



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FAST VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

# Fakulta stavební

---

Pozemní komunikace-navrhování a stavba

Petr Bureš, Denisa Cihlářová, Vladimíra Pchálková, Miloslav Řezáč, Tomáš Seidler

# OBSAH

Obsah.....	1
1 Úvod.....	1
2 Materiály na stavbu vozovek.....	2
2.3 Kamenivo.....	2
2.3.1 Rozdělení kameniva podle původu.....	3
2.3.2 Rozdělení kameniva podle vzniku zrn.....	4
2.3.3 Požadavky na vlastnosti kameniva pro asfaltové směsi.....	6
2.3.4 Filer.....	11
2.3.5 Kamenivo se získává.....	12
2.4 Hydraulická pojiva.....	16
2.4.1 Cement.....	17
2.4.2 Vápno.....	18
2.4.3 Ostatní pojiva.....	18
2.5 Asfaltové pojiva.....	19
2.5.1 Živice (bitumen).....	20
2.5.2 Asfalt.....	20
2.5.3 Charakteristické vlastnosti asfaltů.....	22
2.5.4 Základní rozdělení asfaltů.....	22
2.5.5 Průmyslová výroba asfaltů.....	24
2.5.6 Zkoušení asfaltových pojiv.....	26
2.5.7 Modifikované asfalty.....	33
2.5.8 Asfaltové emulze.....	34
2.5.9 Multigrádová asfaltová pojiva.....	35
2.5.10 Ředěné asfalty.....	35
3 Spodní stavba.....	39
3.1 Zemní těleso pozemních komunikací.....	39
3.2 Stavební materiály zemního tělesa pozemních komunikací.....	41
3.2.1 Zeminy.....	41
3.2.2 Druhotné suroviny.....	47
3.2.3 Kamenitá sypanina.....	48
3.2.4 Uměle vyrobené materiály.....	50

3.2.5	Geosyntetika .....	50
3.2.6	Ocelové výztužné prvky .....	51
3.3	Inženýrskogeologický průzkum.....	51
3.4	Podloží vozovky.....	52
3.4.1	Charakteristiky podloží.....	52
3.4.2	Ochrana .....	53
3.4.3	Úprava a sanace podloží .....	54
3.4.4	Vodní režim podloží .....	60
3.5	Zemní práce .....	62
3.5.1	Přípravné práce .....	62
3.5.2	Výkopy .....	64
3.5.3	Stavba zemního tělesa .....	67
3.5.4	Kontrolní zkoušky při provádění a po dokončení zemního tělesa .....	72
3.5.5	Dokončovací práce .....	78
4	Konstrukční vrstvy vozovky .....	80
4.1	Rozdělení .....	80
4.1.1	Kryt .....	81
4.1.2	Podkladní vrstva .....	82
4.1.3	Ochranná vrstva.....	82
4.2	Návrh konstrukce vozovky.....	82
4.2.1	Návrhová úroveň porušení vozovky.....	83
4.2.2	Dopravní zatížení.....	83
4.2.3	Podloží vozovky .....	84
4.2.4	Poměr únosnosti CBR .....	85
4.2.5	Klimatické podmínky .....	86
5	Nestmelené podkladové vrstvy.....	90
5.1	Základní rozdělení .....	93
5.1.1	MZK – mechanicky zpevněné kamenivo, MZK <sub>O</sub> – mechanicky zpevněné kamenivo otevřené .....	93
5.1.2	ŠD <sub>A</sub> ŠD <sub>B</sub> – šterkodrť.....	94
5.1.3	ŠP <sub>A</sub> ŠP <sub>B</sub> – šterkopísek.....	94
5.1.4	VŠ – vibrovaný šterk .....	94
5.1.5	MZ- mechanicky zpevněná zemina.....	94

5.2	Nestmelené směsi požadavky a zkoušení.....	95
5.2.1	Požadavky na kamenivo pro nestmelené směsi .....	95
5.2.2	Požadavky na zeminu pro nestmelené směsi .....	95
5.2.3	Požadavky na nestmelené směsi.....	96
5.2.4	Nestmelené směsi zkoušení .....	97
5.3	Stavební práce .....	98
5.3.1	Tloušťky vrstev.....	99
5.3.2	Rozprostírání a hutnění.....	99
5.3.3	Technologie .....	100
5.4	Průkazní, kontrolní a přebírací zkoušky.....	101
5.4.1	Kontrolní zkoušky směsi .....	101
5.4.2	Kontrolní zkoušky hotové vrstvy.....	101
6	Podkladní vrstvy stmelené hydraulickým pojivem.....	106
6.1	Kamenivo stmelené hydraulickými pojivy .....	108
6.1.1	Směsi stmelené cementem SC $C_{x/x}$ .....	109
6.1.2	Směsi stmelené struskou SS $C_{x/x}$ .....	110
6.1.3	Směsi stmelené popílkem SP $C_{x/x}$ .....	110
6.1.4	Směsi stmelené hydraulickými pojivy SH $C_{x/x}$ .....	111
6.2	Směsi ze zemin stmelených hydraulickými pojivy .....	111
6.2.1	Zeminy upravené cementem ZC $C_{0,8/1,0}$ .....	111
6.2.2	Zeminy s příměsí vápna.....	111
6.2.3	Ostatní směsi .....	112
6.3	Prolévané podkladní vrstvy.....	112
6.4	Stavební práce .....	113
6.4.1	Výroba směsi .....	113
6.4.2	Doprava a pokládka .....	113
6.4.3	Hutnění .....	114
6.4.4	Ošetřování a ochrana povrchu.....	114
6.4.5	Technologie .....	114
6.5	Průkazní, kontrolní a přebírací zkoušky.....	115
6.5.1	Při výrobě a pokládce se kontrolují: .....	115
6.5.2	Prokázání zlepšení zeminy .....	115
6.5.3	Kontrola hotové stmelené vrstvy .....	116

7	Asfaltové vrstvy vozovek .....	119
7.1	Rozdělení asfaltových směsí .....	120
7.1.1	Základní rozdělení asfaltových směsí dle složení (systému) .....	120
7.1.2	Základní rozdělení asfaltových směsí dle typu směsi .....	120
7.2	Ostatní směsi nespádající pod ČSN EN řady 13108 .....	127
7.3	Zkoušení asfaltových směsí .....	128
7.3.1	Empirické vlastnosti .....	128
7.3.2	Zkoušení funkčních vlastností .....	137
7.4	Výroba asfaltových směsí .....	141
7.4.1	Šaržové obalovny .....	142
7.4.2	Kontinuální obalovny .....	144
7.4.3	Výroba litého asfaltu .....	146
7.5	Doprava, pokládka a hutnění asfaltových směsí .....	147
7.5.1	Doprava asfaltové směsi na stavbu .....	147
7.5.2	Pokládka hutněných asfaltových směsí .....	150
7.5.3	Hutnění asfaltových směsí .....	153
7.6	Postřikové technologie, nátěry a emulzní kalové vrstvy .....	166
7.6.1	Postřiky .....	166
7.6.2	Nátěrové technologie .....	168
7.6.3	Penetrační makadam .....	171
7.6.4	Emulzní kalové vrstvy .....	171
7.7	Počáteční, kontrolní a přejímací zkoušky .....	176
7.7.1	Počáteční zkouška typu - ITT (Initial Type Test) .....	176
7.7.2	Kontrolní zkoušky během výroby .....	177
7.7.3	Zkoušky hotové vrstvy .....	178
8	Cementobetonové kryty vozovek .....	181
8.1	Výhody a nevýhody CB krytů .....	182
8.1.1	Výhody .....	182
8.1.2	Nevýhody .....	182
8.2	CB směsi pro stavbu vozovek .....	184
8.2.1	Materiály .....	184
8.2.2	Výroba směsi .....	185
8.3	Technologie CB krytů .....	187

8.3.1	Druhy CB krytů.....	187
8.3.2	Rozměry CB desek .....	189
8.3.3	Spáry .....	189
8.3.4	Ostatní .....	191
8.4	Pokládka, zhutňování a konečná úprava CB krytů .....	192
8.4.1	Pokládka .....	192
8.4.2	Úprava povrchu.....	193
8.4.3	Ošetření povrchu .....	195
9	Dlážděné vozovky .....	196
9.1	Úvod .....	197
9.2	Materiál dlažebních prvků.....	198
9.3	Ložní vrstva dlažeb.....	201
9.4	Stavba .....	201
9.5	Vady .....	203
9.6	Shrnutí kapitoly.....	203
10	Recyklace a využití materiálů při stavbě asfaltových vozovek .....	207
10.1	Recyklace za horka na místě .....	208
10.1.1	Reshape .....	208
10.1.2	Repave .....	209
10.1.3	Remix .....	209
10.1.4	Remix Plus .....	210
10.1.5	Recyklace v mobilním zařízení .....	211
10.2	Využití recyklovaných stavebních materiálů do asfaltových směsí .....	212
10.2.1	Použití R-materiálu pro výrobu asfaltových směsí .....	212
10.2.2	Použití pryžových granulátů pro výrobu asfaltových směsí .....	214
11	Diagnostika vozovek.....	219
11.1	Diagnostický průzkum vozovky .....	220
11.1.1	Vizuální prohlídka .....	221
11.1.2	Prohlídka vozidlem ARAN .....	222
11.1.3	Podmínky prohlídky .....	223
11.2	Druhy poruch.....	224
11.2.1	Ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky .....	225
11.2.2	Ztráta hmoty z krytu .....	226

11.2.3	Trhliny.....	229
11.2.4	Konstrukční poruchy.....	234
11.2.5	Jiné poruchy.....	240
11.3	Únosnost vozovek.....	242
11.3.1	Měření únosnosti podkladních vrstev.....	242
11.3.2	Měření únosnosti na povrchu vozovek.....	244
11.3.3	Stanovení zbytkové životnosti vozovky.....	250
11.4	Odběr vzorků.....	250
11.5	Laboratorní rozborů a zkoušky.....	250
11.6	Stanovení příčin poruch.....	250
11.7	Návrh opravy.....	251
12	Oprava a údržba tuhých a netuhých vozovek.....	253
12.1	Oprava a údržba obecně.....	254
12.2	Poruchy netuhých vozovek.....	254
12.2.1	Ztráta hmoty.....	254
12.2.2	Trhliny.....	256
12.2.3	Deformace vozovky.....	259
12.3	Technologie údržby netuhých vozovek.....	262
12.3.1	Technologie běžné údržby.....	262
12.3.2	Souvislá údržba.....	264
12.3.3	Technologie oprav trhlin.....	265
12.3.4	Technologie oprav trvalých deformací.....	266
12.3.5	Technologie oprav únosnosti vozovky.....	267
12.3.6	Technologie recyklace vrstev vozovek.....	267
12.3.7	Celková rekonstrukce vozovky.....	267
12.4	Poruchy tuhých vozovek.....	268
12.4.1	Poruchy povrchu.....	270
12.4.2	Poruchy na spárách bez destrukcí.....	270
12.4.3	Poruchy ve spárách s destrukcemi.....	271
12.4.4	Trhliny.....	272
12.4.5	Deformace nivelety.....	272
12.4.6	Poruchy oprav.....	273
12.5	Opravy poruch tuhých vozovek.....	274

12.5.1	Opravy povrchu .....	274
12.5.2	Opravy na spárách a trhlinách.....	275
12.5.3	Opravy konstrukčních poruch .....	276
12.5.4	Překrývání / zesilování.....	277
13	Systém hospodaření s vozovkou .....	280
13.1	Úvod.....	281
13.2	Historie .....	281
13.3	Základní dělení SHV .....	282
13.4	Funkce a základní stupně SHV .....	283
13.4.1	Aktualizace a sběr dat .....	285
13.4.2	Databáze a správa dat.....	287
13.4.3	Klasifikace stavu vozovek.....	288
13.4.4	Sestavení plánu údržby a oprav .....	291
13.4.5	Proces rozhodování.....	292
13.4.6	Realizace opatření.....	294
13.5	Přínosy a výhody systému hospodaření s vozovkou.....	294
13.6	Systém hospodaření s vozovkou v ČR (Software) .....	295
13.6.1	Dálnice a silnice I. třídy.....	295
13.6.2	Silnice nižších tříd.....	296



## 1 ÚVOD

Význam dopravy pro ekonomiku, rozvoj společnosti a mobilitu, jako funkci atraktivity sídel, prostupnost krajiny a řadu dalších oblastí lidské činnosti je nesporný. Rozšiřováním Evropské unie dochází k dalšímu zvýšení volného pohybu osob a zboží. Na druhou stranu ale tím také vyvstaly problémy spojené s dopravou, např. kongesce a nehody na silnicích, zpoždění v letecké dopravě, problém bezpečnosti nebo rozvoj námořní dopravy.

Proces zkvalitňování dopravní infrastruktury je v různých státech nadále rozvíjen dostavbou celého systému, subsystémů, ale i jednotlivými prvky konkrétního dopravního skeletu. Nárůst nároků na přepravu vyžaduje také realizovat cílené dopravně - organizační opatření zásahy do komplikovaného dopravního procesu tak, aby mohly být využity rezervy stávající komunikační sítě a zajištěn pokud možno plynulý a bezpečný provoz dopravy. Podíl silniční dopravy na přepravách nákladů i osob je stále významný a ani v blízké budoucnosti nelze předpokládat jeho snížení v celkové dělbě přepravní práce. Sledovaná hlediska hodnocení dopravy, zejména hospodárnost a vliv na životní prostředí, je do značné míry závislý na technických parametrech dálnic, silnic, místních a účelových komunikací jejich důležitého prvku – vozovky. Provozní způsobilost a výkonnost pozemních komunikací z velké míry předurčují jejich životnost, bezpečnost provozu na nich a v neposlední míře i rozsah negativních důsledků dopravy na životní prostředí v jejich okolí.

Publikace je přehledným souhrnem dané problematiky v oblasti materiálů, stavby zemního tělesa, navrhování konstrukcí pozemních komunikací, realizace podkladních vrstev a krytů vozovek. Pozornost je věnována také hospodaření s dopravní infrastrukturou, diagnostikování poruch, údržbě a opravám vozovek. Nástrojem pro efektivní návrh, stavbu, kontrolu a údržbu pozemních komunikací a vozovek je výpočetní technika.

Z uvedeného je patrné, jak široká je problematika, kterou se dopravní stavitelství v této etapě vývoje poznání zabývá a publikace si neklade za cíl podat kompletní informaci návod na řešení veškeré problematiky, zejména na návaznost souvisejících disciplín (dopravní inženýrství, geotechniku, konstrukce souvisejících staveb aj.).

Při zpracování jednotlivých kapitol byl kladen důraz na jejich srozumitelnost, věcnost a zejména na současně aktuální pohled na přístup k řešení konkrétních problémů.

Závěrem děkujeme recenzentům

jakož i svým kolegům a spolupracovníkům za jejich cenné rady a připomínky.

## 2 MATERIÁLY NA STAVBU VOZOVEK

Pro stavbu pozemních komunikací lze použít různé materiály, závisí na tom, kde se komunikace staví a k jakému účelu bude sloužit. Jsou to především:

- neupravené přírodní materiály,
- druhotné suroviny,
- upravené přírodní materiály,
- umělé vyrobené materiály.



### K ZAMYŠLENÍ

Dále zaleží, pro jakou vrstvu v konstrukci vozovky bude materiál použit. Jiné požadavky se kladou na materiály ochranné a spodní podkladní vrstvy, jiné na podkladní vrstvy a speciální požadavky musí splňovat materiály pro kryty vozovky. V této kapitole jsou přiblíženy pouze tři základní materiály kamenivo, hydraulická pojiva a asfalty. Výroba a zpracování směsí z těchto materiálů jsou uvedené samostatně.



### CÍLE KAPITOLY

- Pochopit význam kameniva, hydraulických a asfaltových pojiv pro dopravní stavby.
- Zvládnout základní principy rozdělení těchto stavebních materiálů.
- Naučit se porozumět významu jednotlivých vlastností stavebních materiálů.
- Seznámit se způsoby výroby a využití jednotlivých materiálů.

### 2.3 Kamenivo



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Kamenivo je základním stavivem při stavbě i údržbě vozovek silnic, dálnic a místních komunikací. Jedná se o přírodní, nebo umělý zrnitý materiál určený pro stavební účely, jehož jednotlivé částice projdou kontrolním sítem se čtvercovými otvory velikosti 125 mm. V asfaltových i betonových směsích plní funkci plniva, jehož cílem je vytvářet pevnou a tlakově odolnou kostru, která vzniká vzájemným opřením a zaklíněním jednotlivých zrn. V silničním a železničním stavitelství se kamenivo rovněž používá k tvorbě uměle zhutněných těles a vrstev – např. násypů, kolejových loží a vozovkových vrstev.



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

2 hodiny



### KLÍČOVÁ SLOVA

Kamenivo přírodní, umělé, recyklované.

Kamenivo těžené, drcené a těžené předrcené.

Kamenivo pórovité, hutné a těžké.

Kamenivo hrubé, jemné a směs kameniva.

Frakce kameniva, nadsítné, podsítné, jemné částice a filer.

#### 2.3.1 Rozdělení kameniva podle původu

**přírodní** – anorganické kamenivo, získané těžením nebo drcením hornin z přírodních ložisek. K procesu rozdrůžování horniny dochází fyzikálně-mechanickým procesem, a to buď přirozeným zvětráváním, nebo drcením v drtičích, bez změny jejího chemického a mineralogického složení

**umělé** – kamenivo anorganického původu, které je záměrně vyráběno (např. keramzit), nejčastěji tepelným procesem (tavba kovů, spalování, termická expandace), nebo se jedná o odpadní materiál z průmyslové výroby (popílek, struska).

**recyklované** – kamenivo anorganického původu, které bylo dříve použito jako stavební materiál ve stavebních konstrukcích.



### SAMOSTATNÝ ÚKOL

Které recyklované kamenivo je vhodné k opětovnému použití jako stavební materiál a které naopak nikoliv?

### 2.3.2 Rozdělení kameniva podle vzniku zrn

**těžené** – přírodní kamenivo nejčastěji fluviálního (říčního), glacigenního (ledovcového), glaci-fluviálního (říčně-ledovcového) nebo eolického (naváté větrem) původu. Jedná se o sedimentární horniny typu písků, štěrků a štěrkopísků, které vznikají přirozeným rozpadem starších hornin a následným transportem vodou, ledovcem nebo větrem.

Těžené kamenivo se zpravidla vyznačuje zaoblenými tvary jednotlivých zrn a povrchem ohlazeným přirozenou cestou při transportu zvětralé horniny. Nejčastěji se těží z vodních toků a náplavů, následně se vytěžená surovina třídí, případně ještě zdrobňuje. Podíl předrcených zrn s nejméně jednou lomovou plochou by neměl přesáhnout 40 %.

**drcené** – kamenivo nejčastěji přírodního původu, které vzniká umělým drcením větších kusů horniny a následným tříděním. Může vznikat také drcením jiných anorganických materiálů, např. vysokopecní strusky. Drcené kamenivo je zpravidla charakteristické nepravidelným tvarem zrn, ostrými hranami a drsným lomovým povrchem.

**těžené předrcené** – kamenivo získané drcením zrn těženého kameniva o velikosti nad 2 mm s podílem drcených zrn (nejméně s jednou lomovou plochou) nad 40 % hmotnosti. Konkrétní podíl drcených zrn v daném rozmezí je závislý na intenzitě drcení.

Podle objemové hmotnosti

**pórovité** – kamenivo s objemovou hmotností do  $2 \text{ Mg.m}^{-3}$ . Někdy bývá pórovité kamenivo definováno také sypnou hmotností, která nesmí přesáhnout  $1,2 \text{ Mg.m}^{-3}$ . Z přírodních kameniv se jedná např. o vulkanické tufy a tufity, pemzu nebo křemelinu. Do skupiny umělých kameniv patří pórovitá kameniva, jako je škvára, keramzit, expandovaný perlit, expandovaný vermikulit. Pórovitým kamenivem recyklovaného původu je například cihelný recyklát. Pro využití v silničním stavitelství však velký význam nemají.

**hutné** – kamenivo s objemovou hmotností v rozmezí  $2 - 3 \text{ Mg.m}^{-3}$ . Mezi hutná kameniva patří většina těžených nebo drcených přírodních kameniv, protože objemová hmotnost základních horninotvorných minerálů – křemene, živců, kalcitu – se pohybuje okolo  $2,5$  až  $2,8 \text{ Mg.m}^{-3}$ .

Z umělých hutných kameniv se uplatňuje zejména hutná vysokopecní struska, hutným recyklovaným kamenivem je betonový recyklát. Hutná kameniva jsou základním materiálem v silničním stavitelství. Používají se na zásypy a vrstvy vozovek včetně asfaltových směsí.

**těžké** – kamenivo s objemovou hmotností nad  $3 \text{ Mg.m}^{-3}$ . Použití těžkého kameniva se uplatňuje zejména ve speciálních konstrukcích z těžkých betonů, které slouží jako ochrana proti radioaktivnímu nebo rentgenovému záření. Jedná se hlavně o použití v jaderné energetice, výzkumu nebo ve zdravotnictví k ochraně zdravotnického personálu a pacientů proti účinkům radiačního záření používaného k diagnostickým účelům.

Z přírodních hornin mohou těžké kamenivo poskytovat některé vyvřelé nebo přeměněné horniny s vysokým obsahem tmavých minerálů, bohatých na Fe a Mg, například masivní čediče nebo amfibolity. Jejich objemová hmotnost se však pohybuje jen mírně nad hranicí definující těžké kamenivo (zpravidla nepřesahuje  $3,1 \text{ Mg.m}^{-3}$ ).

Mezi těžká kameniva mohou patřit také některé minerály přírodního nebo syntetického původu (syntetický korund –  $4 \text{ Mg.m}^{-3}$ , baryt –  $4,5 \text{ Mg.m}^{-3}$ , magnetit a hematit – až  $5,3 \text{ Mg.m}^{-3}$ ).

Jako těžká kameniva se mohou rovněž používat ocelové broky, litinová drť nebo odpady z obrábění železa. Syntetický korund má, kromě vysoké hustoty, také velmi vysokou tvrdost (stupeň 9 podle Mohsovy stupnice tvrdosti), takže může sloužit jako kamenivo do betonů na mechanicky odolné podlahy nebo vozovky s nízkým obrusem.

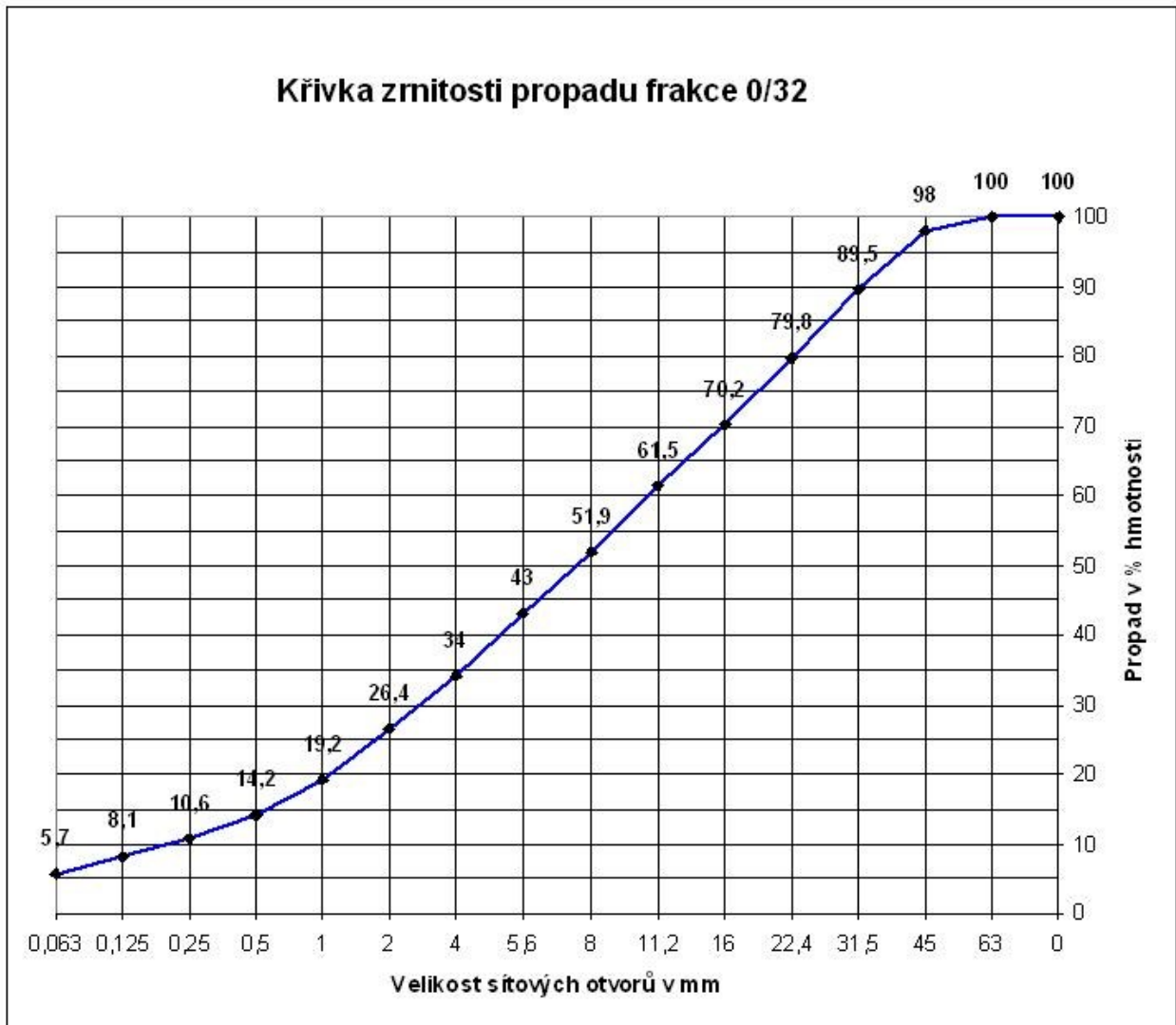
Podle velikosti zrna

- **hrubé kamenivo** – jehož max. zrna ( $D$ ) jsou větší nebo rovny 4 mm a min. zrna ( $d$ ) jsou menší nebo rovny 2 mm,
- **drobné kamenivo** – jehož zrna ( $D$ ) jsou menší nebo rovny 4 mm,
- **jemné částice** – frakce kameniva, která propadne sítím velikosti 0,063 mm,
- **směs kameniva** (šterkopisek, šterkodrt) – kamenivo, které je směsí hrubého a drobného kameniva těženého nebo drceného. Může být získáno bez oddělování hrubé a drobné frakce, nebo smícháním hrubého a drobného kameniva.

