

2.3.2. Strojno-tehnološki sustavi pri betonskim radovima

Betonski radovi

Betonski radovi obuhvaćaju razmjerno složene tehnološke i logističke procese organizirane pri izvedbi građevina i konstrukcija od (*cement*) betona *u užem smislu* (dalje u tekstu samo *beton*). Kao vrsta povezanih mineralnih gradiva u obliku umjetnog kamena uobičajeni betoni su *smjese* agregata od drobljene (*drobljenca*) i/ili sijane kamene sitneži i mineralnog hidrauličnog veziva (cementa) koji kemijski putem povezuje i stvrdnjava agregat u očvrslu beton.

Prema konzistenciji razlikuje se *kruti, slabo plastični, plastični i tekući svježi betoni*. *Betoni krute, slabe ili niske plastične konzistencije* odnosno *suhi ili vlažni betoni* odlikuju se visokom početnom tlačnom čvrstoćom i malim stezanjem. Primjenjuju se pri proizvodnji betonskih elemenata i sklopova, pri izvedbi masivnih betonskih konstrukcija od uvaljanog betona te kod izvedbe betonskih kolnika. *Betoni plastične konzistencije* imaju najveće područje odnosno najčešću primjenu pri izvedbi raznih ab-konstrukcija. *Tekući betoni* se zbog velikog stezanja i mogućnosti pojave pukotina primjenjuju samo u posebnim slučajevima pri izvedbi gusto armiranih betona ili za zapunjavanje u oplati teško dostupnih dijelova betonskih konstrukcija. Proizlaze slijedeće *tehnološke vrste betona* –

- uobičajeni raznovrsni betoni raznih (ne)armiranih betonskih konstrukcija koji su kao svježi betoni *kruti, slabo plastični, plastični i tekući* a transportiraju se i ugrađuju na razne načine;
- *plastični do tekući pumpani betoni* kod kojih se gradilišni transport svježeg betona do mjesta ugradbe izvodi guranjem kroz cijevi pomoću *crpke za beton* pa su veličine agregata do 32 mm s povećanim učešćem cementa i kamene sitneži (pijeska) 0/4 mm kako bi smjesa bila *samopodmazujuća* pri prolazu kroz cijevi,
- *slabo plastični vakuumirani betoni* kod kojih se prilikom ugradbe izvlači voda radi njihova ubrzanog zgušnjavanja čime se ujedno ubrzava njihovo stvrdnjavanje,
- *mlazni betoni* kojih se ugrađuju slobodnim nabacivanjem mlaza pod tlakom kroz cijevi preko mlaznice na podlogu koji su *slabo plastični do tekući sitnozrni beton* agregata do 8 (16) mm,
- *vlažni do suhi krupnozrni valjani betoni* veličine agregata do 125 (250) mm koji se ugrađuju *valjanjem* (slika 2.3.2.1.).



Slika 2.3.2.1.: Izvedba plošne betonske konstrukcije dna nekog spremnika valjanjem betona

Posebne vrste betona i betonskih prerađevina bile bi slijedeće –

- betoni prefabriciranih i/ili prednapetih elemenata, sklopova i konstrukcija,
- betoni ojačani (armirani) staklenim, plastičnim ili čeličnim vlaknima,
- lagani jednozrnat betoni, porobetoni (plinobetoni, pjenobetoni),
- teški betoni,
- samougradivi betoni,
- lakoagregatni betoni visoke kvalitete, primjerice, sa agregatom od ekspandirane gline ili ekspandiranog poliestera,
- zeleni betoni kod kojih se dio cementa, radi smanjivanja emisije CO₂ koji nastaje u proizvodnji

cementa, zamjenjuje različitim hidrauličkim dodacima dobivenim recikliranjem nekih industrijskih otpadnih tvari itd.

Betonski radovi obuhvaćaju tri organizacijska i logistička dijela (podcjeline): *spravljanje*¹, *transport i ugradbu svježeg betona*. Četvrto razdoblje tehnologije betona vremenski je dugotrajni kemijski proces *stvrđivanja betona* odnosno postupni prelazak u *očvrslu nosivu (armirano)betonsku konstrukciju*. Ovo razdoblje može se uvelike skratiti kroz tehnološke postupke ubrzanja stvrđivanja betona *grijanjem, zaparivanjem, centrifugiranjem ili prešanjem* što ovisi o vrsti, mjestu i načinu izvedbe betonskih konstrukcija ili proizvodnje prerađevina, elemenata i sklopova od betona.

Ukupni tehnološki postupak betonskih radova (slika 2.3.2.3.) organizira se tehnološki i logistički uglavnom na dva osnovna načina –

- „in situ“ postupak ugradbe svježeg betona lijevanjem u oplatu na licu mjesta izvedbe ab-konstrukcije (ili bez oplata kod izvedbe kolničkih zastora te kod mlaznog betona i ostalih sitnozrnih žbuka) pri čemu spravljanje svježeg betona može biti organizirana logistički na dva načina –

- u betonarama ili tvornicama betona na samom gradilištu (*transportirani gradilišni betoni*, (slika 2.3.2.2. desno),

ili

- doprema svježeg betona iz središnjih proizvodnih pogona (betonara, tvornica betona) nekog poduzeća ili područja građenja (*transportirani betoni u užem smislu*),

- „in plant“ postupak pri proizvodnji betonskih montažnih elemenata, sklopova i konstrukcija u proizvodnim pogonima lijevanjem svježeg betona u kalupe te zatim, nakon odležavanja i stvrđivanja, njihova montaža na gradilištu uz napomenu da proizvodni pogoni ovakvog tipa mogu biti organizirani kao stalni ili privremeni na nekom većem gradilištu, primjerice, proizvodnja dijelova konstrukcija montažnih mostova.



