

2.3.3. Strojno-tehnološki sustavi pri asfaltnim radovima

Asfaltni radovi

Građevinski asfaltni radovi obuhvaćaju izvedbu uglavnom plošnih konstrukcija od asfaltnih smjesa pri kojima se kao vezivo mineralnog agregata koristi organske ugljikovodične tvari koja imaju dobru adhezijsku prionjivost na kamen. Kao „nosive“ konstrukcije asfaltna masa su plastične i hidrofobne odnosno obijaju vodu te su zbog toga otporne na djelovanje atmosferilija i raznih agresivnih kemikalija. Asfaltna smjesa ili masa sačinjava –

- *agregat*¹ od kamene sitneži promjera zrna do 45 (63) mm koji čini preko 3/4 asfaltna masa
- *kameno brašno* iz mljevene kamene sitneži veličina čestica do 0,25/0,71 mm pri čemu veći dio brašna (60 – 85 %) čini *punilo* od mineralnih čestica promjera manjeg od 0,063 mm,
- *ugljikovodično vezivo* (*prirodni asfalt* i/ili *bitumen*² te riječi u primjeni *katran*).

U pogledu tehnike i tehnologije miješanja, transporta i ugradnje asfaltna smjesa spravlja se vrućim, toplim i hladnim postupkom pri čemu smjesa mogu biti –

- ili zagrijane asfaltna smjesa, spravljen na način da je zagrijana kamena sitneži i vezivo ili je sitnež hladna a zagrijano vezivo ili je zagrijana sitneži a vezivo hladno,
- ili hladne asfaltna smjesa spravljen iz hladne kamene sitneži i hladnog veziva pri čemu se u kao vezivo uglavnom rabi katran.

Pri tomu se asfaltna smjesa mogu spravlja izvan mjesta ugradnje (*in plant*) ili zajedno s ugradnjom (*in situ*) kada je spravljanje asfaltna masa sastavni dio tehnike i tehnologije izvedbe asfaltnih zastora na licu mjesta. Prema obilježjima ukupnog tehnološkog postupka asfaltnih radova, a u smislu načina te mjesta dodavanja i miješanja ugljikovodičnog veziva s agregatom (kao i zagrijanosti sastojaka te načina same ugradnje) razlikuju se u organizacijskom, logističkom, proizvodno-tehnološkom i izvedbenom smislu slijedeće osnovne vrste asfaltna smjesa ili masa odnosno asfaltna gradiva i asfaltna (posebice kolničkih³) konstrukcija:

¹ Kao agregat asfaltbetona uglavnom koristi kamena sitnež sedimentnog ili metamorfnog porijekla ali karbonatnog sadržaja koja bolje upija i bolje se oblijepljuje bitumenom a jeftinija je u pridobivanju. Kamena sitnež eruptivnog i metamorfnog porijekla silikatnog sadržaja skuplja je u pridobivanju te se koristi se uglavnom za trošive slojeve kolničkih konstrukcija autocesta i cesta teškog prometnog opterećenja. Naime, agregat silikatnog sadržaja povoljniji je fizičko-mehaničkih obilježja što se tiče trošenja i otpornosti na smrzavanje iako slabije upija i oblijepljuje se bitumenom.

² Prirodni asfalt koristi se kao dodatak pri izvedbi visokokvalitetnih lijevani asfaltna slojeva primjerice za kolnike mostova. Pri pri izvedbi većine asfaltna kolničkih konstrukcija kao vezivo uglavnom koristi u pridobivanju najjeftiniji (bitumen) koji, međutim, ima razmjerno nepovoljnu viskoznost. Ona se smanjuje disperzijom bitumena u vodi čime nastaju polustabilne bitumenske emulzije kao smjesa bitumena, vode i vodi dodanog emulgatora. Emulgatori su anionske ili kationske aktivne tvari koje smanjuje površinsku napetost između raspršenog bitumena i vode te time omogućavaju brže povezivanje i potpunije oblijepljivanje agregata bitumenom. Također pri povišenoj temperaturi smanjuje se viskoznost pa se pojedini sastojci asfaltna smjesa zagrijavaju kako bi se dobila veća prionjivost agregata i veziva.

