

## Pumpani beton

Pumpanje betona danas je nezaobilazan vrlo ekonomičan način transporta betona od transportnog sredstva (ili same betonare) do mjesta ugradnje koji je ranije bio najslabija karika proizvodnog procesa, transporta i ugradnje betona. Beton se može pumpama dopremiti i na mjesta na konstrukciji na koja je to na drugi način jedva moguće. Brzina dopreme može se točno prilagoditi kako kapacitetu proizvodnje tako i kapacitetu ugradnje.

### Reologija pumpanog betona

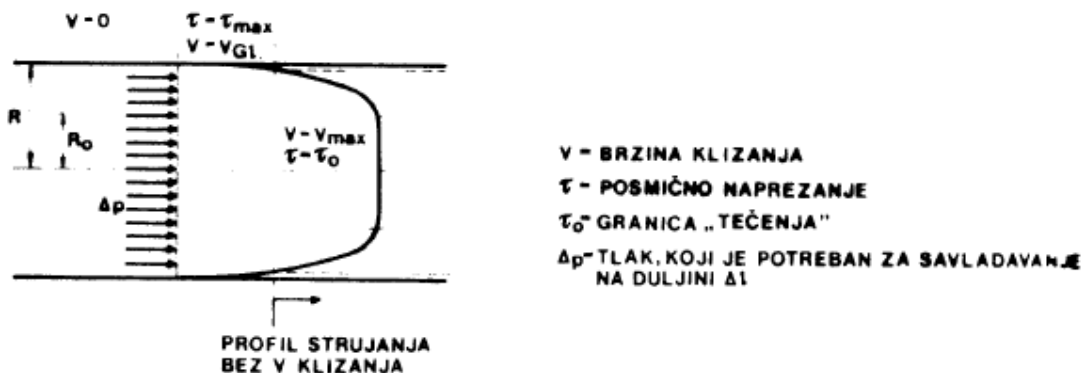
Ponašanje svježeg betona pri pumpanju nastoji se kao i ponašanje ostalih realnih materijala pod opterećenjem interpretirati pogodnom kombinacijom modela ponašanja triju osnovnih idealnih materijala: elastičnog (Hookeov model), viskoznog (Newtonov model) i plastičnog (Voightov model). Gledano čisto teoretski, svježi beton je viskozoplastični materijal u području između tekućeg i krutog, čiju fizikalno-mehaničku interpretaciju otežava višefazni sustav. U nekom približem opisu njegovo se ponašanje pri pumpanju pokušava predložiti Binghamovim fizikalnim modelom kao kombinacijom Newtonova viskoznog i Voigtova plastičnog materijala.

Svježi beton se kao nestlačivi plastični čep protiskuje kroz cijev po filmu maziva koje se formira po obodu cijevi, slika br. 7. Zbog toga mora imati svojstva tečenja plastičnog materijala, tj. mora imati strukturu koja omogućava takvo tečenje. Na obodu cijevi se dakle mora formirati spomenuti film maziva (cementna pasta) koji se može izdvojiti samo iz njime zasićenog betona (beton kod kojeg je količina mazivog morta dovoljna da popuni sve prazne prostore između zrna agregata). Ponašanje svježeg morta pri pumpanju treba promatrati kao ponašanje dvofaznog sistema u kojem se u finom mortu kao nosivoj fazi kreću (transportiraju) zrna agregata.

Reološko ponašanje finog morta (cementna pasta) definirano je formiranjem i promjenom strukture s granicom tečenja i viskozitetom (unutrašnjim trenjem ili otporom) kao karakterističnim svojstvima. Granicom tečenja definiran je stipanaj povezanosti čestica svježeg betona a viskozitetom kvaliteta morta kao nosioca krupnih zrna agregata u transportu.

Kad tlak pumpanja prekorači granicu tečenja svježeg betona u zoni maksimalnih posmičnih naprezanja uz stijenku cjevovoda razara se struktura svježeg betona i beton počinje teći. Razmak između čestica krute tvari u ovoj zoni povećava se i u taj se međuprostor upija voda iz ostalih dijelova betona. Na taj se način uz stijenku cjevovoda formira u sloju finog morta s povećanom količinom vode klizna ploha koja je bitna za transport betona pumpanjem. Prema nekim ispitivanjima debljina ove zone iznosi 10-25 mm. (2)

Slika br. 7. Strujanje betona u cijevi

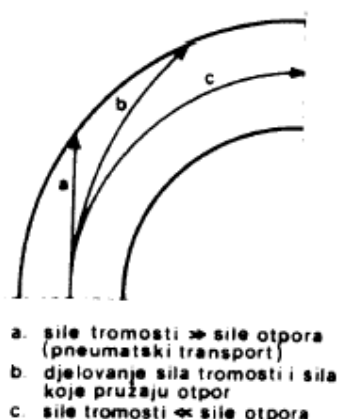


Formiranje klizne plohe prvenstveno ovisi o strukturi finog morta, a na njega utječe i hrapavost cjevovoda. Efekt otpuštanja vode u zonu snicanja, uzrokovan razaranjem strukture, može se uočiti i kod obrade morta i betona. Pri zaglađivanju površine betona zbog posmičnih naprezanja razara se površinski sloj i u toj zoni nakupljaju se fine čestice i voda. (2)

Pri pogledu na karakteristični strujni profil betona, slika br. 8. u cijevi vidi se da se iza zone smicanja formira tzv. zona preoblikovanja strukture svježeg betona u kojoj se krupna zrna agregata zbog promjenjive brzine finog morta istovremeno gibaju i translatorno i rotacijski sudarajući se međusobno ili sa stijenkom cjevovoda. Općenito je primjećeno da se krupna zrna agregata gomilaju prema sredini cjevovoda, a u vanjskim zonama formiraju se veće količine finog morta. U sredini cjevovoda je zona mirovanja odnosno zona translatornog gibanja krupnih zrna agregata.

Strujanje smjese svježeg betona kroz koljeno beton pumpe također je vrlo složeno. Put čestica krute faze ovisi o odnosu sila inercije i sila otpora nosive suspenzije. Očekuje se da će putanja krupnih zrna agregata ići smjerom b na slici. Skretanjem sa smjera c mijenja se profil strujanja.

Slika br. 8. Strujanje smjese svježeg betona



Agregatna zrna u vanjskom području cijevi udaraju u stijenku cijevi i sudaraju se međusobno. U toj se zoni gomilaju krupna zrna agregata, a istiskuje se fini mort. Struktura betonskog čepa kompletno se mijenja, što dovodi do dodatnih gubitaka tlaka (općenito su u proračunu cjevovoda uzimaju u obzir gubitci tlaka na koljenima, a što je važno kod proračuna dužine i visine pumpanja, te izbora pumpe, odnosno promjera i hoda klipa). Ispitivanjima je dokazano da gubitci tlaka po m' ravnog dijela cjevovoda iznose 0,06 do 0,7 bara, a u koljenima se za još toliko povećavaju za svakih 10° krivine.

## Sastav pumpanog betona

Sastav betona za transport pumpanjem mora biti takav da mu se pri transportu ne mijenjaju svojstva. U osnovi mora imati dovoljnu količinu finog morta za formiranje kliznog filma uz stijenk cjevovoda i za preuzimanje i prenošenje tlaka pumpanja.

Smjesa svježeg betona ne smije biti ni suviše gruba niti suviše viskozna (ljepljiva), niti suviše suha, i suviše vlažna. Ako je količina vode prevelika prilikom pumpanja dolazi do segregacije i znojenja što može uzrokovati blokade. Uvijek je potrebno smanjiti količinu vode upotrebom superplastifikatora. Odnos masa cementa i agregata mora biti ispod 1:7, Preporučljiva konzistencija je po slijeganju konusa 3-10 cm.

Kod nedovoljne količine finog morta krupna zrna agregata smještaju se jedno na drugo i na stijenk cijevi. Tlak klipa pumpe ne prenosi se preko cementnog morta nego preko zrna agregata pa se beton ne transportira po zakonima tečenja nego po geomehaničkim zakonima nekoherentnih materijala uz znatno povećanje otpora trenja i brzo začepljenje cjevovoda.

Zbog neznatnog (nedovoljnog) viskoziteta slično se ponaša i beton s visokim v/c faktorom kod kojeg još postoji i stalna opasnost da pod povišenim tlakom fini mort pobjegne na spojevima i koljenima cjevovoda (u smjeru pada tlaka) pa iz svježeg betona nestane i ta mala količina maziva. Betoni kruće konzistencije uzrokuju veći gubitak tlaka ali je opasnost od razdvajanja komponenata manja pa je povoljnije pumpati beton kruće konzistencije s većim tlakom (naročiti na malim transportnim daljinama), nego tekući beton s manjim tlakom. Treba imati na umu da betoni kruće konzistencije traže optimalniji granulometrijski sastav agregata i dovoljno sitnih čestica, naročito kod većih transportnih udaljenosti, a plastičniji betoni su naročito nepogodni kod dužih zastoja u radu tijekom kojih dolazi do taloženja krute faze svježeg betona.

Prava (optimalna) konzistencija pumpanog betona praktično se prepoznaje po laganim risevima i lomovima, koji se javljaju na površini betona pri izlasku iz miksera.

Cement za pumpani beton ne smije biti suviše fino mljeven jer kod primjene takvog cementa s povoljnim povišenjem granice granice tečenja prekomjerno se povećava viskoznost, a time i otpori tečenja. Naročitu opasnost predstavljaju u tom pogledu velike količine dodataka fino mljevenih pucolanskih materijala.

Kod agregata veličine zrna iznad 0,25 mm pored količine i granulometrijskog sastava značajnu ulogu igra oblik, veličina zrna i stanje površine. Također je bitno naglasiti da maksimalna veličina zrna  $< 1/3$  unutrašnjeg promjera cijevi, fini mort u mješavini mora imati dobru koheziju kako ne bi došlo do segregacije betona tijekom pumpanja.

Granulometrijska krivulja, pumpani beton trebao bi se satojati od različitih pojedinačnih sastojaka, ukoliko je to moguće. Važna je ravnomjerna granulometrijska krivulja, količina čestica veličine 4-8 mm ne smije biti prevelika, no nesmije postojati neravnomjerna. Nepovoljan sastav agregata može se popraviti primjenom diskontinuiranog granulometrijskoga granulometrijskog sastava. U pravilu se ispušta frakcija 4-8 mm i za odgovarajuću količinu povećava količina pijeska i krupne frakcije (16-32 mm). Time se istovremeno povećava i kvaliteta betona

Beton sa drobljenim agregatom teže se pumpa pa je preporučljivo da mu se dodaje riječni pijesak i da ima oko 10 % više pijeska do 0,2 mm, da bi beton s takvim agregatom bio jednako pumpabilan kao beton s prirodnim (aluvijalnim) agregatom.