¹ Manje betonare ili veće tvornice betona, kao tipična građevinska postrojenja za spravljanje svježeg betona, objedinjuju upremlu za uskladištenje sastavnica ("boksovi" ili silosi za uskladištenje kamene sitneži, silosi za uskladištenje cementa), opremu za transport materijala (bageri sajlasi s skrejperskom košarom za povlačenje sitneži unutar "boksova", elevatori ili skip-uređaji za transport kamene sitneži između "boksova" i miješalice, transportne trake za transport sitneži između od silosa do miješalice), cijevni pužni transporter (arhimedov vijak) za transport cementa od silosa do miješalice), uređaji za mjerenje materijala (pretežito težinski dozatori ili vage kamene sitneži i cementa; protočni mjeraci količine vode; mjeraci vlažnosti kamene sitneži) te gravitacijske, prisilne ili valne miješalice za beton standardnog obujma bubnja. U smislu prostornog rasporeda navedenih dijelova kao i razine njihova raspoređivanja, betonare ili tvornice razvrstavaju se u četiri osnovne grupe:

(1) raščlanjene betonare s tzv. "zvijezdom" odvojenih boksovima od drveta ili betonskih elemenata za uskladištenje kamene sitneži kod kojih je unutarnji transport (povlačenje) materijala u boksovima pomoću posebnog bagera s povlačnom (skrejperskom) košarom a transport od boksova do vage iznad miješalice može biti ili elevatorski ili pomoću skip uređaja ili transportnom trakom,

(2) raščlanjene betonare s silosima (slika gore desno) od metala za uskladištenje kamene sitneži (ili s zajedničkim porektnom vagom koja ide od silosa do silosa ispod kojih sabirna transportna traka dotura kamenu sitnež ili do elevatora ili do skip uređaja kao ili transportne trake do miješalice,

(3) kompaktne ("zbijene") tvornice betona s zatvorenim dijelovima postrojenja uključujući zatvorene metalne silose za kamenu sitnež kod kojih preovladava koncepcija zbijenog rasporeda njezinih glavnih dijelova manje više u jednoj razini njihove postave,

(4) toranjske betonare ili tvornice betona (ustvari podvrsta kompaktnih betonara) kao oblik potpuno zatvorene koncepcije odnosno jedinstvene cjeline strojno-tehnoloških dijelova a zbijenog rasporeda tih glavnih dijelova smještenih jedan iznad drugoga u više razina njihove postave.

Obilježja suvremenih betonara ili tvornica betona su automatizacija, moguća robotizacija s programskom (kompjuterskom) podrškom proizvodno-tehnološkog postupka te koncepcije modularnih sustava u smislu organizacije postave dijelova strojnih konstrukcija betonare ili tvornice betona. Manje betonare su učinka 10 do 25 m³/sat (djelomično automatizirane), srednje betonare ili (automatizirane i djelomično programirane) tvornice betona su učinka od 30 do 60 m³/sat a velike tvornice betona (potpuno automatizirane i programirane odnosno u nekim dijelovima čak i robotizirane) su učinka 80 do 600 m³/sat .

Transportirani i gradilišni betoni

Tehnološki postupak građevinskih radova s transportiranim i gradilišnim betonima obuhvaća, kako je prethodno spomenuto, slijedeća osnovna proizvodno-tehnološka i organizacijsko-logistička razdoblja (s pripadnim procesima ili zahvatima) ili „faze“ *in situ* betonskih radova:

1. spravljanje (proizvodnja) svježeg betona
2. (vanjski i/ili unutarnji/gradilišni) transport betona
3. ugradba betona koja može obuhvatiti također postupke ubrzavanja stvrdnjavanja betona (grijanje, zaparivanje, centrifugiranje, prešanje ovisno o vrsti, mjestu i načinu izvedbe betonskih konstrukcija, prerađevina, elemenata, sklopova)
4. stvrdnjavanje betona odnosno postupni „prelazak“ svježeg betona u nosivu betonsku konstrukciju pri čemu se za oko mjesec dana postiže oko 90% predviđene čvrstoće betona (potpuno stvrdnjavanje betona je dugogodišnji vremenski u načelu kemijski proces povezan s reološkim pojavama puzanja, tečenja i pucanja očvrsljele betonske konstrukcije).

Osnovna podjela transporta svježeg betona *in situ* tehnološkog postupka betonskih radova (betona koji se ugrađuju u oplata) podrazumjeva slijedeća dva osnovna organizacijska odnosno logistička oblika ili vrste transporta –

- *vanjski transport svježeg betona* do gradilišta koji se u cijelosti odnosi na transportirane betone
- *unutarnji transport svježeg betona* po gradilištu koji podrazumijeva završni dio transportiranih betona ili transport samo gradilišnih betona koji se spravlja na gradilištu,

pri čemu su mogući su slijedeći prostorni i vremenski oblici navedenih transporta betona:

- u smislu putanje svježeg betona po prostoru izvedbe betonskih radova -
 - o vodoravni transport \Rightarrow
 - o uspravni transport \Uparrow
 - o složeni (kosi, krivolinijski) transport \sphericalangle $($
- u smislu načina premještanja svježeg betona u vremenu i prostoru betonskih radova zajedno -
 - o kontinuirani (neprekinuti, neprekidni) transport
 - o ciklički (ili isprekidani) transport
 - o složeni od navedenih transport.

Ciklički transport svježeg betona provodi se slijedećim tehničkim odnosno logističkim tipičnim građevinskim transportnim sredstvima i posebnim uređajima:

