

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidat:

Peter Kumlanc

Reciklaža gradbenih odpadkov in ponovna uporaba v cestogradnji

Diplomska naloga št.: 2841

Mentor:
prof. dr. Janez Žmavc

Ljubljana, 27. 10. 2005

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **PETER KUMLANC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»RECIKLAŽA GRADBENIH ODPADKOV IN PONOVA UPORABA V
CESTOGRADNJI«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 29.09.05

Peter Kumlanc

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.7/.8:628.477(043.2)

Avtor: Peter Kumlanc

Mentor: prof. dr. Janez Žmavc

Naslov: Reciklaža gradbenih odpadkov in ponovna uporaba v cestogradnji

Obseg in oprema: 75 str., 11 pregl., 27 sl., 2 diag.

Ključne besede: recikliran material, gradbeni odpadki, ponovna uporaba -
recikliranje

Izveček

Gradbeništvo ima velik vpliv na okolje, ki sega od izkoriščanja naravnih virov, proizvodnje in prevoza materialov, gradnje in rušenja do vpliva zgradbe na okolje. Da bi kar najbolj zmanjšali vpliv gradbeništva na okolje, je potrebno zmanjšati uporabo primarnih virov ter poskrbeti za pripravo in uporabo sekundarnih surovin.

Diplomska naloga obravnava reciklažo in ponovno uporabo recikliranega materiala; predvsem v cestogradnji in tudi v drugih panogah gradbeništva. V diplomski nalogi so predstavljene vrste in značilnosti materialov primernih za recikliranje, postopki in pogoji za uporabo recikliranih materialov, postopki predelave, zahteve za kakovost odpadnih materialov, potrjevanje skladnosti, nadzor kakovosti in samostojno praktično delo pri podjetju, ki se ukvarja s predelavo gradbenih odpadkov.

Obravnavani so gradbeni odpadki, ki nastanejo pri gradnji in obnovi cestnega in železniškega omrežja, pri gradnji proizvodnih in infrastrukturnih objektov in odpadki pri rušenju objektov. V sklop reciklažnih odpadkov, ki se uporabljajo v gradbeništvu spadajo tudi odpadni materiali, iz industrije in energetike, ki so že preskušeni v cestogradnji. Poleg samih vrst materialov in možnosti predelave je v nalogi prikazano reševanje problema z gradbenimi odpadki v Nemčiji, kar je dobra osnova za razvoj koncepta pri nas doma. Največji poudarek pa je namenjen recikliranju asfaltnih zmesi in ponovni uporabi le-teh, ter postopkom popravil voziščnih konstrukcij.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.7/.8:628.477(043.2)

Author: Peter Kumlanc

Supervisor: prof.dr. Janez Žmavc

Title: Recycling construction waste and re – use in road construction

Notes: 75 p., 11 tab., 27 fig., 2 graph

Key words: recycle material, recycle waste, re-use

Abstract

Construction activities have a huge harmful influence on environment, caused by the exploitation of natural resources, production and transportation of materials, construction and demolition and finally the building itself. To minimize construction activities on environment, we need to reduce usage of primary sources and attend to prepare secondary sources.

The present work describes recycling construction and demolition waste and re-using in building roads and other construction. In Diploma are present classifications and characteristics of recycling material, procedure and terms of using recycled material, procedure of recycling, requirement and control of quality, and practical work at recycle construction company. Represented are construction waste, which are caused by constructing and reconstructing roads, railways and infrastructure buildings. Construction waste from industry and energetics also turned on as usable recycled material in construction.

Behind all sorts of recycled materials and possibilities of recycling, work parallel represents the solution of this problem in Germany, which is good concept for development in our country. The largest stress in this work is intended to recycle asphalt, re-use asphalt mixture and procedure of re-construction roads.

ZAHVALA

Vsem, ki so mi kakorkoli pomagali pri izdelavi diplomske naloge, se iskreno zahvaljujem, še posebej mentorju prof. dr. Janezu Žmavcu.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	OSNOVE	3
2.1	Splošno	3
2.2	Smernice za ravnanje z gradbenimi odpadki	4
3	VRSTE MATERIALOV	5
3.1	Klasifikacija odpadnih gradbenih materialov	5
3.2	Količine odpadnih gradbenih materialov	5
3.3	Opis (odpadnih) gradbenih materialov po prikazani klasifikaciji	8
3.3.1	Cestogradnja	8
3.3.1.1	Gradbeni materiali iz izkopov	8
3.3.1.2	Odpadni gradbeni materiali iz asfaltnega vozišča	9
3.3.1.3	Odpadni gradbeni materiali iz betona in armiranega betona	10
3.3.2	Ostale gradnje	10
3.3.2.1	Odpadni gradbeni materiali pri novogradnjah in rekonstrukcijah	10
3.3.2.2	Odpadni gradbeni materiali iz rušenja starih objektov	11
3.3.3	Industrijski odpadni gradbeni materiali	11
3.3.3.1	Oplemeniteni odpadni gradbeni materiali industrijskega izvora	11
4	ZNAČILNOSTI MATERIALOV IN POSTOPKOV RECIKLIRANJA	12
4.1	Sestava	12
4.2	Vpliv na okolje	12
4.3	Centri za recikliranje v Sloveniji	13
4.4	Uporabnost recikliranih materialov	14
4.5	Kakovost materialov	15
4.5.1	Splošne zahteve	15
4.5.2	Posebne zahteve	15
4.5.2.1	Protihrupni nasipi (področje uporabe A)	15
4.5.2.2	Nevezane vozne površine in poti (področje uporabe B)	16
4.5.2.3	Nasipi, zasipi in prekritja, zasipi jarkov ter utrditve in izboljšanje tal (področje uporabe C1, C2, D1, D2)	16
4.5.2.4	Nevezane nosilne plasti (področje uporabe E)	17
4.5.2.5	Vežane nosilne plasti s hidravličnimi vezivi	17
4.5.2.6	Vežane nosilne plasti z bitumenskim vezivom in asfaltne obrabne plasti	17
4.5.3	Cementobetonske nosilne plasti	18
4.6	Preskušanje	18
4.7	Potrjevanje skladnosti in nadzor kakovosti	19
4.7.1	Materiali za protihrupne nasipe	19
4.7.2	Materiali za nevezane vozne površine	20

4.7.3	Materiali za nasipe, zasipe in prekritja, zasipe jarkov, utrditve in izboljšanje tal	20
4.7.4	Materiali za voziščne konstrukcije (področja uporabe E do H)	20
4.8	Stanje v Nemčiji	20
5	POSTOPKI PREDELAVE – RECIKLIRANJA	22
5.1	Sistemi za recikliranje	22
5.1.1	Stacionarni sistemi za recikliranje	22
5.1.1.1	Glavne operacije v sistemih za recikliranje	22
5.1.1.2	Primer stacionarnega sistema – potek postopkov	26
5.1.2	Prednosti in slabosti recikliranja glede na kraj izvajanja	27
5.1.3	Tehnologije recikliranja	28
5.2	Gradbeni materiali iz izkopov	29
5.2.1	Postopki predelave gradbenih materialov iz izkopov	29
5.3	Recikliranje asfaltov in ponovna uporaba asfaltnih zmesi (Nemški standard)	30
5.3.1	Ponovna uporaba asfaltov	30
5.3.1.1	Osnovni principi	31
5.3.1.2	Ponovna uporaba brez priprave	32
5.3.1.3	Ponovna uporaba z dodatnimi gradbenimi materiali	32
5.3.1.4	Ponovna uporaba pri izdelovanju asfalta	33
5.3.1.4.1	Ponovna uporaba v šaržnih mešalnih napravah	33
5.3.1.4.2	Ponovna uporaba v pretočnih mešalnih napravah	35
5.3.1.5	Napotki za izvedbo	36
5.3.1.5.1	Uporaba brez priprave	36
5.3.1.5.2	Uporaba z dodatnimi gradbenimi materiali	36
5.3.1.5.3	Uporaba v vročih mešalnih napravah	37
5.3.1.6	Napotki za zahteve, kontrole, prevzem, garancijo, obračun	37
5.4	Recikliranje asfaltov in ponovna uporaba asfaltnih zmesi (TSC 06.800 – tehnična specifikacija za javne ceste)	38
5.4.1	Izhodišča za izbor postopka popravila voziščne konstrukcije	38
5.4.2	Odstranitev asfalta z rezkanjem ali drobljenjem	39
5.4.2.1	Osnovni gradbeni principi	39
5.4.2.2	Gradbeni postopki	40
5.4.2.2.1	Rezkanje brez segrevanja (hladno rezkanje)	40
5.4.2.2.2	Rezkanje s segrevanjem (vroče rezkanje)	40
5.4.2.2.3	Drobljenje	40
5.4.2.2.4	Izvedba	41
5.4.2.2.5	Napotki za zahteve, kontrole, prevzem, garancijo, obračun	41
5.4.3	Klasifikacija postopkov za popravila	43
5.4.3.1	Površinska obdelava asfaltne zmesi	45
5.4.3.2	Obdelava zmesi iz obstoječih plasti voziščne konstrukcije na mestu vgraditve	45
5.4.3.3	Obdelava zmesi iz obstoječe plasti asfalta v centralni mešalni napravi	45

5.4.4	Postopki popravila vozišč z recikliranjem	46
5.4.4.1	Površinska obdelava asfaltnih zmesi obrabne plasti	47
5.4.4.1.1	Ponovno oblikovanje profila (Reform)	47
5.4.4.1.2	Ohrapavljenje površine (Regrip)	48
5.4.4.1.3	Obnovitev profila (Reprofil)	49
5.4.4.1.4	Sprememba sestave asfaltne zmesi (Remix)	49
5.4.4.1.5	Oblikovanje z dodano asfaltno zmesjo in mešanjem ter hkratno nadgraditvijo z dodatno plastjo (Remix – plus)	49
5.4.4.1.6	Profiliranje in ponovno vgrajevanje obstoječe zmesi (Reshape)	50
5.4.4.1.7	Obnova bitumenskega veziva v asfaltni obrabni plasti (Rejuvenate)	50
5.4.4.1.8	Odstranitev in nadomestitev (Removal, Replacement)	50
5.4.4.1.9	Obdelava asfaltnih zmesi v obrabni in nosilni plasti	50
5.4.4.2	Obdelava zmesi iz obstoječih plasti voziščne konstrukcije na mestu vgraditve (in place recycling)	51
5.4.4.3	Obdelava asfaltnih zmesi v centralni mešalni napravi	52
5.4.4.3.1	Obdelava asfaltne granulate v vročih asfaltnih zmeseh	52
5.4.4.3.1.1	Mešalne naprave za šaržni postopek	52
5.4.4.3.1.2	Segrevanje z vročimi zmesmi kamnitih zrn	52
5.4.4.3.1.2.1	Šaržno dodajanje asfaltne granulate	54
5.4.4.3.1.2.2	Neprekinjeno dodajanje asfaltne granulate	54
5.4.4.3.1.3	Segrevanje skupaj z zmesmi kamnitih zrn	54
5.4.4.3.1.4	Segrevanje v posebnih napravah	55
5.4.4.3.2	Pretočne mešalne naprave	55
5.4.4.3.2.1	Segrevanje granulate skupaj z zmesmi kamnitih zrn	55
5.4.4.3.2.2	Segrevanje granulate v posebnih napravah	56
5.4.4.3.3	Uporaba v zmeseh za hladno vgradnjo	56
5.4.4.3.3.1	Uporaba brez dodanih materialov	56
5.4.4.3.4	Preverjanje kakovosti	57
5.4.5	Prednosti in pomankljivosti postopkov recikliranja	57
5.4.6	Uporabnost postopkov recikliranja	60
5.4.6.1	Avtoceste in hitre ceste	60
5.4.6.2	Glavne in regionalne ceste	60
5.4.6.3	Mestne ceste	60
5.4.6.4	Objekti – mostovi, viadukti, predori	61
5.4.7	Ekonomičnost recikliranja	61
5.4.8	Zaključek	62
6	SAMOSTOJNO PRAKTIČNO DELO PRI PODJETJU EKO-T.D.S. D.O.O.	63
6.1	Splošno	63
6.2	Laboratorijski preizkusi drobljenca iz gradbenih ruševin iz deponije Stanežiče pri Ljubljani	63
6.3	Zaključek	65
PRILOGE		
SLOVAR STROKOVNIH IZRAZOV		73
VIRI		75

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Vrste in količine zbranih gradbenih odpadkov v RS za leto 2002	6
Preglednica 2:	Količine gradbenih odpadkov za leto 2002 v tonah	7
Preglednica 3:	Možnosti ponovne uporabe materialov	15
Preglednica 4:	Pogojene lastnosti pridobljenih materialov	18
Preglednica 5:	Kriteriji za izbiro drobilnikov	24
Preglednica 6:	Prednosti in slabosti recikliranja glede na kraj izvajanja	27
Preglednica 7:	Značilnosti nekaterih tehnologij recikliranja	28
Preglednica 8:	Potrebna korektura temperature zmesi kamnitih zrn v odvisnosti od deleža vlage v asfaltnem granulatu	53
Preglednica 9:	Prednosti in pomankljivosti postopkov recikliranja	58
Preglednica 10:	Možnosti za izbiro postopka popravila vozišča z recikliranjem	61
Preglednica 11:	Laboratorijski preskus recikliranega materiala	66

KAZALO SLIK

Slika 1:	Shema možnosti uporabe odpadkov v gradbeništvu ali industriji gradbenih proizvodov	2
Slika 2:	Primer rezkanja asfalta (za potrebe javne infrastrukture)	9
Slika 3:	Primer reciklaže betonskega vozišča v kraju Naklo	10
Slika 4:	Sestava odpadnih gradbenih materialov	12
Slika 5:	Oznaka, ki jo pridobi recikliran material	21
Slika 6:	Najpogostejši drobilniki pri recikliranju	23
Slika 7:	Primer stacionarne naprave za pridobitev frakcij pri recikliranju odpadnih gradbenih materialov v tujini (Remexit)	26
Slika 8:	Primer stacionarne naprave za pridobitev frakcij pri recikliranju odpadnih gradbenih materialov v Sloveniji (Ekoplan – Polzela)	27
Slika 9:	Dodajanje rezkanega ali drobljenega asfalta v šaržno mešalno napravo	34
Slika 10:	Dodajanje rezkanega ali drobljenega asfalta v bobnasti mešalnik	34
Slika 11:	Izhodiščne vrednosti temperature zmesi zrn glede na dodajalno količino in delež vode v rezkanem ali drobljenem asfaltu	35
Slika 12:	Odstranitev neravnin v prečni smeri z rezkanjem	39
Slika 13:	Nastavitve višine in naklonskega kota rezkalnega valja	41
Slika 14:	Primer „hladnega“ samohodnega rezkalnika in orodij	42
Slika 15:	Primer nožev za rezkanje asfalta	42
Slika 16:	Klasifikacija postopkov za popravila vozišč	43
Slika 17:	Razvrstitev postopkov za odstranitev poškodovane asfaltne plasti	44
Slika 18:	Primer samohodnega „vročega“ rezkalnika in orodij	45
Slika 19:	Postopki za popravilo vozišč z recikliranjem	46
Slika 20:	Postopki obdelave poškodovanih obrabnih plasti	47
Slika 21:	Primer samohodnega „hladnega“ rezkalnika in rezkalnega valja z odkopnimi noži	48
Slika 22:	Razvrstitev postopkov s katerimi obdelujemo zmesi na mestu vgraditve	51
Slika 23:	Pogojena temperatura kamnitih zrn za segretje deleža asfaltne granulata za zagotovitev določene temperature nove asfaltne zmesi	53
Slika 24:	Zrnavost – sejalna analiza (pred preskusom) vzorca VZ –1	67
Slika 25:	Zrnavost – sejalna analiza (po preskusu) vzorca VZ –1	67
Slika 26:	Zrnavost – sejalna analiza (pred preskusom) vzorca VZ –2	68
Slika 27:	Zrnavost – sejalna analiza (po preskusu) vzorca VZ –2	68

KAZALO DIAGRAMOV

Diagram 1: Delež odpadnih gradbenih materialov v Sloveniji	8
Diagram 2: Delež odpadnih gradbenih materialov v Nemčiji	8

1 UVOD

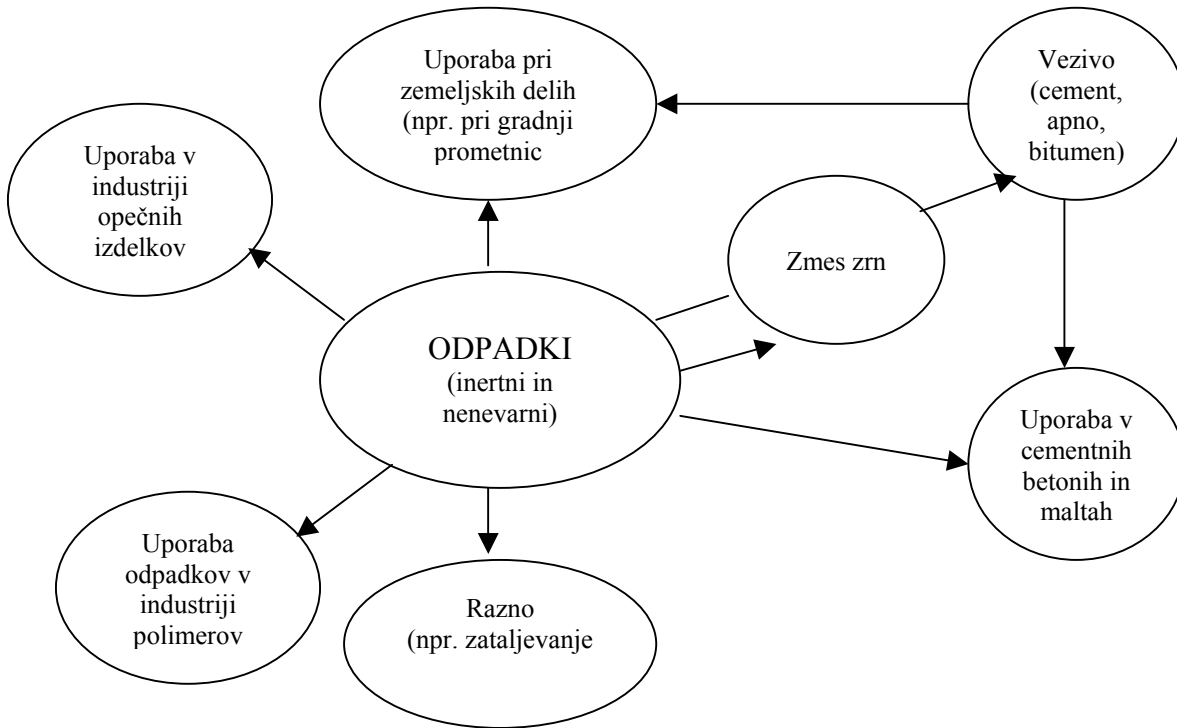
Naša dežela je ena najlepših na svetu in zaenkrat še premalo storimo, da bi naravne lepote ohranili nedotaknjene tudi za naše zanamce. Vse prevečkrat v naši okolici opazimo neustrezno odložene gradbene ruševine, ki ne samo, da kazijo pogled na okolico, ampak tudi pomešane z raznimi odpadki predstavljajo ekološko nevarnost. Ekološka zavest je v naši državi v zadnjem času dobila vse pomembnejši pomen in vsi, ki se srečujemo z omenjeno problematiko, se zavedamo, da je potrebno nakaj storiti na boljše.

Problematika odpadkov postaja čedalje bolj aktualna, saj njeno reševanje ni več samo moralna, ampak tudi zakonodajna obveza. Trenutno veljavna zakonodaja: Pravilnik o ravnanju z odpadki (1998), Pravilnik o odlaganju odpadkov (2000), Pravilnik o sežiganju odpadkov (2000), Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki vsebujejo azbest (2000). Pravilnik o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (2003), Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (2003), Pravilnik o predelavi in odstranjevanju odpadkov v premičnih napravah.

Pravilnik o odlaganju odpadkov (Ur.l. RS št., 5/2000) opredeljuje odpadke glede na način odlaganja kot nenevarne, inertne in nevarne. Imetnik odpadkov mora pridobiti oceno odpadkov, ki vsebuje vse bistvene podatke o vrsti odpadkov. Na osnovi takšne ocene se lahko odpadki ustrezno deponirajo ali uporabijo. Če ima proizvajalec več kot 150 t nenevarnih ali inertnih oziroma več kot 200 kg nevarnih odpadkov na leto, mora izdelati načrt gospodarjenja z njimi.

V zadnjem času intenzivno razmišljamo o uporabi voluminoznih inertnih in nenevarnih odpadkov v gradbeništvu in v industriji gradbenih proizvodov, saj obstaja možnost uporabe takšnih odpadkov pri zemeljskih delih (npr. pri gradnji prometnic), v cementnih betonih in maltah, v opečni industriji in v industriji polimerov (slika 1). V kolikor navedene možnosti ne pridejo v upoštevanje, je smiselno proučiti druge načine uporabe ali obdelave odpadkov, kot npr. njihovo združevanje, zataljevanje ali sintranje. Na ta način lahko zmanjšamo volumen odpadkov ali predelamo nevarne odpadke v nenevarne, s čimer se znatno znižajo stroški odlaganja in zagotovi večjo varnost.

Poleg samih vrst materialov in možnosti predelave je v tej nalogi vzporedno prikazano reševanje teh problemov v Nemčiji, kar je dobra osnova za razvoj koncepta pri nas doma.



Slika 1: Shema možnosti uporabe odpadkov v gradbeništvu in/ali industriji gradbenih proizvodov

2 OSNOVE

2.1 Splošno

Največ surovin v gradbeništvu, kot so pesek, gramoz, drobljenec, lapor in les se pridobiva iz naravnih virov. Njihovo izkoriščanje in prevoz povzroča različne vplive na okolje, kot so prah, hrup, onesnažen zrak in vode, onesnaženost prsti, sprememba krajine, zmanjšanje bioraznovrstnosti in zmanjševanje neobnovljivih surovinskih virov. Na drugi strani gradbeništvo kot dejavnost proizvede veliko količino gradbenih odpadkov, ki jih je potrebno ustrezno predelati in ponovno uporabiti ali odložiti. Da bi kar najbolj zmanjšali vpliv gradbeništva na okolje, je potrebno zmanjšati uporabo primarnih virov in poskrbeti za pripravo in uporabo sekundarnih surovin. Potencial za recikliranje gradbenih odpadkov je večinoma iz inertnih materialov, iz katerih lahko dobimo nove zmesi zrn in manjše frakcije odpadkov, kot so plastične mase, kovine in lesni odpadki.

Visoko stopnjo ponovne uporabe in reciklaže lahko dosežemo s selektivnim rušenjem. To je tehnika, ki omogoča, da odpadke sortiramo na mestu nastanka, če iz zgradbe pred rušenjem izločimo uporabne dele (kakovostne portale, peči, intarzirane parkete, štukaturne strope, starinsko pohištvo, stopniščne ograje, masivne lesene grede, kadi, lijake in pipe...). Nato odstranimo vse dele, ki vsebujejo nevarne snovi: azbestne obloge in izolacije, svinčene cevi, rezervoarje in cevovode za kurilno olje, impregnirane lesene dele, bakrene kable, transformatorje, neonske žarnice in podobno. Končno stavbo rušimo in ločimo opečni del od betonskega, steklenega ter lesa, ki jih nato ločeno prepeljemo v najbližji reciklažni center. Demontaža porabnih delov zgradbe in ločevanje komponent med potekom rušenja tako omogoča pridobitev frakcij, ki so najbolj specificirane in najmanj onesnažene s tujki ali celo z nevarnimi snovmi, zato omogoča visoko stopnjo reciklaže in velike prihranke. Glede na spreminjanje načina gradnje je potrebno upoštevati, da se bodo gradbeni odpadki v bodoče spreminjali, saj se npr. uporablja namesto klasične opeke vse več stekla.

Kako ravnamo z odpadki, nam v prvi vrsti narekuje država s svojimi predpisi, po drugi strani pa tržišče s cenami gradnje. Zato mora vsako gradbeno podjetje kot povzročitelj odpadkov dobro poznati vse materialne, strukturne, tehnične, organizacijske in finančne podatke v zvezi z njihovim ravnanjem. Zaradi neurejenega načina ravnanja z odpadki ti po nepotrebnem zapolnjujejo že tako premajhne kapacitete komunalnih odlagališč, odlagajo se na neurejena črna odlagališča (ARSO, 2002). Zaradi tega je izdelan operativni program ravnanja z gradbenimi odpadki za obdobje od 2004 do konca 2008 na podlagi 36. člena zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 41/04). V prvem štiriletnem obdobju, od 2004 do 2008, je usmerjen v povečanje stopnje zbranih in predelanih (recikliranih) količin gradbenih odpadkov v Sloveniji in s tem prednostno v vzpostavitev in delovanje dobrega sistema zbiranja in predelave gradbenih odpadkov s prednostnim ciljem zmanjšanja količin gradbenih odpadkov, ki se danes odlagajo bodisi na odlagališčih odpadkov, bodisi nenadzorovano izven njih.

2.2 Smernice za ravnanje z gradbenimi odpadki

Predelava gradbenih odpadkov lahko reši dva družbena problema:

- preneha se nesmotrno zapolnjevanje deponij z inertnim materialom in
- zmanjša se izkopavanje primarnih surovin iz kamnolomov, peskokopov in gramoznic

V Sloveniji po današnji oceni nastane letno okoli 2.000.000 ton gradbenih odpadkov, ki so razpršeni po vsej državi. Količina se lahko primerja s kapaciteto enega evropskega reciklažnega centra. Gotovo ni smiselno graditi enega velikega reciklažnega centra v Sloveniji, pač pa več manjših – regionalnih, z mobilnimi reciklažnimi napravami. Vsaka regija bi morala imeti določene stalne prostore in naprave. V občinah bi moral obstajati poseben prostor, namenjen za odlaganje sortiranih gradbenih odpadkov (monodeponije). Ko bi se teh nabralo dovolj, bi tja odpeljali najbližje proste stroje in odpadke predelali. Izvajalci del na tem območju bi morali obvezno odkupiti recikliran gradbeni material. Tako bi preprečili tudi onesnaževanje okolja, ki ga povzročajo tovornjaki, ki prevažajo gradbene odpadke in gradbeni material.

Za uspešno predelavo je potreben pravilen postopek rušenja, selektivno rušenje. Tega opredeljuje tudi Pravilnik o odpadkih, ki nastanejo pri gradbenih delih. Žal se vse pre pogosto uporablja člen, ki podaja izjeme, kdaj odpadkov ni potrebno sortirati. Največ gradbenih odpadkov je inertnih, torej za okolje neškodljivih. Transport je tisti dejavnik, ki odloča o upravičenosti reciklaže. Izračuni pokažejo upravičenost okrog 10 km, v EU do 20 km, zato je ključno zagotoviti prostor monodeponij. Kolikor možnost reciklaže določene vrste odpadka ne obstaja, ga je potrebno odložiti na mesto, ki bo dostopno prihodnjim generacijam. V Sloveniji so nekateri pripravljene ponuditi sodobno predelavo gradbenih odpadkov a so administrativne prepreke velike. Menimo, da je potrebno pri rešitvi okoljskih problemov upoštevati mnenja strokovnjakov, tehnično opremljenost in pripravljenost podjetij ter lastne rešitve in inovacije. Vsega tega je v Sloveniji še premalo. Država mora z vzpostavljanjem začetnih pogojev (ne le zakonodajnih in nadzornih, tudi organizacijsko-finančnih) spodbuditi pričetek predelave gradbenih odpadkov v okviru celovitega gospodarjenja z njimi po zgledu drugih držav EU.