Teški agregati, promjenjive sirovine, daleke udaljenosti od mjesta isporuke ili velika brzina ugradnje zahtjevaju korištenje sredstava za pumpanje. Ona smanjuju trenje i otpor u cijevi te habanje pumpe i cijevi, a povećavaju izlazni kapacitet. Plastifikatori i aeranti kao dodaci betonu povećavaju plastičnost i stabilnost, a time i podobnost za transport pumpanjem. Oko 1 % uvučenog zraka djeluje ekvivalentno kao 15-20 kg finih čestica po  $m^3$  betona. Količina uvučenog zraka ne bi trebala biti veća od 5 % jer veća količina zraka dovodi do povećanja otpora.

## BETONSKE PUMPE

### Razvoj pumpi za beton

Pumpanje betona uobičajeno je prihvaćeno kao jedna od glavnih metoda distribucije i dobave betona na samome gradilištu. Iako pumpanje betona nije uvijek najbolja i najisplativija opcija, nudi određene prednosti prema drugim metodama dostave betona kao što su dostava betona kranovima sa silosom za beton, dostava betona pokretnim trakama, itd. Općenito upotreba pumpi za beton u procesu najbrže ugradnje betona od vozila pa do mjesta ugradnje raste u svijetu, pogotovo što je tehnologija sve pouzdanija, a također su se usavršile i betonske mješavine tako da više nema zadatka koji nije moguće obaviti brzo i kvalitetno.

Prva upotreba pumpe za distribuciju betona u povijesnim razmjerima nije zabilježena, ali prvi patent za betonsku pumpu zatražen je i zaštićen 1913.g. u SAD-u. Tridesetih godina prošlog stoljeća Njemačka tvrtka TORKRET GmbH, počela je sa proizvodnjom jednocilindrične pumpe za mort, sa promjerom klipa 180 mm, te mehaničkim pogonom. Tih godina radilo se na kontinuiranom istraživanju i razvoju, te su se betonske pumpe izrađivale pod tom licencom u nekoliko zemalja uključujući SAD, Francuska, Nizozemska, V. Britanija, iako je još dosta toga trebalo usavršiti.

Završetkom Drugog Svjetskog Rata, kada je počela obnova ratom razrušene Europe, pogotovo Njemačke, pumpe su još uvijek bile na mehanički pogon. Sljedeća dekada donosi hidraulički pogon za betonske pumpe. U razdoblju od 1950 do 1960 Zapadna Njemačka ili kako su je tada nazivali Wirtshaft Wunder ( economic miracle) zbog svog naglog, gotovo impulzivnog razvoja i obnove stavila je naglasak na razvoj pumpi za beton, i to iz jedinog razloga što se zemlja obnavljala nakon ratnih pustošenja te je pumpanje betona bilo uvelike primjenjivano. Kao rezultat toga Njemačka je najveći svjetski proizvođač opreme za pumpanje betona, a ujedno se 40 % ukupno proizvedenog betona distribuirala pumpama (Njemačka), nasuprot svega 10 % V.Britanija iz tog vremena.

Razvoj tehnologije pumpanja betona najviše se fokusirao na razvoj i usavršavanje zatvarača. Od prvobitnog pločastog zatvarača koji je „sjekao“ beton, prešlo se na segmentni zatvarač, a zatim na okretni (obrtni) zatvarač, a kao najnovija i najprimjenjivija konstrukcija (PUTZMEISTER) je tzv. cjevna skretnica, koljenasta cijev čiji se donji dio pomiče u lijevu i desnu stranu naizmjenično. Još 70-tih godina važno je kao pravilo da je domet pumpi za beton u daljinu 300 m, a u visinu 80 m. Od 1976.g. zahvaljujući intenzivnim istraživanjima ostvareni su i usavršeni novi zatvarači. Uz to se prešlo od ranijih pritisaka od oko 80 bar na znatno veće, koji iznose u radnom cilindru pumpe i 250 bar. Zbog redukcije pritiska on u cjevnom vodu pada na 190 bar i smanjuje se usljed otpora trenja, broja koljena, dužine pumpanja. Najveće domete na tome polju ostvarila je tvrtka PUTZMEISTER. Ovdje su priloženi neki od rezultata:

- na betoniranju televizijskog tornaja u Frankfurtu (Njemačka), ostvarena je visina dizanja do 310 m sa učinkom od 12 m<sup>3</sup>/h 1977.g.
- kod betoniranja željezničkog tunela Sv. Gothard, Švicarska ostvaren je 1978.g. domet u visinu od 340 m i istovremeno u daljinu od 600 m uz učinak od 20 do 25 m<sup>3</sup>/h
- 1979.g. u rudniku PREUSSAG Ag (Njemačka) ostvaren je učinak od oko 20 m<sup>3</sup>/h na udaljenost od 2000 m

Prema nekim izvještajima iz 1986.g. primjećena je razlika u stavovima od prakse pumpanja betona u Njemačkoj i V.Britaniji, njemci su koristili pumpe iz jednostavnog razloga „, zbog toga što je brže“, dok se u V.Britaniji javljao otpor prema metodi koja se činila znatno skupljom od tradicionalne ugradnje betona kranom sa silosom. To se može protumačiti tako što su korisnici pumpi u V.Britaniji imali dosta problema sa pumpama nakon Drugog svjetskog rata, korisnici su krivili pumpe za uzrokovanje zastoja pri pumpanju, ali zapravo zastoji su bili prouzrokovani lošom mješavinom betona. Nakon uvedenih poboljšanja u mješavinama betona i napretka u razvoju zatvarača došlo je do porasta primjene pumpanog betona u V.Britaniji.

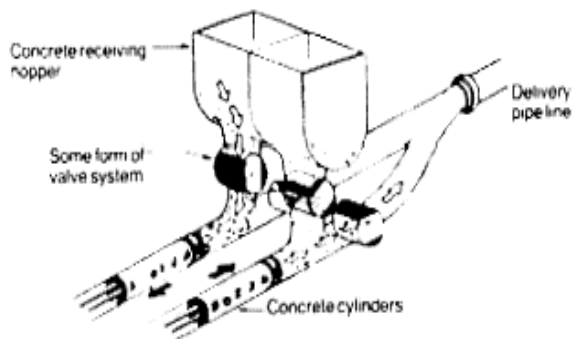
## Oprema za pumpanje betona i dijelovi betonskih pumpi

Pumpa za beton je sofisticiran, pouzdan i robustan stroj, proizvodi se u mnogim oblicima i veličinama kako bi zadovoljio mnogobrojne zahtjeve i načine primjene na gradilištu. Također je jednako važna i oprema za dostavu betona (cjevovodi i spojnice) od beton pumpe do mjesta ugradnje.

Veliki napredak je postignut od ranih dana razvoja bet. pumpi kada su koristile mehanički pogon uključujući i pogon ulaznih i izlaznih cilindara. Jednostavna mehanička pumpa sa dva klipa, slika br. 1. sastojala se od prijemnog koša za beton, ulaznog i izlaznog zatvarača, te sustava cilindara sa klipovima (usisni i potisni). Pumpa je za pogon koristila dizelski motor.

Pumpanje započinje usisavanjem pokretnog cilindra (potpomognut gravitacijom) povlačeći beton u cilindar hodom klipa unatarag. Tijekom ove operacije izlazni ventil je zatvoren, u idućoj fazi pumpanja ulazni ventil se zatvara, a izlazni se otvara, pri čemu je omogućen protok betona dalje u cjevovod, i tako dalje kontinuirano jedan cilindar usisava beton, dok ga drugi za to vrijeme potiskuje u cjevovod. Moderne beton pumpe i dalje funkcioniraju na istim principima, te je razvoj rezultirao mnogim poboljšanjima, a paralelno su beton pumpe postale vrijedni i pouzdani dijelovi opreme građevinske industrije diljem svijeta. (4)

Slika br. 10. Mehanička klipna pumpa



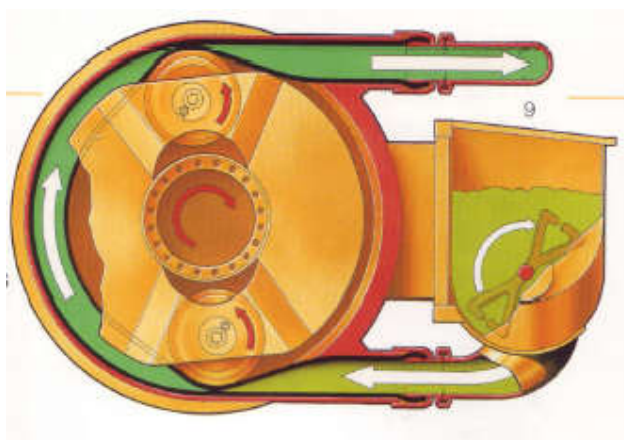
Prema načinu potiskivanja betona pumpe djelimo na:

- Pneumatske pumpe
- Rotacione pumpe
- Hidraulične pumpe

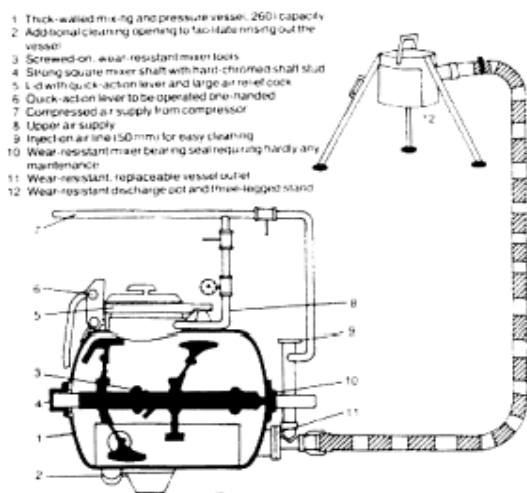
**Pneumatske pumpe** su još jedna rana faza razvoja beton pumpi. Sastojale su se od komore za komprimirani zrak, koja se kada se napuni betonom zatvara, te joj se dodaje komprimirani zrak. Na taj nači se beton pod pritiskom kretao kroz cjevovod. U početnim fazama razvoja tog tipa pumpi bilo je dosta problema sa opasno visokim tlakovima koji su bili potrebni za gibanje betona kroz cjevovod ali je daljnjim razvojem tehnologije omogućeno da se radi sa znatno nižim pritiscima, te je rad postao sigurniji. Na ovim principima danas rade strojevi za pumpanje betoskih glazura ( Putzmeister M740, M750), slika br. 12. , slika br. 13.

