se istovremeno taj materijal različi. Na takav način se međuprostori popune i našpricani sloj postane deblji te se na kraju učvršćuju veća zrna.

Kod prskanja upravljač raspršivačem mora se kružno kretati pod pravim kutem prema upotrebljivoj površini sa odstojanjem od 1 m, da našpricani materijal bude konstantne debljine i da se dobro zgusne te da bude čim manja količina otpadnog materijala.

Prskani beton prska se u više slojeva od 3 – 5 cm, a djelomično u slojevima od 5 – 8 cm.

Kod prvog nanosa betona za prskanje beton očvršćava i veže cca. 20 – 24 sata tek nakon toga može se izvršiti sljedeće prskanje.

SMIJER ŠPRICANJA	NANOŠENJE ŽBUKE	
	TANKI SLOJEVI	DEBELI SLOJEVI
PRSKANJE PREMA DOLJE		
PRSKANJE VERTIKALNIH ZIDOVA		
PRSKANJE IZNAD GLAVE		<p>G...težina svježeg sloja prskane žbuke H...prihvatajuća sila između svježeg prskane žbuke i nanosne površine i svježeg sloja žbuke kad je $G > H$ gubitak svježeg žbuke, (odbijeni ostatak) kad je $G < H$ svježeg žbuka prijanja na površinu</p>

Slika: -Pravila kod nanošenja betona za prskanje

Postupak zguščavanja

Za postupak zguščavanja kod nanošenja betona za prskanje istovremeno se nakon učvršćavanja javljaju krateri koji se moraju pri sljedećem nanosu zapuniti i izravnati. Bitnu ulogu u tome ima čovjek koji radi s raspršivačem jer on kontrolira napravu za prskanje, količinu vode i smjer prskanja.

U Europi se danas najviše upotrebljava postupak suhog žbukanja dok se u Americi preferira postupak mokrog žbukanja.

Na srednjem stroju za suho žbukanje izvedljiv je "polumokri postupak" koji se tu ne vodi. Također ne "Compernas-postupak", jedan specijalno razvijen stroj za prskanje se spojem mehaničkog i pneumatskog transporta, gdje se stvara mokra i razrijeđena mješavina.

Zahtijevani materijal

Prskani beton je beton po DIN-u 1045 i najčešće se koristi B I za posebnu upotrebu, (poboljšnja, ojačanja i građevinski dijelovi visoke čvrstoće). Upotrebljava se i B II. Svakako se zahtijeva specijalni proizvodni postupak betona za prskanje za gotove materijale.

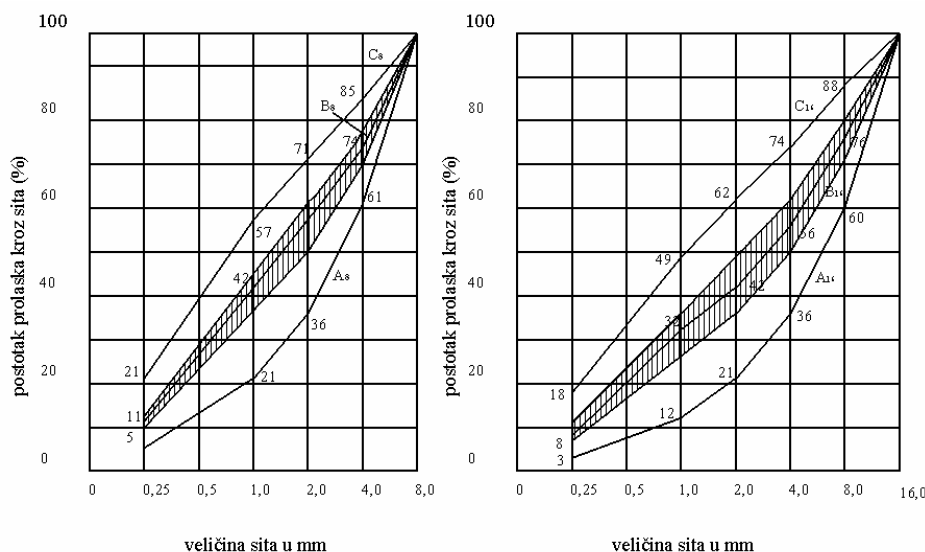
Postoje cementi po DIN-u 1164 ili kada se npr. upotrijebi brzo očvršćujući cement koji odstupa od DIN 1164 za dozvoljeni zahtijev za upotrebu. Za dobivanje žilave i ljepljive cementne paste često se upotrebljava fino mljeveni cement klase čvrstoće 35 F. Za željenu ljepljivost količina cementa je velika ovisi o veličini zrna između 350 – 400 kg/m³ betona. Kod veličine zrnaca 8 mm sadržaj betona može nositi više od 400 kg/m³.

Veličina zrna za dodatke ovisi najviše o promjeru dovodne cijevi (1/3 promjera cijevi) i od predviđene upotrebljive debljine nanosa. Poželjno je da je dodatak mješanih zrnaca i linije sita postojan. Najpovoljnije su se pokazale linije sita u okvirima donje i gornje linije sita B. Za nanosnu debljinu do 5 cm uobičajeno se koriste veličine zrnaca 8 mm iznad toga koriste se zrnca veličine od max. 16 mm. Zbog uzete veličine zrna povećava se također količina otpada pa iz tog razloga zrnca nesmiju biti veća od 16 mm.

Zbog opasnosti od zaštopavanja dovodnog crijeva i trošenja raspršivača i mlaznice ne bi se trebao upotrebljavati lomljivi dodatak.

Kao pokazatelj vrijednosti za mljevena zrna betona za prskanje vrijedi DIN 1045. Sa povećanjem mljevenih zrna može se postići bolja ljepljivost. Uz kameno brašno može se upotrijebiti tras i leteći pepeo.

Vodocementni faktor: kod suhog postupka žbukanja dodavanje vode vrši se preko crijeva prema izlaznom materijalu. Iz tog razlog smanjuje se vrijednost vodocementnog faktora koja iznosi 0,5 i 0,55. Kod postupka mokrog žbukanja izlazna mješavina sadrži vodu. Ovdje je vrijednost vodocementnog faktora općenito ispod 0,5. Za razrijeđenu mješavinu je preporučena prethodna konzistencija (K 1), kod guste mješavine sa pumpanim svježim betonom dobiva se najmanja plastična konzistencija (K 2)

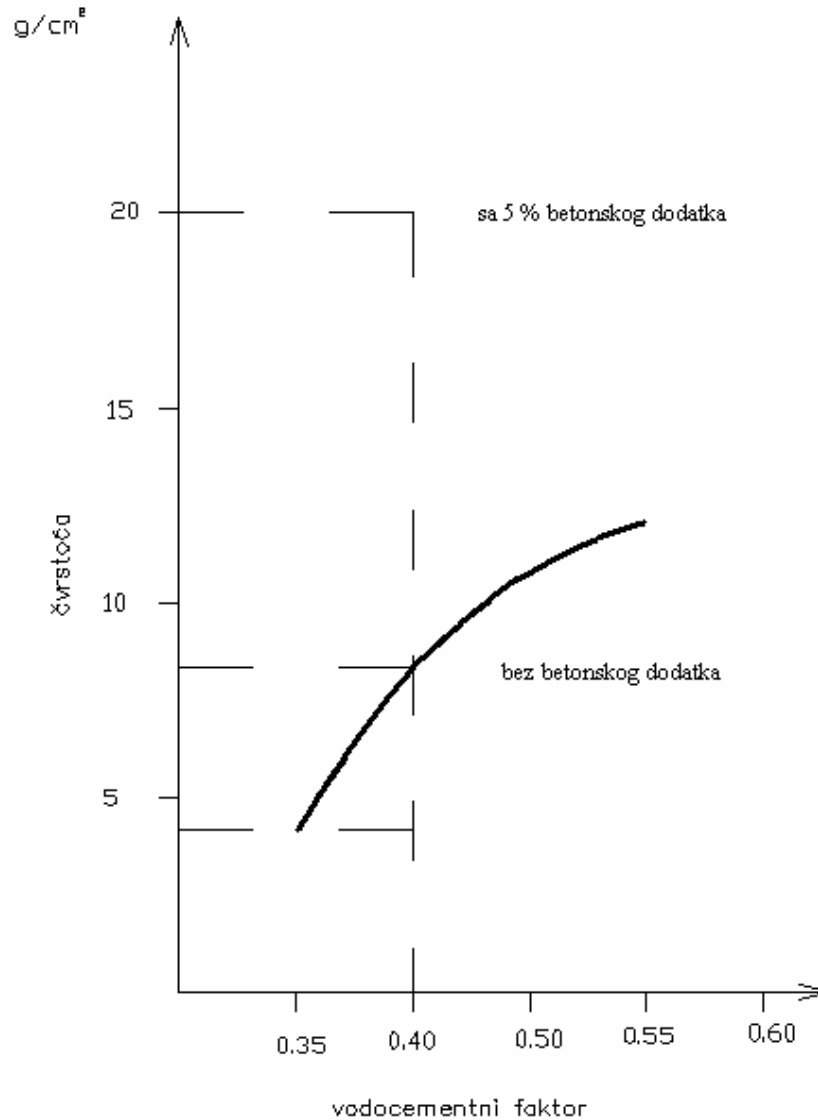


Slika: -Područje najpovoljnije linije sita je za prskani beton kod veličine zrna od 8 mm i 16 mm

Betonski dodaci

U većini slučajeva kod betona za prskanje ne upotrebljavaju se betonski dodaci. Za usporenje vezivanja upotrebljenog betona za prskanje svakako se više puta dodaju usporivači (BE) gdje je kod nekih izvođenja to neizbježno.