³ Sa stajališta strojno-tehnoloških sustava zanimljive su asfaltni radovi pri izvedbi asfaltna kolničkih konstrukcija čija izvedba u tehnološkom i orgnizacijskom smislu predstavlja značajne asfaltna radove. Asfaltni slojevi (gornji ustroj) kolničkih konstrukcija izvode se prema važećim hrvatskim tehničkim uvjetima za radove u cestogradnji u slijedećim slojevima:

- donji bitumenizirani nosivi sloj DBNS veličine agregata do 31,5 mm (DBNS 22), do 45 mm (DBNS 31,5) ili do 63 mm (DBNS 45) ovisno o tipu i debljini sloja (nekad u praksi nazivao se je bitumenska stabilizacija nosivih slojeva),

- gornji bitumenizirani nosivi sloj BNS veličine agregata do 31,5 mm (BNS 22), do 45 mm (BNS 31,5) ili do 63 mm (BNS 45) ovisno o tipu i debljini sloja (nazivao se je bito sloj ili bitošljunak),

- gornji bitumenizirani nosivi trošivi (habajući) sloj BNHS veličine agregata do 22 mm (BNHS 16) za debljine slojeva od 4,5 – 6,5 cm ili do 31,5 mm (BNHS 22) za debljine slojeva od 5,5 - 10 cm (nazivao se je vezni sloj ili binder jer je povezivao bito šljunak s habajućim slojem),

- trošivi (habajući) sloj HS od asfaltbetona AB (nazivao se je topeka) veličine agregata do 8 mm (AB 4) za debljine sloja 2 - 3 cm, do 12 mm (AB 8) za debljine sloja 3 - 4 cm, do 16 mm (AB 11) za debljine sloja 3,5 - 5 cm, do 22 mm (AB 16) za debljine sloja 4,5 - 6 cm ili do 31,5 mm (AB 22) za debljine sloja od 7 – 8,5 cm.

Trošivi slojevi izvode se također kao splitmastični asfalti (SMA) kao posebne vrste asfaltna smjesa s vrlo kvalitetnom samo drobljenom kamenom sitneži te najkvalitetnijim bitumenom i/ili prirodnim asfaltom kao vezivom. To su smjesa krupnog drobljenca (70 – 80 %) veličine promjera zrna preko 4 mm, sitno drobljene kamene sitneži, kamenog brašna (oko 10 %), najčešće bitumena (oko 6 %) te sredstva za stabilizaciju, koje sprječava ocijeđivanje bitumena, u obliku celuloznih ili mineralnih vlakana i/ili polimera. Ustvari to je smjesa velike količine krupnog agregata koja «pliva» u bitumenskom mortu sitnozrnog agregata.

(A) *zagrijani (topli) ili vrući asfaltbetoni* u koje pripadaju–

- *valjani asfaltbetoni* kod kojih se spravljanje vruće asfaltne smjese odvija izvan mjesta ugradnje u asfaltnim bazama⁵⁵ a ugradnja se provodi uz pomoć finišera i obvezatnim *valjanjem* sloja asfaltne konstrukcije,
- *lijevani asfaltbetoni (lijevani asfalti)* gdje se asfaltna smjesa spravlja najčešće na licu mjesta ugradnje (*in situ*) u *pokretnim kuhalima sa miješalicama* na kamionskom podvozju a sama ugradnja se izvodi lijevanjem na podlogu bez strojnog valjanje odnosno površina izvedenog sloja najčešće se zaglađuje laganim drvenim valjčićima (suvremena izvedba je posebnim *finišerima za izvedbu lijevanih asfaltnih zastora*);

(B) *asfaltni makadami ili prskani asfalti* koji se izvode na licu mjesta (*in situ*) prilikom same ugradnje a obuhvaća prskanje ili zalijevanje zagrijanog ili hladnog bitumena kao veziva po sloju prethodno razastrte hladne kamene sitneži (ili obrnuto) a koji se makadami u pogledu načina dodavanja veziva dijele na –

- *zasute asfaltne makadame* ili jedno- do više-slojne pojačane *površinske obrade* kod kojih se na uređenu podlogu prvo nanosi vezivo a zatim se zasipava kamena sitnež i valja;
- jedno- ili više-slojne *zalivene (polu/penetrirane) asfaltne makadame* kod kojih se prvo na uređenu podlogu razastire kamena sitnež koja se zatim zalijeva (prska) vezivom koje prodire (*penetrira*) u sloj kamene sitneži uz obvezatno zatvaranje završnog sloja površinskom obradom odnosno slojem zasutog makadama,
- miješane asfaltne makadame koji su složene izvedbe asfaltnih konstrukcija od valjanih asfaltbetona i asfaltnih makadama,

(C) *asfaltne i asfaltno-cementne stabilizacije* koje su oblik *in situ* izvedbe povezanih slojeva kamene sitneži (ili mješavine kamene sitneži s cementom) s bitumenom kao vezivom slično kao kod stabilizacija temeljnog tla cementom odnosno vapnom.

Sa stanovišta sustava građevinskih strojeva odnosno strojno-tehnoloških sustava pri građenju posebice je značajna tehnika i tehnologija izvedbe savitljivih kolničkih konstrukcija od *valjanih asfaltbetona* koje obilježava vrući postupak njihova spravljanja⁴ i ugradnje.