3 VRSTE MATERIALOV

Obravnavani bodo gradbeni odpadki, ki nastanejo pri gradnji in obnovi cestnega in železniškega omrežja, pri gradnji proizvodnih in infrastrukturnih objektov in odpadki pri rušenju objektov. Sem spadajo tudi odpadni materiali, ki nastajajo v industriji in energetiki in so se že izkazali v gradbeništvu.

3.1 Klasifikacija odpadnih gradbenih materialov

Opadni gradbeni materiali so po svoji strukturi in izvoru nastanka možni v najrazličnejših kombinacijah od naravnih in industrijskih pogojev nastajanja. Trenutno je v veljavi Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (U.I.RS št.3-14/2003), ki določa obvezna ravnanja z odpadki. Določbe tega pravilnika veljajo za odpadke iz skupine odpadkov s klasifikacijsko številko 17 iz klasifikacijskega seznama odpadkov.

Glavne skupine gradbenih odpadkov s klasifikacijsko številko 17, kot jih – razvrščene po materialih – sistematizira evropski katalog odpadkov v Pravilniku o ravnanju z odpadki so:

- beton, opeka, ploščice in keramika
- les, steklo in plastika
- bitumenske mešanice, premogov katran in katranski izdelki
- kovine (vključno z zlitinami)
- zemlja (vključno z izkopano zemljino z onesnaženih krajev), kamenje in zemeljski izkopi
- izolirni materiali in gradbeni materiali, ki vsebujejo azbest
- gradbeni materiali na osnovi gipsa
- drugi gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov.

Posamezne vrste katalogiziranih gradbenih odpadkov so razvidne v preglednici 1 (poglavje 3.2). Skupaj je 38 vrst odpadkov, od katerih je 15 označenih z zvezdico, kar pomeni, da so potencialno nevarni in da je treba z njimi ravnati po strožjih predpisih.

3.2 Količine odpadnih gradbenih materialov

Po ocenah so z razmahom gradbene dejavnosti količine gradbenih odpadkov dosegle tri četrtine vseh nastalih odpadkov v slovenskem prostoru (pribl 2.3 mio ton/leto, imetniki, ki so zavezanci za poročanje o nastalih količinah, pa so prijavili 315920 ton v letu 2002). Z uresničevanjem nacionalnega programa gradnje avtocest, razvoja železnic in letališča Brnik, obnove glavnih in regionalnih cest ter z novim investicijskem ciklusom in stanovanjske gradnje je pričakovati nadaljne naraščanje količin gradbenih odpadkov (MOP, 1996). Gradbeništvo lahko snovno izrabljuje odpadke iz lastne dejavnosti, uporaben material pa so lahko tudi nekatere vrste mineralnih odpadkov iz energetike in metalurgije (predvsem žlindre in pepeli).

Od 2,3 milijona ton gradbenih odpadkov jih je lahko velik delež uporabna surovina, ki bi sprostil odlagališča in prihranila primarne vire. Za odlaganje preostankov gradbenih odpadkov bodo potrebne monodeponije (Zajc, 1997).

V EU z okrog 350 milijoni prebivalcev je letna količina gradbenih odpadkov med 175 in 370 milijoni ton, kar pomeni med 500 in 1000 kg na prebivalca (EU, 2000). V Sloveniji je bila letna količina gradbenih odpadkov sredi 90 – tih let (Strateške usmeritve ravnanja z odpadki MOP, 1996) ocenjena na okoli 4,5 milijona ton letno. Vendar se zdi, da je bila ta ocena močno pretirana. Po sedanjih podatkih ARSO so v letu 2002 v Sloveniji povzročitelji poročali o 315.920 tonah gradbenih odpadkov oziroma 158 kg na prebivalca (kar je za 43 kg več kot v letu 2001). Vendar so ti podatki še zelo nezanesljivi, saj sistem poročanja še ni zadovoljivo upeljan; iz preglednice 2 je razvidno, da povzročitelji poročajo o manjši količini gradbenih odpadkov kot zbiratelji le-teh (preglednica 1).

V letu 2002 je bilo po 44.134 ton gradbenih odpadkov odpeljanih na odlagališča. 13.832 tone je odstranilo 15 podjetij, 34 podjetij pa je predelalo 67.721 ton gradbenih odpadkov.

Preglednica 1: Vrste in količine zbranih gradbenih odpadkov v RS za leto 2002 (podatki MOP RS, 2003)

	gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov (vključno z izkopano zemljino z onesnaženih krajev)	Letne količine 2002 (kg)
17		
17 01	beton, opeka, ploščice in keramika	5.848.942*
17 01 01	beton	945.240
17 01 02	opeka	20.086
17 01 03	ploščice, keramika in strešna opeka	970.068
17 01 06*	mešanice ali ločene frakcije betona, opeke, ploščic in keramike, ki vsebujejo nevarne snovi	60.000
17 01 07	mešanice betona, opeke, ploščic in keramike, ki niso zajete v 17 01 06	3.853.548
17 02	les, steklo in plastika	2.584.528*
17 02 01	les	624.550
17 02 02	steklo	1.947.508
17 02 03	plastika	12.770
17 02 04*	steklo, plastika in les, ki so onesnaženi z nevarnimi snovmi ali vsebujejo nevarne snovi	-
17 03	bitumenske mešanice, premogov katran in katranski izdelki	2.077.010*
17 03 01*	bitumenske mešanice, ki vsebujejo premogov katran	-
17 03 02	bitumenske mešanice, ki niso zajete v 17 03 01	2.077.010
17 03 03*	premogov katran in katranski izdelki	-
17 04	kovine (vključno z zlitinami)	116.074.311*
17 04 01	baker, bron, medenina	2.098.365
17 04 02	aluminij	3.770.533
17 04 03	svinec	195.292
17 04 04	cink	140.864
17 04 05	železo in jeklo	97.711.719
17 04 06	kositer	26.190
17 04 07	mešane kovine	11.860.480
17 04 09*	kovinski odpadki, ki so onesnaženi z nevarnimi snovmi	16
17 04 10*	kabli, ki vsebujejo olja, premogov katran in druge nevarne snovi	
17 04 11	kabli, ki niso zajeti v 17 04 10	270.855

se nadaljuje...

...nadaljevanje

17 05	zemlja (vključno z izkopano zemljino z onesnaženih krajev), kamenje in zemeljski izkopi	3.763.950*
17 05 03*	zemlja in kamenje, ki vsebujeta nevarne snovi	11.000
17 05 04	zemlja in kamenje, ki nista zajeta v 17 05 03	3.709.050
17 05 05*	zemeljski izkopi, ki vsebujejo nevarne snovi	10.740
17 05 06	zemeljski izkopi, ki niso zajeti v 17 05 05	33.160
17 05 07*	tolčenec izpod železniških tirov in pragov, ki vsebuje nevarne snovi	-
17 05 08	tolčenec izpod železniških tirov in pragov, ki ni zajet v 17 05 07	-
17 06	izolirni materiali in gradbeni materiali, ki vsebujejo azbest	5.633.211*
17 06 01*	izolirni materiali, ki vsebujejo azbest	1.940
17 06 03*	drugi izolirni materiali, ki jih sestavljajo ali vsebujejo nevarne snovi	-
17 06 04	izolirni materiali, ki niso zajeti v 17 06 01 in 17 06 03	1.497.736
17 06 05	gradbeni materiali, ki vsebujejo azbest	4.133.535
17 08	gradbeni materiali na osnovi gipsa	-
17 08 01*	gradbeni materiali na osnovi gipsa, ki so onesnaženi z nevarnimi snovmi	-
17 08 02	gradbeni materiali na osnovi gipsa, ki niso zajeti v 17 08 01	-
17 09	drugi gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov	6.431.012*
17 09 01*	gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov, ki vsebujejo živo srebro, gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov, ki vsebujejo PCB (na primer: tesnila, ki vsebujejo PCB; tlaki na osnovi smol, ki vsebujejo PCB, kondenzatorji, ki vsebujejo PCB)	-
17 09 02*	drugi gradbeni odpadki in odpadki, pri rušenju objektov (vključno z mešanimi odpadki), ki vsebujejo nevarne snovi	2.360
17 09 03*	mešani gradbeni odpadki in odpadki pri rušenju objektov, ki niso zajeti v 17 09 01, 17 09 02 in 17 09 03	6.428.652
Skupaj:		142.413.264 kg

* števek količin odpadkov iz ustrezne podskupine

Preglednica 2: Količine gradbenih odpadkov za leto 2002 v tonah (ARSO, 2003)

Vrsta grad. Odpadkov (GO)	Nastali (t)	Zbrani (t)	Odstranjeni (t)	Predelani (t)
Navadni GO	315.920	142.413	13.882	67.721
Nevarni GO	-	860	17	447

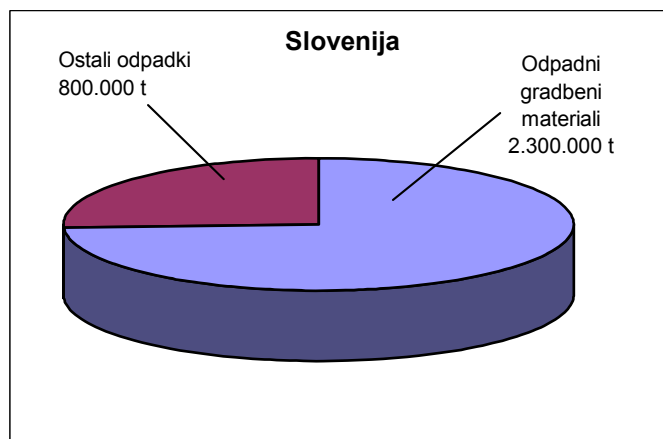


Diagram 1: Delež odpadnih gradbenih materialov v Sloveniji

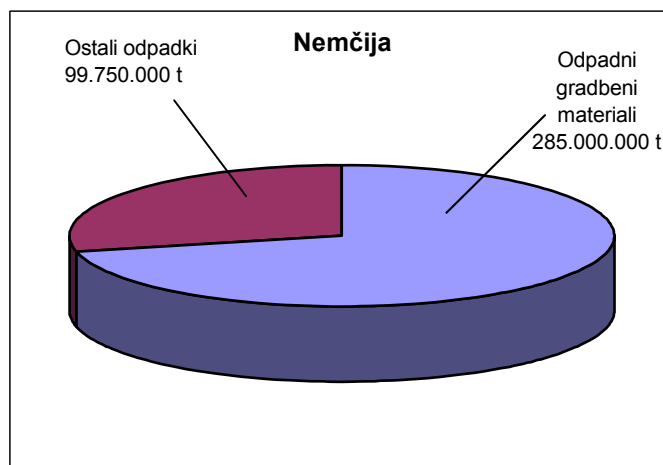


Diagram 2: Delež odpadnih gradbenih materialov v Nemčiji

3.3 Opis (odpadnih) gradbenih materialov po prikazani klasifikaciji

3.3.1 Cestogradnja

3.3.1.1 Gradbeni materiali iz izkopov

Gradbeni material iz izkopov predstavljajo vsi materiali iz izkopov, ki jih skušamo predelati na kraju samem in jih uporabiti pri oblikovanju krajine ter rekultiviranju in trasiranju novih cest v kmetijstvu in gozdarstvu. Sestava izkopa je izredno različna in je odvisna od terena, na katerem izvajamo investicijska dela. V Sloveniji se tako srečujemo z materiali kraškega izvora (apnenec, dolomit), materiali barjanskih tal (zemlja, ilovica, gramoz, pesek), materiali ravninskega dela (zemlja, gramoz) in predvsem materiali prodnatega zemljišča, kot sta Dravsko in Ptujsko polje.

3.3.1.2 Odpadni gradbeni materiali iz asfaltnih vozišč

Odpadni gradbeni materiali iz asfaltnih rekonstrukcij (slika 2) so pri nas najbolj razširjena reciklaža odpadnih gradbenih materialov, saj je večina avtocest, glavnih in regionalnih cest zgrajena z asfaltno krovno plastjo in jo je potrebno neprestano obnavljati. Reciklaža asfalta je najuspešnejša in v razvitem svetu dosega kar 80 do 90 % celotne mase odpadnega gradbenega materiala asfaltnega izvora, česar ne moremo reči za Slovenijo. Poleg drobljenja, sejanja in ponovne uporabe so razviti tudi postopki rekonstrukcije na sami trasi.

Več o reciklaži in ponovni uporabi asfalta je opisano v Tehničnem listu za vzdrževanje asfaltiranih cest v poglavju 5.3.



Slika 2: Primer rezkanja asfaltnega vozišča (za potrebe javne infrastrukture)

3.3.1.3 Odpadni gradbeni materiali iz cementnega betona in armiranega cementnega betona

Odpadni gradbeni materiali iz betona (slika 3) sodijo poleg odpadnega asfalta med najkvalitetnejše odpadke, ki smo jih sedaj največ izkoriščali. Tu gre predvsem za lomljenje betonskih cestišč (rekonstrukcije), betonskih pist (letalskih in tankovskih), mostnih konstrukcij, bunkerjev, železniških prog, itd.



Slika 3: Primer reciklaže betonskega vozišča v kraju Naklo (stara cesta)

3.3.2 Ostale gradnje

3.3.2.1 Odpadni gradbeni materiali pri novogradnjah in rekonstrukcijah

Odpadni gradbeni material pri novogradnjah bi lahko obravnavali v sklopu odpadkov v cestogradnji, saj se tu poleg visokogradniške srečujemo z nizkogradniško dejavnostjo. Od same konstrukcije se razlikujejo odpadni gradbeni materiali tako po sestavi kot po stopnji čistosti. Poleg anorganskih odpadkov (beton, armiran beton, opeka, apno, cement, gramoz, drobljenec, gips, keramika, itd.) lahko vsebujejo tudi organske odpadke (les, papir, umetne

mase, lepila, itd.). Sestava odpadkov je od gradbišča do gradbišča različna, zato jo je potrebno reševati individualno za vsako konkretno konstrukcijo posebej.

3.3.2.2 Odpadni gradbeni materiali iz rušenja starih objektov

Odpadni gradbeni materiali iz rušenja starih objektov so prisotni v vseh mestih, večjih krajih in industrijskih kompleksih, ko se stare zgradbe umikajo novim. Sestava odpadkov je podobna kot pri novogradnjah in rekonstrukcijah. Zaradi nehomogene sestave zahteva tak odpadki diferencirane postopke reciklaže. Pomembno je, da kakovostno ločimo nekontaminiran gradbeni odpadki z minimalnimi drugimi primesmi od kontaminiranega ali močno onesnaženega materiala.

3.3.3 Industrijski odpadni gradbeni materiali

Industrijski gradbeni odpadki dosegajo velike količine v celotni količini vseh odpadkov. Ker imamo tu "zaključen" krog, se ne samo pri nas ampak povsod po svetu srečujemo z odpadnimi materiali industrije, rudarstva, energetike in čistilnih naprav. Problemi z odpadnimi materiali se rešujejo s tako imenovanimi industrijskimi jalovišči oz. mono – deponijami. Največji proizvajalec teh odpadkov pri nas je vsekakor enegetika, ki proizvede letno 1.500.000 t elektrofilterskih pepelov in žlinder. Omeniti je treba še odpadke, ki nastanejo pri samem rudarjenju (velike količine jalovine), v metalurgiji in kemijski industriji (čistilne naprave).

Tu se je treba ustaviti še pri proizvodnji in distribuciji kamenih mineralnih agregatov. Predpostavimo lahko, da v Sloveniji obratuje okrog 200 nahajališč kamenih agregatov. Same osnovne dejavnosti le teh so zelo različne (gradbeništvo, gozdarstvo, kmetijstvo, rudarstvo). Še bolj se razlikuje kakovost agregatov, produktivnost proizvodnje in cene. Vzrok in posledica tega so različni interesi, katerim je skupno le čim manj vložiti v sanacijo ranjenega okolja. Poraba kamenih agregatov je razen v gradbeništvu velika še v vodnem, komunalnem, cestnem in železniškem gospodarstvu, kmetijstvu in gozdarstvu. Pomembno pri proizvodnji kamenih agregatov je to, da se s tem nakazuje, da je največja možna poraba odpadnih gradbenih materialov ravno pri sanaciji obstoječih mest pridobivanja, seveda ob upoštevanju vseh ekoloških norm.

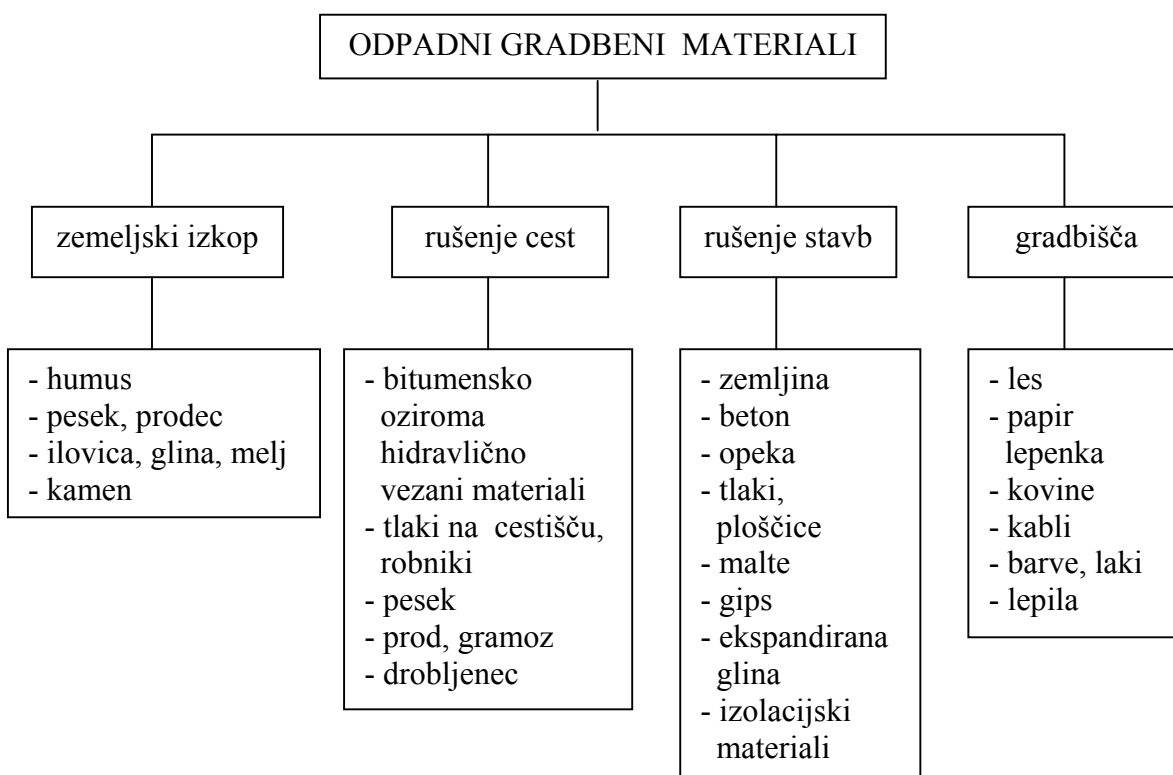
3.3.3.1 Oplemeniteni odpadni gradbeni materiali industrijskega izvora

Sem štejemo elektrofilterske pepele, ki jih uporabljamo predvsem za vgradnjo v lahke nasipe in kot vezivo metalurške žlindre kot nadomestek kamenih agregatov in za uporabo v cementni industriji.

4 ZNAČILNOSTI MATERIALOV IN POSTOPKOV RECIKLIRANJA

4.1 Sestava

Ponavadi so odpadni gradbeni materiali skupek različnih materialov. Da bi dobili posamezne materiale, je potrebno odpadke sortirati (prebrati), ustrezno očistiti in predelati. Dejstvo je, da se vsi odpadki ne dajo predelati oziroma se jih ekonomsko ne izplača. Upoštevati je treba, da se onesnažen material z anorganskimi (razne soli, težke kovine...) in organskimi spojinami (naftni derivati, olja...) izloči še pred predelavo in ustrezno deponira. Pri vsem tem je pomembno to, da se odpadni material z zelo nehomogeno sestavo poskuša sortirati že na samem mestu izvora odpadka (na kraju rušenja, izkopa...), tako da imamo pri predelavi čim bolj homogeno sestavo, kar daje tudi visoko stopnjo recikliranja. Na sliki 4 je prikazana sestava odpadnih gradbenih materialov.



Slika 4: Sestava odpadnih gradbenih materialov

4.2 Vpliv na okolje

Gradbeni materiali so lahko po svojem izvoru zelo različne sestave. Material, ki bo ponovno uporabljen, ne sme vsebovati okolju škodljivih nečistoč. Če tega pri pridobivanju ni mogoče zagotoviti, je potrebno s primernimi postopki priprave materiala zagotoviti ločitev le-teh. Kot okolju škodljive nečistoče (primesi) veljajo tako organske (npr. olja, policiklični ogljikovodiki) kot tudi določene anorganske snovi (npr. soli, težke kovine, azbest), če lahko preidejo v škodljivih količinah v okolje (npr. v podtalnico).

Na vodovarstvenih (preskrbovalnih) območjih je potrebno pri ponovni uporabi pridobljenih materialov upoštevati posebne pogoje in predpise.

V izogib škodi na ostalih gradbenih delih je treba upoštevati priporočila o korozijski ogroženosti železa in jekla pri zemeljskih delih ter o betonu škodljivih vodah, tleh in plinih.

Z novimi predpisi oz. priporočili bo na področju gradbeništva spodbujena zamenjava nevarnih snovi (svinec, živo srebro, kadmij, azbest in halogenirani gorljivi ostanki) v novih zgradbah ter obvezno sortiranje odpadkov na mestu nastanka (beton, zidaki, PVC, les, steklo itd.) pa tudi ločevanje nevarnih odpadkov na izvoru.

4.3 Centri za recikliranje v Sloveniji

Tipičen center za reciklažo gradbenih odpadkov bi moral imeti drobilnike za drobljenje kamenja, opeke, betona in asfalta (teh vrst je količinsko največ), sejhalno napravo ter odstranjevalnik železa. Vsak reciklažni center mora imeti rezervirane površine za skladiščenje manjših količin drugih gradbenih odpadkov, ki ne sodijo v njihovo predelavo (npr. lesa, stekla, instalacij) in jih predajajo drugim izvajalcem. Nepogrešljiva je tehtnica za kontrolo odpadkov, sortirnica in skladišče predelanih odpadkov, ki čakajo na odkup.

Ocenjuje se, da samo na področju deponije v Ljubljani lahko dosežemo prihranek približno 1.000.000 ton letno, če odpadki ne bodo šli v deponijo, ampak se bodo predelali in uporabili.

Reciklažni center za gradbene odpadke z naštetimi napravami in objekti trenutno obratuje na saniranem polju odlagališča Barje v Ljubljani, ki bo nudil kapacitete za ljubljansko regijo. Zaenkrat je naprava Cestnega podjetja Ljubljana mobilna in bo prihajala na lokacijo po potrebi, ko bo zbranih dovolj odpadkov. Lokacija leži na dostopnem kraju ob ljubljanski obvoznici, je primerno oddaljena od bivališč (problem hrupa in prahu) in blizu potencialnim povzročiteljem teh odpadkov oz. porabnikom recikliranih materialov (gradbena podjetja ter gradbišča v Ljubljani in okolici).

Ustrezna dovoljenja za predelovanje nekaterih vrst gradbenih odpadkov ima v Republiki Sloveniji 25 podjetij, ustrezna potrdila za zbiranje pa 42 podjetij (ARSO, 2003). Skupne predelovalne kapacitete so 920.000 ton letno (ARSO, 2002) kar pomeni 46% ocenjene količine nastalih gradbenih odpadkov. Glede na majhen slovenski trg je sedanje število predelovalcev primerno, vprašanje pa ostaja odprto glede ustreznosti njihove tehnične opremljenosti in marketinške povezave z uporabniki ločeno zbranih in predelanih materialov. To število zagotavlja ekonomsko poslovanje posameznih gospodarskih subjektov, omogoča pa tudi nadzor njihovega dela v skladu s predpisi. V praksi pa ta podjetja ne predelujejo tistega, kar je napisano v registraciji MOP. Predelovalec lahko dobi dovoljenje za predelavo gradbenih odpadkov, tudi če jih ne predeluje (MOP, 2003). Kar nekaj jih predeluje le enega od naštetih odpadkov ali pa celo nobenega. Podjetja se namreč raje registrirajo za več dejavnosti, saj vsako dodatno registriranje pomeni dodatno birokracijo in stroške.

Po novem Pravilniku o odpadkih, ki nastanejo pri gradbenih delih, je potrebno predložiti načrt gospodarjenja z odpadki na gradbišču. Tako je potrebno pred tehničnim pregledom podati poročilo z dokazili, kje in koliko je bilo odpadkov, kam so jih odpeljali, predelali ali odložili. Pravilnik naj bi rešil nelegalno in nekontrolirano odlaganje gradbenih odpadkov, a temu ni tako. V praksi se naredi nekaj takšnih poročil za inšpekcijo, z ostalimi količinami pa se ravna tako kot do sedaj.

4.4 Uporabnost recikliranih materialov

Materiali, ki so kakovostno reciklirani, imajo različne možnosti uporabe in se kot sekundarna surovina uporabljajo za nadaljno uporabo v gradbeništvu, predvsem v cestogradnji in ostalih panogah, povezanih z gradbeništvom. Pomisleki so pri nas še vedno prisotni, ko se govori o ponovni uporabi odpadnih materialov. Kriteriji za uporabo recikliranih materialov so:

- tehnična izenačenost z drugimi materiali,
- ekonomska enakovrednost klasičnim materialom,
- okolju prijazni materiali.

Področje uporabe omenjenih materialov (preglednica 3):

- cestogradnja:

- protihrupni nasipi (področje uporabe A)
- nevezane vozne površine in poti (področje uporabe B)
- nasipi (področje uporabe C1)
- zasipi in prekritja (področje uporabe C2)
- zasipni material (kanalizacijski vodi, vodovodi...; področje uporabe D1)
- utrditve in izboljšanje nosilnosti tal (področje uporabe D2)
- nevezane nosilne plasti (področje uporabe E)
- vezane nosilne plasti s hidravličnimi vezivi (področje uporabe F)
- vezane nosilne plasti z bitumenskimi vezivi (področje uporabe G1)
- asfaltne obrabne plasti (področje uporabe G2)
- cementnobetonske krovne plasti (področje uporabe H)

- nasipni material (nasipi, vodne pregrade...)

- zasipi jarkov

- zasipi med temelji

- drenaže

- za sanacije (deponij, posledic rudarjenja, drugih posegov v okolje)

- rekultiviranje okolice

- gradnja športnih igrišč

Zahteve področja uporabe so opisane v poglavju 4.5.2

Preglednica 3: Možnosti ponovne uporabe materialov

Skupine materialov	Področje ponovne uporabe materiala											
	A	B	C1	C2	D1	D2	E	F	G1	G2	H	
	Proti- hrupni nasipi	Nevezane vozne površine in poti	Nasipi	Zasipi in pre- kritja	Zasipi jarkov	Utrditve in izboljšanje tal	Nevezane nosilne plasti	Vezane nosilne plasti s hidravličnimi vezivi	Vezane nosilne plasti z bitumenskimi vezivi	Asfaltne obrabne plasti	Cementno - betonske krovne plasti	
Voziščna konstrukcija												
1	asfaltne zmesi	x	x	0	0	0	0	0	0	x	x	0*
2	cementni beton	x	x	x	x	x	x	x	x	0		x
3	ostali hidravlično vezani materiali	x	x	x	x	x	x	x	x	0		x
4	naravni kamen, drobljenec	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	prodec, pesek	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x
6	ostali kamniti materiali	x	0	x	0	0	0					
7	opeka, zidaki	x	x	x	0	x	x	0	0	0		0

Legenda:

x... material uporaben

0... material pogojno uporaben

0*.. material pogojno uporaben v omejenem deležu

4.5 Kakovost materialov

4.5.1 Splošne zahteve

V splošnem veljajo glede kakovosti pridobljenih materialov zahteve veljavnih tehničnih predpisov in predpisov o varstvu okolja.