Problematičan je praškasti dodatak za beton kod suhog žbukanja u suhoj mješavini. Tako počinje npr. prijevremeno učvršćavanje od vlastite vlage sa kojom cement reagira. Na taj način se djelovanje betonskog dodatka prije prskanja aktivira. Betonski dodatak se zbog toga u tekućem obliku dodaje na raspršivač.

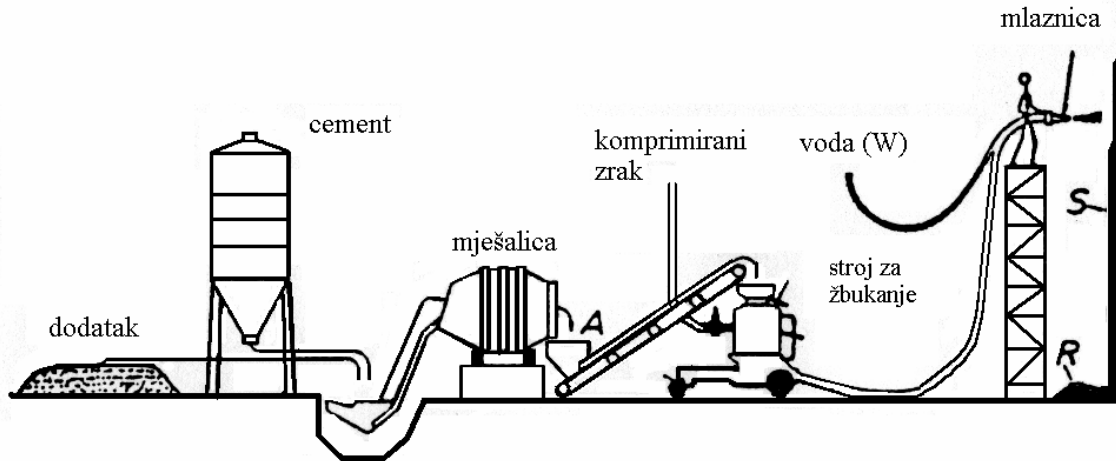


Frafikon: -Čvrstoća u betonu za prskanje u ovisnosti vodocementnog faktora i djelovanje betonskog dodatka kod v/c faktora 0,45

Naprava i postupak

Tanko strujni transport:

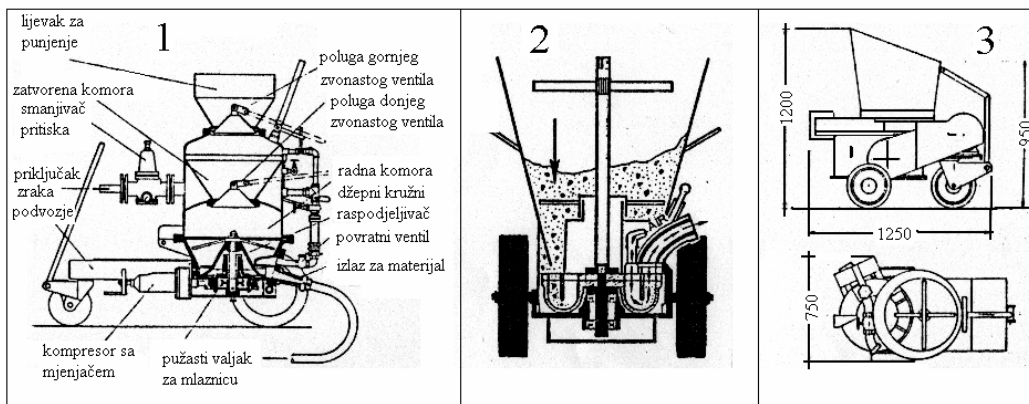
Za taj postupak razvijen je stroj za prskanje betona pomoću kojeg se beton isporučuje i prska.



Beton za prskanje (S) = izlazna mješavina (A) + voda (W) + odbijena žbuka (R)

Shematski prikaz postupka izrade suhog prskanja žbuke

Stroj za prskanje sa tankostrujnim transportom se kod postupka suhog miješanja razlikuje u različitim načinima dolaska materijala do dovodnog crijeva. Stroj za prskanje sa "džepnim" kolutnim dodavanjem prikazuje dvokomornu napravu kod koje komora kao radna komora i druga komora služi kao dozator materijala. Uz obostrano otvaranje koje istovremeno preko zvonastog ventila u zatvorenoj komori omogućuje klizanje suhe mješavine i preko komprimiranog zraka pokrenuti džepni kolut se dopremi na dno komore. Džepni kolut se puni sa suhom mješavinom i okreće se do ispuha gdje komprimirani zrak ispuše suhu mješavinu u crijevo.

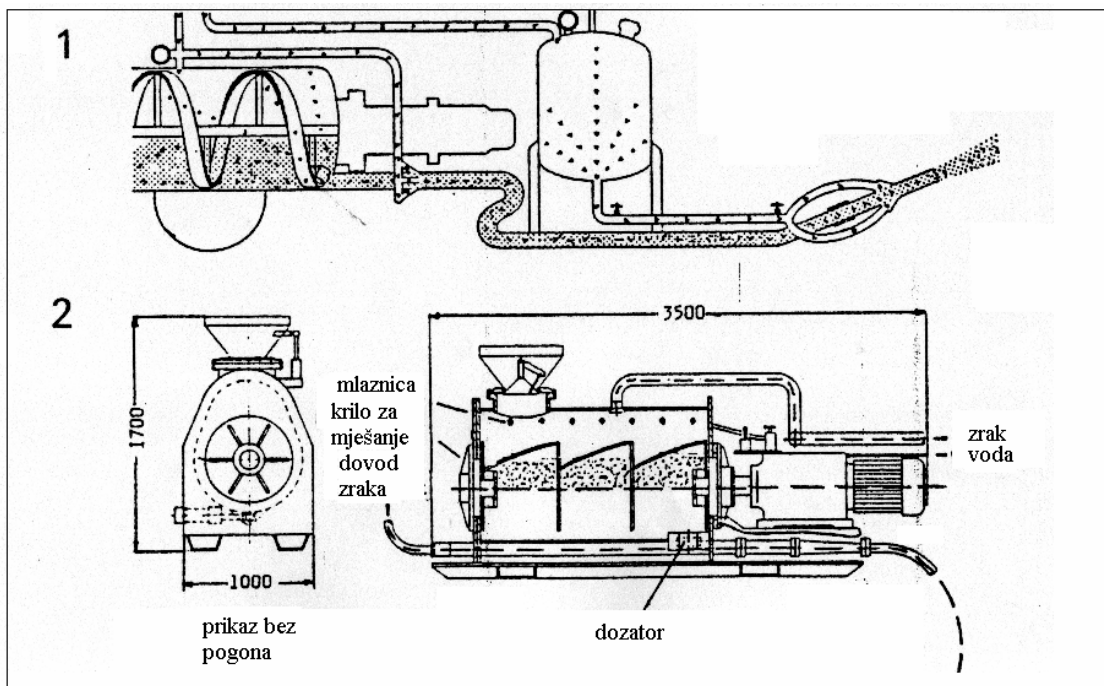


Stroj za prskanje betona za podizanje tankog mlaza od suhe mješavine: dvokomorni agregat sa džepnim kružnim raspodjeljivačem (1), stroj za prskanje betona sa čelijastim kružnim raspodjeljivačem (2), stroj za prskanje betona sa podesivim ljevkastim dodavačem (3) (Torkret, Eimco, stroj za prskanje betona)

Kod stroja za prskanje sa čelijastim kolutom najprije se suha mješavina naraši sa vibratorom. Poslije toga padne u vanjske zdjelice niskostojećeg čelijastog koluta čije se zdjelice preko središnje stepenice podijele u jedan vanjski i unutarnji prsten. Kod okretanja čelijastog koluta do raspršivača koji stoji iznad unutarnjeg čelijastog reda potiskuje se suha mješavina u crijevo. Sa tim postupkom može se i mokra mješavina upotrijebiti u pojedinačnom postupku.