**Rotacione pumpe**, u SAD-u je 60-tih godina, točno 1963.g. razvijena rotaciona pumpa ili vakum pumpa ( gnječeni beton - squeezecrete), slika br. 11. Princip rada je sljedeći, beton se iz prijemnog koša sistemom lopatica potiskuje u gumenu cijev. Gumena cijev je smještena u bubnju u kojem je pritisak nešto niži od atmosferskog pritiska kako bi se gumena fleksibilna cijev što prije vratila u prvobitni oblik nakon što preko nje prijeđu valjci. Ta se dva valjka s gumenim presvlakama valjaju po unutrašnjoj strani bubnja i na taj način potiskuju beton iz bubnja u transportni cjevovod, a istovremeno vakumom povlače beton iz dovodnog crijeva. Vakum osigurava kontinuirani dotok betona, nema kontrakcija ugradbenog crijeva kao kod klipnih pumpi, moguće je raditi sa znatno nižim pritiscima što rezultira manjim habanjem potrošnih dijelova. Pozdanije su i pogon im je jednostavniji, nedostatak im je taj što imaju manje dosege nego klipne pumpe, pogoduje im beton koji je rađen od riječnog agregata, dok u radu sa betonom od drobljenih agregata ima dosta problema (habanje opreme-crijeva, valjci, segregacija). Na području europskog kontinenta Putzmeister grupacija 90 % proizvodnje rotacionih pumpi plasira na francusko tržište gdje se najviše koriste. (4)

Slika br. 11. Rotaciona pumpa



Slika br. 12. i 13. Pneumatska pumpa

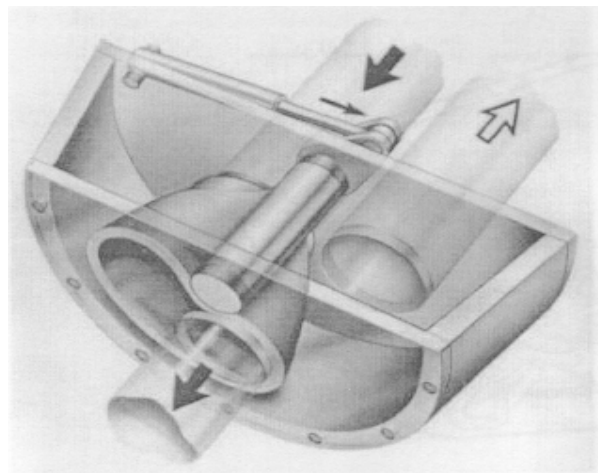
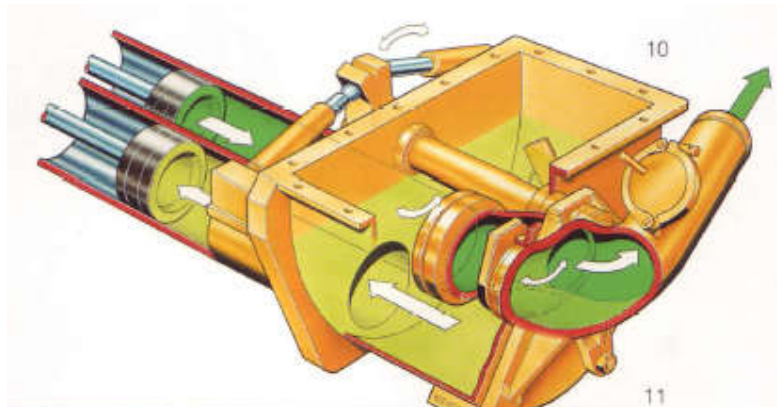


- 1 Thick-walled mixing and pressure vessel, 260l capacity
- 2 Additional cleaning opening to facilitate mixing out the vessel
- 3 Screwed-on, wear-resistant mixer tools
- 4 Strong square mixer shaft with hard-chromium shaft stud
- 5 Lid with quick-action lever and large air relief cock
- 6 Quick-action lever to be operated one-handed
- 7 Compressed air supply from compressor
- 8 Upper air supply
- 9 Inject air line (50 mm) for easy cleaning
- 10 Wear-resistant main bearing seal requiring hardly any maintenance
- 11 Wear-resistant, replaceable vessel outlet
- 12 Wear-resistant discharge pot and three-legged stand



**Hidraulične klipne pumpe** su najrasprostranjenije moderne beton pumpe. Na tržištu postoji široka lepeza proizvoda za koje proizvođači tvrde da su pogodni za bilo koju vrst primjene. Specifikacije se razlikuju od proizvođača do proizvođača, ali koncept beton pumpe je ostao isti kao i kada su prvobitno bile na mehanički pogon. Ovaj tip pumpe sastoji se, slika br. 14. od tri osnovna dijela: prijemnog koša, sistema cilindara sa klipovima i sustavom zatvarača i pogonskog dijela. Izgled pumpe može biti različit ovisno o tipu pumpe i namjeni. Kupci na tržištu imaju široku lepezu proizvoda. (4)

Slika br. 14. Hidraulična klipna pumpa



## Vrste betonskih pumpi

Betonske pumpe u ovisnosti o stupnju mobilnosti u toku rada, parametra vrlo važnog za izbor tehnološke opreme, razlikujemo:

- Mobilne pumpe – auto-pumpe, manjih su kapaciteta od stacionarnih, koriste cijevi za transport promjera 100-125 mm, opremljene su posebnim kranom za raspodjelu betona koji se sastoji od 3-5 dijelova i ima dohvat u visinu 20 -40 m, pa i više, distribucijom betona upravlja operater daljinskim kontrolama.
- Stacionarne pumpe – transportiranje se obavlja vučom, postavljene su na podvozja, mogu biti velikog kapaciteta pa ih opslužuje nekoliko automješalica, ili su locirane u neposrednoj blizini gradilišne tvornice betona, pa se svježi beton potiskuje sa mjesta proizvodnje do mjesta ugradbe

Manje stacionarne (vučene) pumpe možemo podijeliti prema načinu potiskivanja na:

- Pužne pumpe – za transport betona, žbuka, tekućih glazura
- Klipne pumpe – jednocilindrične za transport betona, mortova, žbuka

### Mobilne pumpe za beton

Pokretne pumpe prvi je razvio njemački proizvođač **Schwing** 1965.g., sastoje se od beton pumpe postavljene na podvozje vozila koje može imati dvije, tri, četiri, šest pa i osam osovina ovisno o veličini i kapacitetu. Preklopni distribucijski kran ovisno o dizajnu može imati raspon od 15 do 52 m (72 m u SAD-u, rekord) i može se sastojati od 2-5 segmenata ovisno o dosegu, slika br. 22.

Slika br. 22. Mobilna pumpa za beton





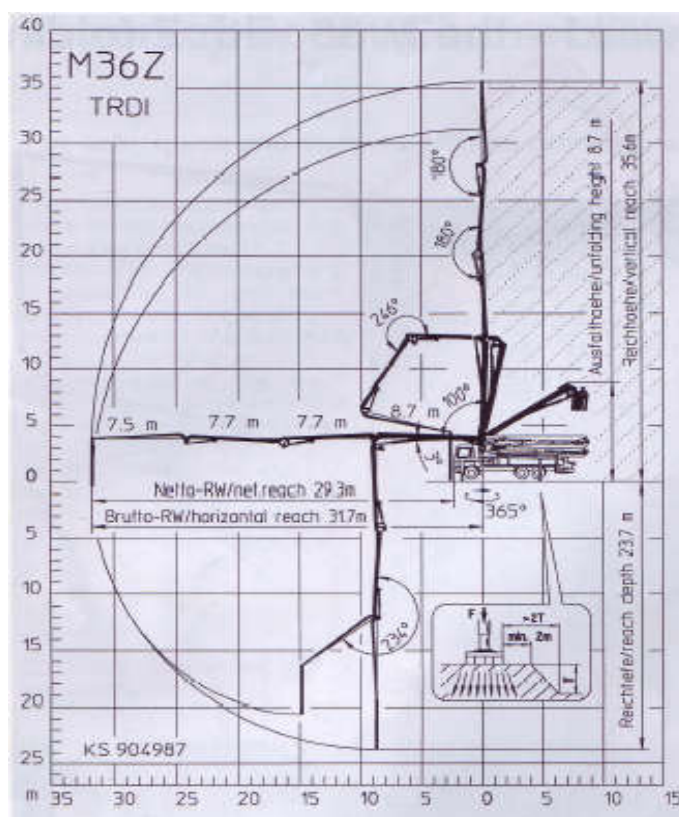
Mobilne beton pumpe su potpuno hidraulične i vrlo su svestrane posebno zbog njihove mobilnosti. Uobičajeno je da mobilna pumpa radi na nekoliko gradilišta tijekom radnog dana, ponekad čak na 5-6 različitih lokacija. Takav način rada zahtjeva prvoklasnu komunikaciju i organizaciju kontinuirane dostave betona. Većina proizvođača mobilnih beton pumpi osigurava korisnicima dijagram radnih karakteristika pumpe, koji možemo vidjeti na slici br. 23. Iz dijagrama se lako mogu očitati karakteristike i dosezi kрана mobilne pumpe, te je na taj način moguće najoptimalnije iskoristiti mobilnu pumpu na gradilištu. Vrlo važno je pomno isplanirati i pripremiti prostor za mobilnu pumpu, tako da ju je moguće što više iskoristiti uz minimalan broj premještanja unutar gradilišta radi uštede vremena.

Mobilne beton pumpe mogu se koristiti i bez kрана za ugradnju betona (djeluju kao stacionarne pumpe), ako se pojavi potreba za prekomjernim dužinama cjevovoda. Upravljanje hidrauličnim sustavom pumpe vrši se uz pomoć daljinskih kontrola, slika br. 24., električnim upravljanjem (povezanost pomoću el. kabla) ili uz pomoću radio valova. Na taj način operateru je omogućeno da zauzme najbolji mogući položaj kakao bi pratio izlazno crijevo pumpe, odnosno najpovoljniju moguću ugradnju betona. (5)

Slika br. 24. Daljinski uravljač



Slika br. 23. Dijagram karakteristika



Kod mobilnih beton pumpi s obzirom na rasklapanje kрана možemo razlikovati dva tipa pumpi. Jedan tip su starije generacije mobilnih pumpi kod kojih se kran rastvara tako da se rotira, odmata, taj tip kranova nativamo još i „R“ (Roll-fold, eng.). Kod ove vrste kranova potreban je veći manevarski prostor za rasklapanje samog kрана, te za njegovu stabilizaciju, ima veći broj različitih koljena na dostavnom cjevovodu, koljena su od 10°, 30°, 45°, 90°. Iz toga je jasno vidljivo i da su gubici pritiska veći jer svakih 10° na pregibima cjevovoda snižava betona tlak za 0,6-0,7 bar. Kod održavanja je potreban veći broj različitih koljena na cjevovodu, pa je i ono skuplje, slika br. 25.