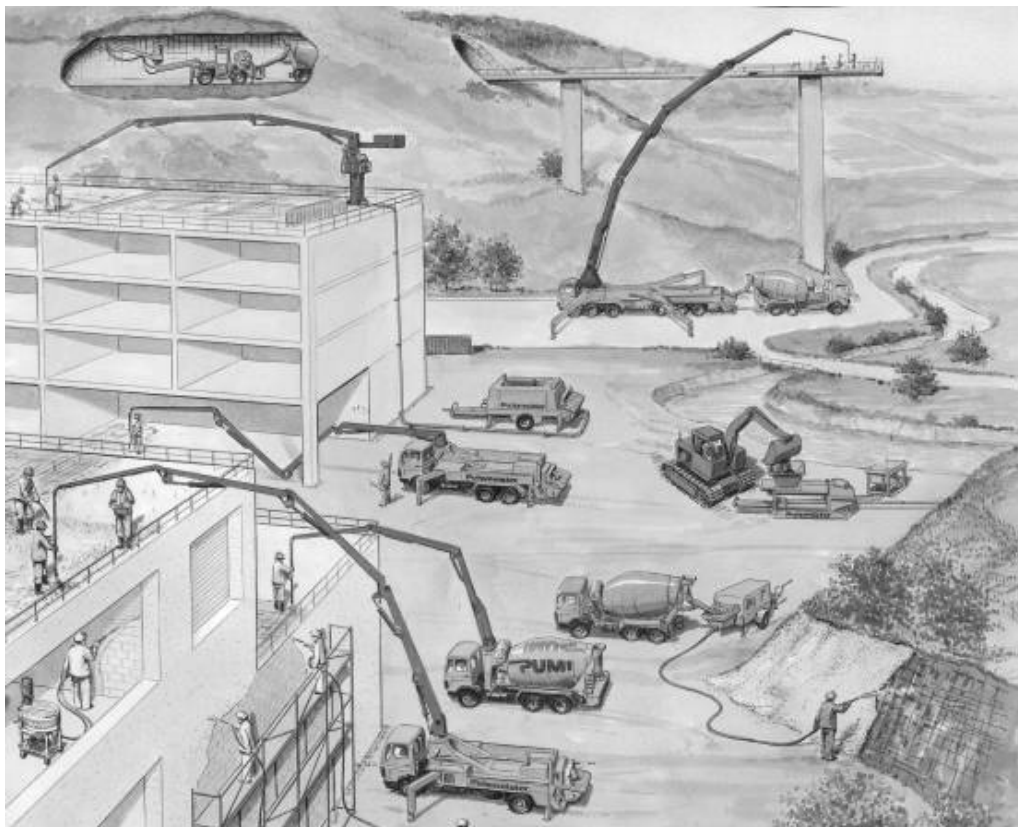
- sredstva vanjskog transporta svježeg betona (transporta do gradilišta):
 - o (kamioni kiperi s posebnim sanducima za beton)
 - o automješalice² (slika 2.3.2.4.) (koje mogu biti dodatno opremljene sa crpkom za beton odnosno transportnom trakom za beton)
- sredstva unutarnjeg (gradilišnog) transporta svježeg betona:
 - o (kamioni kiperi, zglobni damperi, minidamperi, utovarivači)
 - o automješalice
 - o minidamperi s posebnim posudama za prijenos betona (pokretne *kible*)
 - o pokretne mješalice za svježi beton
 - o toranjske dizalice³ (moguće su ali rjeđe u uporabi autodizalice) za prijenos posebnih posuda (*kibli*) za svježi beton

² Automješalica, tipično građevinsko transportno sredstvo za autoprijevoz svježeg betona između tvornica betona i gradilišta. Automješalicu čini kamionsko podvozje na kojemu se nalazi okretni bubanj s lopaticama. Bubanj se okreće pomoću posebnog motora ili motora vezanog na pogonski motor vozila. Okretanje bubnja u jednom smjeru omogućava miješanje svježeg betona, a u drugom pražnjenje bubnja. Automješalica se prazni ili neposredno u posudu ("kiblu") za prijenos betona građevinskom dizalicom ili u betonsku crpku ili u pretovarni silos za beton. Pretovarni silos služi za postupno punjenje "kible" ili betonske crpke kako bi automješalica u međuvremenu dopremila novu količinu betona. Sastavni dio automješalice može biti crpka za beton ili transportna traka kojima se beton dotura iz bubnja neposredno na mjesto ugradbe.

- žičare (*kabel-kranovi*) također za prijenos posebnih posuda (*kibli*) za svježi beton.

Kontinuirani transport svježeg betona izvodi se pomoću slijedećih građevinskih tipičnih sredstva unutarnjeg (gradilišnog) transporta kao i posebnih transportnih uređaja:

- uređaji za transport betona pomoću stlačenog zraka (za mlazni beton ovi uređaji nazivaju se u praksi *torkret-aparati*) odnosno razne vrste *žbukalica* (*slika 2.3.2.4.*) i sl.,
- *crpke za beton*⁴ sa cijevima (te s možebitnim okretnim razdjelnikom betona tj. toranjskim razdjelnikom (*slika 2.3.2.4.*) ili sustavom cijevi (*slika 2.3.2.5.*) koji transport obilježavaju neprekidni mikrociklusi rada crpke prilikom guranja betona kroz cijevi,
- transportne trake ili sustavi transportnih traka također s razdjelnim transportnim trakama.



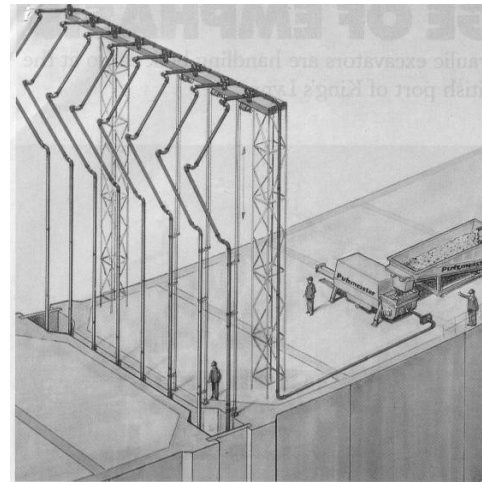
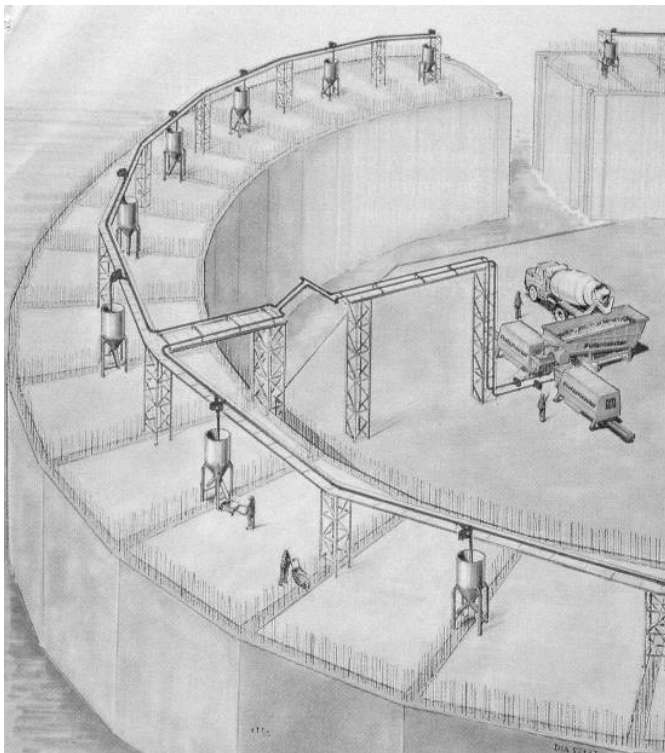
slika 2.3.2.4: Vanjska (automješalice, automješalice sa crpkom za beton) i gradilišna transportna sredstva (autocrpke za beton, crpke za beton s razdjelnim tornjem, žbukalice, „torkret aparati“) za svježi „pumpani“ i mlazni beton