V tehničnih predpisih zahtevane vrednosti deformacijskih modulov in stopnje zgostitve morajo biti dosežene. To velja predvsem pri večjih deležih ponovne uporabe rezkanca asfalta v zmesih v nevezanih plasteh.

4.5.2 Posebne zahteve

4.5.2.1 Protihrupni nasipi (področje uporabe A)

Številčne vrednosti za posebne zahteve za lastnosti nasipnih materialov za protihrupne nasipe niso določene. Dodatno k predpisom za zemeljska dela je potrebno upoštevati naslednje:

- sestava pridobljenega recikliranega materiala:

Material sme vsebovati le majhne količine nečistoč, kot npr. les in grmovje.

- obstojnost prostornine:

Obstojnost prostornine pridobljenega materiala mora biti zagotovljena v tolikšni meri, da ne pride do velikih in neenakomernih posedkov oziroma dvigov nasipa, še posebej, če so predvideni gradbeni ukrepi na ali neposredno ob nasipu.

- porazdelitev velikosti zrn:

Porazdelitev velikosti zrn pridobljenega materiala v zmesi naj bo taka, da zagotavlja potrebno vgradljivost in obstojnost ter preprečuje prekomerne posedke, npr. zaradi izpiranja zrn.

- nosilnost

Vrednosti deformacijskih modulov, stabilnosti in strižne trdnosti morajo biti primerne, da lahko nasip brez posledic prevzame lastno težo, prometno obremenitev in morebitne dodatne obtežbe, npr. zaradi potresa. Potrebno je upoštevati časovni potek posedkov, posebej pri vezljivih zemljinah. Za preprečitev večjih posedkov v daljšem času je zahtevana določena minimalna stopnja zgojitve.

- možnost ozelenitve

Lastnosti pridobljenega materiala morajo omogočiti predvideno ozelenitev (na obodu vgradimo primerno zemljino).

4.5.2.2 Nevezane vozne površine in poti (področje uporabe B)

- sestava pridobljenega recikliranega materiala:

Kovine, steklo, umetne snovi, ipd. so lahko v manjših kosih neškodljive.

Material ne sme vsebovati kosov lesa, prav tako ne sme vsebovati skupkov vezljivega materiala.

- odpornost proti zmrzovanju in obstojnost prostornine:

Odpornost pridobljenega materiala proti zmrzovanju in obstojnost prostornine morata biti zadostni glede na uporabnost, neodvisno od vremenskih okoliščin.

- porazdelitev velikosti zrn:

Na osnovi ugotovljene sestave zmesi zrn je treba pridobljeni material razvrstiti po veljavnih predpisih.

4.5.2.3 Nasipi, zasipi in prekritja, zasipi jarkov ter utrditve in izboljšanje tal (področje uporabe C1, C2, D1, D2)

- sestava pridobljenega recikliranega materiala:

Material ne sme vsebovati škodljivih količin nečistoč.

- obstojnost prostornine pridobljenega materiala

Obstojnost prostornine mora biti zagotovljena.

- časovni potek posedkov

Posedke v daljšem času je treba preprečiti z zadostno zgostitvijo vgrajenega materiala; to je potrebno še posebej upoštevati pri nasipih in zasipih.

4.5.2.4 Nevezane nosilne plasti (področje uporabe E)

- sestava pridobljenega recikliranega materiala

Zrna opeke, klinkerja ter kamna velikosti nad 4 mm se lahko uporabi glede na rezultat predhodnih preiskav, vendar do največ 25 m.-%.

Delež zrn apnenčevega peščenjaka, mehko žgane gline, ometa in podobnega materiala, večjih od 4 mm, je omejen na največ 5 m.-%.

Delež lahkih materialov npr., plinastega betona ipd., je omejen na največ 1 m.-%

Večji deleži od navedenih so dopustni le, če je dokazano, da ne učinkujejo negativno.

Delež tujih snovi, kot je npr., les, guma, umetne snovi in tkanine, je omejen na največ 0,2 m.-%.

Navedi je potrebno vrste in količine posameznih materialov v zmesi.

- obstojnost prostornine zmesi zrn

Obstojnost prostornine zmesi zrn mora biti zagotovljena.

4.5.2.5 Vezane nosilne plasti s hidravličnimi vezivi

Dodatno k predpisom za zmesi zrn za vezane nosilne plasti s hidravličnimi vezivi je potrebno upoštevati naslednje:

- sestava materiala

Opeka in klinker se lahko uporabita glede na rezultate predhodnih preiskav.

Delež asfalta v mešanici za vezano nosilno plast s hidravličnim vezivom je potrebno določiti vsakič posebej z laboratorijskimi preiskusi ali glede na predhodne praktične izkušnje.

- obstojnost prostornine

Obstojnost prostornine zmesi zrn mora biti zagotovljena.

4.5.2.6 Vezane nosilne plasti z bitumenskim vezivom in asfaltne obrabne plasti

Dodatno k predpisom za zmesi zrn za vezane nosilne plasti z bitumenskim vezivom in asfaltne obrabne plasti je potrebno upoštevati naslednje:

- sestava materiala

Materiali iz skupin 2 in 3 v preglednici 3 se lahko uporabijo do skupnega deleža 20 m.-% v zmesi kamnitega materiala za nosilne plasti.

Uporabnost materiala skupine 1 je posebej določena v poglavju 5.

- obstojnost prostornine

Obstojnost prostornine zmesi zrn mora biti zagotovljena.

- odpornost proti vročini

Zmesi ne smejo vsebovati materialov, ki imajo po toplotni obremenitvi v sušilnem bobnu prevelik padec odpornosti proti drobljenju in udarcem.

Pri toplotni obremenitvi materiala tudi ne smejo nastati škodljive emisije.

4.5.3 Cementnobetonske nosilne plasti

Veljajo vse zahteve tehničnih predpisov za zmesi kamnitih zrn za cementnobetonske krovne plasti voziščnih konstrukcij.

4.6 Preskušanje

Za odvzem vzorcev in za preskušanje veljajo v veljavnih tehničnih predpisih opisani postopki.

V preglednici 4 je naveden pregled lastnosti materialov, ki jih je potrebno ugotoviti glede na področje uporabe. Pri tem je v posameznih primerih potrebno določiti, ali je treba preskus izvršiti na posameznih materialih ali na zmesi.

Dodatno je potrebno določiti vpliv posameznih materialov na okolje. Dokaz o neškodljivosti na okolje je potreben pri njihovi uporabi na vodovarstvenih območjih. Izven vodovarstvenih območij je potrebno preskusiti (če obstaja sum), če se lahko iz materiala izločijo škodljive količine okolju nevarnih snovi.

Čimbolj natančno in obširno določitev za ponovno uporabo predvidenih gradbenih materialov je treba izvršiti že na mestu pridobivanja. Poznavanje izvora in videza olajša določitev sestave materiala in daje napotek tako za pričakovano kakovost in homogenost kot tudi za preskušanje lastnosti. Pri tem je lahko barva vzorca le omejenega pomena za ugotavljanje enakomernosti.

Preglednica 4: Pogojene lastnosti pridobljenih materialov

Lastnosti materiala	Področje ponovne uporabe materiala											
	A	B	C1	C2	D1	D2	E	F	G1	G2	H	
	Protihrupni nasipi	Nevezane vozne površine in poti	Nasipi	Zasipi in prekritja	Zasipi jarkov	Utrditve in izboljšanje tal	Nevezane nosilne plasti	Vezane nosilne plasti s hidravličnimi vezivi	Vezane nosilne plasti z bitumenskimi vezivi	Asfaltne obrabne plasti	Cementnobetonske krovne plasti	
	Voziščna konstrukcija											
1 materialna sestava	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2 odpornost proti preperivanju		x					x	0	x	x	x	
3 odpornost proti mrazu		x					x	0	x	x	x	

se nadaljuje...

...nadaljevanje

4	obstoynost prostornine	0		0	0	x	x	x	x	x	x	x
5	navidezna specifična gostota		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	porazdelitev velikosti zrn	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7	oblika zrn				0	0		x		x	x	x
8	delež drobljenih zrn		0					0		x	x	x
9	trdnost zrn		x					x	0	x	x	x
10	škodlive primesi afiniteta do bitum. veziv								x			x
11										x	x	
12	odpornost proti vročini									x	x	
13	gostota po Proctorju	0	x	x	x	x	x	x	x			
14	deformacijski modul, stabilnost in strižna trdnost	0	0	x	x	0	x	x				
15	časovni potek posedkov	0		x	x	0		0				
16	občutljivost na mraz				x			x	x			
17	možnost ozelenitve	0										
18	kemično-fizikalni vpliv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	vpliv na okolje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda:

x...obvezno preskusiti

0...poskusiti pod določenimi pogoji

4.7 Potrjevanje skladnosti in nadzor kakovosti

4.7.1 Materiali za protihrupne nasipe

V okviru predhodnega preskusa primernosti materiala je potrebno izvesti preskuse:

- sestave materiala
- porazdelitve velikosti zrn
- stabilnosti
- možnosti ozelenitve in
- vplivov na okolje

Če so predvideni gradbeni ukrepi na nasipu, je treba dodatno preskusiti še:

- obstojnost prostornine
- časovni potek posedkov in
- kemično – fizikalne vplive na ostala gradbena dela.

4.7.2 Materiali za nevezane vozne površine

V okviru predhodnih preskusov primernosti materiala je potrebno preveriti:

- način priprave in skladiščenja
- sestavo materiala
- odpornost proti preperevanju
- trdnost zrn
- porazdelitev velikosti zrn
- vsebnost vode
- gostoto po Proctorju in
- vplivov na okolje

Poleg tega je potrebno preveriti število predvidenih notranjih preskusov kakovosti.

Večkrat dnevno (z ogledom) je potrebno preverjati sestavo materiala in najmanj enkrat tedensko porazdelitev velikosti zrn.

4.7.3 Materiali za nasipe, zasipe in prekritja, zasipe jarkov, utrditve in izboljšanje tal

V okviru predhodnega preskusa primernosti materiala je potrebno preveriti:

- sestavo materiala
- obstojnost prostornine
- navidezno specifično gostoto
- porazdelitev velikosti zrn
- kemično – fizikalne vplive na ostale gradbene dele in
- vplive na okolje

Dodatno je treba pri področjih uporabe C1 in C2 preskusiti:

- strižno trdnost in
- časovni potek posedkov

4.7.4 Materiali za voziščne konstrukcije (področja uporabe E do H)

Predhodni preskusi in nadzor kakovosti mora biti izvajan po določilih tehničnih predpisov za zmesi kamnitih zrn. Ker je materialna sestava praviloma neenakomerna, je potrebna večja pogostost notranjih in zunanjih preskusov kakovosti.

4.8 Stanje v Nemčiji

Ponudba recikliranih materialov zavzema v Nemčiji 10% v celokupni ponudbi gradbenih materialov. Obrati za predelavo so zgrajeni za področja z najmanj 500.000 ljudmi. Kapacitete obratov so različne, vendar naj bi bili obrati sposobni predelati najmanj 150.000 – 200.000 t odpadkov na leto. Seveda je pri vsem tem najbolj pomembna kvaliteta, tako samih končnih izdelkov, kot tudi postopkov predelave. Za to skrbi predpisan sistem standardov za

reciklirane materiale, ki zahteva določeno kvaliteto teh materialov za uporabo. Nemci imajo tako že od leta 1985 določen standard RAL – RG 501/1 za reciklirane mineralne gradbene odpadke. Materiali, ki ustrezajo zahtevam tega standarda, dobijo certifikat kakovosti DIN ISO 9000 (slika 5).



Slika 5: Oznaka, ki jo pridobi recikliran material, če ustreza standardu RAL – RG 501/1

V Nemčiji ločijo tri kakovostne razrede recikliranih materialov:

- I. gradbeni materiali za zgornje plasti pri gradnji cest, ki odgovarjajo zahtevanim standardom za zrnavosti 0/32 ali 0/45 mm
- II. gradbeni materiali za zgornje plasti cest, ki ne ustrezajo zahtevanim standardom
- III. gradbeni materiali slabše kakovosti za nasipe, temelje, utrjevanje.

Glede na okoljevarstveno oceno in s tem maksimalno dovoljeno koncentracijo škodljivih spojin v materialih ločijo še dva razreda recikliranih materialov.

Reciklirani material I. – standardni reciklirani material, katerega vrednosti škodljivih snovi so v mejah dopustnih vrednosti.

Reciklirani material II. – boljši reciklirani material, katerega vrednosti škodljivih snovi so občutno (za več kot polovico) manjše od dopustnih.

Za določitev vseh teh vrednosti se izvajajo preskusi po DIN standardih.

5 POSTOPKI PREDELAVE – RECIKLIRANJA

Cestogradnja je največji potencialni porabnik recikliranih materialov, zato so v tem poglavju obdelani vsi primeri predelave in uporabe tako cestnih odpadnih materialov kot tudi drugih odpadkov pri gradnji cest.

5.1 Sistemi za recikliranje

Ločimo: - mobilne
 - polmobilne in
 - stacionarne sisteme za recikliranje.

5.1.1 Stacionarni sistemi za recikliranje

Najbolj zanimivi so seveda stacionarni sistemi, saj so tudi najbolj obsežni. Inštalirane naprave v sistemu so namenjene za drobljenje, sejanje in sortiranje odpadnih gradbenih materialov (beton, asfalt, opeka...). Sistem se lahko uporablja tudi za primarno drobljenje čistih materialov (apnenec, dolomit...).

Kriteriji izbire strojev za predelavo so odvisni od

- vrste in sestava vhodnih materialov
- velikosti materialov
- čistosti materialov
- kvalitete in sestave končnih produktov
- kapacitete naprav
- napovedanih količin
- namestitvenih površin in
- drugih interesov.

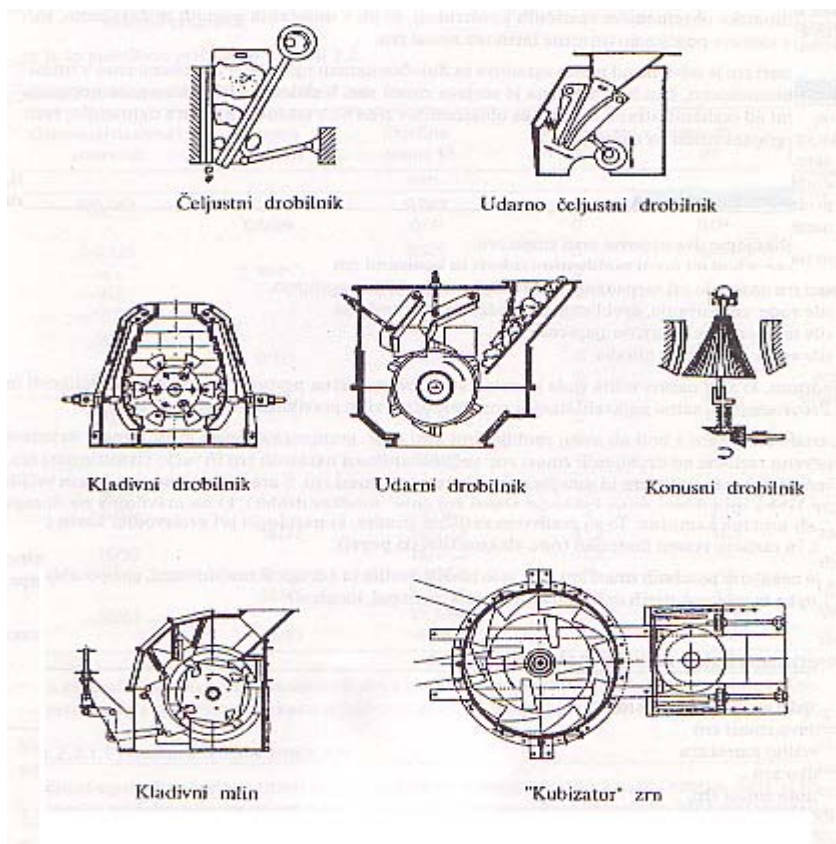
Celoten sklop naprav v obratu ponavadi dosega kapaciteto predelave do 100 t/h.

5.1.1.1 Glavne operacije v sistemih za recikliranje

Glavne operacije, ki se izvajajo v sistemih za recikliranje, so:

- kontroliranje in statistično vrednotenje odpadnih gradbenih materialov:
 - tehtnica
 - laboratorij:
 - organoleptična kontrola
 - kemijska in druge kontrole
- doziranje (vsipni bunker):
 - zbiralnik s tračnim odvodom
 - zbiralnik z verižnim transporterjem
 - zbiralnik z nihajočim dnom (vibrajoča miza)
 - zbiralnik z nihajočim in preluknjanim dnom
 - odrivni zbiralnik

- razvrščanje:
 - ločilnik, separator
 - rešetke
 - palično sito
 - zvezdasto, bobnasto sito
- preddrobljenje:
 - hidravlična kladiva
 - lomilci cementnega betona
 - čeljustni drobilniki
 - udarni čeljustni drobilniki
 - škarje za beton
- primarno drobljenje (slika 6):
 - čeljustni drobilnik
 - udarni drobilnik
 - konusni drobilnik
 - valjni drobilnik
 - različni mlini
 - kombinacije naštetih drobilnikov
- sekundarno drobljenje:
 - kladivni mlini
 - valjni mlini



Slika 6: Najpogostejši drobilniki pri recikliranju

Drobilnik je ponavadi ena najpomembnejših komponent v obratu. Važna je pravilna izbira glede na začetno investicijo, kvaliteto drobljenja in obrabljenost stroja (ekonomičnost). Kriteriji za izbiro so navedeni v preglednici 5.

Preglednica 5: Kriteriji za izbiro drobilnikov

	PREDNOSTI	POMANKLJIVOSTI	PODROČJA UPORABE
ČELJUSTNI DROBILNIK	<ul style="list-style-type: none">• robustni• enostavna konstrukcija• ni obrabljen• za najbolj trde kamenine	<ul style="list-style-type: none">• neenakomernost drobljenja• problemi pri asfaltnih materialih• ostanke zrn ne moreš vračati nazaj	<ul style="list-style-type: none">• za neproblematične materiale• za zmanjšane zahteve kvalitete produkta
UDARNI DROBILNIK	<ul style="list-style-type: none">• ugodna drobilnost za vse gradbene odpadke• učinkovit• ugodna kubična struktura zrn	<ul style="list-style-type: none">• relativno visoka obraba• v različnih primerih producira preveč finih delcev	<ul style="list-style-type: none">• za vse vrste materialov• zelo dobra struktura zrn za sejanje
ČELJUSTNI + UDARNI DROBILNIK	<ul style="list-style-type: none">• združuje prednosti obeh tipov• drobljenje velikih kosov tudi armiranega betona• velika zmogljivost	<ul style="list-style-type: none">• problemi pri asfaltnih materialih• visoki stroški investicije	<ul style="list-style-type: none">• idealna kombinacija pri visokih zahtevah kvalitete produktov

se nadaljuje...

...nadaljevanje

ČELJUSTNI + KONUSNI DROBILNIK	<ul style="list-style-type: none"> • dobra kvaliteta produktov • nizka obraba 	<ul style="list-style-type: none"> • občutljivost na armirano železo kot tudi na nedrobljive dele • visoki stroški investicije • izključuje nekatere materiale 	<ul style="list-style-type: none"> • priporočljiv pri proizvodnji visoko kvalitetnih produktov sekundarnih materialov
ČELJUSTNI + VALJČNI DROBILNIK	<ul style="list-style-type: none"> • posebno dober pri drobljenju velikih betonskih kosov • zelo dobro izločevanje železa 	<ul style="list-style-type: none"> • visoka obraba • visoki stroški investicije 	<ul style="list-style-type: none"> • idealna kombinacija za recikliranje betona (žel.pragovi, bet. drogovi...)

- izločevanje kovinskih delov:
 - magneti
 - elektro – magnetni izločevalniki
- mehansko sortiranje:
 - rešetke
 - vibracijska sita
 - centrifuge
 - ventilatorji za prepihanje z zrakom:
 - protitočno
 - prečno
- ročno sortiranje - sortirna kabina, kjer se ročno prebira posamezne sestavine odpadnega gradbenega materiala in drugih materialov (papir, les, plastika, železo)
- transportiranje:
 - tračni transporter
 - členkasti transporter
 - drče
 - nakladalnik
- deponiranje – deponijski bunkerji
- doziranje – dozirni trakovi z vgrajenimi tehtnicami
- nakladanje:
 - nakladalni trak
 - nakladalniki
- krmiljenje – celotni sistem je krmiljen računalniško in urejen tako, da je vodenje lahko:
 - avtomatsko
 - ročno
 - posamično glede na potrebe v času obratovanja

5.1.1.2 Primer stacionarnega sistema – potek postopkov

Odpadni material, ki pride v obrat, se najprej stehta, popiše in vizualno pregleda. Kontrola je pomembna predvsem na začetku, preden gre material v predelavo. Ponavadi je dovolj že organoleptična kontrola (vid, vonj), če pa se pojavijo kakšni dvomi, se naredi popolna laboratorijska analiza. Pomembno je, da odpadni materiali ne vsebujejo težkih kovin, soli, azbesta, olja, naftnih derivatov (vsega, kar je zakonsko prepovedano oziroma omejeno z dopustnimi mejnimi koncentracijami). Sumljivih odpadnih materialov se ne predela, ampak se jih vrača pošiljatelju. Velike kose se predrobi z ustrezno opremo (hidravlična kladiva, škarje za beton...).

Odpadni gradbeni materiali se dovajajo v vsipni bunker. Od tu naprej se transportirajo do prostora za predklasiranje, kjer jih predsejejo in izločijo drobne frakcije, ki se preko izločevalnikov kovin lahko deponirajo. Večje frakcije se odvajajo v sortirno kabino, v kateri se ročno izloča materiale, kot so les, plastika, steklo, itd. Prebran material gre v drobljenje, ki se vrši preko enega ali več drobilnikov oziroma niza drobilnih naprav. Zdrobljen material se preko izločevalnika kovin transportira do večnivojskega sita, kjer se prevelike frakcije izločijo in vračajo v ponovno drobljenje. Presejane frakcije se preko presipnih mest dovaja na ventilator, kjer se s prepihanjem materiala odvaja lahke delce in se jih deponira. Posamezne frakcije se po ustreznih trakovih preko sit in dozatorjev deponira v bunkerje. Pod deponijskimi bunkerji so inštalirani dozirni trakovi z vgrajenimi tehtnicami in glavni nakladalni trak.

V takem sistemu so vsi transportni trakovi opremljeni s pohodi in pokriti zaradi zmanjšanja prašenja ter zaščite pred vremenskimi vplivi (slika 7, 8). Nadkrita so vsa drobilna in presipna mesta, prav tako deponijski prostori. Prekomerno prašenje se odpravlja s pršenjem vodne megle na glavnih virih prašenja. Edini večji moteči faktor takšnih sistemov je hrup, zato jih je priporočljivo graditi zunaj naseljenih območij.



Slika 7: Primer stacionarne naprave za pridobivanje frakcij pri recikliranju odpadnih gradbenih materialov v tujini (Remexit)



Slika 8: Primer stacionarne naprave za pridobivanje frakcij pri recikliranju odpadnih gradbenih materialov v Sloveniji (Ekoplan - Polzela)

5.1.2 Prednosti in slabosti recikliranja glede na kraj izvajanja

Preglednica 6: Prednosti in slabosti recikliranja glede na kraj izvajanja

	Prednosti:	Slabosti:
Recikliranje na mestu rušenja	<ul style="list-style-type: none">• nizki stroški ravnanja in transporta materiala• cenejši stroji za predelavo materiala• če se material lahko porabi na gradbišču, nižji stroški transporta predelanega materiala	<ul style="list-style-type: none">• navzkrižje med gradbeno dejavnostjo in potrebnim prostorom za stroje in material za predelavo• nastanek višjih stroškov delovanja strojev po predelani toni materiala• večja onesnaženost s hrupom in prahom na mestu rušenja• manjša prilagodljivost kdaj in kje lahko uporabimo predelani material• gradnja objekta je lahko počasnejša <p style="text-align: right;">se nadaljuje...</p>

...nadaljevanje

Recikliranje v reciklažnem centru	<ul style="list-style-type: none"> • lažje je zmanjšati oz. ublažiti neugodne vplive na okolje • bolj praktična uporaba, več vrst opreme večjih kapacitet • nižji stroški delovanja strojev po predelani toni materiala • boljša kontrola kvalitete recikliranega materiala • lažje trženje predelanega materiala zaradi možnosti skladiščenja 	<ul style="list-style-type: none"> • nujna je natančna kontrola rušenja, da lahko nadzorujemo kvaliteto vhodnega materiala • stroški ravnanja in transporta materiala so višji • stroji za predelavo materiala so dražji • reciklažni center ima večje stalne stroške
-----------------------------------	---	---

5.1.3 Tehnologije recikliranja

Glede na vrsto recikliranja imamo na voljo različne tehnologije z dodatnimi napravami. Njihova primernost glede na vrsto odpadkov je opredeljena v preglednici 7.

Preglednica 7: Značilnosti nekaterih tehnologij recikliranja

Vrsta odpadka Način ravnanja	Inertni gradbeni odpadki	Mešani, a v večini inertni gradbeni odpadki	Vse vrste gradbenih odpadkov
A- Mobilni drobilec in sejalna naprava	primerno	slaba kontrola kvalitete	slaba kontrola kvalitete
B – A + dodatni odstranjevalec železa in kompleksno sejanje	predrago	primerno	slaba kontrola kvalitete
C – B + dodatno ročno sortiranje in naprave za recikliranje ostalih materialov	predrago	predrago	primerno

5.2 Gradbeni materiali iz izkopov

Gradbeni izkop v kamenini je največkrat zelo kakovosten material. Sama tehnologija predelave je znana in enostavna. Obsega primarno drobljenje, sejanje, odstranjevanje zemljine in sejanje na ustrezne frakcije. V bistvu gre za enako tehnologijo kot primarnem postopku pridobivanja agregatov v kamnolomih, le da se tu poskuša čimbolj predelati material, ki drugače konča na kakšni deponiji. Zato se uporabljajo mobilni sistemi, v kolikor se ne nahajajo dela v bližini ustreznega reciklirnega centra ali separacije.

5.2.1 Postopki predelave gradbenih materialov iz izkopov

Pri izkopih se srečujemo z najrazličnejšimi materiali. Najenostavnejša je seveda predelava na prodnatem terenu, kjer lahko presejane in ločene frakcije porabimo kjerkoli v gradbeništvu. Odpadni gradbeni material iz izkopov se lahko uporablja za oblikovanje krajine, rekultiviranje, sanacije v rudarstvu, kmetijstvu in gozdarstvu. V cestogradnji je uporaba v nasipih ceste telesa in zvočnih barierah, vendar morajo materiali ustrezati predpisanim standardom.

