

BETONSKI RADOVI

PROCES PROIZVODNJE BETONA



Proces proizvodnje betona

- **Karakteristike pojedinih faza procesa proizvodnje betona** koje imaju bitan uticaj na svojstva betona:
 - adekvatno skladištenje materijala i preciznost doziranja
 - mešanje – trajanje i način mešanja sastojaka (fabrike betona sa mešalicama sa slobodnim padom, sa prinudnim mešanjem)
 - transport – trajanje i vrsta transportnog sredstva (auto-mešalica, pumpa za beton, kran, transportna traka, ostala sredstva)
 - ugradnja – trajanje i vrsta sredstva za ugradnju (za pervibriranje, površinsko vibriranje, torkretiranje, vakumiranje, ugrađivanje vibrovaljcima)
 - obrada – vrsta obrade (obrada spojnica, završna obrada površina)
 - negovanje – vlažnost, temperatura i trajanje nege, sa posebnim osvrtom na klimatske uslove u vreme izvođenja radova (letnji uslovi, zimski uslovi).

Proces proizvodnje betona

- **Ključne aktivnosti tehnološkog procesa proizvodnje** za postizanje dobrog kvaliteta betona:
 - izbor odgovarajuće količine i kvaliteta komponenti sastava beton
 - postizanje visoke homogenosti materijala
 - dobra obradljivost
 - potpuna pomešanost sastojaka
 - primeren način transporta i izlivanja
 - odgovarajuća metoda ugrađivanja
 - dobra obrađenost površinskog sloja
 - odgovarajuća oplata
 - kvalitetna obrada slabih mesta i oštećenja
 - obezbeđenje dobre nege tokom očvršćavanja
 - optimalna temperatura
 - sprečavanje gubitka vlažnosti.

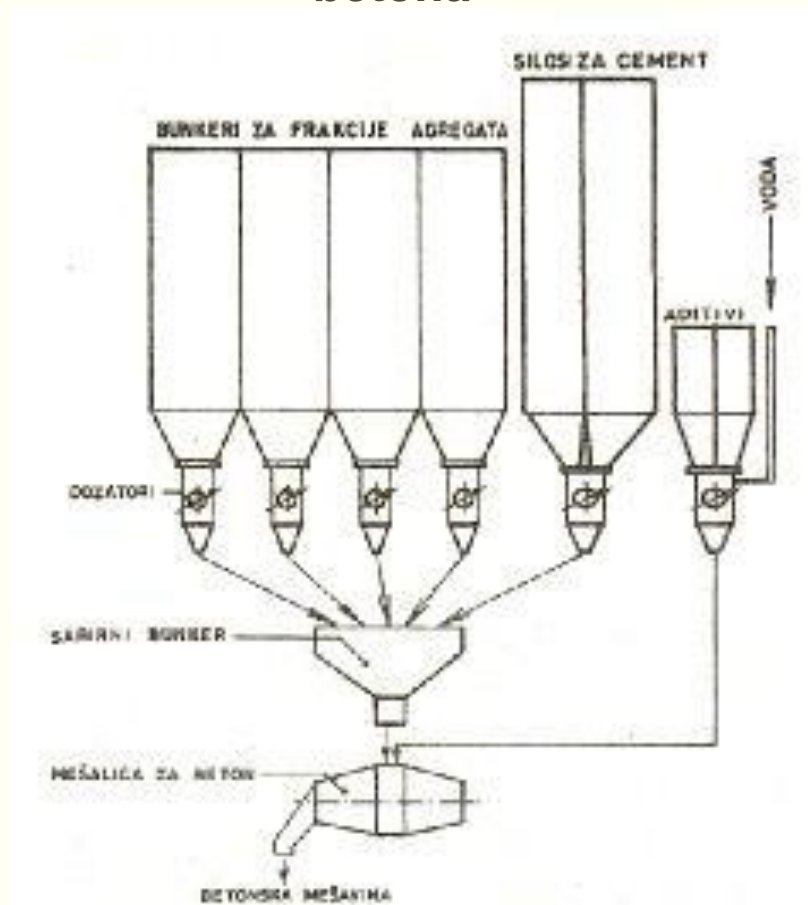


SPRAVLJANJE BETONA

Spravljanje betona

- **Spravljanje svežeg betona** – mašinski postupak doziranja i mešanja komponentnih materijala u proizvodnim pogonima – **fabrikama betona**.
- **Postupak spravljanja betona u fabrikama betona:** Čvrste komponente betona, agregat i cement, su smeštene u spremišta (silose, bunkere) odakle se transportuju na dozatore – uređaje za automatsko odmeravanje, a odatle u sabirni bunker, u koji se eventualno mogu dodati i praškasti aditivi. Iz sabirnog bunkera se transportuju u mašinu za mešanje komponenti – mešalicu za beton, u koju se direktno dodaje voda, eventualno predhodno izmešana s tečnim aditivima (ili s praškasti aditivima predhodno rastvorenim u vodi). Prilikom doziranja vlažnog agregata, potrebno je korigovati količinu vode potrebnu za mešanje, ali i količinu agregata koji se dozira.

Opšta tehnološka šema proizvodnje betona



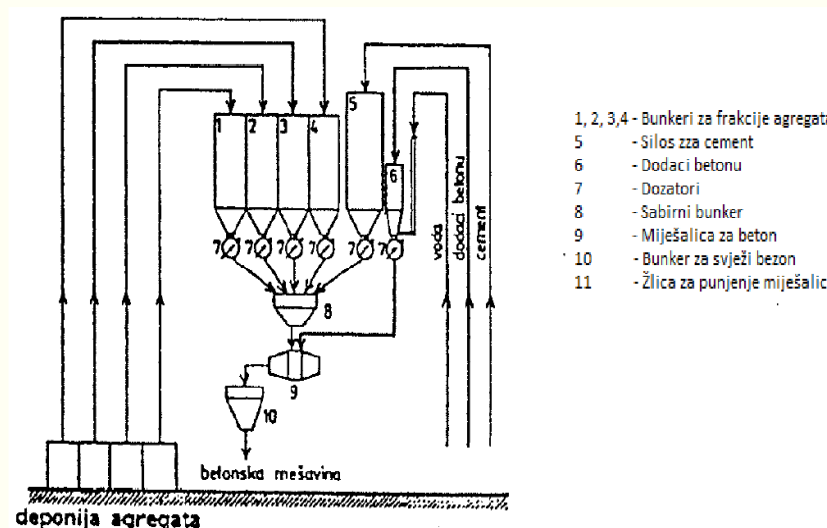
Spravljanje betona – Fabrika betona

- **Fabrike betona prema veličini radnog učinka**, odnosno kapacitetu proizvodnje betona (mešalice za beton):
 - **male** (do 20m³/h),
 - **srednje** (20-50m³/h),
 - **velike** (50-100m³/h)
 - **vrlo velike** (preko 100m³/h).
- **Gradilišne fabrike betona** – ekonomično postavljati samo za velik obim betonskih radova ili kada je gradilište udaljeno više od 35-50km od naselja
- **Centralne fabrike betona** – za manje radove (200-500m³ betona) ekonomičnije je dopremanje betona.
- **Osnovne tehničke karakteristike fabrike betona:**
 - kapacitet svežeg i ugrađenog betona
 - kapacitet mešalice (suve mase)
 - broj frakcija agregata, max zrno agregata (prirodnog, drobljenog)
 - potreban protok i pritisak čiste vode, prečnik cevi za vodovodni priključak
 - visina ispusta za svež beton
 - kapacitet deponije za agregat, kapacitet i dohvat strele skrepera za punjenje bunkera za agregat
 - kapacitet silosa za cement
 - kapacitet pužnog (trakastog) transportera
 - ukupna instalisana snaga.

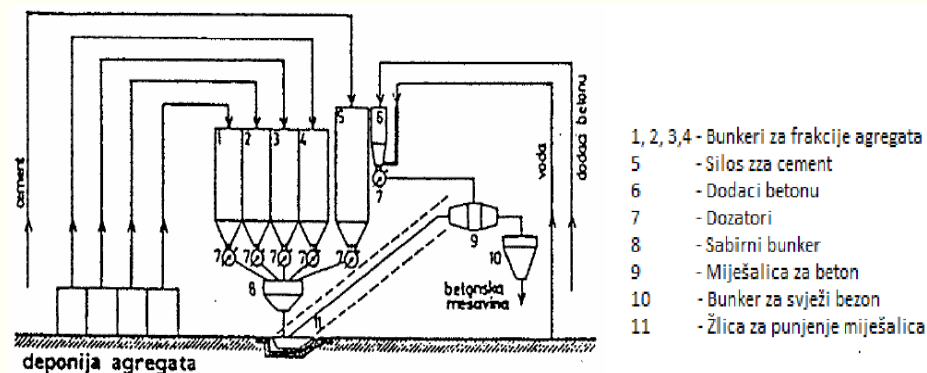
Spravljanje betona – Fabrika betona

- Osnovne tehnološke šeme proizvodnje betona, u zavisnosti od položaja silosa za skladištenje i mešalice:

- Vertikalna tehnološka šema:



- Parтерна tehnološka šema:

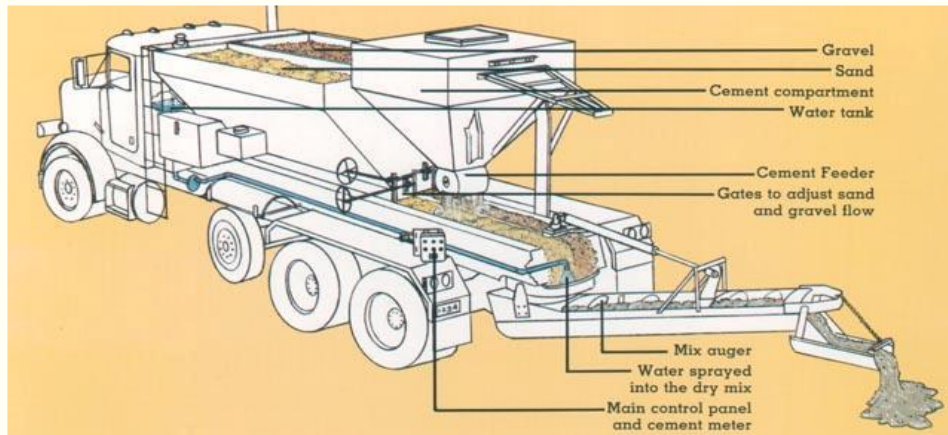


Spravljanje betona – Fabrika betona

- Kompaktne fabrike betona



- Mobilne fabrike betona

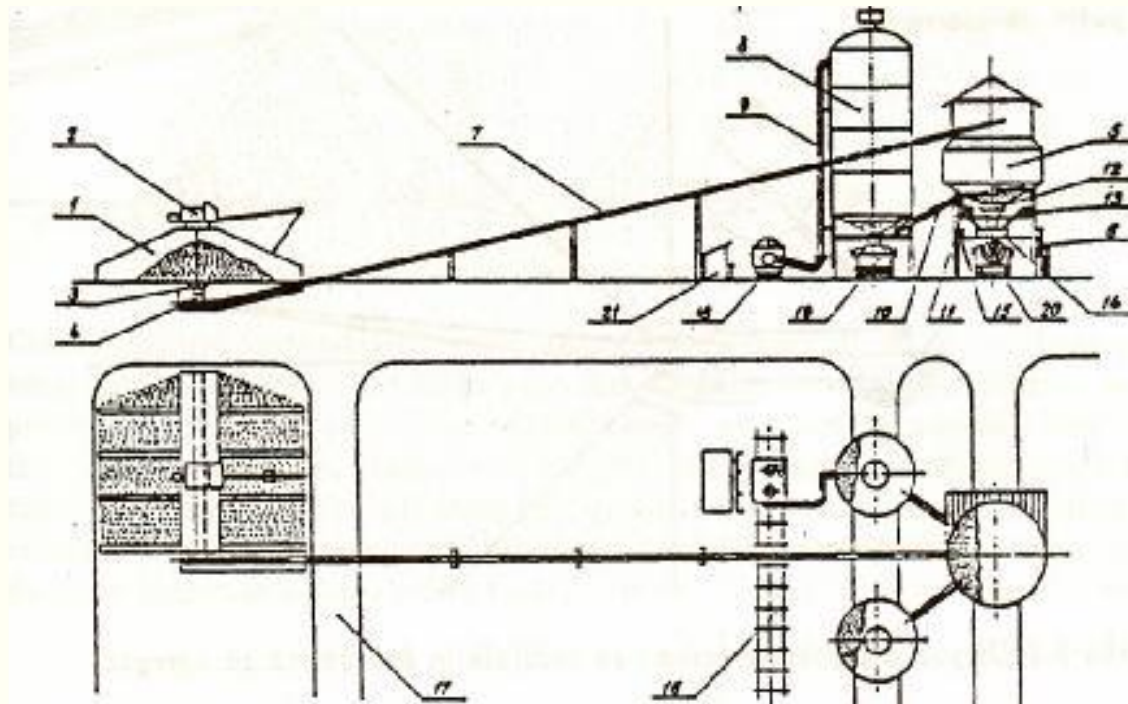


Spravljanje betona – Deponije agregata

- **Bunker (silos) za smeštaj agregata** u okviru fabrike betona su najčešće koncipirani kao operativna spremišta koja zadovoljavaju potrebe dnevne ili nedeljne proizvodnje, a na **deponijama agregata** u blizini se nalaze višednevne rezerve materijala. Agregat se sa deponija agregata do bunkera za smeštaj u okviru fabrike betona najčešće transportuje sistemom transportnih traka. Ređe, bunker za smeštaj agregata mogu biti većih kapaciteta (tada su u pitanju otvorene deponije u okviru kojih se za transport agregata koriste skreperi).
- **Deponije za smeštaj agregata** u blizini fabrike betona mogu biti različitih sistema, od kojih su najčešće:
 - **deponije s linijski postavljenim trakama** – kod kojih se transport agregata do bunkera u okviru fabrike betona vrši transportnim trakama.
 - **deponije s radijalnim boksovima** – kod kojih su boksovi istovremeno i bunker za agregat u okviru fabrike betona, a agregat se do dozatora doprema radijalnim skreperima.

