

Zdravko Linarić

Postrojenja za proizvodnju gradiva

I. dio

Droбилane

Tvornice betona (betonare)

Asfaltne baze (asfaltna postrojenja)

Uvod

1. Drobilane

1.1. Proizvodnja kamene sitneži za potrebe građenja

1.2. Drobljenje kamenog materijala

1.2.1. Drobilice za kamen

1.2.1.1. Čeljusne drobilice

1.2.1.2. Udarne drobilice

1.2.1.3. Kružne drobilice

1.2.2. Mlinovi za kamen

1.3. Sijanje kamene sitneži

1.4. Pokretne drobilane

2. Tvornice betona (betonare)

2.1. Betonski radovi

2.2. Tehnološka oprema za betonske radove

2.3. Spravljanje svježeg betona

2.4. Miješalice za beton

2.4.1. Gravitacijske miješalice za beton

2.4.1.1. Gravitacijske miješalice za beton s vodoravnim bubnjem

2.4.1.2. Gravitacijske miješalice za beton s (pre)okretnim bubnjem

2.4.2. Prisilne miješalice za beton

2.4.2.1. Prisilne (protustrujne) miješalice za beton

2.4.2.2. Valne miješalice miješalice za beton

2.4.3. Pužne miješalice

2.5. Tvornice betona (betonare)

3. Asfaltne baze (asfaltna postrojenja)

3.1. Asfalterski radovi

3.2. Asfaltna masa

3.3. Načini izvedbe asfaltnih mješavina i zastora

3.4. Asfaltne baze (asfaltna postrojenja)

3.4.1. Asfaltne baze s cikličkom miješalicom

3.4.2. Asfaltne baze s kontinuiranim načinom miješanja

3.4.2.1. Asfaltne baze s jednostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalica

3.4.2.2. Asfaltne baze s dvostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalica

3.5. Postrojenja za recikliranje asfaltbetonskog loma

Web – adrese u svezi postrojenja

Promišljanje praktičnog područja primjene strojnog rada pri **građenju**, osim standardnih građevinskih strojeva (koji svojim, u grupama, organiziranim radom čine manje ili više složene sustave strojeva - u užem smislu - za potrebe građenja) obuhvaća također tipična **građevinska postrojenja za proizvodnju osnovnih gradiva**. To su manje ili više složeni strojni sustavi bez kojih je teško pojmjljiva izvedba bilo kojih organiziranih tehnoloških postupaka **građenja** i pripadnih **građevinskih radova**.

Kao neposredna "proizvodno-tehnološka" djelatnost **građenje** obuhvaća izvedbu pripremnih i glavnih **građevinskih radova** te ugradbu ili montažu opreme, gotovih elemenata (sklopova) i drugih građevinskih proizvoda odnosno preradevina. Građenje obuhvaća također rekonstrukciju ili nadogradnju postojećih građevina. **Građevinski radovi** su svi neposredni radovi koji se izvode pri građenju te pri rekonstrukciji, nadogradnji i održavanju odnosno popravci postojećih građevina. U ove radove pripadaju također radovi uređenja terena na kojem se gradi, zatim razne vrste iskopa (iza kojih ostaje prazan prostor primjerice prostor usjeka, zasjeka ili kanala) te zaštite (osiguranja) stranica iskopa od urušavanja, klizanja itd. Osnovne vrste građevinskih radova¹ su zemljani radovi, zatim **betonski i asfalterski radovi** te ostali radovi složeni od navedenih kao primjerice radovi temeljenja (složeni zemljani i betonski radovi), radovi izvedbe ukopanih cjevovoda ili izvedba građevinskih jama (složeni zemljani i betonski odnosno montažerski radovi).

Betonski i asfalterski radovi organizirani kao tehnološki postupak u svojoj ukupnosti obuhvaćaju radne procese i zahvate unutar organiziranih tehnoloških postupaka **proizvodnje, transporta i ugradnje betona i asfaltnih mješavina**. Ako s razmatraju takavi organizirani postupaci građenja kao tehnološki sustavi onda sredstva rada, dakle strojevi i postrojenja, čine međusobno povezane i uvjetovane strojno-tehnološke podsustave za sebe. Nemoguće je planirati ili upravljati ponašanjem odnosno djelovanjem tih podsustava ako se ne sagledavaju kao nedjeljivi elementi cjeline (dakle sustava) proizvodnje, transporta i ugradnje pripadnih gradiva.

Kako je **kamena sitnež** - uz mineralno ili ugljikovodično vezivo – glavna ili osnovna sastavnica (**agergat**) betona i asfaltnih mješavina to su **drobilane** a zatim **tvornice betona (betonare) i asfaltne baze (asfaltna postrojenja)** tri osnovne grupe građevinskih postrojenja koja se moraju sagledavati kao strojni podsustavi za sebe (ali ne izdvojeno!) u okviru bilo kojeg sustava strojeva i ostale tehnološke opreme organiziranih ili ustrojenih za potrebe građenja. **Međutim, valja istaći kako se proizvodnja građevinskih materijala, elemenata i sklopova ne smatra se građenjem u užem smislu.**

Valja također istaći da su suvremena građevinska postrojenja koncipirana i konstruirana u proizvodno-tehnološkom, logističkom i strojno-konstruktivskom smislu uglavnom kao (**složena samohodna ili pokretna strojno-tehnološka oprema koja se nalazi na jedinstvenom samohodnom ili (polu)pokretnom postolju ili kao razmjerno manji, lako demontažni ili ograničeno pokretljivi strojni sustavi**). Posebice je to tako ukoliko se radi o organizaciji njihova privremenog rada na građenju velikih složenih građevina ili sustava građevina - primjerice na izgradnji značajnih investicijskih projekata cestovne infrastrukture ili energetike posebice hidroelektrana.

Međutim, tipična građevinska postrojenja mogu biti **stalni (nepokretni) proizvodni pogoni**² ukoliko opskrbljuju neko urbano područje kamenom sitneži, betonom ili asfaltbetonom. Kao takovi, iako u načelu predstavljaju na neki način industrijska postrojenja, ostaju također nadalje u području građevinarstva kao gospodarske djelatnosti. U tom slučaju se govori primjerice o tzv. **transportiranim betonima ili transportiranim afaltbetonima**, gdje su svježi beton ili vruća asfaltbetonska mješavina tržišni proizvod kao svaki drugi proizvod široke potrošnje.

¹ Osim navedenih osnovnih građevinskih radova u ostale radove pripadaju također građevinsko-instalaterski radovi (vodovodne i kanalizacijske instalacije, ostala sanitarna oprema, instalacije grijanja, ventilacija i klimatizacija, plinske instalacije, gromobrani, dizala, instalacija antena, telefonske instalacije itd) i građevinsko-obrtnički (završni) radovi (teracerski, fasaderski, kamenorezački, gipsarski, keramičarski, soboslikarski, ličilački, tapetarski, krovopokrivački, podopolagački, parketarski, izolaterski, bravarski, limarski, stolarski, roletarski, staklorezački, antikorozijski i td.

² Stalni proizvodni pogoni drobilana kao stabilnih (nepokretnih) postrojenja, koja se između ostalog grade na temelju građevne dozvole u okviru stalnih kamenoloma ili šljunčara, za sada – po važećoj hrvatskoj regulativi - nalaze se u nadležnosti rudarstava i rudarstvu pripadne regulative. Međutim, lako demontažna (prenosiva) ili polupokretna vučena postrojenja drobilana koja se ne postavljaju na temelju posebne građevne dozvole u okviru nekog gradilišta za sada – po nepostojećoj hrvatskoj regulativi – nisu u nadležnosti rudarstava i rudarstvu pripadne regulative.

1. Drobilane

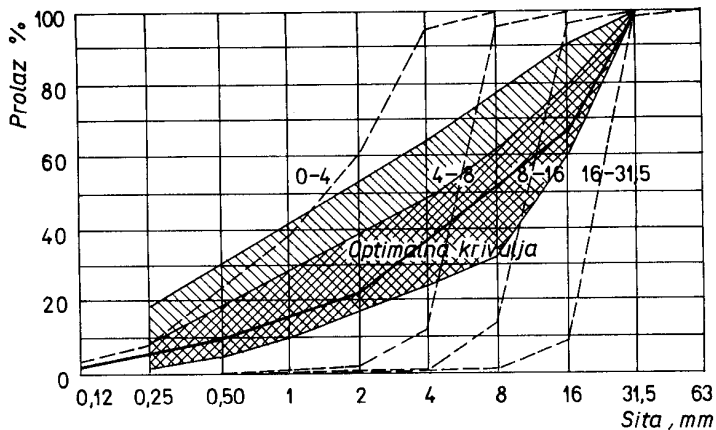
1.1. Proizvodnja kamene sitneži za potrebe građenja

Kamen je osnovni, tipični i zasada nezamjenjljivi građevinski materijal. Kao gradivo primjenjuju se slijedeći oblici odnosno vrste kamenih materijala i prerađevina:

- manje ili više (ne)pravilno kalani ili **cijepani kamen lomljenjak** koji se pridobiva ručnim ili strojnim cijepanjem stijene po plohama prirodnog kalanja,
- **piljeni kamen ili kamene ploče** koji se pridobivaju (1) strojnim piljenjem ili cijepanjem stijene bez obzira na plohe prirodnog kalanja, kao i (2) piljenjem prethodno cijepanih ili piljenih kamenih blokova,
- **lomljeni ili minirani kamen** koji se pridobiva ili miniranjem stijene prije iskopa ili iskopom stijene s mehaničkim načinom njezina razaranja (razbijanje udarom, struganje, ripanje),
- **nesijani i sijani prirodni kamena materijal** kao kamena sitnež prirodnog porijekla pridobiva se iskopom i sijanjem prirodno taloženog pijeska i šljunka u vodotocima, nekadašnjim riječnim udolinama, poplavnim područjima te ostalim područjima tla aluvijalnog porijekla,
- **drobljenac** kao drobljena (preddrobljena ili mljevena) nesijana i sijana kamena sitnež koja se dobiva drobljenjem miniranog lomljenjaka ili drobljenjem krupnih valutica (oblutaka, valutica) aluvijalnih kamenih materijala tj. drobljenjem krupnog šljunka,
- **kameno brašno (i punilo)** koje se dobiva daljnjim mljevenjem prethodno na neki način drobljenje i sijane kamene sitneži.

Prirodno usitnjena sijana te drobljena i sijana **kamena sitnež** osnovna je mineralna sastavnica (**agregat**) bilo koje vrste **betona**. Ona svojim obilježjima daje također osnovna obilježja vrsti betona za koju se rabi. Međutim, (ne)granulirana kamena sitnež rabi u građenju i za druge svrhe kao primjerice za izvedbu filterskih i drenažnih slojeva (zaloga), zatim nosivih slojeva kolovoznih zastora, zastora željezničkih pruga, zatim podloga hidrotehničkih građevina (lukobrana, obaloutvrda ...) itd.

Granulometrijski sastav **drobljene i/ili sijane kamene sitneži** kao **agregata** za (cement)betone (slika lijevo)



normiran je veličinom zrna ("frakcije") 0 - 4 mm (sitan agregat ili pijesak), 4 mm - 8 mm, 8 - 16 mm, 16 mm - 31,5 mm koje su "frakcije" plastičnih betona te zatim 32 mm - 63 mm (tučenac) i 64 mm - 125 mm (šakavac ili batuda) što su "frakcije" agregata krupnozrnih betona. Također je normiran učešćem pojedine "frakcije" u ukupnom sastavu agregata. Granulometrijski sastav **agregata za asfaltbetone** normiran je veličinom zrna kao kod betona u užem smislu pojma tj. 0 - 4 mm, 4 mm - 8 mm, 8 mm - 16 mm, 16

mm - 32 mm, 32 mm - 64 mm i 64 mm - 128 mm što su nazivne frakcije asfaltbetona, kao i tzv. "međufrakcijama" veličine zrna 2 mm - 4 mm, 8 mm - 11 mm, 11 mm - 16 mm, 16 mm - 22 mm, 22 mm - 32 mm i 32 mm - 45 mm.

Cilj je svake proizvodnje prethodno navedenih oblika i vrsta kamene sitneži kvalitetan proizvod koji se mora svojom konačnom proizvodnom granulometrijom odnosno sastavom pojedinih vrsta zrna ("frakcija") u smislu njihove veličine uklopiti u propisani ili traženi granulometrijski sastav betona ili asfaltbetona odnosno uklopiti u granulometrijski sastav kamenog gradiva za izvedbu ostalih nasutih konstrukcija od kamene sitneži (nosivi "tamponski" slojevi, stabilizirani slojevi, drenažni slojevi, filterski slojevi, podloge od kamene sitneži, itd).

1.2. Drobljenje kamenog materijala

Osnovni tehnološke procesi i oprecije proizvodnje kamene sitneži su **drobljenje i sijanje** koji omogućavaju tzv. oplemenjivanje krupnog šljunka ili miniranog lomljenjaka u kvalitetnu kamenu sitnež željene veličine i oblika te granulometrijskog sastava zrnja. Stoga **proizvodnja kamene sitneži** kao gradiva za bilo koju vrstu građevinskih materijala, radova i konstrukcija podrazumijeva (nakon prethodnog iskopa stijene ili aluvijalnog tla na bilo koji način) slijedeće tehnološke postupke i zahvate -

- ili samo **sijanje** uz ili bez prethodnog predrobljavanja odnosno mljevenja prosijane krupnozrnate kamene sitneži aluvijalnog porijekla (uz napomenu da prerada aluvijalnog kamenog materijala uz navedeno može obuhvatiti također njegovo razmuljivanje i pranje ukoliko je pomiješan s glineno-prašinstim sastojcima),
- ili **drobljenje s sijanjem** krupno iskopanog kamenog materijala uz njegovo možebitno daljnje predrobljavanje ili mljevenje (uz napomenu da prerada miniranog kamenog materijala uz navedeno može obuhvatiti također njegovo prethodno rešetanje ukoliko je pomiješan s tehnološki nepovoljnim zemljanim i sličnim trošnim sastojcima koji čine tzv. jalovinu).

U suvremenoj visokoproduktivnoj proizvodnji kvalitetne kamene sitneži za potrebe građenju koristi se samo strojni rad odnosno kamena sitnež se drobi i sije u postrojenjima koja se ukratko zovu, **drobilane** uz napomenu da se postrojenja za sijanje zovu u praksi često "**separacije**" pa je moguć također pojam odnosno naziv razmatranih postrojenja također "**drobilane i separacije**".

Osnovna tehnološka operacija, koja daje ključna proizvodno-tehnološka obilježja drobilani, kao strojnom sustavu (postrojenju), svakako je **drobljenje** kamenog materijala. Ukoliko se drobljenje izvodi u nekoliko stupnjeva, primjerice sekundarno drobljenje ili predrobljavanje ili mljevenje a zatim tercijarno drobljenje ili mljevenje, tada postoji unutar drobilane **proces drobljenja** kamenog materijala.

U pogledu obilježja zrnatosti drobljenca razlikuje se **grubo drobljenje** promjera drobljenca iznad 64 mm, **srednje grubo drobljenje** promjera do 64 mm, **sitno drobljenje** promjera zrna do 32 mm, zatim **grubo mljevenje** promjera kamene sitneži do 4 mm, **sitno mljevenje** promjera zrnaca do najviše 0,25 mm iznimno 0,71 mm (primjerice tzv. **kameno brašno**) i **koloidno mljevenje** promjera "čestica" manjeg od 0,063 mm (primjerice **punilo** asfaltbetonskih mješavina)

Drobljenje je fizikalni postupak. Mehaničko drobljenje u smislu tehnike i tehnologije djelovanja opreme za drobljenje na kamenu materijal može biti trojako -

- **drobljenje pritiskom** što je drobljenje tzv. "statičkim putem" gdje veliku ulogu u procesu drobljenja ima **trenje** između kamena i strojnih dijelova koja drobe kamen,
- **drobljenje udarom** što je drobljenje tzv. "dinamički putem",
- **drobljenje gnječenjem** kao kombinacija navedenih drobljenja udarom i pritiskom.

Primjena navedenih osnovnih načina drobljenja kamena ovisi o slijedećim čimbenicima:

- prvenstveno o **porijeklu i vrsti kamena** odnosno o **njegovim fizičko-mehničkim svojstvima** (minirana stijena eruptivnog, metamorfog ili sedimentnog porijekla; miješani kamenu materijal aluvijalnog porijekla; čvrstoća, tvrdoća, krhkost ili krtost, žilavost, kalvost, plastičnost, zrnatost, abrazivnost kamena itd.), zatim
- o **ulaznim obilježjima (veličina, oblik usitnjenosti, sastav) kamenog materijala (aluvija, minirane stijene)** koji se namjerava drobiti (a koja proizlaze iz načina i stanju prethodne "pripreme" stijene u ukupnom tehnološkom postupku proizvodnje kamenih gradiva)
- o traženom **stupnju drobljenja** (stupanju drobitosti) odnosno o konačnoj **veličini i obliku zrna** te o konačnom **granulometrijskom sastavu drobljenca**,
- o potrebnom **učinku drobljenja (proizvodnom kapacitetu drobilane)**, te
- o ostalim proizvodno-tehnološkim i organizacijskim posebnostima građevinskih radova kojima pripada ili kojima je namijenjena proizvodnja kamene sitneži (masovni zemljani radovi nasipavanja nosivih, stabiliziranih, derenažnih i filterskih slojeva; betonski radovi; asfalterski radovi; proizvodnja u stalnim ili pokretnim postrojenjima; položaj postrojenja u pogledu blizine iskopa kamenog materijala itd).