³ Toranjske dizalice su vrsta građevinskih dizalica namijenjenih za prijenos svih vrsta materijala unutar gradilišta posebice u visokogradnji te gradnji ostalih visokih konstrukcija. Sastoje se od okretnog i po potrebi na tračnicama pokretnog tornja na kojemu se nalazi krak (grana, strijela) s opremom za dizanje tereta pomoću užadi. Krak može biti vodoravna grana (po njemu putuje oprema za dizanje) ili kosa strijela okretna u uspravnom smislu (oprema za dizanje ima hvatište na kraju kraka). Prevladavaju uglavnom toranjske dizalice s vodoravnim granom. Mogu biti slobodne, zatim oslonjene na građevinu te unutar građevine. Postoje prijenosne, uglavnom velike (potrebno je rastavljanje prilikom premještanja), te polupokretne ili samohodne samosastavljajuće manje toranjske dizalice. Toranjske dizalice na kamionskom podvozju jesu toranjske autodizalice

⁴ Crpka za beton, pumpa za beton, je tipična građevinska oprema gradilišnog transporta svježeg (pumpanog) betona njegovim guranjem pod pritiskom kroz cijevi. S obzirom na način guranja betona kroz cijevi, mogu biti ili (najčešće u uporabi) klipne crpke za beton ili rotirajuće crpke za beton (rjeđe u uporabi). Mogu također biti vučene na kotačima, samohodne na kamionskom podvozju (autocrpke za beton) te prenosive crpke za beton na postolju. Sastavni dio svake crpke za beton jest pribor za transport betona guranjem: cijevi promjera između 100 i 200 mm, račve, koljena, spojnice te kugle za čišćenje cijevi. Crpke guraju beton vodoravno do nekoliko stotina te uspravno do nekoliko desetaka metara. Kod autocrpki za beton cijevi se nalaze na lomljivom okretnom kraku koji je učvršćen na kamionsko podvozje. Njime je moguće guranje betona do 50 m u svim smjerovima.

Transport svježeg betona je uvijek složen u pogledu njegove vrste (konzistencije), zatim u tehnološkom, logističkom i organizacijskom smislu, zatim u pogledu primjenjene tehnike tj. vrste i oblika transportnih sredstva, uređaja i ostale slične opreme kao i u pogledu puta kretanja, načina premještanja i mjesta izvršenja. Vanjski i/ili (samo) unutarnji gradilišni transport svježeg betona može biti slijedeći prema vrsti i obliku primjenjenih transportnih sredstava, uređaja i ostale opreme–

- jednovrsan transport svježeg betona –
 - samo automješalice (pri čemu se svježi beton sipa neposredno iz automješalice na mjesto ugradbe ili su automješalice opremljene sa crpkom za beton odnosno transportnom trakom za daljnji dotur betona do mjesta neposredne ugradnje)
 - samo crpke za beton sa cijevima ili sustavom cijevovoda (u slučajevima gradilišnog transporta svježeg betona kada je crpka smještena neposredno ispod mješalice gradilišne betonare)
 - samo transportne trake za beton (također u slučajevima gradilišnog transporta svježeg betona kada je početak trake ili sustava traka smješten neposredno ispod mješalice betonare)
 - samo s uređajima za izvedbu mlaznog betona („torkret aparati“, žbukalice)
- složeni (viševrnsni, raznovrnsni) transport svježeg betona, primjerice, -
 - automješalica (+ pretovarni silos) + crpka za beton sa sustavom cijevi *(slika 2.3.2.5.)* (+ okretni razdjelni toranj za beton)
 - automješalica (+ pretovarni silos) + toranjska dizalica + posuda za prijenos betona (“kibla”)
 - automješalica + transportna traka za beton ili sustav transportnih traka *(slika 2.3.2.6.)* (+ okretna razdjelna transportna traka za beton).



slika 2.3.2.5: Transport svježeg betona sustavom cijevovoda u slučaju razmjerno masovnih betonskih radova pri izvedbi masivnih betonskih konstrukcija (slika lijevo: na kraju cijevovoda se nalaze silosi za svježi beton s okretnim razdjelnikom betona)

Moguću bi bili slijedeći oblici odnosno kombinacije vanjskog i unutarnjeg gradilišnog transporta (povezano također na vrstu odnosno konzistenciju) svježeg betona u tehničkom, tehnološkom, logističkom i organizacijskom smislu odnosno mogući su slijedeći tehnološki i pripadni logistički sustavi transporta svježeg betona *in situ* postupka betonskih radova:

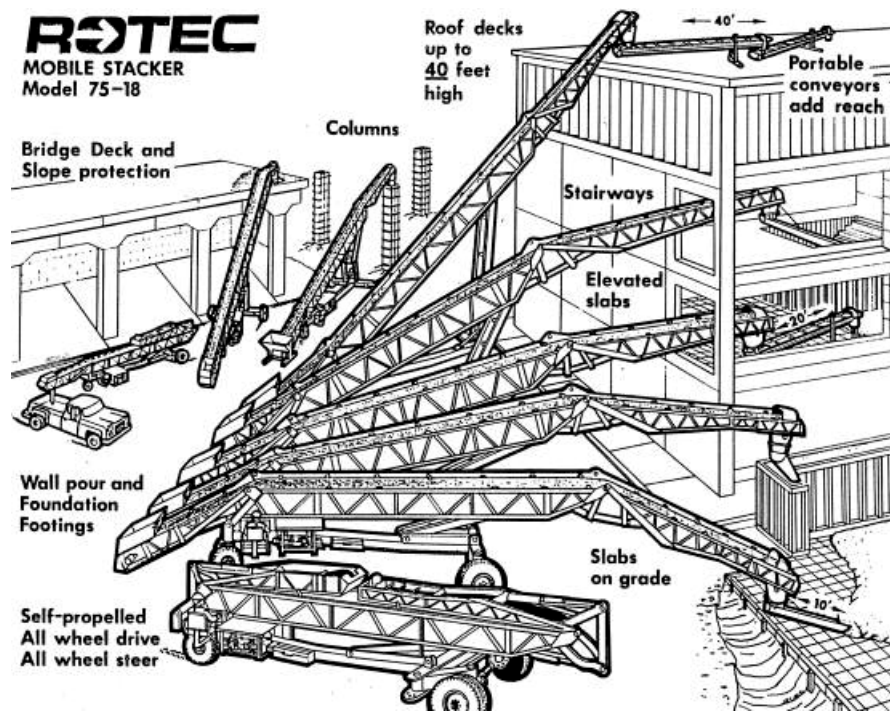
- slučajevi transportiranja izvan gradilišta proizvedenih plastičnih *pumpanih* betona (zrno agregata ≤ 32 (45) mm):
 - o prijevoz svježeg betona do gradilišta je iz udaljenih tvornica betona (podrazumjeva se da su u tehno-ekonomskom smislu za spravljanje svježeg betona optimalne *prisilne ili valne mješalice za beton*⁵) a transport po gradilištu provodi se slijedećim tipičnim transportnim sredstvima za beton:
 - automješalica sa crpkom za beton ► ugradba
 - automješalica ► autocrpka za beton ► ugradba
 - automješalica ► nepokretna ili vučena crpka za beton ► cijevi za transport betona ► cijevni razdjelnik betona (razdjelni toranj) ► ugradanja