Na základě velikosti zrna je kamenivo tříděno do **frakcí**. Frakcí se rozumí označení kameniva podle velikosti ok dolního ( $d$ ) a horního ( $D$ ) síta. Frakce je tedy množina zrn kameniva, které propadnou horním sítím (horní mez frakce) a zachytí se na spodním sítu (dolní mez frakce). Velikostní rozmezí frakce se zapisuje ve formě  $d/D$ . Pokud je poměr otvorů sítí  $D/d$  větší než 2, potom je těmito sítím definována tzv. **široká frakce** (např. 0/4, 4/16, 8/22, 0/32, 0/63). **Úzká frakce** je vymezena sítím s poměrem velikosti otvorů menším nebo rovným 2 (např. 0/2, 2/4, 4/8, 8/11, 8/16, 11/22, 16/22, 32/63).

Kamenivo dodávané jako určitá frakce je vždy v daném frakčním rozmezí vytříděno pouze přibližně. Každá frakce tedy obsahuje určitý podíl zrn menších nebo větších než je uvedené frakční rozmezí. Podíl zrn, které jsou menší než  $d$  označujeme jako **podsítné**, zrna, která jsou větší než  $D$ , tvoří **nadsítné**.

Nejčastěji se ke stanovení zrnitosti využívá metoda síťového rozboru, který spočívá v postupném určení propadů (podílů) zrn menších, než je velikost ok jednotlivých kontrolních sítí sady. Zjištěná zrnitost se následně vyjadřuje pomocí tabulky, nebo se znázorňuje graficky jako čára zrnitosti. Čára zrnitosti je spojnicový diagram, kde je na vodorovné ose vynesena velikost ok použité sítové řady a na svislé ose jsou znázorněny příslušné hmotnostní podíly na jednotlivých sítích v procentech (s přesností na 0,1 % hmotnosti).



**Obrázek 01: Příklad čáry zrnitosti štěrkodrti 0-32**

Podle obsahu  $\text{SiO}_2$

Pro kamenivo používané ve stavebnictví je také důležitým hlediskem obsah  $\text{SiO}_2$  a minerální složení kameniva. Podle množství  $\text{SiO}_2$  se kamenivo dělí, na:

- **kyselé kamenivo** (obsah  $\text{SiO}_2$  nad 65 %),
- **neutrální kamenivo** (obsah  $\text{SiO}_2$  mezi 65 - 52 %),
- **zásadité kamenivo** (obsah  $\text{SiO}_2$  pod 52 % - pro asfaltové směsi nevhodné).

### 2.3.3 Požadavky na vlastnosti kameniva pro asfaltové směsi

Geometrické vlastnosti

- Zrnitost

Zrnitost, nebo li granulometrie kameniva, je základní charakteristikou z hlediska uspořádání kameniva ve směsi. Poskytuje informaci o poměrné skladbě zrn kameniva jednotlivých velikostí. U kameniva složeného z jednotlivých frakcí, se zrnitost stanovuje síťovým rozbořem dle ČSN EN 933 – 1. Kombinace dvou, nebo více než dvou sousedních frakcí kameniva, nebo směsí kameniva jsou dovoleny.

## - Frakce kameniva

Frakce kameniva se stanovuje pomocí velikostí sít 1; 2; 3; 4; 8; 16; 31,5 (32); 63; které tvoří základní řadu sít, nebo základní řadu doplněnou o řadu jedna (5,6 (5); 11,2 (11); 22,4 (22); 45; nebo kombinaci základní řady s řadou dvě (6,3 (6); 10; 12,5 (12); 14; 20; 40;. Vzájemná kombinace velikostí sít z řady 1 a 2 není přípustná.

Frakce kameniva se třídí podle poměru horního síta D k dolnímu sítu d, který nesmí být menší než 1,4.

## - Obsah jemných částic

Pokud je požadováno stanovení obsahu jemných částic, postupuje se podle ČSN EN 933 – 1. Výsledky se vyjádří dle příslušné kategorie, které jsou značeny písmenem f a číselnou hodnotou propadu sítím 0,063mm v procentech hmotnosti.

## - Jakost jemných částic

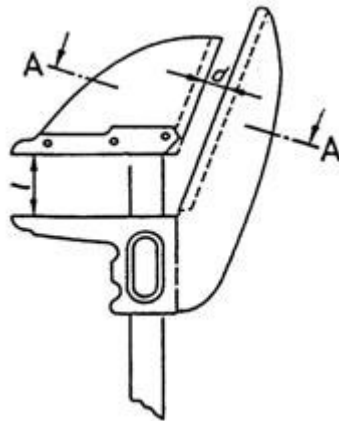
Pokud je obsah jemných částic v drobném kamenivu, nebo ve směsi kameniva 0/D s  $D \leq 8\text{mm}$ , menší než 3 %, nepožaduje se další zkoušení.

Pokud je obsah jemných částic v drobném kamenivu 3 – 10 % hmotnosti, musí se obsah nevhodných jemných částic ve frakci 0/0,125 mm stanovit jako hodnota methylenové modři podle ČSN EN 933 – 9. Kategorie pro vyhodnocení a zatřídění výsledných hodnot, jsou značeny MB a číselnou hodnotou maximálního množství methylenové modře v gramech na kilogram zkoušeného vzorku.

## - Tvarový index

Pokud se požaduje hodnota tvarového indexu, zkouší se dle ČSN EN 933 – 4. Deklaruje se v souladu s příslušnými kategoriemi SI doplněnými o číselnou hodnotu maximálního procentuálního podílu nevhodných, nekubických zrn.

Stanovuje se podíl zrn s tvarovým indexem větší jak 3, tj. poměr největšího a nejmenšího rozměru zrna 3:1 (na speciálním posuvném měřítku určenému pro zkoušky kameniva).



Obrázek 02: Schéma posuvného měřítka pro stanovení tvarového indexu



Obrázek 03: Stanovení tvarového indexu – největší rozměr zrna





**Obrázek 04: Stanovení tvarového indexu – nejmenší rozměr zrna**

- Tvar zrn hrubého kameniva

Stanovuje se pomocí indexu plochosti dle ČSN 933 -3. Index plochosti je referenční zkouškou pro stanovení tvaru zrn hrubého kameniva. Deklaruje se v souladu s příslušnými kategoriemi FI doplněnými o číselnou hodnotu maximálního procentuálního podílu nevhodných plochých zrn.

- Procentuální podíl ostrohranných zrn v hrubém kamenivu

Vyjadřuje vzájemné podíly ostrohranných, drcených a oblých zrn hrubého kameniva dle ČSN EN 933 – 5.

Stanovuje se podíl drcených zrn ve vzorku hrubého těžného kameniva. Provádí se ruční třídění a vizuální hodnocení lomových ploch zrn. Výsledkem je procentuální zastoupení drcených, ostrohranných, zaoblených a oblých zrn. Kamenivo získané drcením hornin se považuje za kategorii C100/0 a nevyžaduje další zkoušení. První číslo vyjadřuje minimální procentuální podíl drcených, ostrohranných nebo částečně ostrohranných zrn (maximální podíl je vždy 100 %). Číslo za lomítkem charakterizuje maximální procentuální podíl oblých zrn (minimální je vždy 0 %).

Dalšími kategoriemi jsou  $C_{95/1}$  ,  $C_{90/1}$  ,  $C_{50/10}$  ,  $C_{50/30}$  . Pod hodnotou 50 – drcených nebo ostrohranných zrn a nad hodnotou 30 podílu oblých zrn je C deklarované.

## Fyzikální vlastnosti

- Odolnost proti drcení

Odolnost proti drcení se stanovuje pomocí součinitele Los Angeles dle kapitoly 5 ČSN EN 1097 – 2. Tato metoda (Los Angeles) se používá jako referenční zkouška. Součinitel se deklaruje v souladu s kategorií LA doplněnou o číselný údaj s maximální hodnotou součinitele Los Angeles.

Zkouška odolnosti proti drcení se provádí v otlukovém bubnu. Úzká frakce vysušeného kameniva zbavená nadsítného a podsítného se dá do bubnu s ocelovými koulemi. Následně předepsaným počtem otáček bubnu probíhá otluk zrn. Poté se provede prosátí na kontrolním síti. Propad kontrolním sítem se vztáhne k původní navážce a vyjádří v %.

- Ohladitelnost hrubého kameniva pro povrchové vrstvy.

Ohladitelnost pro hrubé kamenivo do povrchových vrstev, je charakterizována součinitelem PSV (polished stone values), stanovuje se dle ČSN EN 1097- 8. Jednotlivé kategorie jsou odlišeny maximálními hodnotami součinitele PSV.

Ohladitelnost kameniva poskytuje relativní měřítko pro ztrátu protismykových vlastností povrchu vozovky, způsobenou ohlazováním mikrotextury kameniva (jemných nepravidlostí na povrchu zrn kameniva pneumatikami silničních vozidel). Zkouška se provádí na, tzv. ohlazovacím zařízení, které simuluje pohyb vozidel po povrchu vozovky.

- Odolnost proti otěru hrubého kameniva

Odolnost proti otěru hrubého kameniva je vyjádřena součinitelem  $M_{DE}$  v kategoriích dle maximální přípustné hodnoty tohoto součinitele (kategorie  $M_{DE}10$ ,  $M_{DE}15$ ,  $M_{DE}20$ ,  $M_{DE}25$ ,  $M_{DE}35$  – nad hodnotu 35 je  $M_{DE}$  deklarována výrobcem).

- Odolnost kameniva proti obrusu pneumatikami s hroty

Hodnota odolnosti proti obrusu pneumatikami s hroty se stanovuje součinitelem  $A_N$

(Nordic abrasion value – hodnota nordického otěru). Kategorie stanovují maximální přípustné hodnoty odolnosti (kategorie:  $A_N7$ ,  $A_N10$ ,  $A_N14$ ,  $A_N19$ ,  $A_N30$  – hodnoty nad 30 jsou deklarovány výrobcem).

- Trvanlivost kameniva

Pro orientační stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování, slouží hodnota nasákavosti dle kapitoly 7, nebo přílohy B normy ČSN EN 1097 -6. Určující kategorie jsou  $WA_{24}1$  a  $WA_{24}2$ , pro kamenivo s maximální nasákavostí do 1 % respektive 2 % hmotnosti a hodnota  $W_{cm}0,5$  s nasákavostí maximálně 0,5 %. Kamenivo vyhovující těmto kategoriím je považováno za odolné proti zmrazování a rozmrazování.

Pro přesné stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování slouží hodnota F s číselným vyjádřením procentuální ztráty hmotnosti, nebo také hodnota síranu hořečnatého MS dle ČSN EN 1367-1, nebo 1367 – 2.

- Objemová hmotnost zrn a nasákavost

Stanovuje se dle kapitoly 7,8 nebo 9 ČSN EN 1097 – 6, výsledky se musí deklarovat.

Nasákavost kameniva se provádí zkouškou, kdy je vysušené kamenivo úplně ponořeno do vody. Nasákavost je pak množství vody, které pojme vysušené kamenivo při úplném ponoření za dobu 24 hodin a udává se v % hmotnosti vysušeného kameniva.

Z hodnoty nasákavosti lze odhadovat i mrazuvzdornost kameniva.

- Sypná hmotnost

Stanovuje se dle ČSN EN 1097 – 3, výsledky se musí deklarovat.

Zkouška se provádí na vysušeném kamenivu. To se volně sype do odměrné nádoby známých rozměrů, povrch se urovná s horním okrajem nádoby a celý obsah se zváží.

Z naměřených hodnot se vypočítá se sypná objemová hmotnost.

- Rozpad čediče (Sonnenbrand)

Stanovuje se zkouškou varem v kombinaci s metodami odolnosti proti drcení, vyjádřená jako maximální ztráty v % hmotnosti (kategorie SB 1, SB<sub>SZ</sub> 5, SB<sub>LA</sub> 8 – nad uvedené kategorie jsou hodnoty deklarovány).

Chemické vlastnosti

- Chemické složení

**HORNINY** jsou přírodní inhomogenní minerální asociace různého složení, textury a struktury, které vznikly působením geologických procesů a v podobě různých horninových těles vytvářejí zemskou kuru. Chemické složení hornin nelze vyjádřit chemickým vzorcem, lze pouze provést kvantitativní chemickou analýzu, kterou určíme váhová procenta oxidu nejdůležitějších prvků, jako např. Si, Al, Fe, Mg, Ca, K, Na.

Horniny se skládají z **minerálů** neboli **nerostů**, u kterých je možné charakterizovat chemické složení, na rozdíl od heterogenních hornin, chemickým vzorcem. Jde tedy o jakési "*stavební kameny*" skládající systémy vyššího řádu, a to **horniny**. Přesto, že existují i horniny, které jsou složeny prakticky z jediného minerálu (jako např. vápenec nebo křemenec), není možné jejich celkový chemismus vyjádřit stechiometrickým vzorcem, protože vždy jsou přítomny i jiné minerály jako příměsi. Mají tedy proměnlivé chemické složení.

### 2.3.4 Filer

Součástí směsi kameniva pro asfaltové směsi je i filer. Jedná se o kamennou moučku s obsahem jemných částic pod 0,063 mm minimálně 70%. Filer vzniká jako odpadní produkt při úpravě (drcení a třídění) kameniva. Z hlediska typu horniny jsou pro asfaltové směsi nejvhodnější a nejvíce používány vápencové moučky.

Funkci fileru v asfaltových směsích je možno posuzovat ze dvou hledisek. Na straně jedné vyplňuje filer jemné dutiny a tím zmenšuje jejich rozměr, na straně druhé má velký vliv na vlastnosti použitého živického pojiva.

Filerem se zvyšuje viskozita asfaltu a zároveň se snižuje citlivost ke změnám teploty. Při úvahách o spolupůsobení asfaltu a fileru se hovoří o tzv. asfaltovém tmelu, který jako výplň prostoru mezi kamenivem má velký vliv na vyšší bod měknutí, penetraci a také mechanickou odolnost celé směsi. Ne u všech typů směsí je však tento přínos žádoucí. Své opodstatnění má

zvláště u uzavřených typů směsí, s použitím ve více namáhaných, krytových vrstvách komunikací.

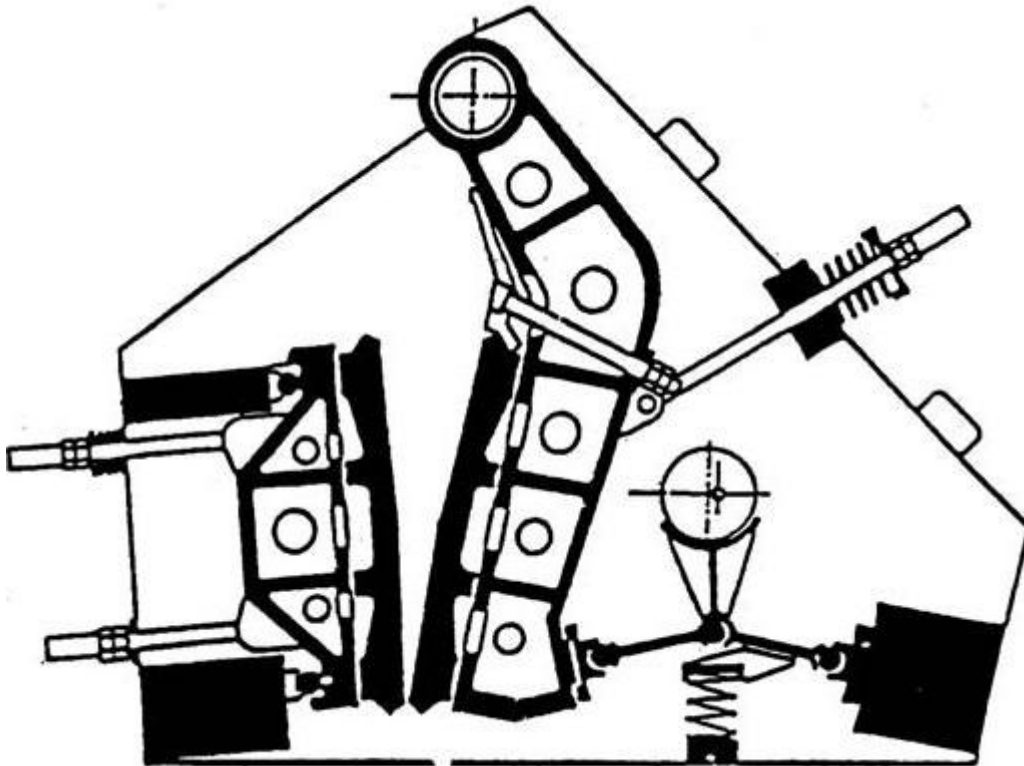
Na množství použitého fileru má tedy rozhodující vliv druh směsi, dalšími vlivy je jemnost mletí kamenné moučky a také vlastnosti použitého kamene.

### 2.3.5 Kamenivo se získává

**Těžené kamenivo** se získává přímým těžením.

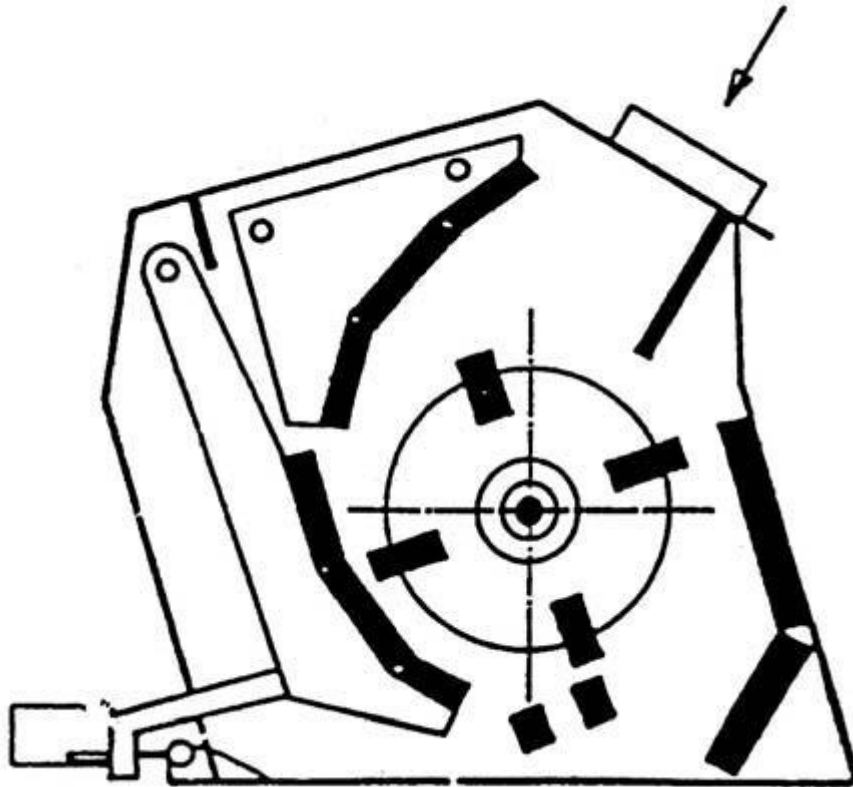
**Drcené kamenivo** se získává drcením kusového kamene. Kusové kamenivo se dále zpracovává drtiči, které podle principu drcení dělíme na:

**čelist'ové** – které jsou určeny pro hrubé a střední drcení tvrdšího kamene. Velikost zpracovávaného materiálu je do cca 1200 mm, konečná velikost max. cca 30 mm. Čelist'ové drtiče se používají pro tzv. **primární drcení**.



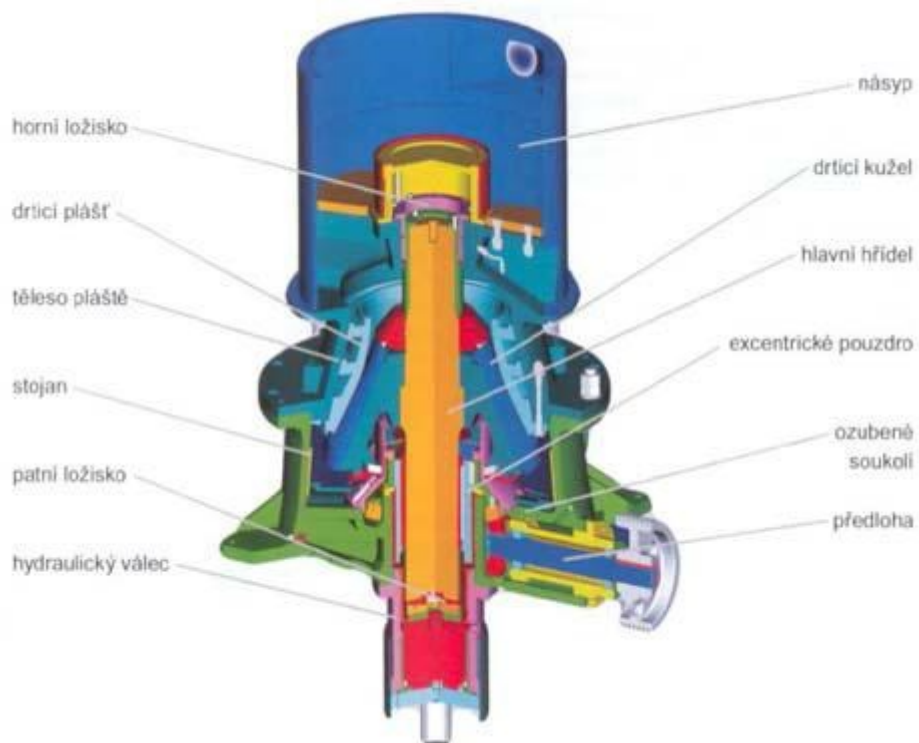
Obrázek 05: Čelist'ové drtiče

**odrazové** – určené pro jemnější drcení. Drtí výchozí materiál velikosti do cca 1000 mm do konečné velikosti cca 25 mm. Odrazové drtiče se používají pro tzv. sekundární drcení.



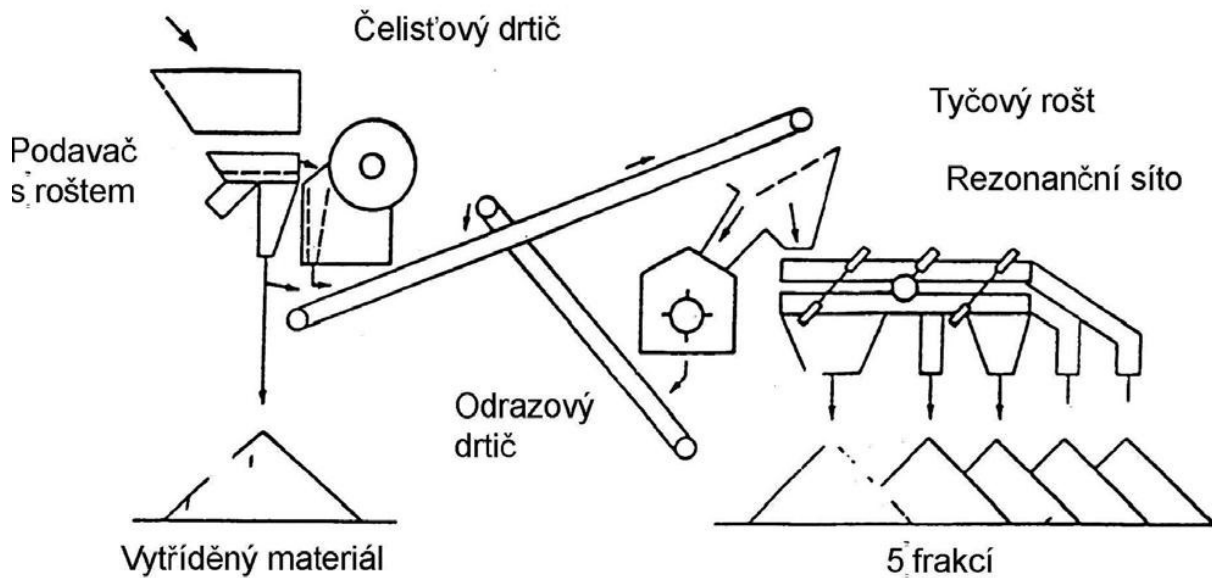
**Obrázek 06: Odrázové drtiče**

**kuželové** – skládá se z pevného kuželového pláště s výstředně rotujícím kuželem. Je určen pro jemnější drcení. Kuželové drtiče se používají pro tzv. sekundární a terciární drcení.



**Obrázek 07: Kuželové drtiče**

Kamenivo se získává na technologických linkách, které zároveň umožňují rozdělovat kamenivo dle velikosti. Jemnozrnné kamenivo se např. získává až po průchodu dvěma drtiči.



**Obrázek 08: Technologie drcení kameniva v lomu**

Základně vytríděné kamenivo se dále třídí proséváním na sítích. Prosetá směs zrn různých velikostí v rozsahu dvou mezních sít, z nichž síto s menšími otvory zadržuje a síto s většími otvory propouští zrna, tvoří tzv. **frakci**.

Jednotlivé frakce kameniva se od výrobce dostávají k zákazníkovi, použití je však závislé na druhu a typu kamene a na jeho vlastnostech. Zkoušky kameniva se provádí již od jeho získání pro stanovení jednotlivých vlastností kameniva a následně se určí možný způsob použití. Stávající normy umožňují výrobcům kameniva pojmenovat jakýkoliv výrobek a deklarovat jeho vlastnosti pomocí jednotlivých kategorií dle příslušných norem. Předpokládá se tedy, že zákazník bude umět požadovat odpovídající kvalitu kameniva pro své dílo.