Iako se ovdje navodi posljednja, ključna je ekonomičnost načina drobljenja koja bi morala za traženu kvalitetu dati, uz najveću moguću produktivnost (proizvodnost), najmanje proizvodne troškove posebice one koji se odnose na utrošak pogonske energije i tzv. "habajućih" strojnih dijelova koji vrše neposredno usitnjavanje kamena.

1.2.1. Drobilice za kamen

Osnovna strojno-tehnološka oprema za usitnjavanje kamena su **drobilice za kamen**. U skladu s prethodno navedena tri moguća načina drobljenja kamenih materijala drobilice se razvrstavaju, kao prvo, po svojim tehničko-tehnološkim obilježjima također u tri osnovne grupe³:

- **kružne drobilice** koje drobe pritiskom,
- **udarne drobilice** koje drobe udarom,
- **čeljusne drobilice** koje drobe gnječenjem.

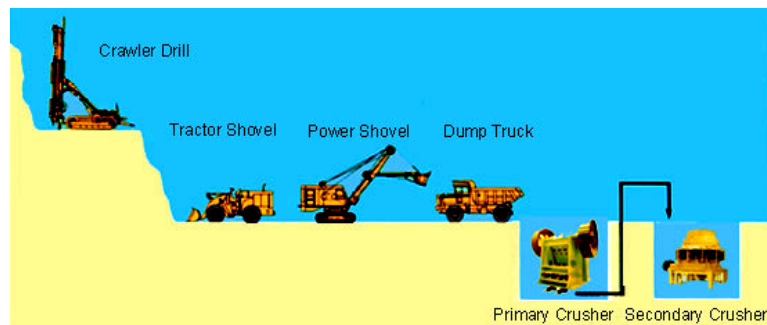
Nadalje se drobilice dijele, kao drugo, u smislu konačne kvalitete proizvedene kamene sitneži - posebice što se tiče veličine zrna - na **drobilice** u užem smislu i **mlinove** kao podvrstu drobilica.

Mlinovi su drobilice razmjerno manjeg učinka koje služe za predrobljavanje ili mljevenje prethodno drobljenih te sijanih poluproizvoda kamene sitneži ili viška prethodno drobljenih te sijanih proizvoda kamene sitneži određene mjere. Mlinovi su tako konstruirani da kamena sitnež preko određene veličine zrna ne može napustiti proces drobljenja u njemu dok se ne veličina zrna ne smanji na traženu veličinu.

Obzirom na položaj u postupku proizvodnje kamenih gradiva (položaj u procesu drobljenja ili položaj u postupku dobivanja kamene sitneži ili pločaj u postrojenju) drobilice se dijele, kao treće, na (*slika dolje*) -

- početne ili **primarne drobilice** ili preddroblilice,
- završne drobilice i to **sekundarne i tercijarne drobilice** odnosno **mlinove**.

U tehnološkom postupku proizvodnje kamene sitneži (*slika dolje*), na kraju u postrojenju drobilane, kao primarne drobilice za kamen uglavnom i najčešće koriste se čeljusne drobilice dok se kao sekundarne uglavnom koriste udarne i kružne drobilice ili mlinovi (*na slici dolje vidi se čeljusnadrobnica kao početna a kružna kao završna drobnica*).



Kod nekih vrsta jako abrazivnih kamenih materijala mogu se iz posebice iz proizvodno-troškovnih razloga kao primarne primjeniti kružne drobilice.

Također je moguće drobljenje i predrobljavanje, uvjetno rečeno, "mekših" (tj. manje abrazivnih i manje čvrstih) kamenih materijala (kao što su primjerice neke

vrste vapnenaca) samo s udarnim drobilicama pa su one u takvim slučajevima ujedno primarne i sekundarne drobilice odnosno mlinovi.

Kao sekundarne drobilice odnosno mlinovi mogu se koristiti se također posebno konstruirane manje čeljusne drobilice, koje se tada nazivaju "čeljusni granulatori", a služe za proizvodnju kamene sitneži određenog oblika i promjera zrna te jednolikog granulometrijskog sastava.

Samo drobljenje, bilo pritiskom bilo udarom bilo gnječenjem, izvodi se pomoću strojnih dijelova - obloga ili greda ili čekića ili valjaka - od posebnih tvrdih metala ili slitina čelika koje se tokom procesa drobljenja troše tj. habaju u dodiru s materijalom koji se drobi. Utrošak "habajućih" dijelova odnosno troškovi habanja iznose do oko 50% ukupnih troškova drobljenja. Stoga se neprekidno istražuju i primjenjuju novi čelici otporni na habanje. Značajna je u tom smislu (osamdesetih godina prošlog stoljeća proizvedena) 12% Mn (manganska) čelična slitina kao i kasnije pronađena čelična slitina prozvana NI-Hart, koja mnogo otpornija od prvotno navedene 12% Mn čelične slitine. Valja također istaći da se u okviru procesa drobljenja manje od 1/5 energije utroši samo za drobljenje a da se preko 2/5 energije izgubi zbog svladavanja mase, trenja, topline, habanja i ostalog izvan samog neposrednog procesa drobljenja. Stoga se prvenstveno iz tehno-ekonomskih razloga mora provoditi takav odabir moguće vrste drobilica kako bi se njima izvodilo u svakom pogledu ekonomično odnosno viskoproduktivno rentabilno drobljenje unutar ukupne proizvodnje neke razmatrane drobilane.

³vidi način rada pojedinih vrsta drobilica na web-adresi internta: <http://www.aubema.de/>

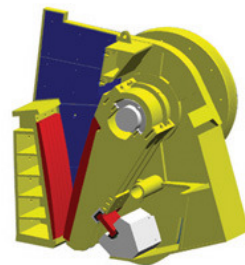
1.2.1.1. Čeljusne drobilice

Čeljusne drobilice (slika desno) najstarija je vrsta drobilica koja se još uvijek uspješno rabi za drobljenje svih vrsta kamenih materijala bez obzira na njihova ukupna fizičko-mehanička svojstva a posebice u pogledu njihove "drobivosti" (koja se može shvatiti kao neki oblik manjeg ili većeg otpora kamena prema drobljenju). Razlog tomu je njihova jednostavna radna koncepcija i sukladno tomu pripadna strojna konstrukcija te razmjerno niski pogonskih i proizvodni troškovi.

Drobljenje pri čeljusnim drobilicama omogućavaju dvije posebno oblikovane ploče (slika ispod lijevo) od posebnog čelika



međusobno smještene u obliku čeljusti ili slova "V". Jedna ploča je nepomična a druga je pomična pri čemu se pomična ploča naizmjenično giba (njiše) s jedne na drugu stranu prema nepomičnoj ploči. Prilikom gibanja jedne ploče prema drugoj između njih se drobi kamen (slika ispod desno). Nepomična ploča stoji u približno uspravnom položaju a pomična ploča je pod kutom. Na taj način se u gornjem dijelu prostora između čeljusti izvodi većim dijelom drobljenje udarom a u donjem dijelu većim



dijelom pritiskom ("trljanjem"). Veličina otvora (razmak) između ploča na dnu čeljusti ("izlazni otvor drobilice") određuje veličinu drobljenja te prolaz drobljenog materijala kroz drobilicu a time ujedno učinak drobilice.

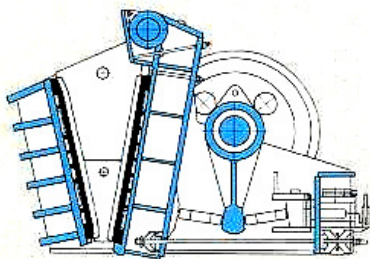


Čeljusne drobilice u načelu ne daju kvalitetanu drobljenu kamenu sitnež ni po obliku zrna ni po granulometrijskom sastavu a što je razlog da se u drobilanama koriste najčešće kao **primarne drobilice**. Oblik drobljenog kamena je uglavnom kockast ("kubičast") i jednolikog je granulometrijskog sastava po određenom promjeru drobljenog zrna.

Primarne čeljusne drobilice dijele se u pogledu načina drobljenja i same konstrukcije na **čeljusne drobilice s njihalom** (njihajuće čeljusne drobilice, čeljusne drobilice s dvostrukim koljenom, imenuju se također po svom konstruktoru **drobilice tipa "Blake"**) i **čeljusne drobilice s ekscentrom**⁴ (čeljusne drobilice s jednim koljenom).

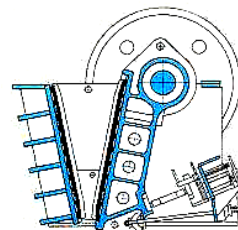
Kod **čeljusnih drobilica s njihalom** (slika lijevo)

pomična ploča učvršćena je u gornjem dijelu a giba se u donjem dijelu. Pri tomu gibanje donjeg dijela ploče omogućava njihalo koje je pomoću motke ili ojnice spojeno s pomičnom pločom. Stoga ova vrsta čeljusnih drobilica više drobi udarom a manje pritiskom (trenjem) pri izlaznom otvoru. Obzirom na način kretanja materijala između ploča i način drobljenje u pojedinim dijelovima prostora čeljusti, ove drobilice imaju manje habanje čeljusti nego ekscentrične drobilice. Stoga se primjenjuju za drobljenje tvrdih abrazivnih posebice miniranih kamenih materijale u stalnim postrojenjima. Razlog tomu je



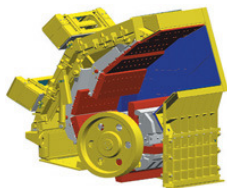
također njihova veća masa a time ujedno njihova veća cijena košatanja pa se mogu ekonomično koristiti ("amortizirati") samo u stalnim postrojenjima velikog proizvodnog učinka.

Kod **čeljusnih drobilica s ekscentrom** (prve tri slike gore, slika desno) pokretna ploča je odnosno čeljust učvršćena u donjem dijelu a pomiče se amo tamo u gornjem dijelu. Ekscentar je smješten na gornjem dijelu pomične čeljusti. Lakše su od čeljusnih drobilica s njihalom pa se posebice koriste u prenosivim lako demontažnim i pokretnim (vučenim ili samohodnim) drobilanama.



⁴ donedavno su u uporabi bile također udarne čeljusne drobilice kao podvrsta čeljusnih drobilica s ekscentrom kod kojih se je učinak drobljenja "pojačavao" dodatnim udarom pokretne ploče na materijal koji se drobi.

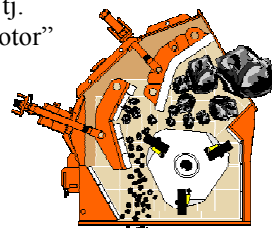
1.2.1.2. Udarne drobilice



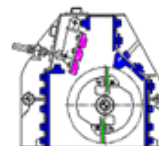
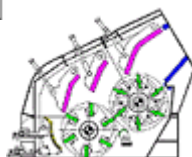
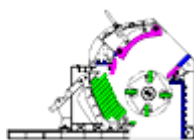
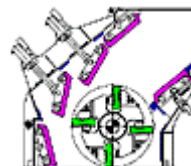
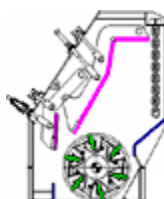
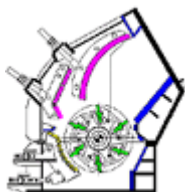
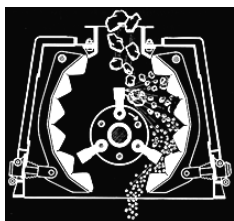
Udarne drobilice (slika lijevo) "proizvode" vrlo kvalitetan drobljenac i po obliku i po granulometrijskom sastavu kamene sitneži. Imaju razmjeno veći utrošak energije i habajućih dijelova.

Primjenjuju se uglavnom za sekundarno drobljenje ili predrobljavanje svih vrsta kamenih materijala u smislu njihova geloškog porijekla i fizičko-mehaničkih svojstava. Međutim, razmjerno su neekonomične pri drobljenju jako tvrdih, čvrstih te posebice abrazivnih kamenih materijala eruptivnog ili metamorfnog porijekla te dolomitiziranih sedimentnih stijena. U takvim slučajevima brzo i jako se troše (habaju, lome) dijelovi koji neposredno drobe kamen. Primjenjuju se također kao **primarne udarne drobilice** u slučaju drobljenja primjerice nekih vrsta vapnenaca. U tom slučaju su te drobilice ujedno sekundarne drobilice/mlinovi pa se nazivaju **udarne drobilice-mlinovi** (njem. *Prall-mahl-muelle*).

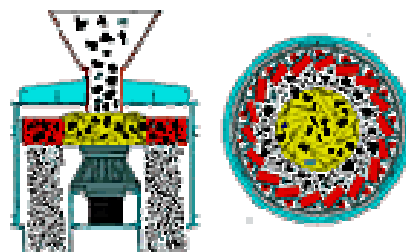
Osnovni dijelovi udarne drobilice su posebno oblikovani okretni dio tj. "rotor" i ploče tzv. "statora" (slika lijevo). Drobljenje se odvija na način da "rotor" baca kamen na ploče "statora" gdje se isti razbija udarom. Dio drobljenca se odbija prema rotoru gdje se ponovo dalje usitnjava udarom rotora. Kvaliteta usitnjavanja se postiže "regulacijom" razmaka između "rotora" i ploča "statora" na način da se "regulira" sila (= masa * ubrzanje) udara kamenih komada na obloge ploča "statora".



Obzirom na konstrukcijska obilježja rotor i statora udarne drobilice mogu biti s **čvrstim udarnim gredama na rotoru** (slika desno iznad) ili s **okretnim ("slobodnim") udarnim čekićima na rotoru** (tzv. "čekićare", slika lijevo). Kao drugo, mogu biti s okretanjem rotora samo u jednom smjeru (**jednosmjerne udarne drobilice**, slika desno gore) ili **dvosmjerne (tzv. "reverzibilne") udarne drobilice** (slika lijevo). Kao treće, obzirom na broj rotora, mogu biti (najčešće u uporabi) **jednostruke udarne drobilice** (slike gore i dolje) ili (rijeđe u uporabi) **dvostruke udarne drobilice** (sličica u sredini na slici dolje). Stoga se proizvode se raznovrsni tipovi primarnih i sekundarnih udarnih drobilice s vodoravnom osi okretanja rotora (sličice slike dolje gdje su uglavnom prikazane jednosmjerne udarne drobilice različitog oblika statora i rotora).

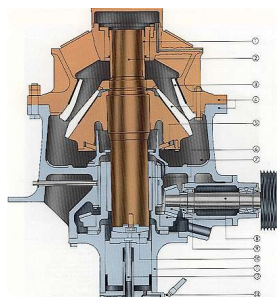


Posebna vrsta suvremenih udarnih drobilica tzv. **centrifugalne udarne drobilice** ili mlinovi s uspravnom osi okretanja "rotora". Služe za drobljenje krupnozrnatih aluvijalnih kamenih materijala ili predrobljavanje prethodno drobljene krupnije kamene sitneži. Osnovno je obilježje ovih drobilica da se kamena sitnež drobi sama o sebe (slikoviti predstavnik ovih drobilica je električni mlinčić za kavu). Stoga se koriste, kao vrlo ekonomične u proizvodno-tehnološkom smislu, za predrobljavanje jako tvrde odnosno abrazivne kamene sitneži koja sadrži većoj mjeri silicij.



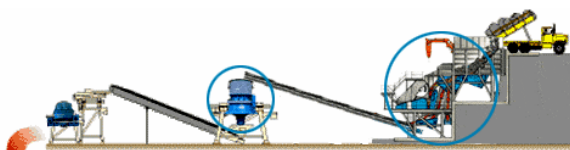
1.2.1.3. Kružne drobilice

Kružne drobilice drobe pritiskom pri čemu trenje igra odlučujuću ulogu. Stoga se uglavnom



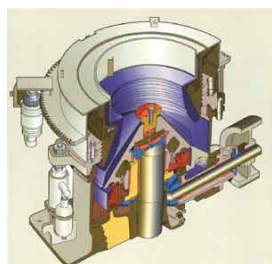
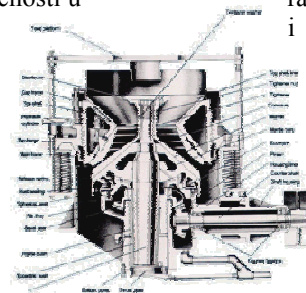
primjenjuju za drobljenje čvrstih, tvrdih i jako abrazivnih kamenih materijala

posebice onih s velikim učešćem silicija u svojem sastavu. Navedeno ne znači da se kružne drobilice ne koriste za drobljenje ostalih vrsta kamenih materijala posebice. Primjenjuju se također zbog svoje ekonomičnosti u radu, posebice iz razloga malog utroška energije "habajućih" dijelova, kao velike primarne



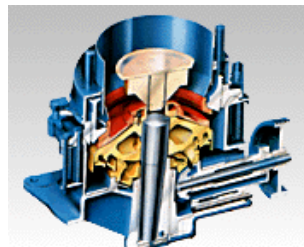
(početne) kružne (pred)drobilice (slika lijevo gore)

U načelu ove drobilice daju kvalitetnu drobljenu kamenu sitnež posebice u pogledu granulometrijskog sastava pa su najčešće u primjeni kao sekundarne ili tercijarne drobilice odnosno mlinovi (slika desno gore i slika desno). Međutim kod nekih kamenih materijala posebice tankoslojevitog stijenskog porijekla oblik zrna nakon drobljenja ne zadovoljava zbog igličastog ili štapičastog izgleda.