Kod stroja za prskanje betona sa bubnjem za mješanje na dnu lijevka nalazi se bubnjasta komora koja se puni i okreće prema izlaznom otvoru gdje se pod pritiskom suha mješavina potiskuje u crijevo. Kod centralnog položaja osovine bubnja ispod lijevka može stajati mrtvi prostor vibratora (za oslobađanje suhe mješavine), koji se sprječava okretanjem lijevka i bubnja. Postoji više varijanti za tankostrujni transport mokre mješavine. Tako se npr. posuda pod pritiskom puni sa 80 %-tnim svježim betonom te hermetički zatvara. Svježi beton se na kraju potiskuje u crijevo preko okretajuće spirale. Tamo se preko prstenastog raspršivača dovodi komprimirani zrak koji "rastvori" taj svježi beton te ga dovodi do mlaznice.

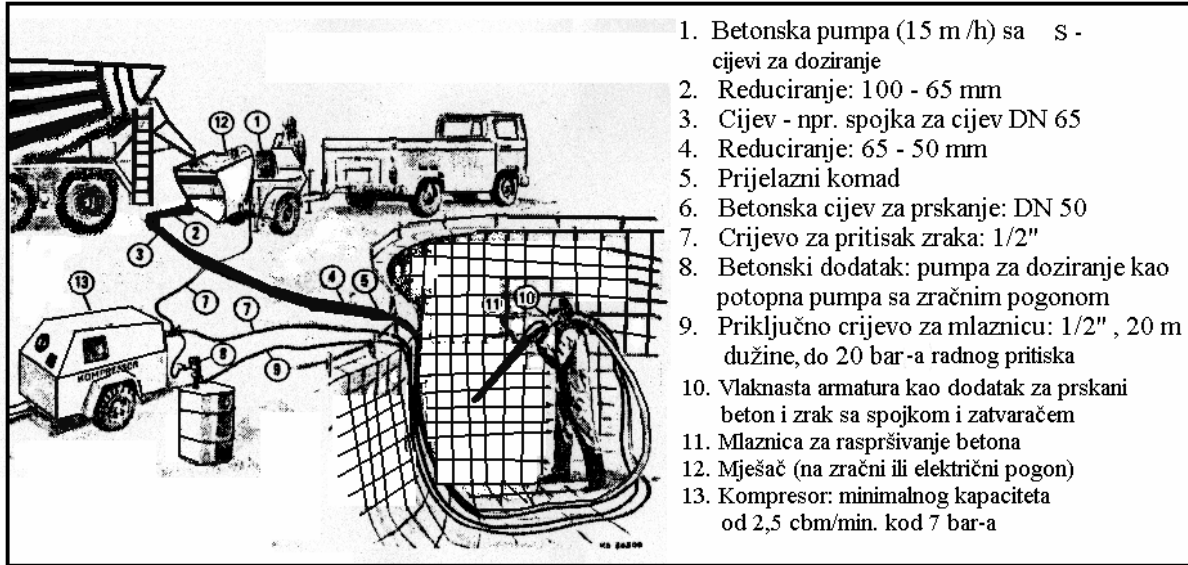
Kod daljnijeg strojnog rješenja za tankostrujni transport mokre mješavine radi se u posudi za mješanje pod pritiskom, gdje se izlazni materijal za svježi beton mehanički dozira i mješa i na kraju preko požastog vretena doprema u crijevo. Tamo se analogno za prethodni postupak svježi beton preko dopremljenog komprimiranog zraka rasprši i dopremi do mlaznice.



Stroj za prskanje betona za podizanje tankog mlaza od mokre mješavine: Kotao pod pritiskom sa okretajućom spiralom (1), mješalica pod pritiskom sa mehaničkim doziranjem (2)

Gusto strujni transport

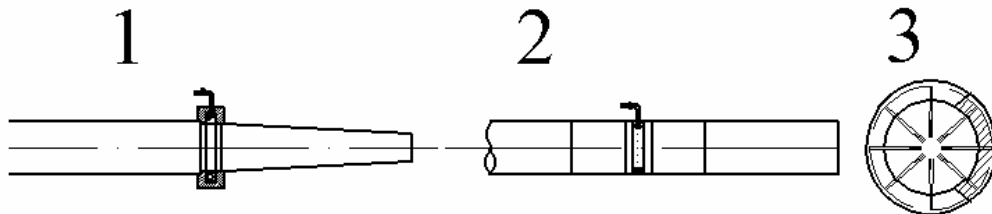
Kod postupak sa gusto strujnim transportom za mokru mješavinu svježi beton doprema se pomoću betonske pumpe koja se razlikuje od drugih betonskih pumpi, upotrebljava se manja betonska pumpa sa dodatnim hidrauličkim spremnikom koji se pod pritiskom ulja mjenja u crijevu, pritisak od tlačnog stroja do usisavajućeg stroja.



Konstrukcija uređaja za mokro žbukanje sa zatvorenim sistemom (po Putzmeister-u)

Na kraju transportnog voda kod postupka sa suhim prskanjem i kod gusto strujnog transporta u mokrom postupku nalazi se raspršivač, za vrijeme postupka za dobivanje rijetke mješavine u mokrom postupku materijal se nanosi preko mlaznice. Kod suhog mješanog postupka se mješalica napaja preko mlaznice sa vodom i također sa betonskim dodacima.

Stroj za prskanje se koristi za obrtnički osobni rad. Posebnu ulogu u tome ima kolebanje mlaznice npr. kod suhog postupka voda se dodaje kroz crijev, mora se pogoditi prava količina vode da bi se zadovoljila kakvoća betona.



Slika: -Raspršivač (1) i mlaznica (2) za prskanje betona. Kod suhog postupka prskanja suhog mješavini se dodaje voda na raspršivaču (3)

Učinak

Za postupak suhog prskanja koristi se kompresor učinka 6 m³/min. Potrošnja zraka kompresora je 2-15 m³/min.

Otpad

40 % nesreća dešava se prilikom prskanja kada materijal koji se odbija od površine upada u oči. Zbog toga je prilikom rada sa strojem za prskanje obavezno koristiti zaštitnu opremu (zaštitno odijelo, zaštitne naočale i kacigu).

Prašina

Kod suhog prskanja postoji opasnost od ulaska prašine u pluća prilikom disanja, zbog toga se obavezno mora koristiti zaštitna maska.

Osiguranje radnog mjesta

Mlaznica mora stajati na svojem osiguranom mjestu predviđenom za rad, tako da se osigura potreban razmak za prskanje. Potrebno je također osigurati siguran rad za sve sudionike.

STROJEVI ZA PRSKANJE BETONA

Betonska mješalica za prskanje (Aliva-263)

Aliva-263 je čvrsto izrađena, dvoosovinska mašina za žbukanje za obradu suhe ili mokre mješavine. Stroj je idealan za ručno žbukanje ili žbukanje pomoću robota. Upotrebe su predviđene za tunele ili mine. Stroj je posebno razvijen za čelična vlakna-mokri beton.

Aliva-263 dolazi u sljedećim verzijama:

-OSNOVNA VERZIJA

-elektro-pogon kombiniran sa osnovnim strojem za doziranje (bez sinkronizacije)

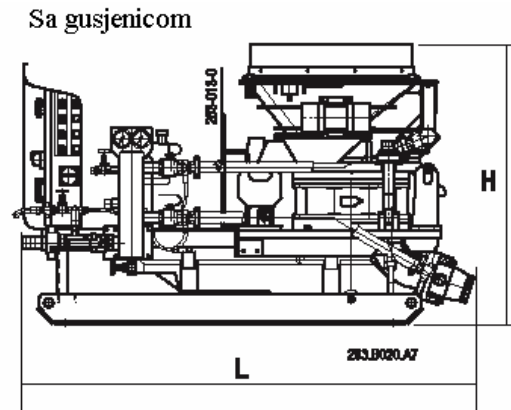
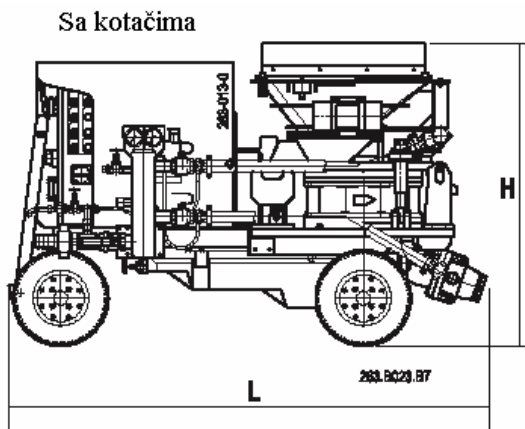
-PROŠIRENA