Slika br. 25. „R“ kran



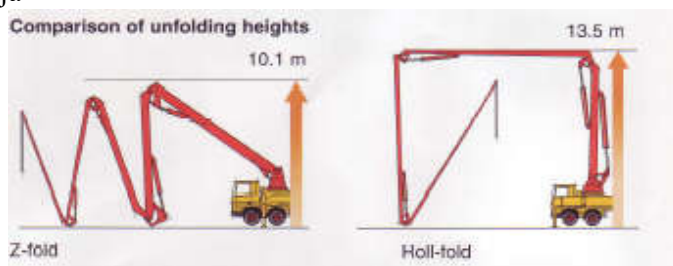
Novije generacije kranova mobilnih pumpi su tzv. „Z“ kranovi, obzirom na način otvaranja. „Z“ kranovi imaju određene prednosti nad „R“ kranovima, potreban im je manji manevarski prostor za montažu, zbog manjeg broja koljena na dostavnom cjevovodu brže počinju sa ispumpavanjem betona, zbog specifičnog načina otvaranja pogodiji su za urbane sredine, moguće je sa njima raditi i u halama, dvoranama visine preko 10 m koliko im je potrebno po vertikali da se otvore i imaju veći doseg, slika br.26. (5)

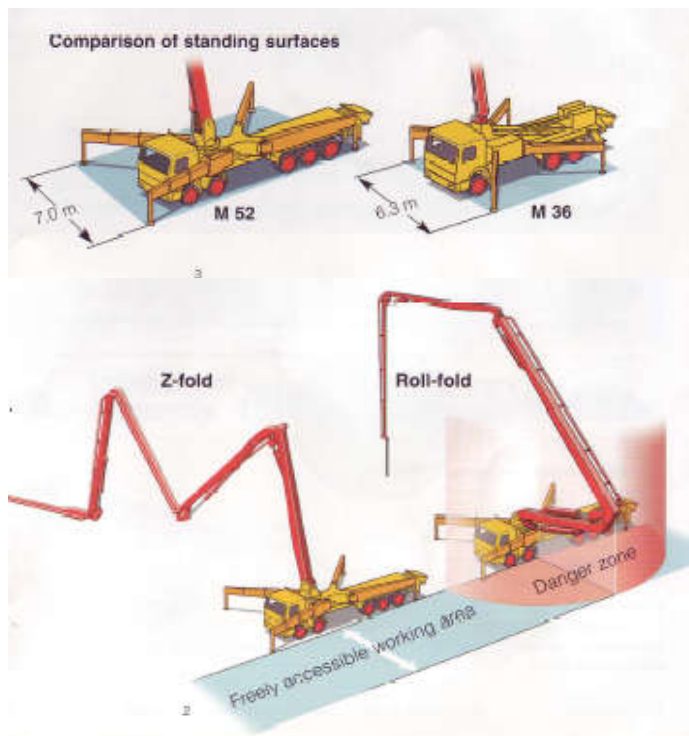
Slika br. 26. „Z“ kran



Na sljedećoj slici, nizu animacija prikazat ćemo neke od prednosti „Z“ kranova, slika br. 27.

Slika br. 27. Animacija





Slika br. 28. Rad sa „Z“ kranom



Kod mobilnih pumpi vrlo je važno spomenuti još jedan konstrukcijski tip, a to je mikser za prijevoz betona sa ugrađenom beton pumpom i kranom za ugradnju betona koji se može sastojati od tri ili četiri elementa slika br. 29. i 30. Njihova osnovna primjena je za manje betonaže, npr. obiteljske kuće, kapacitet bubnja miksera je od 6 do 9 m<sup>3</sup>, princip rada je isti kao i kod beton pumpe, uz prednost što se u bubnju prevozi određena količina betona koja se može odmah ugraditi po dolasku na gradilište, bez čekanja drugih miksra. Podvozje kamiona može bit na tri ili četiri osovine, kapaciteti pumpe su do 50 m<sup>3</sup>/h, te vertikalni doseg do 25 m. (5)

Slika br. 29 Mikser pumpa





Mikser pumpe su također opremljene sa sustavom daljinskog upravljanja, tako da operater pumpom može zauzeti najpovoljniji položaj pri distribuciji betona. Stabilizatori za postavljanje pumpe su ugrađeni u podvozje, vrlo se lako izvlače i stavljaju u funkciju. Jedna od prednosti ovog sustava je i mogućnost kretanja kamiona miksera sa otvorenim kranom, zbog velike težine podvozja sa bubnjem koje ujedno služi i kao protu - teža ispruženom kranu. Pod ovakvim kretanjem podrazumjeva se kraće pomicanje vozila radi boljeg dosega krana. (4)  
Slika br 30. Mikser pumpa u radu



## Stacionarne betonske pumpe

Stacionarne beton pumpe su kompaktne i robusne jedinice koje se proizvode u više oblika i veličina, ovisno o snazi i primjeni. Izlazni kapaciteti se kod manjih višenamjenskih jedinica kreću od 30 m<sup>3</sup>/h, pa sve do velikih stacionarnih pumpi sa kapacitetima do 135 m<sup>3</sup>/h. Ovakav tip pumpi se u praksi pojavljuje u dva oblika ovisno o vrsti podvozja, jedan oblik je kao što kaže i sam naslov poglavlja stacionarne pumpe – postavljene su na gradilištu na fiksnom mjestu, i od njih je razvučana mreža cjevovoda za dopremu betona na mjesto ugradbe, slika br. 31. Drugi oblik ovog tipa pumpe je montaža na određeni tip podvozja, uglavnom se ovdje radi o jednoosovinskoj poluprikolici, te pumpa postaje mobilna odnosno kao priključno vozilo vučena, slika br. 32. Prema zakonima u našoj zemlji ovakav tip vozila specificira se kao poluprikolica sa nadogradnjom, poluprikolica mora biti opremljena rasvjetom, registracijskom pločicom, naletnom kočnicom, te homologacijskim brojem. Prije samog registriranja ovakvog tipa priključnog vozila vrše se ispitivanja u Centru za vozila Hrvatska u V.Gorici, gdje se izdaje potvrda o tome da navedeno vozilo zadovoljava sve uvjete.

Slika br. 31. Stacionarna beton pumpa



Beton pumpe na jednoosovinskom podvozju lako se mogu vući od gradilišta do gradilišta, te također u jednome danu mogu obaviti 3-4 manje betonaže. Brzo se puštaju u pogon kada se fiksiraju na gradilištu, nema stabilizatora, te čim se pruži cjevovod može krenuti betonaža.

Slika br. 32 Vučena pumpa na poluprikolici



Velike stacionarne pumpe također mogu biti postavljene na podvozje za vrijeme selibe od gradilišta do gradilišta, dok su na samom gradilištu postavljene fiksno bez podvozja. Kod stacionarnih pumpi beton se distribuirao do mjesta ugradnje mrežom cjevovoda, to su čelične cijevi promjera 100, 125, pa i 150mm ovisno udaljenosti mjesta ugradnje. Udaljenosti koje se postižu sa ovim pumpama su fascinantne, riječ je o cca. 2000 m horizontalno i o 400 m vertikalno. Tipični građevinski projekti gdje se koristi ovakva oprema su tuneli, hidrotehnički objekti, mostovi, elektroenergetska postrojenja, spremnici za ukapljeni plin LNG terminali, odnosno gradilišta gdje se ugrađuju enormne količine betona i gdje su potrebni takvi instalirani kapaciteti, slika br. 33. (5)

Slika br. 33 Stacionarna pumpa u tunelu



Najnoviji svjetski rekord u visini pumpanja betona ostvaren je u Dubaiu, (Tower of Dubai), beton se pumpao na rekordnu visinu od 631 m, slika br. 34. Posao je uspješno odrađen sa stacionarnom pumpom proizvođača **Putzmeister**, model BSA 14000 SHP D uz pomoć kružnih razdjelnika betona MX 28-4.

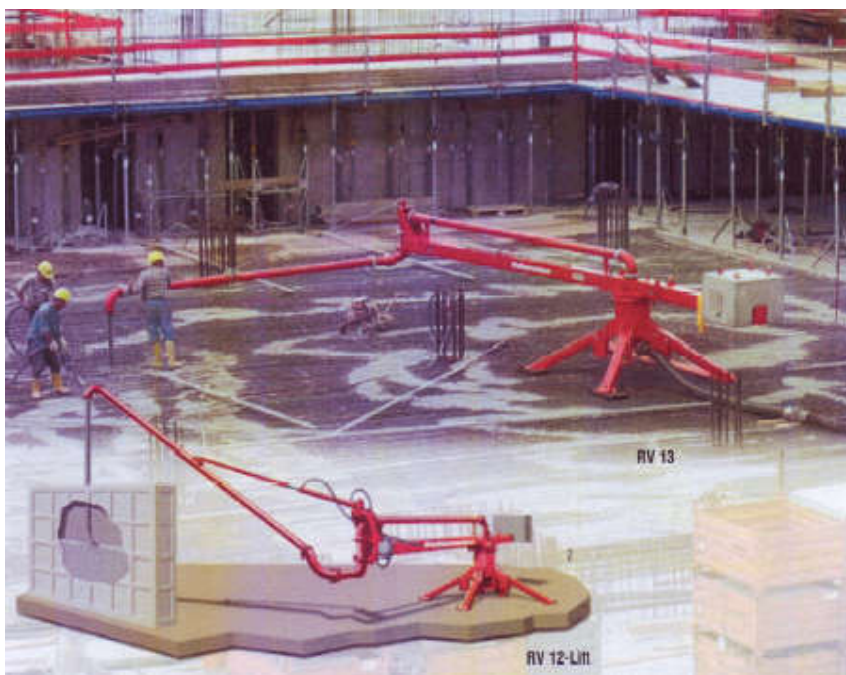
Slika br. 34 Tower of Dubai





U posebnim slučajevima npr. izgradnja velikih energetskeg postrojenja (LNG terminali), ultra visoke zgrade (Tower of Dubai), izgradnja mostova i viadukata, tj gradilišta na koja se ugrađuju ogromne količine betona, uobičajeno je da se uz stacionarne pumpe koriste i kružni razdjelnici betona (rund vertiler). Konstrukcijski u biti je to kran za dostavu betona poput onoga na mobilnoj pumpi, samo što je ovdje kran postavljen fiksno na svoju konstrukciju, te rotirajući oko svoje osi vrši ugradnju betona, slika br. 35. Ovdje je moguće postaviti pitanje zašto se koriste ovakva konstrukcijska rješenja kada već imamo mobilne pumpe sa kranom za ugradnju betona, odgovor je vrlo jednostavan zbog velikih količina betona koje je potrebno ugraditi, na velikim udaljenostima što horizontalnim, što vertikalnim, zbog nepristupačnosti terena jednostavno proizilazi da su mobilne beton pumpe neisplative i neučinkovite. (4)

Slika br. 35 Kružni razdjelnik betona (mehanički)



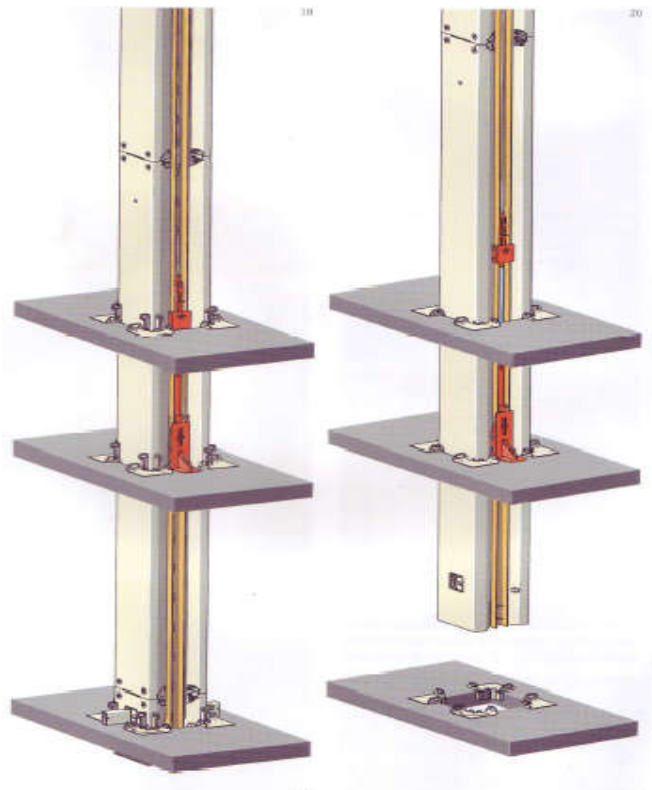
Kao što se vidi na slici kružni se sastoji od postolja, kрана sa cjevovodom, te kontra-utega za održavanje ravnoteže i priključka za spajanje na stacionarnu pumpu. Njime se upravlja ručno, vrlo jednostavno, koristi se tamo gdje ne mogu dosegnuti mobile pumpe, te gdje nije moguće sa tehničke strane distribuirati beton direktno iz crijeva stacionarne pumpe. Kružni razdjelnik se unutar gradilišta premješta pomoću kрана, težina mu se kreće od 2000-3000 kg.