Kružne drobilice dijele se na:

- (1) kružne drobilice s usporavnom osi okretanja odnosno **drobilice s žrvnjom** (slikoviti predstavnik ovih drobilica je nekadašnji ručni mlinčak za kavu), gdje je oblik žrvnja:
 - ili (1.1) konusni - pa se takve drobilice u praksi zovu **konusne drobilice ili "žirakon"** drobilice (to su uglavnom primarne ili sekundarne drobilice, *prethodne slike gore lijevo i desno*),
 - ili (1.2) sferni - pa se takve drobilice u praksi zovu **"žirasfer"** drobilice (koje su ustvari mlinovi, *slika desno*)
 - ili (1.3) disk- pa se takve drobilice u praksi zovu **"žiradisk"** drobilice (*slika lijevo*) (koje su ustvari mlinovi).
- (2) drobilice s vodoravnom osi okretanja odnosno **valjčaste drobilice** koje se opet dijele obzirom na broj valjaka između kojih se vrši drobljenje materijala na **jednostruke, dvostruke valjčaste drobilice i trostruke valjčaste drobilice** (ove drobilice uglavnom se koriste za mrvljenje gline).



1.2.2. Mlinovi za kamen

Mlinovi su sekundarne i tercijarne drobilice koje služe za mljevenje predhodno drobljenih kamenih poluproizvoda ili viška drobljenih kamenih proizvoda preko određene mjere. Oni su tako konstruirane drobilice u kojima kamena sitnež preko određene veličine zrna ne može napustiti proces drobljenja dok se zrnje ne smanji na traženu veličinu. Najčešće rabljeni su udarni i kružni mlinovi te čeljusni granulatori. Kružni mlinovi posebnog oblika su **mlinovi štapičari** i **mlinovi kugličari**.

Udarni mlin (*slika lijevo*) je ustvari po svojoj osnovnoj konstrukciji udarna drobilica s rešetkom na izlaznom dijelu koja nepromjenljivim razmakom šipki rešetke određene mjere ograničava veličinu izlaznog zrna na mjeru drobljenja koja omogućava prolaz zrnja kroz rešetku.

"**Čeljusni granulator**" je čeljusni mlin vrlo malog učinka ili i vrlo malog izlaznog otvora čeljusti koje drobe. Uglavnom služi za proizvodnju kamene sitneži jednolokog sastava primjerice za potrebe izvedbe filterskih slojeva i drenažnih tepoha odnosno zaloga od kamenog materijala. Sličnih tehnoloških obilježja su kružni mlinovi.



1.3. Sijanje kamene sitneži

Sijanje suhog ili mokrog drobljenog odnosno prirodno usitnjenog kamenog materijala provodi se posebnim strojevima ili uređajima koja se najčešće pojednostavljeno nazivaju **sita** (*slika desno*). Samo sijanje ustvari je mehanički postupak propuštanja kamene sitneži kroz metalna, gumena ili plastična pletiva određene veličine okanaca.



U smislu izgleda ili oblika same plohe sijanja mogu postojati **okrugla** (“cilindrična”, **kružna**) **sita** i **ravna sita** (*slika desno*). Ravna sita se dijele na tzv. **rešeta** (**rešetaljke**) i **sita** u užem smislu. **Rešetaljke** se sastoje (*donja slika: desni dio iznad prihvatnog bunkera pokretne sita*) od uzdužnih propusnih rebara a sita u užem smislu su pletiva dakle imaju okanca (otvore) većeg ili manjeg promjera.

Sita kao cjelovite strojne konstrukcije (postolje, sita, oslonci, pogon itd.) - u smislu prostornog položaja ploha sijanja kod ravnih sita ili osi okretanja kod okruglih sita - mogu biti **vodoravna** i **kosa sita**. Okrugla sita su uglavnom uvijek malo zakošena sita a siju materijal njegovim slobodnim padom po plohi sijanja po kojoj se odižu dijelom uslijed inercije.

Kosa sita s ravnim plohama sijanja (*donja slika: lijevi dio iznad prihvatnog bunkera pokretne sita; naredno poglavlje 1.4. - početna slika gore; slika tercijarnog dijela pokretne drobilane u*) i **vodoravna sita s ravnim plohama sijanja** (*naredno poglavlje 1.4. - slika sekundarnog dijela pokretne drobilane*), uglavnom su sastavni dio lako demontažnih prenosivih, (polu)pokretnih i samohodnih drobilana koje se primjenjuju pri građenju.

Sijanje se kod kosih sita (sa ravnim plohama sijanja) može izvoditi slobodnim padom odnosno **klizanjem** materijala po plohi sijanja ili se može izvoditi **trešenjem** sita. Pri tomu sita mogu biti, u smislu način njihova pridržavanja, **ovješena** (**viseća**) **sita** i **oslonjena** (**stojeća**) **sita**. Vodoravana sita siju samo trešenjem. Sijanje trešenjem se odnosi na tzv. dinamička sita.

Trešenje kosih dinamičkih sita može se izvoditi njihanjem (ljuljanjem) ili (najčešće) vibracijom (slobodnom oscilacijom) te se takova sita nazivaju **vibracijska sita** (*stoga se pod pojmom vibracijskih sita razumjevaju uglavnom oslonjena kosa sita s ravnim plohama sijanja*).

Posebna vrsta vibracijskih sita su **rezonantna sita** gdje je ravna ploha sijanja vodoravna, a tresu na načelu prinudne oscilacije (*stoga se pod pojmom vodoravnih sita razumjevaju uglavnom rezonantna sita s vodoravnim ploham sijanja*). To je oblik oscilatornog gibanja plohe sita koji izaziva skakanje kamene sitneži po vodoravnoj plohi sijanja u smjeru naprijed. Vibracijska i vodoravna sita imaju daleko veći učinak sijanja nego njihajuća sita pa se ova rijetko primjenjuju.

Sita kao ukupna konstrukcija mogu imati jednu ili više ploha sijanja odnosno mreža različitog otvora (pa su jedno-, dvo-, tro- ili više-etažna sita) pri čemu uvijek kod kosih sita slijedi mreža manjeg otvora ispod ili iza mreže većeg otvora. Pojedine mreže sita mogu biti postavljena u međusobnom odnosu dvojako, kao (1) uzastopno sito (to su onda jednoplošna jednoetažna sita s više različitih mreža koja slijede u istoj ravnini jedna za drugom što se najčešće primjenjuje kod rezonantnih jednoetažnih **vodoravnih sita**), i kao (2) uporedni višeplošni (katni) način (to su onda uglavnom kosa **višetažna vibracijska sita**) ili (3) na složeni način od prethodno navedena dva načina (to su onda rezonantna **vodoravnih više-etažna sita**). Pri tomu **mreže sita** mogu biti uobičajeno metalne (čelične) te plastične odnosno posebne gumene (armirane) mreže. Zbog svoje trajnosti i otpora na trošenje u suvremenim drobilanama uglavnom više koriste gumene ili plastične nego metelne mreže.



Sita su sastavni dio drobilana i tzv. “separacija” (samostalna postrojenja samo za sijanje usitnjenih kamenih materijala). Posebice su organizacijski, tehnološki i logistički pogodna polupokretna vučena sita na kotačima (*slika desno*) ili samohodna sita na gusjenicama za sijanje aluvijalnih kamenih materijala u privremenim nalazištima ili za primarno sijanje odnosno rešetanje miniranih materijala u kamenolomima prije prerade na drobilani. Na taj način se drobilana ne “bavi” s jalovinom što je ekonomičnije u svakom pogledu.

1.4. Pokretne drobilane

Droбилane, koje se koriste pri građenju (pripadaju “zakonski” građevinarstvu odnosno djelatnosti građenja), u načelu su manja prenosiva lako i brzo demontažna postrojenja (slika desno: droбилana koje se proteže lijevo prema dole na čitavom prostoru kamenoloma) ili pokretna (vučena na kotačima) postrojenja ili samohodna postrojenja na gusjenicama (slika desno gornje desno postrojenje u desnom dijelu ili uglu prikazanog kamenoloma).

Droбилane u smislu svoje radne koncepcije i tome prilagođene strojno-tehnološke konstrukcije imaju svoj povijesni razvoj (koji je autor ovog udžbenika na neki način u svome stručnom djelovanju u potpunosti proživio odnosno “prošao”). Međutim, osnovna tehnološka koncepcija bilo koje droбилane nepromjenjiva je i obuhvaća uglavnom slijedeće strojeve, transportna sredstva i uređaje: bunkere (silose), dodavače (dozatore), rešetaljke, droбилice, sita, mlinove, transportne trake, uređaja za pranje i ostalu tehnološku, energetska i regulacijsku opremu.

Neka općenita proizvodno-tehnološka koncepcija i tomu prilagođena strojno-logistička konstrukcija droбилane dijeli se u načelu na tri osnovna dijela ili “podpostrojenja” (tzv. osnovna **trodjelna proizvodno-tehnološka koncepcija droбилane**). Ovakova podjela je uvjetna, ali je osnova za bilo kakvo daljnje sažimanje ili proširenje neke tehničko-tehnološke te logističke koncepcije droбилane u smislu njezine tražene (planirane) djelotvornosti.

U **prvom (primarnom) dijelu** osnovne koncepcije droбилane (početna gornja slika: lijevi gornji dio ukupnog postrojenje u lijevom dijelu ili uglu uglu kamenoloma, slika desno: primarni dio polupokretnog vučenog trodjelnog postrojenja) provode se slijedeće tehnološke operacije odnosno zahvati:

- **prihvat** (miniranog i sl.) kamenog materijala,
- **rešetanje** (grubo sijanje) materijala radi izdvajanje jalovine (mogući zemljani i slični trošni sitniji kameni materijali nepodobni za daljnju preradu odnosno tehnološku uporabu),
- **početno (primarno) (pred)drobljenje** kamenog materijala.



U **drugom srednjem (sekundranom) dijelu** postrojenja (početna gornja slika: lijevi dio srednjeg dijela većeg postrojenje smješten u srednjem dijelu kamenoloma; slika desno ispod: sekundarni dio polupokretnog vučenog trodjelnog postrojenja) izvodi se nadalje -

- djelomično **(pred)sijanje** drobljenca radi odvajanja kamene sitneži koja je postigla primarnim drobljenjem početnu veličinu pojedinog zrna,
- djelomično **predrobljavanje** ili **mljevenje** kamene sitneži koja ima primarnim drobljenjem veličinu pojedinog zrna veću od tražene.

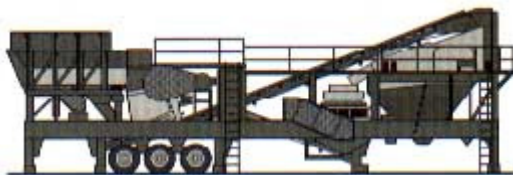


U **trećem završnom (tercijanom) dijelu** postrojenja vrši se (početna gornja slika: desni donji dio većeg postrojenje u donjem dijelu kamenoloma: slika desno): tercijarni dio polupokretnog vučenog trodjelnog postrojenja):

- konačno (završno) **sijanje** (klasificiranje) prethodno drobljene, predrobljavane ili mljevene kamene sitneži,
- (po potrebi) **pranje** kamene sitneži koja je možebitno pomiješana s koherentnim česticama,
- (ponekad) dodatno **mljevenje** suvišnog dijela kamene sitneži radi popravljavanja završne (granulometrijske) krivulje prosijane kamene sitneži,
- **odlaganje** (usklađivanje) konačnog proizvoda (granulirane kamene sitneži).



Obzirom na prethodni stupanj prerade ulazne sirovine i njezina svojstva (stupanj izminiranosti, stupanj prethodne usitnjenosti te fizičko-mehanička svojstva stijene ili šljunka) neko postrojenje drobilane može biti manje složeno, odnosno sadržavati samo dva dijela ili prvi dio s završnim



prosjijavanjem. Ovo također ovisi i o zahtijevanoj konačnoj kvaliteti i količini proizvodnje kamene sitneži. Također polupokreta, pokretna i samohodna postrojenja mogu biti, kao strojno-logističke cjeline jednodjela (slika desno: jednodjelno postrojenje koje u sebi sadrži sažetu trodjelnu proizvodno-tehnološku koncepciju drobilane), dvodjela

(početna slika prethodne stranice: gornje desno samohodno postrojenje u uglu kamenoloma), trodjelna (slike pojedinih dijelova na prethodnoj stranici) ili višedjelana postrojenja. Pri tomu su ponekad takova postrojenja po svojoj proizvodno-tehnološkoj i logističkoj koncepciji tzv. “**modularna postrojenja drobilana**” odnosno mogu se slagati od pojedinih strojeve i ostala opreme, kao modula, u razne inačice postrojenja raznih proizvodnih učinaka i vrsta izlazne kamene sitneži.

Osnovni su pojedinačni tehnološki procesi i operacije na drobilani, kako je već prethodno istaknuto, **drobljenje** (koje se izvodi prethodno razmatranim drobilicama i mlinovima kao podvrstom drobilica pri čemu su primarne drobilice najčešće čeljusne drobilice a sekundarne drobilice najčešće udarne ili kružne drobilice a tercijarne drobilice udarni ili kružni mlinovi) i **sijanje** (koje se izvodi prethodno razmatranim sitima pri čemu se najčešće koriste višeetažna vibracijska sita ili dvoetažna vodoravna sita). Ostalu opremu drobilane čine:

- **bunker** za prihvatanje materijala,
- **uradaji za dodavanje** (doziranje, “hranjenje”) materijala na drobilice i sita (dodavači, dozatori, dodavači s rešetalkom),
- **transportne trake**,
- **otkrivači metala** koji automatski zaustavljaju pogon ukoliko u proces drobljenja naiđe neželjeni komadi metala pomješani s kamenim materijalom,
- **uređaji za pranje materijala** koji se dijele na (1) **uređaje za prethodno razmuljivanje i pranje** drobljenog, ali neprosijanog materijala, a koji mogu obzirom na konstrukciju biti ili s bubnjem (pranje se vrši u okviru bubnja) ili s koritom (pranje se izvodi u koritu) te s (2) **uređajima za tuširanje (pranje) materijala** na sitima nakon kojih slijede uređaji za odvajanje priljeva vode od kvalitetne frakcije (slika terciarnog dijela trodjelne drobilane na prethodnoj stranici).

U stručnoj literaturi mogu se naći razni načini “proračuna” učinka pojedinih drobilica (i donekle sita), a time i učinka drobilana, temeljem poznatih strojno-konstruktivskih obilježja drobilica i sita (npr. snaga motora, broj okretanja žrvnja ili stiskanja čeljusti, širine izlaznog otvora drobilice, veličina ploha sijanja, veličina vibracije ili oscilacije sita, itd). Određivanje učinka na taj način dosta je netočno, jer se učinak jednog te istog stroja, odnosno drobilice (pa i sita) kreće u određenom prilično širokom području vrijednosti, ovisno o nizu stalnih i trenutnih svojstava materijala koji se drobi kao i od stanja opreme odnosno pogona. U tom smislu valja istaći-

- vrstu (porijeklo) stijene,
- fizičko-mehaničke osobine stijene,
- stupanj izminiranosti materijala,
- stupanj prethodne prerađenosti kamenog materijala,
- trenutni stupanj vlažnosti,
- način dodavanja materijala u drobilicu,
- dotrajnost habajućih dijelova drobilice,
- ukupna dotrajnost pojedinog stroja drobilane,
- položaju stroja u okviru ukupnog postrojenja drobilane,
- stalnosti snage pogonske energije itd.

Zbog toga kod utvrđivanja planiranog (praktičnog) učinka postrojenja drobilane valja ići na najmanju vrijednost temeljem pojedinačnog sagledavanja svih strojeva i njihovih učinaka u okviru postrojenja, uzimajući pri tome očekivane uvjete rada postrojenja. Pojedinačni učinak drobilica i sita je praktični učinak dobiven iskustvom prijašnjeg rada ili umanjenjem nazivnog tj. instaliranog učinka (ponudbenog učinka od strane proizvođača opreme, koji se može uzeti samo kao teorijski učinak) za određenu vrijednost, obzirom na pretpostavljene uvjete rada.

2. Tvornice betona (betonare)

2.1. Betonski radovi

Betonski radovi, kao tipični radovi po kojima je graditeljstvo kao struka najprepoznatljivija, obuhvaćaju ukupnost organiziranih tehnoloških postupka na izvedbi građevina i ostalih konstrukcija od **betona** kao neke vrste umjetnog kamena. **Betoni** u širem smislu su mješavine slijedećih osnovnih sastavnica (sastojaka)-

- **agregata** kao mineralne sastavnice koja obuhvaća (drobljenu i sijanu) granuliranu **kamenu sitnež** i koja zauzima oko 3/4 obujma betona pa kao takova obilježava bitna svojstva betona, i
- **veziva** koje povezuje tu kamenu sitnež.