⁴ Izvedba valjanih asfaltbetona obuhvaća prethodnu spravljanje odnosno proizvodnju vruće asfaltne mješavine u tipičnim građevinskim postrojenjima odnosno asfaltnim bazama. Osnovni procesi i zahvati tehnološkog postupka proizvodnje vruće mješavine su uskladištenje sastavnica (kamene sitneži, punila, bitumena te prirodnog asfalta) njihovo doziranje (mjerenje), zagrijavanje i miješanje te privremeno uskladištenje gotove vruće asfaltne mješavine. Tehnološka i konstrukcijska obilježja asfaltne baze utvrđuje način miješanja koji može biti ciklički i kontinuirani. Uobičajene asfaltne baze s cikličkim načinom miješanja koriste cikličke miješalice koje se pune, miješaju i prazne u jednolikim vremenskim razmacima. Srednjeg su do velikog proizvodnog učinka (primjerice od 35 do 310 t/sat). Sva ova postrojenja - (polu)pokretna, lako prenosiva ili stalna tj. nepokretna, obuhvaćaju –

-sklop više silosa za skladištenje agregata s dodavačima za "protočno" predoziranje pojedinih vrsta zrna kamene sitneži uključivo transportne trake od silosa pa nadalje,

-rotirajući bubanj za sušenje i otprašivanje agregata; ako se koristi nafta kao gorivo u okviru ove podcjeline su cisterne za gorivo s opremom dovod goriva do bubnja,

-sklop filtera za izdvajanje punila dobivenog otprašivanjem agregata u bubnju za sušenje, zajedno s opremom za izvlačenje i transport prašine; tu su silosi za uskladištenje s opremom za transport punila do miješanja;

-sklop opreme za sijanje zagrijanog agregata i miješanje sastavnica asfaltne mase koji obuhvaća -

-uspravni elevator za transport agregata od bubnja za sušenje do sijanja,

-višetažno sito za sijanje vrućeg agregata s manjim silosima prosijanih "frakcija" ispod sita a iznad miješalice zajedno s vagama za ponovno mjerenje agregata i punila prije miješanja,

-ciklička prisilna valna miješalicama s dvije osovine lopatica zajedno s protočnim mjeračima i prskalicama veziva unutar bubnja,

-sklop opreme skladišta gotove vruće asfaltbetonske mješavine s skip-uređajem za transport mješavine od miješalice pa do zatvorenih silosa ispod kojih mogu doći kamioni,

-sklop skladišta (rezervoari, kotlovi) bitumena i asfalta s opremom za zagrijavanje odnosno topljenje veziva kao i opremu (crpke, cijevovodi) za dovod veziva do miješanja,

-sustav opreme elektro-pogona i -instalacija postrojenja uključivo tzv. "komandnu kućicu" s opremom i uređajima za upravljanje radom postrojenja.

Asfaltne baze s kontinuiranim načinom miješanja u tehnološkom i konstrukcijskom smislu jednostavnije su od prethodno opisanih asfaltnih baza s cikličkom miješalicom. Zbog toga su pogodnija, kao polupokretna vučena ili lako demontažna

Valjani asfaltbetoni

Tehnološki postupak izvedbe asfaltnih zastora odnosno slojeva kolničkih konstrukcija od *vruće miješanih pri ugradnji valjanih asfaltnih betona* (slika 2.3.3.1.) predstavlja u organizacijsko-tehnološkom smislu razmjerno značajne ili (uvjetno napisano) „masovne“ *asfaltnerske radove* (ova masovnost je nešto manja nego pri masovnim zemljanim radovima) koji moraju osigurati *kvalitetu izvednog asfaltnog zastora* u smislu njegove –

- *ravnosti* koja ovisi o brzini izvedbe zastora i kvaliteti (načinu) njegova zbijanja,
- *kompaktnosti (homogenosti)* koja ovisi o očuvanju jednake homogenosti proizvednog sastava asfaltne mješavine prilikom transporta i ugradnje kao i o kvaliteti zbijanja,
- *mehanička stabilnosti* koja ovisi o očuvanju jednake homogenosti sastava asfaltne mješavine prilikom transporta i ugradnje
- *otpornosti na vodu*.



Slika 2.3.3.1: Tehnološki postupak i pripadni strojno-tehnološki sustav pri izvedbi asfaltnih kolničkih konstrukcija od vruće miješanih valjanih asfaltnih betona

prenosiva postrojenja, za brza i česta premještanje (slika lijevo). Ostale prednosti kontinuiranih asfaltnih postrojenja bili bi niži troškovi njihove nabave te manja potrošnja goriva. Također je manja potrošnja električne energije jer nemaju sita i dodatne vage te neke ostale dijelove koja su obvezatna kod cikličkih postrojenja. Međutim mogu se koristiti samo kada je osigurana stalnost granulometrijskog sastava kamene sitneži tijekom čitave proizvodnje. Zasada postoje dva bitno različita tehnološka i konstruktivna oblika asfaltnih baza s kontinuiranim načinom miješanja asfaltbetona:

- asfaltne baze s kontinuiranom miješalicom (tradicijska koncepcija s zasebnim okretnim bubnjem za sušenje i otprašivanje agregata te s zasebnom opremom za kontinuirano miješanje asfaltne mase),
- asfaltne baze s bubnjem tipa sušilica–miješalica (suvremena koncepcija asfaltnih postrojenja kod kojih se u bubnju odvija istovremeno zagrijavanje agregata i njegovo miješanje s vezivom i punilom).