Sofisticiranije rješenje za potrebe velikih gradilišta su kružni razdjelnici montirani na samopenjuće konstrukcije. To su potpuno hidraulički upravljani kranovi koji imaju svoja vlastita samopenjuća postolja, uglavnom se montiraju kroz okno dizala u sredini objekta, te rotirajući oko svoje osi dopremaju beton i do najudaljenijih mjesta. Kao što smo prije spomenuli sastoji se od tzv. samopenjućih postolja opremljenih hidrauličnim sistemom (nešto poput klizne oplata), slika br. 36. te kрана za dostavu betona na vrhu, kran je identičan kranovima za dostavu betona na mobilnim pumpama, slika br. 37. Proizvođač ove opreme je njemačka tvrtka Putzmeister. Na sljedećem nizu fotografijama možemo vidjeti detalje i konstrukcijska rješenja sa gradilišta Opera Tower, u Frankfurtu. Mreža metalnih cjevovoda, slika br. 38. od stacionarne pumpe prati kratanje samopenjuće konstrukcije kružnog razdjelnika, te se cjevovodi naknadno produžuju kat za katom, cijevi su promjera 100 mm, 125 mm, 150 mm, te su izrađene od legure mangana da bi bolje izdržele trošenje habanjem. Uz cjevovod se postavljaju i razdjelni ventili, slika br. 39., ako je potrebno beton ugraditi i preusmjeriti na neko drugo mjesto. (4)

Slika br. 36 Kran za dostavu betona



Slika br. 37 Samopenjuće postolje





Slika br. 38 Detalj dostavnog cjevovoda



Slika br. 39 Razdjelni ventil



U ovom poglavlju o stacionarnim pumpama vrlo je bitno obraditi još jedan vrlo važan segment u primjeni stacionarnih beton pumpi, a to je pumpanje betona u tunelima. Oprema koja se pri tome koristi naziva se još tunelska beton pumpa. Pod tim nativom mnogi proizvođači proizvode različite pakete opreme koja se sastoji od beton pumpi, transportnih traka, opreme za mješanje betona, ugradbenih kranova, cjevovoda. Ti sustavi su se razvijali i dokazivali godinama, pogotovo što se radi u vrlo opasnom i nepredvivivom okruženju. Pumpe za beton koje se snabdjevaju betonom pomoću trakasti transporterima imaju očinak od oko 60 m<sup>3</sup>/h, obično su postavljene na podvozje koje se kreće po tračnicama. Postoje također i mobilne tunelske pumpe postavljene na podvozje, kao samohodne s vlastitim pogonom ili vučene, njihov kapacitet se također kreće negdje oko 60 m<sup>3</sup>/h. (5)

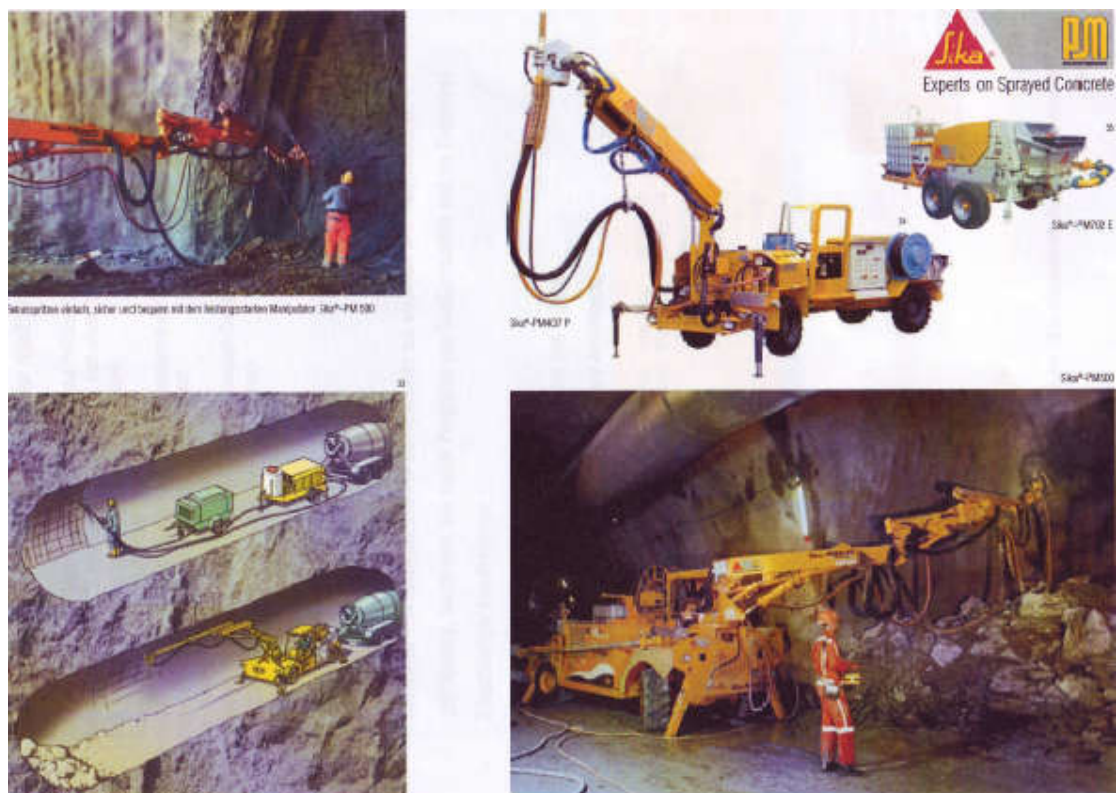
Mnoge standardne stacionarne pumpe mogu se prilagoditi za rad u tunelima. Njemački proizvođač pumpi tvrtka Putzmeister prilagodila je standardnu stacionarnu pumpu model BSA 2100 za rad u tunelima, slika br. 40, pumpa je radila u kombimnaciji sa oplatnim razdjelnikom betona (schalungsverteiler)TSV 3-6, te je postignut rekord u horizontalnom pumpanju betona koji iznosi 2015 m, projekt je odrađen 1997.g. (4)

Slika br 40. BSA 2100 sa oplatnim razdjelnikom betona



Sjedeća kombinacija opreme koja se može koristiti pri izgradnji tunela odnosno pri obradi stijenki tunela je opet stacionarna pumpa u kompletu sa građevinskim kompresorom i sustavom mlaznica za špricanje betona, ili samohodna pumpa na podvozju sa ugrađenim kranom za špricanje betona. Iz navedenog se može zaključiti da je riječ o torkretiranju, slika br. 41. odnosno o mlaznom nanošenju betona. Ovaj tip opreme se koristi kod kraćih, sekundarnih, instalacijakih tunela, kod kojih je stijenska masa zdrava i stabilna, te samonosiva. Beton, posebna mješavina za tu namjenu se doprema mikserima te se pomoću lijevaka dostavlja da prijemnog koša pumpe, koja pumpa materijal kroz crijeva te se kroz poseban pištolj nanosi uz pomoć komprimiranog zraka, odnosno raspršuje se i na taj način nanosi na stijnu. Na istom principu radi i samohodna pumpa sa kranom za ugradnju (tzv. robot). (5)

Slika br. 41 Obrada stijenke tunela mlaznim betonom



Za rad u tunelima postoje i posebne za tu namjenu razvijene mobilne pumpe na kamionskom podvozju, njemačkog proizvođača Putzmeister, riječ je o dvovsovinskom podvozju, sa kranom za dostavu betona tipa „Z“, radi se o kranu od pet segmenata, dužine 24 m, slika br. 42. Posebnost ove izvedbe je ta da pumpa po potrebi može biti na električni pogon (opasnost od ispušnih plinova), kapacitet ove pumpe je 100 m<sup>3</sup>/h. (4)

Slika br. 42 Mobilna pumpa M 24-4 za rad u tunelima



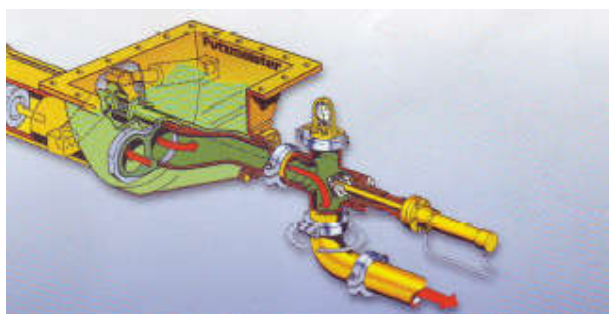
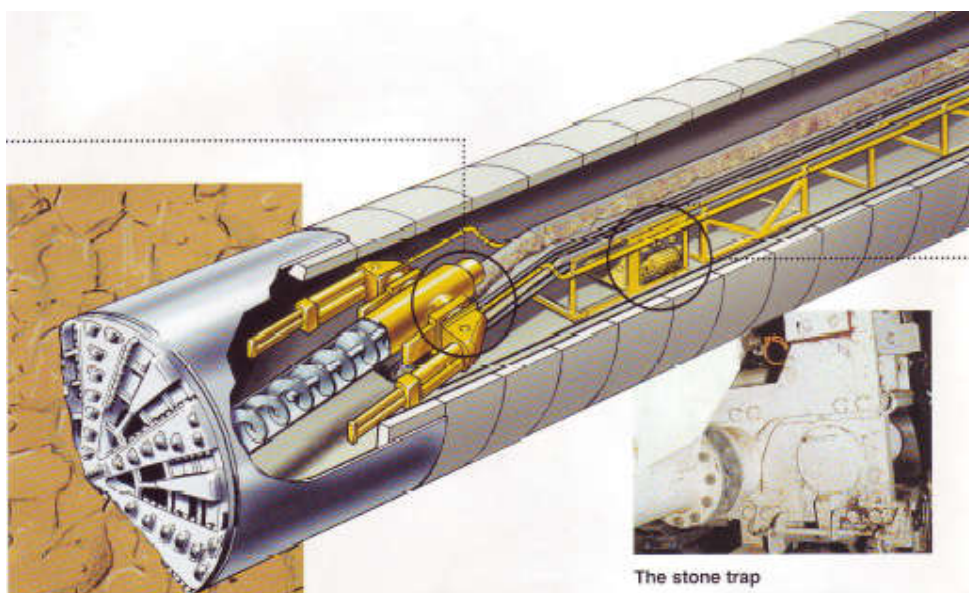
Najsofisticiranija tehnologija koja se danas koristi pri izgradnji tunela su tzv. bušaće garniture, krtice, rotirajuća glava buši puni profil tunela i pri tome iskapa velike količine materijala koji se transportiraju trakama ako je riječ o drobljenom materijalu. Ako se radi sa materijalima



poput nepropusne gline, aluvijalnih nanosa pijeska pomiješanih sa glinom tada se koriste iste ove stacionarne pumpe samo u modificiranom obliku prilagođenom za posebne uvjete rada i transport materijala. Prednosti ovog sustava su sljedeće: buši se manji proil tunela zbog kompaktnosti opreme, čist i siguran transport gline kroz cjevovod na velike udaljenosti, veliki učinci, jednostavna logistika, sigurnost, kontinuiran rad bez obzira na pritiske. Ako je bušača garnitura opremljena sa dvije pumpe, učinak je cca 500 m<sup>3</sup>/h, što omogućava bušenje profila promjera do 14 m. Ovdje razlikujemo dvije metode rada: (5)