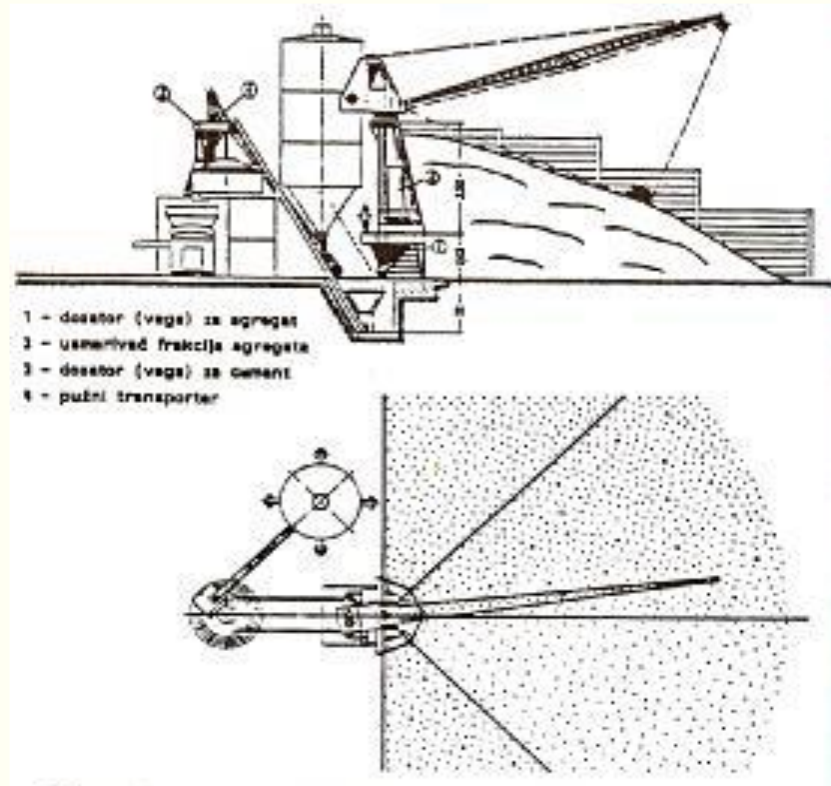
Spravljanje betona – Deponije agregata

- Deponije s linijski postavljenim trakama



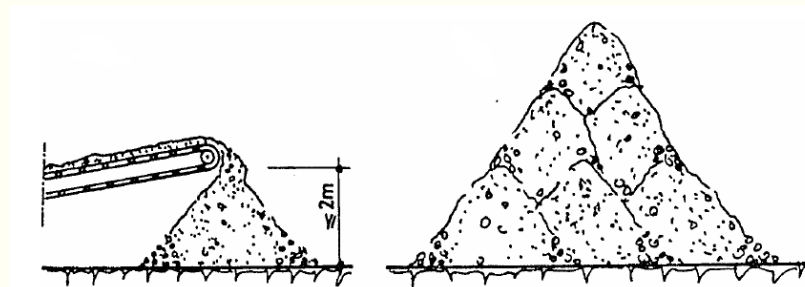
Spravljanje betona – Deponije agregata

- Deponije s radijalnim boksovima („zvezde“)



Spravljanje betona – Skladištenje komponenti

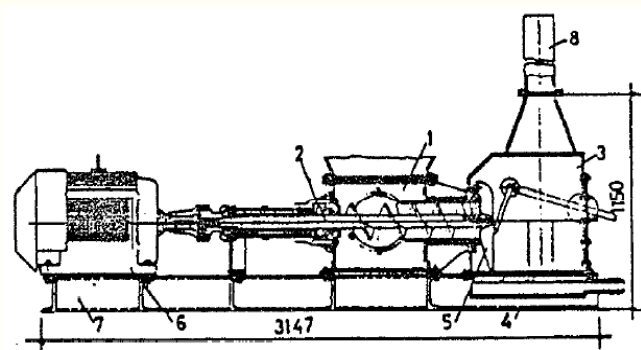
- **Skladište agregata** na deponijama je skoro uvek direktno izloženo atmosferilijama, što znatno utiče na vlažnost agregata koju je stalno potrebno pratiti i u skladu s tim korigovati sastav mešavine. Promene vlažnosti agregata se prate sondama postavljenim na ulaz ili zid bunkera za agregat. Natkrivanje deponija za agregat je poželjno, a podloga treba da je izbetonirana, u nagibu koji omogućava efikasno odvodnjavanje, čime se smanjuje sadržaj vode u agregatu, a istovremeno se odvodi i mulj usled taloženja sitnih čestica, koji se na podlozi sakuplja i prija sloj agregata (debljine 20-30cm) uz podlogu. Pri unošenju agregata na deponiju treba voditi računa da ne dođe do segregacije (izdvajanja) zrna agregata, i preporuka je da visina figure koja se formira tokom istovara ne bude viša od 2m.



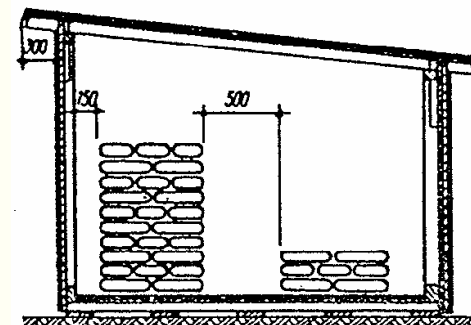
- **Skladištenje aditiva** je u skladu sa uputstvom proizvođača. Tečne aditive podložne sedimentaciji pre upotrebe treba mašinski izmešati radi homogenizovanja, a praškaste aditive je preporučljivo izmešati s vodom pre unošenja u mešalicu za beton.

Spravljanje betona – Skladištenje komponenti

- **Skladište cementa i drugih praškastih materijala** (pucolanskih dodataka, aditiva i sl.) su silosi čiji kapaciteti zadovoljavaju potrebe nedeljne proizvodnje (200-4,000t), a broj komora silosa u fabrici betona odgovara broju vrsta i klasa cementa koji se primenjuju u okviru tehnološkog procesa (u jednoj komori silosa se skladišti samo jedna vrsta i klasa cementa). Cement koji se koristi u fabrikama betona se najčešće isporučuje u rinfuzi, a unošenje praškastih materijala u silose je najčešće pomoću **aeraciono-pneumatskih elevatora**, a za brže pražnjenje silosa se koriste uređaji – **duvaljke vazduha**, kojima se sprečava formiranje tzv. svodova rasterećenja.
- U gradilišne fabrike betona cement se može dopremljati i u džakovima. Skladište za cement u vrećama treba da je zatvoreno, pod uzdignut od zemlje, a cement se razdvaja u partije prema vrstama i klasama. Vreće treba premeštati, okretati i rastresati svakih 10-15 dana, da bi se sprečilo zgrudvavanje. Zgrudvani cement se pre upotrebe mora ispitati, pa ukoliko poseduje dovoljan kvalitet, pre upotrebe se mora prosejati.



- 1 - Prijamna komora
- 2 - Brzohodni "puž"
- 3 - Komora za cement
- 4 - Porozna pregrada
- 5 - Klapna
- 6 - Elektromotor
- 7 - Ram
- 8 - Cementovod



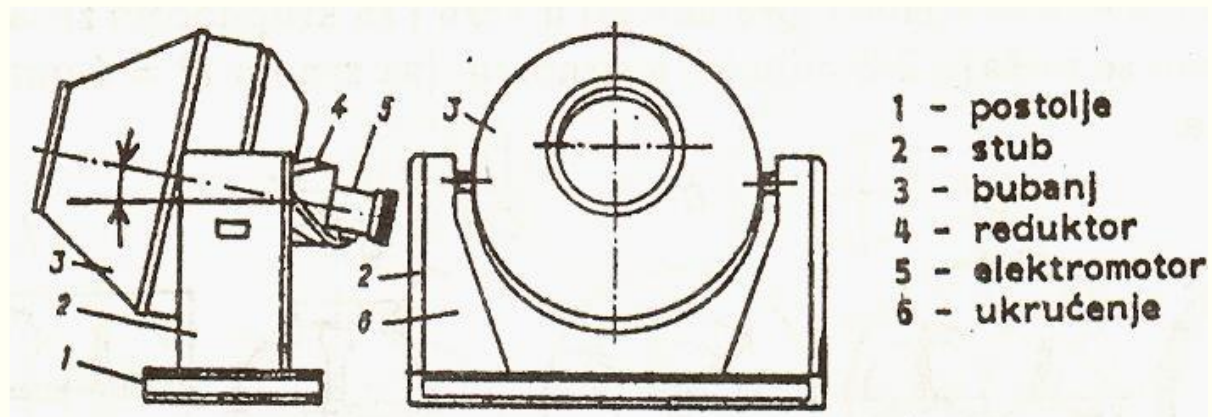
Spravljanje betona – Dozatori

- **Dozatori** kojima se odmeravaju potrebne količine komponentnih materijala za spravljanje betona mogu biti različitih konstrukcija i tipova, ali se najviše primenjuju automatski dozatori, a odmeravanje komponenti se uvek vrši težinski (tj. po masi), s tačnošću $\pm 2-3\%$. U zavisnosti od načina rada mešalice za beton, i dozatori mogu biti s periodičnim ili s kontinualnim radom.