Naprave za predelavo so enake, kot za primarno uporabo:

- mobilne naprave (enostavne za predelavo) so namenjene za primarno pripravo gradbenih materialov v kamnolomih, pri izkopih, kot tudi za ponovno uporabo odpadnega gradbenega materiala iz izkopov, ter za reciklažo odpadnih gradbenih materialov v reciklažnih centrih. Deli naprave so vsipnik, dozirni členkasti transporter, primarno sito, drobilnik, kontrolno sito in izvozni trakovi. Ponavadi imajo ti stroji vgrajene magnetne izločevalnike kovin, kar kaže na uporabo pri reciklažah. Material, ki se predeluje, se najprej preseje na tri frakcije. Najbolj groba gre v drobljenje, srednja na izvozni trak, najbolj fina pa na prečni trak – bočno deponijo. Groba granulacija se dodaja v drobilnik, kjer se predrobi in gre na izvozni trak in prednjo deponijo. Drobilnik je lahko čeljustni ali udarni in se mu lahko nastavlja velikost izhodnega granulata. Drobljena frakcija je od 0 do 45 mm. Pri prehodu skozi kontrolno sito se večja zrna vrnejo nazaj v predelavo. Pogon, ki je dieselski preko jermenov, žene drobilnik in poganja vso hidravliko.
- mobilna sejalna naprava je primerna za različne namene. Naprava ima vgrajena 2 nivoja sit, s tem dobimo 3 končne granulacije. Najbolj groba frakcija pada preko posipne drče na tla, drugi dve pa se transportirata s tračnima transporterjema iz območja stroja. Naprava ima lasten pogon in je enostavna za upravljanje. Pogon, ki je ponavadi dieselski, je lahko tudi električen. S priključkom na vlečno vozilo se lahko zelo hitro prepelje na željeno lokacijo.
- semimobilna predelovalna naprava je v bistvu skupek obeh zgoraj navedenih naprav in je kot taka enostavna. Osnova naprave sta udarni drobilnik s predklasiranjem in sito. Velikost predelanih frakcij se da regulirati.

Kapaciteta teh naprav je od 100 – 200 t/h, z maksimalno velikostjo odpadnega gradbenega materiala do 500 mm.

5.3 Recikliranje asfaltov in ponovna uporaba asfaltnih zmesi (Nemški standard)

Začetki recikliranja asfaltov segajo že v leto 1915 (ZDA). Pravo zanimanje za to se je začelo po letu 1973 s pojavom naftne krize. V času, ko je bilo omejevanje porabe in porast cen naftnih derivatov realnost in sta smotrna poraba energije ter uporaba sekundarnih surovin bili vse pomembnejši, je pomenilo obnavljanje in vzdrževanje asfaltnih površin s postopki, pri katerih lahko ponovno uporabimo materiale iz poškodovane asfaltne plasti, novo možnost za racionalizacijo dela in povečanje učinkovitosti pri izgradnji cest. Temu je sledil pospešen razvoj postopkov in predvsem opreme za predelavo. Tako je danes na svetovnem trgu pestra ponudba najrazličnejše sodobne opreme, ki pa tudi ni poceni. V tem desetletju so se pojavile še določene ekološke težnje, kar dajejo recikliranju še dodatni pomen.

5.3.1 Ponovna uporaba asfalta

Opomnik za vzdrževanje asfaltiranih cest, ki ga je izdelala nemška Raziskovalna družba za ceste in promet (FGSV), opisuje ukrepe, ki služijo substancialnemu ohranjanju in vzdrževanju prometne varnosti cest.

Navedeni so gradbeni ukrepi, ki omogočajo ponovno vzpostavitev željenega stanja, odvisno od stanja ceste v danem trenutku. Te odvisnosti so pregledno vzpostavljene v dodatku z namenom podati pregled sedanjih možnosti in olajšati izbiro vsakokratnega postopka. Pri tem je nujno potrebno upoštevati vzroke za zatečeno stanje vozišča.

To poglavje opomnika obravnava samo take postopke, ki se izvajajo s ponovno uporabo odstranjenih bitumeniziranih materialov. Opisani postopki se uporabljajo ne samo za gradbeno vzdrževanje, temveč tudi za gradnjo novih cest.

Odstranjeni asfalt smatramo za gradbeni material in ga z upoštevanjem gospodarskih stališč – tudi z drugačnimi ukrepi – lahko ponovno uporabimo.

V tej zvezi je treba opozoriti tudi na poglavje: Gradbeni ukrepi – razkop, rezkanje, drobljenje.

Glede na predvideni namen ponovne uporabe je treba izbrati postopek odstranitve asfaltnih plasti in odstranjeni asfalt primerno skladiščiti.

Pri odstranitvi asfalta pridobljeni granulati je mogoče ponovno uporabiti s pripravo ali brez nje. Pred odstranitvijo ali ponovno uporabo je treba s preskusi ugotoviti primernost za predvideni namen ponovne uporabe.

5.3.1.1 Osnovni principi

V odstopanju od DIN 18317, tč. 2.21, po katerem morajo biti materiali in gradbeni elementi za dobavo in vgradnjo neuporabljeni, je ponovna uporaba dopustna samo na podlagi ustreznih dogovorov.

Upoštevati je treba naslednje gradbene principe:

- Če plasti izdelamo z uporabo odstranjenega asfalta, mora podlaga ustrezati tehničnim predpisom, ki veljajo za to področje.
- Odstranjeni asfalt se razlikuje glede svoje zgostljivosti in stabilnosti od zmesi kamnitih zrn. Njegova viskoelastičnost otežuje zgostitev v hladnem stanju.
- Odstranjeni asfalt za nadaljno uporabo lahko zdrobimo v drobilnih napravah. Največji delec zmesi kamnitih zrn v rezkanem ali zdrobljenem asfaltu ne sme biti večji od največjega delca v bituminizirani zmesi. Velikost kosov rezkanega ali zdrobljenega asfalta je treba izbrati glede na predvideni postopek priprave.
- Zdrobljeni ali rezkani asfalt (asfaltni granulati), ki ga uporabljamo brez priprave, mora v svoji sestavi, porazdelitvi in velikosti delcev ustrezati vsakokratnemu namenu uporabe.
- Za ponovno uporabo je primeren material, ki ima enakomerno sestavo. Z mešanjem različnih odstranjenih materialov je mogoče doseči potrebno enakomernost. Glede na namen uporabe je na materialih za odstranitev in odstranjenih materialih potrebno raziskati in določiti sestavo in lastnosti veziv. Za ponovno uporabo je v posameznem primeru še zlasti potrebno dokazati primernost materialov iz plasti, ki so bile izdelane po vročem postopku ali z modificiranimi vezivnimi sredstvi, kot tudi materiala iz zgornjih zaščitnih plasti (obrabne plasti).
- Materiali, ki so predvideni za ponovno uporabo, ne smejo vsebovati škodljivega deleža tujih snovi, kot npr. markirnih folij, gradbenih odpadkov, ostankov cementnih utrditev.
- Ob upoštevanju predvidenega gradbenega postopka je smotno ločeno zbirati plasti različne sestave in material ločeno skladiščiti.
- Granulat pridobljen z rezkanjem ali drobljenjem asfaltnih plasti, je treba po možnosti skladiščiti tako, da ne more priti do zlepljenja in je ponovna uporaba možna brez posebnih ukrepov. Hladno rezkani material in v drobilniku zdrobljeni material brez posebne obdelave praviloma lahko kratkoročno skladiščimo do nasipne višine ca. 3m. Pri daljšem času skladiščenja, večjih nasipnih višinah ali vzpostavljenosti intezivnim sončnim žarkom zaradi preprečitve zlepljenja je priporočljivo, še zlasti pri materialih s precejšnjo vsebnostjo vezivnih sredstev, predhodna obdelava z ločilnimi sredstvi, npr. s kameno moko ali peskom.

- Rezkan ali zdrobljen asfalt, ki ga nameravamo uporabiti pri izdelavi bituminizirane zmesi, naj bo med skladiščenjem po možnosti zaščiten pred vlago.
- Če odstranjeni asfalt uporabljamo za izdelavo bituminizirane zmesi, za vsakokratno nastalo zmes neomejeno veljajo zahteve, ki so navedene v opomniku (FGSV).
- Na vodovarstvenih področjih je treba upoštevati smernice za gradbenotehnične ukrepe na cestah na vodovarstvenih področjih.

5.3.1.2 Ponovna uporaba brez priprave

Zdrobljen material v primerni velikosti lahko brez priprave uporabimo kot gradbeni material v nasipih za protihrupno zaščito, za izboljšanje podlage in spodnje plasti prometnih površin.

Zdrobljen asfalt lahko vgradimo (brez posebnih zahtev) v zgornje plasti podrejenih prometnih površin. Plasti, po katerih se direktno vozi, se potem v skladu z namenom izdelujejo iz še neohlajenega toplo rezkanega materiala, kar ugodno vpliva na zgostitev in zlepljenje znotraj plasti, kot tudi na zgornjo površino. Ta učinek je dosežen vsaj na zgornjem območju plasti iz rezkanega materiala, če jih naknadno segrejemo in zgostimo.

Uporabnost rezkanega ali zdrobljenega asfalta v voziščnih konstrukcijah cest in poti kot celotni ali delni nadomestek vezanih ali nevezanih nosilnih plasti trenutno še preskušajo na nekaterih preskusnih odsekih. Postopki preskušanja, ki so navedeni v predpisih, v tem primeru deloma še ne nudijo dovolj podatkov.

5.3.1.3 Ponovna uporaba z dodatnimi gradbenimi materiali

Preskušajo se postopki, pri katerih se rezkan ali zdrobljen asfalt v hladnem stanju uporabi po vmešanju drugih gradbenih materialov, ki jih je treba dodati, glede na predvideni namen uporabe.

Z dodatnimi gradbenimi materiali, kot npr. peskom, polnili, bitumensko emulzijo, vodo ali cementom, je mogoče pripraviti rezkani ali zdrobljeni asfalt tako, da je primeren za vgradnjo kot zaščitna plast proti zmrzovanju in /ali ojačana zaščitna plast proti zmrzovanju.

Z dodatkom vode, peska, polnil ali cementa se da izboljšati zgostljivost rezkanega ali zdrobljenega asfalta. Dodatek bitumenske emulzije ali topila povečuje sposobnost obdelave rezkanega ali zdrobljenega asfalta in lahko prispeva k zlepljenosti.

Dodatek cementa z vodo in eventualno s peskom s hidravlično vezavo lahko vpliva na povečanje stabilnosti izdelane plasti.

S postopki za preskušanje po predpisih si lahko pri izdelavi plasti po gornjih postopkih pomagamo le delno.

5.3.1.4 Ponovna uporaba pri izdelovanju asfalta

Rezkan ali zdrobljen asfalt lahko uporabimo pri izdelavi bituminizirane zmesi v mešalnih napravah – zlasti še pri izdelavi zmesi za nosilne asfaltne plasti. Za to obstajajo naslednje možnosti:

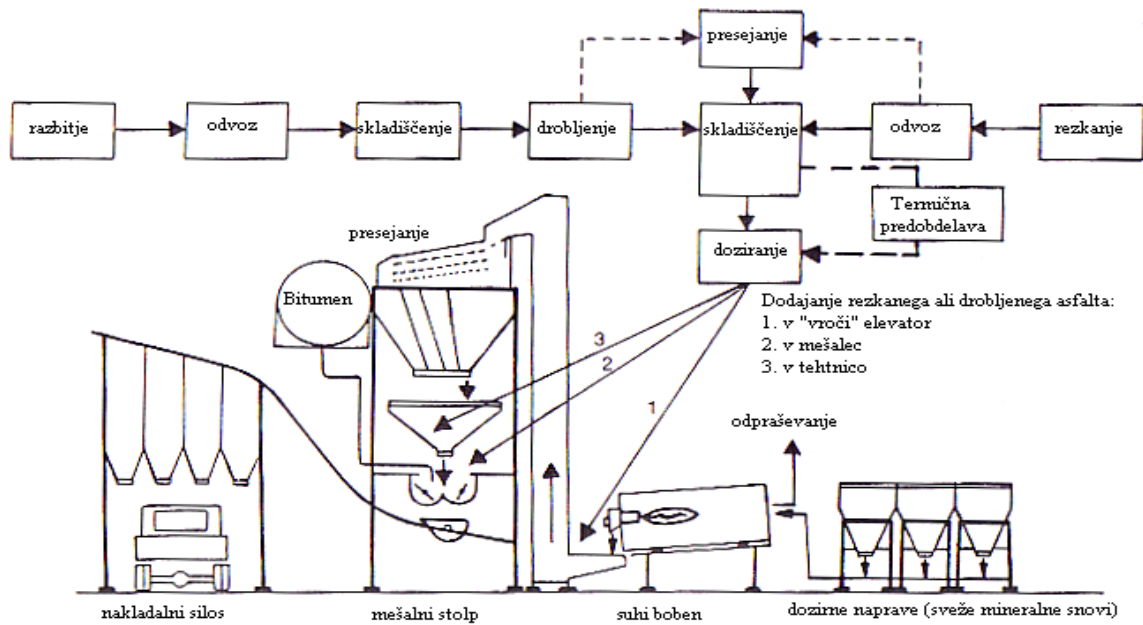
- dodajanje v šaržnih mešalnih napravah (slika 9)
- dodajanje v pretočnih mešalnih napravah (npr. bobnasti mešalnik na sliki 10)

5.3.1.4.1 Ponovna uporaba v šaržnih mešalnih napravah

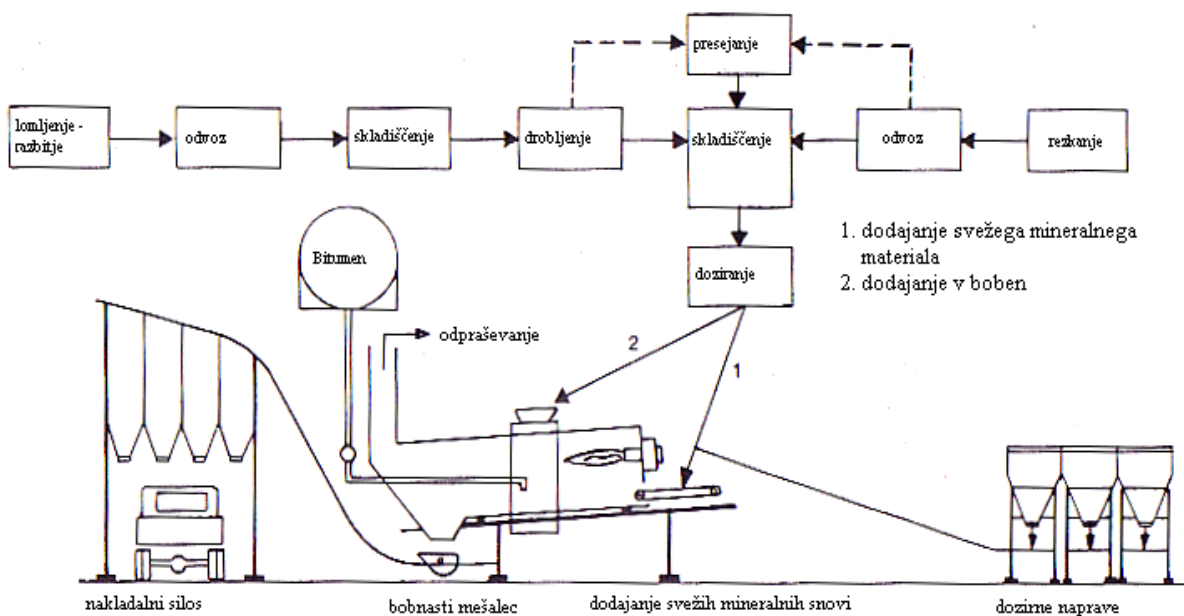
Pri tem postopku se zdrobljen ali odrezkan asfalt skupaj z novimi gradbenimi materiali v šaržnih mešalnih napravah predela v bituminizirano zmes. Za to obstajajo trenutno različne možnosti, ki se razlikujejo glede na dodajalno mesto rezkanega ali zdrobljenega asfalta na mešalni napravi. Dodajano količino se določa pretežno glede na delež vode v rezkanem ali zdrobljenem asfaltu (slika 11), toplotno kapaciteto zmesi zrn in čas, ki je na razpolago za izmenjavo toplote.

Zdrobljen ali odrezkan hladen asfalt večinoma dodajamo segretim zmesem kamnitih zrn, preko katerih se dodani asfalt v nadaljnjem procesu priprave segreje.

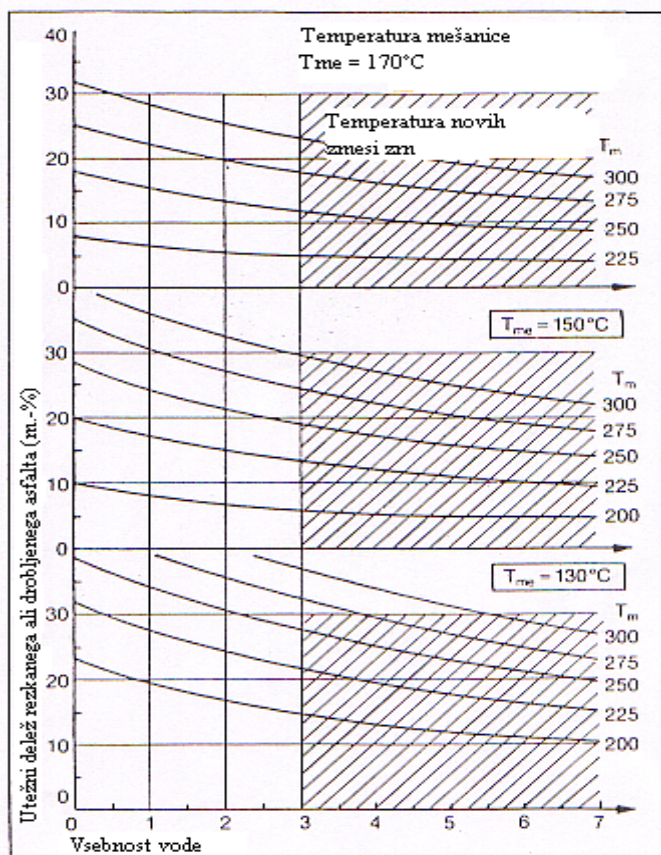
Dodajanje asfalta vroči mešanici zmesi kamnitih zrn se lahko izvede npr. ob izhodu sušilnega bobna. Pri tem je treba upoštevati, da se v primeru vročega presejanja lahko zamašijo sita. Dodajanje asfalta direktno ali s tehtnico za zmesi kamnitih zrn v mešalec je tudi možno, vendar je v tem primeru praviloma potreben daljši mešalni čas. S konstruktivnimi ukrepi je treba poskrbeti za odvajanje vodne pare. Pri vseh postopkih je treba zagotoviti, da bo temperatura gotove mešanice izpolnjevala zahteve in da vezivo termično ne bo preobremenjeno.



Slika 9: Dodajanje rezkanega ali drobljenega asfalta v šaržno mešalno napravo



Slika 10: Dodajanje rezkanega ali drobljenega asfalta v bobnasti mešalnik



Slika 11: Izhodiščne vrednosti temperature zmesi zrn glede na dodajalno količino in delež vode v rezkanem ali drobljenem asfaltu

Da bi zagotovili skrbno in zadostno segretje dodanega asfalta kot tudi homogenost nastale mešanice, ga lahko pri gornjih postopkih na osnovi spoznanj dodamo do ca. 30 m. % Vsakokratno dodano količino lahko segrejeemo ločeno od zmesi zrn ali skupaj z njimi v posebnih ali dodatnih silosih.

Skrbno sušenje in segrevanje rezkanega ali drobljenega asfalta potem omogoča večje dodane količine, tudi nad 30 m. %. Tudi pri tem lahko pri vročem presejanju nastanejo težave zaradi zamašitve sit.

5.3.1.4.2 Ponovna uporaba v pretočnih mešalnih napravah

Pri tem postopku v pretočnih mešalnih napravah predelujemo rezkan ali drobljen asfalt skupaj z novimi gradbenimi materiali v bituminizirano zmes. Rezkan ali drobljen hladen asfalt se dodaja v mešalnik skupaj s hladnimi mineralnimi snovni ali ločeno (slika 10). Tam se zmes zrn in asfalt posušijo in segrejejo. Vsi sestavni deli, vključno z dodatnimi vezivnimi sredstvi, se mešajo v eni delovni fazi.

Za homogenost mešanice ter za enakomerno in popolno prevleko zmesi kamnitih zrn z vezivnim sredstvom je odločilnega pomena poleg sestave rezkanega ali drobljenega asfalta in dodatne količine vezivnega sredstva tudi dolžina časa mešanja v bobnu, ki je pretežno določena z načinom vgradnje, dolžino, premerom in nagibom bobna.

Za čiščenje izpušnih / odvodnih plinov, ki se pri tem postopku razvijejo v bobnu, so zaradi preprečitve škodljivih emisij potrebni posebni ukrepi.

Pri ukrepih, ki so bili do sedaj izvedeni v Nemčiji, je bilo mogoče z dodanimi količinami 60 do 70 m. % izdelati zmes za nosilne plasti, ki je ustrezala zahtevam tehnične regulative.

5.3.1.5 Napotki za izvedbo

Za izdelavo plasti z uporabo gradbenih materialov v osnovi veljajo naslednje smernice ZTVE, ZTVT, ZTVbit ali TV-LW. Poleg tega je treba na osnovi dosedanjih izkušenj upoštevati naslednje napotke za izvedbo.

5.3.1.5.1 Uporaba brez priprave

- Če razbit asfalt kot gradbeni material uporabimo skupaj z drugim zdrobljenim materialom za podlago ali spodnjo plast, mora biti velikost delcev razbitega asfalta usklajena tako, da po vgradnji in zgotitvi ne more priti do škodljivega posedanja. V protihrupnih nasipih, v katerih so posedanja na splošno neškodljiva, mora biti velikost delcev zdrobljenega materiala prilagojena strojem za vgradnjo in komprimiranje. Vgradnjo in komprimiranje opravimo z običajnimi stroji za zemeljska dela.
- Rezkan ali zdrobljen asfalt je težko komprimirati brez dodatnih gradbenih materialov. Kot ugodne so se doslej izkazale vgradne debeline od 10 do 20 cm, glede na zrno uvrščenega materiala in ob uporabi težkih statičnih valjev. Vendar je eventualno treba računati z naknadnimi komprimaciji zaradi prometa. Topel rezkan material je smotno komprimirati, dokler se še da oblikovati in ima sposobnost zlepljenja.
- Za vgradnjo rezkanega ali zdrobljenega asfalta so glede na namen uporabe primerni tudi finišeji

5.3.1.5.2 Uporaba z dodatnimi gradbenimi materiali

- Pri uporabi rezkanega ali zdrobljenega asfalta z dodatnimi gradbenimi materiali je treba stremeti za homogenim premešanjem. Za to lahko uporabimo npr. mešalne naprave. Rezkalniki, kakršni se uporabljajo za utrditev tal, so primerni samo za premešanje nekomprimiranih gradbenih materialov.
- Dodajanje bitumenskega vezivnega sredstva ali vode se izvaja ob uporabi rezkalnikov v njih ali po potrebi z brizgalnimi napravami.

- Za vgradnjo in komprimiranje uporabljamo naprave za vgradnjo in zgostitev, ki se običajno uporabljajo v cestogradnji.
- Rezkan ali zdrobljen asfalt, ki v vgrajenem stanju na površini nima zadostne vezave, je glede na namen uporabe mogoče ponovno obdelati, tako da se npr. površine, po katerih se direktno vozi, prebrizga z bitumenskimi vezivnimi sredstvi, ki se lahko uporabijo hladna, in se jih nato posuje s peskom / drobirjem.

5.3.1.5.3 Uporaba v vročih mešalnih napravah

- Rezkan ali zdrobljen asfalt, ki se uporablja pri izdelavi zmesi v mešalnih napravah, je treba dozirati enakomerno in v predpisanem količinskem razmerju. Enakomeren tok materiala je treba zagotoviti s preddozirno napravo.
- Če se rezkan ali zdrobljen asfalt pri izdelavi bituminizirane zmesi segreva zaradi svežih zmesi kamnitih zrn, so potrebne višje temperature zmesi kamnitih zrn, kot je potrebno pri konvencionalni izdelavi zmesi. Referenčne vrednosti za temperaturo zmesi kamnitih zrn lahko povzamemo iz slike 11, glede na dodano količino in vsebnost vode v asfaltu, ki se ponovno uporablja. Da bi obdržali čim nižjo temperaturo svežih zmesi kamnitih zrn, moramo stremeti za čim manjšo vsebnostjo vode v drobljenem ali rezkanem asfaltu.
- Pri dodajanju rezkanega ali zdrobljenega asfalta (direktno ali s tehtnico za zmesi kamnitih zrn) v mešalnik priporočamo, da se sveže zmesi kamnitih zrn predhodno zmešajo z asfaltom, da lahko pride do izravnave temperature, preden dodamo vezivno sredstvo.

5.3.1.6 Napotki za zahteve, kontrole, prevzem, garancijo, obračun

Za zahteve, kontrole, prevzem, garancijo in obračun veljajo tehnični predpisi in smernice (ZTVE, ZTVT, ZTVbit ali TV-LW).

Rezkan ali zdrobljen asfalt, ki naj bi ga uporabili za izdelavo bituminizirane mešanice, je treba preskusiti z zadostnim številom preskusov.

Preveriti je treba:

- znato sestavo zmesi zrn
- vsebnost vezivnega sredstva
- točko zmehčišča po postopku prstan in krogla

Učinke teh vrednosti na lastnosti nastale bituminizirane mešanice je treba ugotoviti s preskusom primernosti. V poročilu o preskusu primernosti je treba navesti rezultate predhodne preiskave in dodano količino.

Odvisno od enakomernosti asfalta, ki ga je treba dodati, je smiselno povečati število lastnih kontrol nadzora nastale mešanice. Če je točka znehčišča vezivnega sredstva iz rezkanega ali zdrobljenega asfalta nad 70°C, je treba v okviru kontrole primernosti še posebej preveriti učinkovitost tega deleža vezivnega sredstva na osnovi tehnoloških podatkov. Poleg tega je treba izvesti primerjavo s tehnološkimi vrednostmi bituminizirane mešanice, ki je bila izdelana iz izključno novih gradbenih materialov. Zgornje mejne vrednosti za točko znehčišča glede na učinkovitost vezivnega sredstva ni mogoče določiti.

Točka znehčišča vezivnega sredstva, ki ga ponovno pridobimo iz nastale mešanice, ne sme presežati najvišje vrednosti točke znehčišča za to mešanico predvidenega bitumna za več kot 8°C.

5.4 Recikliranje asfaltov in ponovna uporaba asfaltnih zmesi (TSC 06.800 – tehnična specifikacija za javne ceste)

5.4.1 Izhodišča za izbor postopka popravila voziščne konstrukcije

Pri izbiri postopka popravila posameznih plasti vozišča ali celotne konstrukcije je potrebno predvsem upoštevati:

- stanje površine (vrsto in obseg poškodb, udarnih jam, razpok, kakovost obstoječega asfalta),
- vrsto in trajnost celotne voziščne konstrukcije (nosilnost, sposobnost prevzema prometnih obremenitev),
- ravnost vozišča in
- torni sposobnost vozišča.

Na izbor vpliva tudi lokacija in obseg predvidenih del, vertikalni in horizontalni potek ceste, prometni pogoji, izvor materialov in seveda tudi vrsta razpoložljive strojne opreme. Pravilno izbran postopek popravila in primerne tehnologije in strojne opreme zmanjša pomen vpliva nekaterih činiteljev, tako da o izbiri odločajo predvsem manjša poraba materialov in energije in s tem nižji stroški izvajanja del.