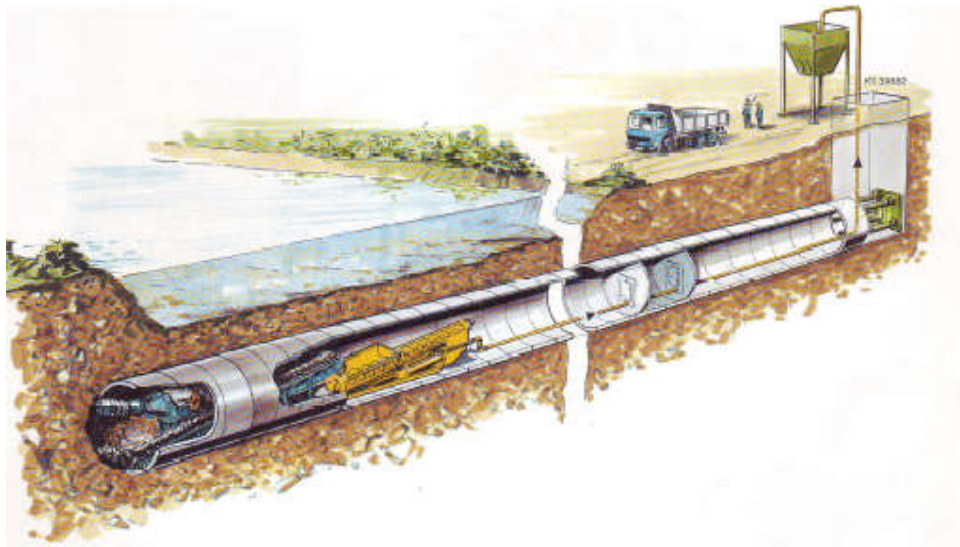
- zatvoreni sustav sa ispumpavanjem materijala i izradom bentonitne oplake, na ovaj način je izgrađen Eurotunnel između Francuske i V. Britanije, ispumpano je 8 milijuna m<sup>3</sup> materijala, uz visinsku razliku od 200 m, slika br. 43.
- otvoreni sustav sa ispumpavanjem materijala, koristi se kod miješanih materijala poput neprpusne gline i pijeska, šljunka iz aluvijalnih nanaosa, oplaka se radi hidrauličnim načinom, potiskivanjem cijevi, slika br. 44.

Slika br. 43. Zatvorani sustav



ZX delivery lines are eminently suitable for conveying muck over long distances.

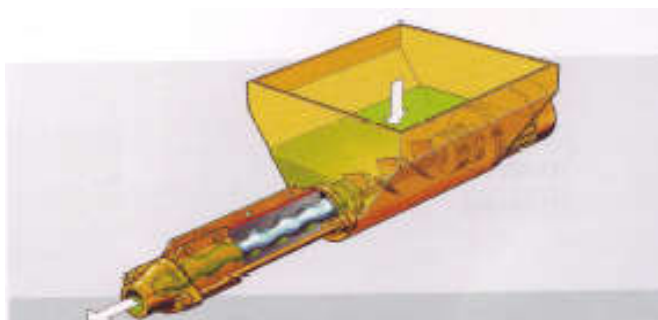
Slika br. 44 Otvoreni sustav



## Pužne pumpe

Pužne pumpe se u pravilu koriste za transport mortova, žbuka, tekućih glazura, odnosno za transport, špricanje i izljevanje istih. To su vrlo jednostavni i efikasni strojevi koje je lako održavati i čistiti. Ovi strojevi su pogodni za mješanje materijala na gradilištu, moguće je ubacivati materijal u rasutom stanju u koš te ga mješati, moguće je ubacivati uvrećani materijal, također je moguće ubacivati materijal iz silosa, te kao posljednja opcija je snabdijevanje stroja tekućom samonivelirajućom glazurom iz miksera. Svega je nekoliko dijelova koji su podložni trošenju i habanju (rotor i stator), te su stoga troškovi održavanja niski, pod uvjetom da pumpa radi na niskim, normalnim radnim pritiscima od 10 do 15 bar. Izlazni kapaciteti ovakvih pumpi kreću se od 3-10 m<sup>3</sup>/h. Na slici br. 45 prikazan je presjek tipične pužne pumpe. (4)

Slika br. 45 Presjek pužne pumpe



Većina pužnih pumpi ovog tipa ima dodatni mikser za mješanje materijala ( npr. uvrećanog), te posebni prijemni koš u koji se ubacuje izmješani materijal. Po tome se može zaključiti da pumpa ima kontinuirani rad, te vrlo visoke kapacitete pumpanja. Dok se materijal iz prijemnog koša ispumpava kroz pužnicu u cjevovod, u košu za mješanje, mješa se sljedeća količina materijala, to je najbolje vidljivo na slici br. 46.

Slika br. 46 Prijemni koš i bubanj za mješanje materijala



Ovakav tip pužne pumpe može koristiti električni ili dizel motor za pogon. Što se tiče izvedbe postolja pužne pumpe mogu diti stacionarne, na fiksnom postolju, ili mogu biti postavljene na jednoosovinsko podvozje kao poluprikolica. Prednosti pužnih pumpi su da materijal kroz cjevovod teče smireno, bez valova kao kod klipnih pumpi, što je vrlo bitno kod nanošenja lakih perlitnih žbuka, te špricanog betona granulacije 0-6 mm. Pužna pumpa njemačkog proizvođača **Putzmeister** model SP 11, slika br. 47 ima prilagodljiv stator, te proizvođač tvrdi da se tim elementom habanje ostalih dijelova stroja svodi na minimum. Na slici br. 48 možemo vidjeti osnovne dijelove pumpe SP 11. Ovaj model opremljen je sa bubnjem miksera kapaciteta 170 lit, prijemnim košem za mort kapaciteta 200 lit, kod takve konfiguracije stroja izlazni kapacitet je negdje oko 3-5 m<sup>3</sup>/h, što je dovoljno za manja i srednja gradilišta. Kapacitet horizontalnog



transporta je do 120 m, dok je vertikalno moguće transportirati materijal do 60 m. Maksimalna veličina zrna agregata koju je moguće koristiti iznosi 6 mm. (4)

Slika br. 47 SP 11



Slika br. 48 Osnovni dijelovi SP 11



Putzmeister također proizvodi još jednu verziju ovakve pužne pumpe, koja ima kapacitet do 18 m<sup>3</sup>/h. To je model SP 20, slika br. 49., konstrukcijski identična SP 11, razlika je u tome što je ovaj model opremljen snažnom hidrauličnom pužnom pumpom. Maksimalna veličina zrna agregata koji se može koristiti iznosi 12 mm, ova visoko učinkovita pumpa koristi se za pumpanje tekućih glazura, zbog velikog kapaciteta najbolje ju je snabdijevati materijalom iz miksera. Materijal se transportira kroz gumena crijeva promjera 25 mm, 35 mm, 50 mm. (5)

Slika br. 49 SP 20



## Klipne pumpe za betone, mortove, žbuke

Postoji nekoliko različitih tipova pumpi za žbuke i mortove na tržištu jedan od važnijih principa transporta žbuka i mortova je uz pomoć klipnih pumpi koje mogu biti jednocilindrične i dvocilindrične. Velike klipne pumpe imaju takve mogućnosti da mogu pumpati žbuke i mortove do 100 m u vis, te do 300 m u horizontalnom smjeru. Granica za jednocilindrične pumpe je do 30 m u vis. Materijal za ugradnju može se dopremiti kao gotov pripremljen u proizvodnim pogonima (doprema mikserima), ili se može miješati na gradilištu u bubnju za miješanje (uvrećani materijal ili materijal u rasutom stanju). Većina klipnih pumpi ovog tipa ima ugrađen kompresor za zrak na sebi, za raspršivanje žbuka, rad sa špricanim betonima (torkret beton). Na slici br. 50. možemo vidjeti klipnu pumpu njemačkog proizvođača Putzmeister, model P 13. (5)

Slika br. 50. Klipna pumpa P 13



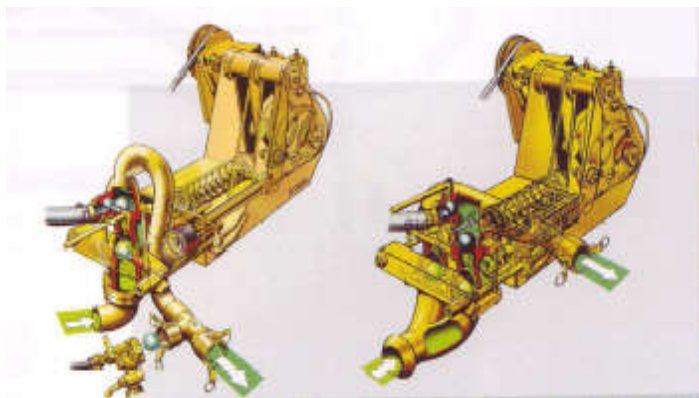
Na slici br. 51 možemo vidjeti osnovne dijelove pumpe, pogonski dizelski motor, bubanj za mješanje, te izlaz iz pumpe. Ovaj tip klipne pumpe također dolazi na jednoosovinskom podvozju poput poluprikolice.

Slika br. 51 Osnovni dijelovi



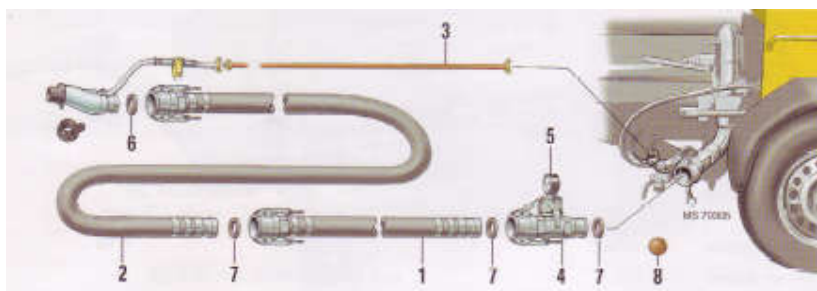


Slika br. 52 Prikazuje nam princip rada klipne pumpe P 13.