Spravljanje betona – Mešalice za beton

- **Mešalice za beton** – (uz tačno dozirane komponente) služi za homogenizaciju mase ⇒ dobijanje predviđene količine svežeg betona u jedinici vremena.
- **Podela mešalica prema položaju ose bubnja za mešanje:**
 - mešalice sa vertikalnom osom
 - mešalice sa horizontalnom osom
 - mešalice sa kosom osom – najčešće pod uglom od 30° u odnosu na horizontalu



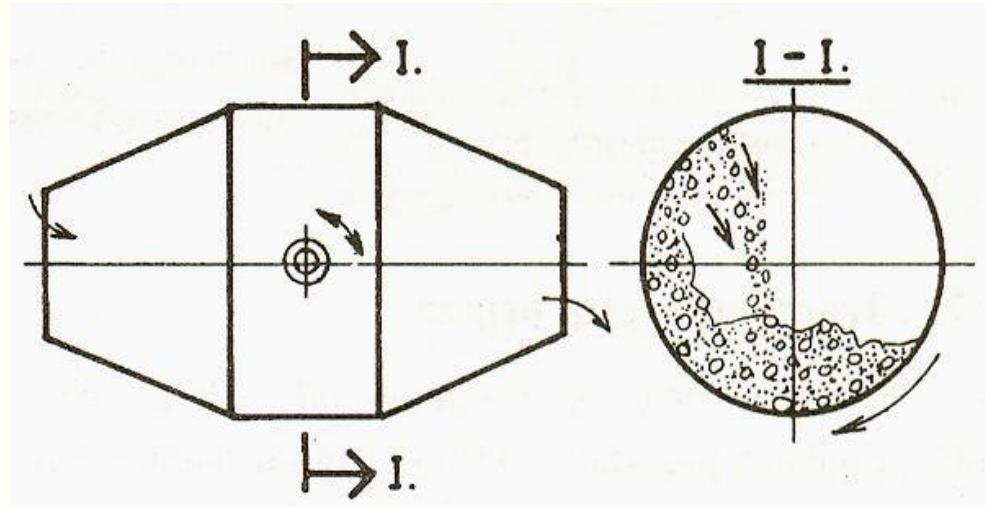
Spravljanje betona – Mešalice za beton

- **Podela mešalica prema cikličnosti / kontinualnosti rada:**
 - **mešalice sa cikličnim radom** – radni ciklus mešalice se sastoji od punjenja mešalice, mešanja mase i pražnjenja mešalice; kod ovih mešalica privremeno skladištenje čvrstih komponenti u sabirnim bunkerima dovodi do uštede u vremenu, jer se predhodno odmerene količine komponenti istovremeno unose u mešalicu
 - **mešalice sa kontinualnim radom** – opremljene su dugačkim bubnjem postavljenim pod uglom, u koji se sistemima pokretnih traka doziraju i unose komponente (ne postoji sabirni bunker), a nakon određenog broja rotacija na drugom kraju bubnja izlazi gotova mešavina; kod ovih mešalica korekcije postupka (doziranje ili broj obrtaja) u toku rada nisu moguće; koriste se za poslove u kojima je potrebna velika količina svežeg betona

- **Podela mešalica prema načinu mešanja:**
 - **gravitacione mešalice**
 - **mešalice sa prinudnim mešanjem (protivstrujne)**

Spravljanje betona – Mešalice za beton

- **Gravitacione mešalice** – bubanj mešalice se obrće oko horizontalne ili blago nagnute ose, a betonska smeša se tokom mešanja podiže do određene visine nakon čega pada naniže i uranja u masu betona u donjoj zoni bubnja; koriste se za betonske smeše najmanje slabo-plastične konzistencije; vreme mešanja obično iznosi 1-3minuta.



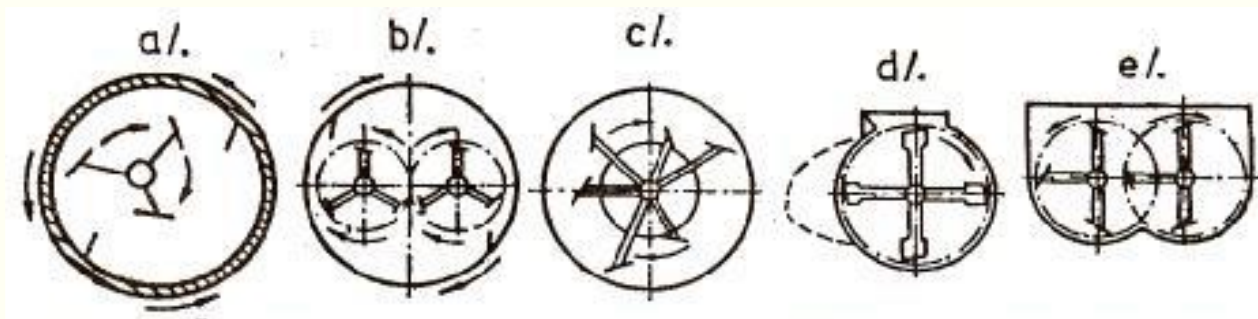
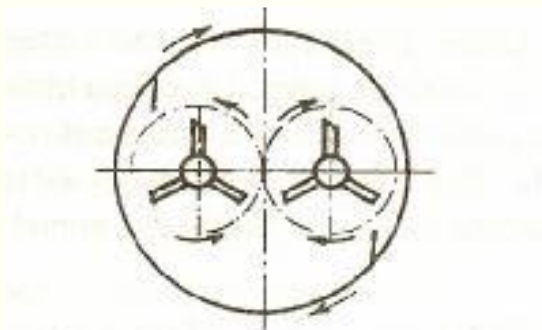
Spravljanje betona – Mešalice za beton

- **Gravitacione gradilišne mešalice za beton** prema konstrukcijskom rešenju punjenja, mešanja i pražnjenja:
 - **mešalice sa slobodno pokretnim bubnjem** – tzv. kipujući bubanj – komponente se ručno unose, a pražnjenje se vrši naginjanjem unapred preko horiz. osovine i izvrtanjem bubnja
 - **mešalice sa stabilnim bubnjem i preklopnim levkom** – tzv. protočna mešalica – u bubanj sa horiz. osovinom se kroz otvor na jednoj strani unose komponente, a prazni se na drugoj strani isticanjem kroz preklopni levak
 - **mešalice sa reverzibilnim bubnjem** (obrtnje u oba smeru) – tzv. okretni bubanj – horiz. bubanj je opremljen usmerivačima (lopaticama) koji prilikom obrtnja bubnja u jednom smeru homogenizuju mešavinu, a pokretanjem bubnja u suprotnom smeru usmerivačima se prazni bubanj



Spravljanje betona – Mešalice za beton

- **Mešalice sa prinudnim mešanjem (protivstrujne)** – unutar bubnja koji se obrće oko vertikalne ose brzinom 10-20 obrta u minuti postoji sistem lopatica koje rotiraju u suprotnim smerovima; pogodne su i za betonse smeše krutih konzistencija, a vreme mešanja je 2-5minuta.



- **Sistem vrtložnog mešanja** – za još efikasnije mešanje – koriste se dodatne lopatice – virble koje se obrću (s velikim brojem obrtaja) nezavisno od sistema lopatica za prinudno mešanje.
- **Sistem vibromešanja** – u cilju postizanja visokih ranih čvrstoća betona i efikasne homogenizacije vrlo krutih smeša – u specijalnim mešalicama u kojima se smeša vibrira tokom mešanja
- **Vibro-aktiviranje cementnog maltera** – postupak predhodnog spravljanja maltera u vibracionim mešalicama

Spravljanje betona – Pogon za proizvodnju betona

- **Automatizovani pogon za proizvodnju betona** = autonomni automatizovani podsistemi opremljeni automatskim uređajima za različite namene:
 - **Linija dopremanja agregata** – kontrola potrošnje materijala; transportovanje u operativne bunkere; pokazivači gornjeg i donjeg nivoa materijala u bunkeru; dopunjavanje agregata; vlagomeri; određivanje vlažnosti agregata i korektura sastava betona u skladu s tim; sistem ventilacije bunkera
 - **Linija dopremanja cementa** – kontrola potrošnje materijala; transportovanje u operativne silose; pokazivači gornjeg i donjeg nivoa materijala u silosima; dopunjavanje cementa; automatizovani sistem ventilacije silosa
 - **Podsistem doziranja i mešanja komponenti** – automatski dozatori; kontrola trajanja mešanja; konzistometri, za automatsko merenje ostvarene konzistencije smeše
 - **Podsistem distribucije svežeg betona** – gotove mešavine se usmeravaju u pojedine sabirne bunkere odakle odlaze na mesta ugradnje.



TRANSPORT SVEŽEG BETONA

Transport svežeg betona

- **Transport svežeg betona** – operacija prenošenja betona od mesta spravljanja (fabrike betona) do mesta ugradnje (oplate na lokaciji objekta); glavni zadatak uspešnog transporta betona je da svež beton na mesto ugradnje stigne onakav kakav je izašao iz mešalice za beton.
- Beton spravljen u centralnoj fabrici betona podleže **spoljašnjem transportu** do gradilišta i **unutrašnjem transportu** unutar gradilišta, uz eventualnu upotrebu pretovarnog mesta (bunkera), a beton spravljen u gradilišnoj fabrici betona podleže unutrašnjem transportu.
- Tokom transporta i pretovara svežeg betona treba **sprečiti**:
 - **segregaciju betona**
 - **iscurivanje cementne paste**
 - **isparavanje vode tokom velikih transportnih dužina**

Transport svežeg betona

- **Vremenski interval trajanja transporta** – pre početka vezivanja cementa

Za beton spravljen sa čistim portland-cementom, max vreme transporta je oko 120min ako je njegova temperatura 5-10°C, 90min ako je temperatura 10-20°C, a 45min ako je temperatura 20-30°C.

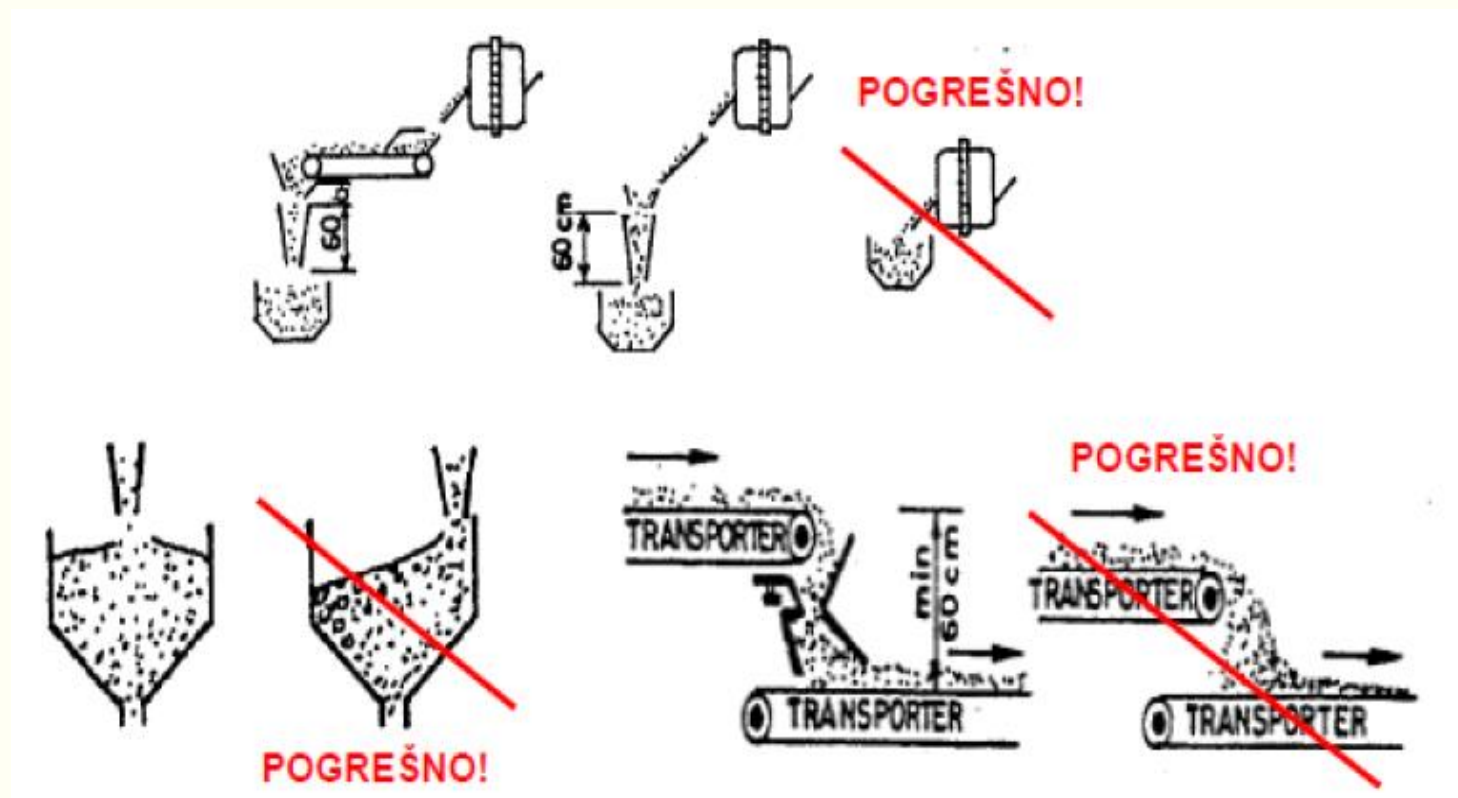
Pri primeni plastifikatora vreme transporta i ugradnje ograničava na 45min, ili se plastifikatori dodaju neposredno pre ugradnje betona.