Odločitev o izbiri postopka za popravilo je odvisna predvsem od temeljitosti analize razlogov za poškodbo ter stanja obstoječe vozne površine in voziščne konstrukcije. Ekonomsko vrednotenje možnih postopkov popravil ob upoštevanju vrste in izvora potrebnih materialov, porabe energije in stroškov za vloženo delo, daje v mnogih primerih prednost postopkom recikliranja, četudi je potrebna nabava dodatne strojne opreme. Pri tem velja poudariti, da je seveda mogoče poškodovano asfaltno zmes iz določene ceste uporabiti pri popravilu ceste na drugi lokaciji.

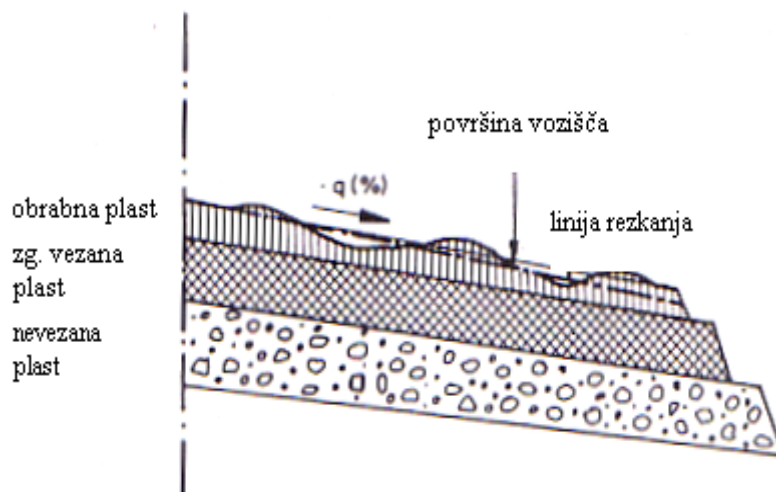
5.4.2. Odstranitev asfalta z rezkanjem ali drobljenjem

Ta del poglavja obravnava delno ali celotno odstranitev asfaltnih plasti z

- rezkanjem brez segrevanja (hladno rezkanje),
- rezkanjem s segrevanjem (vroče rezkanje) in
- drobljenjem.

Rezkanje je odstranitev asfaltne plasti ali njenih delov v enem ali več delovnih postopkih z rezkalnimi stroji. Drobljenje je praviloma odstranitev celotnega asfalta v enem delovnem postopku.

Rezkanje lahko uporabimo tudi za odstranitev neravnin za ponovno vzpostavitev odtoka vode (glej sliko 12) in za izboljšanje torne sposobnosti.



Slika 12 : Odstranitev neravnin v prečni smeri z rezkanjem

5.4.2.1 Osnovni gradbeni principi

- Globina odstranitve zavisi od stanja vozišča, postavljenega cilja gradbenih ukrepov in od vrste in debeline obstoječe plasti.
- Podlaga mora biti za uporabo naprav dovolj trdna in nosilna.
- Na strukturo vezane podlage pri rezkanju vpliva vrsta uporabljene naprave, razporeditev in oblika orodij, deloma hitrost kot tudi vrsta vzgrajenega materiala.
- Ravnost podlage, ki jo je mogoče doseči z rezkanjem, je odvisna od naslednjih vplivov:
 - ravnosti površine, ki se bo obdelovala (pri večjih neravninah lahko smotrno uporabimo več delovnih korakov),
 - homogenosti, kakovosti in temperature materiala, ki se odstranjuje ter medsebojne povezave plasti,
 - velikosti, načina gradnje in nastavljenosti naprave,
 - odstranitve delov, ki se ne držijo trdno podlage,
 - izbire vrste naprave (odvisna od krajevnih danosti),

- stranskih ovir, ki segajo nad vozno površino, kot npr. visoki mejni kamni, ki lahko omejijo širino obdelave. Gradnje, ki segajo v cesto, npr. kanali in cestni vhodi, ovirajo neprekinjeno obdelavo površine. Površine, ki zaradi tega eventualno ostanejo neobdelane, je potrebno obdelati ročno s pnevmatskimi kladivi in
- porazdelitve velikosti delcev kot tudi največje velikosti delcev, na kar je mogoče vplivati s spremembami hitrosti hoda obodne hitrosti rezkalnega valja in z obliko in številom rezkalnih nožev.

5.4.2.2. Gradbeni postopki

5.4.2.2.1 Rezkanje brez segrevanja (hladno rezkanje)

Hladni rezkalniki delujejo brez dovajanja toplote z vrtečimi se orodji v različnih širinah. Možno je rezkati do 15 cm globoko v delovni fazi (shematični prikaz hladnega rezkalnika in njegovih orodij je razviden iz slike 14).

Pri tem gradbenem postopku se lastnosti veziva v rezkanem materialu ne spremenijo; vendar prihaja do razbitja kamnitih zrn. Na ta način je delež zdrobljenih zrn v rezkanem materialu lahko nižji in vsebnost polnila večja kot pri prvotni zmesi zrn. Sprememba sestave zrn je odvisna od vrste rezkalnih orodij in obodne hitrosti rezkalnega valja, hitrosti hoda, globine rezkanja, vrste asfaltnih plasti kot tudi vremenskih razmer.

5.4.2.2.2 Rezkanje s segrevanjem (vroče rezkanje)

Vroči rezkalniki delujejo po dodajanju toplote v različnih širinah. Običajno so globine rezkanja do 4 cm. Ta vrsta rezkanja se uporablja predvsem pri površinskem rezkanju za vzpostavitev ravnosti, pa tudi pri neposredni ponovni uporabi toplega rezkanega materiala, (shematični prikaz toplega rezkalnika in njegovih orodij je razviden iz slike 18).

Material, ki ga bomo rezkali, segrejemo z infrardečim grelnikom ali drugimi ogrevalnimi napravami, ki učinkujejo indirektno. Pri neugodnem vremenu (veter, mokrota, mraz) so lahko potrebne dodatne ogrevalne naprave.

Premočno segrevanje lahko spremeni lastnosti vezivnih sredstev. Sprememba sestave zrn je v primerjavi z rezkanjem brez segrevanja manjša.

5.4.2.2.3 Drobljenje

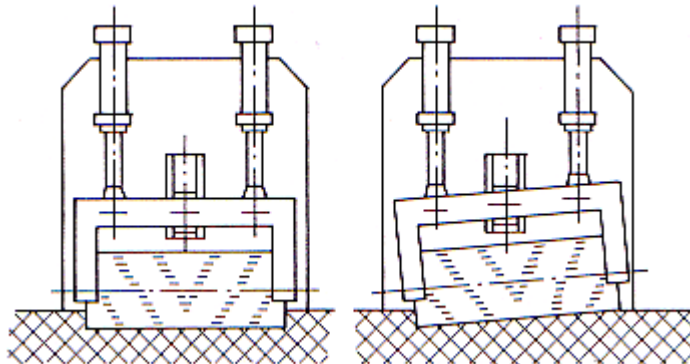
Drobljenje asfaltnih plasti poteka v več fazah:

- najprej lomimo asfaltne plasti z bagrom ali kompresorjem. Včasih je smiselno predhodno razbitje asfaltnih plasti z razbijalnim kladivom. Ločevanje po posameznih plasteh ni možno; praviloma se razbije in pobere celotno asfaltno plast,
- nakladanje lomljenega asfalta direktno v drobilno enoto ali na kamion in odvoz v reciklažni center in
- drobljenje v udarnem drobilniku, ki je najbolj primeren za asfaltni material.

Pri tem gradbenem postopku ne izvajamo termične predobdelave.

5.4.2.2.4 Izvedba

- Pri rezkanju je mogoče, s spremembo nagiba rezkalnega valja, znotraj prečnega reza odstraniti plasti v različnih debelinah (slika 13).
- Pojav prahu pri rezkanju brez segrevanja se lahko zmanjša z brizganjem z vodo ali odsesavanjem.
- Odstranjeni material pobereмо z nakladalnim trakom rezkalnika, z lopatastimi nakladalniki ali drugimi nakladalnimi napravami. Podlago je treba očistiti.



Slika 13 : Nastavitve višine in naklonskega kota rezkalnega valja

5.4.2.2.5 Napotki za zahteve, kontrole, prevzem, garancijo, obračun

Zahteve za nadaljnji gradbeni postopek, ki se izvajajo z stroji / napravami, morajo biti predvidene v opisu del.

- Položaj, ki ustreza profilu

Če se podlaga obdeluje z rezkanjem, odstopanje od zahtevanega prečnega nagiba ne sme presegati $\pm 0,4\%$.

- Ravnost

Naslednje mejne vrednosti za neravnost znotraj 4 m dolge merilne letve na rezkani površini ne smejo biti prekoračene:

- na obrabni plasti: ≤ 6 mm
- nosilni in obrabni plasti: ≤ 10 mm

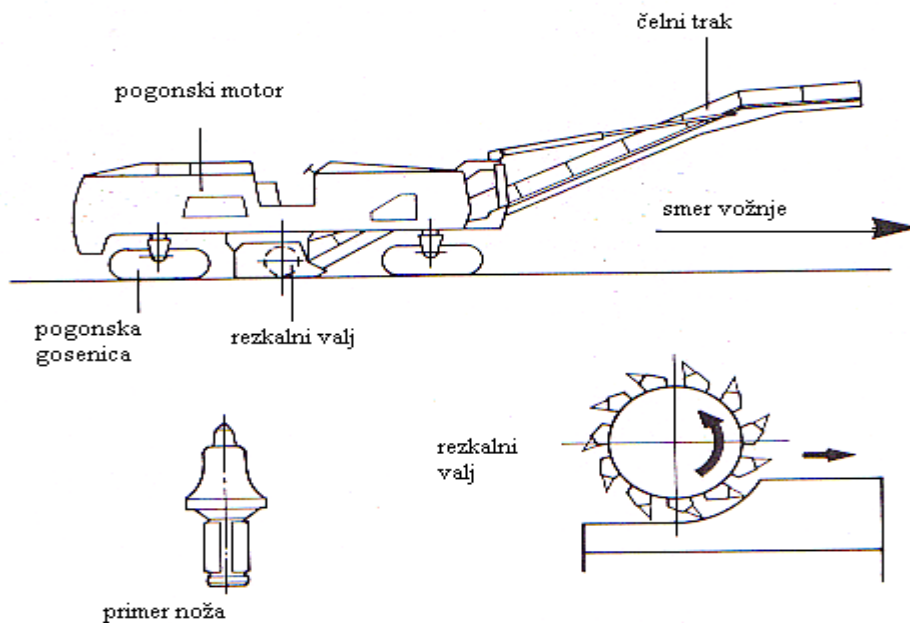
Pri odsekih z omejenimi gradbenimi pogoji, npr. cestnimi priključki, železniškimi tirnicami, premostitvenimi konstrukcijami ali drugimi umetnimi ovirami na cesti:

- na obrabni plasti ali nosilni in obrabni plasti: ≤ 10 mm

- Globina rezkanja

Za globino rezkanja smiselno veljajo pri vgradnji asfaltnih plasti v enakomerni debelini tolerance, ki so navedene v ustrezni tehnični regulativi.

Pri določitvi rezkalnih del na mostovih je treba v opisu del navesti globino rezkanja, tako da ob upoštevanju dopustnih toleranc in strukturne globine ne pride do poškodbe zaščitne plasti (hidroizolacije).



Slika 14 : Primer „hladnega“ samohodnega rezkalnika in orodij

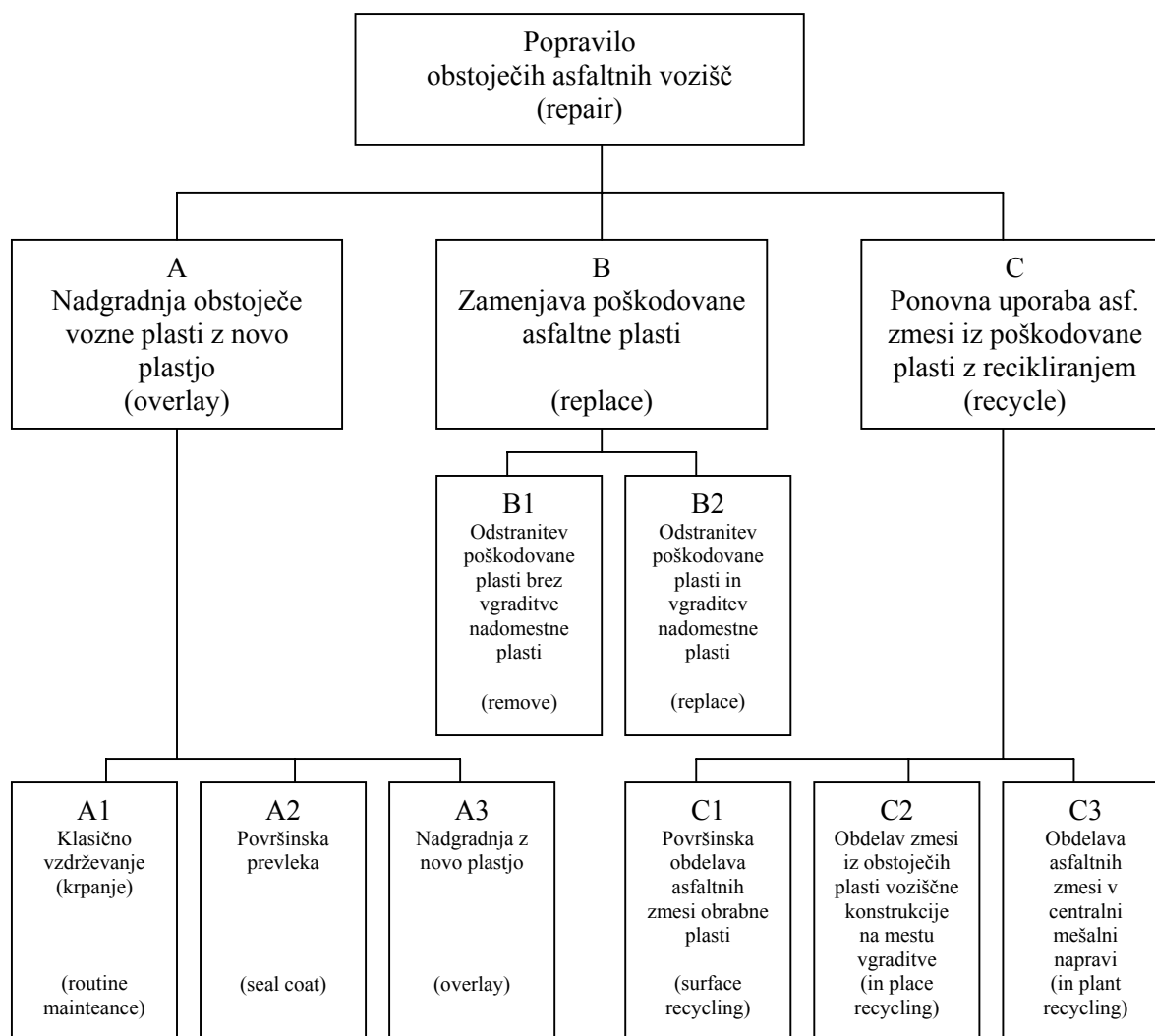


Slika 15: Primer nožev za rezkanje asfalta

5.4.3. Klasifikacija postopkov za popravila

Postopke za popravilo obstoječih vozišč razvrščamo v tri skupine (slika 16) glede na specifičnost izbrane tehnologije izvajanja del, globine obdelave obstoječih slojev in spremembo voziščne konstrukcije:

- A. Nadgradnja obstoječe vozne površine z novo plastjo (overlay)
- B. Zamenjava poškodovane plasti (replace)
- C. Ponovna uporaba asfaltne zmesi iz poškodovane plasti z recikliranjem (recycle)

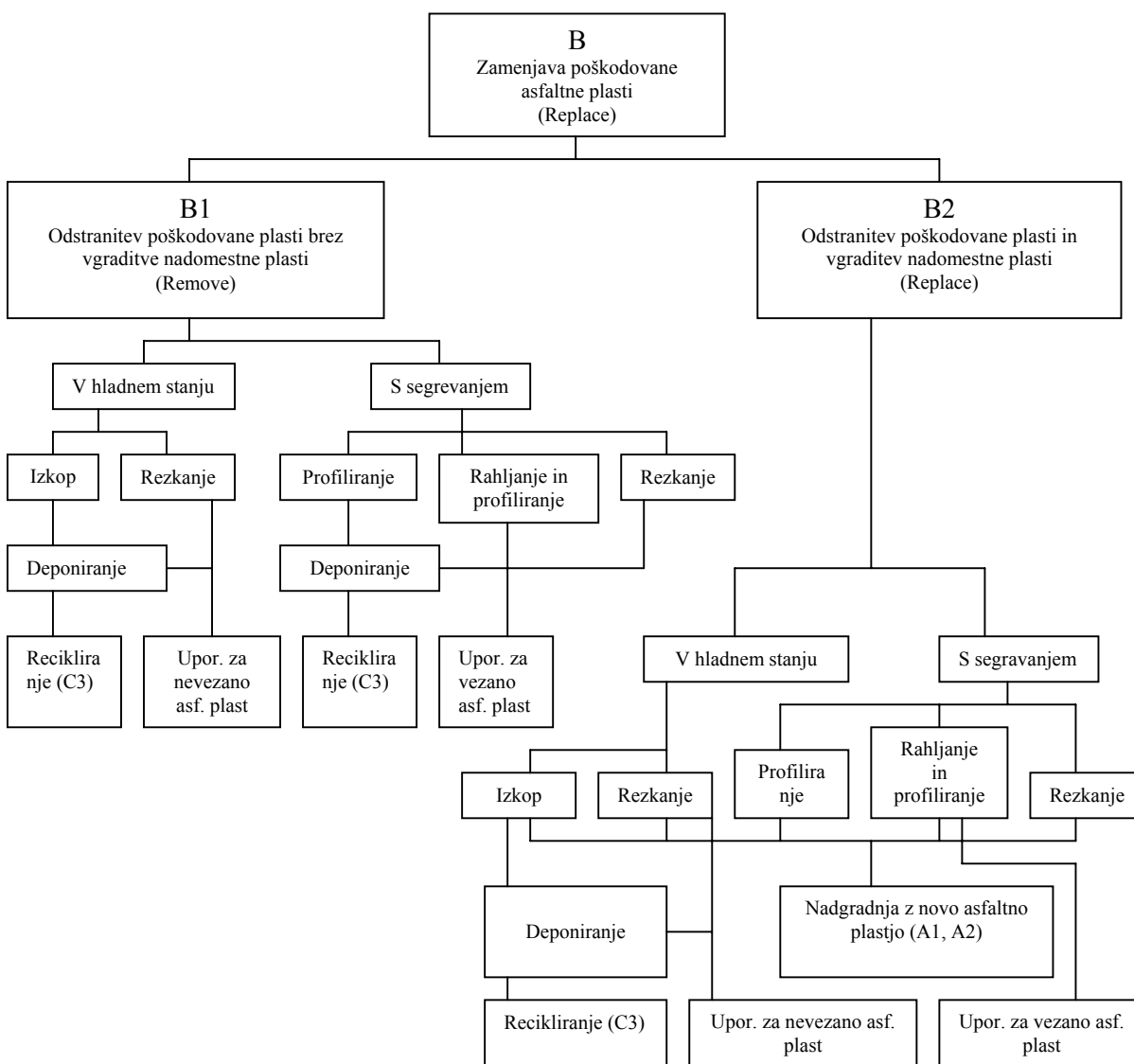


Slika 16: Klasifikacija postopkov za popravila asfaltnih vozišč

Skupina A vključuje klasične postopke popravil od enostavnih lokalnih popravil – krpanja (A1), preskušeni in razmeroma trajni površinski prevleki (A2), do klasične nadgradnje obstoječega vozišča z novo plastjo (A3).

Zamenjavo poškodovane asfaltne plasti (skupina B) lahko predstavlja tudi odstranitev poškodovane plasti, pri čemer postane nova obrabna plast vozišča ena od prejšnjih spodnjih plasti voziščne konstrukcije (slika 16 – B1). Pri tovrstnih popravilih je potrebno skrbno preveriti, kakšne prometne obremenitve je oslABLJENA voziščna konstrukcija še sposobna prevzeti, sicer so takšna popravila le začasna. Po odstranitvi lahko sledi klasična nadgradnja z novo asfaltno plastjo (slika 16 – B2). V obeh primerih nam preostane asfaltna plast voziščne konstrukcije ali pa jo uporabimo v postopkih recikliranja (slika 16 – C3).

Postopki uporabe asfaltnih zmesi iz poškodovanih plasti z recikliranjem (skupina C) se razvrščajo na postopke, ki jih izvajamo na samem cestišču (in place), in na postopke, kjer se pomembnejši del procesa odvija v centralni mešalni napravi (in plant). Vendar pa intenzivni razvoj tehnologij in obseg že danes dopustnih možnosti popravil z recikliranjem materialov narekuje širšo razvrstitev:

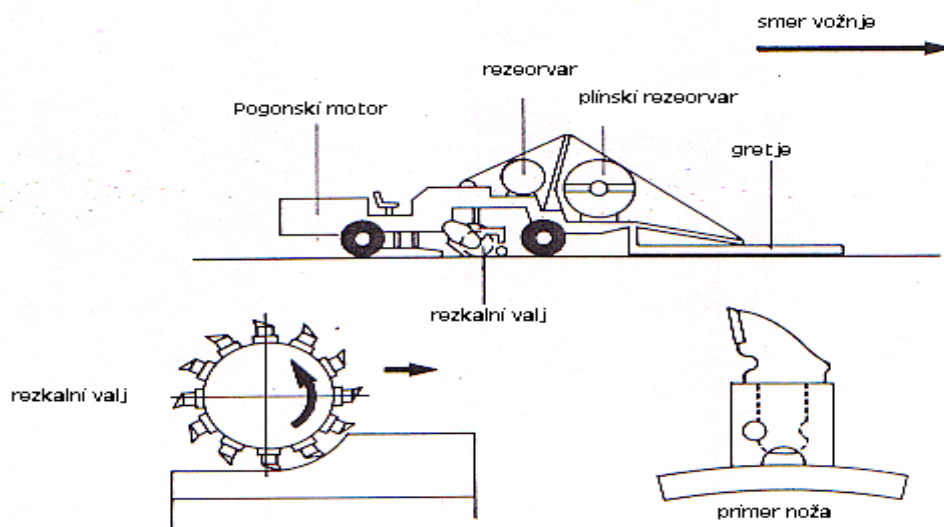


Slika 17: Razvrstitev postopkov za odstranitev poškodovane asfaltne plasti

5.4.3.1. Površinska obdelava asfaltne zmesi C1

Poškodovano asfaltno plast profiliramo ali rahljamo z noži ob predhodnem segrevanju največ do globine 5cm. Dodatek zmesi kamnitih zrn, veziva ali nove asfaltne zmesi na površino vozišča ali pa vmešanje dodatnih materialov v obstoječo asfaltno zmes na samem vozišču, ki ga popravljamo (in place), so možnosti, s katerimi obnovimo in povečamo trajnost asfaltne utrditve, pri tem pa se bistveno ne spremenijo sposobnosti vozišča za prevzem prometnih obremenitev.

V to skupino spada tudi postopek rezkanja asfaltne plasti do globine 5cm in predelava tako pridobljene zmesi v centralni mešalni napravi (slike 7,8,9,10), ki ji sledi ponovno vgrajevanje obnovljene zmesi na mestu popravila vozišča.



Slika 18: Primer samohodnega „vročega“ rezkalnika in orodij

5.4.3.2. Obdelava zmesi iz obstoječih plasti voziščne konstrukcije na mestu vgraditve

Skupino postopkov opredeljuje skupni namen, da s strojno obdelavo obstoječega vozišča bistveno spremenimo voziščno konstrukcijo in tako povečamo sposobnost prevzema prometnih obremenitev. Globina obdelave je večja od 5cm, tako da s temi postopki praviloma obdelujemo tudi nosilne plasti ali celo temeljna tla. Za končno utrditev vozišča je potrebna klasična nadgradnja z obrabno plastjo.

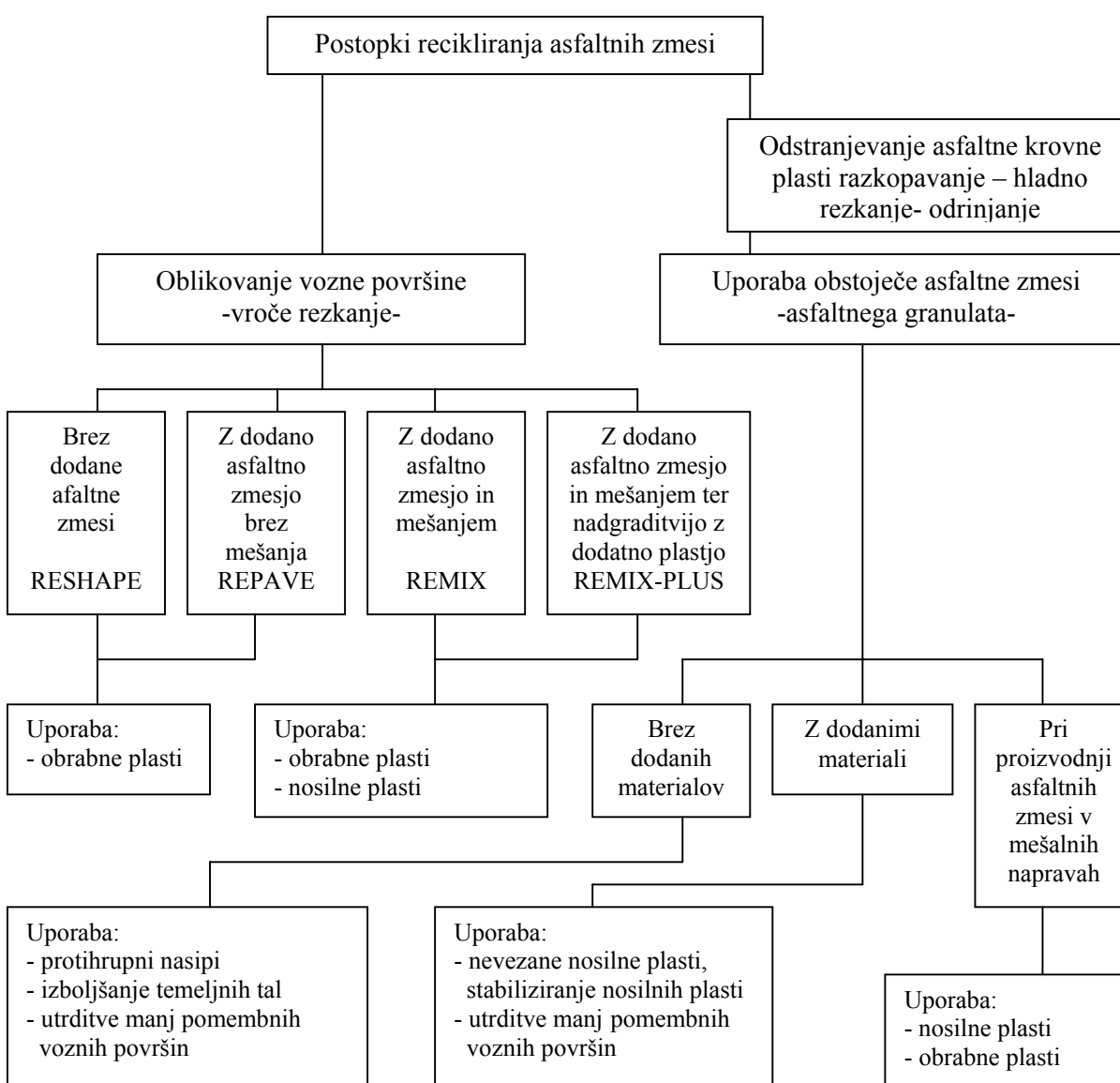
5.4.3.3. Obdelava zmesi iz obstoječe plasti asfalta v centralni mešalni napravi

Skupna postopkom iz te skupine je obdelava zmesi iz odstranjene plasti vozišča v mešalnih napravah izven gradbišča, pri čemer dodajamo vezivo in zmes kamnitih zrn. Razvrstitev postopkov v podskupine določa obdelava zmesi v hladnem ali pa v vročem stanju. Obdelava zdrobljene asfaltne zmesi s hladnim postopkom vključuje mešanje te zmesi ob dodatku veziv ali pa dodajamo tudi del zmesi zrn in ustrezno večjo količino veziva.