**Počáteční zkoušky (ITT = Initial Type Testing)** zajišťuje již výrobce kameniva, a to pro předpokládaný účel použití kameniva s cílem ověření shody se stanovenými požadavky.

Počátečními zkouškami typu kameniva se zjišťuje:

- petrografický rozbor
- chemické složení s ohledem na škodlivé látky,
- měrná a objemová hmotnost, sypná,
- hutnost a pórovitost,
- zrnitost,
- nasákavost,
- odolnost proti zmrazování a rozmrazování,
- přilnavost kameniva k asfaltu,
- součinitel odladitelnosti;



## SHRnutí KAPITOLY

Kamenivo je jedním ze základních stavebních materiálů. V silničním stavitelství je významným prvkem pro výstavbu pozemních komunikací a plní hlavně funkci plniva, jehož cílem je vytvářet pevnou a tlakově odolnou kostru, která vzniká vzájemným opřením a zaklíněním jednotlivých zrn. Dále se používá k tvorbě uměle zhutněných těles a vrstev – např. násypů, kolejových loží a vozovkových vrstev.

Kamenivo lze rozdělit do skupin dle různých hledisek, např. dle původu, způsobu vzniku zrn, objemové hmotnosti, velikosti zrn atd.

Kamenivo lze popsat podle jeho vlastností a to jednak geometrických (zrnitost, tvarový index...), fyzikálních (mrazuvzdornost, odolnost proti drcení...) a chemických (chemické složení).

Kamenivo se získává těžbou a drcením pokud jde o přírodní kamenivo. Umělé kamenivo se získává jako vedlejší produkt při výrobě jiných materiálů, recyklované kamenivo lze získat vybouráním a předrcením dříve použitých materiálů ve stavebních konstrukcích. Použití recyklovaných materiálů je trend poslední doby, kdy je snaha o využití druhotných materiálů a tím snížení a ve větší míře zachování přírodních zdrojů.



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

ČSN EN 13242 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy

ČSN EN 12620 Kamenivo do betonu

ČSN EN 13043 Kamenivo pro asfaltové směsi

ČSN EN 13450 Kamenivo pro kolejové lože

TP 138 Užití struskového kameniva do pozemních komunikací

## 2.4 Hydraulická pojiva



## RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY



Hydraulická vlastnost pojiv je schopnost práškovitých látek po rozmíchání s vodou tuhnout na vzduchu nebo i ve vodě v trvale pevnou hmotu. Nejčastěji se v dopravních stavbách používají:

- Cementy: portlandské cementy struskové a vysokopecní, portlandské cementy a pro výstavbu cementobetonových krytů se používá velmi jemně mletý portlandský cement často označovaný jako silniční cement.
- Vápna: vzdušná vápna kusová, mletá nebo vápenný hydrát.
- Ostatní pojiva: pojiva z vedlejších produktů jako jsou odprašky z rotačních pecí cementáren (pokud zachycený úlet z odprašovacích zařízení obsahuje více než 4% CaO), pojiva získaná mletím vysokopecní granulované strusky, vytvořením směsi cementu s popílkem nebo vápna (cementu) a popílku apod.



## ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

2 hodiny



## KLÍČOVÁ SLOVA

Hydraulická pojiva, cement, vápno, pomalu tuhnoucí pojiva, popílek, vysokopecní granulovaná struska.

### 2.4.1 Cement

Cement je práškové hydraulické pojivo, které se vyrábí z rozemletého slínku (vypálení cementářské suroviny do slinutí) a přísad (úprava některých vlastností cementové směsi). Po smíchání s vodou se vytvoří směs, jež tvrdne na vzduchu i pod vodou a vzniká tzv. cementový kámen.

Přísady používané při mletí portlandského slínku:

- hlavní (regulátory tuhnutí): sádrovec, dnes v podobě energo- nebo chemosádrovce,
- vedlejší (upravují směsnost, jde o přísady s hydraulickými vlastnostmi): vysokopecní granulovaná struska, přírodní nebo umělé pucolány,
- speciální (upravují průběh mletí nebo vlastnosti cementu – provzdušňovací, plastifikační, hydrofobizační).

Cementy se používají na výrobu betonových krytů (**silniční cement** - pevnost v tahu za ohybu minimálně 6,5 MPa, pro TDZ I a II 7 až 7,5 MPa po 28 dnech) a pro zpevnění nebo stabilizování písčitého zemin a kameniv. Metody zkoušení vlastností cementu stanovuje norma ČSN EN 196, viz doplňující zdroje.

## 2.4.2 Vápno

Vzniká vypalováním vápence a sádrovce za vzniku volného vápna CaO, vypaluje se v kruhových (historicky), šachtových nebo rotačních pecích. Hydraulické vápno se hasí pouze průmyslově, na trh se dodává v podobě prášku. V současnosti se u nás nevyrábí (dovoz Anglie), nahrazuje se cementy nižší třídy. Hustota čistého vápna se pohybuje kolem  $3200 \text{ kg.m}^{-3}$  a objemová hmotnost od 800 do  $1200 \text{ kg.m}^{-3}$  u mletého vápna  $700\text{-}900 \text{ kg.m}^{-3}$ .

Vápno používáme pro stabilizaci či zlepšení zemin. Musí splňovat požadavky zrnitosti CL 90, nebo CL 80 podle EN 459-1 a vyhovovat zkoušce reaktivity podle EN 459-2, kdy teplota suspenze vápna s vodou musí být za 25 min vyšší než  $60^\circ\text{C}$ . Nehašené vápno se používá především v případech, kdy jsou budovány stavební objekty na zavodněných a neúnosných zeminách. Přínosem vápnění je okamžitý efekt odvodnění, kdy vápno se ihned hasí a v důsledku těchto reakcí se mění plasticita zemin, mění se vztah vlhkosti a dosažitelné hutnosti. Dále rozeznáváme i **směsná vápenatá pojiva**, jedná prášková pojiva obdobné granulometrie jako vápno, která ale mimo něj obsahuje zpravidla ještě nejméně jedno další silikátové pojivo (téměř vždy ale portlandský cement) a plniva. Vytváří se pojivo řízených vlastností, které podle potřeby má zvýrazněný nebo potlačený efekt funkce zlepšování, zpevňování (také obou těchto funkcí vápenného pojiva) a zvýšenou odolnost zpevněných zemin proti mrazu i rozplavování.

## 2.4.3 Ostatní pojiva

Využívají se při výrobě směsí pro podkladové vrstvy vozovky, popřípadě pro zlepšení podloží vozovky. A jsou to:

Struska – pro zvýšení pevnosti a urychlení tvrdnutí směsi, je vhodné strusku drtit a tím zvýšit podíl zrn menších než  $0,063 \text{ mm}$ .

Popílek- jemný prach vznikající při spalování uhlí, mohou být křemičité, nebo vápenaté. Např. RSS 5 je směsným pomalu tuhoucím pojivem na bázi popílku s vyšším obsahem volného vápna a jeho sloučenin s odpovídajícím obsahem aditiv nebo bez aditiv. Využívá se k úpravě (zlepšení) zemin a jejich stabilizaci.

Hydraulické silniční pojiva Dorosol, Doroport atd.

Pomalu tuhnoucí pojiva pojiva z vedlejších produktů jako jsou odprašky z rotačních pecí cementáren, pojiva získaná mletím vysokopecní granulované strusky, vytvořením směsi cementu s popílkem nebo vápna a popílku apod. (stabilizace jemných soudržných zemin).

Provádění a výsledná kvalita je velice závislá na povětrnostních podmínkách a z toho vyplývající nutnosti důsledného ošetřování v průběhu hydratace. Časové období, kdy jsou podkladní vrstvy schopny odolávat, je závislé na správném návrhu materiálu, výšce vrstvy a také na kvalitativním provedení navržené technologie. Při poškození podkladních vrstev dochází k velké koncentraci napětí v krytu a to je důsledkem vzniku dislokací na povrchu. Provádění a výsledná kvalita je velice závislá na povětrnostních podmínkách a z toho vyplývající nutnosti důsledného ošetřování v průběhu hydratace.



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti

ČSN EN 196-2 Metody zkoušení cementu - Část 2: Chemický rozbor cementu

ČSN EN 196-3 Metody zkoušení cementu - Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti

ČSN P CEN/TR 196-4 - Metody zkoušení cementu - Část 4: Kvantitativní stanovení hlavních složek

ČSN EN 196-5 - Metody zkoušení cementu - Část 5: Zkoušení pucolanity pucolánových cementů

ČSN EN 196-6 Metody zkoušení cementu - Část 6: Stanovení jemnosti mletí

ČSN EN 196-7 - Metody zkoušení cementu - Část 7: Postupy pro odběr a úpravu vzorků cementu

## 2.5 Asfaltové pojiva

Asfalt je významným stavebním materiálem užívaným jak v silničním stavitelství, tak i pro další stavební účely. První zmínky o použití tohoto stavebního materiálu pocházejí již ze starověku. Rozmach jeho využití začíná na počátku dvacátého století s nástupem petrochemického průmyslu. Dnes je běžně používaným materiálem, bez něhož se neobejde výstavba většiny pozemních komunikací.



### CÍLE KAPITOLY

1. Uvědomit si, co je asfalt a jaké má vlastnosti
2. Získat přehled o základních zkouškách asfaltových pojiv
3. Seznámit se s jednotlivými druhy asfaltů používaných v silničním stavitelství



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

Doba potřebná ke studiu 2 hodiny



## KLÍČOVÁ SLOVA

Ropa, živice, asfalt, silniční asfalt, modifikovaný asfalt, asfaltová emulze, multigrádový asfalt, ředěný asfalt



## RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Informace, které jsou uvedeny v tomto bloku, se týkají vlastností asfaltových pojiv, jejich výroby, zkoušení a různých aplikací.

### 2.5.1 Živice (bitumen)

Živice neboli bitumen, je souhrnné označení pro organické kapaliny, které jsou vysoce viskózní, černé barvy a zcela rozpustné v sirouhlíku. Asfalt a dehet jsou pak nejčastější formy živíc.

Zatím co se asfalt (asfaltické živice) získává destilací z ropy, případně se vyskytuje v přírodní formě, dehet jako zástupce pyrogenetické živice je získáván destilací z uhlí nebo těžbou z dehtových písků.

V minulosti se dehet v silničním stavitelství běžně používal. Vzhledem k jeho negativním vlivům na životní prostředí (dnes je veden jako karcinogenní látka) je jeho využití již omezené. V silničním stavitelství je dnes použití dehtu jako pojiva ve veškerých horkých úpravách zakázáno. Zásady přípravy a provádění prací údržby a oprav vozovek PK, jež v některé z konstrukčních vrstev obsahují dehtová, nebo asfaltodehtová pojiva, jsou uvedeny v Technických podmínkách MD č. 150 (viz [www.pjpk.cz](http://www.pjpk.cz)).

### 2.5.2 Asfalt

Asfalt je směsí různorodých uhlovodíků a jejich nekovových derivátů, které jsou rozpustné například v toluenu. Základní analýza asfaltů vyrobených z různých zdrojů ropy ukazuje, že většina asfaltů obsahuje následující chemické prvky:

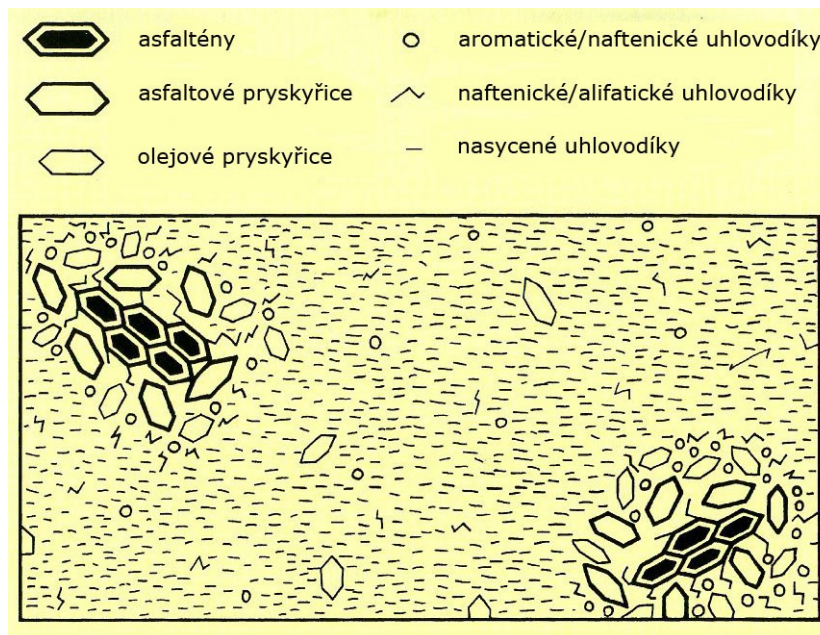
- Uhlík 82 – 88 %
- Vodík 8 – 11 %
- Síra 0 – 6 %
- Kyslík 0 - 1,5 %
- Dusík 0 – 1 %

Asfalt je tradičně považován za koloidní systém skládající se z vysoce molekulárních uhlovodíků – asfalténů, rozptýlených v prostředí nízkomolekulární olejové fáze (maltény). Asfaltény jsou obklopeny vrstvou asfaltových pryskyřic s vysokou molekulární hmotností,

kteří působí jako stabilizační vrstvy před srážením látek. Toto uskupení se nazývá micely. Dále od středu micel, je postupný přechod na méně polární aromatické pryskyřice, které nakonec přecházejí do méně aromatických olejových fází.

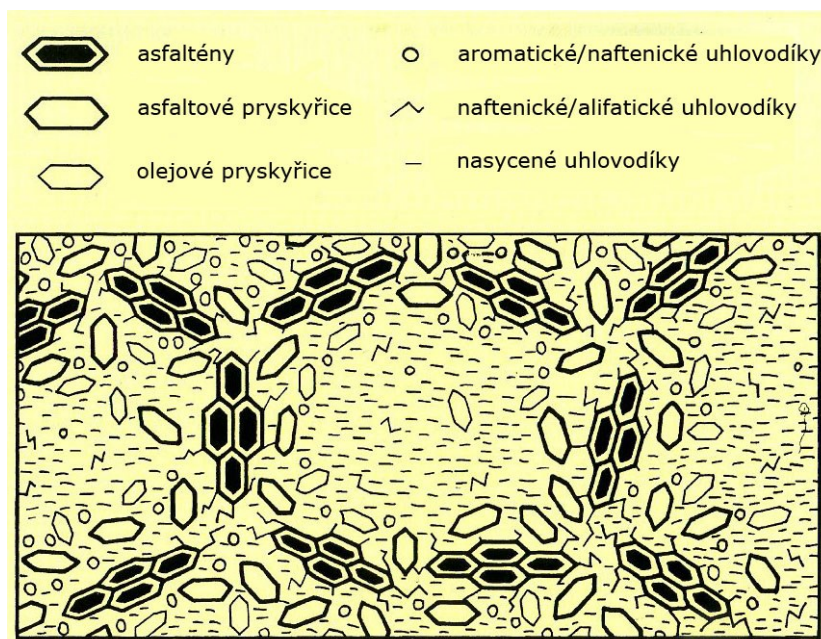
Množství micel a jejich rozptýlení v kapalně fázi ovlivňuje výsledné vlastnosti asfaltu. Například zvyšováním teploty se micely zmenšují a olejová fáze se naopak zvětšuje.

V případě dostatečného množství pryskyřic a aromátů s odpovídající rozpouštěcí schopností, jsou asfaltény zcela obaleny a výsledné micely mají dobrou pohyblivost v asfaltu. Tento typ asfaltu je charakterizován jako SOL - obr. 09. Výsledný asfalt je pak měkký s nízkou viskozitou.



**Obrázek 09: Znárodnění struktury asfaltu typu SOL (zdroj The Shell Bitumen Handbook)**

Pokud však není k dispozici dostatečné množství aromátů / pryskyřic, aby došlo k obalení asfalténů, nebo nemají dostatečnou rozpouštěcí schopností, mohou se asfaltény spojit dohromady. To může vést k nepravidelně otevřené struktuře spojených micel, ve které jsou vnitřní dutiny vyplněné olejovou fází. Tyto asfalty se pak označují jako GEL., viz obr. 10. Příkladem těchto asfaltů jsou oxidované asfalty používané například pro střešní izolace.



**Obrázek 10: Znázornění struktury asfaltu typu GEL (zdroj The Shell Bitumen Handbook)**

Většina běžných asfaltů se nachází mezi SOL a GEL typem asfaltů.

### 2.5.3 Charakteristické vlastnosti asfaltů

Asfalt je, na rozdíl například od betonu, charakteristický svojí teplotní citlivostí. Za nízkých teplot se chová jako pružná (elastická) látka, za vysokých teplot pak jako viskózní kapalina. Při běžných teplotách jsou pak zastoupeny obě vlastnosti, které se mění v závislosti na nárůstu či poklesu teploty. Běžné asfalty se tedy chovají jako visko-elastické materiály.

Zjednodušeně si asfalt můžeme představit jako model pružiny a pístu. V případě krátkodobého zatížení dochází pouze k malým deformacím, protože silový odpor pístu proti deformaci, který je vyjádřen viskozitou, je úměrný rychlosti deformace, neboli podle doby zatížení a viskozity dochází k různé velikosti deformace. Z toho plyne, že při nízkých rychlostech či stáních vozidel může docházet k velkým deformacím na vozovce, zejména za vyšších teplot. Ty můžeme pozorovat například na autobusových zastávkách, u stoupacích pruhů nebo před světelnými křižovatkami.

### 2.5.4 Základní rozdělení asfaltů

- Přírodní asfalty

Jedním z největších zdrojů přírodního asfaltu je jezero Trinidad. Dalšími známými nalezišti jsou Venezuela nebo Bermudy. V Evropě se pak přírodní asfalt nachází například v Albánii – Selenica - obr. 11.



**Obrázek 11: Přírodní naleziště asfaltu v Albánii – Selenica (zdroj <http://www.selenicebitumi.com>)**

Přírodní asfalty se vyskytují v polotuhé až tuhé konzistenci a obsahují různé příměsi minerálních látek. Čistý asfalt se získává rozehrátím a následným prolitím přes síta, kde se zachytávají hrubé nečistoty a organické zbytky.

Přírodní asfalty obsahují velké množství asfalténů, jež je činní velmi tvrdými. Pro běžné silniční stavitelství jsou tedy ve většině případů nepoužitelné. Mohou se však přidávat jako aditiva k měkkým ropným asfaltům, kde například zlepšují odolnost proti plastickým deformacím za vyšších teplot.

- Ropné asfalty

Ropné asfalty se získávají destilací surové ropy. Podle chemického a látkového složení rozlišujeme tři základní druhy ropy:

- Asfaltické ropy bohaté na asfalt.
- Poloasfaltické ropy nebo poloparafinické s malým obsahem asfaltu.
- Neasfaltické ropy či parafinické s minimálním množstvím asfaltu.

### 2.5.5 Průmyslová výroba asfaltů

Dle postupu výroby rozlišujeme následující asfalty:

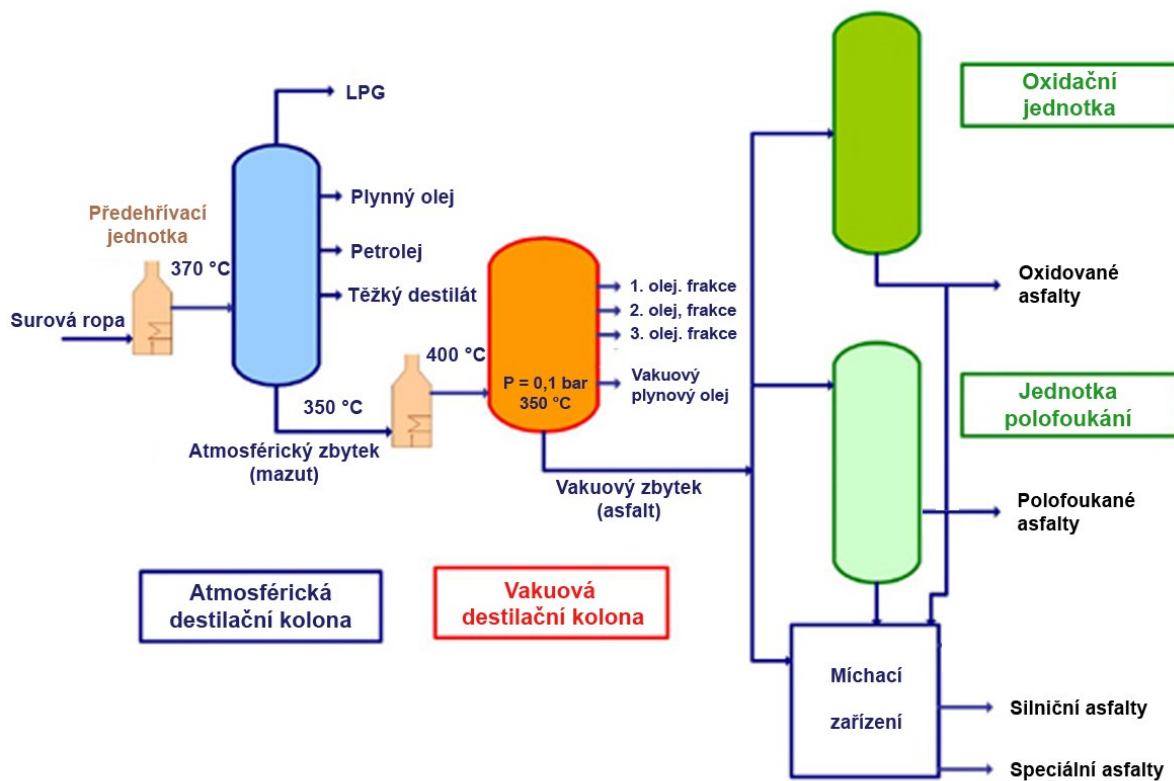
- **Destilační** asfalty, získané přímo po destilaci vhodné pro použití v silničním stavitelství
- **Polofoukané** asfalty, vyráběné z destilačních asfaltů umělým stárnutím, oxidací vakuového zbytku
- **Foukané** asfalty, vyráběné z destilačních asfaltů umělým stárnutím, oxidací k získání vysoce viskózních asfaltů používaných v izolacích proti vodě a vlhkosti.

Výrobní zařízení pro destilaci ropy je třístupňové. Ropa se ze skladovacích nádrží čerpá přes výměníky do odsolovací stanice, kde se elektrostaticky odstraní převážný obsah solí. Pak se dostává do odpařovací kolony, kde se odstraní nejlehčí podíly. Po dalším přehřátí v peci se nastříkuje do atmosférické destilační kolony, kde se oddestiluje kerosin, benzín, petrolej a oleje. Konečným produktem atmosférické destilace je mazut. Mazut jde dále do vakuové destilační kolony, kde se oddestilují další olejové frakce, lišící se viskozitou. Po oddestilování všech olejových frakcí zůstává zbytek, kterým je asfalt. Asfalt je tedy posledním produktem celého procesu. Ten se pak upravuje na požadované vlastnosti (například přidáním olejových podílů).

Destilační asfalty se mohou dále zpracovávat kontinuální oxidací. Ta probíhá ve vertikálních oxidačních reaktorech. Asfalt, přehřátý na 220 °C, se přivádí k horní části reaktoru a nastříkuje se pomocí trubky na spodní část reaktoru, kde dochází k dalšímu ohřevu až na 250 °C. Během oxidace dochází ke změně struktury složek uhlovodíků, čímž se mění i vlastnosti asfaltového pojiva. Dosažení požadovaných vlastností asfaltu se zajistí přivedením stlačeného vzduchu do spodní části reaktoru. V průběhu oxidace se zvyšuje množství asfaltěnu, díky kterému se zvyšuje bod měknutí asfaltu, zároveň však dochází k poklesu hodnoty penetrace i bodu lámavosti a asfalty se stávají křehčími.

Celý postup atmosféricko-vakuové destilace je schematicky znázorněn na obr. 12.

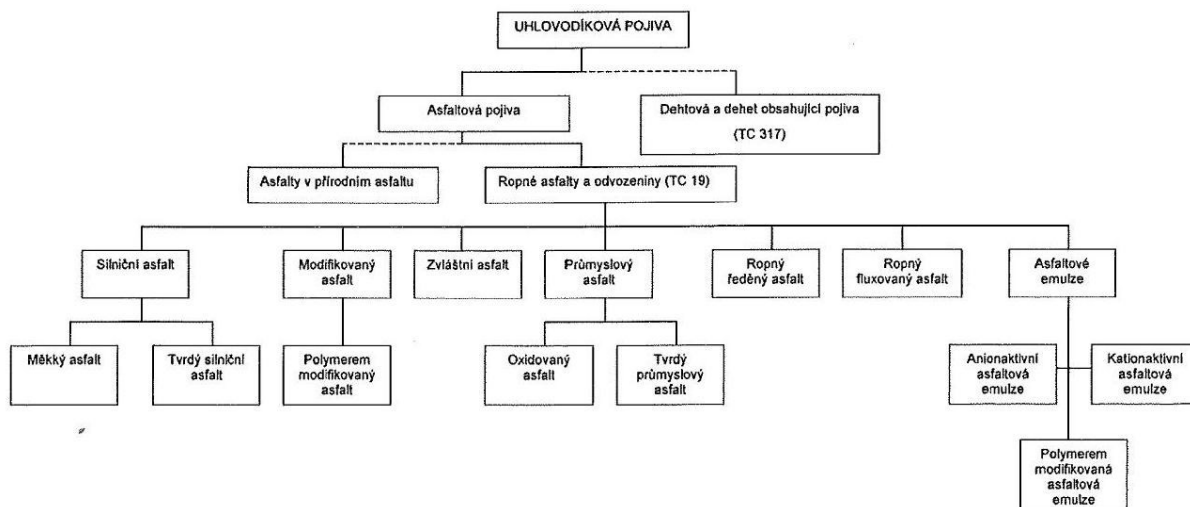




**Obrázek 12: Proces výroby ropného asfaltu - atmosféricko-vakuové destilace (zdroj www.total.cz)**

Největším výrobcem silničních asfaltů v České republice je společnost Česká rafinérská s rafinérií v Litvínově. Dalším významným výrobcem je Paramo Pardubice.