- **Pretovarni bunker** – pretovarna mesta na gradilištu predviđena za kratkotrajno prihvatanje betonske smeše prilikom transporta svežeg betona, odnosno u njih se dovozi beton sredstvima spoljašnjeg transporta, a iz njih se sredstvima unutrašnjeg transporta transportuje na mesto ugradnje. To su najčešće konstrukcije / posude od čelika, koje se prazne gravitaciono – ispuštanjem smeše ili uz potresanje primenom vibracionih uređaja.



Transport svežeg betona – Pretovar

- **Pretovar svežeg betona** - iz mešalice u transportno sredstvo, iz jednog transportnog sredstva u drugo, u pretovarni bunker ili u oplatu
- **Glavno pravilo** – beton se ne sme direktno istresati prilikom pretovara



Transport svežeg betona – Sredstva transporta

- **Sredstva spoljašnjeg transporta betona**
 - **automešalice**
 - **silobusi**
 - **kiperi**
 - **kamioni s korpama za transport betona**

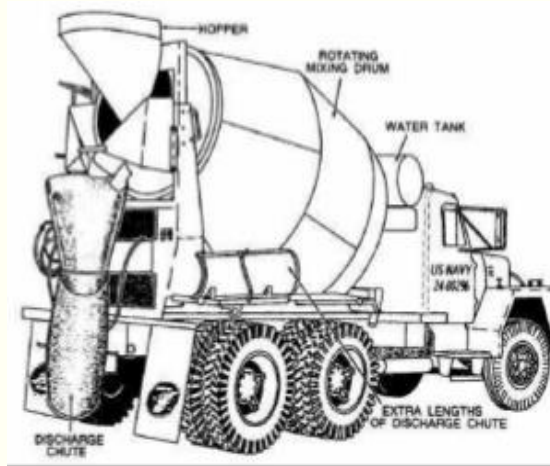
- **Sredstva unutrašnjeg transporta betona**
 - **pumpe za beton sa cevovodima**
 - **trakasti transporteri**
 - **kible (korpe) za transport pomoću kranova**
 - **ostala sredstva**
 - **ručna kolica (tačke i japaneri)**
 - **damperi**
 - **vagoneti i samohodni bunkereri**
 - **korita, levci i druga sredstva.**

Transport svežeg betona – Spoljašnji transport

- **Automešalice (kamioni-mešalice, automikseri)** su transportna sredstva u kojima se beton tokom transporta uzburkava mešanjem, čime se njegova svojstva održavaju na zahtevanom nivou. Kapacitet bubnja automešalice je 1-10 (6-12) m³, bubanj je opremljen s 1-2 spirale za mešanje, a tokom transporta se obrće brzinom 2-6 obrta u minuti. Našim propisima nije dozvoljeno spravljanje betona u automešalicama, mada je to generalno moguće (u tim slučajevima, automešalicama se transportuju suve komponente, uz 2-6 obrta bubnja u minuti, a onda se neposredno pre istovara dodaje voda i beton nekoliko minuta meša sa 10-20 obrta u minuti), a samo izuzetno se dozvoljava dodavanje plastifikatora u bubanj mešalice neposredno pre istovara (zahteva se postepeno dodavanje aditiva i mešanje min 5 minuta, s 10-20 obrta u minuti). Uobičajene konstrukcije automešalice podrazumevaju kosi bubanj koji se utovaruje i istovaruje sa zadnje strane vozila, bubanj je termoizolovan, a otvor za utovar/istovar opremljen poklopcem. Pogodni su za transport na velike daljine (i preko 50km), za betone svih konzistencija.
- **Silobusi** su vozila za transport svežeg betona svih konzistencija na veće daljine, u kojima se beton se tokom transporta uzburkava ugrađenim vibratorima. Korpe u kojima se beton transportuje se pune i prazne sa zadnje strane, okretne su i pri istovaru se mogu podići i za 80°, termoizolovane su i opremljene poklopcem.
- **Kiperi i kamioni s korpama za transport betona** su transportna sredstva u kojima se beton tokom transporta ne uzburkava, pa su pogodni samo za transport na kraćim razdaljinama i za beton slaboplastične i krute konzistencije.

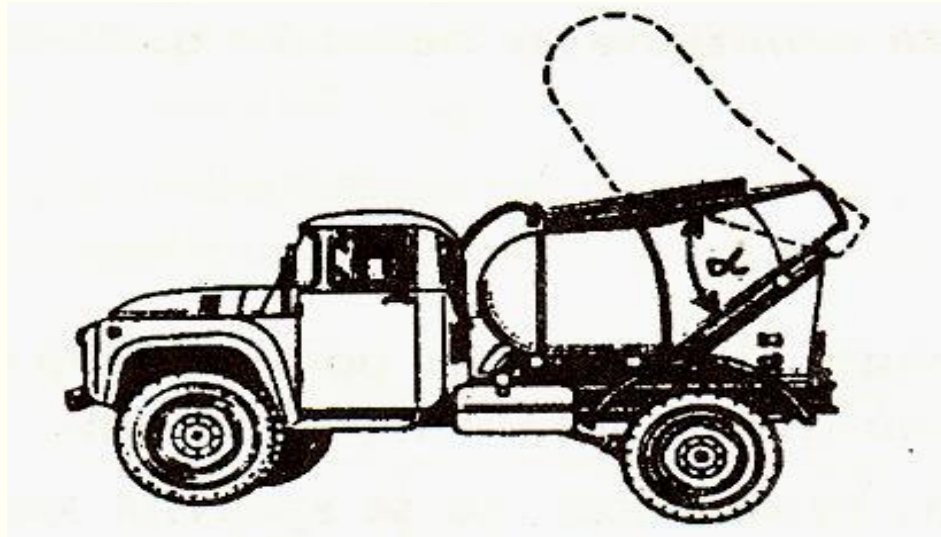
Transport svežeg betona – Spoljašnji transport

- **Automešalice (kamioni-mešalice, automikseri)**



Transport svežeg betona – Spoljašnji transport

- Silobusi



Transport svežeg betona – Spoljašnji transport

- Kiperi i kamioni s korpama za transport betona



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport

- Sredstva unutrašnjeg transporta

Transportno sredstvo	Učinak [m³/h]	Konzistencija betona
Pumpa za beton	10-150	plastična, tečna
Trakasti transporter	30-90	slabo-plastična, kruta
Kibla koju prenosi kran	6-12	plastična, tečna
Ručna kolica	2-6	sve

Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

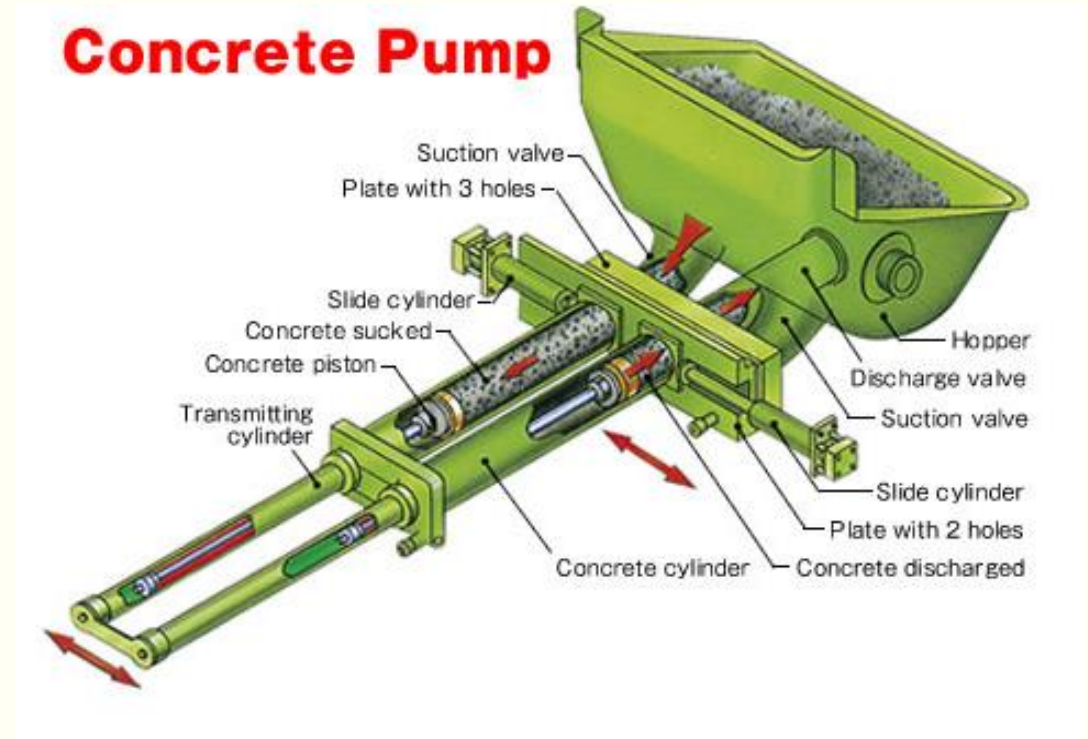
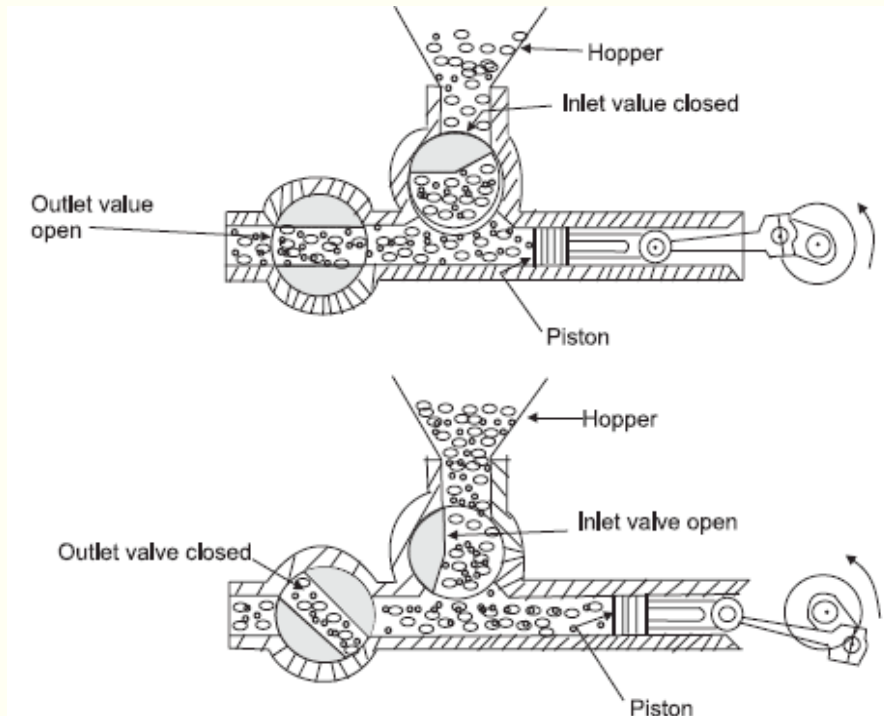
- **Pumpa za beton s cevovodom** – sredstvo unutrašnjeg transporta svežeg betona kojim se beton plastične i tečne konzistencije unosi u oplatu pomoću sistema cevi.
- **Pumpabilan beton** - pored odgovarajuće konzistencije (mera sleganja 6-14cm) mora imati visoku kohezivnost, što se postiže primenom velike količine sitnih čestica (cement, sitan agregat, pucolanski i mineralni dodaci), upotrebom aditiva tipa plastifikatora i aeranata, primenom cementa sa većom finnoćom mliva, većih količina cementa (400kg/m^3) i agregata sa odgovarajućim granulometrijskim sastavom (povoljnije je koristiti prirodni agregat zbog zaobljenosti zrna; najveće zrno agregata ne sme biti veće od $1/4$ - $1/3$ prečnika cevi)
- **Vrste pumpi za beton prema načinu rada**
 - Hidraulične (klipne) pumpe
 - Vakuum-pumpe (rotacione)
 - Pneumatske pumpe
- **Vrste pumpi za beton prema pokretljivosti tokom rada**
 - Stacionarne pumpe
 - Mobilne pumpe (autopumpe)

Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

- **Vrste pumpi za beton prema načinu rada**
- **Hidraulične (klipne) pumpe** – sa radnim učinkom do $40\text{m}^3/\text{h}$, transportnim daljinama oko 400m po horizontali i 50m po vertikali; princip rada je mehaničko potiskivanje smese iz klipa kroz cevovod – u trenutku potiskivanja ventil na klipu ka sabirnom levku u kom je beton je zatvoren, a ventil ka cevovodu otvoren, a potom se ventil ka cevovodu zatvara, a ka levku otvara i nova količina betona se spušta u klip; pumpanje betona je s prekidima (koji su neprimetni tokom rada zbog brzine kretanja klipa).
- **Vakum-pumpe (rotacione)** – sa radnim učinkom $40\text{-}50\text{m}^3/\text{h}$, transportnim daljinama oko 100m po horizontali i 30m po vertikali; vakum pumpe su pumpe sa neprekidnim delovanjem u kojima se tokom rada stvara vakuum kojim se smeša isisava iz sabirnog koša i preko komore ubacuje u transportnu cev.
- **Pneumatske pumpe** – sa radnim učinkom $10\text{-}20\text{m}^3/\text{h}$, radnim pritiskom u sistemu 6-8bara; pneumatske pumpe imaju sud pod pritiskom koji se pre početka rada puni betonom, potom se hermetički zatvara i u njega se uvodi komprimovani vazduh kojim se beton potiskuje u transportnu cev; pumpanje betona je s većim prekidima, pa se najčešće kombinuje nekoliko pumpi.