Kao vezivo kod ovdje razmatranih **betona** u užem smislu (dalje u tekstu samo **beton**⁵) služi **cement** koji pomješšan s vodom putem kemijskog procesa (hidratacije) kristalizira i pri tome povezuje i učvršćuje kamenu sitnež u nosivi **stvrđnuti (očvršli) beton** kao oblik umjetnog kamena. Nosivost betonskih konstrukcija na vlak omogućava njihovo ojačanje betonskom željezom (tzv. "armiranje betona") u vlačno napregnutim dijelovima konstrukcije što znači izvedbu armirano-betonskih konstrukcija.

Ukupni tehnološki postupak betonskih radova, kao i organizacija njegove provedbe, obuhvaćaju u načelu slijedeće tri temeljne proizvodno-tehnološke i organizacijsko logističke faze s pripadnim tehnološkim procesima odnosno radnim zahvatima:

- **spravljanje (proizvodnja) svježeg betona**⁵,
- bilo vanjski bilo unutarnji gradilišni **transport betona**, te
- **ugradnja betona**.

Četvrta faza tehnologije betona je vremenski razmjerno dugotrajni (kemijski) proces **stvrđnjavanja betona** i njegov postupni prelazak u nosivu konstrukciju. Za oko mjesec dana dostiže se oko 90% predviđene čvrstoće betona. Ova faza može obuhvatiti također tehnološke postupke ubrzavanja stvrđnjavanja betona primjerice grijanjem, zaparivanjem, centrifugiranjem, prešanjem itd. ovisno o vrsti, mjestu i načinu izvedbe betonskih konstrukcija ili drugih prerađevina, elemenata, sklopova od betona. Potpuno stvrđnjavanje betona je dugogodišnji proces povezan s reološkim pojavama puzanja, tečenja i pucanja betonske konstrukcije.

Prema konzistenciji svježeg betona razlikuje se **krut, slabo plastičan, plastičan i tekući svježi beton**. Beton krute ili slabe (niske) plastične konzistencije, koji se u praksi često uzima kao **suh ili vlažni beton**, odlikuje se visokom početnom čvrstoćom i malim stezanjem te se uglavnom primjenjuje kod proizvodnje betonskih elemenata i sklopova, zatim kod izvedbe masivnih betonskih konstrukcija posebice od uvaljanog betona te kod izvedbe betonskih kolnika. Beton plastične konzistencije ima najšire područje primjene. Tekući beton se zbog velikog stezanja i velike mogućnosti pojave pukotina primjenjuje samo u posebnim slučajevima primjerice za izvedbu gusto armiranih konstrukcija, zatim za zapunjavanje teško dostupnih dijelova konstrukcija i sl.

2.2. Tehnološka oprema za betonske radove

Tehnološka oprema, koja je vezana uz način provedbe i organizacije ukupnog tehnološkog postupka betonskih radova, određena je svojstvima vrste betona u smislu njegovih tehnoloških obilježja i u smislu načina njegove izvedbe posebice ugradnje. Razlikuju se slijedeći osnovne konstrukcijske i tehnološke vrste betona-

- tzv. "**pumpani**" **beton** kod kojeg se gradilišni transport izvodi "guranjem" kroz cijevi od mjesta prihvata svježeg betona tj. od crpke ("pumpe") za beton do mjesta njegove ugradnje; to su uglavnom plastični betoni veličine zrna agregata najviše do 32 mm s značajnim učešćem sitnozrne sitneži ili pijeska 0 - 4 mm, cementa i vode kako bi takva masa djelovala "samopodmazujuće" radi lakšeg "prolaza" kroz cijevi,
- slabo plastični **vakuumirani beton** kod kojeg se prilikom same ugradnje izvlači voda čime se beton ubrzano zgušnjava i na taj način ubrzava njegovo stvrđnjavanje,
- **mlazni beton**, kao oblik žbuke, kod kojega se ugradnja izvodi kroz cijevi preko mlaznice nabacivanjem pod tlakom na podlogu (nema oplate!); to su uglavnom slabo plastični do tekući sitnozrni betoni, ovisno o sadržaju vode u trenutku ugradnje, a veličine zrna agregata najviše do 8 mm ili do 16 mm,
- **valjani beton** koji se ugrađuje valjanjem (primjerice za masivne gravitacijske brane); to su uglavnom suhi do vlažni krupnozrni betoni najveće veličine zrna do 128 mm pa i više.

Svaka od navedenih vrsta betona mora imati određena svojstva u smislu njegove konzistencije uvjetovane sadržajem vode i cementa te sadržajem granulometrijskog sastava, veličine i oblika zrna kamene sitneži. To ujedno znači uvjetovanje načina spravljanja takvih betona odnosno vrste tehnološke opreme kao strojnih sustava ili postrojenja za proizvodnju svježeg betona.

⁵ **Beton** je (prema Beslač J., "Materijali u arhitekturi i građevinarstvu") mnogokomponentni, polidisperzni, umjetni kameni materijal, sastavljen uglavnom od pijeska i krupnog agregata, međusobno vezanih cementnim kamenom, nastalim hidratacijom i očvršćavanjem cementa kao veziva. **Svježi beton** je tek izrađena mješavina sastavnica koja je pogodna za transport i ugradnju nakon čega postupno prelazi u stvrđnuti (očvršli) beton.

Ukupni postupak betonskih radova odnosno ukupni postupak izvedbe (armirano)betonskih konstrukcija može biti prostorno i logistički organiziran na dva osnovna načina -

- kao "in situ" postupak ugradnja svježeg betona na licu mjesta izvedbe betonske konstrukcije njegovim lijevanjem u oplata ili u nekim slučajevima njegovom ugradnjom bez oplata kao primjerice kod kolničkih zastora te kod izvedbe mlaznog betona i sl. sitnozrnih betonskih žbuka; spravljanje svježeg betona u ovom slučaju može biti organizirana na dva načina -
 - ili spravljanje svježeg betona u betonarama ili tvornicama betona na samom gradilištu,
 - ili doprema svježeg betona iz središnjih tvornica betona nekog poduzeća ili nekog područja građenja (tzv. "transportirani betoni"),
- kao "in plant" postupak odnosno kao proizvodnja betonskih elemenata, sklopova i sličnih montažnih konstrukcija u proizvodnim pogonima lijevanjem svježeg betona u kalupe te zatim, nakon odležavanja i stvrdnjavanja, njihova montaža na gradilištu uz napomenu da proizvodni pogoni ovakvog tipa mogu biti organizirani kao stalni ili privremeni na nekom većem gradilištu kao što je primjerice proizvodnja dijelova konstrukcija montažnih mostova posebice rasponskih nosača na mjestu gradnje mosta.

Tehnološka oprema za betonske radove obučava slijedeće grupe strojeva, postrojenja, strojno-tehnološke opreme i ostalih uređaja:

- **strojevi ili postrojenja za spravljanje (proizvodnju) svježeg betona,**
- sredstva za vanjski transport i /ili unutarnji – gradilišni transport svježeg betona,
- strojevi (oprema) za ugradnju svježeg betona,
 - strojevi i oprema za izvedbu mlaznog betona i sličnih sitnozrnih betonskih žbuka,
- strojevi (oprema) za njegu svježeg ili stvrdnutog betona,
- strojevi (oprema) za ostale pomoćne radove kod betoniranja,
- mehanizirane skele i oplata,
- mehanizirani kalupi,
- strojevi (uređaji, oprema) za transport i montažu betonskih elemenata,
- strojevi i oprema za proizvodnju i ugradnju betonskog željeza ,
- strojevi i oprema za tesarske radove (radovi izvedbe drvenih skela i oplata).

2.3. Spravljanje svježeg betona

Spravljanje svježeg betona ključni je dio ukupnog tehnološkog postupak betonskih radova koji se često zove "apoteka" građevinarstva. Radi se naime o zadanim "recepturama" svježe betonske mješavine i samom miješanju po recepturi odmjerenih sastavnica kako bi se kasnije dobio stvrdnuti beton tražene kvalitete pri čemu se samo miješanje mora također provesti kvalitetno te u proizvodno-tehnološkom (ali također u tehnno-ekonomskom) smislu učinkovito. Spravljanje svježeg betona obuhvaća slijedeće tehnološke i logističke postupke, oprecije i zahvate-

- uskladištavanje sastavnica (kamena sitnež, cement, voda i možebitini dodaci),
- proizvodno-tehnološki transport sastavnica unutar postrojenja,
- (možebitno prethodno hlađenje ili grijanje kamene sitneži ili prizvodnju zrnatog leda radi hlađenja mješavine što je uvjetovano okolnostima provedbe betonske radove),
- mjerenje (vaganje, "doziranje") sastavnica,
- **miješanje sastavnica,**
- (možebitno privremeno uskladištenje mješavine svježeg betona),

pri čemu je cilj procesa dobivanje svježeg betona određene kvalitete tj. tražene kozinstencije, gustoće i sastava odnosno vodocementnog sadržaja prema pretpostavljenoj "recepturi".

U suvremnom građenju, posebice kod provedbe masovnih betonskih radova, spravljanje betonske mješavine izvodi se samo strojnim putem pri čemu se ovaj proizvodni postupak svodi u načelu na automatizirano doziranje i miješanje sastavnica u cilju dobijanja **homogene mase svježeg betona** a kasnije također homogene strukture stvrdnutog betona odnosno nosive betonske konstrukcije.

2.4. Miješalice za beton

Temeljna tehnološka te iz njih proizišla konstrukcijska obilježja strojne opreme odnosno postrojenja za proizvodnju svježeg betona daje način miješanja mase u pogledu brzine, kakvoće i učinka miješanja te u pogledu mogućnost miješanja u smislu veličine zrna kamene sitneži. Naime, prilikom miješanja sasatvnice betona moraju svladavati unutarnje sile koje vežu njihove čestice, zatim moraju svladati posmične otpore unutar zrna agregata a također silu teže ukupne betonske mješavine prilikom njezina prevrtanja odnosno odizanja u operaciji miješanja. Prema tomu neka od kasnijih **reoloških svojstava svježeg betona** u uzajamnom su odnosu s **načinom miješanja** odnosno pripadnom vrstom miješalice.

Način miješanja, kao ključne tehnološke operacije u razdoblju spravljanja svježe betonske mješavine, može biti dvojak:

- **miješanje slobodnim padom** koje je u načelu dugotrajno (do oko 4 minute), primjenjivo posebice za slabo plastične krupnozrne betone bez ograničenja veličine zrna odnosno ovim načinom se uglavnom miješaju krupnozrni betoni,
- **prisilno** (prinudno) **miješanje** pomoću posebno konstruiranih lopatica koje je razmjerno kraće miješanje (oko 1 min), međutim, nije primjenjivo za krupnozrne betone odnosno primjenjivo je za uobičajene betone "frakcija" do 32 mm ili za krupnozrne betone s manjim učešćem frakcija agregata do 45 mm odnosno najviše do 63 mm ukoliko se prisilno miješanje djelomice kombinira s miješanjem slobodnim padom.

Miješalice za beton uglavnom rade **diskontinuirano** odnosno u **ciklusima** iako se primjenjuju također neke vrste **kontinuiranih miješalica** za beton gdje to omogućava vrsta i način provedbe radova. U cikličkom načinu spravljanja svježeg betona "dozirana" količina pojedinih sastavnica utvrđuje se uglavnom težinski (vaganjem) u optimalnom sastavu po pretpostavljenoj "recepturi" te zatim ubacuje se u bubanj miješalice na miješanje.

Cikličke miješalice za beton dijele se na dvije osnovne grupe: **gravitacijske miješalice** za beton i **prisilne miješalice za beton**.

Valja dodatno istaći, kako se u pogledu vrste te veličine, načina punjenja kao i ustroja ostalih dijelova koji "opslužuju" miješalicu prije i poslije miješanja razlikuje slijedeća oprema za spravljanje svježeg betona:

- *manje (po učinku) prenosive, polupokretne ili pokretne (vučene) uglavnom gravitacijske miješalice s ručnim punjenjem bubnja miješalice,*
- *srednje velike samohodne također uglavnom gravitacijske ili pužne miješalice na pokretnom podvozju na kotačima (na manjem kamionskom podvozju),*
- *manje pokretne betonare na većem kamionskom podvozju s gravitacijskim mješalicama,*
- *betonare ili tvornice betona različite koncepcije i konstrukcije u pogledu miješanja, učinka i pokretljivosti s gravitacijskim i prisilnim mješalicama.*

2.4.1. Gravitacijske miješalice za beton

Gravitacijske miješalice miješaju slobodnom padom sve vrste betona bez ograničenja u pogledu krupnoće zrna. Osnovu strojne konstrukcije čini posebno oblikovani **okretni bubanj** s posebno oblikovanim rebrastim "lopaticama" učvršćenim po unutarnjem plaštu bubnja. Ove lopatice odižu mješavinu te tako omogućavaju njezin slobodni pad i uranjanje u masu donjeg dijela bubnja te daljnje miješenje prevrtanjem. Trajanje jednog radnog ciklusa miješanja je od oko 2 do oko 5 min u prosjeku do oko 3 min.

Gravitacijske cikličke miješalice dijele se dalje, u smislu svoje radne koncepcije i iz toga proizišle konstrukcije, na (1) **gravitacijske miješalice s vodoravnim bubanjem** i (2) **gravitacijske miješalice s (pre)okretnim bubnjem**. Sve one mogu biti samostalni strojevi za proizvodnju manjih količina svježeg betona u blizini mjesta njegove ugradnje ili su sastavni dio velikih postrojenja – betonara ili tvornica betona. U smislu pokretljivosti samostalne miješalice mogu biti lako prenosive (*srednja slika desno na slijedećoj stranici* ili vučene miješalice (*slika desno gore na slijedećoj stranici*) ili samohodne miješalice na manjem kamionskom podvozju (*slika desno gore*).



2.4.1.1. Gravitacijske miješalice za beton s vodoravnim bubnjem

Gravitacijske miješalice s vodoravnim bubnjem (koji ima dva otvora satrane: jedan za punjenje a drugi za pražnjenje) uvijek su s vodoravnom osi okretanja prilikom miješanja. Kod njih se punjenje i miješanje izvodi okretanjem bubnja u jednom smjeru a pražnjenje okretanjem u drugom smjeru. Ove miješalice rade najčešće s oko 15 okretaja/min. To su uglavnom samostalne, vučene i lako prenosive manje miješalice (*slika lijevo*) ili srednje velike miješalice vučenih polupokretnih betonara za proizvodnju nekih "jednostavnijih" vrsta betona (*slika desno*).



2.4.1.2. Gravitacijske miješalice za beton s (pre)okretnim bubnjem

Gravitacijske miješalice s (pre)okretnim bubnjem imaju kosu os okretanja prilikom miješanja. Punjenje i miješanje je s otvorom bubnja prema gore a pražnjenje (pre)okretanjem bubnja miješalice s otvorom prema dolje. Ove miješalice rade najčešće s oko 20 okretaja u minuti. To su ili (svima poznate) lako prenosive sasvim male priručne miješalice prilagođene za ručni rad (ručno punjenje) (*slika lijevo*) ili samohodne miješalice na kamionskom podvozju (*slika na prethodnoj stranici*) ili vrlo velike (najveće) miješalice u okviru tvornica betona veliko (nazivnog) proizvodnog učinka (*slika desno*). Obujam bubnja ovih miješalica je do 6.000 l - takve se miješalice koriste u okviru velikih gradilišnih tvornica betona pri izvedbi velikih betonskih brana i sličnih građevina od krupnozrnih (valjanih) betona veličine agregata do 250 mm.



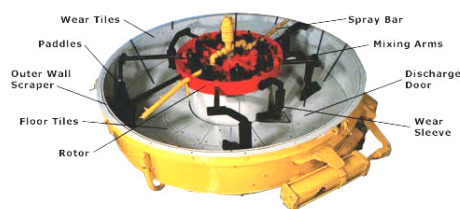
2.4.2. Prisilne miješalice za beton

Prisilne cikličke miješalice za beton miješaju intenzivnim okretanjem jednog ili više zasebnih sustava lopatica (ili slično oblikovanih uređaja) unutar u uglavnom nepokretnog bubnja. Okretanje sustava lopatica je do oko 40 okretaja/min a trajanje jednog radnog ciklusa od 1 minute pa do oko 2 minute pri čemu se sitnozrni betoni se miješaju dvostruko dulje - od 2 minute pa do 4 minute. Dijele se na dvije osnovne vrste u smislu njihove bitno različite proizvodno-tehnološke i strojne konstrukcije: **prisilne protustrujne miješalice** (koje se u praksi uglavnom nazivaju samo **prisilne miješalice**) i **prisilne valne miješalice** (koje se u praksi uglavnom nazivaju samo **valne miješalice**).

2.4.2.1. Prisilne miješalice za beton

Prisilne (protustrujne) miješalice s uspravnom osi okretanja dosada su bile najčešće korištene miješalice u tvornicama betona. Sastoje se od plitkog bubnja unutar (pa ih ponegdje nazivaju **tanjuraste miješalice**) unutar kojeg se planetarno okreću jedan ili više sustava lopatica najčešće u suprotnom smjeru (što predstavlja navedeno protustrujno miješanje). **Uglavnom se koriste za miješanje uobičajenih betona veličine zrna do oko 32 mm** (zbog toga njih sve više potiskuju iz uporabe valne miješalice) jer prilikom miješanja krupnozrnih

betona dolazi do bržeg trošenja lopatica. Postoje razne koncepcije i konstrukcije sustava lopatica te njihova pogona kao i veličine ovih miješalica.