-elektro-pogon kombiniran sa produženim strojem za doziranje (sa sinkronizacijom)

-ZRAK

-zračni motor kombiniran sa osnovnim strojem za doziranje (sa sinkronizacijom)

DIMENZIJE:



Sa kotačima	Sa gusjenicama
Dužina L1 2035 mm	Dužina L2 2035 mm
Širina 1100 mm	Širina 1100 mm
Visina H1	Visina H2
Sa rotorom 10+16 L 1290 mm	Sa rotorom 10+16 L 1190 mm
Sa rotorom 25 L 1390 mm	Sa rotorom 25 L 1290 mm
Rotor preko crijeva 16 L 1390 mm	Rotor preko crijeva 16 L 1290 mm
Težina	Težina
OSNOVNI/PRODUŽENI ca. 1450 kg	OSNOVNI/PRODUŽENI ca. 1500 kg
ZRAČNI ca. 1400 kg	ZRAČNI ca. 1450 kg
Sadržaj lijevka 100 l	Sadržaj lijevka 100 l

Univerzalna betonska mješalica sa sistemom za prskanje Sika-PM400 R

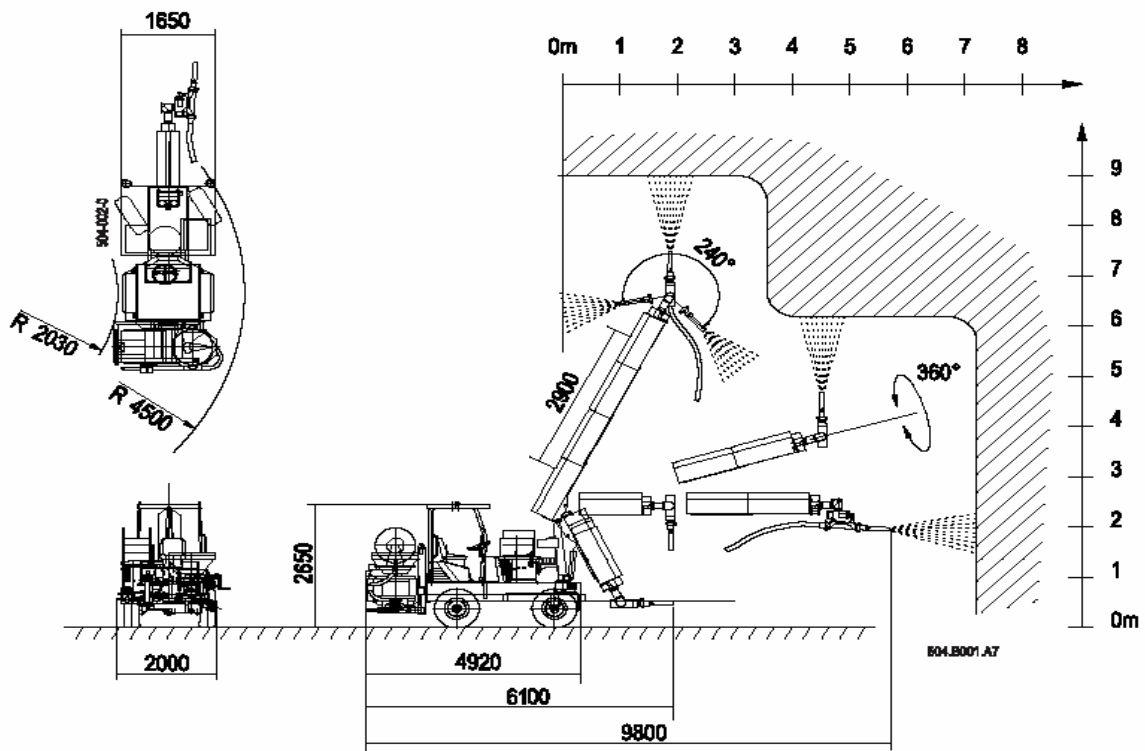
Univerzalna betonska mješalica sa sistemom za prskanje Sika-PM400 R je ručno mehanizirana betonska mješalica za prskanje, posebno je kreirana za rad u tunelima.

Uređaj se sastoji od montirane teleskopske ruke za žbukanje Aliva-302 koji stoji na kotačima a mješalica koristi diesel gorivo.

Nosač je opskrbljen sa sljedećim dodatnim komponentama:

- Betonska mješalica Aliva-263
- Jedinica za doziranje tekućine Aliva-403.5
- Rezervoar za gorivo (200 l)
- Kabel na motanje 50 m kabla, ručno motanje

Sistem se uglavnom kontrolira pomoću električnih uređaja.



V) MJERE ZAŠTITE KOD RAZLIČITIH GRAĐEVINSKIH RADOVA

1. ISKOPI

Općenito:

- bilo kakav iskop da se vrši on ne smije ugroziti obližnju strukturu
- pristup ka iskopu mora biti siguran
- treba spriječiti eventualna moguća padanja ljudi ili materijala
- da se smanji opasnost iskopi trebaju biti noću osvijetljeni
- da budemo uvjereni u sigurnost iskope treba provjeravati

Kada planiramo iskope potrebno je odlučiti da li da strane iskopa budu kose ili da budu ravne. Odluka će ovisiti o vrsti terena, nazočnosti susjednih zgrada, ili nekim drugih karakteristikama.

Iskop treba imati adekvatan radni prostor, npr. za tesarske radove kasnije, armiranja itd. Minimalna širina radnog prostora trebala bi biti barem 1m. U slučaju gdje je iskop unutar zagata, javljaju se problemi u radu. Treba razmotriti efekt problema kada se započinje sa novim radom. Moje iskustvo je takvo da je uvijek bolje pružiti adekvatan radni prostor veće širine nego minimizirati iskop radi reduciranja radnog prostora. Crtež 7 pokazuje tipične zahtjeve radnog prostora.

Iskopi nastaju kombinacijom rada i strojeva. Uvijek treba provjeriti dali su strojevi potpuno adekvatni za dubinu na kojoj se obavlja posao.

Kada teren leži koso iskop uvijek počinje od najniže točke koja je ujedno i početna točka rada. To pomaže u slučaju da se pojave podzemne vode u samom početku izvođenja. Ako se ne organizira rad na kvalitetan način u slučaju pojavljivanja podzemnih voda može doći do velikih problema, koji uzrokuju veće troškove od onih do kojih bi došlo da se radi po pravilima od samog početka. Na najnižoj točki u sabirnoj jami nam je potrebna crpka. Ona mora biti dovoljno duboko da se smanji razina vode. Na mjestima gdje je pristup vodi visok, u marinama ili u blizini rijeka, upotrebljavaju se sistemi poroznih cijevi. I tu se radovi izvode od najniže točke.

Ako je korišten podzemni odvodni kanal kao na slici 8. moći će se dobiti najbolji rezultati, kao npr.:

- treba upotrijebiti poroznu cijev dijametara 100 mm i dopustiti dubinu cijevi 300 mm od najdalje točke do sabirne jame za crpku. To će osigurati adekvatno odvodnjavanje (na jako dugom području upotrijebite cijev promjera 150 mm)
- dopustiti treba razuman uspon na mjestima gdje počinje sabirno mjesto za crpku. U većini zagata pad od 300 mm bit će dovoljan. Uspon određuje da je sabirna jama za crpku oko 750 mm. Kritična točka je ta da će neadekvatan sistem jama za crpku biti uzaludno utrošeno vrijeme.
- Pripremite da odvodne mreže sadrže porozne cijevi sa čistim kamenom, recimo jedna po veličini od 20 mm.

Električno crpljenje je poželjnije na većim dubinama. Tima se mogu izbjeći problemi sa bukom, jer je ona kod električnih pumpi manja jer se krilo motora nalazi ispod razine vode. Dizel pumpa isisava vodu prema krilu rotora i zatim je vodi prema točki izbacivanja iz iskopa. Prema mojem iskustvu električne pumpe daju bolje rezultate i kvalitetnije su za upotrebu. Dizel pumpe su relativno velike i mogu predstavljati smetnju u ograničenim prostorima.

Veće električne pumpe trebaju trofaznu struju, što je vrlo skupo instalirati, pa je to jedna od nedostataka električnih pumpi.

Ograničeni prostori

Ograničen prostor može biti definiran kao područje na koje je teško pristupiti ili područje sa smanjenom ventilacijom zraka ili područje sa prisustvom štetnih plinova.

Dubok iskop, zagat, podrum, okno za ulaz u kanalizaciju, odvodni kanal, prostorije bez ventilacije također se mogu definirati kao ograničeni prostor.

