

Recyklace netuhých vozovek - úvod do problematiky

Michal Varaus – VUT v Brně

Co je smyslem recyklace ?

Recyklace stavebních materiálů je jedním z důležitých nástrojů pro zachování udržitelného rozvoje a překlenutí rozporu mezi ekonomickým růstem a ochranou životního prostředí.

Co je netuhá vozovka ?

Netuhá vozovka (flexible pavement)

- ▶ vozovka s krytem z asfaltových vrstev a nestmelenými podkladními vrstvami

Polotuhá vozovka (semirigid pavement)

- ▶ vozovka s krytem z asfaltových vrstev a hydraulicky stmelenými podkladními vrstvami

Tuhá vozovka (rigid pavement)

- ▶ vozovka s cementobetonovým krytem

Důvody pro recyklaci

Zachování materiálových a energetických zdrojů

- ▶ materiálových - kamenivo, asfalt
- ▶ energetických - pohonné hmoty, topná média atd.

Ochrana životního prostředí

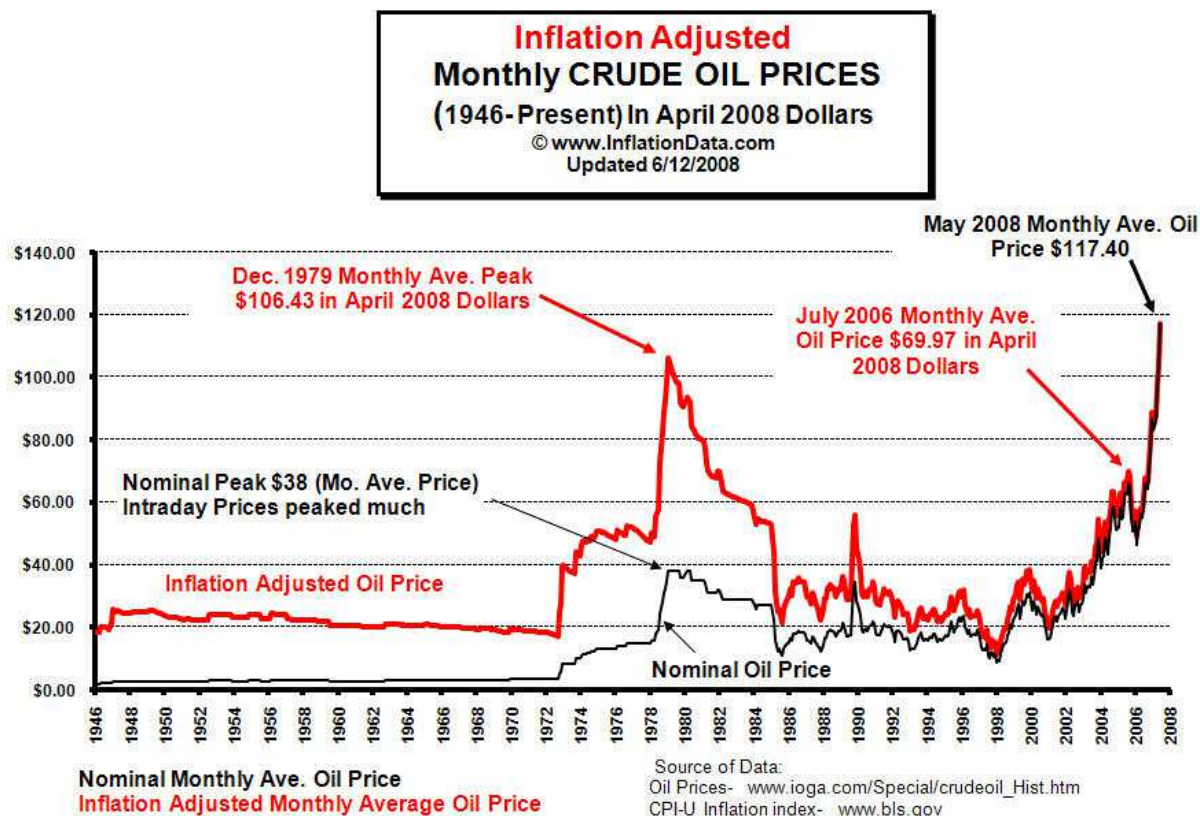
- ▶ redukce skleníkových plynů, zejména CO₂
- ▶ snížení znečištění ovzduší (výfukové plyny, hluk)
- ▶ omezení skládek

Ekonomický přínos

- ▶ snížení nákladů
- ▶ snížení zatížení komunikací, zkrácení doby výstavby

Ekonomický tlak na recyklaci asf. materiálu

➔ vysoká cena ropy



Vývoj cen od roku 1970

ROK	Materiál → cena		
	Barel ropy \$/bbl	Tuna asfaltu \$/t	Tuna směsi \$/t
1970	3,4	20,0	8,4
1980	37,4	160,0	25,3
1990	23,2	142,0	24,2
2000	27,4	200,0	35,5
2005	50,0	232,0	45,6
2008	120,0	650,0	80,0

6

Rozdělení recyklace netuhých vozovek

Podle místa provádění

- ▶ v míchacím centru (in plant) = obalovna, mobilní jednotka
- ▶ na místě (in place)

Podle teploty zpracování

- ▶ za horka
- ▶ za studena



Základní 4 druhy recyklací

- 1) V míchacím centru (na obalovně) za horka
- 2) V míchacím centru za studena
- 3) Na místě za horka
- 4) Na místě za studena