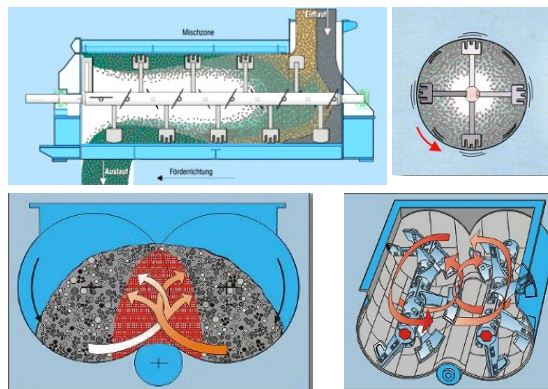


2.4.2.2. Valne miješalice miješalice za beton

(Prisilne) **valne miješalice** s vodoravnom osi okretanja **valovito oblikovanih lopatica** (kada se pogleda uzdužni presjek miješalice onda se stiče dojam da su lopatice ili u obliku vala ili su prostorno smještene kao po valu) unutra nepokretnog bubnja primjenjuju se za miješanje svih vrsta uobičajnih ali i nekih krupnozrnih betona veličine agregata do oko 64 mm. Ovo je moguće iz razloga što su slične gravitacijskim miješalicama jer se betonska masa zbog valovitog oblika lopatica djelomice miješa također slobodnim padom. Jednostvne su u pogledu održavanja i pogona te zbog toga vrlo ekonomične u proizvodno-tehnološkom smislu. Uglavnom su sastavni dio tvornica betona velikih nazivnih (instaliranih) učinaka.

Mogu biti dvojake radne koncepcije odnosno tomu pripadne konstrukcije:

- ili s jednom vodoravnom osovinom valovito oblikovanih lopatica oblika vijaka, to su tzv. **jednostruke valne miješalice** (desno gornje dvije slike),
- ili s dvije vodoravne osovine lopatica suprotna okretanja pri čemu lopatice mogu biti učvršćena na posebno konstruiranim nosačima u obliku vijaka a koji su dalje učvršćenim na navedene vodoravne osovine okretanja lopatica, to su tzv.

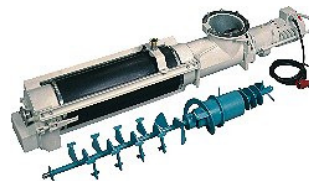


dvostruke prisilne valne miješalice (desno donje dvije slike, vidi vizualizaciju na http://www.lintec-gmbh.de/home_asphalt_gussasphalt_beton_containermischanlagen.htm),

2.4.3. Pužne miješalice

Posebnu grupu miješalica čine **pužne miješalice** kod kojih je, njima svojstveno, **kontinuirano miješanje** ustvari kombinacija gravitacijskog i prisilnog načina miješanja s istovremenim guranjem svježeg betona kroz miješalicu. Slične su valnim miješalicama samo su puno dulje i uže (manjeg promjera ili porečnog presjeka korita miješalice, stoga se nazivaju također **cijevne miješalice**). Svježi beton također kontinuirano izbacuje izvan miješalice dalje do bilo kojeg oblika daljnjeg transport na mjesto njegove ugradnje. Pužne miješalice su dvojake radne koncepcije i tomu pripadne strojne konstrukcije:

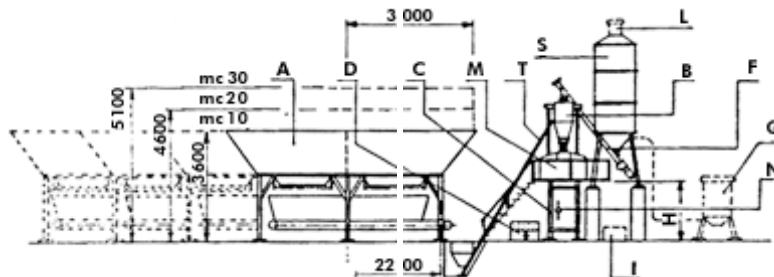
- **jednostruke pužne miješalice** (slika desno) s jednim uglavnom zakošenim sustavom lopatica u obliku arhimedovog vijka (puža) unutar zatvorenog cilindra koje se rijede koristi (uglavnom kod manjih betonara na kamionskom podvozju) za spravljanje manjih količina betona "in situ" ili uglavnom kao miješalice za kontinuirano miješanje sitnozrnih betona i žbuka, i
- **dvostruke pužne miješalice** (slika lijevo dole) s dva



uglavnom vodoravna sustava arhimedova lopatica suprotnog okretanja u obliku arhimedovog vijka (puža) unutar dugačkog također vodoravnog korita odnosno sanduka koji je otvoren ili zatvoren s gornje strane a primjenjuju se u pri srednje velikim postrojenjima za kontinuirano spravljanje svježeg betona.

2.5. Tvornice betona (betonare)

Manje ili veće **tvornice betona** (u smislu prostorne veličine i učinka), u praksi najčešće nazivane (kao manje) **betonare**, objedinjuju na različite načine slijedeću osnovnu opremu za proizvodnju svježeg betona (*na slici dolje uočavaju se tehnološke podcjeline vodoravne raščlanjene tvornice betona s prisilnom miješalicom i metalnim "bunker-silosima" za kamenu sitnež*):



- skladišta kamene sitneži ("frakcija") koja mogu biti ili tzv "boksovi" (kao otvoreno uskladištenje kamene sitneži) ili silosi (kao oblik otvorenog ili zatvorenog uskladištenja kamene sitneži, *na slici gore pod A vide se otvoreni tzv. "bunker-silos"*),
- silose za uskladištenje cementa (*na slici gore L*),
- opremu (sredstva) unutarnjeg tehnološkog transporta -
 - za kamenu sitnež:
 - **bageri sajaši s skrejperskom košarom** za povlačenje sitneži unutar "boksova"
 - **elevatori ili skip-uređaji** između za neposredni transport kamene sitneži između "boksova" i miješalice (*na slici gore T*),
 - **transportne trake** za transport sitneži između od silosa do ostale prethodno navedene opreme (ukoliko se radi o "silosima"),
 - za cement:
 - **cijevni pužni transporter** (arhimedov vijak ili puž, *na slici gore F*)
- uređaji za mjerenje (doziranje) sastavnica:
 - uglavnom **težinski dozatori ili vage** kamene sitneži i cementa koji mogu biti pokretni ili nepokretni po mjestu mjerenja (idu od silosa do silosa) što znači da mogu mjeriti jednu vrstu za drugom kamene sitneži ili odvojeno svaku za sebe pojedinu vrstu kamene sitneži, ili mogu biti iznad miješalice (*na slici gore B*)
 - protočni mjerači količine vode,
 - mjerači vlažnosti kamene sitneži,
- **gravitacijske, prisilne ili valne miješalice za beton** koje se rade se standardnog obujma bubnja uglavnom od 75 l, 150 l, 250 l, 500 l, 750 l, 1000 l, 1500 l, 2500 l, (veći bubnjevi traže uglavnom posebnu narudžbu).

Radne koncepcije i iz toga proizišle konstrukcije tvornice betona mogu biti različite. U smislu prostornog raspored dijelova betonare kao i razine položaja raspoređenih dijelova moglo bi se tvornice betona ili betonare razvrstati u slijedeće tri osnovne grupe:

- (1) **raščlanjene betonare** s koncepcijom rasporeda njezinih glavnih dijelova u jednoj vodoravnoj razini njihove postave, akoje dalje mogu biti u tom smislu dvojake:
 - (1.1) **raščlanjene betonare s tzv. "zvijezdom"** ili lepezom (*slika lijevo*) odvojenih boksovima od drveta ili betonskih elemenata za uskladištenje kamene sitneži kod kojih je unutarnji transport (povlačenje) materijala u boksovima pomoću posebnog bagera s povlačnom (skrejperskom) košarom a transport od boksova do vage iznad miješalice može biti ili elevatorski ili pomoću skip uređaja ili transportnom trakom,

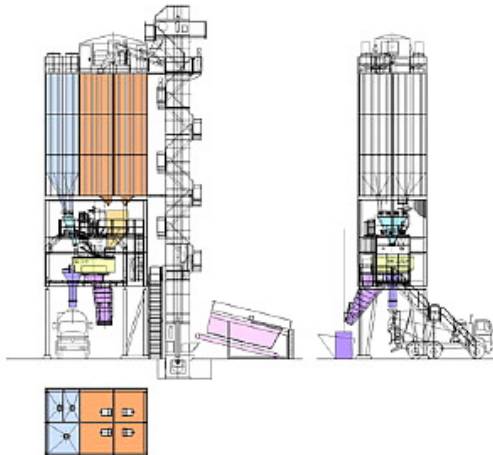


- (1.2) **rašćlanjene betonare s otvorenim tzv. "bunker-silosima"** (slika gore na prethodnoj stranici) od metala za uskladištenje kamene sitneži ispod kojih sabirna transportna traka dotura kamenu sitnež ili do elevatora ili do skip uređaja kao i -
 - sa zajedničkim (porektnom) vagom koja ide od silosa do silosa
 - sa odvojenim (nepokretnom) vagom ispod svakog silosa
 - sa vagom iznad mješalice (nema vage ispod silosa),

- (2) **kompaktne ("zbijene") tvornice betona** (slika desno i slika desno dole), s zatvorenim dijelovima postrojenja uključujući zatvorene cilindrične ili bunker-silose za kamenu sitnež od metala, kod kojih preovladava koncepcija zbijenog rasporeda njezinih glavnih dijelova manje više u jednoj razini njihove postave,



- (3) **toranjske betonare** ili tvornice betona (ustvari podvrsta kompaktnih betonara, slika dolje lijevo) kao oblik potpuno zatvorene koncepcije odnosno jedinstvene cjeline strojno-tehnoloških dijelova a zbijenog rasporeda tih glavnih dijelova smještenih jedan iznad drugoga u više razina njihove postave. Na donjoj slici se uočavaju slijedeće osnovni dijelovi toranjske betonare (ostalo čini nosiva konstrukcija i oprema pogona i upravljanja betonarom – električna, automatika, robotika, informatika itd):



- **uspravni elevator** za punjenje kamene sitneži u uspravne silose (desno uz nosivu konstrukciju tornja betonare na slici lijevo),
- **razdjelnik** za punjenje pojedinih silosa od vrha elvatora do iznad silosa za kamenu sitnež (unutar pokrova iznad silosa kamene sitneži na slici lijevo),
- **silosi za kamenu sitnež** (desni veći silosi na slici lijevo)
- **silosi za cement** (lijevi manji silosi na slici desno također na trećoj razini odozdo),
- **vage (dozatori)** (ispod silosa a iznad mješalice na drugoj razini odozdo na slici lijevo)
- **mješalice za beton** (ispod vage ili dozatora a iznad dijelova za punjenje automješalice na prvoj razini odozdo na slici gore lijevo)

Obilježja suvremenih betonara ili tvornica betona su automatizacija, moguća robotizacija s programskom (kompjuterskom) podrškom proizvodno-tehnološkog postupka te koncepcije modularnih sustava u smislu organizacije postave dijelova strojnih konstrukcija betonare ili tvornice betona.

Veličina betonara ili tvornica u smislu radnog učinka proizvodnje svježeg betona utvrđuje -

- manje betonare učinka 10 do 25 m³/sat (djelomično automatizirane)
- srednje betonare ili tvornice betona 30 do 60 m³/sat (automatizirane i djelomično programirane)
- velike tvornice 80 do 600 m³/sat (potpuno automatizirane i programirane odnosno u nekim dijelovima čak i robotizirane).

3. Asfaltne baze (asfaltna postrojenja)

3.1. Asfalterski radovi

Asfalterski radovi⁶ obuhvaćaju izvedbu tanjih plošnih građevinskih konstrukcija⁷ od raznih vrsta **asfaltnih masa** (asfaltnih mješavina) kod kojih se kao vezivo kamenog agregata koriste viskomolekularna organska **ugljkovodična** (hidro-karbonatna) **veziva** koja imaju dobru adhezivnu prionjivost na kamene materijale. Ta su veziva također **hidrofobna** tj. odbijaju vodu, zatim su **plastična** te zbog svega toga **otporna na djelovanje atmosferilija i raznih agresivnih kemikalija**.

Sa stajališta strojnih sustava odnosno postrojenja u građenju zanimljivi su kolovozni zastori vezanih asfaltnih kolničkih konstrukcija te obloge pokosa i dna hidrotehničkih kanala čija izvedba u tehnološkom i organizacijskom smislu predstavlja **masovne asfalterske radove**.

Konstrukcije suvremenih cestovnih kolnika izvode se najčešće u više nezvanih i vezanih slojeva što ovisi o njihovoj namjeni i ukupnoj debljini. **Vezane asfaltne kolničke konstrukcije** uglavnom se izvode (prema hrvatskim tehničkim uvjetima za radove u cestogradnji) u slijedećim slojevima:

- **donji bitumenizirani nosivi sloj DBNS**⁸ s agregatom veličine zrna do 32 mm (DBNS 22) ili do 45 mm (DBNS 32) ili do 64 mm (DBNS 45) ovisno o tipu i debljini sloja,
- **gornji bitumenizirani nosivi sloj BNS**⁹ s agregatom veličine zrna također do 32 mm (BNS 22) ili do 45 mm (BNS 32) ili do 64 mm (BNS 45) ovisno o tipu i debljini sloja,
- **gornji bitumenizirani nosivi habajući sloj BNHS**¹⁰ s agregatom veličine zrna do 22 mm (BNHS 16) za tehnološke debljine izvedenog sloja od 45 mm do 65 mm ili do 32 mm (BNHS 22) za tehnološke debljine izvedenog sloja od 55 mm do 100 mm.
- **habajući sloj HS od asfaltbetona AB**¹¹ s agregatom veličine zrna -
 - do 8 mm (AB 4) za tehnološke debljine izvedenog sloja od 20 mm do 30 mm ili
 - do 12 mm (AB 8) za tehnološke debljine izvedenog sloja od 30 mm do 40 mm ili
 - do 16 mm (AB 11) za tehnološke debljine izvedenog sloja od 35 mm do 50 mm ili
 - do 22 mm (AB 16) za tehnološke debljine izvedenog sloja od 45 mm do 60 mm ili.
 - do 32 mm (AB 22) za tehnološke debljine izvedenog sloja od 70 mm do 85 mm.

Suvremeni habajući slojevi izvode se također u vidu tzv. **splitmastiks asfalta (SMA)** odnosno posebne vrste asfaltne mase s vrlo kvalitetnom drobljenom kamenom sitneži te najkvalitetnijim bitumenom i prirodnim asfaltom kao vezivom.

3.2. Asfaltna masa

Asfaltna masa je mješavina triju osnovnih sastavnica: (1) spomenuto **ugljkovodično vezivo**, (2) **kameno brašno** (mljevena kamena sitnež odnosno kamena prašina veličina "zrna" do najviše 0,25 mm, iznimno 0,71 mm, pri čemu veći dio od 60 % do 85% granulometrijskog sastava kamenog brašna čini tzv. **punilo** promjera "čestica" manjeg od 0,063 mm), i (3) mineralna sastavnica tj. **kamena sitnež** (nesijani ili sijani prirodni šljunak te drobljeni nesijani ili sijani minirani kameni materijal) kao **agregat** asfaltne mase. Glavne vrste **ugljkovodičnih veziva** su **prirodni asfalt** iz prirodnih podzemnih nalazišta iz kojih ponekad izbija na površinu u obliku "asfaltnih jezera"¹², **bitumen** (petrolejski ili naftni asfalt) koji se dobiva kao posljednji teški produkt (ostatak) destilacija sirove nafte i **katran (ter)** koji se dobiva suhom destilacijom ugljena ili, rijede, rasvjetnog plina.