Materijal se pumpa kroz lagani gumeni cjevovod do pištolja za špricanje gdje se materijal mješa sa komprimiranim zrakom i kroz mleznicu nanaosi na zid. Crijevo za komprimirani zrak do pištolja za raspršivanje vodi se paralelno sa crijevom za transport materijala, to je zorno prikazano na slici br 53.

Slika br. 53. gumeni cjevovod



Posebna pažnja mora se posvetiti izboru pravilne pumpe za određeni tip morta ili žbuke ili betona koje želimo nanaosi, ovdje je potrebno dobro se posavjetovati sa proizvođačem opreme. Strojno raspršivanje odnosno nanošenje žbuke vrlo je praktično i brzo. Tipična dvocilindrična pumpa ima kapacitet od 3-5 m<sup>3</sup>/h, radni pritisak je 40 bar, maksimalno zrno agregata koje se može koristiti je 8 mm. Pumpa P 13 se često koristi i za mlazno betoniranje (torkretiranje), zbog tog što ima ugrađen kompresor na sebi koji služi za raspršivanje materijala na mlaznici. Pumpa može biti opremljena električnim i dizelskim pogonskim motorom. Na slici br. 54. vidim mlaznicu za raspršivanje betona sa strojem P 13. (4)

Slika br. 54. Mlaznica za beton P 13



## Pribor za pumpanje betona

Kod pumpanja betona vrlo je važno naglasiti važnost cjevovoda i spojnice za pumpanje betona. Vrlo mala je korist od pumpe za beton koja je u odličnom stanju sa kojom je moguće raditi i sa najtežim materijalima i velikim pritiscima ako je cjevovod za beton neadekvatan i ne može podnijeti tolika opterećenja. Cjevovod i spojnice moraju biti napravljeni od zvučno izolirajućih materijala, te moraju biti pravilno položeni.

Neadekvatan cjevovod je onaj koji je u lošem stanju zbog istrošenosti habanjem, što rezultira nedovoljnom debljinom stijenke cijevi za određeni radni pritisak propisan od strane proizvođača. Također takvi neadekvatni cjevovodi mogu često uzrokovati zastoje (nakupljanje zrna agregata) zbog gubitka cementne paste na spojnica cjevovoda.

Proces samog pumpanja betona – gibanje vrlo abrazivnog materijala pod velikim pritiskom kroz cjevovod, neminovno dovodi do velikog trošenja materijala habanjem, također na proces habanja utječe i samo manipuliranje cjevovodom, učestalo otvaranje i zatvaranje spojnice itd. Još je važno ovdje napomenuti i postupak čišćenja unutrašnjosti cijevi, čišćenje sa posebnim lopticama i čepovima treba provoditi odmah po dovršetku betonaže, inače će doći do stvrdnjavanja betona na stijenka cijevi, što dovodi do mogućih zastoja i smanjenja presjeka cjevovoda.

Proces habanja cjevovoda protokom abrazivnog materijala nije ujednačen cijelom dužinom cjevovoda, logično je zaključiti da je najveći na samom izlazu iz pumpe za beton, te da pada sa dužinom cjevovoda. Poučeni iskustvom stečenim na gradilištu potrebno je redovito kontrolirati proces trošenja stijenke cjevovoda (mjerjenje istrošenosti ultrazvučnim uređajem proizvođača Putzmeister- DigitalUltrasonicWall Thickness Gauge, objašnjenje slijedi u nastavku). Iz podataka o istrošenosti pojedinih cijevi, prvenstveno onih korištenih blizu izlaza iz pumpe, radi se selekcija cijevi, odnosno cijevi sa većom istrošenošću stijenke postavljaju se na kraj cjevovoda, gdje su manji pritisci, dok cijevi se debljom stijenkom dolaze na početak cjevovoda kod izlaza iz pumpe. Na taj način postižu se znatne uštede pri održavanju cjevovoda, a i sam nivo sigurnosti cjevovoda je visok.

Uz sve navedeno vrlo je važno napomenuti i da pravilan izbor cjevovoda u ovisnosti o kompleksnosti posla igra važnu ulogu. Prije samog početka izvođenja radova bilo bi dobro posavjetovati se sa proizvođačem opreme o izboru iste za dani projekt. Nije isti tip opreme pogodan za duge horizontalne cjevovode nasuprot dugim vertikalnim cjevovodima, bitnu ulogu ovdje imaju promjeri cjevovoda i debljine stijenki, no to ćemo naknadno objasniti.

Iz navedenog se može zaključiti da cjevovodi i spojnice podnose najveća opterećenja, izloženi su učestalom trošenju, te im se stoga mora pružiti posebna pažnja pri održavanju kakao bi proces pumpanja betona tekao nesmetano i sigurno. (4)

### Cjevovodi

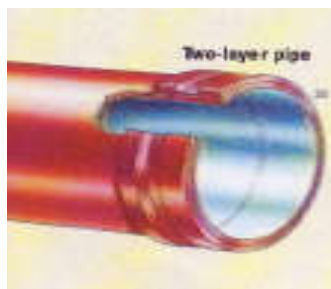
Cjevovode za transport betona možemo podijeliti u dvije skupine u ovisnosti o materijalu od kojeg su načinjene cijevi. Cijevi mogu biti:

- metalne
- gumene

### Metalne cijevi

Habanje znači trošak. Najjeftiniji cjevovod od metalnih cijevi nije uvijek i najpovoljniji ako se uzme u obzir trošak po količini ispumpanog betona. Njemački proizvođač opreme Putzmeister kroz dugi niz godina razvoja proizveo je dvoslojne metalne cijevi koje se mogu nositi i sa nježim materijalima za pumpanje, a također i sa enormnim količinama istog materijala, slika br. 56. Dvoslojne cijevi sastoje se unutrašnje cijevi koja je izrađena od specijalne legure sa dodatkom mangana kako bi se postigla velika tvrdoća i otpornost na habanje, čvrstoća ove legure iznosi 780 po Vickers-u, odnosno 63 HRC Rockwell. Vanjski plašt cijevi izrađen je od znatno mekše legure koja ima zadatak preuzimanja visokih pritisaka iz unutrašnjosti cjevovoda, ujedno apsorpira širenje zvuka, te dobro apsorpira deformacije od vanjskih utjecaja. (5)

Slika br. 56. Dvoslojna metalna cijev



Da bi se kompletirao sistem opreme proizvođač od istoga materijala izrađuje i ostale dijelove cjevovoda, kao što su redukcije ( npr. sa 125mm na 100mm isl.), koljena na cjevovodima, skretnice i slično, na slici br. 57. vidimo i ostale elementa istog proizvođača.

Slika br. 57. Pribor



Metalne cijevi koje smo maloprije spomenuli koriste se uglavnom na mobilnim beton pumpama ( na dostavnim kranovima ) kao instalacija, a također se iste koriste i kao cjevovodi koji se postavljaju na većim gradilištima ( energetski objekti, tuneli, mostovi, visoke zgrade) gdje se transportiraju velike količine betona stacionarnim pumpama. Od istog proizvođača opreme nam dolazi i iduća generacija dvoslojnih cijevi pod nazivom Putzmeister PRO-LINE. Navedena proizvodna grupa posebno je razvijena na osnovi dugog iskustva i primjene u praksi, grupa proizvoda podrazumjeva elemente cjevovoda koji su izloženi habanju od abrazivnog materijala više od ostalih. Možemo reći da se to odnosi na elemente cjevovoda npr. kod mobilne pumpe, vidi sliku br. 58. koji se nalaze direktno na izlazu iz pumpe 1 (redukcija-najveći pritisak), 2 koljeno do 90° (kod mobilnih pumpi ulaz u dostavni kran), 3 „S“ koljeno na vrhu kрана, 4 ravni dio dostavnog cjevovoda (utjecaj gravitacije, ubrzanje materijala), 5 koljeno 90° spoj na gumeno dostavno crijevo.

Slika br. 58. PRO-LINE cjevovod



Korištenjem elemenata iz programa PRO-LINE, iskustveno je dokazano da imaju 50 % duži vijek trajanja od standardnih dvoslojnih cijevi. Navedeni program proizvoda dakako se koristi i kod instalacije cjevovoda na velikim gradilištima ( koljena, redukcije, skretnice), slika br. 59. također se koristi i na stacionarnim pompama. Metalne cijevi se izrađuju u standardnim promjerima od 50, 65,100, 120, 125, 150 mm; iako se najviše koriste one od 125 mm. (5)

Slika br. 59. Pribor



### 3.5.2. Kriteriji za odabir cjevovoda

Uobičajeno je da proizvođač pumpe specificira materijale cijevi, promjer, te debljinu stijenke cijevi koja će se koristiti sa njihovom opremom.

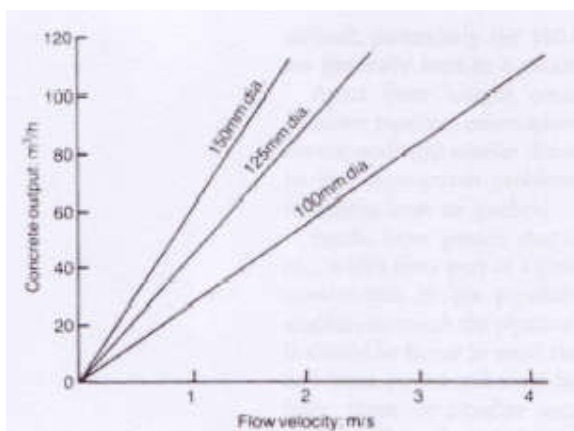
Slika br. 60. Dijagram za izbor debljine stijenke cjevovoda

Habanje stijenke cijevi je stalan izvor problema i troškova za vlasnika pumpe, te je vrlo važan nadzor trošenja kako ne bi došlo do nepotrebnih prekida u radu i oštećenja cjevovoda. Mjerenje debljine stijenke cjevovoda prije se vršilo bušenjem iste i kontrolom debljine, danas su te metode sofisticiranije, te se mjerenje vrši ultrazvučnim uređajem. Ovdje je prikazan uređaj za ultrazvučno mjerenje debljine stijenke cijevi njemačkog proizvođača Putzmeister, pomoću kojega se na vrlo jednostavan i brz način dolazi do traženih podataka o istrošenosti pojedinih dijelova. Uređaj se može koristiti za čelik, te ostale materijale poput aluminija, lijevanog željeza itd. Uređajem se može mjeriti istrošenost cijevi, redukcija, koljena, zatim debljina stijenke prijemnog koša, debljina stijenke njišuće cijevi ( S ili C zatvarač). Uređaj ima mjerno područje od minimalno 1 mm do maksimalno 155 mm. Habanje se češće pojavljuje na lučnim dijelovima cjevovoda (koljena), redukcijama, skretnicama; iz razloga što su ondje pritisci najveći, a ujedno su ondje i češći zastoji materijala zbog nekoherentnosti mješavine. Na tkvim mjestima javlja se velika potreba za brzim spojnicama cjevovoda kako bi se zastoji što prije otklonili, spojnice se spominju u sljedećem poglavlju. (4)

Slika br. 61. Putzmeister-ov uređaj za ultrazvučno mjerenje debljine stijenke cijevi

Promjer cjevovoda – bitno je napomenuti da se za dani promjer cjevovoda brzina protoka materijala proporcionalno povećava sa kapacitetom, dok je pritisak pumpanja ovisan o brzini protoka materijala, navedeno se najbolje može pogledati na dijagramu prikazanom na slici br. 62.