STEPS

1. Recyklace v míchacím centru (na obalovně) za horka

Recyklace v míchacím centru za horka

Recyklace za horka se omezuje asfaltové vrstvy

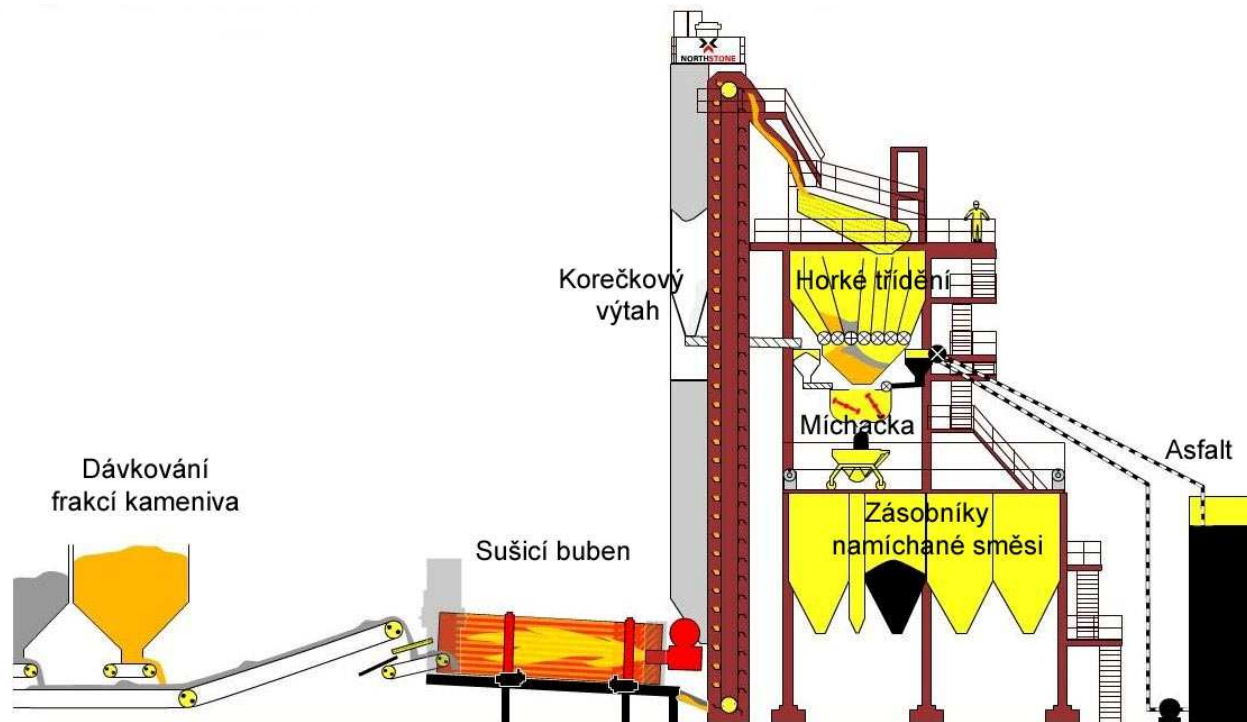
R-materiál je vybouraná nebo vyfrézovaná asfaltová směs, která se dále upravuje drcením a tříděním

Způsoby recyklace:

- A) Dávkování R-materiálu přímo do míchačky šaržové obalovny
- B) Předehřívání R-materiálu v paralelním bubnu šaržové obalovny
- C) Metoda Drum–mix pro kontinuální obalovny