Veziva so lahko rezani bitumen ali bitumenska emulzija ali pa veziva kot npr. cement, apno, itd. Običajno vgrajujemo tako pridobljene hladne zmesi kot nosilno plast voziščne konstrukcije.

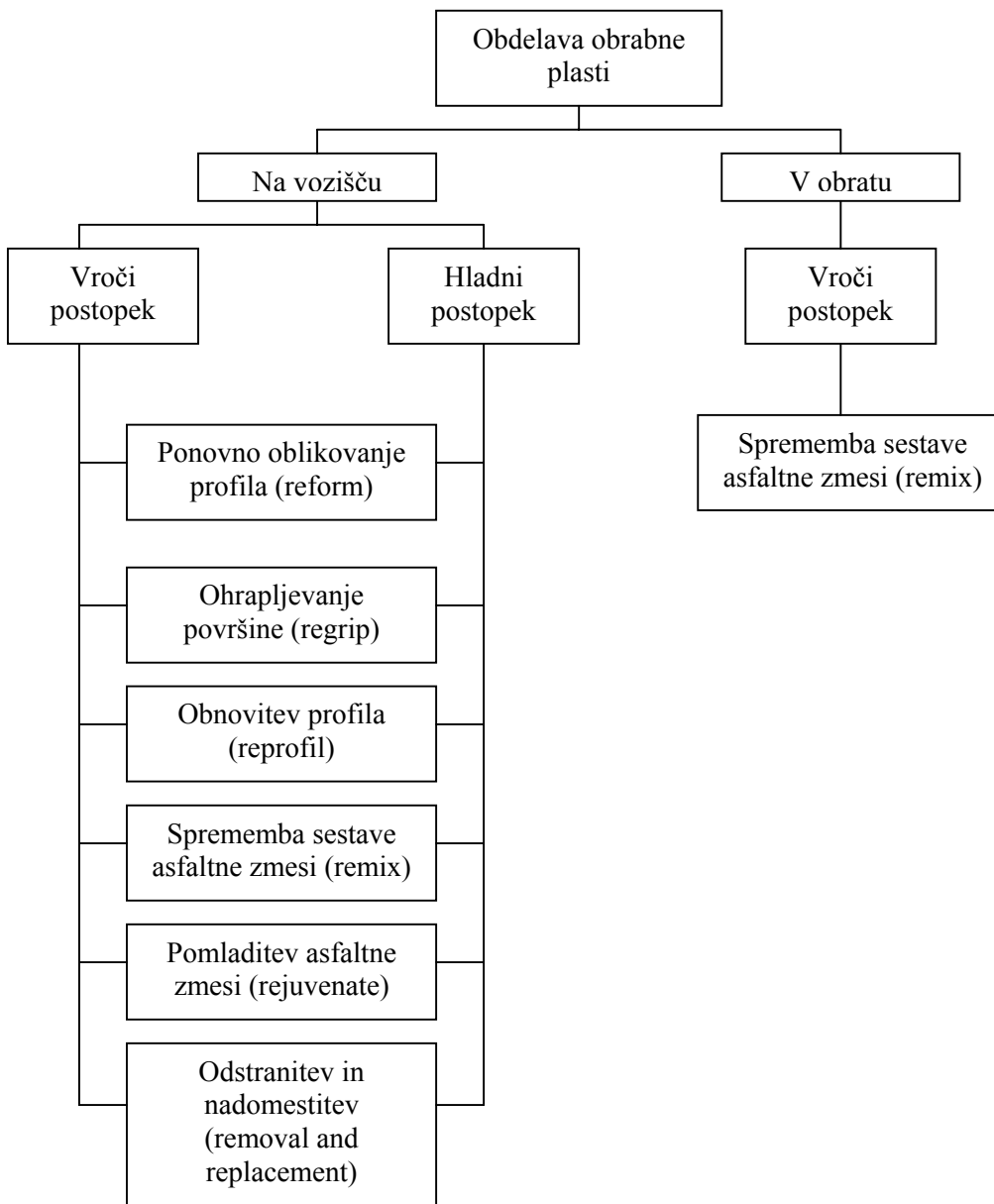
Obdelava asfaltnih zmesi v vročem stanju je možna v konvencionalni napravi s sušilnim bobnom, dozirnimi žepi in mešalnikom, pri čemer dosežemo segrevanje hladne zdrobljene asfaltne zmesi, ki jo doziramo v mešalnik, s prenosom toplote od v sušilnem stroju pregrete zmesi kamnitih zrn. Ugodnejše rezultate pa dobimo pri proizvodnji izboljšane asfaltne zmesi po kontinuiranem postopku z mešanjem v sušilno – mešalnem bobnu (drum mix sistem), kjer segrevamo zdrobljeno asfaltno zmes iz poškodovane plasti vozišča z direktnim ali indirektnim plamenom.

5.4.4 Postopki za popravilo vozišč z recikliranjem



Slika 19: Postopki za popravilo vozišč z recikliranjem

5.4.4.1 Površinska obdelava asfaltnih zmesi obrabne plasti (C1)



Slika 20: Postopki obdelave poškodovanih obrabnih plasti

5.4.4.1.1 Ponovno oblikovanje profila (Reform)

Ponovno oblikovanja profila je namenjeno izboljšanju ravnosti vozne površine, ki je mogoče:

- v osnovi z odrezkanjem posameznih izboklin in vzdolžnih grebenov z rezkalnikom po hladnem ali vročem postopku, s čimer je obstoječa voziščna konstrukcija nekoliko oslABLjena. Uspešnost popravila je navadno začasna, saj z oslabitvijo konstrukcije pri profiliranju plastično deformiranje plasti še hitreje napreduje.

- z zapolnitvijo primerno obdelanih kolesnic z novo asfaltno zmesjo, ki pa je v osnovi že klasičen postopek.



Slika 21: Primer samohodnega „hladnega“ rezkalnika in rezkalnega valja z odkopnimi noži

5.4.4.1.2 Ohrapavljenje površine (Regrip)

Ohrapavljenje površine je namenjeno povečanju torne sposobnosti obstoječe (zglajene) površine asfaltne vozišča, ki pa mora biti primerno ravna in brez značilnih poškodb zaradi utrujenosti asfaltne zmesi v vgrajeni obrabni plasti; postopek je mogoče izvesti:

- z rezkalnikom (hladni postopek – slika 21), ki ustvari primerno hrapavo površino; postopek je primeren za ohrapavljenje asfaltnih zmesi, ki vsebujejo silikatna zrna

- z vtisnjenjem razpostrtih z bitumenskim vezivom obvitih zrn drobirja z valjarjem do določene globine v predhodno primerno segreto asfaltno zmes v obstoječi obrabni plasti.

5.4.4.1.3 Obnovitev profila (Reprofil)

Obnovitev profila je postopek, ki je namenjen izboljšanju ravnosti vozne površine oziroma površine obrabne plasti; praviloma je obnovitev profila treba izvršiti po vročem postopku. Segreto (replastificirano) asfaltno zmes je treba na primeren način zrahljati, porazdeliti po prerezu in izravnati, nato pa:

- uvaljati brez dodatka ali skupaj z minimalno dodano količino nove asfaltne zmesi (do 15 kg/m^3), primerno za nadomestitev izgubljene substance (reshape), ali pa
- uvaljati skupaj (vroče na vroče) z dodano količino nove asfaltne zmesi (do 50 kg/m^3), primerne za obrabno plast, brez ali z mešanjem z asfaltno zmesjo obstoječe obrabne plasti (repave).

5.4.4.1.4 Sprememba sestave asfaltne zmesi (Remix)

Sprememba sestave asfaltne zmesi omogoča praktično vsakršno željeno spremembo neustrezne značilnosti obstoječe asfaltne zmesi z vmešanjem ustrezne sestave nove oziroma korekcijske asfaltne zmesi (po vročem ali hladnem postopku na mestu vgradnje) za prilagoditev pogojem uporabe.

Zaradi dodatka delno povečana debelina doprinese k trajnosti obrabne plasti. Stroj je sestavljen iz grelnikov, rahljalnika, profilirne deske, mešalnika obeh zmesi in naprave za vgrajevanje nove asfaltne plasti – finišerja. Prednosti postopka so:

- da izboljšamo željene lastnosti obrabne plasti asfalta v celotni debelini
- da dodajamo le 10 – 30% korekcijske asfaltne zmesi od celotno potrebne debeline obnovljene asfaltne plasti
- da so zaradi tega stroški relativno nizki.

Za zagotovitev ustrezne kakovosti so potrebni ustrezni predhodni preskusi obstoječe asfaltne zmesi, namenjene za ponovno uporabo.

5.4.4.1.5 Oblikovanje z dodano asfaltno zmesjo in mešanjem ter hkratno nadgraditvijo z dodatno plastjo (Remix – plus)

To je postopek za izboljšanje ravnosti ter pomankljive nosilnosti in torne sposobnosti obstoječe asfaltne obrabne plasti. Izvedba je enaka kot pri postopku z dodano asfaltno zmesjo in mešanjem, s tem da je na rezultirajočo asfaltno zmes (iz ponovno uporabljene in nove asfaltne zmesi) vgrajena še dodatna plast nove asfaltne zmesi in nato obe skupaj zgoščeni.

Dodani novi asfaltni zmesi morata biti sestavljeni tako, da rezultirajoča asfaltna zmes po mešanju kot tudi asfaltna zmes v dodatni plasti ustrezata vsem tehničnim predpisom za asfaltne zmesi.

Za zagotovitev ustrezne kakovosti so potrebni ustrezni predhodni preskusi obstoječe asfaltne zmesi, namenjene za ponovno uporabo.

Zgostitev celotne plasti mora biti izvršena takoj, enako kot pri vgrajevanju običajnih asfaltnih zmesi po vročem postopku.

5.4.4.1.6 Profiliranje in ponovno vgrajevanje obstoječe zmesi (Reshape)

Pri profiliranju površine asfaltnega vozišča lahko dobimo v nekaterih primerih zadostne količine vroče asfaltne zmesi, ki jo lahko ponovno vgradimo kot obrabni sloj.

Z uvaljanjem podložne plasti asfalta zagotovimo ustrezno zbitost podlage, s pobrizgom veziva pa sprejemljivost z nadgrajeno obrabno plastjo. V kolikor količine obstoječe asfaltne zmesi, dobljene po profiliranju, niso zadostne, vgradimo kot obrabno plast dodatno proizvedeno ali drugje pridobljeno asfaltno zmes.

Ker s popravilom ne spremenimo lastnosti asfaltne zmesi, je običajna uspešnost popravila le začasna.

5.4.4.1.7 Obnova bitumenskega veziva v asfaltni obrabni plasti (Rejuvenate)

Povečanje trajnosti obrabne plasti asfaltnega vozišča, utrditev zrn agregata na površini in povečanje odpornosti asfaltne plasti proti prodiranju vode in s tem odpornosti proti zmrzovanju lahko dosežemo s površinskim pobrizgom z modificiranim vezivom. Nevarnost prekomernega zmanjšanja drsnega trenja je mogoče zmanjšati s posipom z ustrezno zmesjo kamnitih zrn (frakcija peska 1-3mm).

Uspešnost popravila je časovno omejena, predvsem odvisna od globine penetracije veziva.

V kolikor pred pobrizgom asfaltno plast razrahljamo ter po pobrizgu in mešanju uvaljamo, lahko tako obnovimo tudi viskoelastične lastnosti bituminizirane zmesi.

5.4.4.1.8 Odstranitev in nadomestitev (Removal, Replacement)

Odstranitev in nadomestitev obstoječe poškodovane plasti asfaltne zmesi z novo je v številnih primerih potreben način popravila, izvedljiv praviloma z odrezkanjem po hladnem ali vročem postopku.

Grelniki so lahko sestavni del rezkalnika ali pa so posebna strojna enota. Primerjava stroškov obratovanja strojev govori v prid rezkanja v hladnem stanju, čeprav se sestava odrezkane asfaltne zmesi v večji ali manjši meri spremeni, kar pa njene ponovne uporabe (recikliranja) ne omejuje. Odrezkana segreti asfaltna zmes pa prvotne sestave ne spremeni, pridobljeni asfaltni rezkanec je primeren za ponovno uporabo kot dodatek pri proizvodnji asfaltnih zmesi v centralnih mešalnih napravah v asfaltnih obratih ali pa na mestu vgradnje.

5.4.4.1.9 Obdelava asfaltnih zmesi v obrabni in nosilni plasti

Obdelava poškodovanih asfaltnih zmesi v obstoječi obrabni in nosilni plasti je pogojena s spremenjenimi lastnostmi materialov v asfaltni zmesi v nosilni plasti ali v plasteh v podlagi.

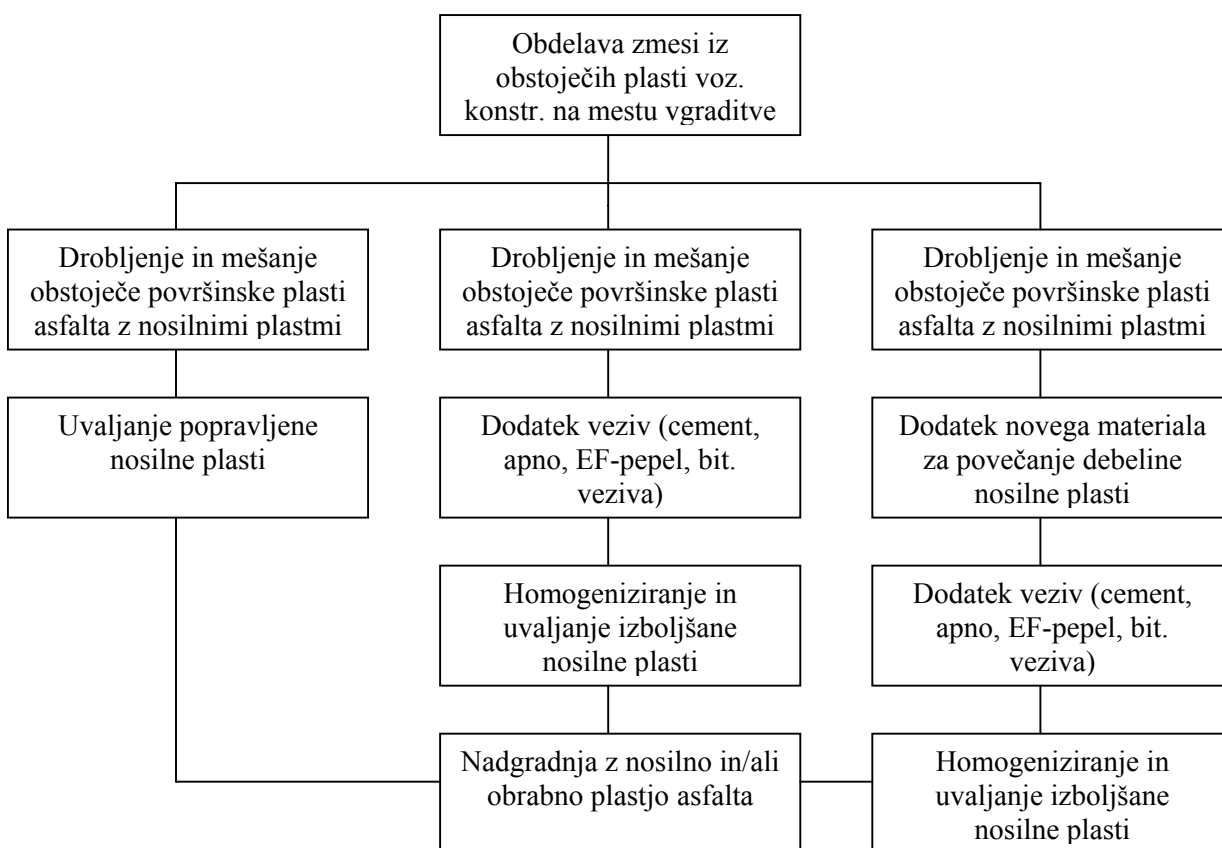
Obdelava (recikliranje) je izvedljiva v asfaltnem obratu ali na mestu vgradnje po vročem ali hladnem postopku, praviloma pogojuje uporabo primerne bitumenskega veziva in dodatne zmesi kamnitih zrn. V osnovi pa poteka podobno, kot je opisano za odstranitev in nadomestitev obrabne plasti v tč. 5.4.4.1.8.

Odvisno od željene oziroma potrebne izboljšave značilnosti obstoječe asfaltne zmesi je mogoče uporabiti različne postopke recikliranja.

Reciklirano asfaltno zmes je praviloma treba nadgraditi z novo obrabno plastjo, predvsem na cestah z večjimi prometnimi obremenitvami.

5.4.4.2 Obdelava zmesi iz obstoječih plasti voziščne konstrukcije na mestu vgraditve (in place recycling - C2)

Globina obdelave je praviloma večja od 5 cm. Po obdelavi dobimo novo voziščno konstrukcijo s povečano sposobnostjo prevzema prometnih obremenitev, ki jo običajno nadgradimo z obrabno plastjo.



Slika 22: Razvrstitev postopkov, s katerimi obdelujemo zmesi na mestu vgraditve

Postopek vključuje porušitev obstoječih plasti vozišča z rezkalnikom in mešanje z materiali iz spodnjih plasti, dodajanje veziv (cement, apno, elektrofiltrski pepel, bitumenska emulzija), uvaljanje nove vezane plasti utrditve in končno nadgradnjo tako zgrajene nosilne plasti z obrabno plastjo. Glede na razširjenost te metode po svetu zadnjih 15 let in sam razvoj opreme za ta način recikliranja obstajajo različne naprave, ki so sposobne izvajati več operacij hkrati v enem prehodu.

Ena teh naprav je rezkalnik (slika 21), ki je večfunkcionalna naprava težka več kot 30 ton za različne širine delovanja in prilagodljivosti globinam obdelovanja (do 40 cm), s kontinuirnostjo računalniško vodenega procesa. Funkcije znotraj enega prehoda so:

- rezkanje in drobljenje
- vertikalno in horizontalno mešanje
- dodajanje vode ali emulzije
- homogeno mešanje vsega materiala
- razgrinjanje in predzbijanje stabiliziranega materiala.

Končna zgostitev se doseže z valjarji. Na koncu je klasična nadgradnja z asfaltno obrabno plastjo. Cement in dodana kamnita zrna se razprostre po površini (s finišerjem) še pred rezkanjem.

5.4.4.3 Obdelava asfaltnih zmesi v centralni mešalni napravi (C3)

Skupna postopkom obdelave asfaltnih zmesi iz poškodovanih plasti v centralnih mešalnih napravah je priprava materialov pred obdelavo.

V najboljšem primeru lahko dodajamo do 50 m.-% asfaltne granulata (drobljenca), običajno pa le 10 – 30 m.-%. Preureditev standardne asfaltne baze za uporabo postopka recikliranja ne predstavlja večjih stroškov.

5.4.4.3.1 Uporaba asfaltne granulata v vročih asfaltnih zmesih

Asfaltni granulati se pri proizvodnji vročih asfaltnih zmesi (v mešalnih napravah) lahko dodaja v hladnem ali v segretem stanju. Asfaltni granulati, ki bo uporabljeni pri proizvodnji asfaltnih zmesi v mešalnih napravah mora imeti enakomerno sestavo, dodajati in vmešati pa ga je potrebno v predhodno določenih deležih. Pri skladiščenju je potrebno asfaltni granulati ščititi pred vlago.

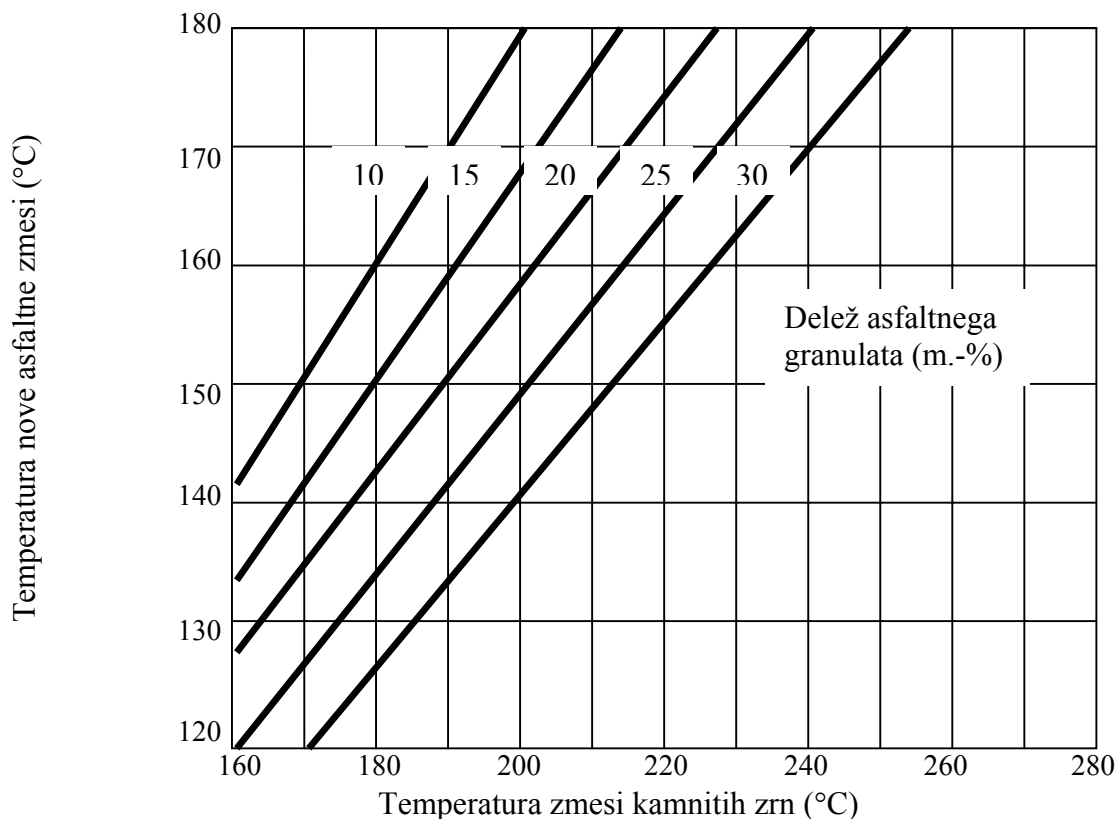
5.4.4.3.1.1 Mešalne naprave za šaržni postopek

V proizvodnji vročih asfaltnih zmesi z dodajanjem asfaltne granulata so že uveljavljeni nekateri postopki. V mešalnih napravah za šaržni postopek je mogoče asfaltni granulati segrevati

- z vročimi zmesmi kamnitih zrn
- skupaj z zmesmi kamnitih zrn
- v posebnih napravah.

5.4.4.3.1.2 Segrevanje z vročimi zmesmi kamnitih zrn

Pri tem postopku je treba hladni asfaltni granulati dodajati vročim zmesem kamnitih zrn. Zaradi neposrednega stika se granulati segreje. Pri tem so potrebne višje temperature zmesi kamnitih zrn kot pri klasični proizvodnji asfaltnih zmesi. Okvirne temperature zmesi kamnitih zrn v odvisnosti od dodane količine in vlažnosti asfaltne granulata so prikazane na sliki 23 in preglednici 8.



Slika 23: Pogojena temperatura kamnitih zrn za segretje deleža asfaltne granulate za zagotovitev določene temperature nove asfaltne zmesi

Preglednica 8: Potrebna korektura temperature zmesi kamnitih zrn v odvisnosti od deleža vlage v asfaltne granulatu (kritično področje je potemnjeno)

Delež asfaltne granulate (m.-%)	Delež vlage v asfaltne granulatu (m.-%)					
	1	2	3	4	5	6
	Korekcija temperature (°C)					
10	4	8	12	16	20	24
15	6	12	18	24	30	36
20	8	16	24	32	40	48
25	10	20	30	40	50	60
30	12	24	-	-	-	-

Uporabiti je mogoče:

- šaržno dodajanje asfaltne granulata v zatehtano količino zmesi kamnitih zrn ali
- neprekinjeno dodajanje asfaltne granulata v tok zmesi kamnitih zrn.

Količino dodanega hladnega asfaltne granulata je treba določiti tako pri šaržnem kot tudi pri neprekinjenem dodajanju v odvisnosti od deleža vlage v asfaltne granulatu in od temperature vroče zmesi kamnitih zrn.

Pri obeh postopkih so se v praksi uveljavili deleži dodanega asfaltne granulata do 30 m.-% proizvedene asfaltne zmesi.

5.4.4.3.1.2.1 Šaržno dodajanje asfaltne granulata

Šaržno dodajanje asfaltne granulata je mogoče pri ali po tehtanju vroče zmesi kamnitih zrn za posamezno šaržo (npr. na tehtnico zmesi kamnitih zrn ali pa v mešalnik).

Tehtanje asfaltne granulata je lahko na tehtnici za zmes kamnitih zrn ali pa na ločeni tehtnici.

Pri tem postopku je mogoče vročo zmes kamnitih zrn razsejati in jo natančno odmeriti iz žepov vročih silosov.

Prenos toplote z vroče zmesi kamnitih zrn na hladni asfaltne granulati se opravi v kratkem času, zato v trenutku nastane vodna para, ki jo je potrebno odvesti.

Prekomerno otditev dodanega novega bitumna je potrebno preprečiti z dodatkom asfaltne granulata vroči zmesi kamnitih zrn (s predmešanjem) že pred dodajanjem bitumna.

5.4.4.3.1.2.2 Neprekinjeno dodajanje asfaltne granulata

Neprekinjeno dodajanje asfaltne granulata je mogoče po zaključku segrevanja zmesi kamnitih zrn in pred šaržnim odtehtanjem (npr. na izhodu sušilnega bobna, v vroči elevator ali v "by-pass" komoro mimo sit).

Dodajanje asfaltne agregata je treba uravnati s tehtalno napravo (npr. tračna tehtnica) in ga povezati z doziranjem zmesi kamnitih zrn.

Prenos toplote z vroče zmesi kamnitih zrn na hladni asfaltne granulati in s tem povezan nastanek vodne pare je v tem primeru porazdeljen na daljši čas.

Vročje razsejavanje zmesi asfaltne granulata in kamnitih zrn, še posebej pri večjih dodanih količinah, ni mogoče, ker se sita zamašijo. Naknadna korekcija porazdelitve velikosti zrn v zmesi zato ni več mogoča.

5.4.4.3.1.3 Segrevanje skupaj z zmesmi kamnitih zrn

Pri tem postopku je treba asfaltne granulati segrevati skupaj z zmesjo kamnitih zrn v posebej opremljenem sušilnem bobnu.

Pri sušilnih bobnih, ki delujejo na protitočnem principu, je zagotovljeno dodajanje asfaltne granulata preko posebnih naprav (npr. dodajanje s tekočim trakom v srednji del bobna ali na čelni strani bobna).

Odmerjanje količine asfaltne granulata in zmesi kamnitih zrn mora biti neprekinjeno, najprimerneje je s tračnimi tehtnicami. Problemov z nastankom vodne pare pri tem postopku praviloma ni.