Slika br. 62 Brzina protoka i promjer cjevovoda



Pravilan promjer i debljina stijenke cijevi – vrlo je bitno za odabranu beton pumpu odrediti pravilan promjer cjevovoda i debljinu stijenke cijevi. Danas se u većini slučajeva beton pumpa kroz cjevovode promjera 125 mm, osim ako preporukom proizvođača za dani projekt nije određen veći ili manji promjer cjevovoda. Različitosti u promjeru se pojavljuju kod npr. dugačkih horizontalnih cjevovoda, kod takvih načina transporta potrebni su puno veći pritisci pa je logično zaključiti da će se odabrati veći promjer cjevovoda za takve slučajeve jer je manji otpor protoka materijala, dok racimo transport betona na velike vertikalne visine zahtjeva što je moguće uže cjevovode zbog utjecaja same težine betona i gravitacije. Određene prednosti se pojavljuju kod uskih cjevovoda, a to je manji promjer dostavnog fleksibilnog crijeva čime je olakšana manipulacija njime, manji su problemi sa segregacijom materijala u cjevovodu, nema gubitka cementne paste. (4)

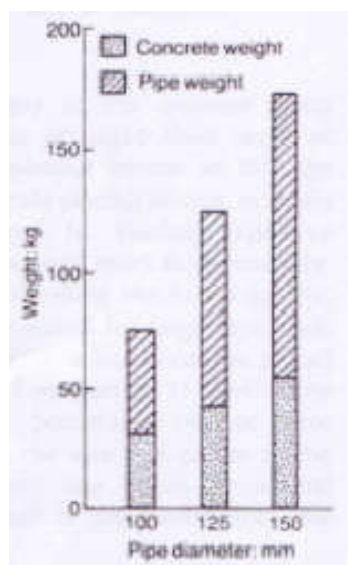
Kod spomena manipulacije cijevima vrlo je važno spomenuti odnos dužine cijevi, promjera i njene težine, što je veći promjer to je cijev teža, a težina se ujedno povećava sa dužinom. Proizvođači opreme standardizirali su dužine cijevi i njihove promjere, kod Putzmeister su sljedeće:

- promjer cijev 100 mm, debljina stijenke 4 mm, dužina cijevi 5 m
- promjer cijevi 125 mm, debljina stijenke 4mm, dužina cijevi 4 m
- promjer cijevi 150 mm, debljina stijenke 4 mm, dužina cijevi 3 m



Na sljedećem dijagramu prikazanom na slic br. 63. možemo vidjeti odnose težine navedenih cijevi, vlastite težine cijevi, te cijevi pune betona.

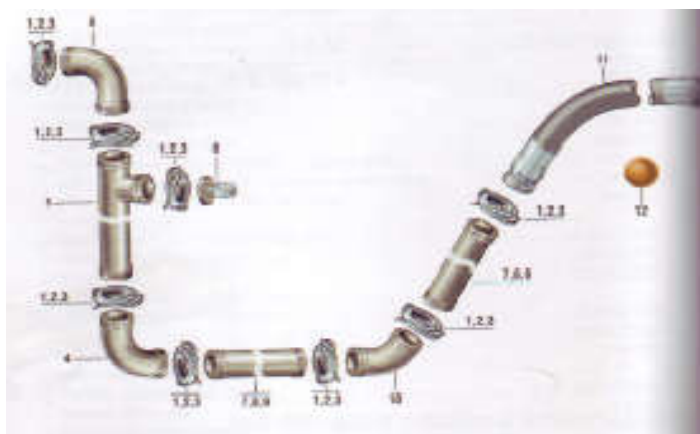
Slika br.63. Dijagram težina punih i praznih cijevi za dani promjer



Iz slike se vidi zbog čega je su cijevi promjera 150 mm, dužine 3 m, jer takva cijev puna betona teži negdje oko 175 kg, te je njome vrlo teško manipulirati.

Na sljedećoj slici BR. 64. prikazan je primjer cjevovoda promjera 100 mm sa svim svojim sastavnim dijelovima, maksimalan veličina zrna za transport ovim cjevovodom iznosi 16 mm. (4)

Slika br. 64. Cjevovod 100mm



- 1 brza spojnica
- 2 brtva
- 3 osigurač spojnice
- 4 koljeno 90°
- 5 T cijev
- 6 manometar
- 7 8 9 metalna cijev 100 mm
- 10 koljeno 45 °
- 11 dostavno fleksibilno crijevo 100 mm
- 12 loptica za čišćenje 100 mm

Gumena (fleksibilna) crijeva

Obično se na kraju metalnog transportnog cjevovoda nalazi gumeno fleksibilno crijevo za ugradbu betona. Ono se može nalaziti na kraju dostavnog kрана mobilne beton pumpe, također ga pronalazimo na kraju kružnog razdjelnika betona, a također se pojavljuje i samostalno kod rada sa stacionarnim pumpama gdje djelatnik direktno manipulira gumenim crijevom i ugrađuje beton, te kod špricanih betona (torkret beton). Fleksibilna crijeva su izrađena od gume armirane u nekoliko slojeva, tako da su u mogućnosti podnijeti vrlo velike pritiske, riječ je o pritiscima do 100 bar. Ponekad se gumena crijeva koriste kao spojnice između dva kruta metalna cjevovoda, što nije preporučljivo iz razloga što je trenje unutar metalnih cijevi nekoliko puta manje nego kod gumenih cijevi, pa na takvim mjestima često može doći do zastoja zbog nakupljanja zrna agregata, također gumene cijevi nije dobro primjenjivati uz skretnice i razdjelnike cjevovoda. Otpor trenja stijenke gumene cijevi tri puta je veći nego kod metalnih cijevi, te se za podmazivanje gumenog cjevovoda prije početka rada koristi više cementne paste nego za metalne cjevovode. (4)

Fleksibilna crijeva ne bi trebala biti izložena pritiscima većima od onih koje je propisao proizvođač kako ne bi došlo do segregacije materijala u cjevovodu, te mogućeg prsnuća cjevovoda. U današnje vrijeme razvojem tehnologije, pa tako i razvojem gume kao materijala za izradu fleksibilnih cijevi, one se sve više koriste za transportne cjevovode kao što je vidljivo na sljedećoj slici br. 65.

Slika br. 65. Gumeni transportni cjevovod promjer 65 mm



Rad sa ovakvim crijevima je puno lakši, brža je montaža, princip spojnice je isti kao i kod metalnih cijevi (brze spojnice sa ručkom), dužine crijeva za dane promjere su sljedeća:

- Promjer 65 mm, dužina crijeva 5 m
- Promjer 100 mm, dužina crijeva 3 m

Težine punih i praznih crijeva su nešto manje nego kod metalnih crijeva, no važe ista pravila za izbor odgovarajuće primjene. Transport betona gumenim crijevima koristi se kod gradilišta sa posebnim zahtjevima npr. to su gradilišta sa manjim količinama betona koji je potrebno relativno brzo ispumpati ali su na nedostupnim mjestima te je neisplativo montirati metalni cjevovod. Osnovni zahtjev je da zrno agregata ne bi trebalo biti veće od onog propisanog od strane

proizvođača za dani tip cjevovoda. Možemo navesti primjer iz prakse pri rekonstrukciji dvorca u Ozlju bilo je potrebno ispumpavati količine betona od 9- 25 m<sup>3</sup> za konstrukciju zidova i stropnih ploča. Transportna udaljenost iznosila je 160 m uz visinsku razliku od 35 m, stroj koji je korišten bila je stacionarna pumpa BSA 715 TD, proizvođača Putzmeister sa kapacitetom od 20 m<sup>3</sup>/h, te gumeni cjevovod promjera 65 mm, sa maksimalnim mogućim zrnom 16 mm. Ugradnja je tekla nesmetano i bez ikakvih problema. (5)

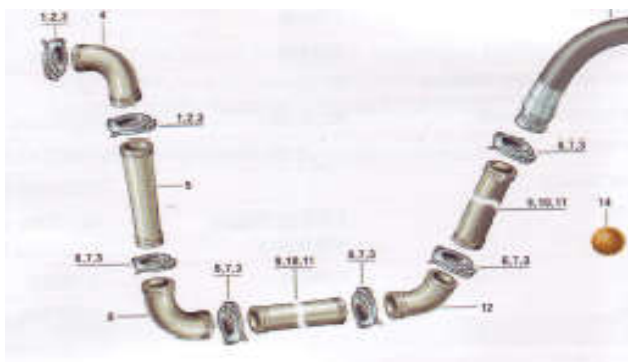
Slika br. 66. Ugradnja betona gumenim cjevovodom promjer 65 mm



Slika br. 67. BSA 715 TD u radu



Slika br. 68. Gumeni cjevovod promjera 65 mm shema



### 3.5.3. Spojnice cjevovoda



Spojnice cjevovoda su standardno izrađene lijevanjem visokokvalitetnog željeza, te su postupkom galvanizacije zaštićene cinčanim slojem, te su vrlo otporne na habanje i udarce. Spojnice bi trebale biti kompatibilne sa odgovarajućim završecima cjevovoda (metalnim, gumenim), nizom godina razvoja spojnice su poprimile standardne dimenzije prihvata cjevovoda 17 x 5 mm, te visina prihvata 6 mm.

Spojnice su izrađene tako da su zvučno izolirajuće sa odgovarajućom gumenom brtvom koja osigurava spoj od gubitka cementne paste, ta svaka spojnica tip sa ručicom još ima i osigurač spoja. Prema načinu zatvaranja možemo razlikovati:

- brze spojnice sa ručicom i osiguračem
- spojnice sa vijkom

Brza spojnica sa ručicom se danas najviše koristi, praktična je sigurna, osigurava kvalitetno brtvljenje spoja i brzu manipulaciju sa cjevovodom ako dođe do mogućih zastoja. Uz brzu spojnicu ide i pripadajući osigurač koji osigurava ručicu od otvaranja. Ovaj tip spojnice koristi se i kod metalnih i kod gumenih cjevovoda.

Spojnica sa vijkom koristim se uglavnom još kod instalacije cjevovoda na dostavnom kranu mobilnih pumpi, odnosno na mjestima gdje se cjevovod ne otvara često. (5)

Na sljedećoj slici br. 69. prikazani su tipovi spojnice.  
Slika br. 69. Brze i vijčne spojnice



Slika br. 70. Spojnice