- slučajevi transportiranja na gradilištu spravljenih plastičnih *pumpanih* betona (zrno agregata ≤ 32 (45) mm):
 - o nakon spravljanja svježeg betona u gradilišnoj betonari (podrazumijeva se da su u tehno-ekonomskom smislu za spravljanje svježeg betona također optimalne *prisilne ili valne mješalice za beton*) transport po gradilištu provodi se slijedećim tipičnim transportnim sredstvima i posebnim uređajima:
 - za manje transportne duljine unutar gradilišta:
 - nepokretna (ili vučena) crpka za beton smještena ispod mješalice betonare (do najviše po vodoravnici oko 300 m i u visinu 100 m iznad položaja crpke za beton odnosno do oko 150 m po vodoravnici i 50 po okmici za jednu crpku za beton) ► cijevi za transport betona ► razdjelnik (razdjelni toranj) betona ► ugradba
 - za veće transportne duljine (razmjerno prostrana ili složena gradilišta):
 - automješalica sa crpkom za beton ► ugradba
 - automješalica ► autocrpka za beton ► ugradba
 - automješalica ► nepokretna ili vučena crpka za beton ► cijevi za transport betona ► cijevni razdjelnik betona (razdjelni toranj) ► ugradanja

- slučajevi transportiranja izvan gradilišta proizvedenih nisko (slabo) plastičnih do plastičnih betona (zrno agregata ≤ 32 (45) mm):
 - o prijevoz svježeg betona do gradilišta je iz udaljenih tvornica betona (podrazumijeva se da su u tehno-ekonomskom smislu za spravljanje svježeg betona optimalne *valne mješalice za beton*) a transport po gradilištu provodi se slijedećim tipičnim transportnim sredstvima i posebnim uređajima:
 - o (optimalne inačice vanjskog i gradilišnog transporta svježeg betona)
 - automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► posebni (mini)damper za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► kombinacija (mini)dampera i toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica s transportnom trakom za beton ► ugradba
 - automješalica ► pokretna (na kamionskom podvozju ili vučena) transportna traka za beton ^(slika 2.3.2.6.) i/ili sustav transportnih traka za beton ► (razdjelna transportna traka za beton) ► ugradba

⁵ Mješalice za beton, oprema za proizvodnju mješavine svježeg betona. Mogu biti samostalne (priručne, vučene) manje i srednje velike mješalice, zatim samostalne veće pokretne samohodne ili vučene mješalice ili sastavni dio složenih proizvodnih postrojenja (tada mješalice daju ključna tehnička i tehnološka obilježja tvornicama betona ili betonarama). U smislu načina miješanja sastojaka betona rade ili slobodnim padom kao gravitacijske mješalice za beton ili prisilnim putem pomoću okretnih lopatica kao prisilne mješalice za beton. Gravitacijske mješalice za beton mogu biti sa čvrstim uspravnim bubnjem ili okretnim bubnjem. Primjenjuju se uglavnom za miješanje krupnozrnih betona ili kao male priručne mješalice. Ciklus njihova rada traje do nekoliko minuta. U tvornicama betona koriste se najčešće prisilne mješalice za beton u širem smislu koje mješaju sastojke svježega betona u bubnjevima pomoću sustava okretnih lopatica. Dije se na prisilne mješalice s uspravnom osi okretanja lopatica (prisilne mješalice u užem smislu) i s vodoravnom osi okretanja lopatica (prisilne valne mješalice). Prve mogu imati sustave lopatica u vidu više planeta odnosno satelita. Ciklus njihova rada traje do jedne minute. Vodoravne prisilne odnosno valne mješalice mogu imati jednu ili dvije osovine s lopaticama. Djelomice miješaju beton osim prisilno slobodnim padom. Rabe se za također za miješanje krupnozrnih betona ili vrućeg asfaltbetona. Posebnu podvrstu tih mješalica čine razmjerno dugačke i uske pužne mješalice za beton s jednom ili dvjema osovinama u obliku vijka.

- kombinacije nakon automješalice transportnih traka i toranjskih dizalica s posudama (*kiblama*) za prijenos betona ovisno o prostornom rasporedu ab-konstrukcija koje se izvode
- (moguće inačice vanjskog i gradilišnog transporta za plastične svježe betone)
 - automješalica sa crpkom za beton ► ugradba
 - automješalica ► autocrpka za beton ► ugradba
 - automješalica ► nepokretna ili vučena crpka za beton ► cijevi za transport betona ► cijevni razdjelnik betona (razdjelni toranj) ► ugradba