Tablica ispod prikazuje opremu koja se mora nalaziti u ograničenim prostorima i tipove ljudi koji ne smiju raditi u takvim prostorima.

Oprema koja na gradilištu mora biti na raspolaganju

1. oprema za otkrivanje štetnih plinova
2. sigurnosna radna oprema
3. užice za upotrebu kod radova na visini
4. uređaj za podizanje unesrećenog
5. uređaj za hitne slučajeve spašavanja

Osobe koje ne bi smjele raditi u ograničenom prostoru

osobe sa zdravstvenim teškoćama ne bi se smjele prijaviti za rad u ograničenim prostorima, kao i osobe koje su već prijavljene za rad na takvom poslu, a kod kojih se pojave neke smetnje, trebale bi prestat raditi tu vrstu posla

1. osobe sa problemom nesvjestic
2. srčani bolesnici
3. osobe sa visokim krvnim tlakom
4. osobe koje boluju od astme, bronhitisa ili imaju problema sa disanjem
5. osobe koje imaju probleme sa sluhom
6. osobe koje imaju vrtoglavicu ili probleme s gubitkom ravnoteže
7. Osobe koju boluju od klaustrofobije ili osobe s drugim živčanim i mentalnim poremećajima
8. osobe sa bolovima u leđima
9. osobe koje imaju probleme s kretanjem
10. osobe sa kroničnim kožnim bolestima
11. osobe sa ozbiljnim oštećenjima oka
12. osobe s oštećenim osjetom mirisa

Zaposlenici bi trebali biti pregledani u razumnim intervalima koji se određuju na temelju godina i vrste rada.

Ako postoji bilo kakva sumnja u sposobnost izvršavanja posla pojedinca u ograničenom radnom prostoru, trebamo tražiti stručni medicinski savjet.

1.1. ROVOVI I CIJEVI

Kopanje rova zna često puta biti uzrok nesreća. Treba pažljivo proučiti rizik koji prijete i napraviti plan izvršenja posla da on bude zaštićen i da se radi po pravilima struke. Zahtijeva se da:

- se napravi adekvatna zaštita kod kopanja rovova koja štiti radnike od urušavanja zemlje.
- svaki dio iskopa se treba barem jednom dnevno provjeriti, da ne bi došlo do neželjenih posljedica
- ni jedna osoba ne smije početi raditi u rovu sve dok inspekcija ne pregleda gradilište i ne utvrdi da su zadovoljeni propisi zaštite na radu kojima se osigurava nesmetano i sigurno izvršenje posla.
- prilikom kopanja rova potporne objekte koji služe zaštiti od urušavanju trebaju izvesti ovlaštene osobe pod ovlaštenim nadzorom. Isto tako treba osigurati i neželjeno upadanje osoba u rov. Znači treba ograditi radni prostor.
- materijali ne smiju biti složeni blizu ruba jer na taj način dovode u opasnost osobe koje se nalaze u rovu

Osobe koje su zadužene za kopanje mogu raditi i poslove polaganja cijevi, ali samo ako imaju za to adekvatne potvrde.

Tablica - Osnovni sigurnosni kontrolni popis za nadzorne

To je osnovni kontrolni popis. Drugi elementi trebali bi biti dodani prema potrebi ovisno o namjeni.

element	provjera	zahtijevana akcija
1. Je li čista površina postrojenja, i jesu li materijali barem 1-5 m od ruba iskopa?		
2. Jesu li naslage zemlje kontrolirane i hoće li ostati u ovakvom stanju i za mokrog vremena?		
3. Je li u rovu ima ljudi dok se vrši umetanje cijevi?		
4. Je li pristup rovu obrađen?		
5. Je li rov valjano zaštićen zaštitnom ogradom, da li ima straže i jeli osvijetljeno preko noći?		
6. Da li se može proći preko rova a da se ga ne treba preskakati?		
7. Da li su ljestve raspoložene i da li se planiraju koristiti?		
8. Da li nadglednik osigurava da se nitko ne penje na potpornu građevinu?		
9. Je li rov zaštićen od mogućih ispušnih plinova?		
10. Znaju li svi potanko što trebaju raditi?		
11. Da li radnici rade na međusobnoj sigurnoj udaljenosti?		
12. Je li temelj projektiran?		
13. Postoje li bilo kakve kretnje ili dijela koja mogu posao, cestu ili strukturu učiniti rizičnom?		
14. Je li područje na kojem se radi područje koje se nalazi pored zone nekakvog miniranja ili pored nekih vibracija?		
15. Da li se radi prema projektu?		
16. Jeli rov pravilno poduprt?		
17. Postoje li ispravne pumpe?		
18. Da li se vrši crpljenje nepotrebne vode iz jame?		

19. Da li se radi prema mjerama zaštite na radu?
20. Da li je kopanje završeno bez daljnjih mogućih zarušavanja zemlje?
21. Da li su upotrijebljeni adekvatni materijali prema veličini i kakvoći koji su i projektirani?
22. Jesu li klinovi čvrsti?
23. Da li se potporna građa oštećuje?
24. Da li se između potpora ostavio adekvatan razmak?
25. Jesu li otkloni pretjerani?
26. Da li su potpori postavljeni pod pravim kutom u odnosu na zid?
27. Da li okviri podržavaju spuštajuće kretanje?
28. Da li se za podupiranje koristi adekvatan materijal?
29. Da li su metode rada sigurne?
30. Jeli posao uredan?
31. Da li se brinemo za pokretno postrojenje?
32. Da li je u rovu adekvatna vidljivost?
33. Da li su kacige raspoložive i dali se nose?

Planiranje radova

Pažljivo planiranje je od vitalnog značaja ako želimo da se pojave minimalni rizici. Dobro planiranje i sigurno izvršenje posla vodi do porasta kvalitete izvedenog rada, te do moguće smanjenje cijena.

Rovovi trebaju biti prohodni, ali istodobno trebamo težiti adekvatnom napredovanju radova i to što je brže moguće. Da bi radnici u rovu mogli kvalitetno izvršavati svoj posao oni trebaju barem minimalan radni prostor.

U tablici 11. su zahtijevane širine rovova za različite promjere cijevi. Jasno širine rova kod produbljivanja će biti veće od onih u tablicama.

Tablica 11. Zahtijevane širine rovova.

Promjeri cijevi (mm)	minimalna širina rova	
	Dubine preko 3 m	Dubine do 3 m
veći od 300	700	1000
300-600	promjer + 400	1000
600-850	promjer + 400	promjer + 600
veći od 850	promjer + 600	promjer + 600

Širine rovova će varirati ovisno o opremi koja će se koristiti. Potreban je pravilan pristup zakonski propisan. Ako smo u mogućnosti izvesti propisanu širinu rova posao će biti lakši, sigurniji i brži. S ranim razrađivanjem planova Vi možete planirati proširenje rova ako mislite da ima nedostatnu širinu. Morate osigurati adekvatne pogonske materijale, te osigurati privremeno podupiranje kod započinjanja posla. To će pomoći brzini obavljanja posla, kao i osiguravanju sigurnosti.

Za svaki pojedini rov potrebno je odrediti određen broj radnika za što također treba imati adekvatno postrojenje. To je također zakonski regulirano, a i pridonosi brzini izvođenja. Kopač u rovu treba imati primjereno osiguran prostor za rad da može posao nesmetano obavljati. Ako na gradilištu postoji dizalica treba osigurati da se teret nesmetano podiže preko radnog prostora.

Treba biti svjestan uvjeta rada kod iskopa. Radno mjesto treba ograditi, tako da se spriječi neovlašten pristup, jer postoji mogućnost upadanja u rov ili zarušavanja zemlje.

Kada se rad vrši u prometnom području treba osigurati da radnici i dizalice ne obavljaju svoj posao preko prometnih putova, osim ako oni nisu osigurani (nadglednik prometa, semafori). Promet može proći blizu rova u slučaju kad je to u potpunosti osigurano.

Postavljanje cijevi

S rijetkim iznimkama cijevi se postavljaju sa blagim nagibom počevši od najniže točke. Cijevi su posve ili djelomično okružene finim šljunkom ili betonom, ovisno o projektu. Kada se koristi šljunak on leži na cijevi koja je smještena na odgovarajućoj koti. Kad je okružena betonom cijevi se slažu na prethodno pripremljene podloške i zatim se betoniraju. Cijevi sa gumenim brtvenim prstenovima se smatraju fleksibilnim. Fleksibilni spojevi moraju biti očišćeni. Trebalo bi biti korišteno dopušteno sredstvo za podmazivanje. Fleksibilne cijevi koje su okružene betonom su vrlo jake. Tako da se u praksi koriste fleksibilni spojevi kada su cijevi okružene betonom. Ti spojevi moraju biti stalni i neprekinuti da bi osigurali fleksibilnost.