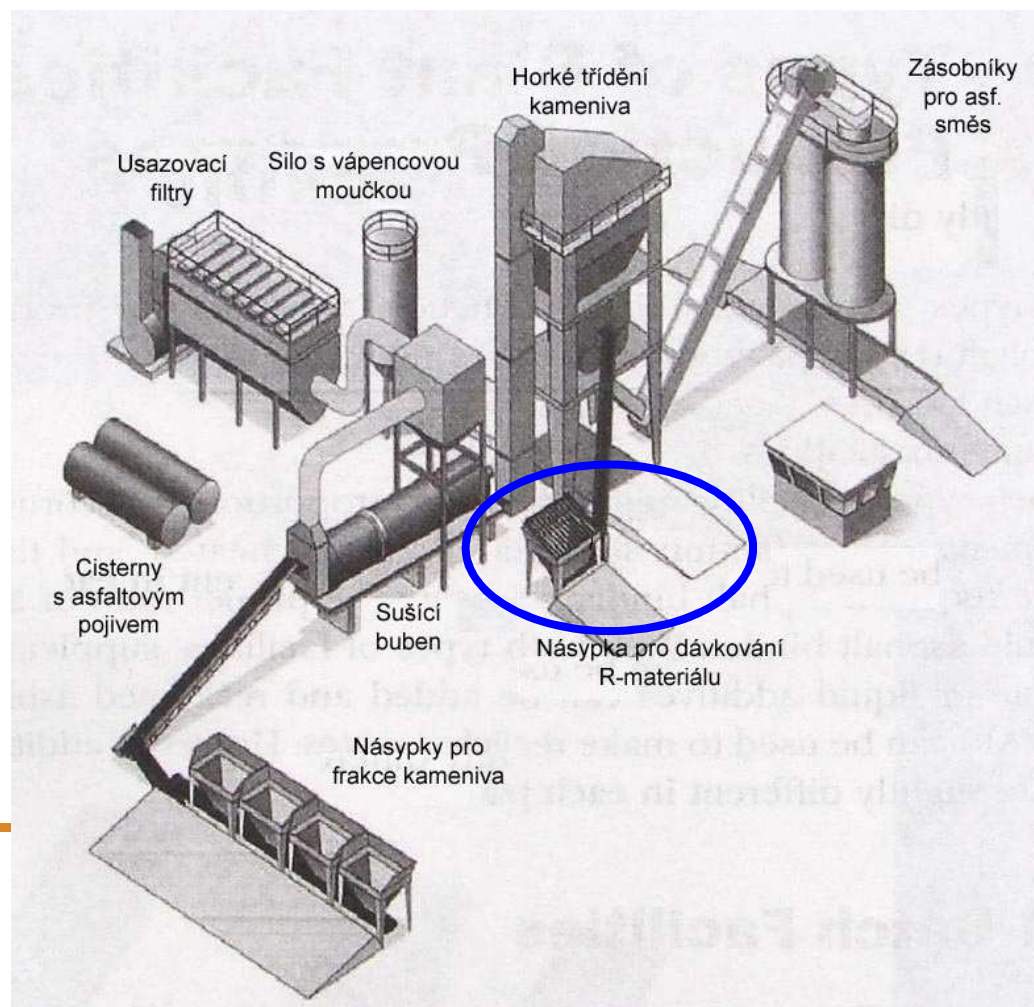
Recyklace v míchacím centru za horka

Šaržová obalovna



Recyklace v míchacím centru za horka

A. Dávkování přímo do míchačky šaržové obalovny

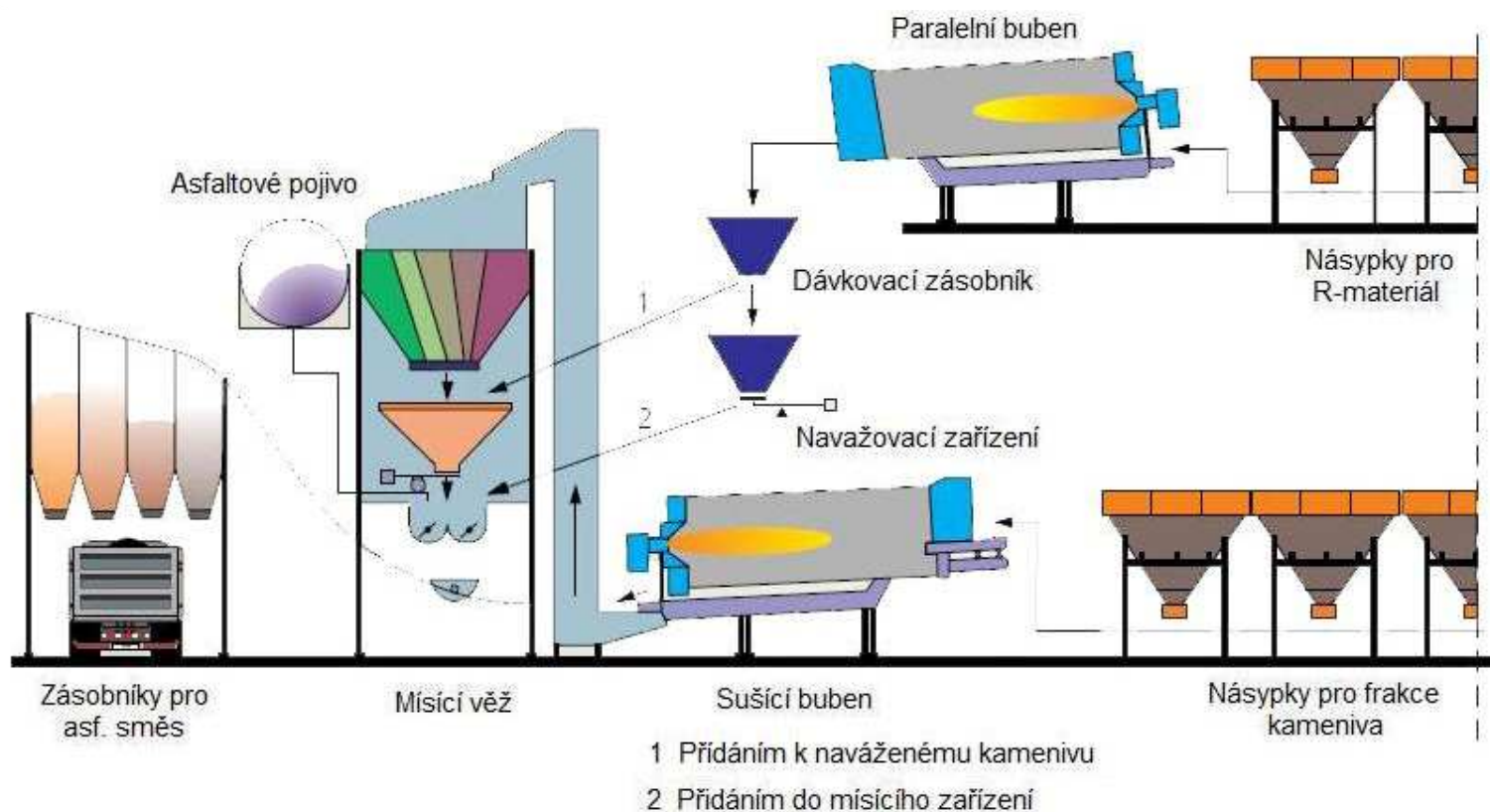


A. Dávkování přímo do míchačky šaržové obalovny

- ▶ Drcení na frakce
- ▶ Přidávání jemnější/hrubší frakce R-materiálu dle druhu směsi
- ▶ Kamenivo nutno předehřívat na vyšší teplotu
- ▶ Problémy s vlhkostí, skládky jsou většinou nezastřešené
- ▶ Do výrobního cyklu nutno zařadit odvětrání
- ▶ Max. množství R-materiálu = cca 25 %
- ▶ Nad 15 % doporučuje se výpočet gradace přidávaného pojiva



B. Předehřívání R-materiálu v paralelním bubnu



B. Předehřívání R-materiálu v paralelním bubnu



Paralelní sušící buben

B. Předehřívání R-materiálu v paralelním bubnu

- ▶ výrazně vyšší množství než při dávkování za studena
- ▶ V Německu až 80 % R-materiálu do podkladních vrstev
- ▶ Vysoké dávkování → snížení vlhkosti → zastřešení
- ▶ Pravidelná kontrola vlastností pojiva v R-materiálu
- ▶ Použití frézovaného materiálu podle vrstev = vysoce hodnotný materiál obrusných vrstev → do obrusu
- ▶ V Německu je materiál poskytován investorem bezúplatně → výrobce musí přidat R-materiál do vyráběné směsi
- ▶ V ČR se za vyfrézovaný materiál platí, materiál se netřídí podle vrstev, menší motivace