Vroče razsejavanje zmesi asfaltne granulata in kamnitih zrn tudi pri tem postopku ni mogoče, ker se sita zamašijo, zato naknadna korekcija porazdelitve zrn v zmesi ni več mogoča.

Pri tem postopku s protitočnim principom je lahko delež dodanega asfaltne granulata do 40 m.-% proizvedene asfaltne zmesi.

5.4.4.3.1.4 Segrevanje v posebnih napravah

Pri tem postopku se asfaltni granulati segreva v posebnih napravah in dodaja vroči zmesi kamnitih zrn v mešalniku.

Razsejano vročo zmes kamnitih zrn je treba natančno odmeriti.

Za segrevanje asfaltne granulata je mogoče uporabiti dodatni ali modificirani sušilni boben, tkim. vzporedni boben. Za zaščito veziva in za omejitev emisij je treba asfaltni granulati segrevati praviloma do 130°C. Dodajanje asfaltne granulata je treba uravnavati s tehtalno napravo (tračna tehtnica) in povezati z odmerjanjem zmesi kamnitih zrn.

S segrevanjem asfaltne granulata v posebnih napravah je omogočena uporaba velikega deleža dodanega asfaltne granulata (pri nosilnih plasteh do 80 m.-%)

Pri zelo velikih deležih dodanega asfaltne granulata je vpliv na sestavo asfaltne zmesi z ostalimi materiali, to je zmesmi kamnitih zrn in/ali z bitumnom, zelo omejen ali celo nemogoč. Zato mora asfaltni granulati popolnoma ustrezati namenu uporabe.

5.4.4.3.2 Pretočne mešalne naprave

Za pretočne mešalne naprave je značilen neprekinjen (kontinuirni) postopek mešanja v bobnu ali v pretočnem mešalniku.

Odmerjanje posameznih komponent se pri tem postopku odvija neprekinjeno. Enakomernost sestave asfaltne zmesi je pretežno odvisna od enakomernosti vhodnih komponent in je po odmerjanju ni več mogoče korigirati.

V pretočnih mešalnih napravah je mogoče asfaltni granulati segrevati

- skupaj z zmesmi kamnitih zrn ali
- v posebnih napravah.

5.4.4.3.2.1 Segrevanje granulata skupaj z zmesmi kamnitih zrn

Pri tem postopku je asfaltna zmes proizvedena iz asfaltne granulata in sveže zmesi kamnitih zrn v kombiniranem sušilnem in mešalnem bobnu (bobnastem mešalniku).

Dodajanje asfaltne granulata je treba izvršiti skupaj s hladno zmesjo kamnitih zrn ali ločeno v srednji del bobna.

Zmes kamnitih zrn in asfaltni granulati je treba ločeno zatehtati, v bobnu skupaj posušiti in segreti ter z dodanim vezivom v enem delovnem prehodu zmešati.

S tem postopkom je omogočena uporaba velikega deleža dodanega asfaltne granulata (pri nosilnih plasteh tudi več kot 80 m.-%).

5.4.4.3.2 Segrevanje granulata v posebnih napravah

Pri tem postopku je treba asfaltni granulata segrevati v posebni napravi in v pretočnem mešalniku neprekinjeno mešati z vročo zmesjo kamnitih zrn in bitumnom.

Za segrevanje asfaltne granulata so uveljavljeni dodatni ali modificirani sušilni bobni (tkim. vzporedni bobni). Za zaščito veziva in za omejitev emisij je treba asfaltni granulata segrevati praviloma do 130°C.

S segrevanjem asfaltne granulata v posebnih napravah je omogočena uporaba velikega deleža dodanega asfaltne granulata (pri nosilnih plasteh tudi več kot 80 m.-%).

5.4.4.3.3 Uporaba v zmesih za hladno vgradnjo

V odvisnosti od namena uporabe je treba pri teh postopkih asfaltni granulata po mešanju z ostalimi gradbenimi materiali na mestu vgraditve ali v mešalnih napravah ponovno uporabiti v hladnem stanju.

Način in količina dodanih materialov sta odvisna od namena uporabe.

Z enakomernim mešanjem z dodatnimi materiali, kot so npr., zmesi kamnitih zrn, bitumske emulzije, voda in cement, je mogoče asfaltni granulata pripraviti tako, da je primeren za uporabo v

- nevezanih nosilnih plasteh,
- s hidravličnimi vezivi vezanih nosilnih plasteh in
- v asfaltnih nosilnih in obrabnih plasteh manj pomembnih vozniških površin (kjer ne veljajo zahteve tehničnih predpisov).

Dodajanje zmesi kamnitih zrn, vode, bitumske emulzije in/ali cementa lahko izboljša obdelovalnost asfaltne granulata in vgradljivost zmesi gradbenih materialov.

Za vgraditev in zgostitev je treba uporabiti v cestogradnji običajne vgrajevalne in zgoščevalne stroje.

Takoj povozne površine plasti iz zmesi materialov z asfaltnim granulatom je treba naknadno obdelati za doseganje določenih lastnosti vozne površine.

5.4.4.3.3.1 Uporaba brez dodanih materialov

Uporaba asfaltne granulata brez dodanih materialov za manj pomembne namene je primerna le, kadar ni mogoča večvredna uporaba. Lomljeni asfalt primerne zrnivosti ali asfaltni granulata se lahko uporabi (brez dodatnih materialov) za protihrupne nasipe in nasipe za ceste.

Poleg tega se asfaltni granulata lahko uporabi v voziščni konstrukciji na manj pomembnih vozniških površinah (brez posebnih zahtev).

Asfaltni granulata se od zmesi kamnitih zrn razlikuje v vgradljivosti in obstojnosti. Njegove značilnosti otežujejo zgostitev v hladnem stanju in lahko povzročijo naknadno zgostitev pod prometom.

Če se odstranjeni asfalt uporabi kot gradbeni material v nasipu, je potrebno njegovo zrnovitost prilagoditi postopkom vgraditve in zgostitve, da ne pride do škodljivih posledic.

5.4.4.3.4 Preverjanje kakovosti

Vrsta in obseg preskusov asfaltnih zmesi, pripravljenih z uporabo asfaltne granulata, je enaka kot za običajne asfaltne zmesi. Tudi zahteve za kakovost so enake tistim za zmesi brez uporabe asfaltne granulata.

Lastnosti rezultirajoče proizvedene zmesi je treba določiti s predhodno sestavo. V poročilu o predhodni sestavi je treba navesti rezultate predhodnih preiskusov in delež dodanega asfaltne granulata.

Pri proizvodnji asfalta po vročem postopku je treba določiti število notranjih preskusov rezultirajoče asfaltne zmesi v odvisnosti od enakomernosti dodajanja asfaltne granulata.

Če je zmečkani bitumna v asfaltne granulatu, določeno po postopku PK, nad 70°C, je treba v okviru predhodne sestave preveriti njegovo uporabnost. V ta namen je treba opraviti primerjalni preskus s postopkom po Marshallu na asfaltne zmesi, pripravljene le z novimi materiali. Z ozirom na uporabnost različnih vrst bitumna je treba mejo 70°C upoštevati kot orientacijsko vrednost.

Pri zunanjih preskusih zmečkani iz proizvedene rezultirajoče asfaltne zmesi pridobljenega veziva praviloma ne sme presegati vrednosti 62°C za zgornje nosilne asfaltne plasti in 67°C za spodnje nosilne asfaltne plasti. Dodano bitumensko vezivo praviloma ne sme biti mehkejše od cestogradbenega bitumna B 70/100.

5.4.5 Prednosti in pomankljivosti postopkov recikliranja

V primerjavi s klasičnimi postopki popravil vozišč z nadgradnjo (z novo plastjo asfalta, površinsko prevleko ali rednim lokalnim vzdrževanjem) ali z zamenjavo poškodovane plasti imajo postopki recikliranja določene prednosti in pomankljivosti (preglednica 9).

V preglednici niso omenjene uvodoma opisane splošne, vendar bistvene prednosti ponovne uporabe izhodnih materialov za proizvodnjo asfaltnih plasti in sicer:

- zmanjšanje porabe izhodnih materialov za proizvodnjo asfaltnih zmesi (predvsem bitumna in kvalitetnih plemenitih agregatov)
- v mnogih primerih manjša poraba energije in nižji transportni stroški
- mnogokrat tudi edina možna rešitev za izboljšanje poškodovanih plasti voziščne konstrukcije ali izvedbo popravila.

V splošnem lahko ugotovimo, da postajajo postopki recikliranja, predvsem za vzdrževanje že zgrajenega cestnega omrežja, vse bolj zanimivi ter tehnično in ekonomsko upravičeni.

Preglednica 9: Prednosti in pomankljivosti postopkov recikliranja

Površinska obdelava asfaltnih zmesi poškodovane obrabne plasti (Surface recycling)	
Prednosti	Pomankljivosti
<ul style="list-style-type: none">• ponovno uporabimo poškodovano asfaltno zmes v celoti ali pa dodamo le manjšo količino svežega agregata, bitumna, oziroma asfaltno zmesi (npr. do 30%),• debelina obnovljene obrabne plasti se ne poveča ali se bistveno ne poveča,• zmerno poškodovano asfaltno obrabno plast lahko obnovimo v celoti, ne glede na vrsto poškodb (neustrezna vsebnost votlin, prebitok ali primankljaj bitumna, neprimerna mineralna sestava, razpoke, udarne jame itd.),• dobimo dobro povezavo med podložno in obrabno plastjo asfalta,• delno izboljšamo nosilnost voziščne konstrukcije (pri nekaterih postopkih),• izboljšamo ravnost vozišča,• izboljšamo torno sposobnost vozišča,• delo lahko izvajamo hitro in le z delnimi omejitvami prometa,• delo je v dobršni meri strojno,• postopek omogoča običajno kontrolo kakovosti asfaltnih zmesi in vgrajevanja,• na popravljenem odseku vozišča je mogoč promet takoj po ohladitvi asfaltne sloja (običajno po 24 urah).	<ul style="list-style-type: none">• po obdelavi se voziščni konstrukciji pri nekaterih postopkih ne spremeni bistveno sposobnost prevzema prometnih obremenitev,• pri profiliranju v vročem stanju ali rahljanju in profiliranju se moramo poslužiti večkratnega prehoda stroja, da dobimo zadovoljivo ravnost,• omejena uspešnost popravil asfaltnih plasti, ki so izrazito nagnjene k plastičnim deformacijam,• težje je obdelovati asfaltno zmes z največjo velikostjo mineralnih zrn preko 22mm.

Prednosti	Pomankljivosti
<ul style="list-style-type: none">voziščna konstrukcija je po obdelavi sposobna prevzeti bistveno večje prometne obremenitve,popravljamo in predelujemo lahko vse plasti voziščne konstrukcije, ne oziraje se na vrsto in obseg poškodb,poveča se odpornost konstrukcije proti zmrzovanju.	<ul style="list-style-type: none">vezano plast vozišča običajno, glede na pomembnost v konstrukciji, rezvrednotimo,postopek je težje nadzorovati in voditi v zahtevanih mejah za kakovost,pri izvajanju del je promet dalj časa ustavljen ali preusmerjen,postopek je manj primeren za geografsko ali geološko razgibana področja.

Obdelava asfaltnih zmesi v centralni mešalni napravi (In plant recycling)	
Prednosti	Pomankljivosti
<ul style="list-style-type: none">obdelujemo lahko asfaltne zmesi iz poškodovanih asfaltnih plasti, ne glede na vrsto in obseg poškodb,delno se poveča sposobnost voziščne konstrukcije za prevzem prometnih obremenitev,omogočena sta dober nadzor nad vodenjem postopka in uspešna kontrola kakovosti, še posebej, če dodajamo določeni procent veziva in svežega agregata,lahko popravljamo kakovost asfaltnih plasti v celotni debelini,poveča se ravnost vozišča,poveča se torna sposobnost vozišča,delno se poveča odpornost konstrukcije proti zmrzovanju,na popravljenem odseku vozišča je mogoč promet takoj po ohladitvi asfaltne sloja (običajno po 24 urah),omogočena je dobra povezava med podložno in novo vgrajeno plastjo.	<ul style="list-style-type: none">pri odstranitvi poškodovane plasti z rezkanjem (posebej še v hladnem stanju) se del mineralnih zrn zdrobi, spremeni se sejalna krivulja zmesi kamnitih zrn,obstajajo določeni problemi zaradi dimljenja v času segrevanja zmesi.

5.4.6 Uporabnost postopkov recikliranja

5.4.6.1 Avtoceste in hitre ceste

Za popravila poškodovanih obrabnih plasti avtocest in hitrih cest so postopki recikliranja zelo primerni. V nekaterih primerih (v odvisnosti od vrste poškodb) nam omogočajo tudi edino možnost za izvedbo uspešnih trajnih popravil voziščne konstrukcije.

Upoštevaajoč porast prometnih obremenitev je običajno predvidena etapna ojačitev voziščne konstrukcije. V kolikor pride predčasno do poškodb obrabne plasti vozišča in te poškodbe vplivajo na trajnost obrabne plasti, je potrebno predhodno obstoječo obrabno plast popraviti ali odstraniti. V takih primerih so postopki recikliranja najracionalnejši. Ker lahko z recikliranjem obstoječo plast asfaltov istočasno deloma tudi ojačimo, ni potrebna nadgradnja z novim asfaltnim slojem v predvidenem obdobju trajanja prve faze izgradnje, tako da lahko preplastitev odložimo za daljši čas.

Popravilo asfaltnih plasti z recikliranjem lahko izvršimo tudi tako, da je povečanje debeline obnovljene plasti minimalno. To pa omogoča izvajanje lokalnih popravil, npr. le enega voznega pasu ali pa samo deformiranega pasu za promet počasnih vozil.

Obrabne plasti na avtocestah so pretežno na večjih površinah zgrajene z bituminiziranimi zmesmi podobne sestave, kar poenostavi organizacijo in kontrolo vodenja postopka recikliranja. V preglednici 10 so prikazani možni postoki obnove oziroma popravil obrabnih plasti na avtocestah in hitrih cestah.

5.4.6.2 Glavne in regionalne ceste

Posebno pozornost pri vodenju postopkov recikliranja na glavnih in regionalnih cestah je potrebno posvetiti dejstvu, da so posamezni, tudi krajši odseki različno dimenzionirani in zgrajeni iz različnih materialov. Glede na finančne možnosti lahko za te ceste izberemo tudi enostavnejše in cenejše postopke recikliranja (začasna popravila).

Pogosti pa so primeri, da so ceste že večkrat nadgrajevane in postavlja se vprašanje tehnične pravilnosti in upravičenosti nove preplastitve z obrabno plastjo.

V vseh primerih velja, da se le s primernimi predhodnimi preskusi in ekonomsko analizo lahko odločimo za ustrezen postopek recikliranja (preglednica 10).

5.4.6.3 Mestne ceste

Največji problem pri klasičnih popravilih mestnih cest predstavlja sprememba nivelete vozišča (odvodnjavanje, kanalizacija). S postopki recikliranja (preglednica 10) se tej težavi delno ali popolnoma izognemo. V kolikor z recikliranjem popravljamo le manjše površine vozišč, je umestno, da pri izvajanju del pridobljeno asfaltno zmes deponiramo in jo uporabimo pri večjih delih.

5.4.6.4 Objekti – mostovi, viadukti, predori

Zaradi omejitev pri spremembi nivelete vozišča na mostovih, v predorih in na drugih objektih ali zaradi nedopustnih povečanj obremenitev objektov, ki so posledica klasičnega nadgrajevanja, je pri popravilu obvezna predhodna odstranitev poškodovane plasti asfalta. V kolikor popravila na objektih izvajamo v sklopu popraviljanja večjega cestnega odseka, lahko tudi na objektih izvedemo izbrani postopek recikliranja, sicer pa odstranjeno asfaltno zmes deponiramo (uporabimo jo pri drugih popravilih). Če pri postopku popravila obrabno plast vozišča na objektih segrevamo, moramo predvideti posebne ukrepe, da pri segrevanju ne poškodujemo hidroizolacije. V kolikor je poškodovana asfaltna plast na objektu pretanka, četudi samo mestoma, jo je običajno potrebno odstraniti v celoti in obnoviti tudi hidroizolacijsko plast.

V preglednici 10 so prikazani možni postopki za popravilo vozišč na objektih z recikliranjem.

Preglednica 10: Možnosti za izbiro postopka popravila vozišča z recikliranjem

Mesto uporabe:	Avtoceste in hitre ceste	Glavne in regionalne ceste	Mestne ceste	Objekti – mostovi, viadukti, predori
Sprememba nivelete vozišča	Dovoljeno povišanje	Dovoljeno povišanje	Ni dovoljeno povišanje	Ni dovoljeno povišanje
Možni postopki recikliranja	<ul style="list-style-type: none"> - Rejuvenate* - Repave - Remix - Rezkanje: <ul style="list-style-type: none"> - v hladnem - v vročem - In plant recycling (vroč postopek): <ul style="list-style-type: none"> - segrevanje s pregretim agregatom - direktno segrevanje 	<ul style="list-style-type: none"> - Reform* - Regrip - Reshape* - Rejuvenate* - Repave - Remix - Rezkanje: <ul style="list-style-type: none"> - v hladnem - v vročem - In place recycling - In plant recycling <ul style="list-style-type: none"> - vroč postopek - hladni postopek 	<ul style="list-style-type: none"> - Reform* - Regrip - Reshape* - Repave - Remix - Rezkanje: <ul style="list-style-type: none"> - v hladnem - v vročem - In plant recycling (vroč postopek): <ul style="list-style-type: none"> - segrevanje s pregretim agregatom - direktno segrevanje 	<ul style="list-style-type: none"> - Regrip - Rejuvenate* - Rezkanje: <ul style="list-style-type: none"> - v hladnem - In plant recycling (vroč postopek): <ul style="list-style-type: none"> - segrevanje s pregretim agregatom - direktno segrevanje

* uspešnost popravila ječasna

5.4.7 Ekonomičnost recikliranja

Na ekonomičnost recikliranja je potrebno gledati širše. Poleg samih prihrankov materialov (kamnin, veziv), energije (proizvodnja, transport, vgradnja) je treba prišteti tudi skrajšanje trajanja del v primerjavi s konvencionalnimi metodami (zmanjšanje neprijetnosti za uporabnike cest). V proizvodni ceni asfaltnih zmesi iz drobirjev sedimentnega izvora predstavljajo stroški za naftne derivate (bitumen, kurilno olje, pogonska goriva za stroje) preko 40 % celotnih stroškov.

Stroški za pripravo frakcij drobirjev eruptivnega izvora pa več kot 35% vseh stroškov za proizvodnjo kvalitetnih asfaltnih betonov. S tem je razumljiva težnja, da bi že uporabljene materiale v čim večji meri ponovno uporabili.

5.4.8 Zaključek

V ceste so vložena zelo velika finančna sredstva. Zato jih je treba ohraniti v stanju, ki bo omogočilo varno, udobno in gospodarno uporabo.

Poškodbe oziroma spremembe, ki nastajajo na cestah, so posledica številnih različnih vplivov. Podrobna proučitev, celostna ugotovitev in ustrezna odstranitev vzrokov za nastale poškodbe in spremembe in na tej osnovi določeno ustrezno popravilo zagotavlja, da bo stanje zadovoljilo uporabnike in upravjalce cest. Seveda pa je to strokovno zahtevna naloga.

Nepopravljene kot tudi neustrezno popravljene poškodbe na asfaltnih voziščih imajo za posledico, da voziščna konstrukcija pod zunanjimi obremenitvami pospešeno propada. To pa pogojuje progresivno naraščanje stroškov za ustrezno popravilo.

6 SAMOSTOJNO PRAKTIČNO DELO PRI PODJETJU EKO-T.D.S. D.O.O.

6.1 Splošno

V sklopu samostojnega dela sem za podjetje EKO-T.D.S d.o.o. izdelal načrt ravnanja z odpadki, sodeloval pri strokovni oceni o predelavi in odstranjevanju odpadkov v premičnih napravah in vodil evidence o količinah prejetih in predelanih gradbenih odpadkov. S tem je podjetje pridobilo dovoljenje za predelavo odpadnega gradbenega materiala na lokaciji Ljubljana – Stanežiče.

Podjetje EKO-T.D.S d.o.o., ustanovljeno leta 1997, je eno izmed prvih podjetij, ki se je začelo ukvarjati z predelavo odpadnega gradbenega materiala (OGM). Sedaj se s podobno dejavnostjo ukvarja že 101 podjetje (zbrano 3.2.2005 MOP- Agencija RS za okolje). V tem obdobju je podjetje vlagalo in dopolnjevalo vloge za pridobitev dovoljenja za predelavo (čeprav je podjetje registrirano za to dejavnost), vendar so na Ministrstvu za okolje in prostor (MOP) zavlačevali s postopkom izdaje dovoljenja.

Letos, ko je v veljavo prišel Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih in Pravilnik o predelavi in odstranjevanju odpadkov v premičnih napravah, je podjetje EKO-T.D.S d.o.o. pridobilo dovoljenje za predelavo odpadnega gradbenega materiala (skupine gradbenih odpadkov s klasifikacijsko številko 17).

Oba navedena pravilnika imata nekaj pomankljivosti in nekaj prednosti.

Pomankljivosti:

- za vsako gradbišče posebej je potrebno pridobiti dovoljenje za predelavo OGM. Potrebno je izdelati načrt o ravnanju z odpadki in ga priložiti prošnji za izdajo dovoljenja, ki traja približno 3 mesece! (V tem času ponavadi opravi npr.določeno rušitev objekta drug izvajalec brez potrebnih dovoljenj)
- sama predelava se lahko na določeni lokaciji opravlja samo ½ leta, nato se ne sme na isti lokaciji 1 leto opravljati predelave OGM, ampak je potrebno pridobiti dovoljenje za predelavo na drugi lokaciji.

Prednosti:

- za vsak večji objekt, ki se bo rušil ali obnavljal, je potreben rušitveni načrt, ki ga mora pridobiti investitor. V tem rušitvenem načrtu je zapisano, kje bo OGM deponiran oz. recikliran. S tem je evidentirana vsaka rušitev za vsako gradbišče posebej, čeprav v praksi niso evidentirane dejanske količine deponiranega OGM
- letno mora predelovalec na MOP poslati poročilo o prejetih in recikliranih OGM. S tem je vzpostavljena evidenca o dejanski količini recikliranega OGM.

6.2 Laboratorijski preskusi drobljenca iz gradbenih ruševin z deponije Stanežiče pri Ljubljani

V geomehanskem laboratoriju so bili opravljeni nekateri preskusi fizikalno mehanskih lastnosti na dveh vzorcih drobljenca iz gradbenih ruševin (ostanki betona, asfalta, opeke...), odvzetih 16.7.2004 z deponije v Stanežičah pri Ljubljani.

Vzorca, odvzeta z dveh različnih kupov deponije, smo označili z

- VZ – 1 (0 – 100mm) in
- VZ – 2 (0 – 30mm).

Opravljeni so bili naslednji preskusi:

- naravna vlažnost
- optimalna vlažnost (zgoščenost) po Proctorju
- CBR vrednost
- zrnavostni sestav pred in po preiskusu po Proctorju
- vsebnost organskih primesi (žaroizguba).

Preskusi so služili za oceno kakovosti materiala.

Na vzorcih smo določili naravno vlažnost s sušenjem pri 105 °C do popolne osušitve. Rezultati so razvidni iz preglednice 11.

Pred in po kompaktiranju smo določili zrnavostno sestavo in sicer po kombinirani metodi (zrnitev s sejanjem in areometrična metoda). Parametre zrnivosti, ki so nam služili tudi za klasifikacijo posameznega vzorca, podajamo v preglednici 11, kakor tudi na slikah 24 do 27. Rezultati zrnavostne sestave pokažejo na razmeroma visok delež meljastih frakcij (pod 0,06 mm), kar vpliva na delovanje škodljivih učinkov mraza.

Po modificiranem Proctorjevem postopku smo preskušane materialu določili največjo gostoto, oziroma optimalno vlažnost. Kot je razvidno iz rezultatov (preglednica 11, priloga 1, 2), je potrebno material za doseganje optimalne zgoščenosti nekoliko navlažiti. V naravnem stanju je material možno zgostiti do 90,02 % (VZ – 1) oziroma 94,43 % (VZ – 2).

Za oceno nosilnosti preskušane materiala smo laboratorijsko določili CBR vrednost. Preskus temelji na primerjavi med specifično obremenitvijo p , potrebno za vtisnjenje normiranega bata z normirano hitrostjo v tla, in specifično obremenitvijo p_s , potrebno za vtisnjenje enakega bata po enakem postopku v standardni material (mehansko zgoščeni drobir – tolčenec). Merodajna je globina vtisnjena 2,54 mm, CBR vrednost pa znaša 10,26 % (VZ – 1) oz. 14,73 % (VZ – 2). Rezultati preskusov so podani v preglednici 11, kakor tudi v prilogah 3, 4.

Iz CBR vrednosti smo posredno določili tudi deformacijski modul E_{v2} , katerega ravno tako podajamo v preglednici 11.

Opravili smo tudi preskus deleža organskih primesi z žarenjem pri 700 °C. Rezultat je za posamezni preskušani material prikazan v preglednici 11, pokaže pa na razmeroma visok delež organskih delcev.

6.3 Zaključek

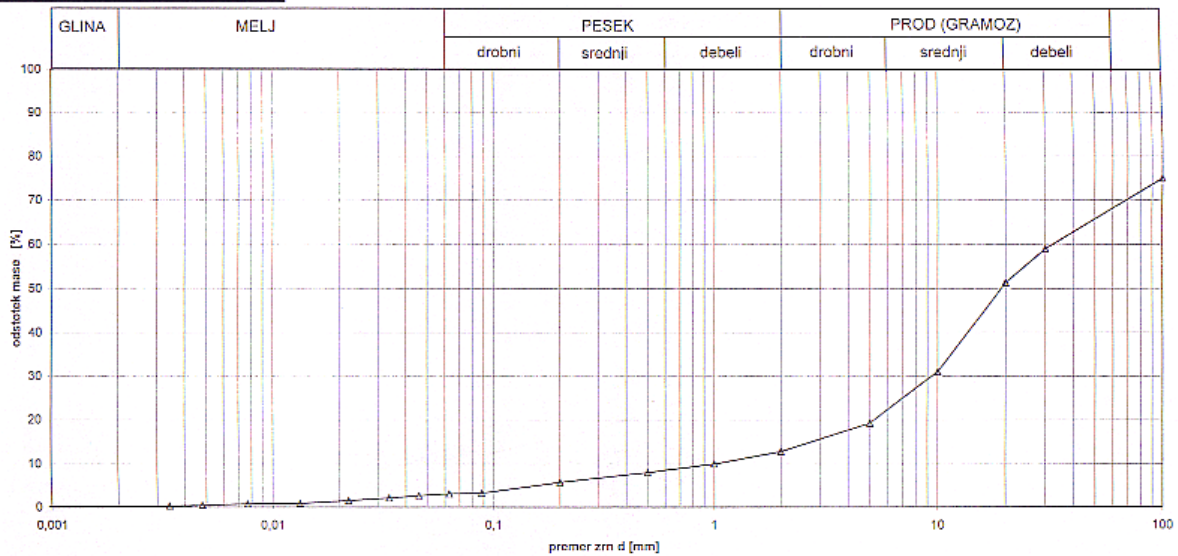
Preskušeni material drobljenca iz gradbenih ruševin z deponije in drobilnice Stanežiče je primeren za vgrajevanje v nasipe. Za doseganje optimalne zgoščenosti je potrebno material nekoliko navlažiti. Za izboljšanje nosilnih sposobnosti in zmanjšanje učinkov pri zamrzovanju zaradi vsebnosti drobljivih in preperelih delcev pa predlagam dodajanje kamnitega materiala.