Katran je je kvalitetnije vezivo od bitumena zbog niže viskoznosti¹³, razmjerno visoke prionjivosti na agregat i veće otpornosti na djelovanje vode. Međutim, katran je naskuplje vezivo. Stoga se ne rabi u masovnim asfalterskim radovima za izvedbu kolničkih konstrukcija od valjanih asfaltbetona. Kod ovih asfaltbetona koristi se kao vezivo uglavnom bitumen te u nekim slučajevima prirodni asfalt ukoliko se izvedbe visokokvalitetni asfaltni

⁶ *Asfalterski radovi također podrazumjevaju i izvedbu nekih vrsta hidroizolacija građevinskih objekata i raznih drugih tehničkih konstrukcija na osnovi asfaltnog mastiksa te ostalih asfaltnih i katranskih masa.*

⁷ *Plošnih građevinske konstrukcije bili bi primjerice kolovozni zastori vezanih asfaltnih kolničkih konstrukcija, obloge pokosa i dna hidrotehničkih kanala, podloge hodnika i pješačkih staza, podovi hala, igrališta itd.*

⁸ *(to bi bila neka vrsta bitumenske stabilizacije nosivih mineralnih slojeva)*

⁹ *(u praksi ga često nazivaju "bito sloj" ili "bitošljunak")*

¹⁰ *(u praksi je donedavno taj sloj podrazumijevao tzv. "vezni sloj" ili "binder" koji je povezivao "bito šljunak" s završnim habajućim slojem kolničke konstrukcije)*

¹¹ *(u praksi su ga često nazivali "topeka")*

¹² *poznata su "asfaltna jezera" na otoku Trinidadu iz kojih se danas čitav svijet opskrbljuje prirodnim asfaltom a po imenu tog prirodnog asfalta dobili su ukupni asfalterski radovi i uz njih vezana građiva svoje ime*

¹³ *Viskoznost je mjera unutarnjeg otpora kretanju ili promjeni pločaja sastavnih čestica neke tvari. Pri povišenoj temperaturi se smanjuje pa se stoga općenito asfaltne mješavine odnosno njihove satvanice uglavnom zagrijavaju kako bi ukupni tehnološki postupak rezultirao što kvalitetnije izvednim asfaltnim zastorom.*

zastori (primjerice lijevani asfaltni zastori kolnika mostova ili pločnika gradskih ulica). Razmjerno nepovoljna visoka viskoznost bitumena smanjuje se -

- ili razrjeđivanjem bitumena podesnim uljima, koja se nakon ugradnje asfaltne mješavine ispare uz napomenu da se ovaj postupak u praksi rijede primjenjuje, ili uglavnom
- **disperzijom bitumena u vodi** čime se dobivaju polustabilne **bitumenske emulzije** kao mješavine bitumena, vode i vodi dodanog **emulgatora** (to su anionske ili kationske aktivne tvari - ovisno o vrsti kamenog materijala - koji smanjuje površinsku napetost između raspršenog bitumena i vode te time omogućavaju brzo vezanje odnosno "ljepljenje" bitumena po površini agregata); nakon isparavanjem ulja ili vode bitumen ostaje kao vezivo u asfaltnoj masi.

Smjesa ugljikovodičnog veziva odnosno bitumena i punila daje **bitumenski mort**. Bitumenski mort se sastoji od dijela **slobodnog bitumena** i od samog morta koji sadrži punilo i drugi dio **vezanog bitumena**. Zadaća slobodnog bitumena je stvaranje ljepljivog filma oko zrna skeleta kamenog agregata koji time postaje koherentan materijal. Dio ovog bitumena također ispunjava intergranularni prostor skeleta a dio pore unutar pojedinih zrna (to je tzv. adsorbirani bitumen). Zadaća je samog bitumenskog morta u konstrukciji asfaltbetona da također povezuje nekoherentna zrna kamenog skeleta te da ispunjava intergranularni prostor agregata. Agregat asfaltbetona čini 92% do 97% mase asfaltne mješavine i sastoji se od slijedećih proizvodnih inačica kamene sitneži -

- prirodni (ne)sijani nedrobljeni pijesak i šljunak,
- prirodni drobljeni (i sijani) šljunak,
- drobljena i sijana kamena sitnež dobivena iz (minirane) stijene,
- mješavina drobljenih (predhodno miniranih) i prirodnih (pjeskovitih, šljunkovitih) kamenih materijala bilo nesijanih bilo sijanih.

Kao **agregat asfaltbetona** za potrebe izvedbe vezanih asfaltnih kolničkih konstrukcija rabi se -

- **kamena sitnež** propisanog granulometrijskog sastava najčešće sedimentnog i/ili metamorfnog porijekla te **karbonatnog sadržaja** za sve prethodno navedene slojeve kolničke konstrukcije pa čak i za habajuće slojeve kod lakog do srednjeg prometnog opterećenja (kamena sitnež karbonatnog sastava bolje se "obljepljuje" bitumenom i bolje "upija" bitumen a jeftinija je u proizvodnji),
- samo drobljena kamena sitnež također propisanog granulometrijskog sastava eruptivnog i/ili metamorfnog porijekla te **silikatnog sadržaja** samo za habajuće slojeve kod autocesta odnosno kod cesta teškog prometnog opterećenja (kamena sitnež silikatnog sadržaja visokih je fizičko-mehaničkih svojstva posebice što se tiče habanja i otpornosti na smrzavanje iako se slabije "obljepljuje" bitumen odnosno slabije "upija" bitumen; također je ova kamena sitnež skuplja u proizvodnji - vidi drobilane).

3.3. Načini izvedbe asfaltnih mješavina i zastora

Asfaltne mješavine mogu biti spravljane vrućim, toplim i hladnim postupkom posebice u smislu načina miješanja prilikom njihova spravljanja, ali i smislu načina ugradnje, pri čemu te mješavine mogu biti dvojake -

- ili zagrijane (vruće ili tople) asfaltne mješavina na način da je ili zagrijana kamena sitneži i zagrijano vezivo ili sitnež hladna a zagrijano vezivo ili zagrijana sitneži a vezivo hladno,
- ili hladne asfaltne mješavina hladne kamene sitneži i hladnog veziva (ponekad se u ovim slučajevima kao vezivo rabi također - po proizvodnji skuplji - katran).

Asfaltne mješavine, bilo zagrijane bilo hladne, mogu se spravljati izvan mjesta ugradnje ("in plant") ili na samom mjestu ugradnje ili izvoditi zajedno s ugradnjom odnosno sastavni su dio tehnologije izvedbe zastora na licu mjesta ("in situ").

Prema ukupnom tehnološkom postupku asfalterskih radova, zatim u smislu **načina i mjesta dodavanja ili miješanja ugljikovodičnog veziva** s agregatom, u smislu njihove zagrijanosti kao i u smislu načina same ugradnje asfaltne mješavina, razlikuju se slijedeće vrste¹⁴ asfaltnih mješavina i zastora posebice kolničkih konstrukcija (*napomena: ovo je tehnološka podjela asfaltnih mješavina i zastora odnosno konstrukcija slojeva*) :

(1) vrući **asfaltbetoni** u širem smislu pojma koji se dijele na -

- **valjane asfaltbetone** u užem smislu pojma gdje se miješanje asfaltne mase odvija izvan mjesta same ugradnje primjerice u asfaltnim postrojenjima a ugradnja se uz ostalo izvodi obvezatnim valjanjem izvedenog sloja asfaltnog zastora,
- **lijevane asfalte** gdje se miješanje asfaltne mase obavlja ili u asfaltnim postrojenjima ("in plant") dalje od mjesta ugradnje, ili u posebnim miješalicama na kamionskom podvozu na licu mjesta ugradnje ("in situ") a sama ugradnja asfaltne mase je lijevanjem na podlogu bez strojnog valjanje izvednog sloja asfaltnog zastora (površina se zaglađuje laganim ručnim drvenim valjčićima ukoliko ugradnja nije posebnim finišerima za izvedbu lijevanih asfalta),

(2) **prskani** (a zatim valjani) **asfalti** kod kojih se miješanje asfaltne mase se izvodi na licu mjesta ("in situ") tj. ugradnja uz ostalo podrazumijeva miješanje sastojaka (zagrijanog ili hladnog bitumena kao veziva s hladnom kamenom sitneži); prskani asfalti se obzirom na način dodavanja veziva dijele na -

¹⁴ (ovo bi bila tehnološka podjela izvedbe asfaltbetonskih zastora u širem smislu pojma)

- jednoslojne, dvoslojne ili višeslojne ili pojačane **površinske obrade** (kod kojih se prvo na podlogu nanosi vezivo a zatim sloj kamene sitneži koji se nakon toga uvalja valjkom) i
- jednoslojne ili višeslojne **polupenetrirane i penetrirane makadame** (kod kojih se prvo izvodi sloj kamene sitneži a zatim se sloj prska ili "zaljeva" vezivom koje zatim "penetrira" ili prodire u sloj kamene sitneži uz obvezatno zatvaranje ovako izvednih makadama površinskom obradom), te
- **asfaltni makadami** koji su tehnološke kombinacije izvedbe nosivih slojeva ili zastora od asfaltbetona i prskanih asfalta,

(3) **asfaltne stabilizacije** koje su oblik "in situ" učvršćivanja slojeva kamene sitneži s hladnim ili zagrijanim bitumenom kao vezivom - slično kao stabilizacije kod kojih je vezivo cement odnosno vapno.

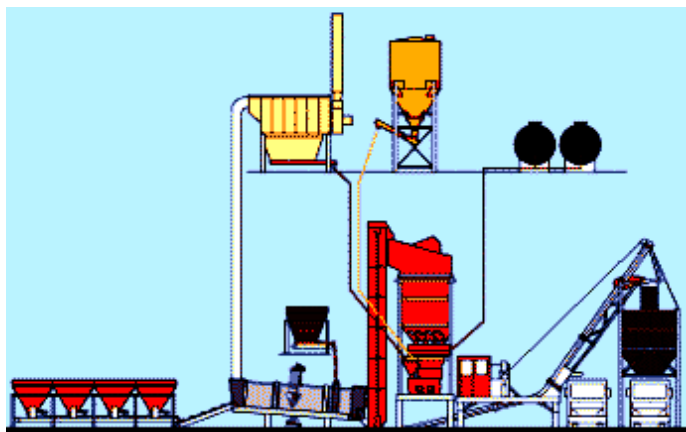
3.4. Asfaltne baze (asfaltna postrojenja)

Sa stanovišta sustava strojeva i postrojenja značajna je ukupna tehnologija izvedbe vezanih kolničkih konstrukcija od valjanih asfaltbetona u užem smislu kao oblika masovnih asfaltnih radova. Također je za valjane asfaltbetone svojstven **vrući** postupak njihove izvedbe tj. proizvodnje (miješanja) i ugradnje (valjanja)¹⁵. Pri tomu su -

- preporučene temperature skladištenja bitumena u spremnicima asfaltnih postrojenja, ovisno o vrsti bitumena za kolnike, od oko 130°C do najviše oko 170°C.
- preporučene temperature asfaltne mješavine na izlazu iz miješalice asfaltnog postrojenja, ovisno o vrsti bitumena za kolnike od oko 130°C do oko 180°C.
- preporučene temperature asfaltne mješavine na mjestu ugradnje, ovisno o vrsti bitumena za kolnike, od oko 130°C do oko 170°C odnosno ne niže od 110°C.

Temeljno tehnološko obilježje **asfaltbetona** u širem smislu pojma jest miješanje asfaltne mase (bez obzira da li se ono provodi "in plant" ili "in situ") te ugradba izmješane asfaltne masa ili valjanjem ili samo lijevanjem bez valjanja. Stoga izvedba valjanih asfaltbetona podrazumijeva uz ostalo proizvodnju asfaltne mješavine u asfaltnim postrojenjima koje se u praksi popularno, pa i službeno, nazivaju **asfaltne baze**.

Asfaltna baza je složeni strojni sustav (*slika dolje lijevo – dijagram toka asfaltne baze s*



dijagram toka asfaltne baze s cikličkom miješalicom) čije je cilj proizvodnja kvalitetne vruće asfaltbetonske mješavine zadanog sastava i izlazne temperature. Osnovi procesi i zahvati tehnološkog postupka proizvodnje vruće asfaltbetonske mješavine su **uskladištenje sastavnica** (kamene sitneži, kamenog brašna tj. punila, bitumena te prirodnog asfalta) njihovo doziranje tj. **mjerenje** (vaganjem ili protokom), **zagrijavanje i miješanje** te privremeno **uskladištenje** vruće asfaltne mješavine.

Tehnološka i konstruktivna obilježja asfaltne baze utvrđuje način spravljanja odnosno posebice miješanja asfaltne mase koji može biti u tom smislu dvojak: **ciklički i kontinuirani**. Općenito gledajući ciklički oblik spravljanja vruće asfaltbetonske mješavine (*ista slika gore*) je kvalitetniji nego kontinuirani posebice iz razloga točnijeg mjerenja sastavnica asfaltne mase vaganjem - za razliku od kontinuiranog postrojenja gdje se agregat po obujmu kontinuirano protokom dozira prema miješanju. Međutim, suvremeni tehnološki razvoj sve više unapređuju tehniku i tehnologiju kontinuirane proizvodnje asfaltnih mješavina posebice u svrhu recikliranja asfaltbetonskih zastora kolničkih konstrukcija.

¹⁵ Da bi se ispunili temperaturni uvjeti ugradnje valjanog asfaltbetona duljina prijevoza asfaltne mješavine uobičajno se ograničava na oko 70 km odnosno vrijeme prijevoza najviše na 1,5 sat od trenutka prhvaata na asfaltnoj bazi.

3.4.1. Asfaltne baze s cikličkom miješalicom

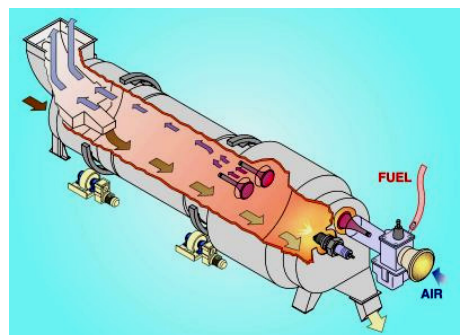
Uobičajene ("standardne", uvjetno rečeno, "klasične") **asfaltne baze s cikličkim načinom miješanja** rade tako da se njihove miješalice pune, zatim miješaju i prazne u jednolikim vremenskim razmacima određenog obujma sastavnica asfaltne mase sukladno obujmu bubnja miješalice. Dakle, sama oprecija spravljanja asfaltne mješavine je u ciklusima jer se rabi **ciklička miješalica**. Međutim, valja istaći da ostali dio asfaltnog postrojenja, osim same miješalice i transportnog sustava za potrebe uskladištenja vruće asfaltbetonske mješavine, u načelu radi kontinuirano sve do silosa za agregat ispred same cikličke miješalice.

Ova vrsta asfaltnih baza još uvijek najčešća u uporabi za potrebe spravljanja vrućih mješavina valjanih asfaltbetona. Uglavnom su srednjeg do velikog proizvodnog učinka (imaju čak nazivne učinke i do par stotina tona u jednom satu, primjerice proizvodni program jedne tvrke obuhvaća instalirane učinke lako montažnih odnosno demontažnih asfaltnih baza: 35 - 50 t/sat, 50 - 90 t/sat, 90 - 160 t/sat, 160 - 250 t/sat te 250 - 310 t/sat).

Sva ova postrojenja, bilo (polu)pokretna ili lako prenosiva ili stalna tj. nepokretna, obuhvaćaju raznovrsne strojne sklopove, uređaje te ostalu tehnološku opremu koji se mogu svrstati (uglavnom) u sedam osnovnih proizvodno-tehnoloških (i njima pripadnih strojnih) poddjelina (*na slici dolje uočavaju se navedene tehnološke poddjelinae asfaltne baze s cikličkim načinom rada*):



1. sklop više **bunkera u obliku otvorenih silosa za skladištenje agregata** s dodavačima za "protočno" predoziranje pojedinih vrsta (po veličina) zrna kamene sitneži (tzv. "frakcija") uključivo transportne trake od bunkera pa nadalje,
2. blago zakošeni rotirajući **bubanj za sušenje** (zagrijavanje i otprašivanje) **agregata** (*slika desno*); ako se koristi nafta kao gorivo tada se u okviru ove poddjelina nalazi se jedna ili više cisterni za gorivo s opremom dovod goriva do plamenika bubnja,
3. sklop opreme **filtera (separatora) za izdvajanje punila iz prašine** dobivene otprašivanjem agregata u bubnju za sušenje, zajedno s opremom otprašivanje tj. izvlačenje i transport prašine do i kroz ciklone i filtere koju sačinjavaju posebni cjevovodi i tzv. "exhaustor" (ventilator) koji usisava prašinu iz bubnja kroz filtere; u okviru ove tehnološke poddjelina



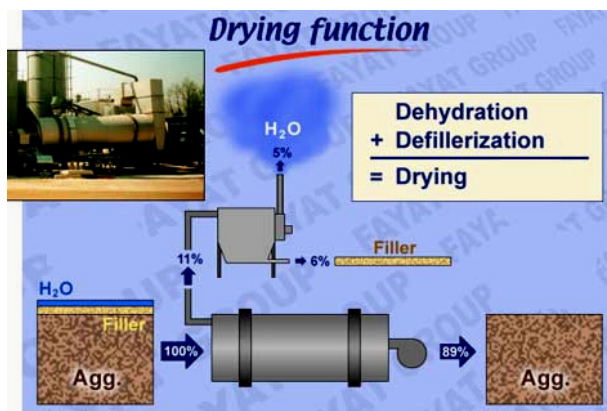
nalazi se jedan ili više zatvorenih uspravnih silosa za uskladištenje otprašivanjem dobijenog i izvana dopremljenog punila zajedno s opremom za transport punila do miješanja;

- sklop opreme za ("vruće") **sijanje** zagrijanog agregata i **miješanje** svih sastavnica asfaltne mase koji je smješten u okviru cjelovite višetažne konstrukcije (*vidi također sliku dolje desno*) a obuhvaća slijedeće dijelove -
 - uspravni **elevator** za transport agregata od bubnja za sušenje do sijanja,
 - višetažno (koso vibracijsko ili horizontalno rezonantno) **sito** za sijanje vrućeg agregata uključivo manje **silose** prosijanih "frakcija" ispod sita a iznad miješalice zajedno s **vagama** za ponovno mjerenje agregata i punila prije miješanja,
 - ciklička **miješalica** vrućih sastavnica asfaltne mase (**prisilna miješalicama s dvije** (vodoravne) osovine lopatica suprotna okretanja unutar nepokretnog bubnja) zajedno s protočnim mjeracima veziva i s prskalicama veziva unutar bubnja miješalice,
- sklop opreme **skladišta gotove asfaltbetonske mješavine s skip-uređajem** (kosa sandučasta prenosilica) za transport vruće mješavine od ispod miješalice pa do zatvorenih (u smislu vanjskih toplotnih utjecaja izoliranih) bunkera (silosa) smještenih također u okviru cjelovite etažne konstrukcije ispod koje mogu doći kamioni za preuzimanje i daljnji transport asfaltne mase do mjesta ugradnje,
- skladišta odnosno **spremnici** (rezervoari, kotlovi) **bitumena i asfalta** uključivo opremu za zagrijavanje odnosno topljenje veziva kao i opremu (crpke, cjevovodi) za dovod veziva do miješalice,
- sustav opreme elektro-pogona i -instalacija postrojenja uključivo tzv. "komandnu kućicu" s opremom i uređajima za upravljanje radom postrojenja.