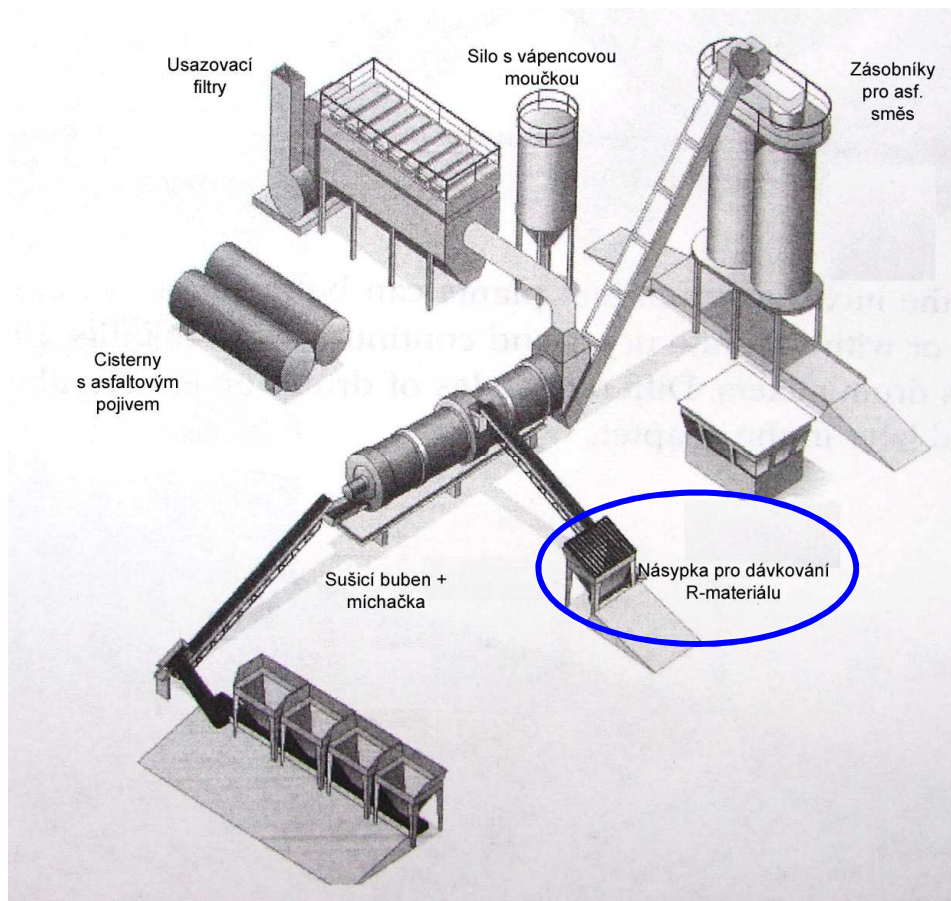
15

B. Předehřívání R-materiálu v paralelním bubnu



16

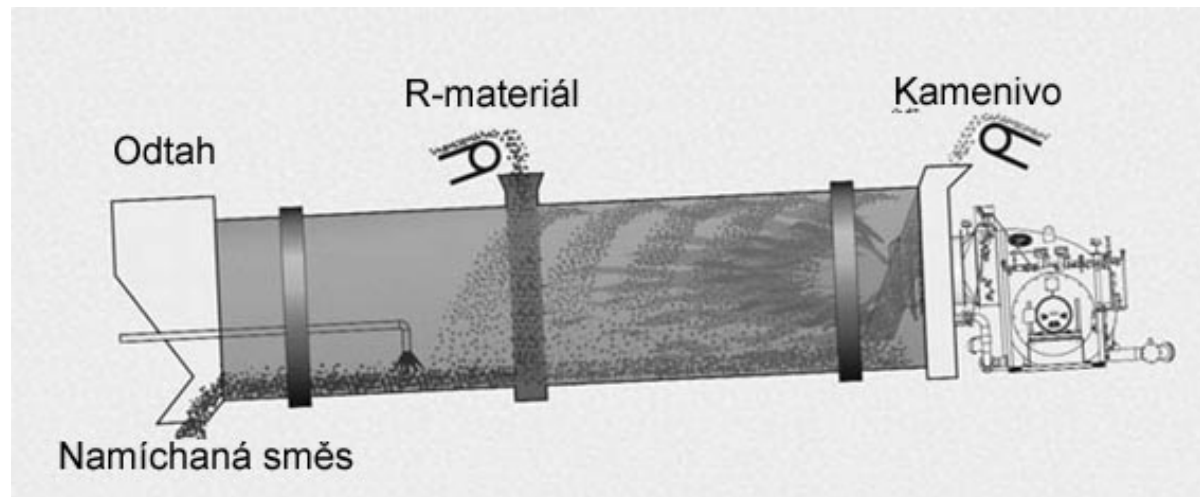
C. Metoda Drum – mix, kontinuální obalovna



C. Metoda Drum - mix

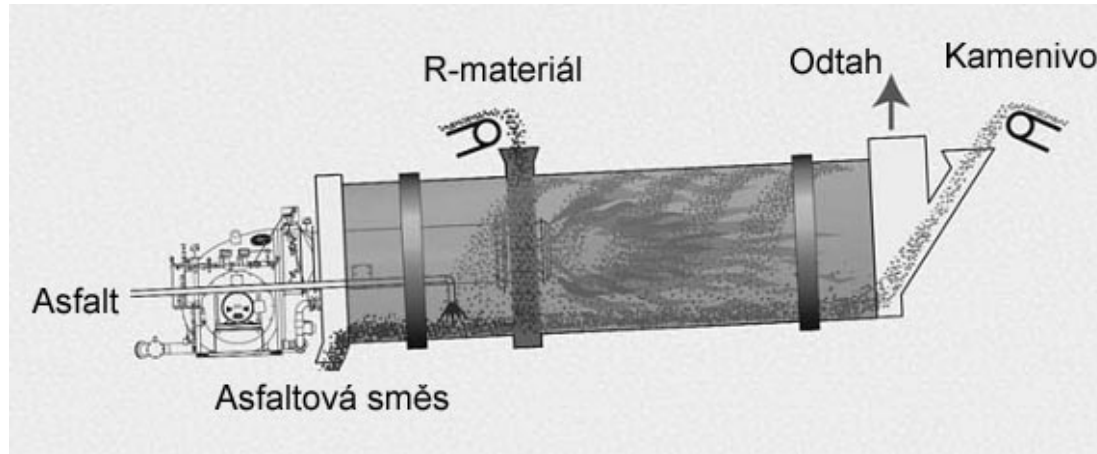
- ▶ V USA cca 80 % kontinuálních obaloven
- ▶ Nutno zajistit konstantní kvalitu vstupních materiálů
- ▶ 3 způsoby přidávání R-materiálu:

a) R-materiál se přidává souběžně s proudem horkého vzduchu

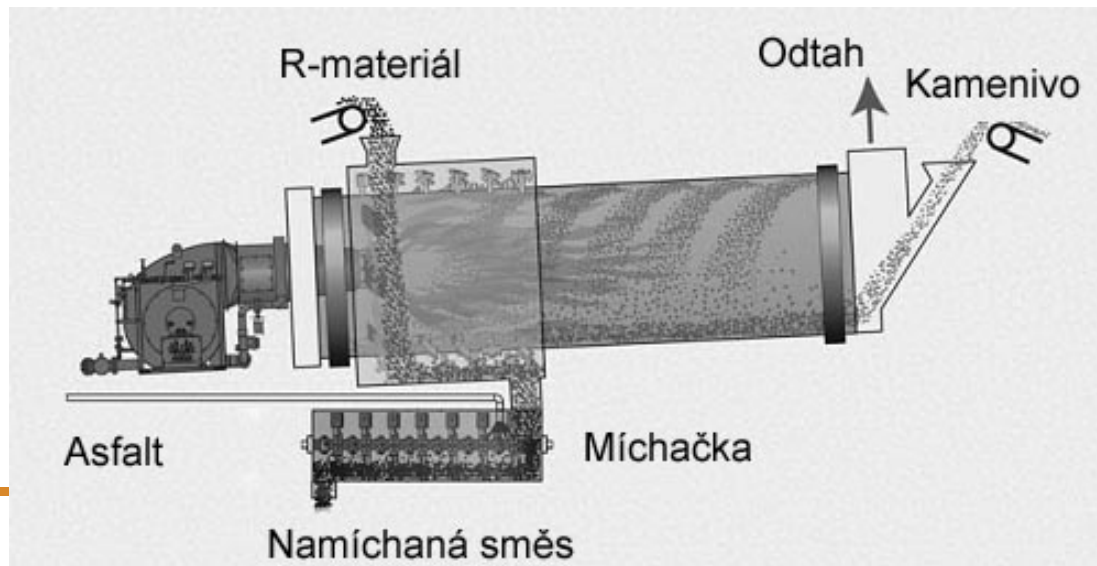


18

b) Proti proudu horkého vzduchu



c) Separátní vysoušení R-materiálu, míchání v míchačce



Přípustné množství R-materiálu pro AC: od 2008/2019

2008

Obrusné vrstvy		Ložní vrstvy		Podkladní vrstvy	
Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)
ACO 8	25	ACL 16 S	30/15 ¹⁾²⁾	ACP 16 S	50 ¹⁾
ACO 8 CH	25	ACL 16 +	30 ¹⁾	ACP 16 +	60
ACO 11 S	–	ACL 16	40	ACP 22 S	50 ¹⁾
ACO 11 +	–	ACL 22 S	30/15 ¹⁾²⁾	ACP 22 +	60
ACO 11	25	ACL 22 +	30 ¹⁾		
ACO 16 S	–	ACL 22	40		
ACO 16 +	–				
ACO 16	25				

2019

Obrusné vrstvy		Ložní vrstvy		Podkladní vrstvy	
Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)
ACO 8	25	ACL 16 S	30/15 ¹⁾	ACP 16 S	50
ACO 8 CH	25	ACL 16 +	30	ACP 16 +	60
ACO 11 S	15	ACL 16	40	ACP 22 S	50
ACO 11 +	15	ACL 22 S	30/15 ¹⁾	ACP 22 +	60
ACO 11	25	ACL 22 +	30		
ACO 16 S	15	ACL 22	40		
ACO 16 +	15				
ACO 16	25				

20

Přípustné množství R-materiálu pro AC: od 2019/2020?

2019

Obrusné vrstvy		Ložní vrstvy		Podkladní vrstvy	
Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)
ACO 8	25	ACL 16 S	30/15 ¹⁾	ACP 16 S	50
ACO 8 CH	25	ACL 16 +	30	ACP 16 +	60
ACO 11 S	15	ACL 16	40	ACP 22 S	50
ACO 11 +	15	ACL 22 S	30/15 ¹⁾	ACP 22 +	60
ACO 11	25	ACL 22 +	30		
ACO 16 S	15	ACL 22	40		
ACO 16 +	15				
ACO 16	25				

2020?

Obrusné vrstvy		Ložní vrstvy		Podkladní vrstvy	
Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)	Druh směsi	R-materiál (%)
ACO 8	35	ACL 16 S	40	ACP 16 S	60
ACO 8 CH	35	ACL 16 +	50	ACP 16 +	70
ACO 11 +	30	ACL 16	50	ACP 22 S	60
ACO 11	35	ACL 22 S	40	ACP 22 +	70
ACO 16 +	30	ACL 22 +	50		
ACO 16	35	ACL 22	50		

2. Recyklace v míchacím centru za studena

Recyklace v míchacím centru za studena

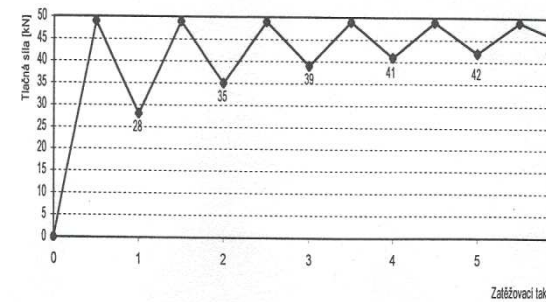
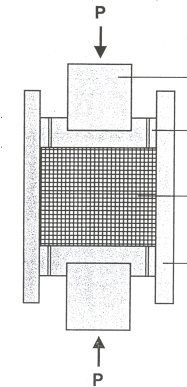


Recyklace v míchacím centru za studena

- ▶ Použití mobilních nebo semimobilních jednotek
- ▶ Vyfrézovaná asfaltová směs se dopravuje ze stavby
- ▶ V míchacím centru se smíchá s asfaltovou emulzí nebo pěnoasfaltem
- ▶ Možné přidání cementu 1 - 2 %, popř. vápenný hydrát
- ▶ Vyrobená směs se pokládá finišery a hutní zejména těžkými nebo pneumatikovými válci
- ▶ Dosahovaná mezerovitost se pohybuje cca 8 – 12 %
- ▶ Vibrační hutnění není tak účinné