Základní terminologie asfaltových pojiv dle ČSN EN 12597 je přehledně zobrazena na obr. 13.



**Obrázek 13: Terminologie jednotlivých výrobků vznikajících destilací z ropy**

Základní normy, které se týkají jednotlivých kategorií pojiv, jsou následující:

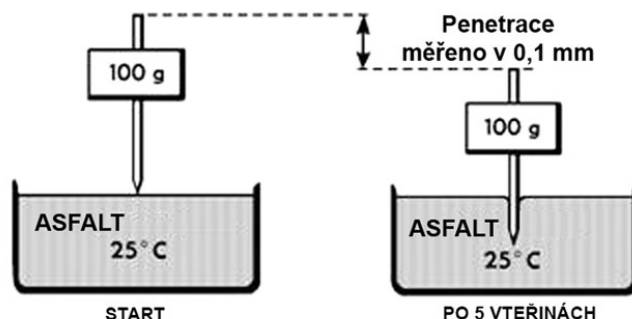
- ČSN EN 12591 Asfalty a asfaltová pojiva – Specifikace pro silniční asfaltová pojiva
- ČSN EN 14023 Asfalty a asfaltová pojiva – Systém specifikace pro polymerem modifikované asfalty
- ČSN EN 13924-1 Asfalty a asfaltová pojiva – Část 1: Tvrdý silniční asfalt
- ČSN EN 15322 Asfalty a asfaltová pojiva – Systém specifikace ředěných a fluxovaných asfaltových pojiv
- ČSN EN 13 808 Systém specifikace pro kationaktivní asfaltové emulze

### 2.5.6 Zkoušení asfaltových pojiv

Zkoušky asfaltových pojiv lze rozdělit na zkoušky empirické a funkční. Mezi základní empirické zkoušky patří penetrace, bod měknutí a bod lámavosti. Dalšími doplňujícími zkouškami jsou pak zkoušky duktility, bodu vzplanutí, rozpustnosti a viskozity. K funkčním zkouškám patří například zkoušky stárnutí, stanovení křivek komplexních smykových modulů nebo únavy. Zatím co jednoduché empirické zkoušky vcelku dobře rozlišují vlastnosti silničních asfaltových pojiv, u modifikovaných pojiv si s nimi již mnohdy nevystačíme a zde se začínají uplatňovat složitější zkušební přístroje jako smykový reometr (DSR) nebo trámečkový reometr (BBR).

- Penetrace (ČSN EN 1426)

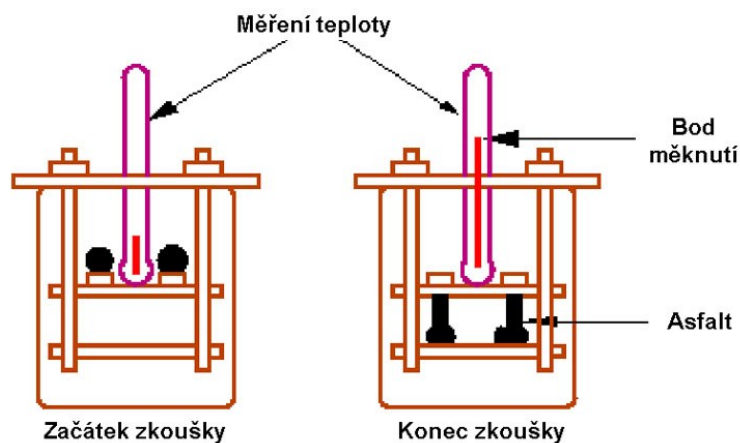
Základní zkouška, od které je odvozeno značení asfaltů. Má charakterizovat chování asfaltů za středních teplot. Principem zkoušky je měření hloubky průniku jehly daných rozměrů při zatížení 100 g po dobu 5 s a při teplotě vzorku 25 °C do pojiva. Výsledek se udává v desetínách mm. Například silniční asfalt značený 50/70 má mít penetraci mezi 5 až 7 mm, silniční asfalt 160/220 pak 16 až 22 mm.



**Obrázek 14: Penetrometr při měření penetrace a princip zkoušky**

- Bod měknutí – kroužek kulička (K&K) (ČSN EN 1427)

Tato zkouška má charakterizovat chování asfaltů za vysokých teplot. Principem zkušební metody je řízené zahřívání asfaltového pojiva, při kterém kulička daných rozměru a hmotnosti protáhne plynule zahříváný asfalt vlastní vahou tak, že dosedne na podložku umístěnou ve vzdálenosti 25 mm. Tato teplota se označuje jako bod měknutí. Udává se v °C.

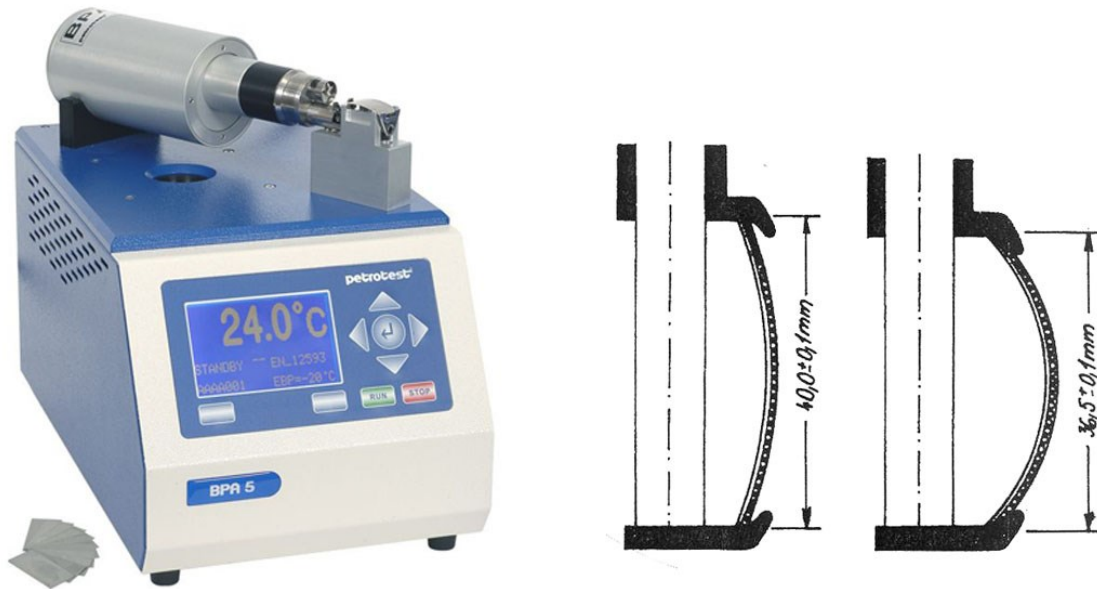


**Obrázek 15: Bod měknutí – zkouška kroužek kulička, přístroj a princip zkoušky**

Z naměřené hodnoty penetrace a bodu měknutí lze spočítat penetrační index, který nám charakterizuje teplotní citlivost asfaltů.

- Bod lámavosti Fraasse (ČSN EN 12593)

Tato zkouška charakterizuje chování asfaltů za nízkých teplot. Při poklesu pod určitou teplotu se asfalt stává křehkým. Princip zkoušky spočívá v nanesení asfaltového pojiva na tenký plíšek v rovnoměrné vrstvě. Vzorek je pak konstantní rychlostí ochlazován a namáhán opakovaným ohýbáním. Zjišťuje se teplota, při které dojde k porušení vzorku.



**Obrázek 16: Zkouška bodu lámavosti Fraasse - přístroj a princip zkoušky**

Rozdíl teplot mezi bodem lámavosti a bodem měknutí udává obor plasticity jednotlivých asfaltů. Představuje obor teplot, ve kterém lze obvykle očekávat vyhovující chování pojiva. Přesnější posouzení vhodnosti pojiva do konkrétních podmínek je možné na základě funkčních zkoušek.

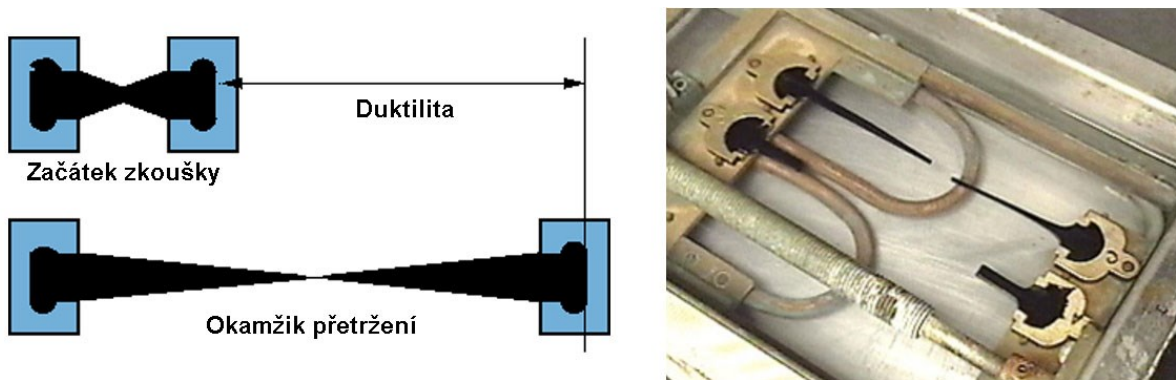
- Duktilita (ČSN 65 7061), vratná duktilita (ČSN EN 13398), silová duktilita (ČSN EN 13589)

Zkouška duktility stanovuje tažnost zkoušeného pojiva měřené délkou vlákna v okamžiku jeho přetržení při dané teplotě. Dnes se již tato zkouška používá jen výjimečně.

V případě modifikovaných asfaltů se však stále používají zkoušky vratné duktility a silové duktility.

U vratné duktility se vzorek asfaltu protáhne při teplotě 25 °C na vzdálenost 200 mm, takto protažený se v polovině přestřihne a měří se jeho zpětné přetvoření po třiceti minutách.

U silové duktility se vzorek natahuje při zvolené teplotě (nejčastěji 5 °C) na vzdálenost 400 mm přičemž se zaznamenává tahová síla v závislosti na protažení.



**Obrázek 17: Zkouška duktility a vratné duktility**

- Rozpustnost (ČSN EN 12592)

Princip zkoušky je založen na schopnosti asfaltu, rozpouštět se v organických rozpouštědlech, čímž se vyjadřuje čistota asfaltového pojiva a obsah nerozpustných sloučenin a nečistot.

- Bod vzplanutí (ČSN EN ISO 2592)

Asfaltová pojiva během zahřívání postupně uvolňují hořlavé plyny, které se při kontaktu s ohněm mohou vznítit. Postup zkoušky bodu vzplanutí udává nejnižší teplotu, při které může za laboratorních, přesně definovaných podmínek dojít ke vzplanutí asfaltového pojiva.

Pro měkké asfalty by měl být bod vzplanutí  $> 220\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pro tvrdé asfalty pak  $> 240\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Krátkodobé stárnutí metodou RTFOT „Rolling Thin film Oven“ (ČSN EN 12607-1)

Zkouška simuluje krátkodobé stárnutí asfaltového pojiva, ke kterému dochází při výrobě asfaltové směsi na obalovně, dále pak při dopravě a během pokládky. Podstatou zkoušky je vhánění horkého vzduchu do rotujících baněk, způsobující rychlou oxidaci tenkého asfaltového filmu. Na takto zestárlém pojivu se stanovuje změna hmotnosti, penetrace a bodu měknutí v porovnání s původním asfaltem. Nárůst jednotlivých parametrů nesmí převyšovat povolené hodnoty pro daný druh pojiva, které jsou uvedeny v normách.

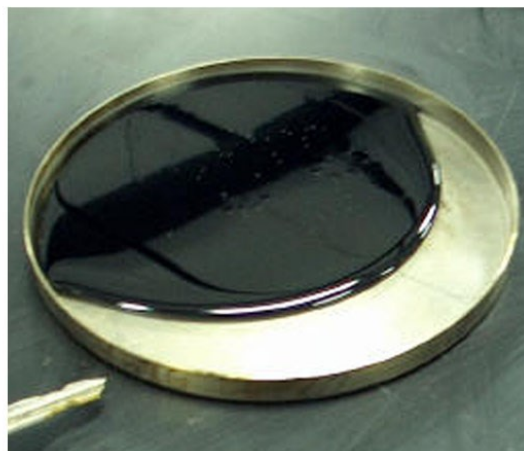


**Obrázek 18: Zkouška krátkodobého stárnutí metodou RTFOT. Příklad přístroje a skleněné baňky.**

Dalšími obdobnými metodami simulujícími krátkodobé stárnutí jsou zkoušky TFOT, nebo RFT.

- Dlouhodobé stárnutí PAV „Pressure Aging Vessel“ (ČSN EN 14769)

Zkouška dlouhodobého stárnutí se provádí na vzorcích asfaltu, které již byly vystaveny zkoušce krátkodobého stárnutí. Zkouška by měla simulovat proces stárnutí pojiva ve vozovce po dobu cca 5 až 10 let. Princip zkoušky je založen na vystavení vzorku asfaltu teplotě 100 °C po dobu 20 hodin a tlaku 2,07 MPa.



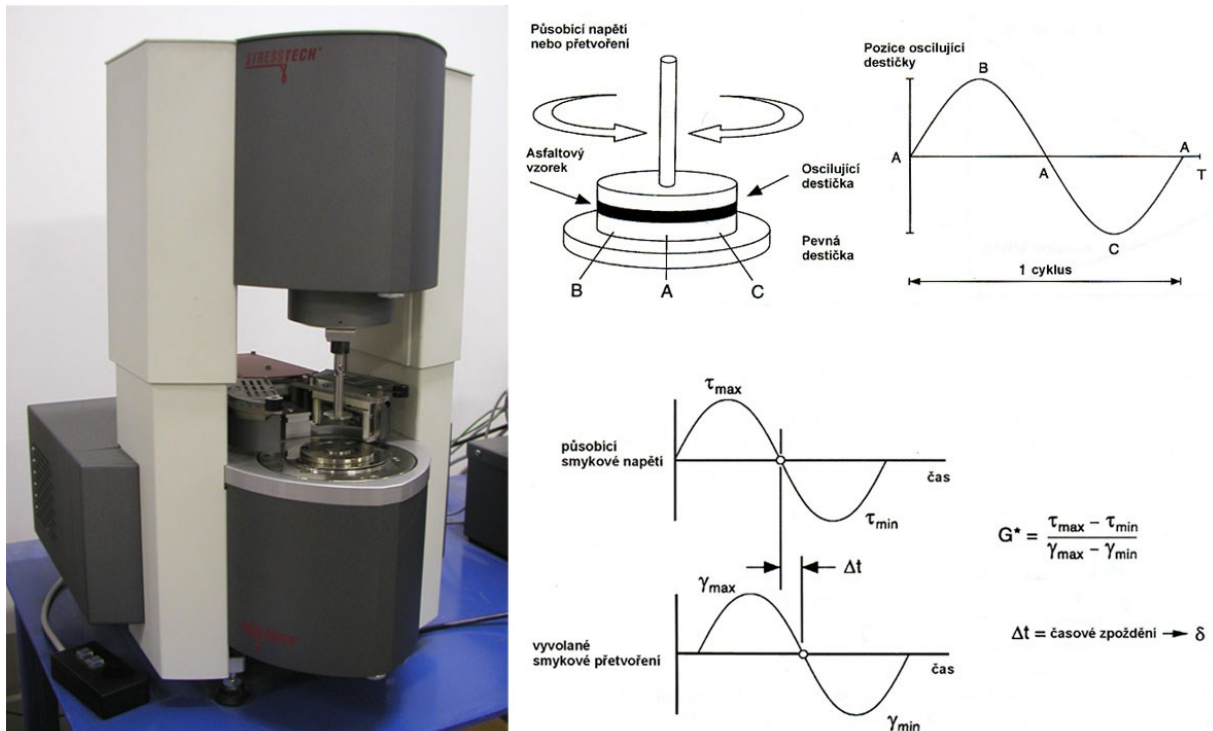
**Obrázek 19: Zkouška dlouhodobého stárnutí v přístroji PAV. Přístroj a vzorek.**

Další metody napodobující dlouhodobé stárnutí jsou zkoušky trojnásobného RTFOT, metoda dlouhodobého stárnutí v rotační baňce (LTFRT), vysokotlaká metoda stárnutí (HiPat).

- Stanovení komplexního smykového modulu a fázového úhlu – zkoušky ve smykovém reometru DSR (ČSN EN 14770)

Podstatou metody je stanovení komplexního modulu a fázového úhlu zkoušeného pojiva při daném napětí a teplotě. Zkušební vzorek je nanesen mezi dvě kruhové, paralelní destičky, přičemž spodní je pevná a horní se otáčí kolem své osy. Oscilující osu zatížíme kontrolovanou silou (točivý moment, resp. napětí) a měříme protažení a současně též zpoždění (fázový posun) mezi zatížením a tažností. U modernějších přístrojů můžeme měřit i opačným způsobem, tj. vnášíme zvolenou deformaci a měříme potřebné napětí k jejímu dosažení.

Při měření v celém oboru teplot a pro různá napětí můžeme ze získaných údajů poskládat tzv. řídicí křivky (Master curve) pro jednotlivá pojiva, které nám popisují jejich komplexní chování.



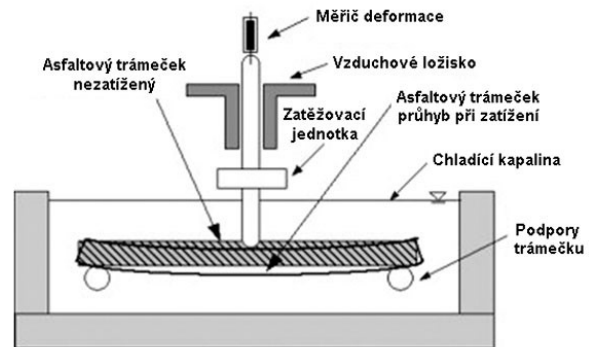
**Obrázek 20: Přístroj DSR (dynamic shear rheometer) a princip měření**

Další možnosti zkoušení v reometru jsou zkoušky únavy poжив opakovaným zatěžováním případně možnost stanovení odolnosti poживa proti trvalým deformacím zkouškou MSCR (multiple-stress creep recovery test).

- Stanovení modulu tuhosti v průhybovém reometru BBR (bending beam rheometer) ČSN EN 14771

Pomocí přístroje BBR se měří vlastnosti asfaltového poживa při konstantním zatížení za nízkých teplot. Z průběhu deformace v závislosti na době zatěžování se vypočítá modul tuhosti a dotvarování poживa při různých nízkých teplotách. Z nich se předepsaným postupem stanoví kritická teplota.





**Obrázek 21: Detail zatížení trámečku v přístroji BBR a princip zkoušky.**

### 2.5.7 Modifikované asfalty

Se vzrůstajícím dopravním zatížením rostou i požadavky na kvalitu použitých pojiv. Pro silně zatížené komunikace je tak potřeba nových výkonnostních pojiv. Jednou z možností je přidání modifikační přísady, která zlepšuje vlastnosti ropného silničního asfaltu. Jsou to obvykle organické, makromolekulární látky. Jejich přidáním lze docílit:

- Zvýšení bodu měknutí a snížení bodu lámavosti (rozšíření oboru plasticity pojiva)
- Nižší teplotní citlivost
- Lepší adhezi mezi asfaltem a kamenivem, lepší kohezi pojiva
- Lepší odolnost proti trvalým deformacím
- Lepší únavové vlastnosti
- Zvýšená odolnost proti stárnutí pojiva

Základní rozdělení modifikátorů:

Nejběžněji používaným typem modifikátorů jsou polymery. Jsou to makromolekuly, ve kterých se opakují stejné skupiny prvků. Polymery lze rozdělit do dvou hlavních skupin:

- Termosetické polymery – nevratně tvrdnou při zahřátí – nepoužívají se pro modifikaci asfaltů v silničním stavitelství
- Termoplastické polymery – zahřátím se stávají reversibilně plastickými, a proto jsou vhodné pro modifikace asfaltů. Dělí se dále na elastomery a plastomery. Hlavním představitelem elastomerů je skupina polymerů SB a SBS (styren –butadien – styren). Hlavní zástupce plastomerů je pak polymer EVA (etylen vinyl acetát). Dalším tempolastickým polymerem je například reaktivní elastomerický terpolymer (RET).

Kromě polymerů se dají použít i další modifikátory, jako jsou vysokomolekulární vosky (Sasobit, Licomont), přírodní latex, kyselina polyfosforečná (PPA), či drcená guma.

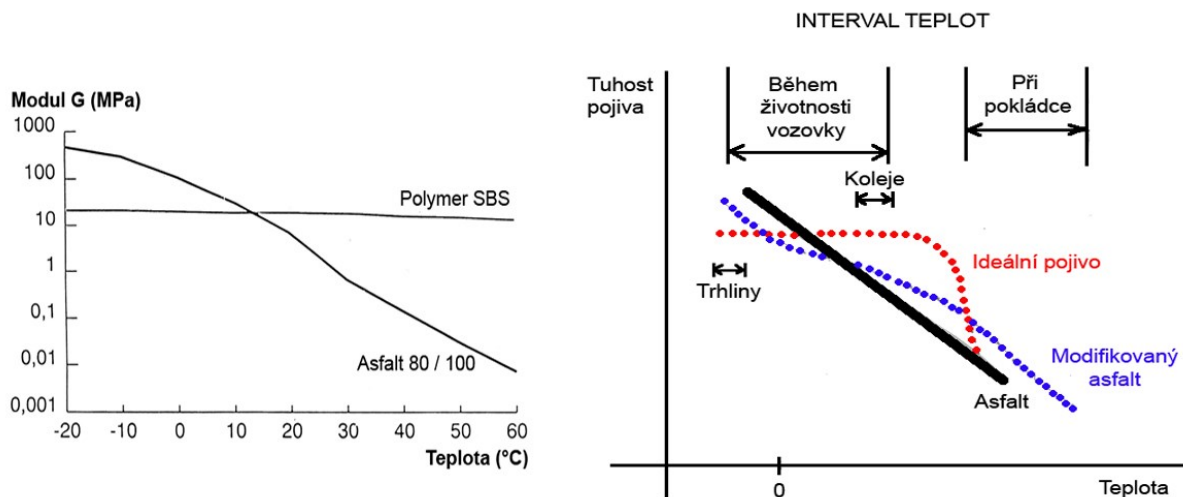
V České republice jsou dnes používané hlavně elastomerem modifikovaná pojiva těchto kategorií:

- PMB 10/40-65
- PMB 25/55-55,(60,65)

- PMB 45/80-50, (55, 60, 65)
- PMB 40/100-65 (75)
- PMB 120/200-40

přičemž první dvojčíslí určuje penetraci asfaltu a hodnota za pomlčkou udává nejnižší zaručený bod měknutí.

Princip modifikace elastomery spočívá v tom, že zatím co tuhost asfaltu je závislá na teplotě, tuhost polymeru je téměř konstantní v oboru teplot, který se může ve vozovce vyskytnout, viz obr. 22 (levá část). Přidáním elastomeru SBS tak dojde ke snížení citlivosti modifikovaného pojiva při vyšších teplotách a částečně i ke zlepšení vlastností za nízkých teplot. Modifikovaný asfalt se tak svojí tuhostí přibližuje tuhosti ideálního pojiva, viz obr. 22 (pravá část). Ovlivnění vlastností však závisí na množství a druhu polymeru, na výchozím asfaltovém pojivu atd.

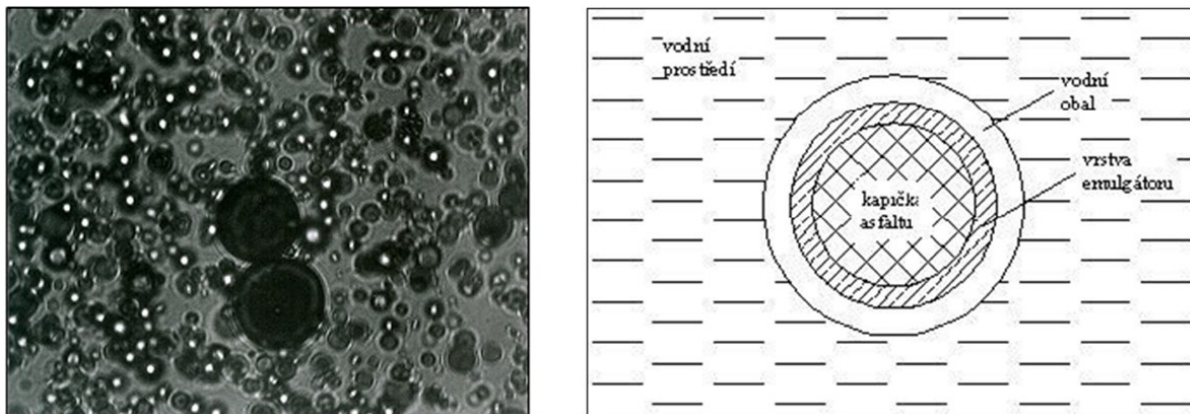


**Obrázek 22: Přínos modifikace SBS**

Při hodnocení modifikovaných pojiv již nelze spoléhat na základní empirické zkoušky, protože jejich výsledky jsou často zavádějící. Vlastnosti těchto pojiv je proto třeba zjišťovat funkčními zkouškami uvedenými v předpisech.

### 2.5.8 Asfaltové emulze

Emulze je disperzní systém skládající se ze dvou navzájem nemísitelných látek. V případě asfaltové emulze se jedná obvykle o přímou emulzi, tzv. olej ve vodě. Dispergovaná (rozptýlená) část je asfalt a disperzním prostředím je spojitá fáze, kterou tvoří voda - obr. 23.