Asfaltne baze s kontinuiranom miješalicom pretežito su polupokretna lako premjestiva postrojenja malog do srednjeg učinka. Po radnoj koncepciji slična su bazama s cikličkim miješalicom jedino što nemaju sita. Kontinuirano miješanje izvodi se u dvostrukim pužnim miješalicama koje miješaju i guraju asfaltnu masu prema kraju sanduka i manjem silosu ispod kojeg se pune kamioni.

Razvoj suvremenih tehnoloških koncepcija i konstrukcija asfaltnih baza s bubnjem tipa sušilica–miješalica vezan je uz razvoj tehnika i tehnologija recikliranja asfaltnog loma. Naime, kod uporabe recikliranog asfaltnog agregata nema posljedica reoloških obilježja. Zbog toga suvremeni tehnološki postupak obnove asfaltnih zastora podrazumijeva njihovo struganje te nakon toga korištenje ostruganog materijala kao buduće mineralne sastavnice novog asfaltbetona tim više što agregat čini preko 90% sastava asfaltne mase. Kako se u postupku proizvodnje vrućeg asfaltbetona zrna zbog topline međusobno "odljepljuju" (granulometrijski sastav agregata se bitno ne mijenja) to je moguća, kao prvo, kontinuirana proizvodnja asfaltne mješavine, te, kao drugo, nije potrebno prosijavanje recikliranog agregata. Dakle, moguće je kontinuirano zagrijavanje i otprašivanje agregata uz istovremeno miješanje asfaltne mase. Asfaltne baze s bubnjem tipa sušilica–miješalica. Dvojake su tehnološke koncepcije i konstrukcije. Njihov razvoj je započeo s koncepcijom i konstrukcijom okretnog jednostrukog bubnja tipa sušilica–miješalica s uporednim istosmjernim zagrijavanjem i miješanjem sastavnica asfaltne mase u istom prostoru bubnja. Nakon toga slijedi razvoj dvostrukih bubnja tipa sušilica–miješalica pri čemu su odvojeni procesi sušenja i miješanja sastavnica asfaltne mase odvijaju u istom, ali po prostoru dvostrukom, okretnom bubnju.

Strojno-tehnološki podsustav ili grupa strojeva ^(slika 2.3.3.2.) pri izvedbi pojedinih slojeva kolničkih konstrukcija od vruće miješanih valjanih asfaltnih betona sačinjavaju finišeri⁵⁵ za ugradnju asfaltbetona ^(slika 2.3.3.3.) i grupe valjaka⁵ odnosno uobičajeno su to tandem-vibracijski glatki valjci⁶ i valjci gumenjaci⁷. Dovoz vruće asfaltne smjese uglavnom je s kamionima kiperima.



Slika 2.3.3.2: Tehnološki postupak i pripadni strojno-tehnološki sustav odnosno grupa strojeva pri ugradnji asfaltne kolničke konstrukcije od vruće miješanih valjanih asfaltnih betona (kamion kiper, finišer za ugradnju asfaltbetona, tandem-vibracijski valjak, valjak gumenjak)

Slika 2.3.3.3: Finišer za asfalterske radove

Da bi se ispunili toplinski uvjeti prilikom ugradnje asfaltbetona kolničkih konstrukcija duljina prijevoza vruće asfaltne mase ograničava se uobičajeno do oko 70 km odnosno vrijeme prijevoza do najviše 1,5 sat od trenutka prihvata mase na asfaltnom postrojenju. Pri tomu su preporučene temperature –

- asfaltne smjese na izlazu iz postrojenja, ovisno o vrsti bitumena za kolnike, od oko 130°C do oko 180°C.
- asfaltne smjese na mjestu ugradnje od oko 130°C do oko 170°C nikako niže od 110°C.