Ključni dijelovi asfaltnih baza s cikličkim načinom rada, koji su ujedno odrednice pripadnih tehnoloških procesa i operacija ukupnog postupka proizvodnje vrućih asfaltbetonskih mješavina i koji utvrđuju njegov mogući učinak, bili bi **bubanj za sušenje agregata** (gdje se visoka temperatura izlaznog agregata između 150°C i 170°C do najviše oko 220°C postiže plamenom koji nastaje izgaranjem nafte *uz napomenu da se danas se sve više iz ekoloških razloga koristi kao gorivo plin posebice kod stalnih tj. stabilnih asfaltnih baza*), **sito za sijanje zagrijanog agregata**, i **miješalica sastavnica asfaltne mase**.

U **bubnju za sušenje** (*vidi sliku desno*) izvodi se zagrijavanje i otprašivanje zagrijanog agregata kako bi se iz "izvukle" sve prašinate čestice bilo kamenog bilo glinenog sastava. Ova prašina se vodi dalje u ciklone i filtere gdje se suhim ili mokrim postupkom kamena prašina odvaja od glinene prašine. Ovako izdvojena kamena prašina ponovo se vraća kao punilo u postupak proizvodnje asfaltbetonske mješavine. Valja istaći da bubanj za sušenje agregata radi na "prostustrujnom načelu" pa se naziva još *protustrujni bubanj za sušenje agregata*. Kod njega vruća plamena masa struji u jednom smjeru a agregat se u bubnju kreće prema dolje u suprotnom smjeru. Pri tomu se samo otprašivanje izvodi na višem kraju bubnja tj. na početku bubnja gdje ulazi agregat a gdje su također temperature plamene mase najniže.

Zašto se izvodi vruće sijanje nakon sušenja agregata iako je isti prije točno težinski izmjereno? Prilikom zagrijavanja i otprašivanja kamena sitnež se djelomice raspada te time ujedno gubi dio svoje mase ali se time također remeti njezin granulometrijski sastav s kojim je "došla" u bubanj za sušenje. Zbog toga agregat "ide" dalje na ponovno vruće sijanje. Tu se popravljaju granulometrijski sastav pojedine "frakcije" agregata te se zatim uskladuje ponovnim vaganjem prije miješanja s zadanim sastavom koji je predviđen po "recepturi" vruće asfaltbetonske mješavine.



3.4.2. Asfaltne baze s kontinuiranim načinom miješanja

Asfaltne baze s kontinuiranim načinom miješanja različitog su proizvodnog učinka. Tehnološki su jednostavnija i zbog toga pogodnija u smislu njihove pokretljivosti za brza i česta premještanje. Stoga su najčešće koncipirana i konstruirana kao polupokretna vučena ili lako demontažna prenosiva postrojenja. To su također modularna postrojenja tako da se kombinacijom njihovih dijelova odnosno podcjelina mogu "slagati" po potrebi i njihovi različiti učinci.

Ostale prednosti kontinuiranih asfaltnih postrojenja u odnosu na, po učinku, istovjetna postrojenja s cikličkim načinom rada bili bi niži troškovi nabave takvih postrojenja te manja potrošnja goriva jer su kod većine takvih postrojenja nešto niže temperature proizvedene mješavine. Također je manja potrošnja električne energije jer takva postrojenja nemaju sita i dodatne vage te neke ostale dijelove koja su obvezatna kod cikličkih postrojenja. Međutim, zbog navedenog, kontinuirana postrojenja mogu se koristiti samo u slučajevima kada to dozvoljavaju obilježja agregata kao što je -

- stalnost granulometrijskog sastava kamene sitneži tijekom čitave proizvodnje,
- odvojeno uskladištenje i uzimanje "frakcija" kamene sitneži bez bilo koje mogućnosti njihova miješanja prilikom uskladištenja i prilikom uzimanja odnosno doziranja prije miješanja.

Neprijeporno je da sve prašinate čestice u kamenoj sitneži kod ove koncepcije kontinuiranog miješanja neće biti otprašene a što može imati utjecaja na kvalitetu asfaltbetonske mješavine.

Ove asfaltne baze postoje zasada u dva bitno različita tehnološka odnosno konstruktivna oblika koncepcije i konstrukcije kontinuirana načina miješanja vrućeg asfaltbetona:

- **asfaltne baze s kontinuiranom miješalicom** što je tradicijska koncepcija asfaltnih postrojenja s zasebnim okretnim bubnjem za sušenje agregata i s zasebnom opremom za kontinuirano miješanje asfaltne mase,
- **asfaltne baze s bubnjem tipa sušilica–miješalica** što je suvremena koncepcija asfaltnih postrojenja kod kojih je okretni bubanj za sušenje ujedno i miješalica pa se istovremeno u bubnju odvija zagrijavanje agregata i njegovo miješanje s vezivom i punilom.

3.4.2.1. Asfaltne baze s kontinuiranom miješalicom (kontinuirane asfaltne baze)

Asfaltne baze s kontinuiranom miješalicom malog su do srednjeg proizvodnog učinka. Ova uglavnom polupokretna lako premjestiva manja postrojenja imaju nazivne proizvodne učinke. U načelu su po radnoj koncepciji i tomu primjerenoj konstrukciji prilično slična asfaltnim bazama s cikličkim načinom rada jedino što nemaju sita i što umjesto cikličke imaju kontinuiranu miješalicu. Stoga obuhvaćaju za razliku od cikličkih asfaltnih baza najčešće šest osnovnih proizvodno-tehnoloških podcjelina:

1. sklop više **bunkera za skladištenje agregata** s dodavačima za predoziranje pojedinih "frakcija" kamene sitneži uključivo transportne trake od bunkera do bubnja za sušenje,
2. blago zakošeni okretni **bubanj za sušenje agregata** (bubanj za zagrijavanje i istovremeno otprašivanje agregata); u okviru ovog dijela nalazi se spremnik za gorivo s opremom dovod goriva do plamenika bubnja ako se koristi nafta kao gorivo,
3. sklop **opreme za otprašivanje agregata u bubnju za sušenje** zajedno s opremom za izvlačenje, transport i izdvajanje prašine (cjevovodi, filteri i "exhauster"),
4. sklop **opreme za miješanje i uskladištenje asfaltne mase** (najčešće smješten u okviru cjelovite višetažne konstrukcije) koji obuhvaća slijedeće dijelove -
 - strmi **elevator** za transport agregata od bubnja za sušenje do područja miješanja,
 - vodoravna **pužna miješalica** za miješanje svih sastavnica asfaltne mase uključivo protočne dozatore ugljikovodičnog veziva i prskalice veziva unutar miješalice,
 - **skladišta gotove asfaltbetonske mješavine** u vidu malog bunkera (silosa) ispod kojega mogu doći kamioni za preuzimanje i daljnji transport asfaltne mase do mjesta ugradnje,
5. skladišta odnosno **spremnici** (rezervoari, kotlovi) **bitumena** uključivo opremu za zagrijavanje veziva kao i opremu (crpke, cjevovodi) za dovod veziva do miješalice,
6. oprema za elektro-pogon (elektro-instalacije) i za upravljanje radom postrojenja uključivo "tzv. **komandnu kućicu**.

Bubanj za sušenje agregata radi također kao *protustrujni bubanj* odnosno vruća plamena masa struji u jednom smjeru a agregat se u bubnju kreće u suprotnom smjeru.

Samo miješanje u razmatranim asfaltnim bazama kontinuiranog načina rada izvodi se u uglavnom **dvostrukim pužnim miješalicama** (*vidi miješalice kod betonara*) kod kojih se unutar sanduka nalaze dvije vodoravne osovine s lopaticama koje na način beskonačnog arhimedovog kola (vijka) kontinuirano miješaju i guraju asfaltnu masu prema kraju sanduka miješalice odnosno prema manjem privremenom silosu ispod kojeg se pune kamioni koji odvoze asfaltbeton do mjesta njegove ugradnje.

3.4.2.2. Kontinuirane asfaltne baze s bubnjem tipa sušilica–miješalica

Razvoj suvremenih tehnoloških konceptija i tomu odgovarajućih konstrukcija **asfaltne baze s bubnjem tipa sušilica–miješalica** vezan je uz razvoj tehnika i tehnologija **recikliranja asfaltnog loma**. Naime, kod ponovne uporabe recikliranog agregata asfaltbetona nema posljedica reoloških obilježja kao kod ponove uporabe recikliranog (cement)betona (*naime, gljivovodično vezivo međusobno fizički lijepi kamenu sitnež a nasuprot tomu cement kemijski veže kamenu sitnež*). Zbog toga suvremeni tehnološki postupak obnove asfaltnih kolničkih konstrukcija podrazumijeva njihovo struganje te nakon toga korištenje ostruganog materijala kao buduće mineralne sastavnice novog asfaltbetona tim više što agregat, kao što je već istaknuto, čini preko 90% sastava asfaltne mase.

Korištenje na bilo koji način, pa čak i neprikladno, usitnjenog asfaltnog loma dovelo je do razvoja i primjene novih tehnoloških konceptija proizvodnje asfaltbetonskih mješavina odnosno do novih konstrukcija tog tehnologiji prilagođeni asfaltnih postrojenja. Kako se u procesu proizvodnje vrućeg asfaltbetona zrna zbog topline međusobno “odljepljuju” a **granulometrijski sastav agregata se bitno ne mijenja** to je moguća -

- kao prvo, kontinuirana proizvodnja asfaltne mješavine, te
- kao drugo, nije potrebno prosijavanje recikliranog agregata,

pa je također moguća konceptija istovremenog kontinuiranog sušenja i miješanja asfaltne mase. Dakle, istovremeno se odvija zagrijavanje i otprašivanje agregata te njegovo miješanje s vezivom i dodatnim punilom. To je osnovna konceptija asfaltnih baze s bubnjem tipa sušilica–miješalica.

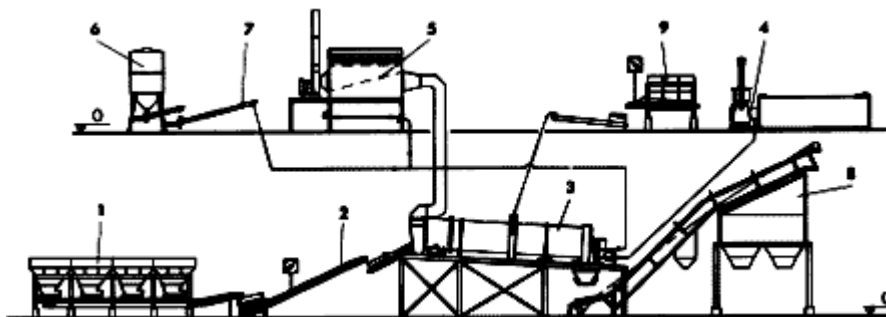
Za razliku od kontinuiranih postrojenja, **kod cikličkih asfaltnih postrojenja reciklirani agregat mora biti pravilno usitnjen** kako bi mogao bez problema proći pretpostavljeni proces prosijavanja prije miješanja. To znači da reciklirani agregat mora biti dobiven drobljenjem a što traži primjenu posebnih vrsta drobilica koje mogu kvalitetno usitnjavati asfaltni lom. **Također je pravilo da se količina recikliranog asfaltbetona kod ponovne uporabe u cikličkim postrojenjima ograničava na oko 35% ukupne količine agrgata asfaltbetonske mješavine.**

Asfaltne baze s bubnjem tipa sušilica–miješalica trenutno su dvojake tehnološke konceptije i iz toga proizišle konstrukcije. Njihov razvoj je započeo s konceptijom i konstrukcijom okretnog **jednostrukog bubnja tipa sušilica–miješalica** s uporednim istosmjernim sušenjem i miješanjem sastavnica asfaltne mase u istom prostoru bubnja. Nakon toga slijedi sadašnji razvoj **dvostrukih bubnja tipa sušilica–miješalica** s protustrujnim načinom rada pri čemu su odvojeni procesi sušenja i miješanja sastavnica asfaltne mase odvijaju u istom, ali po prostoru dvostrukom, okretnom bubnju.

3.4.2.1. Asfaltne baze s jednostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalica

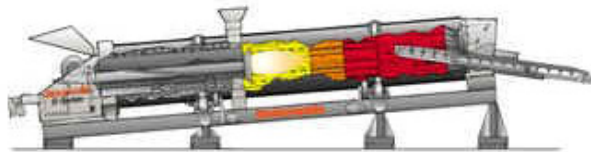
Asfaltne baze s jednostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalica malog su do srednjeg malog proizvodnog učinka. Ova vrsta asfaltnih postrojenja najčešće su pokretna ili polupokretna vučena ili lako prenosiva demontažna postrojenja s pojedinim dijelovima na podvozjima s kotačima.

U slučaju uobičajene proizvodnje asfaltbetona bez uporabe recikliranog agregata ova postrojenja obuhvaćaju, primjerice, slijedeće osnovne tehnološke podcjeline (*na slici dolje uočavaju se navedene tehnološke podcjeline kontinuirane asfaltne baze s bubnjem tipa sušilica-miješalica*) :

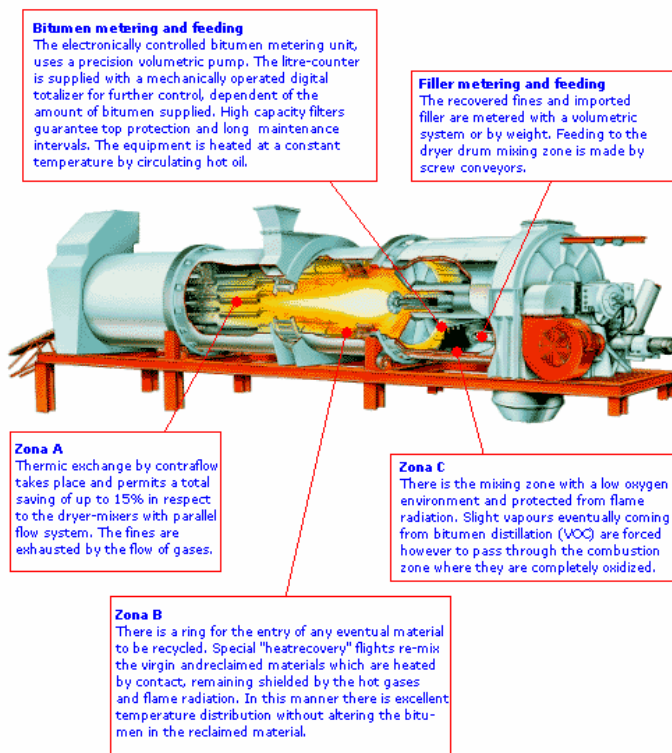


1. sklop više pokretnih **bunkera za skladištenje agregata** (br. 1 na prethodnoj slici) s dodavačima (vagama) za predoziranje pojedinih "frakcija" kamene sitneži uključivo transportne trake od bunkera do bubnja za sušenje (br. 2 na prethodnoj slici);
2. **pokretni silos** (moguća je i autocisterna) za **usklađivanje dopremljenog punila** zajedno s opremom za transport punila do transportne trake (br. 6 i 7 na prethodnoj slici),
3. **silos ili kotlovi** (moguća je i autocisterna) za **usklađivanje, doziranje i grijanje bitumena** zajedno s opremom za transport bitumena do bubnja za sušenje (br. 9 na prethodnoj slici),

4. blago zakošeni pokretni **bubanj za sušenje** (odnosno samo **zagrijavanje**) **agregata i istovremno miješanje agregata za vezivom** (slika dolje, br. 3 na prethodnoj slici) koje se dodaje negdje u sredini dna bubnja kroz posebnu cijev – obuvača uglavnom tri područja: područje zagrijavanja agregata, područje zagrijavanja agregata i asfaltnog loma (ukoliko se radi o uporabi dijelom recikliranom agregata), područje miješanja s punilom (filerom) i bitumenom kao vezivom);
5. **pokretni spremnik (autocisterna) za gorivo** (br. 4 na prethodnoj slici) s opremom dovod goriva do plamenika bubnja,
6. sklop pokretne **opreme za zbrinjavanje smjese izlaznih plinova i čestica iz bubnja** zajedno s **opremom za izvlačenje, transport i izdvajanje plinova** (cjevovodi, filteri i “exhaustor”, br. 5 na prethodnoj slici),
7. sklop opreme pokretnog **skladišta gotove asfaltbetonske mješavine** (br. 8 na prethodnoj slici) s pokretnom kosom (rebrastom, kablčastom) transportnom trakom za dotur vruće mješavine od bubnja pa do zatvorenog (izoliranog) bunkera (silosa) smještenog u okviru cjelovite pokretne etažne konstrukcije ispod koje mogu doći kamioni za preuzimanje i daljnji transport asfaltne mase do mjesta ugradnje,
8. oprema za elektro-pogon (elektro-instalacije) i za upravljanje radom postrojenja uključivo “tzv. **komandnu kućicu**.”