**Obrázek 23: Mikroskopická fotografie asphaltové emulze a znázornění částice emulze**

Emulzi lze vyrobit mechanickým rozptýlením asfaltu ve vodě pomocí koloidních mlýnů. Velikost asfaltových kapiček se pohybuje mezi 1 - 20  $\mu\text{m}$ . Aby se snížilo povrchové napětí mezi asfaltem a vodou, přidávají se při výrobě emulzí vhodná aditiva, takzvané emulgátory. Ty zajistí, že asfalt může ve vodě volně dispergovat. Nedochozí proto ke srážení asfaltových částic a tím k oddělování složek emulze. Emulgátory se dělí podle druhu náboje na anionaktivní ( $\text{pH} > 7$ ) a kationaktivní ( $\text{pH} < 7$ ) z toho pak anionaktivní nebo dnes častěji používané kationaktivní emulze. Maximální obsah asfaltového pojiva v emulzi je 74 %.

Při aplikaci emulze dochází při kontaktu s kamenivem k chemické reakci a emulze se začne štěpit. Pozvolně se z tekutého stavu začne od asfaltu oddělovat voda, která se vypařuje. Nakonec zůstane čistý asfalt obalující kamenivo (u nátěrů či mikrokoberců) nebo tvořící tenkou souvislou vrstvu na povrchu podkladu (například při použití tzv. spojovacích postříků).

Emulze se nejčastěji vyrábějí ze silničních asfaltů penetrace 50/70 až 160/220. Pro speciální účely se často používají také modifikované asfalty.

Nejčastěji jsou asphaltové emulze používány na provádění spojovacích postříků, mikrokoberců, nátěrů a pro technologie recyklací za studena.

## 2.5.9 Multigrádová asphaltová pojiva

Multigrádové asfalty jsou speciální silniční asfalty vyráběné v rafinériích jinými procesy, než destilací, nebo polofoukáním. Vyznačují se především rozšířeným oborem plasticity a vyšším penetračním indexem než běžné nemodifikované asfalty. Svými vlastnostmi a obvykle i cenou leží mezi silničními asfalty a modifikovanými asfalty. Jsou vhodné pro výrobu asfaltových hutněných směsí typu VMT (směs s vysokým modulem tuhosti) určených pro podkladní a ložní vrstvy vozovek s velmi vysokými intenzitami dopravního zatížení. Jedná se o multigrádové asfalty s penetrací 20/30 a 35/55.

### 2.5.10 Ředěné asfalty

Snaha o provádění silničních stavebních prací i za méně příznivých podmínek vedla k zavedení a výrobě ředěných asfaltů. Ředěné asfalty se vyrábějí ze silničního ropného asfaltu

s přísadou benzinových – rychle tuhoucích, nebo petrolejových – normálně tuhoucích ředidel. Výhodou ředěných asfaltů je možnost zpracování za studena, lze je také použít na kyselé a mokré kamenivo. Nevýhodou je pak, že se často jedná o neekologické technologie. Někdy se používají k ředění asfaltů rostlinné oleje, vyhovující z ekologického hlediska. Ty však bývají dražší.



## SHRNUTÍ KAPITOLY

Text slouží k získání základních informací týkajících se asfaltových pojiv, jejich výroby, zkoušení, modifikovaných asfaltů, emulzí, multigrádových asfaltů, a ředěných asfaltů.



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

Jednotlivé normy ČSN uvedené v předchozím textu

The Shell Bitumen handbook, Dr. Read, Mr. Whiteoak, pátá edice

Užitné vlastnosti a reologie asfaltových pojiv a směsí, Ing. Valentin, PhD., Praha 2003

Bitumen emulsion, USIRF, Routes de France 2008



## TEST 2

**1) Za těžené považujeme kamenivo, které má podíl předrcených zrn maximálně?**

- a) 30 %
- b) 50 %
- c) 40 %

**2) Hutné kamenivo má objemovou hmotnost?**

- a) 2 – 3 Mg.m<sup>-3</sup>
- b) 2 – 4 Mg.m<sup>-3</sup>
- c) 3 – 4 Mg.m<sup>-3</sup>

**3) Co nazýváme směsí kameniva?**

- a) směs těženého a drceného kameniva
- b) směs hrubého a drobného kameniva těženého nebo drceného
- c) směs pórovitého a hutného kameniva

**4) Jaký podíl zrn udává tvarový index kameniva?**

- a) podíl zrn s tvarovým indexem větším jak 3
- b) podíl zrn s tvarovým indexem menším jak 3
- c) podíl zrn s tvarovým indexem rovným 3

**5) Co nazýváme filerem?**

- d) kamennou moučku s obsahem jemných částic pod 0,063 mm maximálně 70%
- e) kamennou moučku s obsahem jemných částic pod 0,063 mm minimálně 70%
- f) prach vznikající při výrobě kameniva v lomu

**6) Jaké známe typy drtičů?**

- a) čelist'ové, odrazové, válcové
- b) čelist'ové, nárazové, kuželové
- c) čelist'ové, odrazové, kuželové

**7) Co je to frakce kameniva?**

- d) prosetá směs zrn různých velikostí v rozsahu dvou mezních sít
- e) prosetá směs zrn stejných velikostí v rozsahu dvou mezních sít
- f) směs kameniva, která se získá drcením a tříděním v lomu

**8) Jakou pevnost v ohybu musí mít silniční cement pro výrobu betonových krytů?**

- g) 4,5-5,5 Mpa
- h) 6,5-7,5 Mpa
- i) 4- 5 Mpa

**9) Čím jsou charakteristické přírodní asfalty?**

- a) ve srovnání s ropným asfaltem mají nízkou viskozitu

- b) nejsou rozpustné v toluenu
- c) mají vyšší obsah asfalténů

**10) Zkouška „kroužek kulička“ charakterizuje chování asfaltu za?**

- a) nízkých teplot
- b) středních teplot
- c) vysokých teplot

**11) Která zkouška simuluje proces stárnutí pojiva při výrobě, transportu a pokládce?**

- a) zkouška v RTFOT „Rolling Thin film Oven“
- b) zkouška v PAV „Pressure Aging Vessel“
- c) zkouška v DSR „Dynamic Shear Rheometer“

**12) Pro modifikaci asfaltů se nejčastěji používají polymery?**

- a) termosetické
- b) termoplastické
- c) žádné, polymery nejsou vhodné pro modifikaci asfaltů

**13) Maximální obsah asfaltového pojiva v emulzi je?**

- a) 34 %
- b) 54 %
- c) 74 %

## 3 SPODNÍ STAVBA



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Úkolem této kapitoly je seznámení se způsoby a postupem provádění a kontroly (průkazní zkoušky, kontrolní zkoušky při provádění a po zhotovení zemního tělesa včetně) stavby zemního tělesa. Dále budou přiblíženy hlavní materiály pro stavbu zemního tělesa.



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

3 hodiny



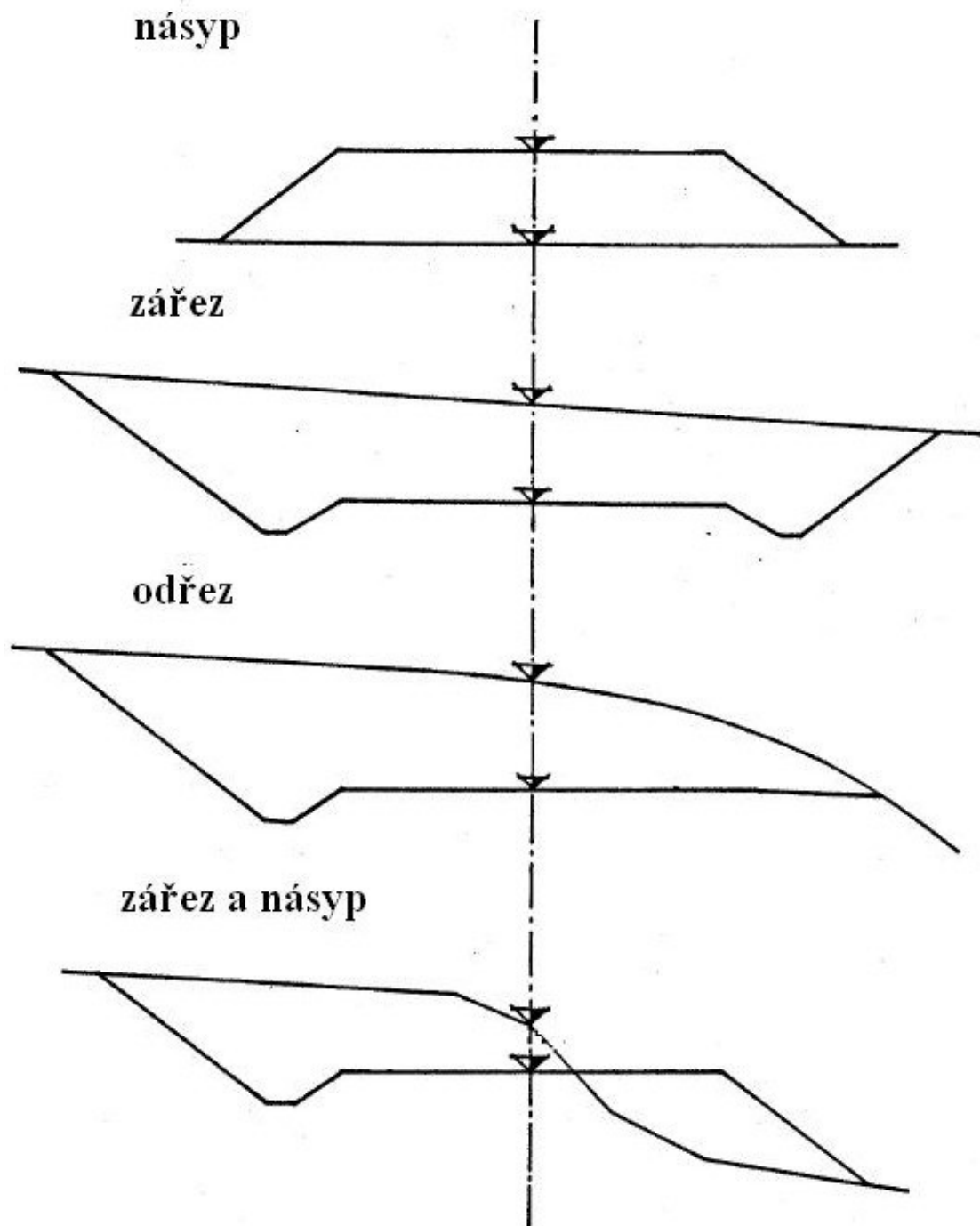
### KLÍČOVÁ SLOVA

Zemní těleso, inženýrskogeologický průzkum, soudržné a nesoudržné zeminy, zlepšení zemin, geosyntetika, druhotné materiály, výstavba, zemní pláň, aktivní zóna.

### 3.1 Zemní těleso pozemních komunikací

Zemní těleso je součást pozemní komunikace, vytvořené zemními pracemi. Jde o spodní stavbu vozovky v kontaktu s terénem. Tvar zemního tělesa je určen kategorií pozemní komunikace, směrový a výškovým vedením trasy, geologickým a morfologickým charakterem oblasti, typem použitých materiálů atd. Rozlišujeme tyto tvary zemního tělesa násyp, zářez a odřez, viz obr. 01.

- Násyp - zemní těleso vytvořené nasypaním a zhutněním zeminy nebo horniny do předepsaných poměrů, včetně úpravy svahů a zemní pláně. Násypy mohou být, prosté, vrstevnaté, vyztužené, ze zlepšené zeminy, z druhotných surovin, vylehčené.
- Zářez - zemní těleso vzniklé odtěžením rostlé zeminy (horniny) na úroveň zemní pláně. Rozeznáváme zářez prostý a zářez vyztužený, při němž se svahy zářezu stabilizují kotvením (zemní kotvy, hřebíky) nebo speciální konstrukci, např. gabiony.
- Odřez – zemní těleso, které je v příčném řezu na jedné straně tvořen zářezem a na druhé straně násypem.



**Obrázek 01: Základní tvary zemního tělesa pozemních komunikací**

Základní části zemního tělesa:

- Zemní pláň: je plocha uzavírající zemní těleso ve styku s vozovkou a tvoří horní hranici aktivní zóny. Modul přetvárnosti zemní pláně  $E_{def} \geq 45$  MPa. Pokud zemina nevyhovuje, provádí se zlepšení pláně. Zemní pláň může být - rostlá (u zářezu), či nasypaná (u násypů),



- svahy násypu, zářezu: Sklony svahů zářezu nebo násypu závisí na vlastnostech zemin a hornin, z nichž je těleso komunikace tvořeno a výšce násypu, či hloubce zářezu. Pokud nejsou složité podmínky pro zakládání, velikost sklonů svahů se řídí dle ČSN 73 6133,
- aktivní zóna: horní vrstva zemního tělesa, má zpravidla tloušťku 0,5 m a zasahuje do ní vlivy zatížení a klimatu,
- paraplán: plocha uzavírající zemní těleso ve styku s aktivní zónou, tzn. tvoří spodní líc aktivní zóny,
- podloží násypu: je část terénu po odstranění ornice tvořící základ pro násyp. Je-li zemina nevyhovující, provádí se zlepšení (vychází z výsledků inženýrskogeologického průzkumu).

Základním statickým úkolem zemního tělesa je přenos zatížení, který mohou přenést zeminy smykovou pevností. Dále musí zemní těleso přenést zatížení (jak vnější např. od dopravy, tak vnitřní např. od vlastní tíhy) do podloží tak, aby nenastaly nežádoucí deformace podloží, při nichž dochází ke vzniku oblastí tahových napětí a k porušení konstrukce vozovky, či kolapsu zemního tělesa. Návrh zemního tělesa se provádí na základě stanovení geotechnické kategorie, geotechnických vlastností stavebních materiálů a mezních stavů.

Návrhem a stavbou zemního tělesa se zabývá **ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.**

## 3.2 Stavební materiály zemního tělesa pozemních komunikací

Do zemního tělesa se, kromě neupravených nevhodných a zdravotně závadných zemin a materiálů, používají prakticky všechny druhy zemin a hornin. Použité materiály musí být ekologicky nezávadné, tj. nesmějí ohrozit složky životního prostředí zejména podzemní vodu. Lze použít různé umělé materiály a druhotné suroviny, pro tyto materiály ovšem zhotovitel musí před zahájením prací doložit objednateli doklady o posouzení shody ve smyslu zákona č. 22/97 Sb. Ve znění pozdějších předpisů, které hodlá na dané stavbě použít a to:

- „Prohlášení o shodě“ vydané výrobcem/dovozcem zplnomocněným zástupcem, v případě stavebních výrobků, na které se vztahuje NV 163/2002 Sb. ve znění NV 312/2005 Sb. a pozdějších předpisů.
- „ES prohlášení o shodě“ vydané výrobcem/zplnomocněným zástupcem v případě stavebních výrobků označovaných CE, na které je vydána harmonizovaná norma, nebo evropské technické schválení (ETA), a na které se vztahuje NV 190/2002

### 3.2.1 Zeminy

Hornina – je pevná nebo sypká směs zrn jednoho anebo více materiálů, směsí minerálů a úlomků starších hornin.

Zemina – soustava minerálních částic a/nebo organické hmoty ve formě zeminy, někdy organického původu, která může být dělena jemným mechanickým způsobem, a která obsahuje různé množství vody a vzduchu.

**Rozdělení zemin:**

## PROJEKT INOVACE PROGRAMU STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

- podle vzniku: vyvřelé, usazené, metamorfované
- podle velikosti zrn: viz obr. 02, 03. Většina zemin jsou zeminy **smíšené** a skládají se ze **základních frakcí**, (označení podstatné jméno, velké písmena, předurčují inženýrské vlastnosti zemin) a **druhotných frakcí** (přídavné jméno, malá písmena, ovlivňují sekundárně inženýrské vlastnosti zeminy), např. jemně šterkovitý hrubozrnný písek (fine gravelly coarse sand) fgrCSa.

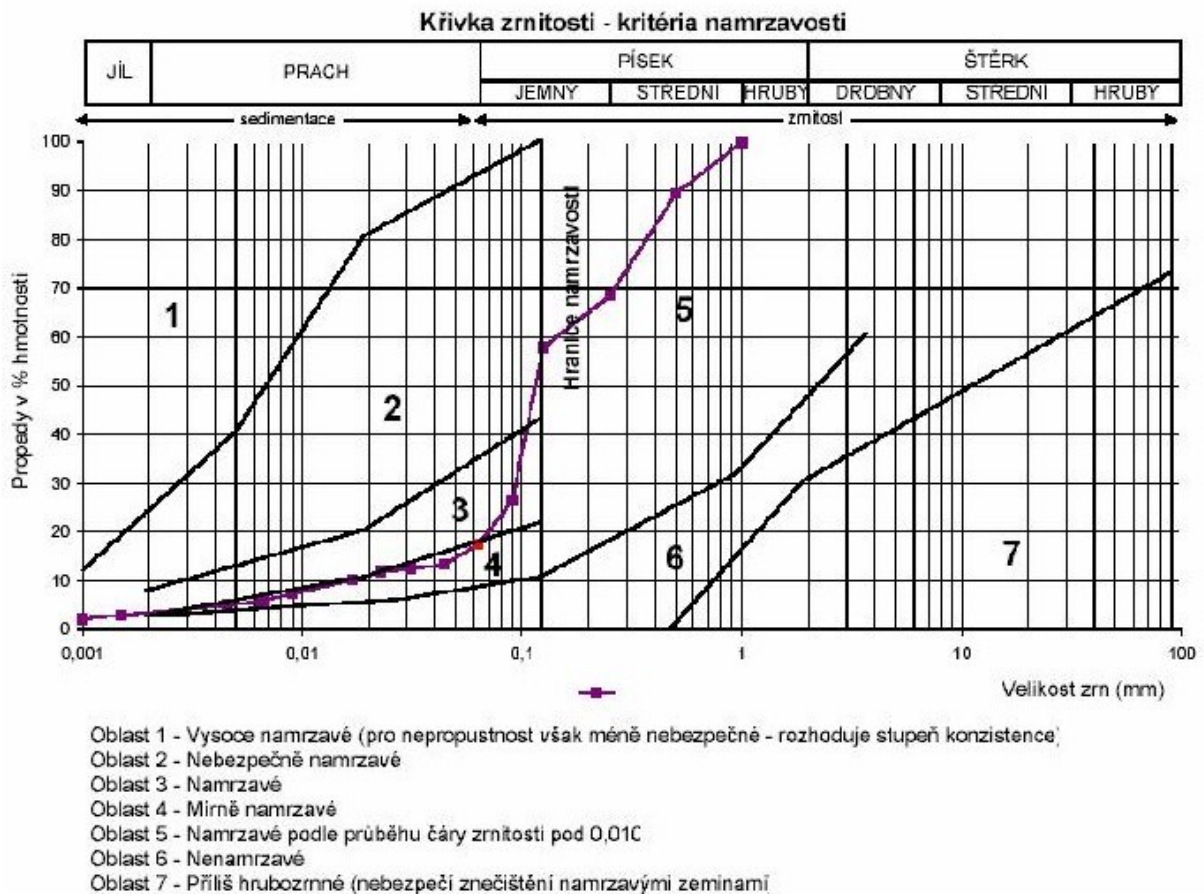
NAZEV	VELIKOST ZRN [mm]
Balvany (Bo)	> 200
Kameny, valouny (Co)	63 – 200
Štěrk – hrubý (CGr)	20 – 63
Štěrk – střednězrnný (MGr)	6,3 – 20
Štěrk – jemnozrnný (FGr)	2 – 6,3
Písek – hrubozrnný (CSa)	0,63 – 2
Písek – střednězrnný (MSa)	0,2 – 0,63
Písek – jemnozrnný (FSa)	0,063 – 0,2
Prach – hrubozrnný (CSi)	0,02 – 0,063
Prach – střednězrnný (MSi)	0,0063 – 0,02
Prach – jemnozrnný (FSi)	0,002 – 0,0063
Jíl (Cl)	= 0,002

**Obrázek 02: Klasifikace dle ČSN EN ISO 14688-1**

Velikost zrn [mm]	Název		Označení
	zrn	Frakce	
< 0,002	Jemné	Jílovitá	c
0,002 – 0,060		Prachovitá	m
0,060 – 2	Hrubé	Písčitá	s
2 – 60		Štěrková	g
60 – 200	Velmi hrubé	Kamenitá	cb
> 200		Balvanitá	b

**Obrázek 03: Klasifikace dle ČSN 73 6133**

- podle namrzavosti: Určení namrzavosti můžeme provádět několika způsoby: Scheibleho kritérium (ČSN 73 6133), viz obr. 04, přímá metoda ČSN 72 119, hodnocení podle CBR. Namrzavost se posuzuje v materiálech použitých v aktivní zóně, případně v konstrukci vozovky. Rozeznáváme nenamrzavé, mírně namrzavé, namrzavé, nebezpečně namrzavé, vysoce namrzavé ČSN 72 1002,



**Obrázek 04: Scheibleho kritérium (ČSN 73 6133)**

- podle soudržnosti: NESOUDRŽNE – zrna, nejsou k sobě vázány žádnými silami, zdrojem pevnosti je jen třením mezi zrny (písky, štěrky, štěrkové zemin, zemin s nízkou plasticitou). SOUDRŽNE – tvoří zrna pod 0,05 mm, působí mezi nimi povrchové, elektro molekulární a kapilární síly, které s menším zrnem narůstají (jíly, slíny, mokré hlíny),
- podle rozpojitelnosti: dle ČSN 733 **Třída I:** těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanismy (buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy). **Třída II:** pro těžbu a rozpojování zemin a hornin je nutné použít speciální rozpojovací mechanismy (rozrývače, skalní lžice, kladiva). **Třída III:** k rozpojení jsou nutné trhací práce.

### **Těžba zemin pro násyp:**

Při těžbě zemin pro násyp a do aktivní zóny je nutno kontrolovat shodu vlastností zemin s předpoklady uvedenými v zadávací dokumentaci stavby podle geologického průzkumu.

Za tím účelem se provádí tyto zkoušky:

- stanovení vlhkosti zemin,
- stanovení objemové hmotnosti v přirozeném uložení,

- stanovení zrnitosti,
- stanovení obsahu organických látek,
- zkouška zhutnitelnosti PS nebo maximální-minimální hutnost.

### **Vhodnost zemin pro výstavbu tělesa pozemní komunikace:**

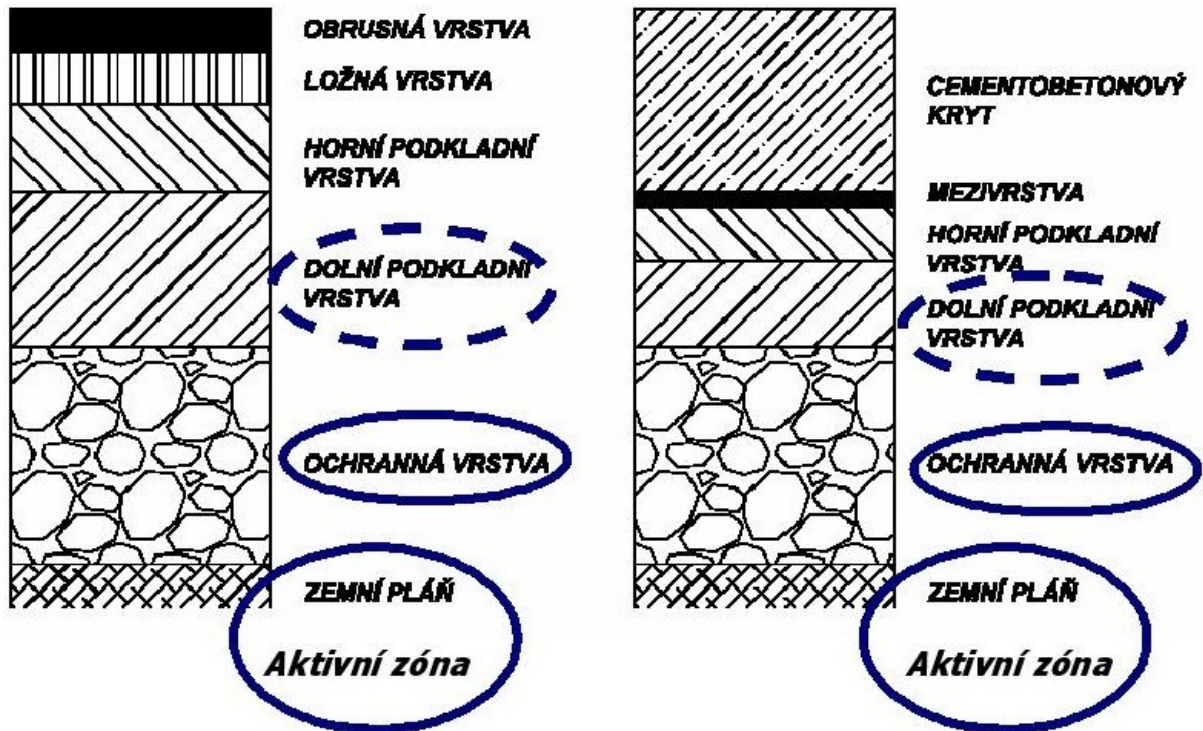
Zeminy určené pro dopravní stavby volíme tak, aby vyhovoval ČSN 72 1002. Dle této normy se zeminy dělí do čtyř skupin s určením do násypů a do deseti podle vlastností do podloží. Je-li zemina klasifikována jako málo vhodná, či nevhodná, neznamená, že ji není možno použít, tuto zeminu je možno zlepšit. Klasifikaci provádíme podle zjištění těchto základních charakteristik:

- granulometrické složení ČSN CEN ISO/TS 17892-4,
- základní fyzikální vlastnosti – vlhkost, mez tekutosti  $w_L$  ČSN CEN ISO/TS 17892-1 plasticity  $w_p$ , index konzistence  $I_c$  (pro stanovení vodního režimu podloží) a plasticity  $I_p$ ,
- technické vlastnosti zemin – zhutnitelnost (Proctor), CBR, IBI (okamžitý poměr únosnosti - v podstatě se jedná o zkoušku CBR, bez použití přítěžovacích prstenců, zrání a sycení). Jde o zjištění schopnosti čerstvě položené a zhutněné směsi/zeminy přenášet okamžité zatížení staveništní dopravou.
- namrzavost zemin (nemusíme provádět u PK s TDZ VI.),
- relativní ulehlost

Dělení zemin pro násypy:

- 1. skupina - nevhodné až málo vhodné zeminy: jíl, písčité jíl, jílovitá hlína, hlína, prachovitá hlína, jílovitý písek.
- 4. skupina – velmi vhodné zeminy: písek dobře zrněný, písek hlinitý, písek jílovitý, písčité štěrky, štěrky dobře zrněné, štěrky hlinité, štěrky jílovité.