⁵ Valjci su građevinski strojevi za zbijanje valjanjem razmjerno većih masa zemljanih, kamenih te vezivom stabiliziranih materijala, zatim krupnozrnih betona (tzv. valjani betoni) te asfaltbetonskih zastora. Valjci mogu biti vučeni ili samohodni. U smislu konstrukcije odnosno materijala te oblika obloge odnosno plašta valjci se dijele na (čelične) glatke valjke i ježeve te na valjke gumenjake. Zamjenom plašta valjak je ili glatki valjak ili jež. Postoji kombinacija glatkog valjka odnosno ježa i gumenoga valjka u jednom stroju. Vučeni su samo s jednim valjkom. Vuča je uglavnom pomoću dozera koji mogu vući više valjaka (tzv. "vlak valjaka"). Vučene valjke potiskuju iz uporabe sve više samohodni valjci. Samohodni su valjci dvoosovinski, i to ili s jednim valjkom i gumenim kotačima ili s dva glatka valjka. Posebna vrsta valjaka su kompaktori. Traženi parametri zbijenosti (odnosno potrebna energija zbijanja) postižu se kod određene mase valjka regulacijom amplitude (odskoka) te broja vibracija i prijelaza valjka

⁶ Tandem (vibracijski) valjak je vrsta samohodnog valjka sa dva glatka valjka koji služe ujedno i za kretanje i za zbijanje ili statičkim načinom ili putem vibracija. To su valjci koji posebice pri valjanju asfaltbetonskih zastora zamjenjuju dva dosad u tom slučaju korištena valjka: kao prvo, teški statički valjak (ima tri kotača-valjka koji su mogli zbijati samo statičkim načinom) za početno zbijanje iza finišera (u ovom slučaju tandem-valjak zbjija vibracijama) i, kao drugo, laki statički valjak za završno zaglađivanje (u ovom slučaju tandem-valjak zbjija bez vibracija).

⁷ Valjak gumenjak je vrsta samohodnog valjka na gumenim kotačima. Zbjija gnječanjem što je kombinacija zbijanja u smjeru kretanja i okomito na smjer kretanja gumenih kotača. Služi za zbijanje asfaltbetonskih zastora, zatim tanjih slojeva praha ili gline te nekih konstrukcija od kamene sitneži jednolike veličine i granulometrijskog sastava (filterski i drenažni slojevi). Može, osim statičkog načina, zbijati putem vibracija. Ima nekoliko kotača sprijeda i straga čiji se tragovi preklapaju. Traženi parametri zbijanja postižu se promjenom mase valjka (dodavanjem ili oduzimanjem vode u kotlovima koje ovaj valjak nosi na sebi), zatim promjenom tlaka u zračnicama kotača, brojem prijelaza te regulacijom vibracija.

Asfaltni makadami

Pri izvedbi *asfaltnih makadama* miješanje, uvjetno napisano, asfaltne smjese ili mase izvodi se na licu mjesta ("in situ") odnosno sama ugradnja ujedno je miješanje dvaju glavnih sastojaka ovih kolničkih konstrukcija koji obuhvaćaju *zagrijani ili hladni bitumena kao vezivo* (u nekim slučajevima i katran⁸) i *hladnu kamenu sitnež*. Osnovno je obilježje izvedenih asfaltnih makadama veliki broj šupljina (10-12% obujma ugrađene mase sačinjavaju šupljine) pa se zbog toga tijekom korištenja (prometovanja po njima) naknadno dodatno sabijaju.

Prema obilježjima ukupnog tehnološkog postupka ovih u tehnološkom i logističkom smislu posebnih asfaltnih radova, ali i u smislu načina i redoslijeda dodavanja i miješanja ugljikovodičnog veziva s kamenom sitneži kao i u smislu zagrijanosti sastojaka posebice bitumena, razlikuju se u organizacijskom, logističkom, proizvodno-tehnološkom i izvedbenom smislu, kako je već prethodno navedeno, slijedeći asfaltni makadami:

- jednoslojni do višeslojni *zasuti asfaltni makadami* odnosno jednoslojene do višeslojne te pojačane *površinske obrade* gdje se prvo se na podlogu nanosi (zalijeva) ugljikovodično vezivo a zatim se zasipa sloj kamene sitneži koji se nakon toga uvalja valjkom,
- *zalijeveni (penetrirani) asfaltni makadami* gdje prvo se prvo na uređenu (zbijenu podlogu) razastire sloj kamene sitneži a zatim se sloj prska (*zalijeva*) vezivom koje zatim prodire (*penetrira*) u sloj kamene sitneži uz napomenu da se ovi makadami obvezatno zatvaraju površinskom obradom.

Osnovnu jednostavnu tehnološku opremu (grupu strojeva) za izvedbu kolničke konstrukcije od zasutog asfaltnog makadama sačinjavaju ^(slika 2.3.3.4.; slika 2.3.3.5.) _

- spremnici, grijači i prskalice veziva na kamionskom postolju (pokretni *distributor veziva*)
- "nesamostalni" *razastirač kamene sitneži* koje se vješa o stražnje kotače kamiona koji dovoze kamenu sitnež i koji se kreće se zajedno sa kamionom prilikom razastiranja agregata,
- *valjak*.