Suvremeni jednostruki tj. jednovolumni okretni bubanj za sušenje agregata (vidi sliku dolje) radi na “istosmjernom načelu” pa se naziva također **istosmjerni bubanj za sušenje agregata**. Kod njega vruća plamena masa struji a i agregat se u bubnju također kreće u istom smjeru prema dolje. Pri tomu se samo “otplinjavanje i otprašivanje” okretnog bubnja izvodi na njegovom nižem kraju tj. na kraju bubnja gdje izlazi gotova asfaltbetonska mješavina a gdje su također temperature plamene mase najniže. Inače su temperature kod plamenika oko 2.400°C a na kraju bubnja, gdje se vrši "otplinjavanje i otprašivanje", oko 300°C. U slučaju ako se radi o proizvodnji asfaltbetona s recikliranim agregatom moguće je njegovo dodavanje u sredini bubnja.



3.4.2.2. Asfaltne baze s dvostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalica

Asfaltne baze s dvostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalica srednje su velikog do velikog proizvodnog učinka. Tehnološke i konstrukcijske koncepcije ovih postrojenja omogućavaju ili uobičajenu proizvodnju vrućih asfaltbetonskih mješavina ili proizvodnju asfaltbetona od recikliranih agregata ili istovremenu kombinaciju ovih proizvodnja. To su uglavnom lako demontažna modularna postrojenja. Svojom proizvodno-tehnološkom koncepcijom proizvodnje i recikliranja asfaltbetona, kao i tomu usklađenom strojno-tehnološkom opremom, omogućavaju visoku razinu zaštite okoliša. To su ekološki razmjerno sigurna postrojenja. Takvo postrojenje, primjerice, obuhvaća slijedeće osnovne strojno-tehnološke podcjeline (*na slici dolje uočavaju se navedene tehnološke podcjeline kontinuirane asfaltne baze s dvostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalica*):



1. sklop više modularnih **bunkera za skladištenje agregata** s trakastim predozatorima pojedinih "frakcija" kamene sitneži uključivo transportne trake od bunkera do bubnja tipa sušilica-miješalica;
2. blago zakošeni okretni **dvostruki bubanj za sušenje (zagrijavanje i otprašivanje) agregata i miješanje agregata za vezivom** kod kojega se navedene dvije tehnološke operacije izvode **istovremeno** ali međusobno **odvojeno**.
3. sklop **opreme za zbrinjavanje smjese izlaznih plinova i čestica iz bubnja** zajedno s opremom za izvlačenje, transport, izdvajanje i ponovno vraćanje punila u dio bubnja za miješanje (cjevovodi, cikloni, filteri, cijevni pužni transporteri, exhaustor); u okviru ovog dijela nalazi se dodatna oprema za uskladištenje dopremljenog punila zajedno s opremom za transport punila do transportne trake,
4. skladišta odnosno **spremnici** (rezervoari, kotlovi) **bitumena** s opremom za zagrijavanje veziva kao i opremom za dovod veziva (crpke, cjevovodi) do dijela bubnja za miješanje asfaltbetona,
5. sklop **opreme za prihvata i možebitno sekundarno recikliranje asfaltnog loma ili primarno recikliranog asfaltnog agregata** zajedno s opremom za drobljenje, sijanje i transport agregata u dio bubnja za miješanje,
6. sklop uspravnih zatvorenih (izoliranih) **silosa za spremanje gotove asfaltbetonske mješavine** s kosim elevatorom odnosno kablčastom transportnom trakom za dotur vruće mješavine od bubnja pa do silosa smještenih u okviru cjelovite konstrukcije ispod koje mogu doći kamioni za preuzimanje i daljnji transport asfaltne mase do mjesta ugradnje,



7. oprema za elektro-pogon (elektro-instalacije) i za upravljanje radom postrojenja uključivo "tzv. komandnu kućicu.

Dvostruki tj.dvovolumni okretni bubanj (slika dole lijevo) za sušenje agregata suvremeno je strojno-tehnološko rješenje kontinuiranog načina spravljanja, dakle istovremenog ali odvojenog sušenja, zagrijavanja, otprašivanja, te miješanja, vruće asfaltbetonske mješavine na slijedeći način -

- u unutrašnjem cilindru okretnog bubnja provodi se zagrijavanje te "otplinjavanje i otprašivanje" agregata na "prostustrujnom načelu" (pa je unutrašnji cilindar bubnja također *protustrujni bubanj za sušenje agregata*) gdje vruća plamena masa struji u jednom smjeru a agregat se u bubnju kreće prema dolje u suprotnom smjeru pri čemu se samo otprašivanje izvodi na višem kraju unutrašnjeg cilindra bubnja odnosno na početku bubnja gdje ulazi agregat,
- u prostoru između vanjskog i unutrašnjeg cilindra bubnja (pri čemu vanjski cilindar oplošuje oko dvije trećine donjeg dijela unutrašnjeg cilindra) provodi se miješanje osušenog agregata s ostalim sastavnicama asfaltbetona pri čemu agregat "samostalno prelazi" iz donjeg dijela unutrašnjeg cilindra u donji dio prostora miješanja, ili miješalice, između vanjskog i unutrašnjeg cilindra pri čemu je moguće dodavanje recikliranog agregata na početku ovog dijela bubnja-miješalice.



Ovakova tehnološka koncepcija istovremenog ali odvojenog sušenja i miješanja asfaltne mase snižava također i proizvodne troškove. Posebice se to odnosi na utrošak goriva za zagrijavanje agregata u bubnju koji je između 4% i 10% za uobičajne vruće asfaltbetonske mješavine a do 20% za asfaltbetone od recikliranog agregata.

Asfaltne baze s dvostrukim bubnjem tipa sušilica-miješalice imaju velike nazivne učinke pa tako proizvodni program jedne tvrke obuhvaća isporuku lako montažnih odnosno demontažne asfaltnih baza s dvostrukim bubnjevima tipa sušilica-miješalice od 100 t/sat pa do 400 t/sat.

3.5. Postrojenja za recikliranje asfaltbetonskog loma

Obnova završnih habajućih slojeva asfaltbentskih kolničkih konstrukcija recikliranjem njihovog agregata suvremeni je pristup u održavanju cestovnih prometnica odnosno suvremeni pristup zbrinjavanja asfaltnog loma kao vrste građevinskog otpada. Obnovu oštećenih ili dotrajalih, za promet nepodobnih i nesigurnih, asfaltnih kolničkih konstrukcija ponovnom uporabom njihovog agregata moguća je provesti na dva osnovna načina:

1. **nadogradnjom postojećeg oštećenog sloja novim asfaltnim habajućim slojem**, a što je nepraktično iz više razloga: izvedba novih slojeva ne može ići u nedogled i nadogradnja traži u mnogim slučajevima također rekonstrukciju odvodnje prometnice,
2. **zamjenom oštećenih ili dotrajalih habajućih asfaltnih slojeva novim slojem** u istom prostoru kolničke konstrukcije i to ponovnim korištenjem agregata asfaltbetona za izvedbu tog novog zamjenskog sloja, a sve to na dva načina:
 - izvedbom novog zamjenskog sloja na licu mjesta ("remove or replace in situ") određenim tehnološkim postupcima pomoću posebnih strojeva i ostale pripadne tehnološke opreme za recikliranje asfaltnog zastora koja se kreće po prometnici i iza sebe "ostavlja" obnovljeni sloj,
 - struganjem (ili razbijanjem) asfaltnog sloja te odvozom dobijenog asfaltnog loma u asfaltne baze radi ponovnog korištenja kao recikliranog agregata u proizvodnji asfaltnih masa ("recikling in plant").

Na taj način se recikliranjem asfaltnog zastora kolničkih konstrukcija posebice u u ekološkom smislu -

- izbjegava štetno odlaganje asfaltnog loma u prirodni prostor,
- koristi postojeći materijalni resursi a što znači da se ne koriste nepotrebno prirodni materijali,
- smanjuje se ili u potpunosti izbjegava po okoliš štetni transport materijala, itd.

U tehnno-ekonmoskom smislu postižu se recikliranjem asfaltnog loma velike uštede -

- ponovnim korištenjem kao agregata skupe kamene sitneži habajućih slojeva kolničkih konstrukcija,
- smanjenim utroškom energije, te
- smanjenjem transportnih troškova.

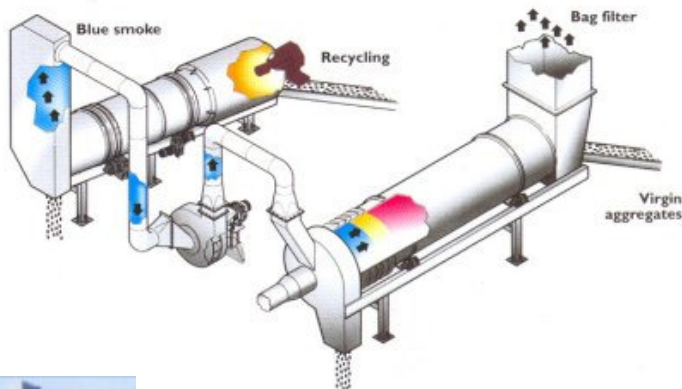
Sa stajališta asfaltnih postrojenja zanimljivo je korištenje asfaltnog loma kao recikliranog agregata u proizvodnji novih asfaltnih masa. Prethodno je veće istaknuto, kako je razvoj suvremenih tehnoloških koncepcija i tomu odgovarajućih konstrukcija asfaltnih baza s bubnjem tipa sušilica–miješalica vezan uz razvoj tehnika i tehnologija recikliranja asfaltnog loma “in plant”.

Valja, kao prvo, istaći kako korištenje asfaltnog loma kao agregata vrućih asfaltbetonskih mješavina, traži njegovo “predrecikliranje” odnosno usitnjavanje najčešće i uglavnom drobljenjem. Drobljenje asfaltnog loma u tehno-ekonomskom smislu najkvalitenije je provesti ili posebnim **kružnim dvovaljčastim drobilicama** s vodoravnom osovinom ukoliko se drobi ukupni asfaltni lom ili **udarnim drobilicama** ukoliko se drobi samo krupni dio prethodno prosijanog asfaltnog loma (a koji je primjerice prethodno struganjem razmjerno usitnjen). Ova tehnološka oprema kao strojni podsustav za sebe može biti sastavni dio neke asfaltne baze za proizvodnju recikliranog asfaltbetona.

Prethodno su prikazane pojedine tehnološke inačice odnosno konstrukcije kontinuiranih asfaltnih postrojenja koje omogućavaju djelomično ili potpuno recikliranje asfaltbetona odnosno korištenjem recikliranog agregata. U tom slučaju koriste se opisane i prikazane asfaltne baze s jednostrukim ili dvostrukim bubnjevima tipa sušilica–miješalica koje u svom ukupnom proizvodno-tehnološkom sustavu mogu imati i navedeni odnosno prikazani strojni tehnološki podsustav za drobljenje asfaltnog loma. Dalje se također prikazuju neke moguće inačice recikliranja asfaltbetona “in plant” ovisno u količini recikliranog agregata koji se ponovo koristi u proizvodnji asfaltne mase.

Korištenje **do 35% recikliranog agregata moguće je u standardnim asfaltnim bazama s izdvojenim cikličkim ili kontinuiranim miješalicama** pri čemu se reciklirani agregat dodaje u zadnju trećinu prostora protustrujnog bubanj za sušenje agregata. Ovaj način korištenja na tečinu ograničene količine recikliranog agregata traži samo dodatne rekonstrukcije bubnja za sušenje agregata u postojećim asfaltnim postrojenjima – uz možebitno ustrojavanje dodatnog postrojenja tj. drobilica i sita za recikliranje asfaltnog loma. Zbog svoje ekonomičnosti ova tehnološka koncepcija dosta se primjenjuje u praksi korištenja recikliranog asfaltnog loma pri proizvodnji vrućih asfaltbetona u postojećim, vremenski “starijim” ali ispravnim postrojenjima.

Korištenje **do 50% (pa i više čak 100 %) recikliranog agregata moguće je u okviru standardnih asfaltnih baza s izdvojenim kontinuiranim i cikličkim miješalicama u kombinaciji s dodatnim bubnjevima za sušenje recikliranog agregata (slike desno i dolje).** Ovaj način ne traži rekonstrukcije bubnja za sušenje agregata u postojećim asfaltnim postrojenjima nego dodatno uvođenje istosmjernog bubnja sušilice za reciklirani agregat.



Web – adrese u svezi postrojenja (služile su također kao izvori svih slika u tekstu)

Općenite informacije drobljenju i opremi:

<http://www.balzerpacific.com>
<http://www.bedrocksoftware.com>
<http://www.cec crushers.com>
<http://www.crushersales.com/>
<http://www.hbn-baumaschinen.de>
<http://www.interquip.com>
<http://www.jwjonescompany.com>
<http://www.michagg.com>
<http://www.mineralszone.com>
<http://www.mining-technology.com>
<http://www.osbornparts.com>
<http://www.rockproducts.com>
<http://www.screeningandcrushing.com>
<http://www.twotoneinc.com>
<http://www.uni-weimar.de>

drobilice, mlinovi, drobilane:

<http://www.ampulverizer.com>
<http://www.aubema.de>
<http://www.bhs-sonthofen.de>
<http://www.bl-pegson.com>
<http://www.cedarapids.com>
<http://www.cemag.de>
<http://www.crushingplants.com>
<http://www.crushtek.com>
<http://www.eaglecrusher.com>
<http://www.hazemag.de>
<http://www.hcmac.com>
<http://www.kleemann-reiner.de>
<http://www.kolbergpioneer.com>
<http://www.krupp-crusher.com>
<http://www.krupphazemag.com>
<http://www.liedlbauer.at>
<http://www.lippmann-milwaukee.com>
<http://www.metsominerals.com>
<http://www.mfl.at>
<http://www.parkerplant.com>
<http://www.powercrusher.com>
<http://www.sbm-wageneder.at>
<http://www.screensandcrushers.com>
<http://www.telsmith.com>
<http://www.terex.com>
<http://www.williams crusher.com>

centrifugalne drobilice:

<http://www.bhs-sonthofen.de>
<http://www.canicacrusher.com>
<http://www.krupphazemag.com>
<http://www.metsominerals.com>
<http://www.powercrusher.com>
<http://www.sbm-wageneder.at>
<http://www.telsmith.com>

dodavači, rešeta, sita (separacije, pranje):

<http://www.beyer-viernheim.de>
<http://www.braeuer-gmbh.de>
<http://www.cedarapids.com>
<http://www.crushingplants.com>
<http://www.eurogomma.com>
<http://www.kleemann-reiner.de>
<http://www.norrisscreen.com>
<http://www.meister-siebe.de>

<http://www.mogensen.de>
<http://www.screensandcrushers.com>
<http://www.siebtechnik-gmbh.de>
<http://skakocomessa.cnames.dir.dk>
<http://www.stichweh.de>

samostalna (samohodna) sitai rešeta:

<http://www.backers.de>
<http://www.crushingplants.com>
<http://www.powerscreen.co.uk>
<http://www.ez-screen.com>
<http://www.screenmachine.com>
<http://www.screensandcrushers.com>
<http://www.finlayhydrascreens.com>
<http://www.screenusa.net>
<http://www.thomasloaders.com>
<http://www.u-screen.com>

transportna oprema (transportne trake):

<http://www.braeuer-gmbh.de>
<http://www.doppstadt.com>
<http://www.keiperkg.de>
<http://www.kleemann-reiner.de>

recikliranje građevnog otpada:

<http://www.backers.de>
<http://www.doppstadt.com>
<http://www.fuchs-terex.de>
<http://www.hcmac.com>
<http://www.kleemann-reiner.de>
<http://www.klumpe.de>
<http://www.powerscreen.co.uk>
<http://www.rev.it>
<http://www.rubblemaster.com>
<http://www.teltomat.com/>

tvornice betona, betonare, miješalice:

<http://www.bhs-sonthofen.de>
<http://www.building-equipment.com>
<http://www.carmix.com>
<http://www.cifa.com>
<http://www.cmiterex.com>
<http://www.elba-werk.com>
<http://www.fiori.cc>
<http://www.liebherr.de>
<http://www.lintec-gmbh.de>
<http://www.messerssi.it>
<http://www.officinepiccini.com>
<http://www.schwing.de>
<http://www.stowmfg.com>

asfaltne baze:

<http://www.benninghoven.com>
<http://www.astecinc.com>
<http://www.bernardi-impianti.it/usa>
<http://www.capious.com>
<http://www.lintec-gmbh.de>
<http://www.midlandmachinery.com>
<http://www.marini-spa.com>
<http://www.pugmillsystems.com>
<http://www.simammann.it>