Do násypů nesmí být použita zemina s mezí tekutosti  $w_L > 60\%$ , nebo maximální objemovou hmotností  $\rho_d < 1500 \text{ kg/m}^3$ .



Obrázek 05: Výskyt zemin v tělese pozemních komunikací

**Zeminy a horniny musíme upravit jestliže:**

- mez tekutosti  $w_L > 50\%$ , nebo maximální objemovou hmotností  $r_d < 1500 \text{ kg/m}^3$  (násyp),  $r_d < 1600 \text{ kg/m}^3$  (aktivní zóna),
- zeminy a horniny jsou objemově nestabilní, tzn. při běžných klimatických podmínkách, vykazují objemovou změnu větší než 3%,
- nelze zeminu zpracovat, protože přirozená vlhkost  $w_n$  není v intervalu přípustné vlhkosti a tuto vlhkost nelze ovlivnit, nebo jedná li se o zeminu stejnozrnnou.
- IBI musí dosáhnout min. 10% (prostý násyp),
- CBR musí dosáhnout min. 10% (ztužující vrstva vrstevnatého násypu).

**Opatření pro použití málo vhodných a nevhodných zemin v dopravních stavbách:**

- Úprava (zlepšení) vlastností zeminy: **Mechanicky zlepšené zeminy**, provádí se mísením zeminy s jinou granulometricky odlišnou zeminou. Úpravou se dosáhne lepší zhutnitelnosti a lepších mechanických vlastností. **Zlepšením zeminy příměsí pojiva** se zlepší zhutnitelnost snížením její vlhkosti, zvýší se únosnost, sníží se nepříznivý vliv vlhkosti a sníží se namrzavost,
- vyztužení násypu geotextiliemi,
- úpravami, zpevněním a zabezpečením svahů.

Podmínky použití	NEPOUŽITELNÉ <sup>a)</sup> k jakémukoli použití	NEVHODNÉ k přímému použití bez úpravy	PODMÍNEČNĚ VHODNÉ k přímému použití bez úpravy	VHODNÉ k přímému použití bez úpravy
		Nelze upravit běžnými technologiemi, použití se zpravidla vylučuje	Musí se vždy upravit <sup>c)</sup>	Podle dalších vlastností se rozhodne, zda lze použít přímo bez úpravy nebo zda se musí upravit
Aktivní zóna	Organické zeminy s obsahem organických látek větším než 6 % <sup>b)</sup> , bahna, rašelina, humus,	ML, MI, CL, CI MH, MV, CH, CV	S-F MG, CG, MS, CS, SP, SM, SC, GP, GM, GC	SW, GW, G-F
Násyp	ornice, CE, ME	MH, MV, CH, CV	MG, CG, MS, CS, SP, SM, SC, GP, GM, GC  ML, MI, CL, CI	SW, GW, G-F  S-F

<sup>a)</sup> Netýká se podloží násypu a svahů zářezu.  
<sup>b)</sup> Obsah 6 % je hranice pro středně organické zeminy dle ČSN EN ISO 14688-2.  
<sup>c)</sup> Neplatí pro poddajnou vrstvu vrstevnatého násypu.

**POZNÁMKA** Požadované minimální parametry materiálu poddajné vrstvy jsou nutné s ohledem na technologii zpracování zeminy a potřebnou minimální pevnost, kterou zabudovaná sypanina má mít k zajištění stability násypu již v průběhu výstavby. Pokud zemina pro poddajnou vrstvu má neodvodněnou pevnost nižší než 50 kPa (cu ≤ 25 kPa), je nutné ji předem upravit (např. přiměsí vápna).

**Obrázek 06: Použitelnost zemín pro stavbu zemního tělesa (ČSN 73 6133)**



### K ZAMYŠLENÍ

Jílovité zeminy se střední a vysokou plasticitou, spraše a sprašové hlíny je vhodné upravit pomocí vápna. Pro úpravu zemín s nízkou plasticitou se doporučuje cement nebo hydraulické silniční pojivo. Proč?

### 3.2.2 Druhotné suroviny

Prioritou dnešní doby je významnou měrou využívat odpady, jako zdroje druhotných surovin. Mezi materiály získané z druhotných surovin patří:

- popílký, nebo popel může být v případě splnění požadavku (limitní hodnoty vodního výluhu) a doložení vhodnosti průkaznými zkouškami použit podle svých vlastností: nestabilizovaný; stabilizovaný; jako suspenze pro prolití kamenné kostry (kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí); vyrobený určitou technologií na parametry vyhovující jejich užití v pozemních komunikacích.
- škvára,
- struska,
- stavební rum, výsyvky,
- hlušiny, Uhelná hlušina se při stavbách pozemních komunikací používá již od 50 let minulého století. Na obr. č. 7. je znázornění využití uhelné hlušiny na území severní Moravy.
- recyklované materiály z vozovek apod.

Do zemního tělesa mohou být použity pouze takové materiály, u nichž byla ověřena vhodnost průkaznými zkouškami. V případě nestandardních heterogenních materiálů je nutné terénními a laboratorními zkouškami prokázat jejich použitelnost v souladu s dokumentací.



Obrázek 07: Hlušina jako stavební materiál (1999-2006).



samostatný úkol

Co je a kde je Halda Ema?

### 3.2.3 Kamenitá sypanina

Kamenitou sypaninu dělíme:

- Sypanina z tvrdých skalních hornin horniny: třídy R1, R2 dle klasifikace podle pevnosti ČSN 73 6133, viz obr. 08. Zrnitostní složení musí být:
  - a) více než 50%- zrna větší než 63 mm, (pokud to není splněno, jedná se o šterk),



b) zrn menších 2 mm může být max. 25 %, obsah jemných částic (<0,063 mm) max. 5%.

- Sypanina z měkkých skalních hornin: je složena z navětralých až zvětralých hornin s pevností odpovídající třídě R3 až R6, viz obr. 08. Obsah jemných částic menších než 0,063 mm max. 15%, pokud je toto kritérium překročeno jedná se o zeminu.

Třída	Pevnost <sup>a)</sup> $\alpha_c$ (MPa)	Znak pevnosti	Charakteristika	Příklady horniny <sup>b)</sup>
R 1	>150	Velmi vysoká	Horninu lze kladívkem těžce otloukat	<b>Zdravé:</b> granitoidy, diority, gabra, migmatity, granulity, kvarcity, amfibolity, bazalty, prokřemenělé pararuly, ortoruly, krystalické vápence, silicity
R 2	50 až 150	Vysoká	Horninu lze kladívkem těžce rozbít	<b>Zdravé:</b> vápence, dolomity, slepence, pískovce, droby, pevné prachovce, pararuly, svory, fylity <b>Mírně zvětralé:</b> horniny třídy R 1 <b>Navětralé:</b> horniny třídy R 2
R 3	15 až 50	Střední	Horninu lze kladívkem lehce rozbít	<b>Zdravé:</b> jílovce, slínovce, vulkanické tufity, kataklasy <b>Mírně zvětralé:</b> horniny třídy R 1
R 4	5 až 15	Nízká	Horninu lze škrábat nožem, nikoliv nehtem	<b>Zdravé:</b> slabě zpevněné pískovce, prachovce a jílovce; chloritické a grafitické břidlice, fylity; ultramylonity <b>Silně zvětralé:</b> horniny tříd R 1 a R 2
R 5	1,5 až 5	Velmi nízká	Horninu lze rozbít rukou	<b>Zdravé:</b> velmi slabě zvětralé pískovce, prachovce a jílovce; tufity; dislokační jíly <b>Zcela zvětralé:</b> horniny tříd R 1 a R 2 <b>Silně zvětralé:</b> horniny třídy R 3 <b>Mírně zvětralé a navětralé:</b> horniny třídy R 4
R 6	0,5 až 1,5	Extremně nízká	Horninu lze škrábat nehtem	<b>Zcela zvětralé:</b> horniny tříd R 3 až R 5 <b>Eluvia:</b> charakteru zemin

<sup>a)</sup> Pevnost v prostém tlaku stanovena zkouškou na nepravidelných vzorcích horniny.

<sup>b)</sup> Stupeň zvětrání skalních hornin je charakterizován procentem obsahu zvětralých minerálů:

- zdravá: 0 %,
- navětralá: 0 % až 10 %,
- mírně zvětralá: 10 % až 35 %,
- silně zvětralá: 35 % až 75 %,
- zcela zvětralá: 75 %.

Obrázek 08: Zatřídění hornin podle pevnosti materiálu (ČSN 73 6133)



### DŮLEŽITÉ!

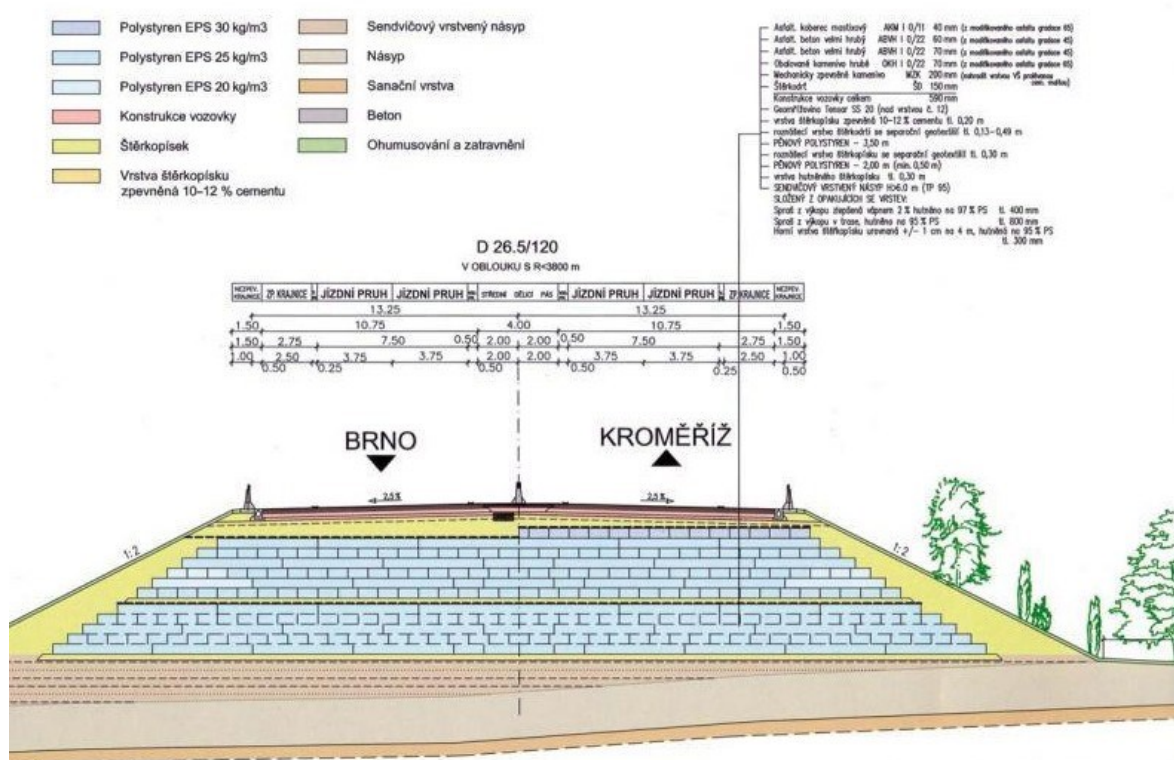
Posouzení množství procent jednotlivých částic u kamenité sypaniny lze provést i odborným odhadem.

### 3.2.4 Uměle vyrobené materiály

Tyto materiály se používají zejména pro stavbu vylehčených násypů, kdy tyto materiály mají zamezit sedání a deformacím násypového tělesa např. v přechodových oblastech mostů, či v případě neúnosného podloží.

**Lehké keramické kamenivo:** hrubozrnný materiál převážně kulovitěho tvaru, který vzniká vypálením přírodního jílu. Obvykle se vyrábí ve frakcích (1/4 mm, 4/8 mm, 8/16 mm).

**Polystyren:** do zemních těles se používá zejména expandovaný polystyren (EPS). První realizace této technologie v ČR proběhla v roce 2008 na dálnici D1 v úseku Vyškov – Mořice, viz obr. č. 09.



**Obrázek 09:** Vylehčený násyp s použitím EPS (<http://imaterialy.dumabyt.cz/Technologie/Vyuziti-polystyrenu-vnbspnaspu-dalnicni-konstrukce.html>)

### 3.2.5 Geosyntetika

Mezi tyto výrobky patří především geotextilie, geomříže, geodrény a geomembrány. Při zabudování do zemního tělesa plní některou (nebo více) z těchto funkcí:

- drenážní (odvedení vody v rovině geotextilie do drenážního systému),
- filtrační (zachytávání jemné frakce vyplavované ze zeminy proudící vodou),

- výztužnou (zvýšení únosnosti a stability zemního tělesa),
- protierozní (ochrana svahu před povrchově tekoucí vodou a povětrnostními vlivy),
- ochrannou (ochrana konstrukce nebo jiné látky před poškozením),
- těsnící a jiné.

### 3.2.6 Ocelové výztužné prvky

Pro vyztužování zemních těles mají ocelové prvky formu tyčí, pásků, sítí nebo mříží. Ocelové výztuže se použijí zejména v kombinaci s lícovým opevněním (betonové bloky, gabiony) v zemních tělesech se strmým a svislým povrchem (mostní opěry, opěrné zdi, protihlukové clony). Ocelové výztuže zemních těles se vyrábějí z ocelového drátu taženého za studena.



#### DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

ČSN EN ISO 14688-1 Pojmenování a zařďování zemin

ČSN 72 1002 Klasifikace zemin pro dopravní stavby.

TP 97 Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikacích

TP 176 Hlušínová sypanina v tělese PK

TP 198 Vylehčené násypy PK

TP 138 Užití struskového kameniva do pozemních komunikací

TP 93 Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílků

TP 94 Úprava zemin

### 3.3 Inženýrskogeologický průzkum

Cílem inženýrskogeologického průzkumu je zjistit základní charakteristiky geologických, geotechnických a hydrologických poměrů v území. Tyto údaje nám slouží jako podklad pro:

- návrh zemního tělesa,
- doporučení vedení trasy z hlediska stability,
- doporučení založení objektů, mostů, opěrných, či zárubních stěn, propustků, atd.,
- návrh konstrukce vozovky.

Základní etapy geotechnického průzkumu jsou obvykle následující:

- Předběžný průzkum: jedná se o práce potřebné k prověření vhodnosti využití území pro stavbu (projektové studie). Hlavní činnosti jsou, vyhledávání literárních a archivních záznamů, inženýrskogeologické mapování, nepřímé průzkumné metody (geofyzika, snímkování), provedení nutných odkryvů (odběr

charakteristických vzorků zemin a vody), provedení nutných laboratorních zkoušek a jejich vyhodnocení.

- Podrobný průzkum: tento průzkum zahrnuje již všechny práce nutné, abychom získali co nejúplnější poznatky, potřebné pro návrh celé stavby. Tzn. rešerše pramenů o dřívějších provedených průzkumech v dané lokalitě, dostatečný rozsah odkryvných prací s odběrem dostatečného počtu vzorků, jejich zkoušení a vyhodnocení, potřebné terénní zkoušky a měření, geofyzikální měření, určení vodního režimu.
- Doplnující průzkum: využíváme, pokud chceme upřesnit, či doplnit podrobný průzkum. Také je nezbytné doplňkový průzkum provést v případě změn týkající se způsobu založení, změny trasy komunikace atd.

Rozsah IG průzkumu závisí také na důležitosti dané stavby či rekonstrukce a její geotechnické kategorii. Pokud se jedná o méně důležitou stavbu lze využít výsledků průzkum, jenž, byly v dané lokalitě prováděny a v případě potřeby je možné pouze provést doplňkový průzkum.



## K ZAMYŠLENÍ

Je možno zjistit hladinu podzemní vody, aniž by bylo nutné provádět vrt?

### 3.4 Podloží vozovky

Jedná se o horní část zemního tělesa, do níž pronikají účinky zatížení a účinky klimatické, výrazně ovlivňuje funkci vozovky. Horní vrstva podloží (cca 0,5m) se také nazývá aktivní zónou. Povrch podloží se nazývá pláň zemního tělesa. Vlastnosti podloží vozovky významně ovlivňují návrh konstrukce vozovky.

#### 3.4.1 Charakteristiky podloží

Z hlediska potřeb pro návrh vozovky je třeba podle TP 76 stanovit tyto charakteristiky podloží vozovky.

- Zatřídění zemin dle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001,
- Namrazavost zeminy dle ČSN 72 1002, nebo se stanovuje zkouškou podle ČSN 72 1191(zejména v případě upravených zemin upravených příměsí pojiv),
- Vodní režim podloží podle ČSN 73 6114m, viz kap. 3.4.4
- Poměr únosnosti CBR podle ČSN 72 1016, viz kap. 4.2.4

Hlavní funkce podloží jsou:

- tvoří podklad pro konstrukci vozovky
- přenáší zatížení
- ovlivňuje životnost a provozní způsobilost vozovky.

Hlavní požadavky na podloží jsou:

- musí vykazovat požadovanou únosnost změřenou na zemní pláni,
- musí splňovat podélný a příčný sklon dle projektové dokumentace
- rovnost a výškové tolerance pláň musí odpovídat dokumentaci stavby;
- zemní pláň musí být řádně odvodněna.

Požadovaný modul přetvárnosti, $E_{def,2}$ , MPa	Charakteristika podloží, návrhová úroveň porušení a třída dopravního zatížení
30	Jemnozrnné zeminy (F), pouze pro D1 v TDZ VI a pro D2
45	Jemnozrnné zeminy (F), zahliněné písčité a štěrkovité zeminy (S2 až S5, G3 až G5) nebo zeminy zlepšené příměsí drtě na CBR > 15 %, aktivní zóna v tloušťkách podle tabulky 9 ČSN 73 6133 ze zeminy o návrhové hodnotě CBR > 15 % nebo z jiného vhodného materiálu, upravené skalní podloží z hornin R5 a R6.
60	Písčité a štěrkovité zeminy (S2, G3 a G4) při návrhové hodnotě CBR > 15 %, aktivní zóna ze zlepšené zeminy příměsí pojiv při dosažení $CBR_{sat} > 10$ % nebo ze zeminy o návrhové hodnotě CBR > 25 % či z jiného vhodného materiálu, upravené skalní podloží z hornin R4 až R6.
90	Kamenitá sypanina, upravené skalní podloží z hornin R1 až R3, zeminy G1 a G2, zlepšené zeminy příměsí pojiva při dosažení $CBR_{sat} > 47$ %

**Poznámka** – Hodnoty modulu přetvárnosti podloží ze zemin s přísadou pojiv jsou uvedeny pro stanovení po 3 dnech po dokončení v případě použití vápna a po 7 dnech v případě použití cementu.

**Obrázek 10: Požadované minimální moduly přetvárnosti na pláni vozovky v závislosti na druhu zeminy a zlepšení podloží vozovky**



### DŮLEŽITÉ!

Konstrukce vozovky je tak kvalitní, jak kvalitní je podloží!

#### 3.4.2 Ochrana

Podloží vozovky je třeba chránit především před působením vodou:

- voda mění negativně fyzikální vlastnosti zemin – se vzrůstající vlhkostí klesá modul pružnosti, zvětšuje se podíl plastické deformace, snižuje se únosnost,
- v zemním tělese a v podloží v zámrzné hloubce zmrzlá voda narušuje konstrukci změnami objemu, konstrukce se nadzvedává,

- za přítomnosti většího tlakového potenciálu (rozdíl výškových hladin vody na dvou stranách násypu, tlaková podzemní voda, ...) dochází k proudění a to může vyplavovat jemné částice,
- voda působí objemové změny některých zemin (hlavně jílu), nestabilní vlhkost pak vyvolává objemové změny,
- zemní pláň nesmí být přes zimu ponechána bez přikrytí vrstevami vozovky včetně alespoň jedné stmelené vrstvy (zabránění přímému pronikání vody).

### 3.4.3 Úprava a sanace podloží

V případě, že se v podloží vozovky vyskytuje zemina, která nesplňuje požadavky kap. 3.2.1 a obr. 6 musí se provést její úprava, nebo odstranění a nahrazení jiným vhodným materiálem. Tloušťky vrstev se stanovují dle obr. 11, 12.

Původní materiál		
Zatřídění zemin podle klasifikace <sup>a</sup>	Zatřídění podle CBR <sup>b</sup>	Tloušťka úpravy ( <i>h</i> )
MG, CG, MS, CS, SP, S-F, SM, SC, GP, GM, GC,	$5 \% \leq \text{CBR} < 15 \%$	$300 \text{ mm} \leq h < 400 \text{ mm}$
ML, MI, CL, CI, MH, MV, CH, CV	$2 \% \leq \text{CBR} < 5 \%$	$400 \text{ mm} \leq h < 500 \text{ mm}$
	$\text{CBR} < 2 \%$	$h \geq 500 \text{ mm}$

<sup>a</sup> Zatřídění podle klasifikace bez provedení zkoušky CBR je možno použít pro vozovky s třídou dopravního zatížení IV až VI. V ostatních případech nebo v případě pochybností je zkouška CBR rozhodující.

<sup>b</sup> CBR po syčení ve vodě po dobu 96 h podle ČSN EN 13286-47.

Obrázek 11: Stanovení tloušťky úpravy podloží vozovky (ČSN 73 6133)

Naměřený modul přetvárnosti $E_{def2}$ [MPa]		Tloušťka zlepšení podloží
$25 \leq E_{def2} < 45$	Pro třídu dopravního zatížení IV, V	$300 \text{ mm} \leq h < 400 \text{ mm}$
$20 \leq E_{def2} < 30$	Pro třídu dopravního zatížení VI nebo návrhovou úroveň porušení D2	
$10 \leq E_{def2} < 25$		$400 \text{ mm} \leq h < 500 \text{ mm}$
$E_{def2} < 10$ (neměřitelné hodnoty)		$h \geq 500 \text{ mm}$

Obrázek 12: Stanovení tloušťky úpravy podloží vozovky pro komunikace s nízkým dopravním zatížením (ČSN 736133)

Zlepšování podloží můžeme provádět pomocí vápna, cementu či hydraulických pojiv. Využití těchto pojiv záleží na typu zeminy, jež chceme upravit. Cement používáme u písčitých zemin. V některých případech je třeba použít kombinaci vápna a cementu, ovšem toto je náročné, defakto provádíme dvě technologie. Z tohoto důvodu je výhodnější používat Doroport TB 25, či Dorosol C. Tyto produkty jsou certifikovány pro použití na českém trhu.

**Doroport TB 25** reprezentuje hydraulické pojivo s upravenými vlastnostmi průběhu nárůstu pevností, které je vhodné pro použití převážně do písčitých zemin. Další stupeň využití je při recyklaci za studena a opravách podkladních vrstev vozovek silnic III. a IV. tříd. Výzkum

ukázal, že Doroport TB je schopný nahradit rychletuhnoucí cementy třídy 32,5 i v konstrukčních vrstvách vozovek.

**Dorosol C** je směsné hydraulické pojivo, směs cementu a vápna s dalšími cementárenskými surovinami. Zastoupení jednotlivých komponent předurčuje výrobek k jeho využití při zlepšení zemin. Obecně je materiál vhodný pro jemnozrnné zeminy. Tento materiál v sobě spojuje přednosti klasické vápenné a hydraulické stabilizace. Vytváří se okamžitý efekt přeměny struktury zeminy spojený s vyšším nárůstem pevností. Při použití pouze vápna dochází po reakci se zeminou k zaplnění pórovitých prostorů jen výplňovým gelem. Přídavek hydraulických materiálů (Dorosol) vede k vytvoření i tzv. cementového kamene, jenž vyplňuje vzniklé póry a významně podporuje pevnosti.

### **Postup:**

Pomocí průkazní zkoušky se přesně určí dávka a typ pojiva na konkrétní stavbu. Pojivo se dávkuje pomocí dávkovačů. Dávkovače musí být vybaveny systémem, který je schopen zabezpečit rovnoměrné rozprostření pojiva na povrch vrstvy. Mísení pojiva s materiálem se provádí zejména zemní frézou na místě, nebo na deponii či v zemi. Zemní frézy mají nastavitelnou hloubku promísení. Ta se liší podle typu zemní frézy. U nejvýkonnějších zemních fréz se tato hloubka pohybuje maximálně 0,50 m. S hutněním se začíná ihned po promísení a úpravě vlhkosti. Při zhutňování se používají vibrační tandemové válce nebo jiné hutnicí prostředky. Pro počáteční hutnění u směsí s větší vlhkostí než je vlhkost optimální jsou vhodné ježkové válce.



**Obrázek 13: Cisterna se směsným hydraulickým pojivem**





**Obrázek 14: Dávkoř poř�iva**



Obrázek 15: Fréza



**Obrázek 16: Fréza**



Obrázek 17: Odběr vzorků



### DŮLEŽITÉ!

Použití směšného pojiva vede k objemové stálosti, dlouhodobému nárůstu pevností, k trvalé únosnosti a ke zlepšení mrazuvzdornosti. Dále nám odpadá dvojitá dávkování a míchání.