Slika 2.3.3.4: Tehnološki postupak i pripadni strojno-tehnološki sustav odnosno grupa strojeva pri izvedbi kolničke konstrukcije u vidu zasutog makadama odnosno površinske obrade (kamion s spremnikom i razastiračem veziva, razastirač kamene sitneži pogonjen kamionom kiperom koji dovozi sitnež, samohodni vibracijski valjak)

Postoji suvremenija inačica grupe strojeva na izvedbi kolničkih konstrukcija zasutog asfaltnog makadama koja obuhvaća *spremnike veziva na kamionskom postolju* i posebni (u tehnološkom smislu složeni ali u strojno-konstrukcijskom cjeloviti) *finišer* na jedinstvenom postolju s kotačima koji je ujedno samohodni *distributor veziva* i *razastirač kamene sitneži* sa opremom za prihvatanje i doziranje kamene sitneži iz kamiona te s valjkom za zbijanje položenog zastora zasutog makadama.

⁸ Katran je svakako bolje vezivo od bitumena zbog niže viskoznosti (mjera unutarnjeg otpora kretanju ili promjeni pločaja čestica neke tvari), bolje adhezijske prionljivosti na agregat i veće otpornosti na djelovanje vode ali je u pridobivanju naskuplje vezivo. Stoga se pri značajnim, uvjetno napisano, masovnim asfaltnim radovima posebice pri izvedbi kolničkih konstrukcija kao vezivo uglavnom koristi bitumen.

Wearing courses for lightly trafficked roads

by Erik Sturesson, Dynapac, Sweden

A common way of building lightly trafficked roads the world over is to construct a gravel or stabilised base course and top it with a wearing course of double surface treatment. A typical example:

Subgrade

Preliminary work includes removing the carpet of vegetation, excavating cuttings, perhaps including rock blasting, and the removal of unsuitable materials. The subgrade is scarified to a depth of 150 mm and compacted to the specified degree of compaction. Watering may be required to achieve the desired compaction results.

Embankment

Embankment material is usually taken from cuttings or borrow pits along the projected road. The type of material may therefore vary from clayey and silty soils to rock fill. Compaction requirements are stipulated according to the material in question. A higher degree of compaction is usually required in the upper 150 mm of the embankment.

Sub-base

The sub-base often consists of selected natural materials which are sometimes stabilised with cement or lime to increase their bearing capacity.

Base course

As a rule, the base course is built up of well-graded crushed gravel or stabilised sand-silt with a layer thickness of 150–

200 mm. The material is compacted at optimal water content to the specified degree of compaction, usually 95–97 % Mod. Proctor.

Sealing

Base courses of crushed rock, gravel or stabilised soil must be sealed before the wearing course is applied. The purpose of sealing is to prepare the surface of the base course to ensure good adhesion between it and the wearing course. While construction work is in progress the sealing coat protects the gravel base course from rain and prevents drying-out of the stabilised base course.

When the sealing coat is applied, the surface of the base course must be well compacted and free from dust and loose particles. Application is carried out with a bitumen distributor which covers the whole surface with an even layer. Low-viscosity cut-back of rapid or medium curing type is used chiefly as the binder. The spraying rate is normally 1.0–1.4 kg/m², depending on the absorption capacity of the surface. While the binder is hardening, 2–3 days in the summer and 4–5 days in the winter, the sealing coat must be protected from traffic. After this period the surface is still highly sensitive to damage and must be given a sand dressing before traffic is allowed on it.

Double surface treatment

Double surface treatment is applied in two layers immediately after each other. The binder may be rapid-setting bitumen emulsion, rapid-curing cut-back or pure asphalt, penetration 150/200.

The first application

The amount of binder is determined by the stone size. 12–16 mm chippings, for example, are combined with approx. 1.4 kg/m² cut-back or approx. 1.8 kg/m² bitumen emulsion. The binder is spread evenly across the whole road and immediately afterwards the chippings are spread uniformly on it without surplus stones. Compaction in 1–2 passes relocates the stones in one layer.

The second application

This is carried out immediately afterwards and in the same manner as the first application. The amount of binder should be the same or slightly greater. The chippings should be a fraction less than in the first application, e.g. 8–12 mm, and should be spread evenly over the surface with good coverage. Finally, compaction is performed in 2–4 passes to join the two applications and make a durable pavement.

Compaction

The embankment and the pavement structure are compacted with vibratory rollers. Stabilised material has previously often been compacted with vibratory rollers plus

pneumatic-tyred rollers and surface treatment with pneumatic-tyred rollers only. Pneumatic-tyred rollers have been used because they seal stabilised layers and do not crush the chippings of the surface treatment.

Vibratory rollers with a rubber-coated drum have begun to be used in recent years for these applications. This is because the drum compacts better and has a higher capacity while the rubber coating seals the surface of stabilised materials. On surface treatment vibratory compaction relocates the stones better and this is highly important to the life of the double surface treatment. The rubber-coated drum also protects the chippings from crushing.

These types of rollers are basically the same as the CA 15 and CA 25 soil compactors launched by Dynapac in 1971. The rubber-coated drum can easily be replaced by a steel drum allowing the same roller to compact all the road layers. This simplifies maintenance and spare parts stocking – a welcome advantage when working in isolated regions.