Recyklace v míchacím centru za studena

- ▶ Hutnění těles se provádí lisováním (TP208, prEN 12697-56)
- ▶ Postup lisování vyžaduje pro každou kombinaci pojiv 6 těles
- ▶ Zkušební tělesa o \varnothing 150 mm a výšce 125 mm
- ▶ Statické zhutnění zkušebních těles, síla 88,5 kN, (5 MPa), průběh zatížení dle obrázku
- ▶ Vyhodnocení pevnosti (ITSR) a mezerovitosti



Laboratorní hutnící zařízení

Hutnící sestava



Stanovení pevnosti v příčném tahu ITSR (popř. modulu tuhosti)




27

3. Recyklace na místě za horka

3) Recyklace na místě za horka (TP 209)

- ▶ Celkem 5 kategorií recyklace za horka

Obecný postup:

- ▶ Nahřátí vozovky pomocí infrazářičů
- ▶ Remixer  rozpojení rozehrátého povrchu
- ▶ Promíchání asfaltové směsi (popř. přidání dalších složek – kamenivo, asfaltová směs)
- ▶ Rozprostření směsi finišerem, předhutnění

Recyklace na místě za horka

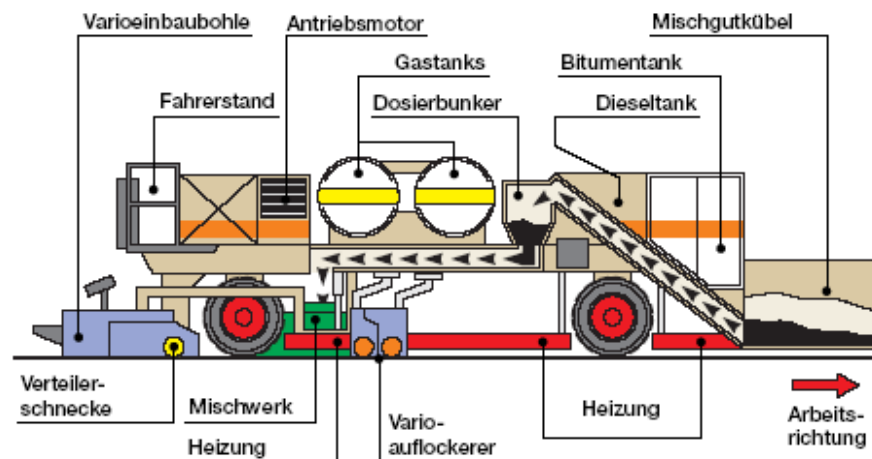
- ▶ Rozehřátí pomocí infrazářičů



Recyklace za horka - nahřívání povrchu vozovky

Recyklace na místě za horka

- Frézování, promíchání (+ přidání materiálů), znovu položení



Recyklace na místě za horka

Regrip - Technologie zlepšení protismykových vlastností

- ▶ Nahřátí stávajícího povrchu
- ▶ Podrcení kamenivem úzké frakce
- ▶ Zaválcování

Reshape - Technologie úpravy příčného profilu

- ▶ Nahřátí stávajícího povrchu
- ▶ Rozpojení a promíchání asfaltové směsi
- ▶ Znovu položení směsi v příčném a podélném směru

Recyklace na místě za horka

Repave - Úprava příčného profilu s položením nové vrstvy

- ▶ Nahřátí stávajícího povrchu
- ▶ Rozpojení a promíchání asfaltové směsi
- ▶ Znovu položení směsi v příčném a podélném směru
- ▶ Položení nové asfaltové vrstvy na urovnanou vrstvu
- ▶ Zhutnění obou vrstev současně

Remix - Recyklace asfaltové vrstvy za horka na místě

- ▶ Rozprostření přidávaného kameniva na povrch vozovky (pouze pokud se přidává kamenivo)
- ▶ Nahřátí stávajícího povrchu
- ▶ Rozpojení a promíchání asfaltové směsi s přidáním potřebných materiálů (přísady, asfalt, asf. směs)
- ▶ Znovu položení směsi v příčném a podélném směru

33

Recyklace na místě za horka

Remix plus - Recyklace asfaltové vrstvy za horka na místě se současnou pokládkou nové vrstvy

- ▶ Rozprostření přidávaného kameniva na povrch vozovky (pouze pokud se přidává kamenivo)
- ▶ Nahřátí stávajícího povrchu
- ▶ Rozpojení a promíchání asfaltové směsi s přidáním potřebných materiálů (změkčovací přísady, asfalt, asf. směs)
- ▶ Znovu položení směsi v příčném a podélném směru
- ▶ Položení nové ohrusné vrstvy
- ▶ Zhutnění asfaltového souvrství

Recyklace na místě za horka

Výhody

- ▶ Oprava vozovky do hloubky až 55 mm (Reshape, Repave, Remix)
- ▶ Zvýšení kvality konstrukční vrstvy přidáním dalších komponentů (Remix)
- ▶ Zvýšit kvalitu stávající obrusné vrstvy a současně vozovku zesílit až do tloušťky 50 mm (Remix plus)
- ▶ Zvýšení pohodlí jízdy a bezpečnosti
- ▶ Prodloužení životnosti asfaltového krytu
- ▶ Ochrana životního prostředí
- ▶ Nízká ekonomická a časová náročnost

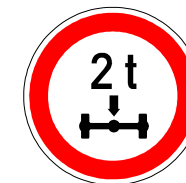
4. Recyklace na místě za studena

Recyklace na místě za studena

Historický vývoj :

- ▶ První pokusy po II.světové válce ve Velké Británii
- ▶ Od poloviny 80. let rozvoj díky:
 - lepší znalosti vlastností cementu a materiálů
 - použití nových výkonnějších strojů
 - rostoucí ekologické povědomí
- ▶ V současné době nejvíce v USA, Austrálii, Německu, Japonsku, Jižní Africe, Španělsku
- ▶ Recyklace se začala prosazovat v ČR po roce 1989

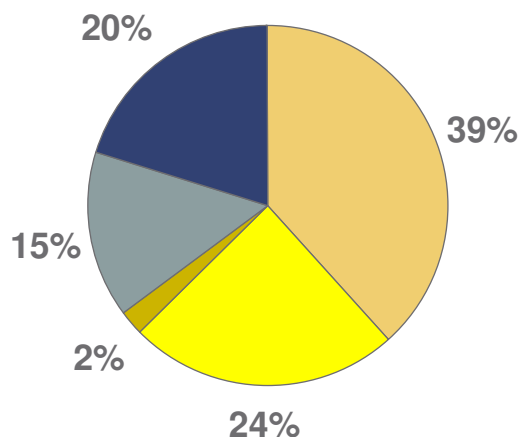
Potřeba recyklace na místě za studena !