Cjevovodi se obično testiraju na tlak. Uz tlačni test se vrši i zračni test. Treba napraviti zračni test na svakoj liniji gdje je cijev postavljena. To sprečava greške u spojevima. Da se ti testovi ne provode na vrijeme, popravci koji bi se trebali izvršiti zbog neuviđanja pogreška, bili bi jako skupi.

Kod postavljanja potrebno je provjeriti svaku cijev kako je ne bi ugradili oštećenu. Također je potrebno provjeriti i prstene kojima se cijevi međusobno spajaju.

Zatrpavanje rovova

Pravilno kopanje i zatrpavanje rovova smanjuje eventualne naknadne troškove popravka . Ako je materijal iz iskopa nedovoljan, rov se ne može dovoljno zbiti. U takvim slučajevima materijal koji nedostaje treba dopremiti sa drugog mjesta. To će biti nešto skuplje, ali će isto tako i pridonijeti kvaliteti izvršenih radova, posebno u cestama.

Ugradnja u zoni cijevi se vrši u slojevima debljine 150 mm, a iznad cijevi u slojevima 300 mm. Od presudne je važnosti za kvalitetu radova osigurati dobru zbijenost.

2. BETONIRANJE

Beton se sastoji od mješavine kamena (grubo mljeveni agregat), pijeska (fino mljeveni agregat), vode i cementa. Cement reagira s vodom i dolazi do kemijske reakcije koja se zove hidratacija. Ona može uzrokovati žestoke opekline, pa stoga uvijek treba osigurati da je izložena koža zaštićena. Betonirci trebaju nositi rukavice, zaštitne kacige i gumene čizme. Nisu sve gumene čizme prikladne za betoniranje. Ukoliko beton slučajno padne na čizme treba biti hitno odstranjen. Ako se ignorira, može doći do ozbiljnih posljedica.

Pripreme

Područje koje će biti betonirano treba biti temeljito očišćeno, a smeće sa njega uklonjeno. Oplata se treba dobro namazati, tako da se odvajanje od stvrdlog betona bude jednostavno. Armatura mora biti čista. Oprema koja se koristi kod betoniranja mora biti u odličnom stanju. Dizalica mora biti ispravno postavljena, na pravu lokaciju, a skok mora biti očišćen i prilagođen da se njime lako rukuje. Vibratori moraju biti testirani i čisti za upotrebu. Uvijek treba imati rezervni vibrator u pripravnosti u slučaju kvara.

Područje rada treba biti uredno. To će omogućiti da betoniranje bude efikasno i pridonijeti sigurnosti. Trebaju se osigurati provjere betoniranja od strane nadzornog inženjera. Armatura

treba biti provjereno stabilna, točno i ispravno postavljena i kvalitetno fiksirana, te imati dobar zaštitni sloj betona. I time je provjera betoniranja završena.

Za vrijeme betoniranja treba pripaziti na gubitke kod spojeva. Tesar može napraviti bilo koje nužne prilagodbe. Posebna pažnja treba se obratiti na predmete koji mogu uzrokovati požar.

Betoniranje je težak i naporan posao. U prirodi materijala je da se rasprsne kada je pod utjecajem vibracije. Rezultat toga može biti da poslovi koji se obavljaju u neposrednoj blizini propadnu. Zato se područje oko betoniranja treba zaštititi. Ukoliko se beton ipak rasprši na okolno područje treba ga ukloniti što je prije moguće. Puno je skuplje ukloniti beton koji je već otvrdio, nego onaj svježiji tek raspršen.

Mješavina betona

Specifikacijom će se definirati koja mješavina betona će biti korištena. Pred testovima na mješavinama betona će se utvrditi njegove karakteristike. U ugovorima u kojima se traži više mješavina, nadzorni inženjer odlučuje koji će biti upotrijebljeni. U slučaju da izvođač ugradi drugu vrstu betona od predviđene, može doći do troškovničke, a prethodno ugovorom definirane, kazne. Iako će do kazne doći, šanse za pogrešno izvođenje radova će biti manje.

Mi želimo napraviti dobar posao visoke kvalitete, a najbolji način da u tome uspijemo je rad po pravilima struke. Kvaliteta i kakvoća betona najviše ovisi o izvedivosti same mješavine. Izvedivost se može povećati dodavanjem različitih aditiva. Takvi dodaci moraju biti pažljivo projektirani. Kvalitetu betona možemo utvrditi i samim opipom ruke. Ako je mješavina dobra, ona će biti gusta. Mješavina betona prikladna za ispumpavanje je idealna.

Oprema za betoniranje

- 150 cu. ft / min zrak kompresora. Za čišćenje područja betonaže koriste se pneumatski vibratori.
- Vibratori na benzin. Lakši su i često efikasniji od pneumatskih vibratora. Nemojmo zaboraviti mogućnost upotrebe vanjskih vibratora na velikim zidovima.
- Vibrator promjera 25 mm je vrlo mali i ne previše efikasan osim ako je potreban za vrlo uska područja. Vibrator promjera 75 mm dobre je veličine i većinom je vrlo efektivan. Vibrator promjera 150 mm je težak i većinom predug za kvalitetnu upotrebu.
- pokretna betonska pumpa. Ugrađena na kamion može dostaviti beton vrlo efikasno na potrebno mjesto. Imaju vrlo velik kapacitet (50 m³ na sat ili i više). Mnogo je brža u radu od dizalice. Idealna je za betoniranje velikih ploha. Nisu pogodne za betoniranje zidova.
- statična (fiksirana) pumpa. Ne koristi se često, a većinom je fiksirana kod uređaja za doziranje. Beton se pumpa kroz čelične cijevi promjera 100 - 150 mm. Sa njima se može pumpati horizontalno do 500m. Kapacitet varira, najčešće je oko 15 m³ na sat.
- toranjske i pokretne dizalice. One su svestrane, pa mogu biti korištene za mnoge druge poslove osim za betoniranje, iako se često upotrebljavaju za poslove betoniranja. One osiguravaju da se uvijek zadatak može kvalitetno obaviti. Ne samo da su opne sigurnije, nego je obavljanje poslova pomoću njih lakše.
- strojevi za izravnane površine tla. Zadatak im je da se dobije ravna površina betona. Kao i sva ostala oprema trebaju se kvalitetno održavati.
- Bunyanov udarni mehanizam. To je hidraulično rukovođena čelična cijev koja ima rotaciju 250 okretaja u satu. Vuče se preko površine betonske ploče i služi za izravnavanje svježe postavljenog betona. Cijev rotira obrnuto od smjera kretanja mehanizma. Trenje stvara i do 150 mm betona ispred mehanizma. Kod rada s ovim strojem nema vibracije. Grubo mljeveni agregat ostaje na vrhu ploče. I na taj način proizvede se gusta, tvrda površina. Kod strojeva sa vibracijama grubo mljeveni agregat pritišće se prema dnu ploče.

Naknadna obrada betona

Naknadna obrada je neophodna kako bi beton dosegao svoju proračunsku nosivost i bio trajniji. Izvoditelj zadužen za taj posao mora izvršiti svoj posao u najkraćem mogućem roku nakon što beton otvrdne. Naknadna obrada je namijenjena kako bi zaustavila isušivanje betona i da omogućiti maksimalnu hidrataciju cementa.

Standardna obrada uključuje vodu i jatu, treba namočiti ploču, ili se može upotrijebiti tehnika prskanja po membrani. Taj proces trebao bi se ponavljati nekoliko dana. Voda je najjeftinija i vjerojatno najbolja solucija. Bilo kako bilo njegova upotreba može dovesti do drugih problema. Ako se koristi, jata mora biti vlažna. Na horizontalnim površinama koristi se plastično platno, upotrebljava se tehnika prskanja po membrani ili pak vlažnoj juti. Gdje su podni završeci unaprijed završeni prskanje membrane nije preporučeno. Za vrijeme zadržavanja vode na strukturi, treba provjeriti kompatibilnost prskanja membrane sa specifikacijom strukture.

Naknadnu obradu betona vodom treba izbjegavati u hladnim uvjetima. Neposredna naknadna obrada i zaštita sa termalnom izolacijom je najbolji izbor kod tih uvjeta.