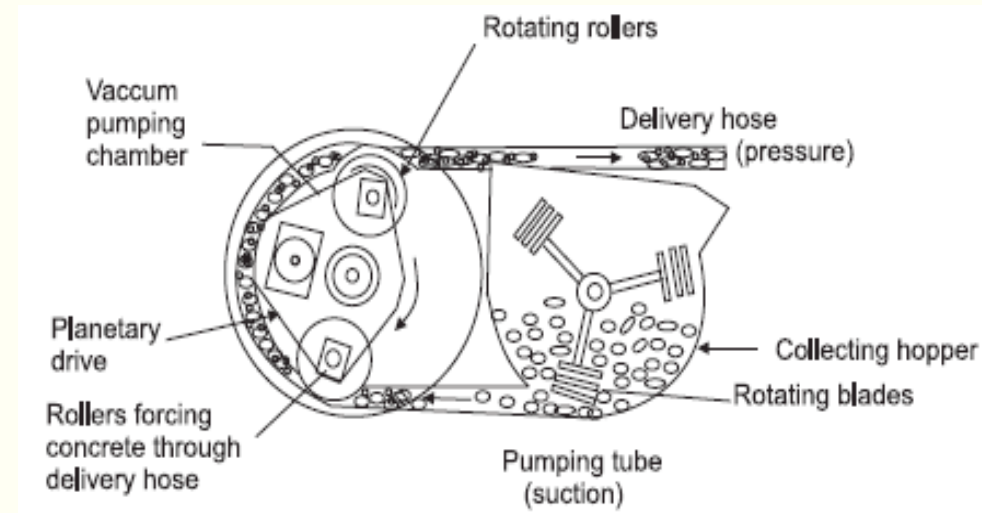
Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

- Hidraulične (klipne) pumpe za beton

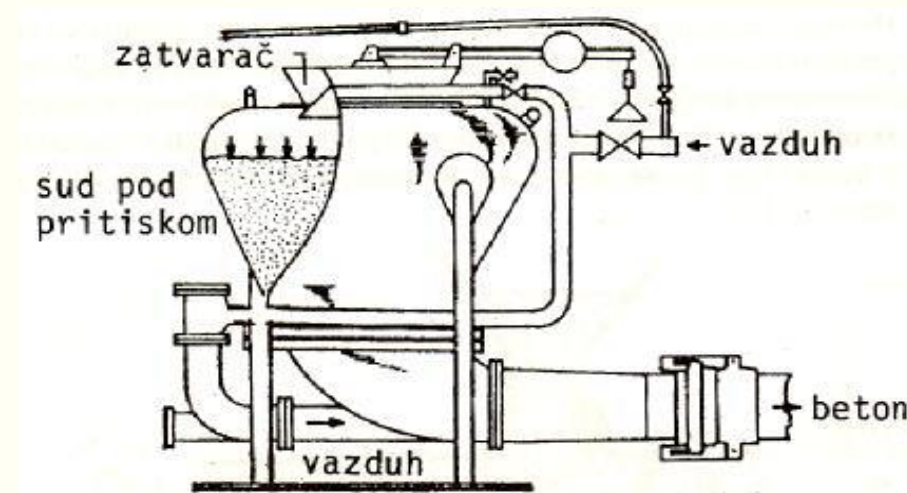


Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

- Vakuum-pumpe (rotacione) za beton



- Pneumatske pumpe za beton

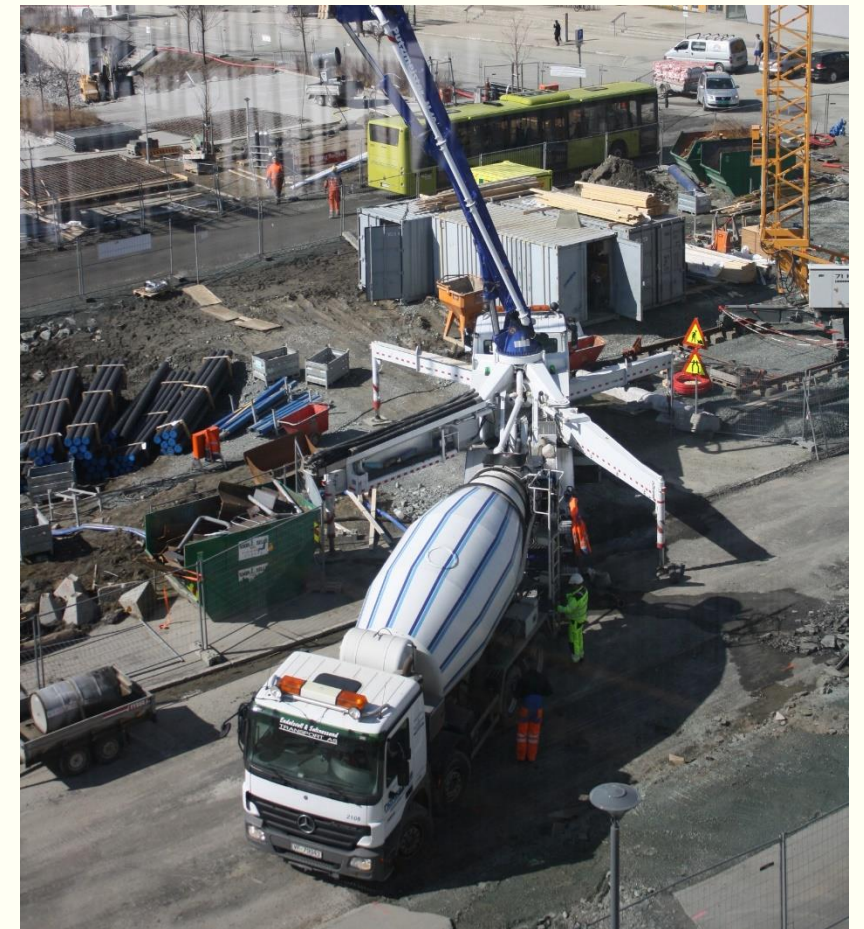
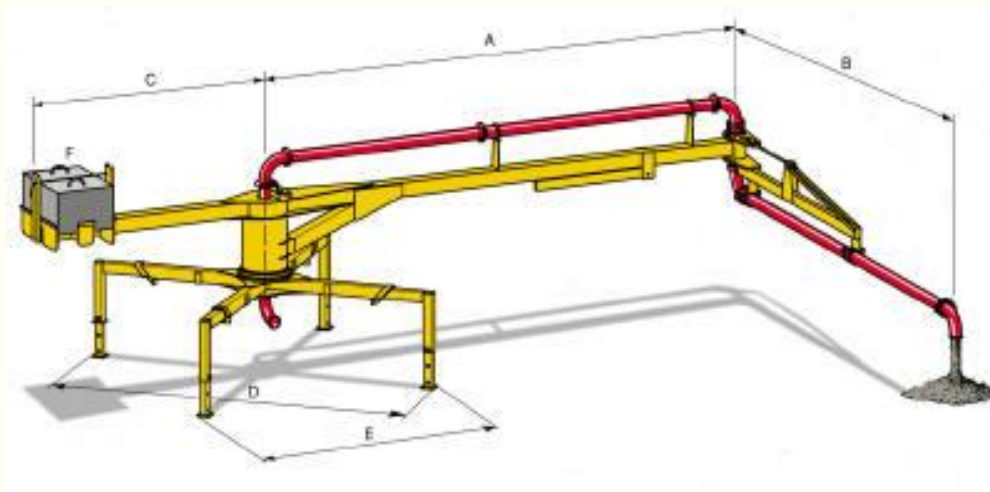


Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

- **Vrste pumpi za beton prema pokretljivosti tokom rada**
- **Stacionarne** – transportuju se vučom; najčešće imaju velike kapacitete, pa ih opslužuje nekoliko automešalica ili su smeštene neposredno uz gradilišnu fabriku betona; cevovod se usmerava primenom posebnih kranova za raspodelu sa zglobnom rukom, koji mogu biti u montirani na pumpue za beton ili pored nje.
- **Mobilne – auto-pumpe** – imaju samostalni pogonski motor, manji kapacitet i uže cevi za transport (prečnika 100-125mm), a u njihovom sklopu je i kranom za raspodelu betona sa rukom iz 3-5 delova i dohvatom ruke 20-40m u daljinu i u visinu.

Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

- Stacionarne pumpe za beton



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

- Mobilne pumpe za beton (autopumpe)



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Pumpe za beton

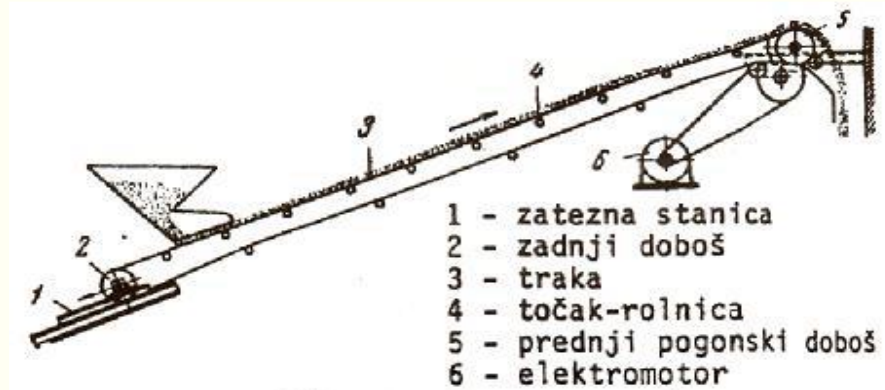
- **Rad sa pumpom za beton** je jednostavan i angažuje mali broj radnika tokom ugradnje betona (6-7 – 1 za kontrobu betona pri punjenju pumpe, 1 za upravljanje distributivnom zglobnom rukom, 1-2 za usmeravanje mlaza betona na mestu ugradnje, 1 za vibriranje ugrađenog betona, 2-3 za završnu obradu površine betonskog elementa). Zbog potrebe za velikom usaglašenošću tokom procesa transporta i ugradnje betona praktični učinak pumpe za beton se kreće oko 40%.
- **Cevovodi** kojima se svež beton transportuje od pumpe do mesta ugradnje mogu biti od plastičnih, gumenih ili fleksibilnih (spiralno uvijenih) metalnih cevi, sa prečnicima 10-20cm. Ukoliko je trasa cevovoda izlomljena (bilo u horiz. bilo u vert. ravni) učinak pumpanja je smanjen (horiz. prelom od 90° odgovara gubitku od 12m horiz. pravog transporta, 1m vert. transporta odgovara 8m horiz. transporta). Beton se kroz cevi kreće brzinom 1.5-2.5m/s.
- **Pre početka rada** pumpu za beton treba „podmazati“, odnosno kroz cevi treba propustiti malu količinu (do 0.5m³) betona bez najkrupnije frakcije agregata (taj masniji beton oblaže cev filmom cementne paste).
- **Po završetku rada** cevi se s unutrašnje strane čiste propuštanjem sunderaste lpte odgovarajućeg prečnika, a nakon toga i ispiranjem vodom. I sama pumpa za beton s mora isprati, a posebna pažnja se mora posvetiti spojevima cevi.

Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Trakasti transporteri

- **Trakasti transporteri (transportne trake, transportni konvejeri)** se primenjuju za unutrašnji transport betona svih konzistencija, ali najčešće slabo-plastične i krute, a široku primenu ima u izgradnji masivnih betonskih konstrukcija. Trake su najčešće izrađene od gume, široke 30-70cm, a kreću se brzinom 0.1-3m/s. Maksimalni nagib trake naviše i naniže zavisi od konzistencije transportovanog betona i kreće se u granicama 20-30°naviše i 10-15°naniže (veći nagib za kruću konzistenciju). Pored klasičnih **gumenih transportera**, za transport naniže se primenjuju i **vibracioni konvejeri** koji su napravljeni od metalnog polukružnog oluka na koji su prikačeni vibratorji. Beton transportovan trakama je izložen uticaju atmosferilija, o čemu treba voditi računa (naočito leti zbog mogućeg isušivanja). Kraće transportne trake imaju širu primenu kao **sastavni deo automešalice** – tada su najčešće dužine 12m, učinak je 0.75m³/h, moguće je beton podizati do 6m visine i spuštati do 5m dubine, a imaju veliki radijus horiz. delovanja.

Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Trakasti transporteri

- Trakasti transporteri (transportne trake, transportni konvejeri)



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Kible krana

- **Kible (korpe) za transport pomoću kranova** su posude u kojima se beton prenosi tokom transporta kranovima. Na gradilištima se najčešće koriste **toranjsi kranovi**, za vertikalni transport betona, armature, oplata, prefabrikovanih betonskih elemenata i dr., u skućenim gradskim uslovima su u upotrebi i **autodizalice**, a u fabrikama za proizvodnju montažnih betonskih elemenata se koriste **mosni i portalni kranovi**. Radni ciklus kрана prilikom transporta svežeg betona je 3.5-9min/m³, zavisno d visine dizanja i vrste elementa koji se betonira (kraće za ploče, duže za stubove), a stepen iskorišćenja radnog vremena prilikom transporta betona je veći od 70%. **Kible** su prenosne čelične posude kapaciteta 0.5-12m³, koje mogu biti opremljene uređajima za vibriranje koji olakšavaju pražnjenje, a otvaranje korpe može biti kontrolisano pneumatski ili hidraulički (kod većih kapaciteta korpe).



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Kible kрана

- Kible (korpe) za transport pomoću kranova



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Ostala sredstva

- Ručna kolica – tačke i japaneri



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Ostala sredstva

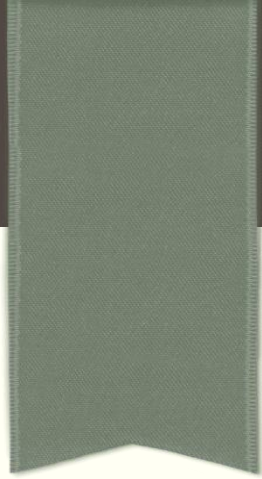
- Damperi



Transport svežeg betona – Unutrašnji transport – Ostala sredstva

- Vagoneti, samohodni bunkereri, korita

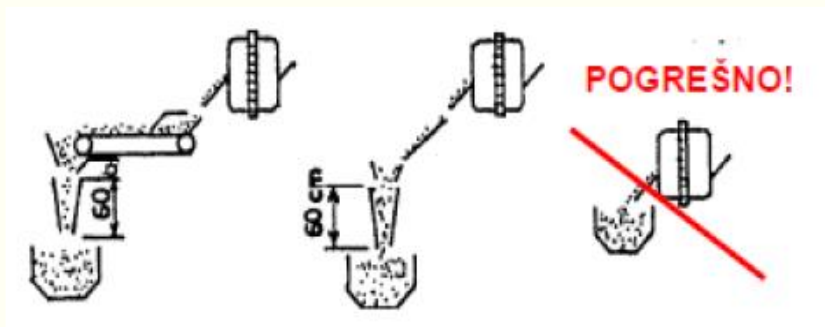




UGRADNJA BETONA

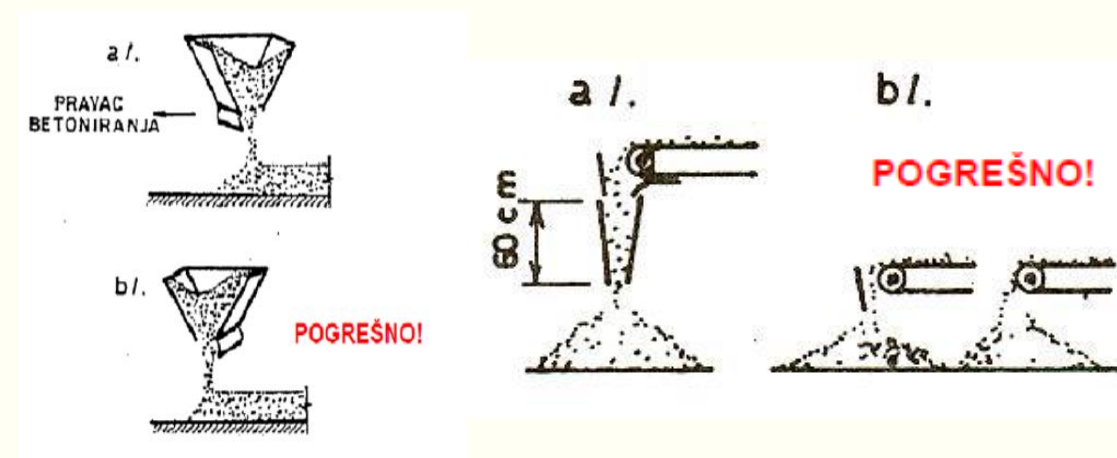
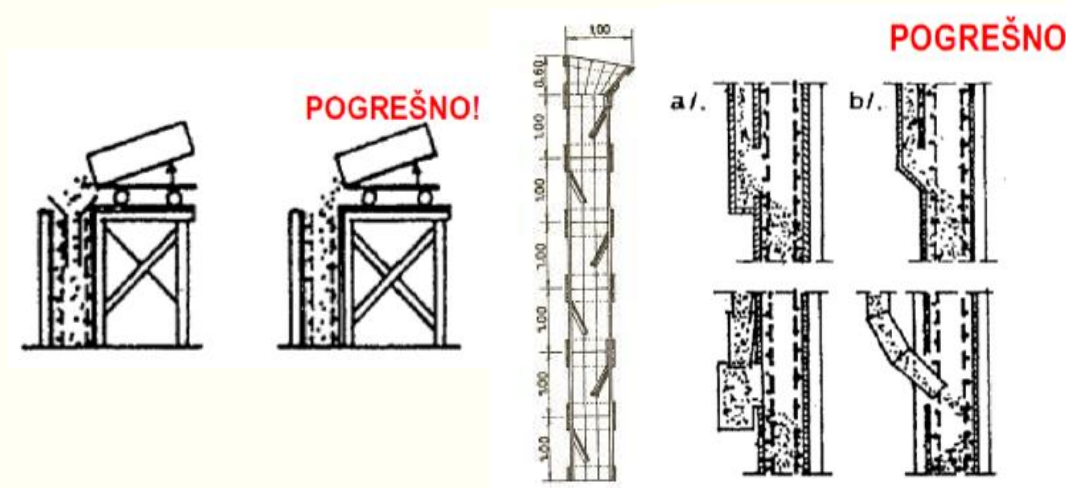
Ugradnja betona – Unošenje u oplatu

- **Ugradnja betona** - faza tehnološkog procesa betonskih radova koja podrazumeva unošenje svežeg betona u oplatu i njegov kompaktiranje (zbijanje); mora se završiti pre početka vezivanja cementa
- **Unošenje betona u oplatu**
- **Unošenje svežeg betona u oplatu** se može vršiti direktnim sipanjem iz transportnog sredstva, uz primenu odgovarajućih levkova-vođica za svež beton, a da bi se sprečila segregacija mešavine, smeša ne sme padati sa visine veće od 1-1.5m



Ugradnja betona – Unošenje u oplatu

- Pri **betoniranju zidova i stubova** manjih visina beton se u oplatu može unositi direktno, odozgo, uz primenu levka, a za veće visine se pored primene dugačkih levkova za sipanje odozgo, beton u oplatu može unositi i bočno, kroz vertikalni žljeb koji se završava kontejnerom koji se tokom betoniranja ispuni betonom, čime se sprečava segregacija betona tokom dalje ugradnje.
- Prilikom **betoniranja horizontalnih ploča**, razastiranja betona iz posude s betonom treba obaviti sa otvorom okrenutim unazad u odnosu na pravac betoniranja, a ukoliko se beton razastire primenom transportnih traka, treba koristiti levak.

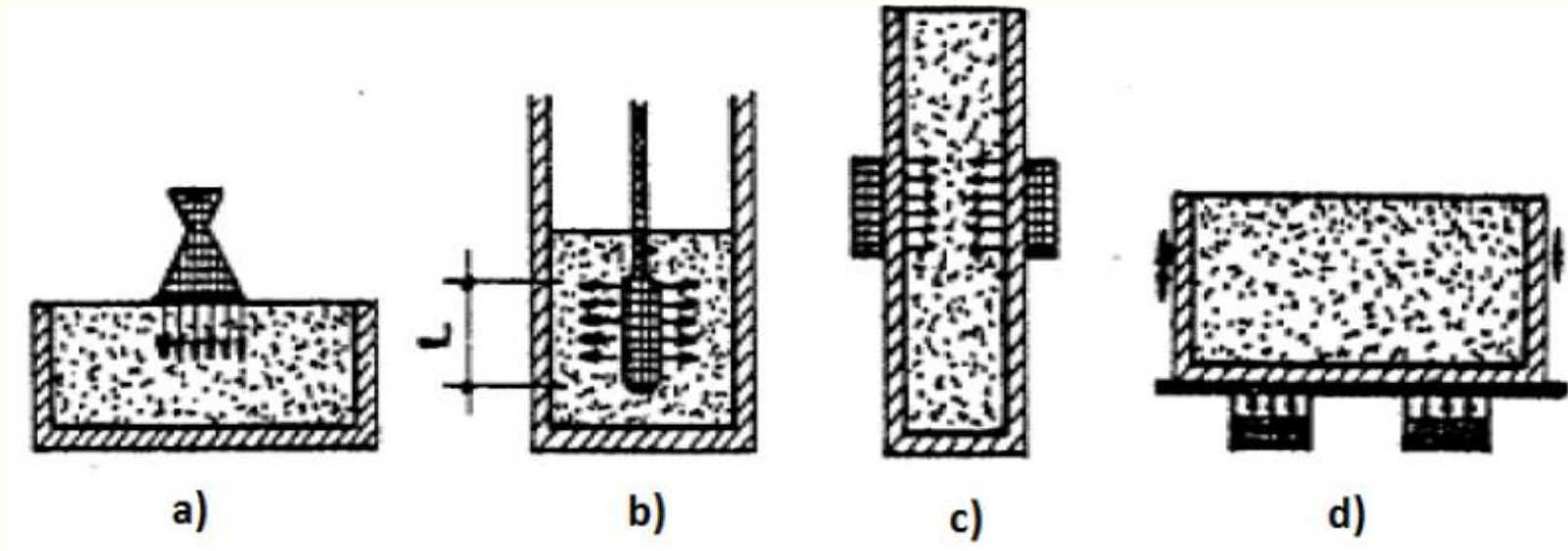


Ugradnja betona – Zbijanje

- **Kompaktiranje (zbijanje) svežeg betona** – mašinski, različitim postupcima **vibriranja betonske mase** – primenom specijalnih mehaničkih uređaja – **vibratora za beton**.
- Primenom vibratora za beton se u betonskoj masi indukuju (izazivaju) prinudne vibracije, kojima se smanjuju sile unutrašnjeg trenja i veze čestica, odnosno smanjuje se viskozitet smeše, pa se čestice bolje međusobno „pakuju“, a iz mase se istiskuje uvučeni vazduh.
- **Efikasnost ugrađivanja betona vibriranjem** zavisi od
 - **Intenziteta vibriranja** – zavisi od amplitude i frekvencije oscilovanja, koje se određuju u zavisnosti od krupnoće agregata (za krupnozrni agregat se primenjuju male frekvencije, a visoke amplitude vibriranja, a kod sitnozrnih je obrnuto). Polifrekventni vibratori imaju mogućnost podešavanja frekvencije vibriranja u skladu sa granulometrijskim sastavom agregata.
 - **Vremena trajanja vibriranja** – zavisi kako od intenziteta vibriranja tako i od konzistencije svežeg betona (nekoliko sec za tečnije mešavine, do 3-5min za kruće), i u svakom konkretnom slučaju postoji optimalno vreme vibriranja posle kog dalje vibriranje nema efekta

Ugradnja betona – Zbijanje

- Podela vibratora za beton prema načinu delovanja:
 - a) Površinski vibratori
 - b) Unutrašnji vibratori
 - c) Oplatni vibratori
 - d) Vibrostolovi



Ugradnja betona – Zbijanje – Površinski vibratori

- **Površinski vibratori – vibroravnjače (vibroletve, vibrodaske, vibrogrede)** se koriste pri ugradnji betona slabo-plastične i krute konzistencije u površinske elemente (ploče, podovi, kolovozne konstrukcije i dr.). Vibracije se generišu rotacijom ekscentrične mase, a njihovo dejstvo se propagira samo po dubini elementa, max dubina dejstva je 25cm. Vreme rada na jednoj poziciji je 20-60s, a površinski vibratori mogu biti posebni uređaji ili u sklopu uređaja kojima se vrši glačanje (perdašenje) površine betona ili u sklopu finišera za izradu betonskih kolovoza.