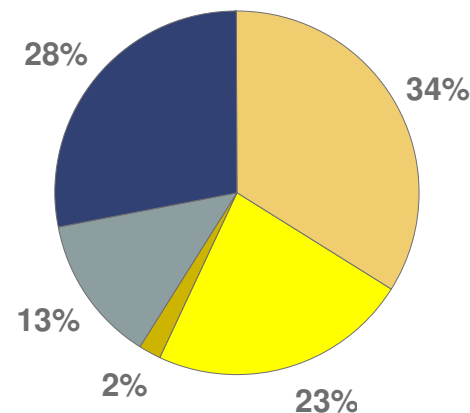
► V ČR 15 tis.km silnic II.třídy a 40 tis. km silnic III.třídy

Stav silnic v ČR:

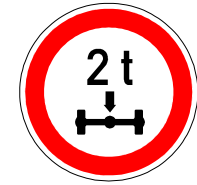
Silnice II. třídy



Silnice III. třídy



Stav silnic II. a III. třídy

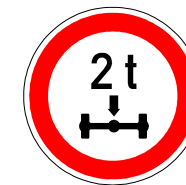


- ▶ Kryt vozovek silnic II. a III. třídy tvoří většinou penetrační makadam, někdy i ve více vrstvách
- ▶ Hlavní poruchy – výtluky, síťové trhliny + deformace → ztráta únosnosti, rozpad vozovky



39

Kompletní rozpad vozovky



40

Rozdělení recyklovaných směsí podle druhu a množství dávkovaného pojiva

Asfalticky dominantní stmelení

- Při vysokém obsahu asfaltového podílu v recyklované vozovce,
- U materiálů s plynulou čarou zrnitosti (buď stávající nebo po přidání dalších frakcí)
- U konstrukcí vozovek vyžadujících „netuhé“ provedení
- Dostatečně únosné vozovky

Hydraulicky dominantní stmelení

- Při „nepříznivé“ zrnitosti v oboru mezních čar
- V případech, kdy není možné zlepšit čáru zrnitosti
- V případech, kdy se očekávají značné výkyvy homogenity materiálu
- Při nízké únosnosti vozovky

Technologie recyklace za studena podle hloubky provádění

- ▶ Celková recyklace (120 mm – 250 mm)
- ▶ Částečná recyklace (max. 120 mm)
- ▶ Kvalitativní zlepšení nezpevněných štěrkových vozovek (do hloubky 100-150 mm)

Celková/částečná recyklace za studena

1. Celková recyklace, 120 - 250 mm

- ▶ Většinou vozovky s penetračním makadamem
- ▶ Nebo po odfrézování asf. vrstev recyklace zbývajících asf. vrstev s podkladními vrstvami
- ▶ Zlepšení únosnosti (síťové trhliny + deformace)
- ▶ Recyklace bez drcení a třídění frézovaného materiálu
- ▶ Pro zlepšení zrnitosti – přidání kameniva (např. 0-4)

2. Částečná recyklace, max. 120 mm

- ▶ Hutněné asfaltové vrstvy
- ▶ Povrchové poruchy (vypírání pojiva → hloubková koroze, mozaikové trhliny, výtlučky atd.)
- ▶ Recyklace s předrcením frézovaného materiálu
- ▶ Předrcení frézovaného materiálu na max. D

43

Recyklace na místě za studena

Co se recykluje ?

- ▶ Nestmelené a značně nehomogenní vrstvy
- ▶ Částečně stmelené vrstvy (penetrační makadam)
- ▶ Asfaltové vrstvy vozovek



Bez pojiva x s pojivem

Recyklace bez pojiva

- ▶ Reprofilace nebo vrstva z recyklovaného kameniva (např. z betonového recyklátu 0/32)
- ▶ Výsledné vrstvy → ŠD nebo MZK jako z drceného kameniva
- ▶ Použití → (ochranná vrstva)/ podkladní vrstva

Recyklace s přidáním pojiv

- ▶ Zhodnocení stávajícího materiálu
- ▶ Dosažení únosnosti celé konstrukce vozovky
- ▶ Úspora v tloušťkách následně kladených konstrukčních vrstev

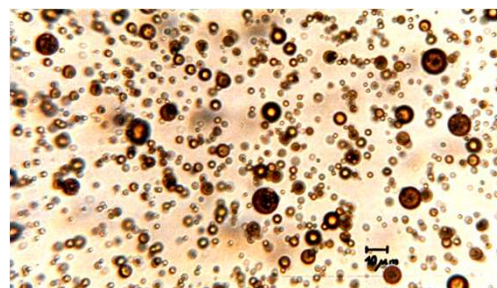
Použití druhů pojiva při recyklaci

- ▶ Cement - rychlý nárůst pevnosti, nehomogenní materiál, únosnost vozovky kolísá
- ▶ Cement+vápno - materiály, např. znečištěné jílovitými příměsemi, snížení rizika smršťovacích trhlin
- ▶ Asfaltová emulze - vyfrézovaný materiál většinou asfaltových hutněných vrstev je smíchán s asfaltovou emulzí a potřebným množstvím vody, výsledný materiál má povahu asfaltové směsi zpracovávané za studena
- ▶ Cement+asfaltová emulze - kombinace obou pojiv je výhodná pro zajištění požadované pevnosti a zároveň větší flexibility
- ▶ Pěnoasfalt - snadnější obalení materiálu

Cement

- ▶ třídy 32,5 – cement střední pevnosti

Asfaltová emulze



- ▶ kationaktivní asfaltová emulze s vysokou stabilitou
- ▶ asf. emulze s cementem – nutno prokázat vzájemnou snášlivost
- ▶ optimální obsah asf. v asf.emulzi 55-65 %

Celková recyklace za studena – další přednáška

- ▶ 2 základní typy fréz, → Wirtgen WR240



- ▶ Fréza s míchacím zařízením a lištou jako u finišeru

Technologický postup pro částečnou recyklaci asfaltových vrstev (součást TP208)