Preglednica 11: Laboratorijski preskus recikliranega materiala

Vzorec		Naravna vlaga	Parametri zrnivosti				Žaro-izguba	Prostorninska teža		Proctor			CBR vrednost		ocenjen def. modul	AC klasifikacija vzorca
								mokra	suha							
oznaka	opomba	w	C _u	C _c	D _{max}	Delež pod 0,06mm	Δž	γ	γ _d	W _{opt}	γ _{dmax}	zgoščenost	2,54 mm	5,08 mm	E _{v2}	
		%			mm	%	%	kN/m ³	kN/m ³	%	kN/m ³	%	%	%	Mpa	
VZ-1 (0 - 100mm)	pred kompaktiranjem	5,02	20	0,46	>100	3,1	6,26									GP
	po kompaktiranju		164,5	6,33	30	11,9		22,05	19,33	14,07	19,33	90,02	10,26	15,44	62	GP - GM
VZ-2 (0 - 30mm)	pred kompaktiranjem	10,0	103,3	2,69	60	13,3	9,95									GW - GM
	po kompaktiranju		95,24	2,29	20	17,0		21,83	19,38	12,67	19,38	94,43	14,74	15,71	75	GM

ZRNAVOST - SEJALNA ANALIZA (pred preiskavo)

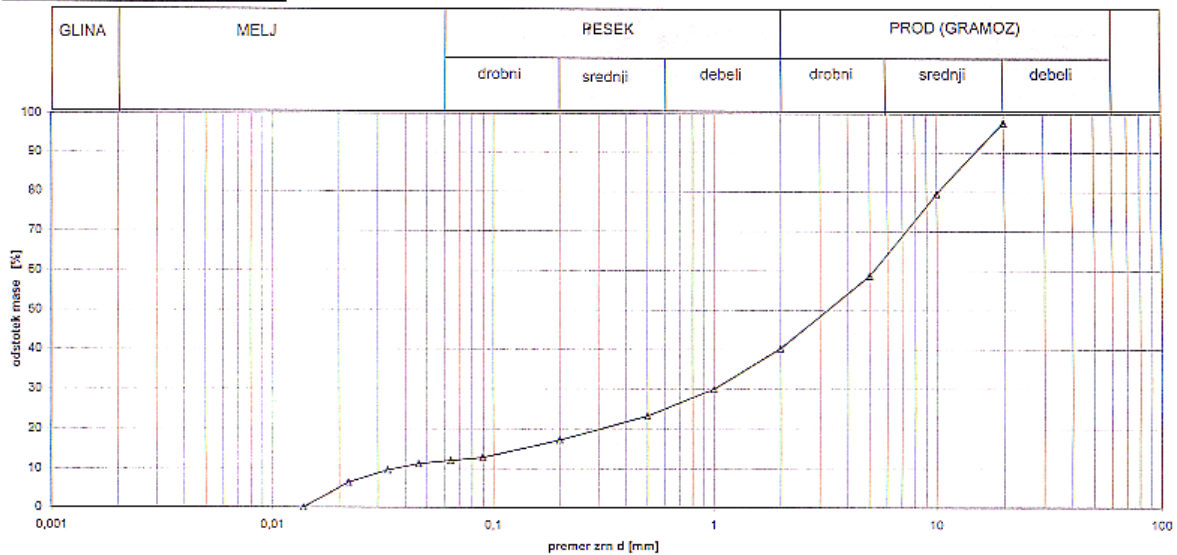
naročnik: EKO TDS d.o.o., Trzin	$C_u = d_{60}/d_{10}$	$C_c = d_{30}^2/(d_{10} \cdot d_{60})$	največje zrno	AC klasifikacija
objekt: drobilnica gradbenih ruševin Stanežiče	20,00	0,46	> 100 mm	GP
oznaka vzorca: VZ - 1 (0 - 100 mm)				



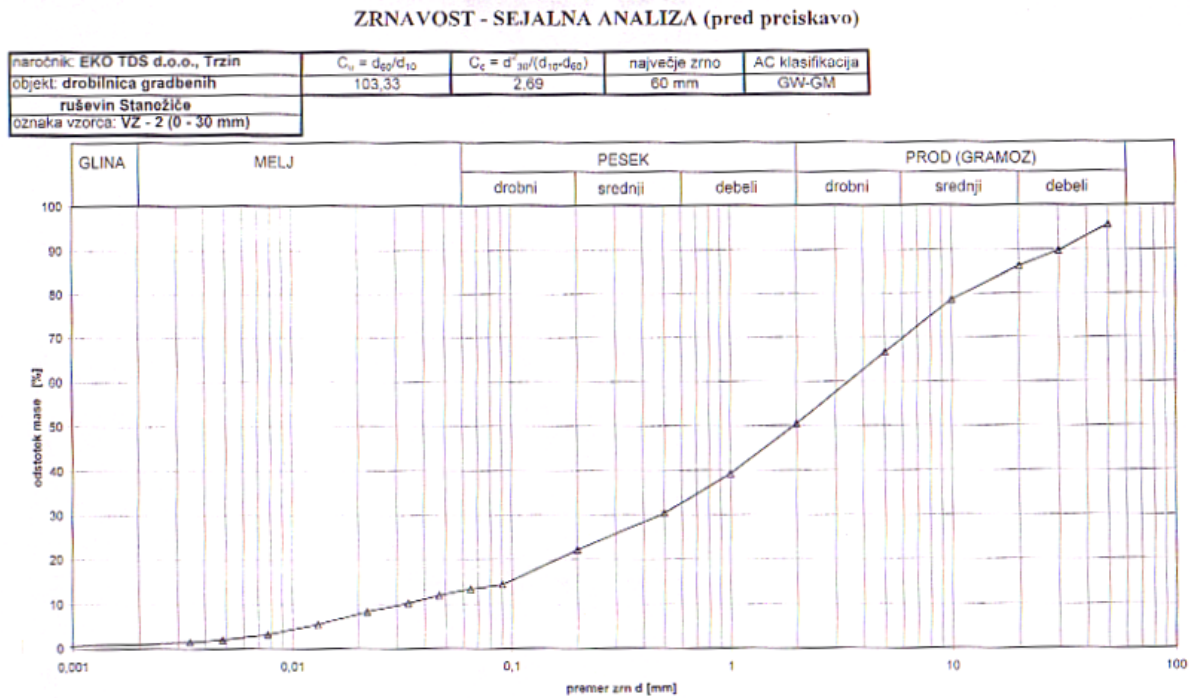
Slika 24: Zrnavost – sejalna analiza (pred preskusom) vzorca VZ – 1 (0-100 mm)

ZRNAVOST - SEJALNA ANALIZA (po preiskavi)

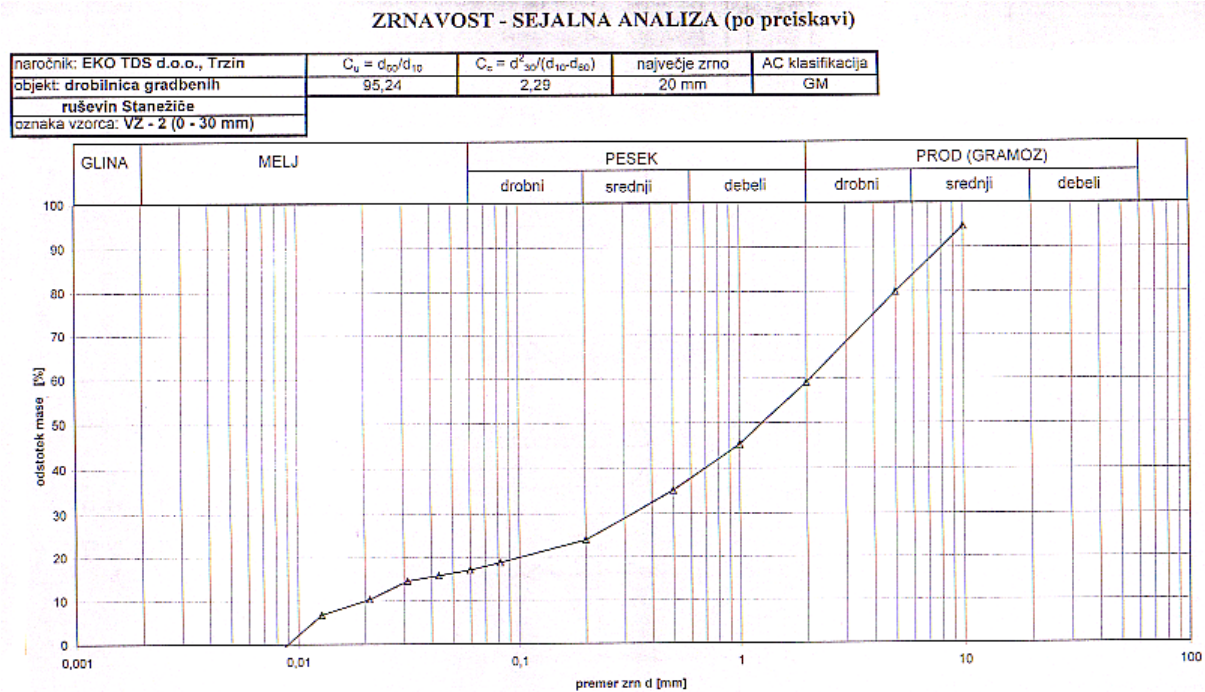
naročnik: EKO TDS d.o.o., Trzin	$C_u = d_{60}/d_{10}$	$C_c = d_{30}^2/(d_{10} \cdot d_{60})$	največje zrno	AC klasifikacija
objekt: drobilnica gradbenih ruševin Stanožiče	164,52	6,33	30 mm	GP-GM
oznaka vzorca: VZ - 1 (0 - 100 mm)				



Slika 25: Zrnavost – sejalna analiza (po preskusu) vzorca VZ – 1 (0-100 mm)



Slika 26: Zrnavost – sejalna analiza (pred preskusom) vzorca VZ – 2 (0-30 mm)

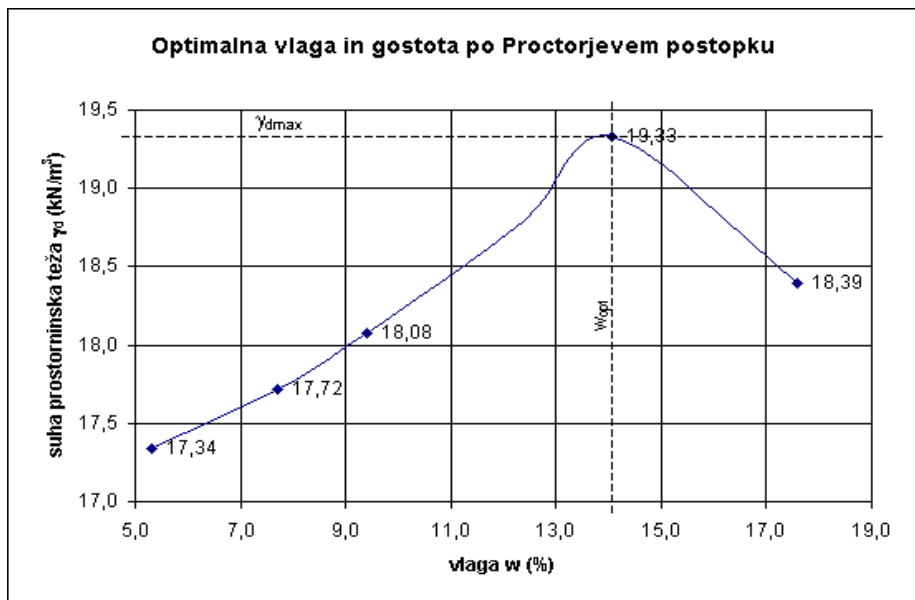


Slika 27: Zrnavost – sejalna analiza (po preskusu) vzorca VZ – 2 (0-30 mm)

PRILOGA A: DOLOČITEV OPTIMALNE VLAGE IN GOSTOTE PO MODIFICIRANEM PROCTORJEVEM POSTOPKU (VZ – 1)

material: drobljenec iz gradbenih ruševin	višina cilindra h (cm):	15,2
lokacija: drobilnica / deponija Stanežiče	premer cilindra d (cm):	15,2
oznaka vzorca: VZ - 1 (0 - 100 mm)	masa nabijala m (g):	450
opis zemljine: GP	višina pada nab. H (cm):	0
	številu udarcev n:	46
	številu slojev N:	55
		3

št. vzorca	1	2	3	4	5	6
prost. teža - vlažna (kN/m ³)	18,26	19,08	19,78	20,92	22,05	21,63
prost. teža - suha (kN/m ³)	17,34	17,72	18,08	18,61	19,33	18,39
vlaga (%)	5,33	7,71	9,41	12,39	14,07	17,59

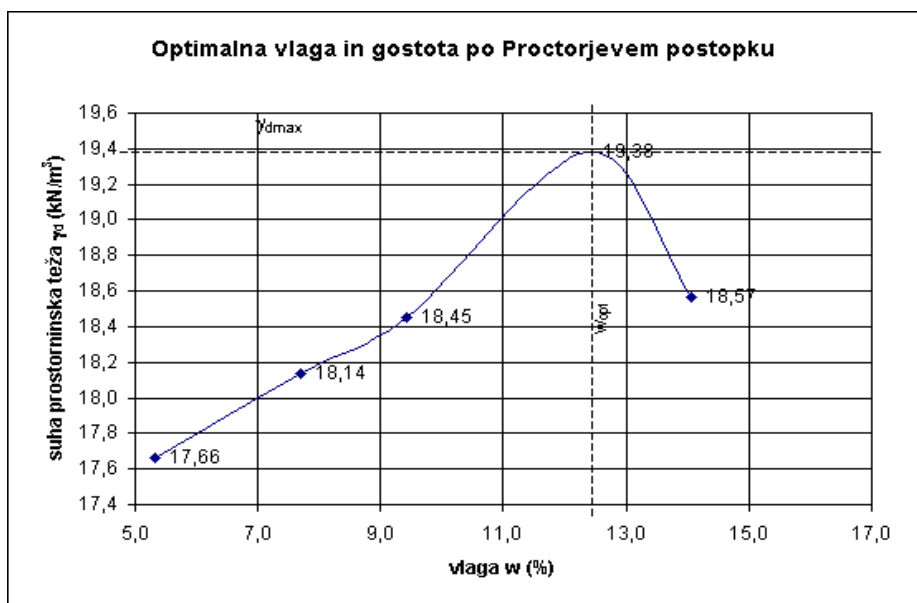


naravna vlaga w_n :	5,02%
optimalna vlaga w_{opt} :	14,07%
maksimalna suha prostorninska teža:	19,33%
zgoščenost:	90,02%

PRILOGA B: DOLOČITEV OPTIMALNE VLAGE IN GOSTOTE PO MODIFICIRANEM PROCTORJEVEM POSTOPKU (VZ – 2)

material: drobljenec iz gradbenih ruševin	višina cilindra h (cm):	15,2
lokacija: drobilnica / deponija Stanežiče	premer cilindra d (cm):	15,2
oznaka vzorca: VZ - 2 (0 - 30mm)	masa nabijala m (g):	4500
opis zemljine: GW-GM	višina pada nab. H (cm):	46
	število udarcev n:	55
	število slojev N:	3

št. vzorca	1	2	3	4	5	6
prost. teža - vlažna (kN/m ³)	18,69	19,81	20,38	21,83	21,42	
prost. teža - suha (kN/m ³)	17,66	18,14	18,45	19,38	18,57	
vlaga (%)	5,81	9,23	10,46	12,67	15,34	

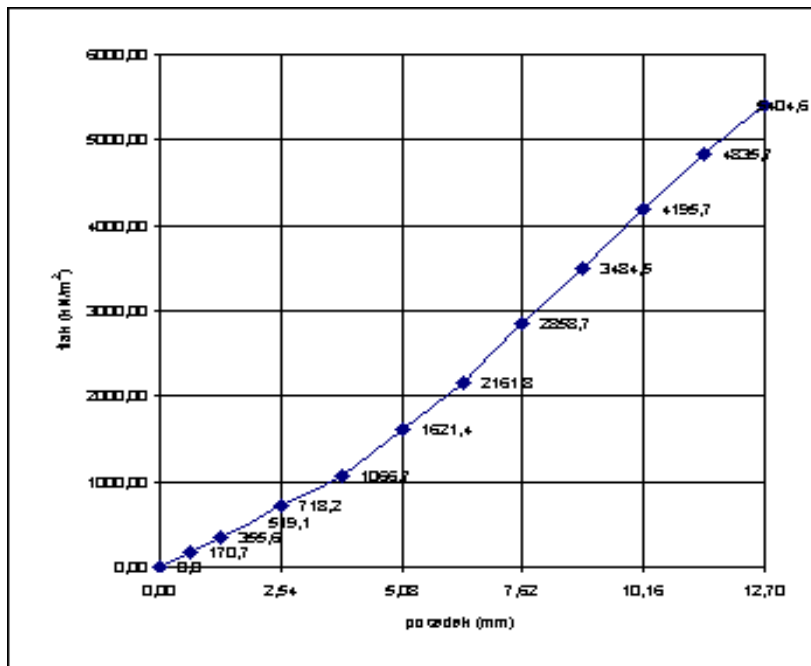


naravna vlaga w_n :	10,00%
optimalna vlaga w_{opt} :	12,67%
maksimalna suha prostorninska teža:	19,38%
zgoščenost:	94,43%

PRILOGA C: DOLOČITEV CBR V LABORATORIJU (VZ – 1)

naročnik:	EKO TDS d.o.o., Trzin
objekt:	Deponija gradbenih ruševin Stanežiče
mesto-odsek:	VZ-1 (0-100mm)
globina:	
AC klasifikacija:	GP

naravna vlaga w (%):	5,02	prostorninska teža pred pr. γ_o (kN/m ³):	22,06
optimalna vlaga w_{opt} (%):	14,00	prostorninska teža po pr. γ_1 (kN/m ³):	22,03
vlaga pri vgraditvi w_o (%):	14,02	suha prostorninska teža γ_d (kN/m ³):	19,35
vlaga po preiskavi w_1 (%):	13,60		



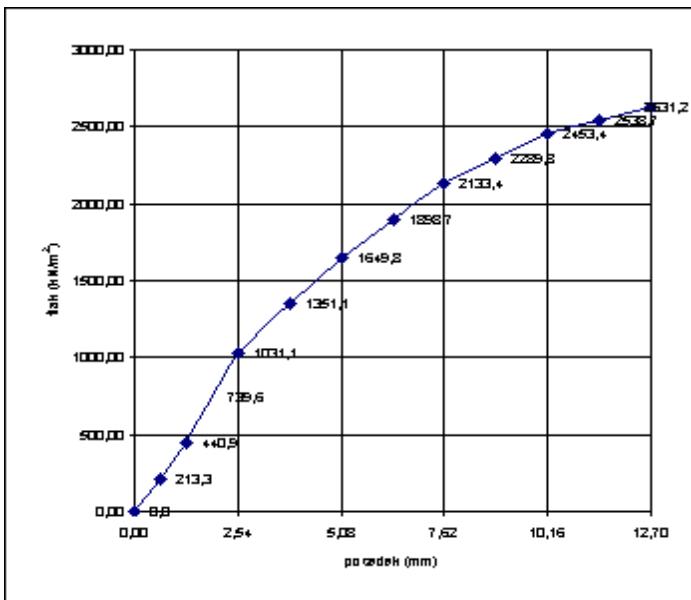
čas (min)	posedek (mm)	tlak (kN/m ²)
0,0	0,000	0,0
0,5	0,635	170,7
1,0	1,270	355,6
1,5	1,905	519,1
2,0	2,540	718,2
3,0	3,810	1066,7
4,0	5,080	1621,4
5,0	6,350	2161,8
6,0	7,620	2858,7
7,0	8,890	3484,5
8,0	10,160	4195,7
9,0	11,430	4835,7
10,0	12,700	5404,6

$CBR_{2,54} = 718/7000 \times 100 =$	10,26 %
$CBR_{5,08} = 1621/10500 \times 100 =$	15,44 %

PRILOGA D: DOLOČITEV CBR V LABORATORIJU (VZ – 2)

naročnik:	EKO TDS d.o.o., Trzin
objekt:	Deponija gradbenih ruševin Stanežiče
mesto-odsek:	VZ-2 (0-30mm)
globina:	
AC klasifikacija:	GW-GM

naravna vlaga w (%):	10,14	prostorninska teža pred pr. γ_0 (kN/m ³):	21,82
optimalna vlaga w _{opt} (%):	13,30	prostorninska teža po pr. γ_1 (kN/m ³):	22,14
vlaga pri vgraditvi w ₀ (%):	13,20	suha prostorninska teža γ_d (kN/m ³):	19,26
vlaga po preiskavi w ₁ (%):	15,75		



čas (min)	posedek (mm)	tlak (kN/m ²)
0,0	0,000	0,0
0,5	0,635	213,3
1,0	1,270	440,9
1,5	1,905	739,6
2,0	2,540	1031,1
3,0	3,810	1351,1
4,0	5,080	1649,8
5,0	6,350	1898,7
6,0	7,620	2133,4
7,0	8,890	2289,8
8,0	10,160	2453,4
9,0	11,430	2538,7
10,0	12,700	2631,2

$CBR_{2,54} = 1031/7000 \times 100 =$	14,73%
$CBR_{5,08} = 1650/10500 \times 100 =$	15,71%

SLOVAR STROKOVNIH IZRAZOV

bituminizirana zmes

zmes kamnitih zrn, bitumna in polnila

bobnasti mešalnik za asfalt

mešalnik za mešanje asfaltnih zmesi s cilindrično oblikovano posodo na kateri so na notranji strani pritrjene lopatice; pri mešanju se vrtilni deli vrtijo okoli nagnjene osi, pri čemer se zmes kamnitih zrn suši z gorilnikom, premika pa v smeri za praznitev; obratuje brez prekinitev

deponija

prostor za odlaganje prekomernega (viška) in/ali neuporabnega materiala

drobljena zmes kamnitih zrn

s strojnimi drobljenjem naravnih kamnitih zrn, umetnih kamnin ali lomljenih materialov (asfalt, cementni beton, opeka ipd.) proizvedena zmes, ki vsebuje samo zrna z najmanj 90% lomljene površine (drobir, drobljeni pesek, kamnita moka)

reciklirani material

zmes ali mešanica, proizvedena delno ali v celoti z uporabo ustrezno predelanih že prej uporabljenih materialov, tako da izpolnjuje vse veljavne zahteve za predvideni namen uporabe

recikliranje – reciklaža

ponovna uporaba že rabljenega materiala (npr. pridobljenega iz voziščne konstrukcije)

reciklirni asfalt

skupni izraz za v plasteh odrezkano drobnozrnato asfaltno zmes (rezkanec) in za lomljeni (odkopani in v grude zdrobljeni) asfalt

regrip

postopek za ohrapavljenje, tj. izboljšanje torne sposobnosti asfaltne obrabne plasti, pretežno zaglajene zaradi obogatitve z bituminoznim vezivom, pri katerem se ta segreje, odrezka in zrahljani material brez dodatka novega asfalta posuje z drobirjem in ponovno vgradi

remix

postopek za izboljšanje ravnosti in torne sposobnosti asfaltne obrabne plasti, pri katerem se ta segreje, odrezka in zrahljani material z dodanim novim materialom za izboljšanje sestave obstoječe asfaltne zmesi zmeša in ponovno vgradi

repave

postopek za izboljšanje ravnosti in torne sposobnosti asfaltne obrabne plasti, pri katerem se ta segreje, odrezka in zrahljani material (z dodano enakomerno debelo plastjo novega – brez mešanja) ponovno vgradi

reshape

postopek za izboljšanje ravnosti asfaltne obrabne plasti, pri katerem se ta segreje, odrezka in zrahljani material brez dodatka novega asfalta izravna v profil in ponovno vgradi, morebitni višek pa odrine

rezkalnik

stroj z vrtečimi se orodji za rezkanje, nameščenimi na valju (bobnu); namenjen za površinski odkop vezanega materiala (npr. kamnine, asfalta, cementnega betona)

rezkanje brez segrevanja

odstranitev dela voziščne konstrukcije ali drugega vezanega materiala (npr. kamnine), ki predhodno ni bil segret, s strojem z rotirajočimi orodji v različni širini in debelini plasti; namenjeno je izboljšanju ravnosti, povečanju torne sposobnosti ali odstranitvi določene plasti materiala (npr. kamnine, asfalta, cementnega betona)

rezkanje s segrevanjem

odstranitev (vrhnjega) dela voziščne konstrukcije, ki je bila predhodno na površini segreta, s strojem z rotirajočimi orodji v različni širini in debelini plasti; namenjeno je izboljšanju ravnosti, povečanju torne sposobnosti ali odstranitvi (delni ali popolni) določene plasti

stabiliziranje

postopek graditve, pri katerem se z mešanjem razpoložljivega lokalnega materiala, po potrebi tudi z dodajanjem drugega primerne cestogradnega materiala, ter z dodatkom vode in/ali veziva zagotovi povečana odpornost materiala proti prometnim in klimatskim obremenitvam

voziščna konstrukcija (zgornji ustroj)

del utrditve prometne površine, ki sestoji iz ene ali več nosilnih plasti in obrabne plasti; prevzema in prenaša prometne obremenitve na posteljico in /ali podlago (nasip, temeljna tla) ter preprečuje pronicanje vode do podlage

VIRI

- 1 Bauliche Maßnahmen – Wiederverwendung von Asphalt. Koln – Arbeitsgruppe „Asphaltstraben“, BMW RSch. v. 18 September 1985 – StB 26/38.56.05 – 10/29.
- 2 Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste – TSC 06.800. 2001 Ponovna uporaba materialov v cestogradnji – recikliranje. RS Ministrstvo za promet, 19 str.
- 3 Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste – TSC 08.311/1.2003 Redno vzdrževanje cest – vzdrževanje prometnih površin – asfaltna vozišča. RS Ministrstvo za promet, 63 str.
- 4 Žmavc, J. 1997. Gradnja cest. Ljubljana, DRC - Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo: 360 str.
- 5 Deutsches Institut für Gutesicherung und Kennzeichnung e.V. 1999. Recycling – Baustoffe für den Straßenbau RAL-RG 501/1: 23 str.
- 6 Metodološko gradivo, št.2/2003. Statistični urad Republike Slovenije: str. 46 – 50.
- 7 Gradbeni vestnik 2002, Ekonomska upravičenost reciklaže gradbenih odpadkov
- 8 Grilc V, Kralj V. november 2003. Problematika gradbenih odpadkov v Sloveniji – stanje in smernice za ravnanje z njimi, Gradbeni vestnik, letnik 52: str. 282 - 287
- 9 Zajc, A. 1997. Gradbeni odpadki, Varstvo okolja: str. 1 – 16.
- 10 Symonds Group Ltd. 1999. Construction and demolition waste management practices and their economic impacts.
http://europa.eu.int/comm/enterprise/environment/index_home/waste_management.pdf
- 11 Pravilnik o ravnanju z odpadki. UL RS št. 84/98: 7105 – 7130
- 12 Pravilnik o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov. UL RS št. 3/03: 25 – 33
- 13 Pravilnik o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih. UL RS št. 3/03: 34 – 36
- 14 Pravilnik o predelavi in odstranjevanju odpadkov v premični napravi. UL RS št. 54/03: 6383 – 6384
- 15 Agencija Republike Slovenije za okolje. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo
http://gov.si/mop/podrocja/uradzaokolje_sektorokolje/programi/op_gradbeni_odpadki_2008.pdf