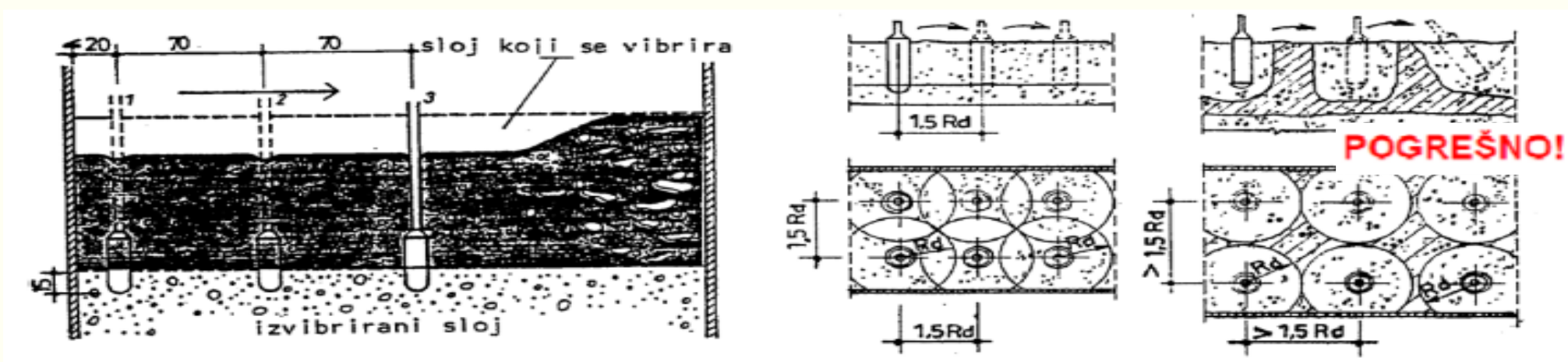
Ugradnja betona – Zbijanje – Pervibratori

- **Unutrašnji (dubinski) vibratori – pervibratori** imaju najširu primenu od svih vrsta vibratora. To su uređaji čija se pervibratorska igla (koja generiše vibracije rotacijom ekscentrične mase u sebi), uroni u masu svežeg betona, a pogonski motor može biti u samoj igli ili van nje (u tom slučaju je s iglom povezan dugačkom, elastičnom osovinom smeštenom u fleksibilnom crevu).



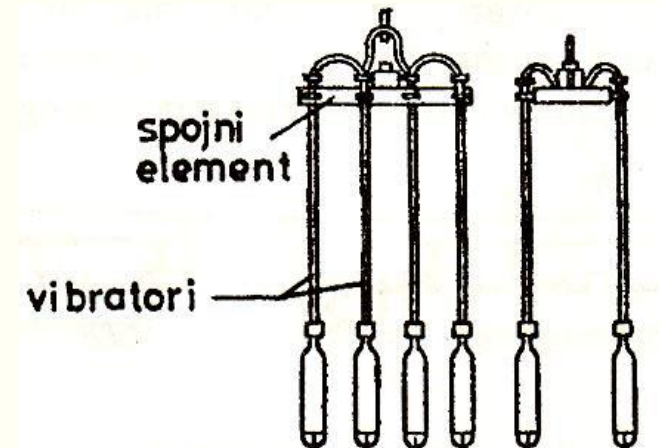
Ugradnja betona – Zbijanje – Pervibratori

- Prečnik vibroigle zavisi od dimenzija elementa u koji se beton ugrađuje i kreće se 30-200mm, a radijus njegovog optimalnog dejstva je oko 4 prečnika i kreću se u granicama 25-75cm. Sloj betona koji se vibrira ne treba da je deblji od 70cm, dužina rada na jednoj poziciji je 20-40s, a rastojanje između susednih pozicija ne treba da je veće od 1.5 radijusa dejstva (da bi se zone dejstva preklopile). Ukoliko se betoniranje vrši u slojevima, uvlačenje igle i u predhodno ugrađen sloj betona (bar 15-20cm) obezbeđuje dobru povezanost slojeva. Pervibrator se u betonsku masu uvlači vertikalno (najviše pod uglom od 45°), igla ne sme da dodiruje oplatu (trebalo bi da je od nje udaljena bar 10cm), a po mogućstvu ne bi trebalo da dodiruje ni šipke armaure. Igla se u masu spušta brzo, a izvlači iz nje sporije (da bi beton ravnomerno ispunio nastalu šupljinu). Vibriranje je završeno nakon što se na površini više ne pojavljuju istisnuti mehurići vazduha, u zoni oko uronjene igle počinje da se izdvaja cementno mleko i dolazi do promene tona brujanja vibratora.



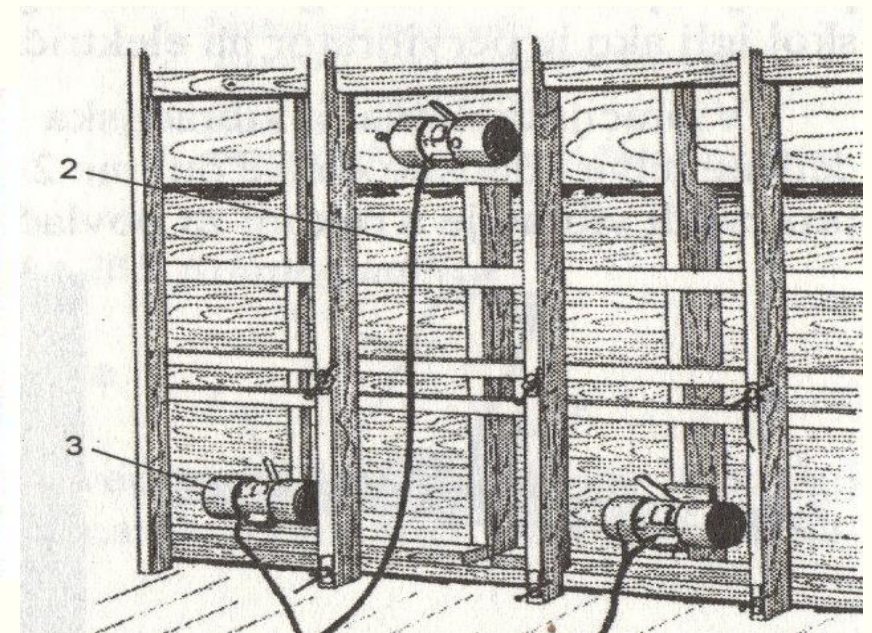
Ugradnja betona – Zbijanje – Pervibratori

- Vibrator s prečnikom igle 25mm (koristi se za veoma tanke elemente i veoma gustu armaturu) ima učinak 1-3m³/h, s prečnikom igle 35-50mm (za tanke zidove i gustu armaturu) 5-10m³/h, s prečnikom 50-75mm (elementi normalne debljine) 10-20m³/h, a s prečnikom 100-150mm (masivni elementi) 25-50m³/h. Koeficijent korisnog dejstva pervibratora je oko 85%, a deklarirani učinak se ostvaruje samo kontinualnim radom koji nije karakteristika realnog proizvodnog procesa, pa se pri određivanju potrebnog broja pervibratora treba držati koeficijenta iskorišćenja od oko 50%.
- Pri betoniranju masivnih betonskih konstrukcija često se koriste vibropaketi – skupovi nekoliko međusobno povezanih pervibratora koje opslužuju (prenose) kranovi ili druga mehanizacija



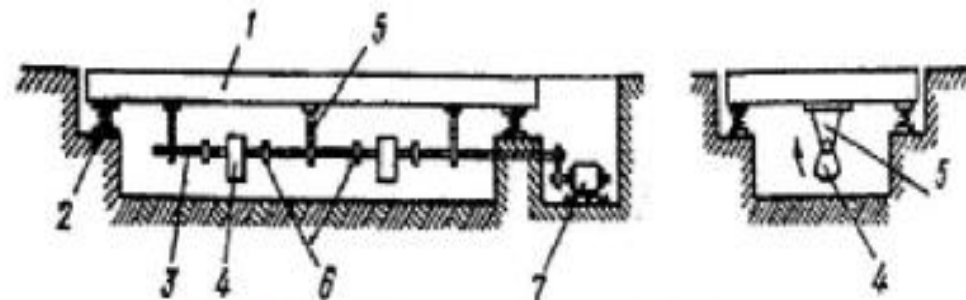
Ugradnja betona – Zbijanje – Oplatni vibratori

- **Oplatni (spoljašnji) vibratori** se koriste u grupi i pričvršćuju za oplatu sa spoljne strane, a koriste se kada primena pervibratora nije moguća zbog dimenzija elemenata i gustine armature (npr. tanki zidovi i sl.), kao i u fabrikama montažnih betonskih elemenata. Da bi oplatni vibrator mogli da se primene neophodna je dobra oplata, a bolji efekti se postižu kada se vibrator montira na elemente za ukrućenje oplata, a ne na samu opšivku. Dejstvo oplatnih vibratora je do dubine od 25cm, a vreme rada na jednom mestu je 50-90s. Posebnu pažnju treba obratiti na ostvarenje i održavanje dobre veze između uređaja i oplata, kao i na pravilnost rasporeda vibratora u cilju sprečavanja rezonance delovanja (koja dovodi do rastresanja betonske mase, a ne zbijanja).

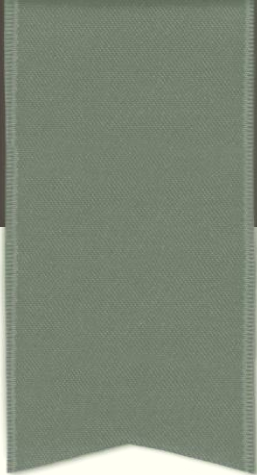


Ugradnja betona – Zbijanje – Vibrostolovi

- **Vibrostolovi** su uređaji za vibriranje koji se primenjuju u fabrikama montažnih elemenata, a na njihovu gornju horizontalnu ploču koja vibrira se postavlja celokupna oplata – čelični kalup elementa. Ponekad su stolovi i kalupi elastično povezani u jedinstvenu celinu – sistem. Veličine vibrostlova su različite – od 1x2m, pa do 14m dužine.