Dodaci betonu

- tucanik. Djelomična zamjena za cement. Štedi na troškovima, a može zamijeniti količinu i od 30 % cementa. Smanjuje se toplina hidratacije, te postoji manji rizik za pojavu betonskih pukotina. Upotrebom toga je beton lakše ugradljiv. Vrlo je pogodno za pumpani beton.
- sredstva za lakše zaglađivanje. Vrlo koristan dodatak kod betona koji se ugrađuje u skućeni prostor. Na taj se način smanjuje vjerojatnost pojave praznina. Ja sam ih upotrijebio za injektiranje gornjeg ustroja temelja, što se izvelo vrlo uspješno.
- sredstva za ugradnju u hladnim uvjetima. Niske temperature usporavaju proces stvrdnjavanja, te sam proces može rezultirati lošim vezanjem. U tom slučaju možete:
 - grijati vodu
 - grijati agregat
 - dodati kemikalije da ubrzaju početak procesa hidratacije

Ove mjere zahtijevaju značajnu pažnju u provođenju. Najbolje je, ukoliko nismo sigurni, da uzmemo stručan savjet.

Dovršenje betoniranja

Uvijek treba osigurati da se mjesto betoniranja isti čas, nakon završetka, očisti. Treba ukloniti materijal koji se cijedi iz elementa kroz ili na rubovima oplata, koji kod ugradnje padne van predviđenog mjesta, ili sa mjesta rasipanja materijala. Zagladiti još prema potrebi vidljivi dio betona nakon skidanja oplata. Veliku pažnju treba posvetiti i rubovima betona kod spojeva. Takvi zadaci koštaju mnogo novaca ako se rade naknadno.

3. ARMATURA

Postavljanje armature je posao koji zahtijeva velik fizički napor. Često se izvodi na visinama čime je i mogućnost od eventualnih nezgoda veća. Na to treba obratiti pozornost kod izrade projekta armature. Pravila nameću dužnost projektantima da se brinu za sigurnost provedbe posla i onih koji obavljaju taj posao. Oni koji obavljaju posao moraju biti zaštićeni od bilo kakvog rizika. Što je posao lakši i sigurniji to je i rizik manji, a kvaliteta posla će se povećati.

Faktori na koje treba obratiti pažnju u fazi projektiranja:

- promjer šipke
- težina šipaka. Zabraniti nerazboritu težinu, tako da čovjek može nositi.
- smanjiti velik broj oznaka za pozicije. To će olakšati ugradnju.
- postavljanje vertikalne zidne konstrukcije je lakše od kosog zidnog elementa. Je li kosi zid doista nužan?
- eliminacija svake mogućnosti greške kod ugradnje armature.
- na eventualnu nemogućnost vibriranja betona ukoliko je armatura neispravno postavljena. Ili na slučaj da beton ne može proći između šipaka, nego ulazi samo cementno mljeko.
- ne smiju se skele preopterećivati sa armaturom
- održavanje armature u ispravnom stanju - čistoća, nehrđavost...
- postavljati armaturu na točno predviđen razmak
- ostaviti predviđen zaštitni sloj betona
- kod transporta armature dizalicom, armaturu treba dobro i pravilno osigurati
- u elementima gdje se koriste samo mreže, betonira se do mjesta gdje dolazi mreža, zatim se stavlja ona i onda se betonira do predviđene razine. Tako da te mreže ne mogu za vrijeme betoniranja biti pomaknute.

4. TESARSKI RADOVI -OPLATA

Prije izvođenja sva oplata treba biti očišćena, a površina koja će biti u kontaktu s betonom treba biti dobro premazana prije postavljanja. Za podmazivanje oplata treba slijediti uputstva ponuđača. Ne smije se upotrijebiti drugačiji premaz od dopuštenog. Jednom sam doživio da su premazali oplatu dizel uljem, to se nikako ne smije dopustiti. Takva ulja mogu lako imati kontraproduktivan efekt na beton.

Fiksiranje

Drvo kao materijal može se formirati, lijepiti i savijati, te nam može bolje poslužiti od jednostavnih pribijenih kalupa. Trebamo posvetiti posebnu pažnju kod kompliciranih poslova (npr. visoki zidovi). U takvim slučajevima upotrebljavaju se spojevi od drvenih jezgara kako bi se osiguralo adekvatno fiksiranje.

Čišćenje

Očistiti treba sav rasipan materijal. Nakon završetka tesarskih radova svu oplatu treba temeljno očistiti.

Popravljanje površine betona

Popravljanje betona na dodirnom sloju beton-oplata vrši se rijetkom žbukom. Premaz rijetkom žbukom osigurava:

- ravnu liniju na rubovima elemenata

- armatura daje dobru zaštitu licu zida, ako ima kvalitetan zaštitni sloj
- laganije podizanje oplata na više mjesto po zidu.

Provjera tesarskog rada

Svi oblici tesarskih radova trebali bi biti učvršćeni na temeljni beton pomoću zasuna. Temeljni beton formira fiksnu liniju prema kojoj radimo. Iz tog razloga na spojevima betona treba dobro zateći zasun da se ne dozvoli da se oplata razide i da beton izađe van. Nakon toga treba osigurati dvije linije tesarskih radova koje će formirati zid.

Na visokim zidovima, koji se sastoje od mnogo katova, pametno je provjeriti svaku razinu izvođenja tesarskih radova. Na visokim zidinama, koji se sastoje od velikog broja elemenata, mudro je provjeriti razinu vrha tesarskog rada, kako bi se spriječio nagib do kojeg može doći kod tesarskih radova. Kod spojeva ne smije biti razmaka. Podne trake se formiraju prema potrebi.

Tipični problemi

Tablica ispod prikazuje nam reprodukciju tesarskih radova, vodič za dobro obavljanje poslova, koje je izdalo Betonsko društvo i Udruga staričara. Na toj listi se navode problemi koji se događaju zbog loše obavljenog posla i razloge zbog kojih dolazi do takvih problema.

Tablica - Bilješke o tesarskim radovima i neki problemi vezani uz to

pogreške	mogući nedostaci u projektu	mogući građevinski nedostaci
neispravnost dimenzija spojevi i otklon oblika	pretjeran otklon potpore su predaleko i izdvojene pretjerano izduženje veza, netočne veze ili nedovoljan broj veza. težak spoj sa sponama moguća popuštanja kod slučajnih opterećenja	spone ne mogu dovoljno ispraviti ravninu stupa vibracije od obližnjih opterećenja nedovoljna udaljenost od korisnih opterećenja plutanje zbog nedovoljnog fiksiranja kod šperploča se teško dobiju pravilni oblici upotreba niže klase čvrstoće drva nego što je projektirano
općenito	nedovoljno podupiranje. Nedostatak je moguć i kod osoba koje rade na tome u vidu da nemaju percepciju u kojoj radove treba izvesti	te greške dovode do posljedica da rad bude loše izveden ili da postoji mogućnost da beton curi van Ne može se ispitati oplata nakon ugradnje

	posebna opterećenja, kao vjetar	betona, zato otklone treba uočiti prije, kako bi se na njih moglo djelovati i moglo ih se ispraviti nedovoljno čavljanje, nedovoljno vijaka i zasuna nedovoljno učvršćen oblik veza preuranjeno uklanjanje, osobito nižih odjeljaka
gubitak materijala	nedovoljna blizina betonu	veze, podupirači ili klinovi su nedovoljno napeti prljava oplata sa ostacima betona od prethodnog betoniranja
kod spojeva	netočne veze. Moguće je prouzročiti izduženje veze. Uzrok mogu biti nedovoljna uporišta.	punjenje rijetkom žbukom
kod veza	netočna veza	Rupe u ploči prevelike. To treba ispitati i prije betoniranja popraviti.
nagrđena površina		
kraste	netočno vrijeme oslobađanja	prljavi oblici
mrljanje	netočno vrijeme oslobađanja	
razlika boje	krivi tretman. Kriva specifikacija građevinskog drva ili krivi oblik.	na površinu izroni drugačiji oblik koji ima drugačiju sposobnost upijanja. sredstva za brtvljenje se primjenjuju za vlagu različita vremena izrade
tamno mrljanje	kod nepropusnog materijala	
između ploča	nedovoljno konektora	labavi klinovi greške kod postavljanja oplata dizalicom

Tablica je izvađena iz udruženog priručnika Beton društva i Udruge statičara - Vodič k dobroj praksi. Priručnik je opsežan vodič prema projektiranju, konstrukciji i upotrebi oplata i tesarskog rada. Prvo izdanje priručnika je u bilo objavljeno u kolovozu 1986 god. i ispostavilo se da je to najbolji dokument za upravljanje koji je ikada društvo objavilo..

Drveni tesarski radovi

Drveni tesarski radovi obično se temelje na upotrebi iverice debljine 2440 mm x 1220 mm x 20 mm . Posebnu pozornost treba posvetiti izboru vrste i kvalitete šperploče.

Kada se tesarski rad rastavlja, naličje betona može se oštetiti. To se može spriječiti tako da šperploču premažemo poliuretanom, cement načinimo od rijetke žbuke, ili je operemo vapnom. Ja smatram da je postupak lakiranja poliuretanom najefikasniji. Ono također daje kvalitetu tesarskom radu.