- ▶ Frézování asfaltových vrstev vozovky silniční frézou
- ▶ Třídění a předrcení materiálu
- ▶ Dávkování pojiv k R–materiálu
- ▶ Míchání směsi
- ▶ Sběr recyklované směsi z podélné hrázky do násypky finišeru pomocí elevátoru
- ▶ Pokládka recyklované vrstvy finišerem
- ▶ Hutnění nové vrstvy a její ošetřování
- ▶ Uzavření povrchu nátěrem s podrcením nebo položení dalších asfaltových vrstev po vyzrání vrstvy

Mechanizace a strojní vybavení

- ▶ Zásobníková cisterna s emulzí
- ▶ Silniční fréza ROADTEC RX – 900
- ▶ Jednotka pro třídění, drcení a míchání recyklátu s emulzí
- ▶ Sběrač a podavač namíchané směsi
- ▶ Finišer
- ▶ Těžké hutnicí vibrační a pneumatikové válce
- ▶ Další mechanismy → distributory cementu

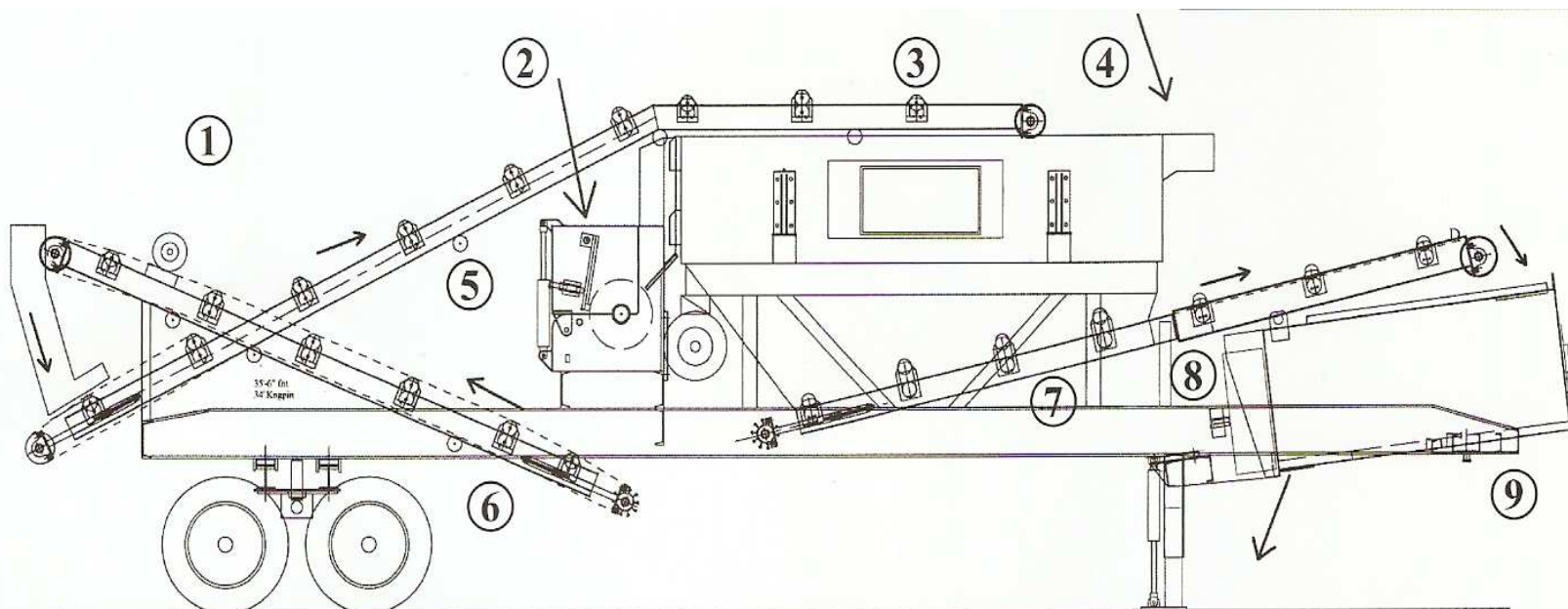


Jednotka pro třídění, drcení a míchání R-materiálu s emulzí

- ▶ Třídění a drcení → výroba homogenní studené asfalt. směsi
- ▶ Vibrační síta (2 úrovně sít, proměnná amplituda a frekvence)
- ▶ Čelist'ový drtič (drcení velkých zrn)
- ▶ Dvouhřídelový lopatkový mísič (míchání recyklátu s emulzí)
- ▶ Prům. výkon zařízení 400 t/ hod
- ▶ Dávkování pojiv řídí počítačová jednotka



Konstrukční schéma recyklační jednotky



- | | |
|---|--|
| 1. Dopravní pás pro předrcený materiál – všechny materiál musí projít sítí před mícháním. | 6. Říditelná zadní dvojnáprava – umožňuje i boční vysunutí rámu na obě strany o 6% šířky |
| 2. Drtič 94 KW. Dvouřadový, odrazový – seřiditelná konstrukce. | 7. Řídicí jednotka |
| 3. Dvoupodlažní síťový tříděč – seřiditelná amplituda, úhel frekvence, oscilace. | 8. Dvouhřídelová míchačka |
| 4. Otvor pro vyfrézovaný materiál | 9. Vypouštěcí otvor recyklované asfaltové směsi |
| 5. Hydraulicky ovládané vstupní a výstupní otvory | |

Sběrač a podavač recyklované směsi



53

Hutnění : těžké statické a pneumatikové válce



Některé realizované stavby v ČR

Silnice I/ 56 Frýdek Místek - Hlavatá

- Pojivo: asf. emulze + cement nebo pouze emulze
- Celková délka úseku cca 4 km
- Na vyztuženou vrstvu dalších 100 mm hutněných asf. vrstev



Pohled na recyklační sestavu



Hotová vrstva - kontrola míry zhutnění radiosondou TROXLER

55

Některé realizované stavby v ČR

Silnice III/ 4916 Slušovice

- Pojivo: asf. emulze
- Délka opraveného úseku 800 m



56

Děkuji za pozornost !