#### 3.4.4 Vodní režim podloží

Vodní režim podloží je určen rozdělením vlhkosti zeminy v podloží a její změny v průběhu roku. Je funkcí:

- druhu zeminy,
- úrovně hladiny podzemní vody  $h_{pv}$  [m] (vzdálenost úrovně hladiny podzemní vody od nivelety). Průměrná úroveň hladiny podzemní vody se určuje z dlouhodobých pozorování Hydrometeorologického ústavu nebo z údajů zjištěných sondováním. Při sondování je třeba sledovat ustálenou úroveň hladiny vody, tzn. nejdříve za 24 hodin po vyvrtání sondy, v jílovitých zeminách pak za 2 až 3 dny po vyvrtání. V místech s kolísavou hladinou spodní vody nebo s občasně prosakující spodní

vodou se doporučuje sledovat hladinu spodní vody ve stálých sondách jeden až dva roky.

- kapilární výšky  $h_s$ , [m] (plně nasycená zemina, lze určit v závislosti na obsahu zrn pod **0,02 mm**. Kap. 4.2.3 obr. 03.
- hloubky promrznutí vozovky a podloží  $d_{pr}$  [m]. Určujeme pomocí indexu mrazu  $Im_d$  [°C den] (maximální záporná hodnota postupného součtu průměrných denních teplot vzduchu v zimním období v zájmové oblasti blíže kap. 4.2.5. Tato hodnota závisí na nadmořské výšce, zeměpisné šířce a dalších podmínkách) a typu vozovky netuhá a tuhá. Hloubka promrznutí se stanoví:

- pro netuhé vozovky  $d_{pr} = \sqrt{Im_b}$

- pro tuhé vozovky  $d_{pr} = 0,16 \cdot \sqrt[3]{Im_b}$

$d_{pr}$  - hloubka promrznutí vozovky a podloží [m]

$Im_b$  – návrhová hodnota indexu mrazu [°C]

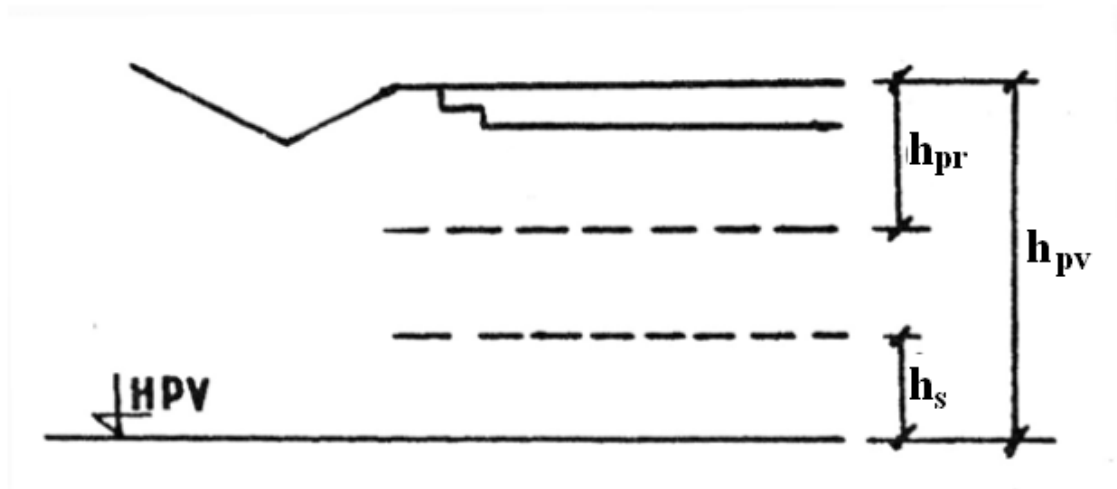
Pokud jsme všechny nutné veličiny zjistili, dosadíme je do níže uvedených rovnic, které nám slouží pro hodnocení vodního režimu při navrhování vozovek.

- difúzní (příznivý)  $h_{pv} \geq d_{pr} + 2h_s$ ,
- pendulární (nepříznivý)  $h_{pr} + h_s < h_{pv} < d_{pr} + 2 h_s$ ,
- kapilární (velmi nepříznivý)  $h_{pv} \leq d_{pr} + h_s$ .

Nejsou-li údaje o podzemní vodě k dispozici, je možno určit typ vodního režimu podloží podle konzistence zeminy v podloží vozovky v blízkosti navrhované komunikace:

- difúzní (příznivý)  $I_C > 1$ ,
- pendulární (nepříznivý)  $0,7 \leq I_C \leq 1$ ,
- kapilární (velmi nepříznivý)  $I_C < 0,7$ .

Vodní režim v podloží lze upravit, a tím se dosáhne úspory materiálu, především tepelně izolačních. Jednoduchým opatřením je zvýšení nivelety vozovky nebo zřízení plošných a podélných odvodňovacích zařízení, šterkopískové piloty atd. Někdy je vhodné použít vodězdorné membrány a fólie, které přerušují vztlínání vody.



Obrázek 18: Určení vodního režimu

### 3.5 Zemní práce

Příprava realizace a samotná výstavba pozemních komunikací je komplikovaný proces, jehož výsledkem je změna okolního prostředí. Tento proces je spojen s různými stavebními pracemi, s výrobou či rozpojováním stavebních materiálů. Samotné zemní práce se dělí:

- přípravné práce,
- výkopy,
- stavba zemního tělesa,
- dokončovací práce.

Podstatná část zemních prací se provádí pomocí strojů. Jedná se především rýpadla, dozery, skejpry, grejdry, rozrývače, nakládače, válce, frézy, atd.



#### DŮLEŽITÉ!

V případě, že v průběhu zemních prací dojde k nepředvídanému nálezů kulturně cenných předmětů (archeologických), je stavebník povinen ve smyslu stavebního zákona tento nález ohlásit stavebnímu úřadu a příslušnému orgánu památkové péče.

#### 3.5.1 Přípravné práce

Geodetická profese ovlivňuje výstavbu pozemních komunikací řadou činností, a to jak v průběhu procesu projektování, tak během výstavby a v neposlední řadě i po dokončení stavby.

Stavitel ví, co má stavět, ale musí znát místo stavby. Ve fázi přípravných a zemních prací provázejí stavbu tyto měřické činnosti:

- vytyčení obvodu staveniště se zvláštním právem využití pozemku podle zvláštních zákonů,
- zřízení a zaměření bodů vytyčovací sítě a jejich zabezpečení proti poškození nebo zničení, kontrola vytyčovací sítě po dobu stavby,
- prostorové vytyčení stavby v souladu s územním rozhodnutím a stavebním povolením,
- vytyčení stávajících podzemních vedení na povrchu, pokud mohou být dotčena stavební činností,
- vytyčení tvaru a rozměru objektu, s výjimkou drobných staveb v místním souřadnicovém systému stavby, pokud netvoří vlastnickou hranici.

Rozlišuje dva druhy vytyčovacích prací:

- Polohové vytyčování: u pozemních komunikací tím rozumíme **vytyčení hlavních bodů** (HB) trasy, tzn. vyjádření tvaru, rozměru komunikace a **podrobnému vytyčení** – (řezy, paty svahu či koruny svahu a ostatní zařízení a konstrukce).

Výškové vytyčení: tato činnost probíhá po očištění terénu. Základní podklad pro výškové vytyčení je výškový polygon, který je definován staničením a výškami lomových bodů tohoto polygonu. Podrobné body nivelety tvoří výšky osových bodů v místě jednotlivých příčných řezů. Tyto body se vytýčí podle staničení, pomocí kolíku se označí jejich poloha v ose pozemní komunikace. Jejich výška se pak určí nivelací. Podle těchto bodů se dále vytyčují podrobné body stavebních výkopových a násypových profilů a jejich výšky.



**Obrázek 19: Výškové a polohové vytýčení**

Do přípravných prací dále patří bourací práce, očištění terénu, odstranění porostů a skrývka humusu, ornice s obsahem organických látek větším než 5%.

### 3.5.2 Výkopy

Jsou práce, které jsou spojeny zejména s rozpojováním a přemísťováním hornin a zemin. Výkopy rozumíme rozpojování hornin ve výkopu, nakládka výkopu nebo jeho odhrnutí. Výkopové práce se dělí na odkopávky, prokopávky, hloubené výkopy. Výkopy provádíme v trase, či v zemníku. Všechny výkopy je nutno chránit před zaplavení vodou, aby stavební práce mohly probíhat v optimálních podmínkách. Musí být vybudovány ochranné hrázky, záchytné příkopy na úrovni výkopu, drenáže nebo odvodňovací příkopy v úrovni nižší, než je úroveň realizovaného výkopu. Volba stroje závisí:

- tvaru výkopu,
- rozpojitelosti hornin, (u pevných hornin se jedná o výlomy pomocí trhavin) kap. 3.2.1
- intenzita těžby,
- dopravní vzdálenost.

Výkopy rozdělujeme podle tvaru:



- Plošné: jejich délka a šířka jsou větší než rozměr stroje a výška rozrušované vrstvy je max. 1 m. Obvykle se jedná skryvku ornice, či terénní úpravy. Zde používáme stroje jako, dozery, skejpry a nakladače.
- Prostorové: délka i šířka výkopu jsou větší než rozměry stroje ovšem hloubka rozrušované vrstvy je větší než 1m. Jedná se zejména o stavbu zářezů a využíváme např. bagry.



**Obrázek 20: Výkop v trase (rozšíření prostoru PK)**

- Délkové: v těchto případech převládá délka výkopu, ovšem jejich šířka neumožňuje pracovat ze dna zářezu, či rýhy. Je možno použít rýpadla s hloubkovou lžící, nebo korečkové rýpadlo.



**Obrázek 21: Výkop v trase (odvodnění)**

- Hlubkové: zde převládá hloubkový rozměr a půdorysný rozměr vyžaduje práci z úrovně okolního terénu. V tomto případě používáme rýpadla s drapákovou lopatou zavěšenou na laně, nebo na pevné tyči.

V zájmu stavby se snažíme vždy vykopaný materiál použít v téže stavbě, nebo ho lze uložit do zemníku. Vytěžený materiál je třeba upravit, aby odpovídal požadavkům na výslednou frakci. Pro tyto případy lze použít mobilní drtiče.



**Obrázek 22: Mobilní drtič**

### **3.5.3 Stavba zemního tělesa**

Po ukončení přípravných prací a upravení terénu v trase budoucí komunikace, může začít stavba samotného zemního tělesa. Jedná se zejména o rozprostírání, urovnávání, zhutňování stavebního materiálu po vrstvách tak, abychom dosáhli projektovaného tvaru a výšky zemního tělesa. Musí být zajištěno jeho odvodnění a je třeba ho chránit před poškozením a znečištěním. Proto je třeba omezit její pojiždění stavebními mechanismy a dopravními prostředky na nezbytné minimum. V zimním období nesmí být ponechána bez přikrytí vrstvami vozovky alespoň s jednou stmelenou vrstvou (zabránění přímému pronikání vody). Pokud je přezimování pláně nezbytné je nutné ji poté opět zkontrolovat a případně opravit. Pokud chceme urychlit konsolidaci zemního tělesa lze vybudovat přitěžující násyp (zejména přechodové oblasti mostů) obr. 23.



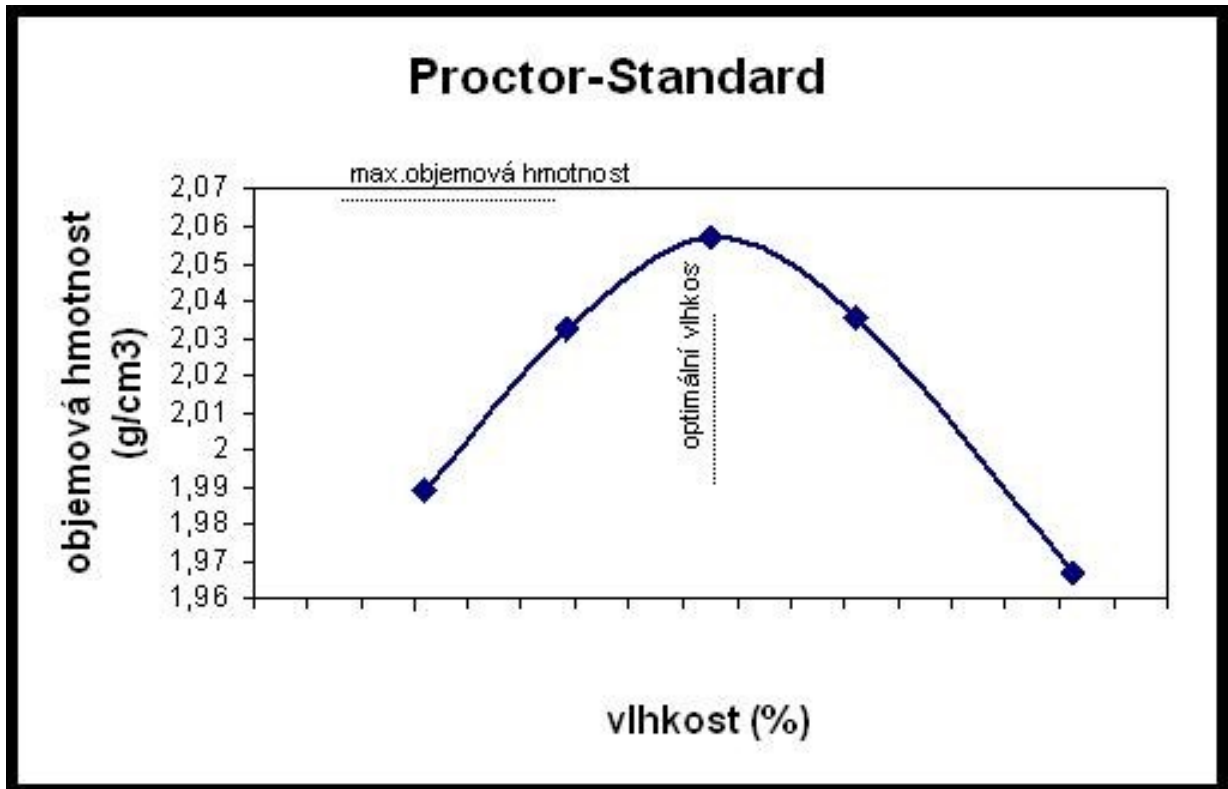
**Obrázek 23: Přitížení násypem**



**Obrázek 24: Odvodnění zemního tělesa**

### **Hutnění**

Je technologický proces, jehož účelem je zlepšit vlastnosti zemin a dosáhnout jejich mechanické zpevnění. Dochází k vytlačování vzduchu a přebytečné vody. Tím dosáhneme změny mezerovitosti a saturaci zemin. Míra zhutnění závisí na druhu zeminy, zrnitosti, poměru fází vzduch, voda, zrna a na zhutňovacích pracích. Zhutnitelnost materiálu se posuzuje na základě laboratorní zkoušky zhutnitelnosti podle metody Proctor - standard nebo Proctor modifikovaný. Tato laboratorní zkouška odvozená z praktických pozorování chování zemin v dopravních stavbách stanovuje objemovou hmotnost dané zeminy, která zaručí její objemovou stálost. Zároveň stanovuje vlhkost, při níž lze tuto objemovou hmotnost dosáhnout.



**Obrázek 25: Vyhodnocení zkoušky zhutnitelnosti Proctor-standard**

Tloušťka hutněné vrstvy závisí na hutnicím stroji a největšímu zrnu frakce hutněného materiálu. Pro hutnění používáme:

*Pro sypké zeminy:*

- vibrační válce a desky (nesoudržné zeminy a jejich vlhkost by měla být větší než optimální vlhkost),
- dynamická konsolidace (spouštění desky 12 - 14 t z výšky 12 - 20 m volným pádem),
- ubíjení,
- hloubková vibrace (vhodné pro větší mocnosti kyprých štěrkových, či písčitých zemín),
- hydromechanické zhutňování – prolévání vodou,
- přitížení násypem, viz obr. 23.

*Pro soudržné zeminy:*

- statické válce (jemnozrnné zeminy)
- dynamická konsolidace (spouštění desky 12 - 14 t z výšky 12 - 20 m volným pádem).

U dopravních staveb používáme zejména vibrační a statické válce, které mohou být podle povrchu běhounu:

- válce s hladkým běhounem,
- válce s tvarovaným běhounem (rýhovaný, mřížkový, s výstupky),
- pneumatický (vhodný pro popílky poslední pojezd k uzavření vrstvy).

Postup hutnění se opakuje až do dosažení požadované míry zhutnění podle následujících pravidel:

- hutnění provádíme okamžitě po rozprostření dané vrstvy,
- hutnění se provádí podélnými pojezdy (jeden pojezd tzn. jízda vpřed a vzad) válce v jedné stopě,
- v jedné stopě se smí provést jen jeden pojezd bez vybočení,
- jednotlivé pojezdy se musí překrývat min o 15 cm,
- první a poslední pojezd se doporučuje bez vibrací (statikou dosáhneme uzavření vrstvy, jako poslední je nejlépe použit pneumatický válec),
- vrstva se hutní pojezdy postupně od krajů do středu vozovky (při střešovitém sklonu) a od níže ležícího nezapřené kraje po předhutněný horní okraj (při jednostranném sklonu),
- při prvním pojezdu se při hutnění neopřených krajů vynechává pruh cca 10 cm, který hutníme až nakonec při posledním pojezdu,
- při jízdě z kopce o velkém sklonu se nedoporučuje použití vibrace,
- při vysokých teplotách a suchém počasí je vhodné povrch vrstvy zvlhčit kropením,
- u hutnění pomocí vibračního válce je třeba dbát na rychlost hutnění cca 2- 3 km/h,
- zhutněná vrstva musí odpovídat projektové tloušťce (zhutňovací zkouška na stavbě)- obecně 10-20 % výšky zhutněné vrstvy,
- každá hutněná vrstva musí mít dosahovat požadované míry zhutnění jako poslední vrstva, v tomto případě zemní pláň.



**Obrázek 26: Vibrační válec s hladkým běhounem**

### **3.5.4 Kontrolní zkoušky při provádění a po dokončení zemního tělesa**

Požadavky na zemní pláň:

- musí vykazovat požadovanou únosnost změřenou na zemní pláni,
- musí splňovat podélný a příčný sklon dle projektové dokumentace,
- rovnost a výškové tolerance pláně musí odpovídat dokumentaci stavby,
- zemní pláň musí být řádně odvodněna.

Přehled kontrolních zkoušek při provádění a po dokončení zemního tělesa jsou uvedeny na obr 27, 28.



Vlastnost		Minimální požadavek	Četnost
Vlhkost	Jemnozrné zeminy s $I_p < 17 \%$	odchylky od $w_{opt,PS}$ – 3 % až + 2 %	1 x 1 250 m <sup>2</sup> nebo 500 m <sup>3</sup>
	Jemnozrné zeminy s $I_p = 17 \%$	odchylky od $w_{opt,PS}$ – 5 % až + 3 %	
	Hrubozrné zeminy	-	1 x 2 500 m <sup>2</sup> nebo 1 000 m <sup>3</sup>
Míra zhutnění dle objemové hmotnosti (parametr D)	Podloží násypu	92 % PS	1 x 4 000 m <sup>2</sup> nebo 1 6000 m <sup>3</sup>
	Podloží přechodových oblastí mostů	95 % PS	
	Násyp z jemnozrných (F) nebo písčitých zemin (SW, SP, S-F) nebo poíplku	95 % PS	
	Násyp ze štěrkovitých zemin (GW, GP, G-F)	97 % PS	
	Aktivní zóna, zemní pláň	100 % PS	1 x 100 bm dopravního pásu nebo 1 x 1 000 m <sup>2</sup> ostatních

**Obrázek 27: Kontrolní zkoušky dle ČSN 73 6133**

Vlastnost		Minimální požadavek	Četnost
Míra zhutnění dle relativní ulehlosti	Písčité zeminy (SW, SP, S-F)	0,8 (aktivní zóna – 0,9)	1 x 4 000 m <sup>2</sup> nebo 1 6000 m <sup>3</sup>
	Štěrkovité zeminy (GW, GP, G-F)	0,75 (aktivní zóna – 0,9)	
Nivelační zkouška stlačení po dvou pojezdech	Kamenitá sypanina, váté písky, popílky	0,5 % h	1 x 4 000 m <sup>2</sup> nebo v aktivní zóně 1 x 2 000 m <sup>2</sup>
CBR	Ztužující vrstva vrstevnatého násypu	min. 10 %	1 x 10 000 m <sup>3</sup> nebo 1 x denně
IBI	Aktivní zóna	min. deklarovaná hodnota	
	Násyp	min. 10 %	
	Podloží násypu	min. 5 %	

**Obrázek 28: Kontrolní zkoušky dle ČSN 73 6133**

Dále je nutné kontrolovat i tvar zemního tělesa, viz obr 29, 30.

Vlastnost	Typ komunikace	Požadavek	Měření
Odchyšky od výšek zemní pláně a kót odvozených od nivelety	D, R, SI, SII, MR, MS	± 30 mm	V příčných profilech dle dokumentace stavby (po 20 m) ve třech bodech jízdního pásu
	ostatní silnice, ostatní MK, účelové komunikace	± 40 mm	
Odchyšky od šířek zemní pláně	všechny	-50 mm -až + -100 mm	V příčných profilech po 20 m
V podélném směru	D, R, SI, SII, MR, MS	max. 25 mm	Pod 4 m latí v ose jízdního pásu
	ostatní silnice, ostatní MK, UK	max. 30 mm	
V příčném směru	D, R, SI, SII, MR, MS	max. 15 mm	V příčných profilech max. po 40 m
	ostatní silnice, ostatní MK, UK	max. 20 mm	

**Obrázek 29: Přípustné odchyšky zemního tělesa (ČSN 73 6133)**

Vlastnost	Typ komunikace	Požadavek	Měření
Odchyłka od příčného sklonu zemní pláňe	D, R, SI, SII, MR, MS	$\pm 0,5 \%$	V každém příčném profilu dokumentace stavby
	ostatní silnice, ostatní MK, účelové komunikace	Odchyłka maximálně $\pm 1 \%$ , min. 2,5 %	
	u skalních zářezů a plání z kamenité sypaniny	$\pm 0,5 \%$	
Přesnost svahování se posuzuje max. prohlubní	všechny	50 mm	V příčných profilech maximálně vzdálených 100 m
Odchyłka od tangenty projektovaného sklonu svahu		$\pm 5 \%$	
Svahování ve skalních výlomech		Neprovádí se	

**Obrázek 30: Přípustné odchyłky zemního tělesa (ČSN 73 6133)**

**Míra zhutnění:** kontrolujeme pomocí membránového objemoměru (přímá metoda), či statickou zatěžovací deskou (nepřímá). V případě kamenité sypaniny zjistíme míru zhutnitelnosti pomocí nivelace, stav je vyhovující pokud zatlačení minimálně 12 měřených bodů po dvou kontrolních pojezdech s vibrací nepřesáhne 0,5 % tloušťky zhutňované vrstvy.



**Obrázek 31: Kontrola míry zhutnění**

Únosnost zemní pláně lze určit:

- Modulem pružnosti – statický a dynamický (zatěžovací zkoušky), viz kap. 4.3,
- modulem deformace
- modulem reakce – vyjadřuje poměr zatížení desky  $p$  a vyvolání jeho zatlačení  $z$  (používá se pro dimenzování **tuhých vozovek**).



Obrázek 32: Náčiní pro kontrolní zkoušky



### DŮLEŽITÉ!

Pláň zemního tělesa, která nevyhovuje požadavkům, bude rozrušena odpovídajícími mechanizmy, zhutněná a seříznuta tak, aby vyhověla výškovým požadavkům příčného a podélného řezu a požadavkům stavebního dozoru.

### 3.5.5 Dokončovací práce



### TEST

#### TEST 3:

- 1) Lze zeminy, které nesplňují požadavky dle ČSN 73 6133 použít při stavbě zemního tělesa?

- a) ne
  - b) ano, pokud ji upravíme
  - c) ano
- 2) Co je hlušina?**
- 3) O kolik se musí překrývat jednotlivé pojezdy hutnění?**
- a) 10 cm
  - b) 15 cm
  - c) nesmí se překrývat - dochází trvalé deformaci podloží
- 4) Jak zjišťujeme míru zhutnění kamenité sypaniny?**
- a) geodetickým měřením
  - b) membránovým objemoměrem
- 5) Jakou zeminu nelze zhutnit?**
- a) příliš suchou
  - b) příliš vlhkou
- 6) Jakou závislost vyjadřuje Proctor křivka?**
- a) závislost mezi vlhkostí a objemovou hmotností
  - b) závislost mezi výškou hutnicí vrstvy a konečného sednutí při zhutnění
  - c) závislost mezi počtem pojezdů v jedné stopě
- 7) Co je to zemní pláň?**
- a) upravená plocha pod krytem vozovky
  - b) je plocha pod aktivní zónou
  - c) je plocha uzavírající zemní těleso ve styku s vozovkou
- 8) Modul přetvárnosti zemní pláně musí min být?**
- a) větší než 45 Mpa
  - b) větší než 65 Mpa
  - c) větší než 35 Mpa
- 9) Jaké druhy vodního režimu znáte?**
- 10) Zeminy a horniny musíme upravit jestliže:**
- a) mez tekutosti je  $> 50\%$
  - b) jestliže se do ní zaboří lžíce do  $1/3$  její výšky
  - c) mez tekutosti je  $< 50\%$
- 11) Z jakého důvodu určujeme index konzistence  $I_c$  materiálu v podloží?**
- a) pro určení namrzavosti
  - b) pro určení vodního režimu v podloží
  - c) pro stanovení modulu přetvárnosti

## 4 KONSTRUKČNÍ VRSTVY VOZOVKY



### CÍLE KAPITOLY

Cílem kapitoly je přiblížení problematiky konstrukce vozovky a její navrhování pomocí katalogových listů dle TP 170.



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

3 hodiny



### KLÍČOVÁ SLOVA

Kryt, podkladní vrstva, ochranná vrstva, CBR, návrhová úroveň porušení, třída dopravního zatížení, těžké nákladní vozidlo.