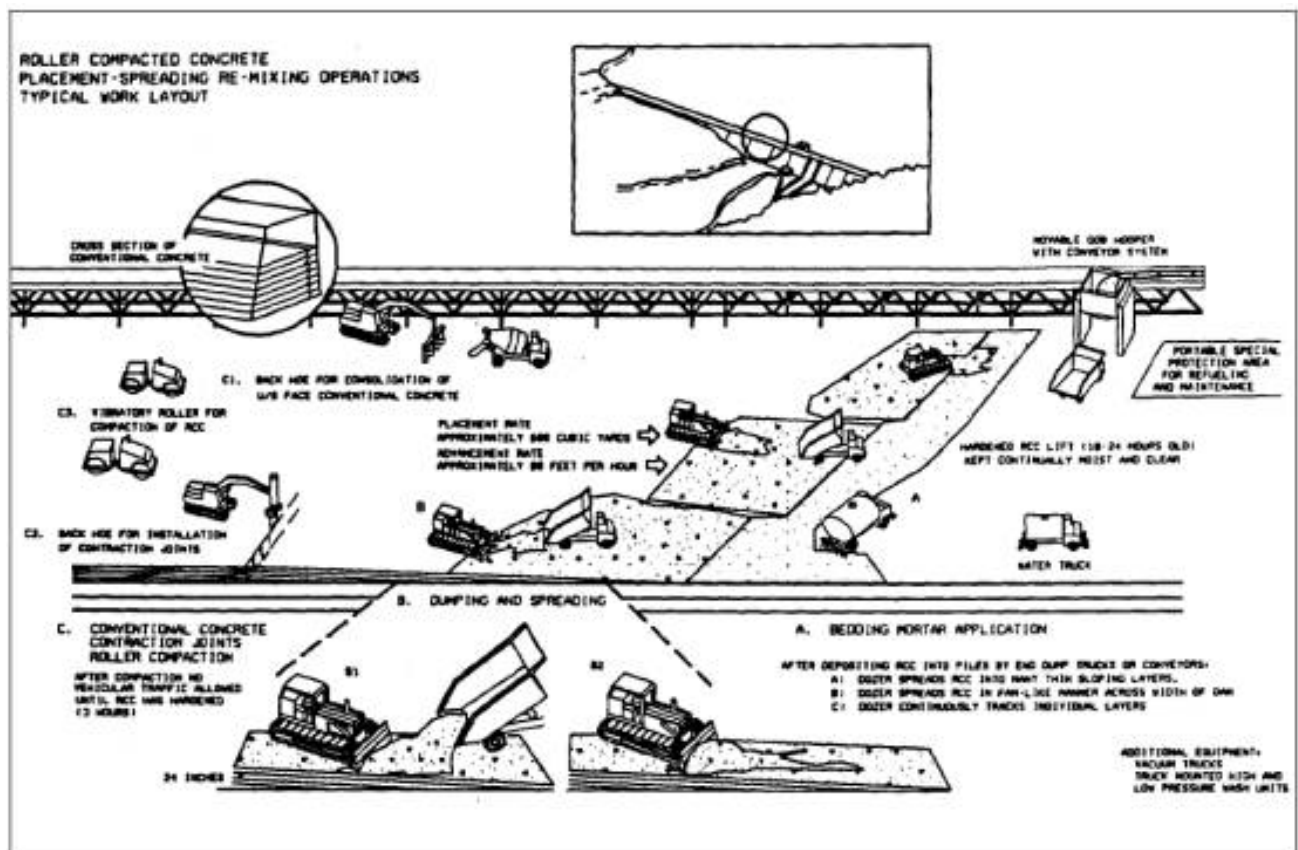


slika 2.3.2.6: Gradilišni transport svježeg betona transportnim trakama ili sustavom transportnih traka po katovima

- slučajevi gradilišnog spravljanja nisko (slabo) plastičnih do plastičnih betona (zrno agregata $\leq 32(45)$ mm):
 - nakon spravljanja svježeg betona u gradilišnoj betonari (podrazumijeva se da su u tehn-ekonomskom smislu za spravljanje svježeg betona također optimalne *valne mješalice za beton*) transport samo po gradilištu provodi se slijedećim tipičnim transportnim sredstvima i posebnim uređajima:
 - za manje transportne duljine (za toranjsku dizalicu do najviše 50 m a za transportne trake oko par stotina metara):
 - (optimalne inačice gradilišnog transporta svježeg betona)
 - posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - transportna traka ili kraći sustav transportnih traka za beton koji započinje ispod mješalice betonare ► razdjelna transportna traka za beton ► ugradba
 - kombinacije transportnih traka i toranjskih dizalica s posudama (*kiblama*) za beton ovisno o prostornom rasporedu ab-konstrukcija koje se izvode
 - (moguće inačice)
 - nepokretna ili vučena crpka za beton smještena ispod mješalice betonare ► cijevi za transport betona ► cijevni razdjelnik betona (razdjelni toranj) ► ugradba
 - veće transportne duljine:
 - (optimalne inačice gradilišnog transporta svježeg betona)
 - posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ► posebni minidamper

- za prijenos posude (kible) za beton ► ugradba
 - posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ► posebni minidamper za prijenos posude (*kible*) za beton ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica s transportnom trakom za beton ► ugradba
 - automješalica ► pokretna (na kamionskom podvozju ili vučena) transportna traka za beton i/ili sustav transportnih traka za beton ► (razdjelna transportna traka za beton) ► ugradba
 - (moguće inačice gradilišnog transporta svježeg betona)
 - automješalica sa crpkom ► ugradba
 - automješalica ► autocrpka ► ugradba
 - automješalica ► nepokretna ili vučena crpka za beton ► cijevi za transport betona ► cijevni razdjelnik betona (razdjelni toranj) ► ugradba
- slučajevi transportiranja izvan gradilišta proizvedenih nisko (slabo) plastičnih do plastičnih razmjerno kropnozrnatijih betona (zrno agregata ≤ 45 (63) mm):
- prijevoz svježeg betona do gradilišta je iz udaljenih tvornica betona (podrazumijeva se da su u tehno-ekonomskom smislu za spravljanje betona prikladne *valne mješalice* odnosno da su optimalne *gravitacijske mješalice za beton*) a transport po gradilištu provodi se slijedećim tipičnim transportnim sredstvima i posebnim uređajima:
 - automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► posebni (mini)damper za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► kombinacija minidampera i toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - automješalica s transportnom trakom za beton ► ugradba
 - automješalica ► pokretna (na kamionskom podvozju ili vučena) transportna traka za beton (*slika 2.3.2.6.*) i/ili sustav transportnih traka za beton ► (razdjelna transportna traka za beton) ► ugradba
 - kombinacije nakon automješalice transportnih traka i toranjskih dizalica s posudama za beton ovisno o prostornom rasporedu ab-konstrukcija koje se izvode
- slučajevi na gradilištu spravljenih nisko (slabo) plastičnih do plastičnih kropnozrnatih betona (zrno agregata ≤ 45 (63) mm):
- nakon spravljanja svježeg betona u gradilišnoj betonari ili tvornici betona (podrazumijeva se da su u tehno-ekonomskom smislu za spravljanje svježeg betona također optimalne valne mješalice odnosno da su još prikladnije gravitacijske mješalice za beton) transport samo po gradilištu provodi se slijedećim transportnim sredstvima i posebnim uređajima:
 - manje transportne duljine (za toranjsku dizalicu do najviše 50 m a za transportne trake oko par stotina metara):
 - posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ► (posebni minidamper za prijenos posude (*kible*) za beton) ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - transportna traka ili sustav transportnih traka za beton koji započinje ispod mješalice betonare ► razdjelna transportna traka za beton ► ugradba
 - kombinacije transportnih traka i toranjskih dizalica s posudama za beton ovisno o prostornom rasporedu ab-konstrukcija koje se izvode,
 - veće transportne duljine:
 - posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ► posebni minidamper za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ► posebni minidamper za prijenos posude (*kible*) za beton ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba

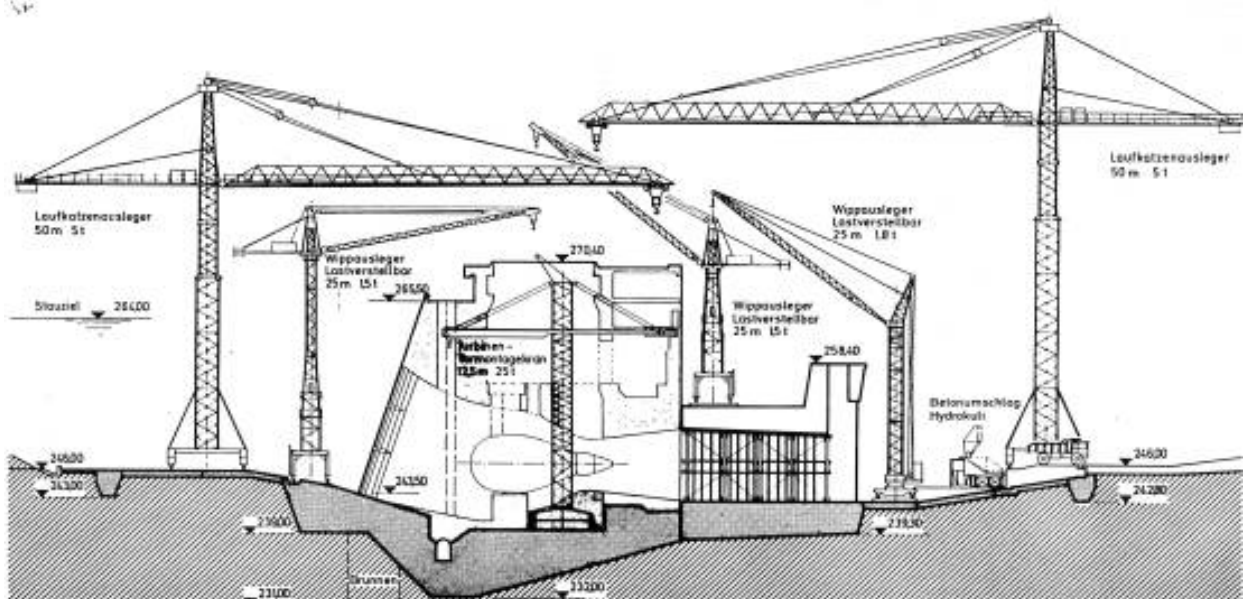
- automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
- automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► posebni mindamper za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
- automješalica ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► kombinacija posebnog mindampera za prijenos posude (*kible*) za beton i toranjske dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
- automješalica s transportnom trakom za beton ► ugradba
- automješalica ► pokretna (na kamionskom podvozju ili vučena) transportna traka za beton i/ili sustav transportnih traka za beton ► (razdjelna transportna traka za beton) ► ugradba



slika 2.3.2.7: Izvedba valjanog betona jedne masivne betonske brane transportiranog sustavom transportnih traka te dalje do mjesta ugradbe posebnim minidamperima (ugradba betona obuhvaća razastiranje dozerima te zbijanje valjanjem i djelomice velikim pervibaratorima ovješanim na kraku bagera)

- slučajevi (najčešće) na gradilištu spravljanih vlažnih do nisko (slabo) plastičnih kropnozrnatih betona (zrno agregata 63 - 128 mm) kao i samo na gradilištu spravljanih vlažnih kropnozrnatih valjanih betona (slika 2.3.2.7.) (zrno agregata 63 -125 – 250 mm):
 - nakon spravljanja svježeg betona u gradilišnoj betonari (podrazumijeva se da su za spravlanje betona moguće sami i jedino *gravitacijske mješalice za beton*) transport po gradilištu provodi se slijedećim transportnim sredstvima, posebnim uređajima i ostalom potrebnom transportnom opremom:
 - manje transportne duljine:
 - posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ► (posebni minidamper za prijenos posude (*kible*) za beton) ► toranjska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - transportna traka ili sustav transportnih traka za beton koji započinje ispod mješalice betonare ili tvornice betona ► razdjelna transportna traka za beton ► ugradba

- posuda (*kibla*) za beton punjena ispod mješalice betonare ili tvornice betona ► (posebni (mini)damper ili vagonka postolja na tračnicama za prijenos posude (*kible*) za beton) ► žičara za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
- kombinacije transportnih traka, toranjskih dizalica i žičara s posudama za beton ovisno o prostornom rasporedu ab-konstrukcija koje se izvode
- gradilišni minidamperi ili posebni mindamper za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
- veće transportne duljine:
 - pokretne mješalice (agitatori) ili kamioni kiperi ili (mini)damperi ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► toranjaska dizalica za prijenos posude (*kible*) za beton ^(slika 2.3.2.8.) ► ugradba
 - pokretne mješalice (agitatori) ili kamioni kiperi ili (mini)damperi ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► žičara za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - pokretne mješalice (agitatori) ili kamioni kiperi ili (mini)damperi ► pokretna (na kamionskom podvozju ili vučena) transportna traka za beton i/ili sustav transportnih traka za beton ► (razdjelna transportna traka za beton) ► ugradba
 - pokretne mješalice (agitatori) ili kamioni kiperi ili (mini)damperi ► (pretovarni silos) ► posuda (*kibla*) za beton ► posebni (mini)damper za prijenos posude (*kible*) za beton ► ugradba
 - pokretne mješalice (agitatori) ili kamioni kiperi ili minidamperi ► ugradba
 - kombinacije navedenih mogućnosti.