Surface Treatment

Second application

Spreading of binder and chippings, compaction.
Bitumen distributor HC, aggregate spreader HS, roller CA 25 R

Surface Treatment

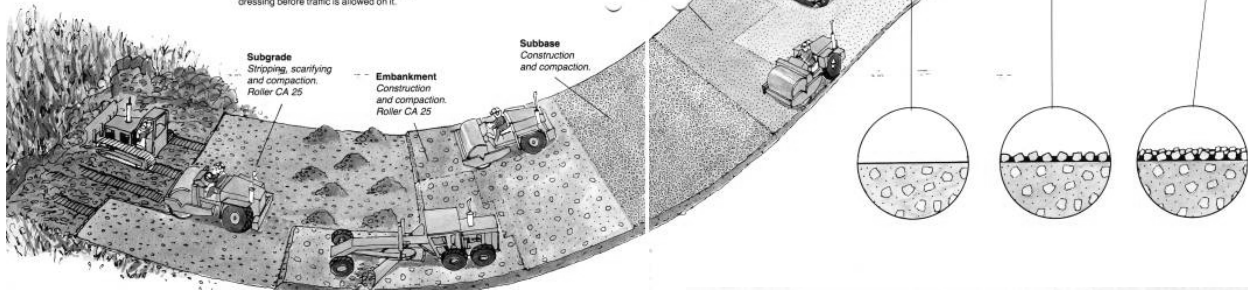
First application

Spreading of binder and chippings, compaction.

Prime Coat

Spreading by bitumen distributor HC

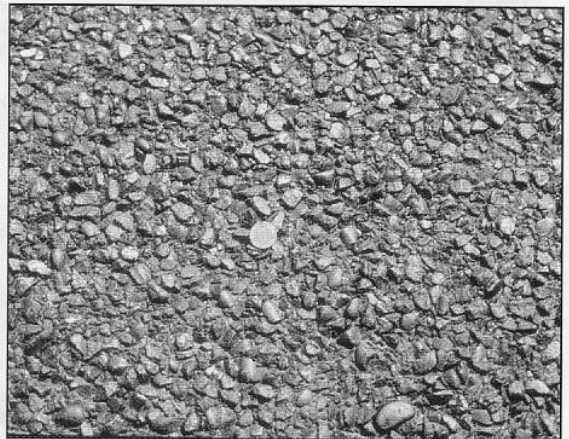
Base Course
Construction and compaction.
Roller CA 25



Slika 2.3.3.5: Gore: tehnološki postupak i pripadni strojno-tehnološki sustav odnosno grupe strojeva pri izvedbi cestovne prometnice s kolničkom konstrukcijom u vidu dvoslojnog zasutog makadama odnosno dvoslojne površinske obrade (zemljani radovi: čišćenje terena, skidanje trošnog površinskog sloja i ravnanje terena dozerom; sabijanje podtala samohodnim vibracijskim valjkom; razastiranje i planiranje nosivog (tamponskog) sloja grejderom; zbijanje (stabilizacija) nosivog (tamponskog) sloja samohodnim vibracijskim valjkom; razastiranje i planiranje podložnog sloja grejderom; zbijanje (stabilizacija) podložnog sloja samohodnim vibracijskim valjkom; prskanje (zalijevanje) veziva po podložnom sloju iz kamiona s spremnikom i razastiračem veziva, razastiranje prvog (grubog) sloja (grube) kamene sitneži iz kamiona kiperu pomoću razastirača kamene sitneži pogonjenog kamionom kiperom koji dovozi sitnež, zbijanje prvog (grubog) sloja (kvadratna sličica desno dolje, okrugla sličica u sredini desno gore) samohodnim vibracijskim valjkom; prskanje (zalijevanje) veziva po prvom (grubom) sloju iz kamiona s spremnikom i razastiračem veziva, razastiranje drugog završnog (finog) sloja (fine) kamene sitneži iz kamiona kiperu pomoću razastirača kamene sitneži pogonjenog kamionom kiperom koji dovozi sitnež, zbijanje drugog završnog (finog) sloja (kvadratna sličica desno gore, okrugla sličica desno također desno gore) samohodnim vibracijskim valjkom)