Serijski, sve ploče moraju biti izrađene na jednak način. To daje jednakost dubine kod spoja između susjednih ploča, te sprečava njihovo dodirivanje na rubovima kod završenog betona.

Potporna drvena građevina može biti lijepljena, pribijena na šperploču. Najbolji rezultati dobiveni su kombinacijom lijepljenja i upotrebe šarafa.

Iverasti umeci veličine 200 mm x 200 mm, koji su prilagođeni kutu ploče, pomažu kod stvaranja nepropusne građe.

Površinski pregib u doticaju sa svježim prelivnim betonom mora biti očišćen i zaštićen sa uljem prije svake upotrebe. Velike nagibne ploče su napravljene pomoću konstruiranih greda i prioritetno služe u vojsci kod čelične izgradnje.

Pregibi i građevno drvo vrlo su fleksibilni u upotrebi. Mogu se vrlo brzo adaptirati veličini sa različitim dimenzioniranim zahtjevima. Fleksibilnost materijala omogućuje da bude postignut bolji sveukupni dimenzionalni završetak.

Tesarski radovi sa čelikom

Tesarski radovi sa čelikom namijenjeni su ručnom, a ne strojnom obrađivanju, i vrlo se brzo mogu sastaviti i rastaviti. Ako su ispravno izrađeni, oni su dugotrajni, iako ih je teško popraviti kada su oštećeni. Priprema je ista kao i kod drva kao građevnog materijala.

Tesarski radovi sa čelikom koriste se kod betona sa pravilnim naličjem. Takvi čelični oblici idealni su za zemljane vodoravne spremnike. Upotrijebite jednu vrstu kalupa za temeljnu ploču, a drugu za zidove iznad nje.

5. SKELE

Pravila za postavljanje skela su vidljiva iz propisa za graditeljstvo iz 1966 god. Kao i u svim propisima i ovdje se zahtijeva minimum standarda. Praksa zahtijeva nešto više standarda nego što se nalazi u tim propisima. Slika 14. potanko opisuje postavljanje jedne skele.

Podizanje skela

- područja na kojima se montiraju skele moraju biti čista i uredna
- sve okomite cijevi trebaju imati osnovnu liniju
- na područjima gdje je tlo meko skele moraju biti podložene sa daskama
- standardni promjeri cijevi za skele iznose 48,4 mm, a težina im je 4,4 kg/m-1
- skelne ploče su uglavnom dimenzija 225 mm x 38 mm x 3,9 m dužine. Maksimalni raspon je 1,5 m.
- skele treba kod podizanja poduprijeti u oba smjera. Da bi to bilo učinkovito treba:
 - postaviti dijagonale u oba smjera pod kutem od 45 stupnjeva

Širina skele ovisi o namjeni za koju će skela biti korištena. Tablica 9. nam govori o tipičnim namjenama skele i indikacijama širina koje ona zahtjeva.

Skele se razlikuju prema količini dizala. Dizala su vertikalni razmaci između glavnih cijevi koje se nalaze na mjestima gdje se kod ploča stavljaju radne platforme. Prema normama visina dizala iznosi 2m, ali može biti prilagođena određenim okolnostima za koje trebamo skelu. Jasno i širina skela može varirati ovisno o namjeni skele. Ja sam upotrebljavao širinu platforma 1050 mm, izuzevši na mjestima gdje je veća širina bila zahtjev.

Tablica -Širine platforma

Namjena	Minimalna širina	Potreban broj ploča od 225 mm
samo stajanje	600	3
prolaz materijala	600	3
ostavljanje materijala	800	4
potpora za platformu	1050	5
	1300	6
više platforma	1500	7

Daljnji važan čimbenik je odstojanje između zgrade i unutarnje strane skele. Odstojanje od oko 0,5 m (dvije ploče) omogućava da se pokrije pločama. Radna platforma je pružena prema zgradi i obložena daskama da se osigura sigurnost. Slika 15. detaljizira to. U nekim slučajevima bi razmak od tri ploče bio poželjniji.

Na mjestima gdje se skela ne može postaviti na tlo koje je prisutno, potrebno je skelu podići. One moraju biti fiksirane za zgradu, jer inače su nestabilne i postoji velika vjerojatnost za prevrtanjem. Radne platforme kao i pristupi radnim platformama moraju biti sigurni.

Veze za zgradu mogu biti pričvršćene:

- kod maksimalnog razmaka od 8,5 m u bilo kojem smjeru
- ako su veze pomaknute nakon prvog fiksiranja, treba se postaviti minimalno jedna veza za 32 m² skele
- ako veza nije pomaknuta, može se staviti jedna veza na 40 m² skele
- ako je veza pomaknuta ili veza nije pomaknuta, na popločenoj podlozi maksimalni razmak za jednu vezu iznosi 25m² i 32 m²
- visina skele preko 50 m zahtijeva poseban ovlašten projekt

Razmak skele može biti 2,0 m do 2,5 m od lica zida. Za veće širine, ako je potrebno a nema se gdje staviti, može se zahtijevati ograničenje javne ceste. Moje iskustvo je takvo da su neki poslovi bili jako ograničeni iz tog razloga što se ta mogućnost nije uzela u obzir.

Rastavljanje skele

Dok se osobita pažnja posvećuje podizanju skele, isto tako pažnju treba posvetiti i njezinom rastavljanju, jer i taj posao krije u sebi određene rizike i opasnosti.

Da bi posao sigurno izveli moramo razmotriti stabilnost na sljedeći način:

- skele trebaju biti demontirane obrnuto od montiranja
- veze trebaju biti otklonjene pred rastavljanjem
- ukloniti sve dijelove postupno
- omogućiti treba da skela bude stabilna kada na nju ne možemo utjecati (preko noći ili za vrijeme slobodnih dana)

- ne smiju se dozvoliti preopterećenja
- ne dopustiti da prilikom demontaže elementi slobodno padaju dolje

6. ZIDANJA

Sve sigurnosne mjere opreza trebaju biti zadovoljene. Na taj način se mjere opasnosti svode na minimum. Konstrukciju od cigle najbolje je odmah ožbukati da ne degradira sa vremenom. Ako je ikako moguće potrebno je izbjeći "kiselo pranje" konstrukcije od cigle. Tu se podrazumijeva kiša. Ona može oštetiti mort i smanjiti efekte obližnjeg posla. A kao najgore ona može prokapat i ostavljati veće reške od dopuštenih. Veze u šupljim zidovima bi trebale biti fiksirane, a da voda otječe prema vanjskoj strani konstrukcije od cigle. Kapanje bi trebalo biti locirano kod centra šupljine. Šupljine trebaju ostati jasne i oslobođene od otpadaka tako da se konstrukcija od cigle može sušiti.

Mort treba biti postavljen što jednoličnije moguće. Miješan mort i upotreba gradilišnih mjernih kutija u svako doba će pomoći u ujednačenosti postavljanja morta. Mort može promijeniti boju, a to ovisi ne samo od promijenjenog doziranja, nego i od upotrebe drugačijeg cementa, od zidanja zidova pomoću mokrih opeka...

Plastifikatori mogu načiniti probleme ako se neispravno upotrebljavaju. Oni bi trebali biti korišteni dosljedno u strogom skladu sa uputama proizvođača. Greške se mogu dogoditi zbog:

- netočnog razrijeđivanja plastifikatora
- dodavanja plastifikatora u gotovu smjesu, umjesto da se prvo razvodne
- neuspjeh u održavanju stalnih omjera koncentrata plastifikatora

Redoviti problemi sa vanjskim šupljinama zidova jesu česta otkazivanja zbog nestabilnosti i kiša koja pada na nedovršeni zid. Nestabilnost je između ostalog prouzročena i zbog nedovoljnih zidnih veza. Mort mora obuhvatiti ciglu barem 50 mm.

Problemi se mogu dogoditi i zbog podizanja podzemne vode ili vlage po zidovima. To znači da se u zgradi treba spriječiti podizanje vlage po zidovima. A to se radi postavljanjem hidroizolacije ispod zidova, te se na taj način sprečava podizanje vode po zidovima. Sredstva koja se koriste za hidroizolaciju trebaju se projektirati tako da mogu spriječiti navedene stvari. Horizontalna hidroizolacija mora biti neprekinuta sa dovoljnom širinom preklopa da se može smatrati neprekinutom. Ona bi se na rubovima poda trebala staviti i na zid od cigle, tako bi se mogla izbjeći šteta zbog manjka zaštite. Vertikalnu hidroizolaciju u zidovima u zemlji treba s vanjske strane obzidati.

Iz svega toga je vidljivo da bi dobro obavljen posao trebao omogućiti da se unutar cigala u šupljinama ne nalazi vlaga koja bi se onda mogla unijeti u zgradu.