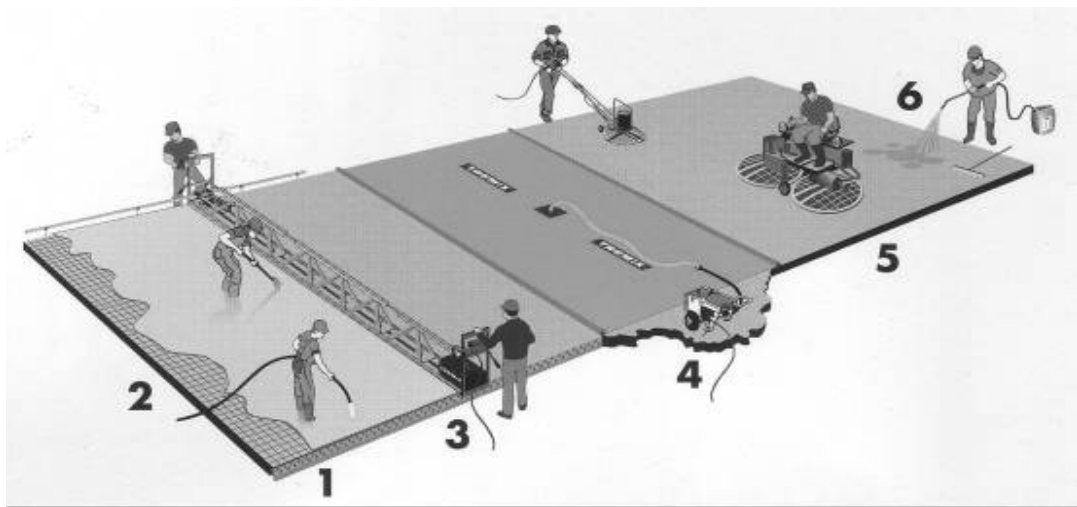
slika 2.3.2.8: Izvedba jedne masivne betonske brane betona transportiranog sustavom toranjskih dizalica

U pogledu tehnike, tehnologije i logistike *ugradbe svježih betona* se u okviru in situ postupka transportiranih i gradilišnih betona razlikuju se slijedeće vrste betona (uz napomenu da su neke vrste već navedene u okviru općenite podjele betona posebice što se tiče njihova sastava i konzistencije) :

- *betoni koji se ugrađuju vibriranjem* u oplatama (*oplatni vibrirani betoni*) koji obuhvaćaju najveći dio plastičnih *pumpanih* betona te ostale nisko plastične do plastične betone
- suhi ili vlažni krupnozrni *valjani betoni* ^(slika 2.3.2.7.) niske (slabe) konzistencije veličine agregata do 125 (250) mm (*engl. RCC – roller compacted concrete ili rolled DLC – rolled dry lean concrete*) koji se primjenjuju pri izvedbi masivnih (brane) i plošnih betonskih konstrukcija (podložni betoni, podloge i nosivi slojevi kolničkih konstrukcija) koji se razastiru manjim dozerima a zbijaju se uglavnom s valjanjem pomoću glatkih čeličnih (u načelu samohodnih)

valjka bez ili s vibracijama (moguća je također djelomice ugradba ovih betona uglavnom s bočnim oplatom)

- ostali plošni betoni složene ugradbe primjerice
 - o (slabo plastični) *vakuumirani plošnih betoni* koje se ugrađuju posebnom (po određenom redosljedju sustvano) složenom *opremom za vakuum postupak ugradnje svježeg betona* ^(slika 2.3.2.9) (uglavnom bez ili djelomice s nižom bočnom oplatom)
 - o nisko plastični do plastični (u prostornom odnosno položajnom i oblikovnom smislu) *plošni betoni* nosivih i trošivih slojeva kolničkih konstrukcija cestovnih prometnica i zrakoplovnih pista odnosno ostalih sličnih plošnih konstrukcija prometnica koji se izvode složenim strojnim sustavima ili posebnim tipičnim strojevima kao što su betonski vlakovi ili *finišeri za beton*⁶ ili posebni *finišeri za izvedbu betonskih obloga kanala* ^(slika 2.3.2.10.) (ovako izvedni betoni se u stranoj praksi nazivaju „*finiširani*“ betoni).



Slika 2.3.2.9: Izvedba plošne betonske konstrukcije tehnološkim postupkom vakuumiranja svježeg betona (vakuuum postupak ugradnje betona, 1- možebitno polaganje armature ili armaturnih mreža, 2 - razastiranje betona pervibratorima, 3 – površinsko ravnanje i zbijanje betona vibrodaskom, 4 – vakuum postupak izvlačenja vode iz petona preko platna pomoću tzv. vakuum crpke, 5 – površinsko zaglađivanje lica betona kružnim gladilica tzv. helikopterima, 6 – polijevanje betona zaštitnim sredstvom)

⁶ Fnišeri su složena samohodna tipično građevinska tehnološka oprema na jedinstvenom podvozju sa gusjenicama ili gumenim kotačima za izvedbu nevezanih nosivih slojeva te vezanih betonskih i asfalt-betonskih zastora cestovnih prometnica), zatim pista te ostalih plošnih razmjerno tanjih konstrukcija linijskih građevina (primjerice obloga kanala). Posebni finišeri rabe se za izvedbu rubnjaka i rigola na licu mjesta te nekih izduženih betonskih elemenata tvorničke proizvodnje. Obuhvaćaju dijelove koji prihvaćaju, razastiru i zbijaju gradivo te po potrebi glade i režu u dijelove ugrađeni zastor. Kreću se u radu neprekidno, razmjerno malom brzinom. Dijele se uglavnom na finišere za beton i finišere za asfaltne zastore. Suvremeni finišeri su univerzalni građevinski strojevi, jer izvode sve vrste zatora i plošnih konstrukcija. Neki složeni odnosno višedjelni finišeri (primjerice finišeri za izvedbu obloga kanala) izvode plitki iskop te grubo izravnaje i fino planiranje posteljiceiskopa prije izvedbe plošne konstrukcije. Postoji mnogo različitih vrsta finišera u smislu njihove veličine i učinka te posebice odnosa konstrukcije za kretanje i prihvat odnosno ugradnju materijala. Vođenje finišera po pravcu i visini uglavnom je automatsko pomoću lasera ili pomoću prethodno nivelirane žice ili preko papuče po prethodno izvedenome dijelu plošne konstrukcije



Slika 2.3.2.9: Finišeri za ugradnju betona odnosno za izvedbu plošnih betonskih konstrukcija (gore) i kanalski finišeri za izvedbu betonskih obloga kanala