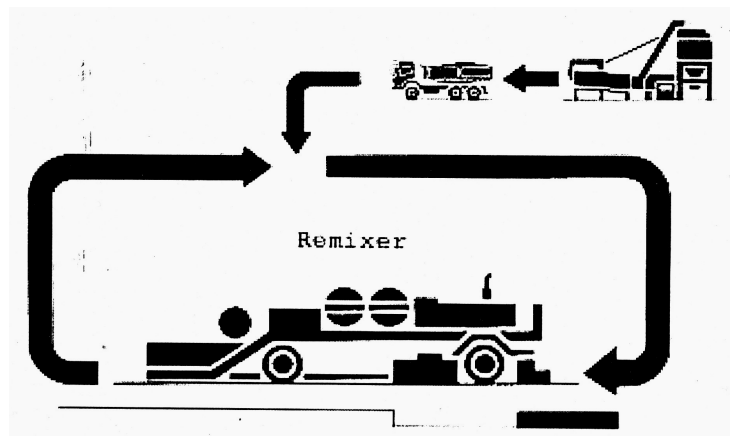
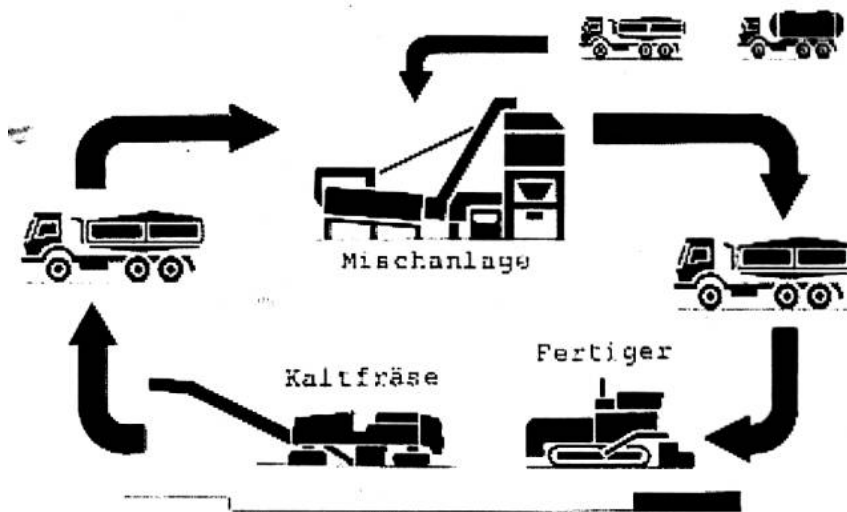
fein- (oben) und grobkörnige Oberflächenbehandlung (unten)



Obnova asfaltnih kolničkih konstrukcija

Ukupni tehnološki postupak obnove asfaltnih kolničkih konstrukcija organizira se tehnološki i logistički uglavnom na dva osnovna načina –

- *in plant*“ postupak koji podrazumjeva ponovno korištenje recikliranog bilo kojeg asfaltnog loma (bilo ostruganog, bilo lomljenog i drobljenog) kao agregata za ponovno spravljanje vrućih smjesa asfaltbetona u asfaltnim bazama, a što je ustvari ista tehnika i tehnologija izvedbe kolničkih konstrukcija od vrućih valjanih asfaltbetona (slika dolje lijevo),
- „*in situ*“ postupak koji podrazumijeva obnovu kolničke konstrukcije na licu mjesta pomoću *remiksera*⁹ (slika dolje desno).



⁹ "Remikser" asfaltnih zastora (napomena: zasada ne postoji hrvatska riječ za ovu složenu strojno-tehnološku opremu) obuhvaća složenu samohodnu strojno-tehnološka oprema na jedinstvenom pokretnom postolju za recikliranje (oporabu) odnosno obnovu asfaltnih zastora (kolnika) na licu mjesta korištenjem materijala iz postojećeg zastora koji se obnavlja. Recikliranje je moguće, kao prvo, u slučaju obnove debljih (višeslojnih) asfaltnih zastora hladnim postupkom pomoću jednostavnijih remiksera uglavnom na gumenim kotačima koji "u hodu" istovremeno stružu asfaltni sloj, miješaju ostrugani usitnjeni materijal sa vezivom i ponovo ugrađuju izmješani materijal unutar jednog bubnja sa valjkom za glodanje koji ujedno miješa ostruganu kamenu sitnež sa vezivom (slične su konstrukcije i radne koncepcije kao rotofrezeri odnosno pulvimikseri za izvedbu stabiliziranih nosivih slojeva kod cestovnih prometnica). Kao drugo, recikliranje tanjih asfaltnih zastora tj. habajućih (trošivih) asfaltnih slojeva također hladnim postupkom moguće je pomoću složenih remiksera koji "u hodu" istovremeno stružu asfaltni sloj, miješaju ostrugani usitnjeni materijal sa vezivom i ponovo ugrađuju izmješani materijal pomoću više uređaja smještenih ispod pokretnog postolja na gusjenicama. Obnova asfaltnih zastora moguća je, kao treće, tzv. vrućim postupkom pomoću vrlo složenih "remiksera" koji (također "u hodu") istovremeno prethodno zagrijavaju i stružu asfaltni sloj, miješaju ostrugani usitnjeni materijal sa vezivom i ponovo ugrađuju izmješani materijal a sve to pomoću više uređaja smještenih ispod pokretnog postolja na gusjenicama.