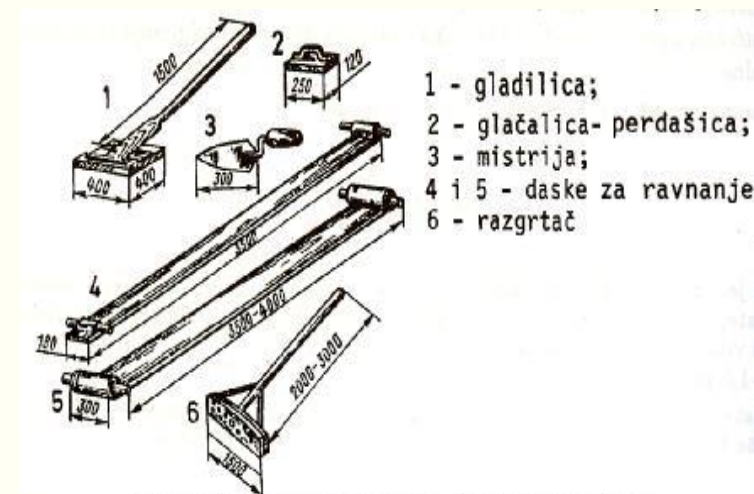
- 1 - vibrostol; 2 - opruga-oslonac;
- 3 - osovina vibratora; 4 - ekscentar;
- 5 - držač osovine; 6 - elastična spojica;
- 7 - elektromotor



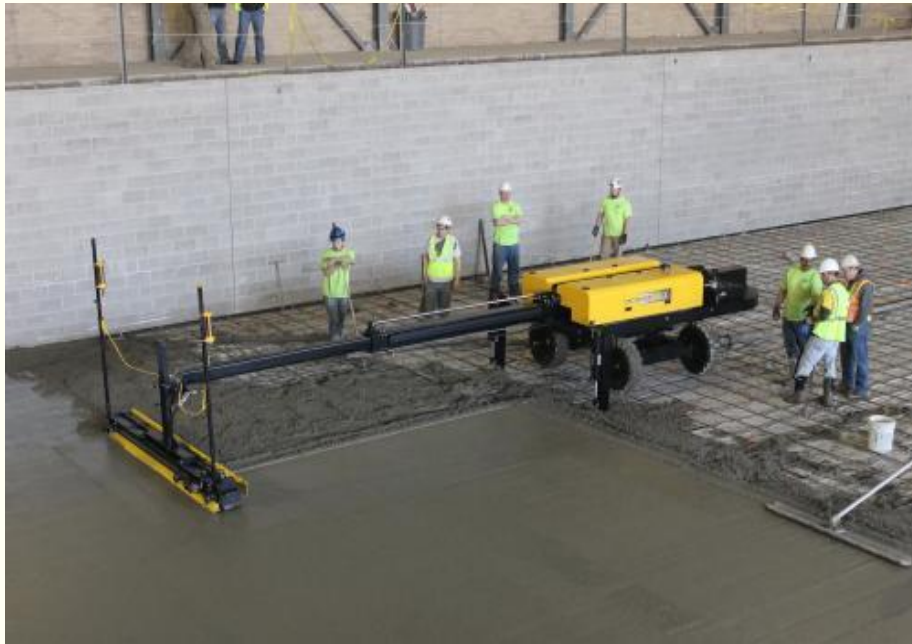
OBRADA BETONA

Obrada betona

- **Obrada betona**
 - postupci završne obrade površine ugrađenog betona
 - postupci tokom prekida i nastavka betoniranja
 - postupci saniranja defekata nakon demontaže oplata
- **Završna obrada (izravnavanje, zaglađivanje) gornje površine** – može se obavljati ili ručnim alatom (ravnjača i perdaška (gladilica) – alatke za ravnanje i za glačanje) ili mehničkim napravama – gladilicama (tanjirastim, helikopter) ili vibroravnjačama = mašinama koje istovremeno ravnaju i zbijaju beton (=površinski vibratori).



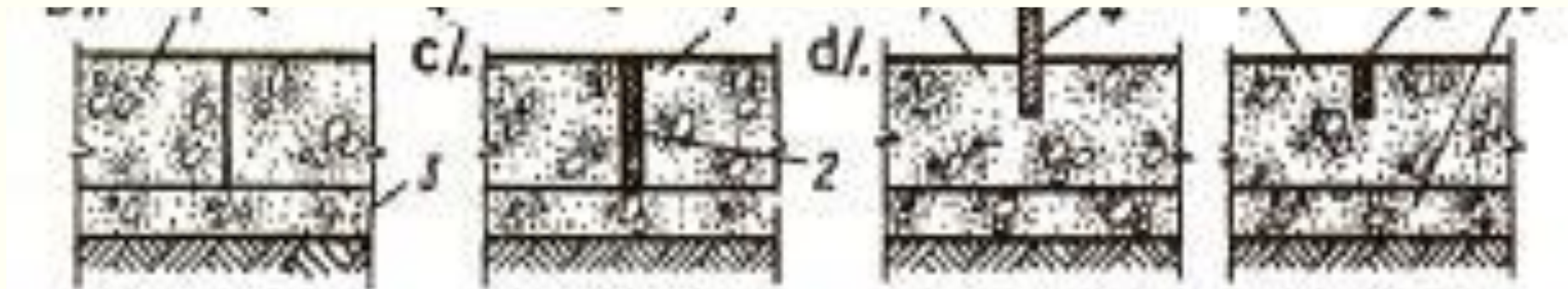
Obrada betona



Obrada betona

- **Prekidi i nastavci betoniranja**

- Nepredviđeni razlozi
 - Tehnološki razlozi
 - Konstrukcioni razlozi
- } Radne spojnice
- Dilatacione razdelnice - Kontrakcione
- Ekspanzione
- Prave — protežu se celom debljinom elementa
 - Prividne (lažne) — protežu se do trećine debljine elementa



Obrada betona

- **Radne razdelnice / spojnice** treba da budu locirane na mestima najmanjih statičkih uticaja u betonskom elementu i po mogućstvu upravne na pravce glavnih napona. Površina betona treba nakon prestanka betoniranja da bude zatvorena **oplatom prekida**. Nastavak betoniranja nakon prekida, ukoliko se beton ugrađuje odmah uz radnu razdelnicu podrazumeva predhodno **čišćenje buduće kontaktne površine**. Čišćenje se sastoji u uklanjanju skrame cementnog mleka sa površinskog sloja „starog“ betona (pomoću ručnog alata – dleta ili čeličnih četki na manjim površinama, odnosno peskarenjem ili električnim četama na većim površinama; ako se razdelnica priprema ranije, odmah nakon kraja vezivanja cementa, cementna pasta se može isprati mlazom vode). Neposredno pre početka ugrađivanja „novog“ betona, kontaktna površina se čisti od prašine vazduhom ili vodom pod pritiskom i dobro nakvasi vodom. Na samu kontaktnu površinu se **nanosi sloj** debljine 2-5cm od cementnog maltera (1:2, 1:3) u vertikalnim spojevima, odnosno od „masnog“ betona (bez najkrupnije frakcije) u horizontalnim spojevima, koji je potrebno dobro utrljati četkama ili se mogu nanositi premazi na bazi sintetičkih smola.
- **Dilatacione razdelnice** su unapred planirani prekidi u elementu, pri čemu postoji razmak – žleb između susednih ivica betona koji se ispunjava elastičnim materijalom. Mogu se formirati umecima od ubetoniranih metalnih, plastičnih ili drvenih letvica debljine 1-1.5cm, ili mašinskim usecanjem žljebova, a najčešće se zatvaraju gumenim ili PVC trakama. **Prividne razdelnice** se najčešće formiraju usecanjem žljebova pomoću drvenih ili metalnih traka debljine 5-10mm, koje se utiskuju u svež beton i u njemu ostavljaju 20-40min, a potom pažljivo vade.

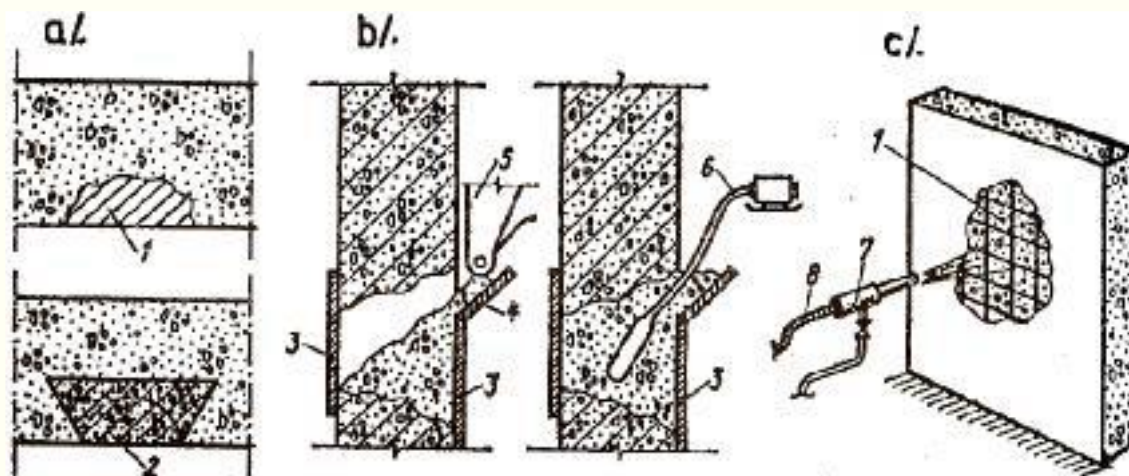
Obrada betona

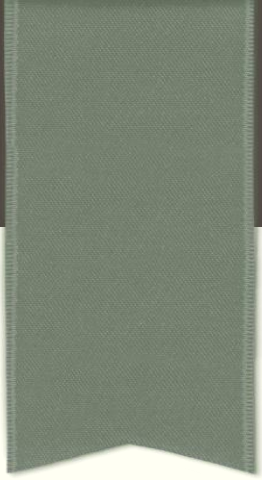
- **Saniranje defekata nakon skidanja oplata**
- **Demontaža oplata**
 - dostignuto 30% MB – za stubove, zidove, vert. delove oplata greda (12h – 2 dana)
 - dostignuto 70% MB – za ploče (3-10 dana), horiz. delove oplata greda (4-21 dan)
- **Manja oštećenja** – sitna ispupčenja i udubljenja se mogu ručno izbrusiti, odnosno ispuniti cementnim malterom (1:2)
- **Saniranje prslina i pukotina – injektiranjem** – Prsline (<3mm) se injektiraju niskoviskoznim sintetičkim smolama (epoksidnim), a pukotine (>3mm) suspenzijama na bazi cementa (cement s većom finoćom mliva, voda, praškasti dodaci (kamenno brašno, elektrofilterski pepeo i sr), aditivi (plastifikatori, akceleratori, retarderi, ekspanderi mase))

Obrada betona

- **Saniranje većih oštećenja**

- Veća udubljenja se štemuju do „zdravog“ betona (najčešće ručnim alatom), prašina se ukloni vazduhom pod pritiskom, a neposredno pre betoniranja se obilno navlaži. Višak betona na površini – ispupčenje nastalo prilikom saniranja oštećenja treba ukloniti štemovanjem pre nego što novi beton dostigne veću čvrstoć, a cela sanirana površina se zatim obradi cementnim malterom. Velike površine se, nakon čišćenja vazduhom pod pritiskom i kvašenja, mogu sanirati i torkretiranjem (pneumatskim nabacivanjem betona).





NEGA BETONA

Nega betona

- **Nega betona** – postupci u cilju sprečavanja gubitka (isparavanja) vode neophodne za proces hidratacije cementa, kao i štetnih posledica plastičnog skupljanja mladog, ugrađenog betona
- **U uslovima normalne temperature sredine** (5°-30°C) sa negom se mora početi rano – 3-6h nakon ugrađivanja.
- Dužina nege – **najmanje 7 dana**, odnosno dok beton ne dostigne 60% MB
- **Nega betona = polivanje betona vodom + pokrivanje sredstvima koja sprečavaju naglo isparavanje vode** (mokre jutane krpe, asure, hartija, plastične folije i sl.) ili upotreba **premaza** (na bazi parafina, silikona, sintetičkih smola).
- Ovi **premazi** na površini betona obrazuju tanak vodonepropusni film koji sprečava isušivanje. Na površinu betona se nanose 0.5-3h nakon završne obrade površine, a lako se skidaju nakon 2 nedelje, ili njihovo uklanjanje nije potrebno.

TEHNOLOGIJA GRAĐENJA – Pitanja po oblastima – DEO 3

BETONSKI RADOVI

▪ **SPRAVLJANJE, TRANSPORT, UGRADNJA, OBRADA I NEGA BETONA**

1. Koje tehnološke linije (vrste građevinskih radova) obuhvata tehnološki postupak izvođenja betonskih elemenata na gradilištu? (1 poen)
2. Opšta tehnološka šema proizvodnje betona (2 poena)
3. Šta je fabrika betona? Navesti osnovne sastavne delove fabrike betona i čemu služe (3 poena)
4. Koja je ključna komponenta fabrike betona i koje vrste postoje prema načinu rada? (1 poen)
5. Navesti vrste mešalica za beton prema načinu mešanja i vrste pumpi za beton prema načinu rada (2 poena)
 - Mešalice za beton prema načinu mešanja
 - Pumpe za beton prema načinu rada
6. Šta je sabirni bunker, a šta pretovarni bunker? (1 poen)
7. Navesti sredstva spoljašnjeg i unutrašnjeg transporta svežeg betona i za kakve konzistencije svežeg betona se primenjuju (2 poena)
 - spoljašnji transport svežeg betona
 - unutrašnji transport svežeg betona
8. Šta je i čemu služi vibrator za beton, koje vrste ovih uređaja postoje i gde se primenjuju? (2 poena)