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Základní charakteristikou spolehlivosti vozovky je její provozní způsobilost a únosnost.

**Provozní způsobilost** je vlastnost povrchu vozovky; je vyjádřena buď okamžitými měřenými hodnotami protismykových vlastností, podélné a příčné nerovnosti a dopravního hluku (při odvalování pneumatik) nebo druhem, lokalizací a plochou poruch vozovky.

**Únosnost** je schopnost vozovky přenášet zatížení. Při navrhování se vyjadřuje zatížením (nápravy nebo sestavy kol) a počtem opakování těchto zatížení.

**Trvanlivost** je schopnost povrchu vozovky odolávat účinkům zatížení a klimatických vlivů. Při navrhování vozovky se vyjadřuje předpokládanou dobou životnosti obrusné vrstvy.

**Návrhová úroveň porušení** je předpokládaný vývoj porušování vozovky, který je v těchto TP vyjádřen přípustnou plochou výskytu konstrukčních poruch na konci návrhového období.

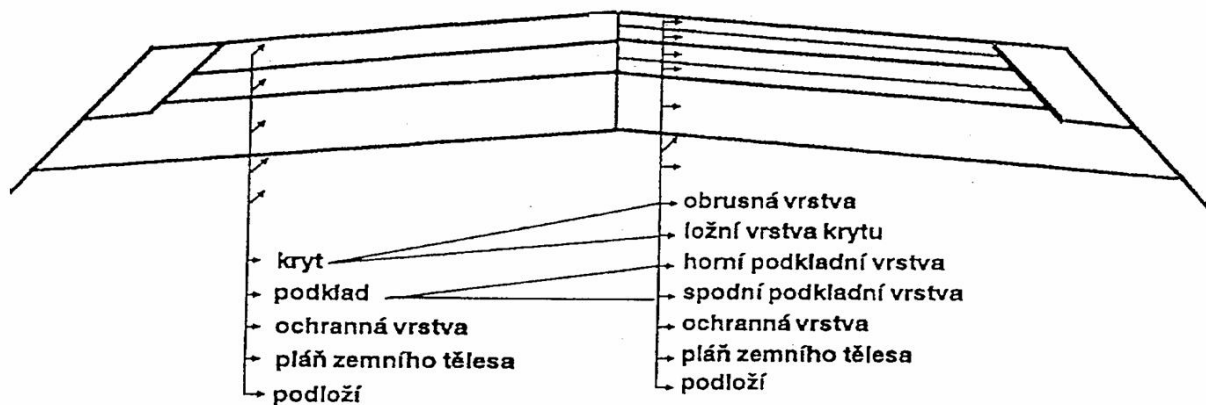
### 4.1 Rozdělení

Vozovkou rozumíme zpevněnou část silniční komunikace určenou pro poježdění vozidel. Vozovka je vícevrstvá konstrukce na povrchu tělesa silniční komunikace, jejíž únosnost a povrch umožňuje bezpečnou a hospodárnou jízdu motorových vozidel návrhovou rychlostí po



dobu její životnosti. Vozovka se zpravidla skládá z krytu, podkladu a ochranné vrstvy, viz obr. 01. Leží na podloží, jehož horní vrstva, aktivní zóna, může být upravena zlepšením či výměnou, viz předešlé kapitoly. Kryty můžeme dělit podle:

- deformační charakteristiky krytu (tuhé a netuhé),
- materiál krytu (asfaltové, cementobetonové, dlážděné, stabilizované, štěrkové, zvláštní),
- druh podkladu, (vozovky s nestmelenými podkladními vrstvami, vozovky se stmelenými vrstvami celiasfaltové).



**Obrázek 01: Schéma konstrukce vozovky**

#### 4.1.1 Kryt

Kryt je horní část vozovky určená k přímému poježdění vozidly. Rozděluje se na vrstvu obrusnou, která tvoří povrch vozovky a je přímo ovlivňována účinky dopravními a klimatickými. Druhá vrstva se nazývá ložní a napomáhá funkci obrusné vrstvy. Není nutnou u vozovek nižšího významu a cementobetonových krytů.

Kryt je přímo vystaven účinkům kol vozidel, bezprostřednímu působení atmosférických vlivů a změnám teploty. Za všech podmínek by měl splňovat kritéria zabezpečující rychlou, plynulou, pohodlnou a bezpečnou jízdu vozidel. Jeho kvalita má vliv nejenom na dopravní náklady, ale i na náklady na údržbu, a proto musí být výstavbě krytu věnována mimořádná péče, použity kvalitní materiály, dodrženy požadované technologické postupy a kvalitativní ukazatele nejen na zvlášť namáhaných (křižovatky, zastávky autobusů, stoupací pruhy), ale na celé trase pozemní komunikace. S kvalitou krytu velmi úzce souvisí i tzv. povrchové vlastnosti vozovek, k nimž se řadí:

- drsnost (proti smykové vlastnosti),
- rovnost,
- světelná odrazivost
- hlučnost.

Tyto vlastnosti nabývají na významu v souvislosti se vzrůstající intenzitou silniční dopravy a rostoucí rychlostí silničních vozidel. Jsou významnými faktory vyjadřujícími technický stav krytu vozovky a jeho vliv na bezpečnost, pohodlí a hospodárnost silniční dopravy.

## 4.1.2 Podkladní vrstva

Je to základní konstrukční část vozovky. Jeho funkce spočívá v roznesení tlaku na takovou plochu, aby napětí nezpůsobilo nadměrné deformace podloží. Musí být zajištěna potřebná pevnost nejen v tlaku, ale i v tahu ohybem a v tahu. Nesmí docházet k plastickým deformacím. Podkladní vrstvy mohou být ze stmelěných nebo nestmelěných materiálů, tedy spojené či nespojené pojivem (organickým nebo anorganickým). S hlediska zatížení je doporučeno horní vrstvy provádět ze stmelěných materiálů. U silně zatížených konstrukcí pak jako stmelěné provádíme i spodní vrstvy.

## 4.1.3 Ochranná vrstva

Ochranná vrstva je spodní část vozovky. Ochrňuje vozovku před vlivy promrzání podloží. Ochranná vrstva má rovněž nosnou funkci. Dále má funkci přerušovací k zamezení pronikání vody do vozovky kapilárním vztlínáním, infiltrační k zamezení pronikání podložní zeminy do vrstvy ochranné a podkladních vrstev. Přispívá k ochraně vozovky před účinky mrazu v podloží. Pokud plní i funkci drenážní (plošná drenáž) k odvedení vody pronikající vozovkou nebo z podloží či zemního tělesa, pak se taková vrstva nazývá podsyp. Další sekundární funkcí podsypu je zvětšení nenamrzavé vrstvy, pak už je ale podsyp brán jako podkladní vrstva a podle toho se i posuzuje.

Pro ochrannou vrstvu je možno použít zeminy zpevněné mechanicky nebo hydraulickými pojivy (např. cementové a vápenné stabilizace apod.).

Nejmenší přípustné tloušťky podsypu ve ztuhnutém stavu je 150 mm, za kapilárního vodního režimu 200 mm. Tloušťka podsypu se navrhuje taková, aby přerušila vztlínání. Má-li ochranná vrstva odvodňovací funkci, pak je nutné ji odvodnit podélným trativodem (v zářezu). V náspu musí být voda řádně odvedena v celé délce svahu.

## 4.2 Návrh konstrukce vozovky

Navrhování tuhých a netuhých vozovek je přesně popsáno v TP 170 - Navrhování vozovek pozemních komunikací. Metoda návrhu v tomto předpisu vyžaduje znalost dopravního zatížení, prostředí, charakteristik podloží a vrstev vozovky. Podle výpočtu účinků zatížení ve vrstvách vozovky, se stanoví přípustné dopravní zatížení. Účinky zatížení jsou popsány poměrnými deformacemi. Předpis připouští dva druhy návrhu. Dle katalogových listů pro běžné konstrukční vrstvy, a dle návrhové metody vozovek s podrobným výpočtem dopravního zatížení a charakteristik konstrukce vozovky. Návrhová metoda je založena na teorii vrstevnatém poloprostoru. Předpokládá se, že materiály jsou lineárně elastické, homogenní, isotopické. Vychází z Minerovy hypotézy (která je jen přibližná). Kumulace dílčích poškození od jednotlivých zatížení je lineární. Jednotlivá poškození se sčítají, na pořadí nezáleží. K porušení materiálu dojde, když je součet dílčích poměrných porušení rovné jedné.

Směrnice TP 170 z roku 2004 (nahradila TP 97 a TP 98 z roku 1995): Skládá se ze 3 částí.

- Úvod
- Část A Katalog vozovek
- Část B Návrhová metoda

Dodatek TP 170 byl vydán v září 2010. Zavedení evropských norem vyžadovalo změnu názvů směsí v předpisu. Bylo též třeba zohlednit nové české normy (například normu ČSN 73 6133, ve které jsou i kapitoly týkající se aktivní zóny v podloží vozovek a technologické pravidlo pro zlepšování zemin TP 94).

V dodatku TP 170 jsou stará i nová jména všech materiálů. Katalog byl po formální stránce upraven, ale konstrukce zůstaly zachovány. Některé části TP 170 byly Dodatkem změněny, zejména část o podloží. Též o únavě u VMT.

## 4.2.1 Návrhová úroveň porušení vozovky

Návrhová úroveň porušení D0, D1, D2 vyjadřuje přepokládaný vývoj porušování vozovky = přípustná plocha výskytu konstrukčních poruch na konci návrhového období

**Konstrukční porucha:** kumulace poškození opakovaným zatěžováním. Opakovaný tah (únava) ve stmelěných vrstvách vozovky – síťové trhliny (asfalt), podélné a příčné trhliny ve střední třetině CB. Opakovaný tlak na podloží – nepružné přetvoření podloží s vývojem deformací ve stopě vozidel.

**Povrchové poruchy:** ztráta odolnosti proti smyku.

**Návrhové období:** je doba, během níž nemá být vozovka zesilována nebo rekonstruována. Za zesílení nepovažujeme obnova obrusné či i ložné vrstvy. Při návrhu nově budovaných vozovek trvalého charakteru je stanovena jednotná délka návrhového období a 25 let (pro všechny konstrukční typy vozovek).

(kategorie silnic podle ČSN 736101 Projektování silnic a dálnic)

- |           |  |                                    |
|-----------|--|------------------------------------|
| <b>D0</b> | dálnice, silnice I. třídy                  | (konstrukční poruchy < 1 % plochy) |
| <b>D1</b> | silnice II. a III. třídy, parkovací plochy | (konstr. poruchy < 5 % plochy)     |
| <b>D2</b> | místní a dočasné komunikace                | (konstr. poruchy < 25 % plochy)    |

Návrhová úroveň porušení se při navrhování zajišťuje:

- konstrukčními úpravami podloží vozovky,
- výběrem druhu konstrukčních vrstev a stavebních materiálů,
- stanovením tloušťek vrstev vozovky odpovídajících dopravnímu zatížení,
- konstrukčními a technologickými požadavky.

## 4.2.2 Dopravní zatížení

Dopravní zatížení je chápáno jako opakované zatížení stejné velikosti. Velikost dopravního zatížení silničním provozem vychází z platné vyhlášky 341/2002 Sb. Tato stanovuje technickou způsobilost a limity zatížení na nápravu vozidel. Na hnací nápravu je povolena statická síla 132 kN.

Charakteristiky návrhové nápravy pro výpočet, viz obr 02:

- zatížení nápravy:  $Q_k=100$  kN
- počet kol se zdvojenými pneumatikami 2
- vzdálenost středu dotykových ploch: 0,344 m
- poloměr dotykových ploch:  $a_k=0,1203$  m
- průměrný dotykový tlak:  $q_k=0,550$  MPa

**Obrázek 33: Návrhová náprava**

Počet těchto jednotkových zatížení se stanoví:

- odborným odhadem z prognóz urbanistického řešení oblasti
- sčítáním dopravy
- z údajů přepravy hmot
- vážením náprav nákladních vozidel

Vozovky se zařazují do tříd dopravního zatížení (TDZ) podle průměrné denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel pro všechny pruhy za 24 hodin ( $TNV_k$ ) v návrhovém období.

$$TNV_k = 0,5(\delta_z + \delta_k)TNV_0$$

$TNV_0$  - průměrná hodnota denní intenzity provozu TNV v roce provedení dopravně – inženýrského průzkumu (sčítání dopravy co 5 let - ŘSD) vozidlo/den.

$\delta_z$  - součinitel nárůstu intenzity provozu TNV pro roky počátku návrhového období.

$\delta_k$  - součinitel nárůstu intenzity provozu TNV pro roky konce návrhového období.

Třída	S	I	II	III	IV	V	VI
$TNV_k$	> 7500	3501 – 7500	1501 – 3500	501 – 1500	101 – 500	15 – 100	< 15

**Obrázek 34: Třídy dopravního zatížení**

**4.2.3 Podloží vozovky**

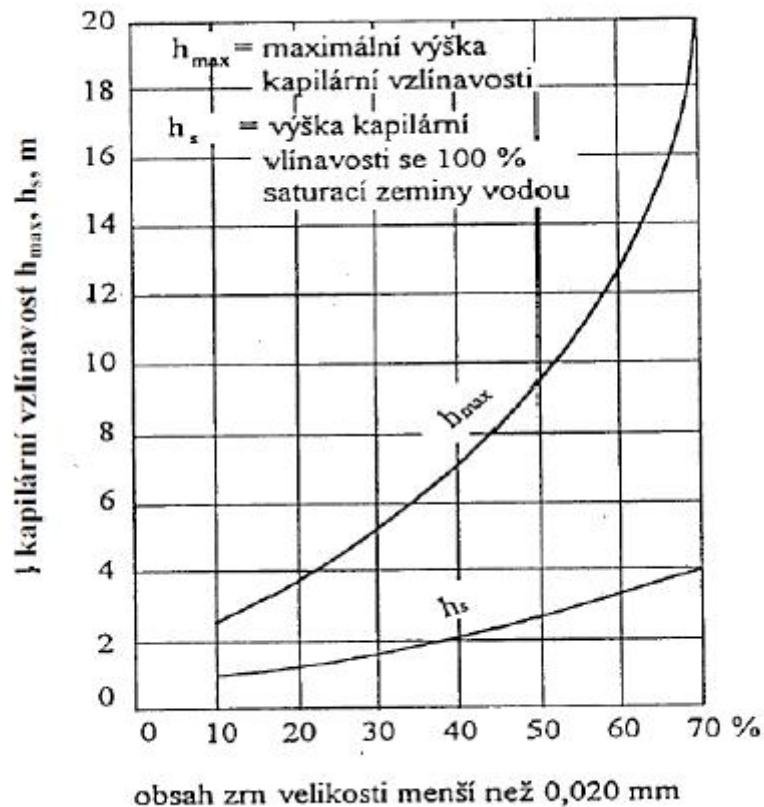
Vlastnosti podloží vozovky pro návrh vozovky jsou závislé na druhu zeminy a u soudržných zemín na vodním režimu podloží. Vlastnosti podloží jsou návrhem a provedením zemního tělesa a podloží vozovky ovlivnitelné.

Podklady pro návrh zemního tělesa poskytuje podrobný geotechnický průzkum dle TP 76. A musí být stanoveny tyto charakteristiky:

- Zatřídění zemín podle ČSN 72 1001, ČSN 73 1001
- Namrzavost zeminy podle ČSN 72 1002, ČSN 72 1191
- Vodní režim podloží podle ČSN 73 6114 s hloubkou promrznání vozovky a kapilární vzlínivosti, viz obr. 04 a kap. 3.4.4.

- Poměr únosnosti CBR podle ČSN 72 1016 za optimální vlhkosti a po 4 dnech sycení.

Samotné zemní těleso navrhujeme podle ČSN 766133, Vhodnost zemni pro použití v zemním tělese a podloží vozovky stanovuje ČSN 72 1002, ČSN 73 6133.



Obrázek 35: Stanovení kapilární vzlinavosti zemin podle ČSN 72 1002

#### 4.2.4 Poměr únosnosti CBR

Zkouška poměru únosnosti zemin (CBR – ČSN 72 1016) srovnává pevnost zkoušené zeminy s pevností vztažného drceného materiálu (vyjadřuje se proto v %). Zkouška se provádí tak, že ocelový trn o průměru 50 mm se zatlačuje do povrchu zeminy nahutněné v CBR - hrnci (zemina je nahutněna při optimální vlhkosti podle výsledku Proctorovy zkoušky) do hloubky max. 12,7 mm. Hodnota CBR v % je pak poměr síly, kterou je nutno vyvinout k zatlačení trnu do výše uvedené hloubky k známé síle potřebné k zatlačení trnu do vztažného materiálu.

$$\text{CBR} = (p / p_{\text{standard}}) \times 100 (\%)$$

z hodnoty CBR se často odvozuje modul pružnosti materiálu podloží. V literatuře lze najít převodní vztah k modulu pružnosti podloží  $E \cong 10 \times \text{CBR}$  nebo  $E = 17,6 \times \text{CBR}^{0,64}$ .



**Obrázek 36: Stanovení kalifornského poměru únosnosti**

V závislosti na vodním režimu se návrhová hodnoty poměru únosnosti CBR stanoví pro:

- difuzní  $CBR_{opt}$
- kapilární  $CBR_{sat} - 4$  dny saturace
- pendulární  $CBR_{pen} = CBR_{opt} - 0,6 (CBR_{opt} - CBR_{sat})$

V případě kdy je pro D0 a D1 poměr CBR < 15% nebo pro D1 a třídu zatížení IV a D2 < 10% se doporučuje zlepšení podloží.

#### **4.2.5 Klimatické podmínky**

Klimatické podmínky jsou charakterizovány teplotou vzduchu a indexem mrazu. Obě tyto hodnoty jsou závislé na místě, ve kterém se má stavba silniční komunikace provádět. Průměrnou roční teplotu a charakteristickou hodnotu indexu mrazu lze určit z map, které jsou součástí ČSN 73 6114. Index mrazu je v uvedené normě uveden i tabelárně, viz obr. 06. Přesněji lze průměrné hodnoty ročních teplot pro CB kryty a indexu mrazu stanovit ze

záznamů meteorologických stanic v zájmové oblasti pro střední dobu návratu 10 let. Pro asfaltové kryty se jako návrhová teplota bere 15°C.

Výškové pásmo v m n.m.	Index mrazu $I_{mk}$ [ °C]	Výškové pásmo v m n.m.	Index mrazu $I_{mk}$ [ °C]
do 200	332	600 až 700	582
200 až 300	375	700 až 900	701
300 až 400	424	900 až 1100	840
400 až 500	475	1 100 až 1 300	994
500 až 600	523	1 300 až 1 500	1 169

**Obrázek 37: Index mrazu**

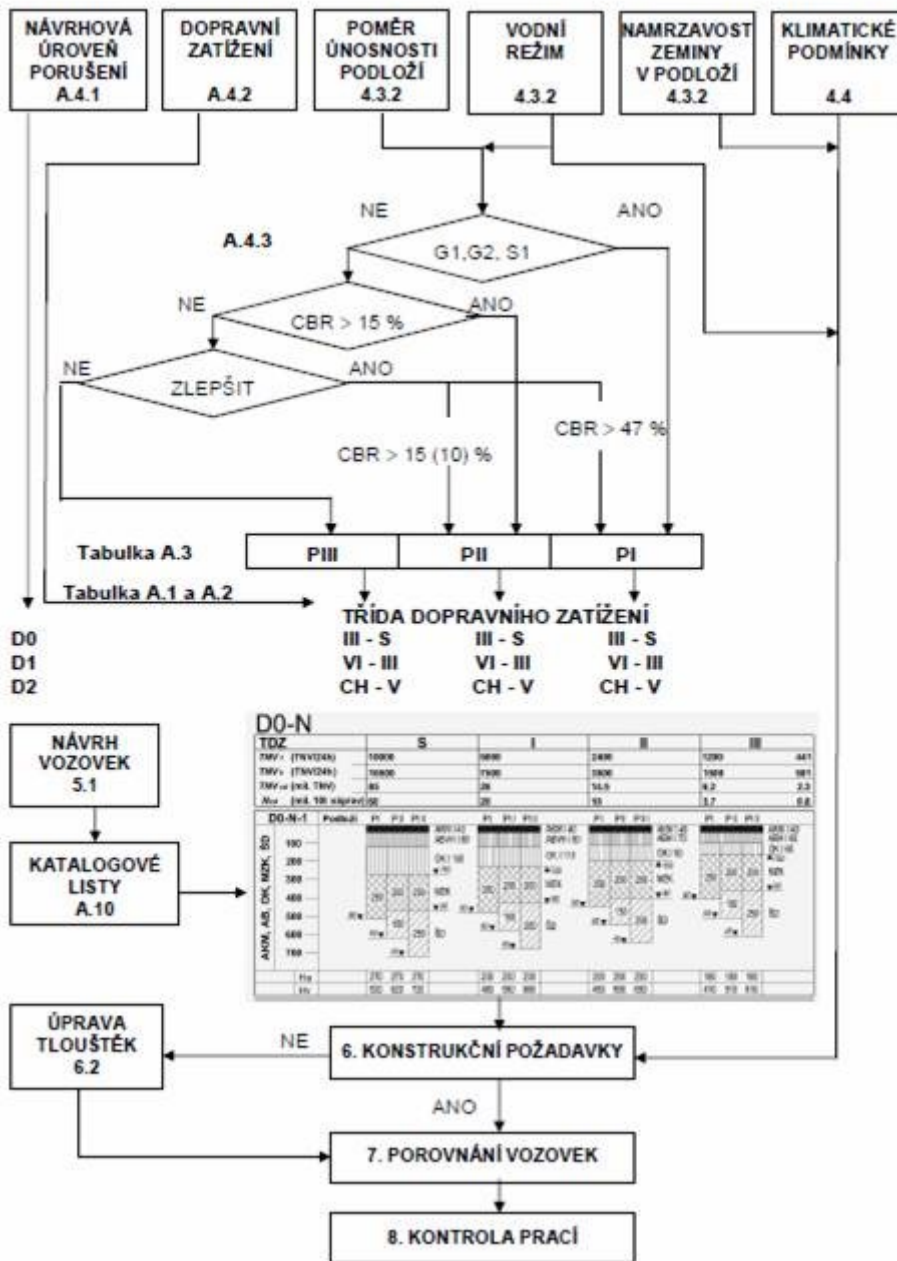
U tuhých vozovek se hodnoty účinku zatížení se pro výpočet vozovky stanoví s přihlédnutím ke zvýšenému namáhání cementobetonových vrstev v důsledku nerovnoměrného rozdělení teploty podle jejich tloušťky. Účinky teplotního namáhání se určují pro teplotní rozdíl horního a spodního povrchu vrstev za předpokladu lineárního rozdělení teploty podle tloušťky. Návrhová hodnota (kladného) teplotního rozdílu v cementobetonovém krytu vozovky s podkladními vrstvami z asfaltových směsí, kameniva stmeleného hydraulickým pojivem, prolévanými, nestmelenými nebo stabilizovanými podklady se určuje podle rovnice:

$$\Delta T_k = (18,6 - 0,6 T_m) + 28 (h - 0,22)$$

- kde  $\Delta T_k$  je návrhová hodnota (kladného) teplotního rozdílu v cementobetonové desce, K,  
 $T_m$  průměrná roční teplota vzduchu, °C,  
 $h$  tloušťka cementobetonové desky, m.

Při navrhování vozovky s horní podkladní vrstvou z podkladního betonu a s asfaltovým krytem nebo s krytem z dlažeb se účinky teplotního namáhání nevyšetřují.

Na obr. 07 je znázorněn postup volby konstrukce vozovky dle katalogu TP 170.



Obrázek 38: Postup návrhu vozovky podle katalogu (TP 170)



**DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE**

TP 170 - Navrhování vozovek pozemních komunikací





## TEST 4

- 1) **Hodnota průměrného dotykového tlaku návrhové nápravy je?**
  - a) 0,550 MPa
  - b) 100 kN
  - c) 132 k N
- 2) **Definuj návrhovou úroveň porušení?**
- 3) **Kolik je tříd dopravního zatížení?**
  - a) 7
  - b) 6
  - c) 8
- 4) **Jaký je rozdíl mezi  $TNV_k$  a  $TNV_0$ ?**
  - a) žádný
  - b)  $TNV_k$  vyjadřuje roční intenzitu  $TNV$  v návrhovém období a  $TNV_0$  vyjadřuje roční hodnotu  $TNV$  v roce sčítání dopravy.
  - c)  $TNV_k$  vyjadřuje denní intenzitu  $TNV$  v návrhovém období a  $TNV_0$  vyjadřuje denní hodnotu  $TNV$  v roce sčítání dopravy.
- 5) **Co vyjadřuje index mrazu?**
  - a) maximální záporná hodnota postupného součtu průměrných denních teplot vzduchu v zimním období
  - b) maximální záporná hodnota postupného součtu průměrných denních teplot vzduchu za rok
- 6) **Vyjmenuj funkce ochranné vrstvy**
- 7) **Co zabezpečuje infiltrační fce.**
  - a) pronikání podložní zeminy do vrstvy ochranné a podkladních vrstev
  - b) chrání před účinky mrazu v podloží
  - c) zamezení pronikání vody do vozovky kapilárním vztlínáním
- 8) **Vyjmenuj povrchové vlastnosti povrch krytu?**

## 5 NESTMELENÉ PODKLADOVÉ VRSTVY



### CÍLE KAPITOLY

Cílem této kapitoly je seznámení se základními stavebními materiály pro výrobu nestmelených směsí konstrukčních vrstev vozovek pozemních komunikací. Dále jsou uvedeny jejich základní vlastnosti, využívané technologie, postupy výstavby, požadavky na tyto materiály, směsi a hotové vrstvy.



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

3hodiny



### KLÍČOVÁ SLOVA

Nestmelená vrstva, mechanicky zpevněná zemina, šterkodrt', vibrovaný šterk, mechanicky zpevněná zemina,



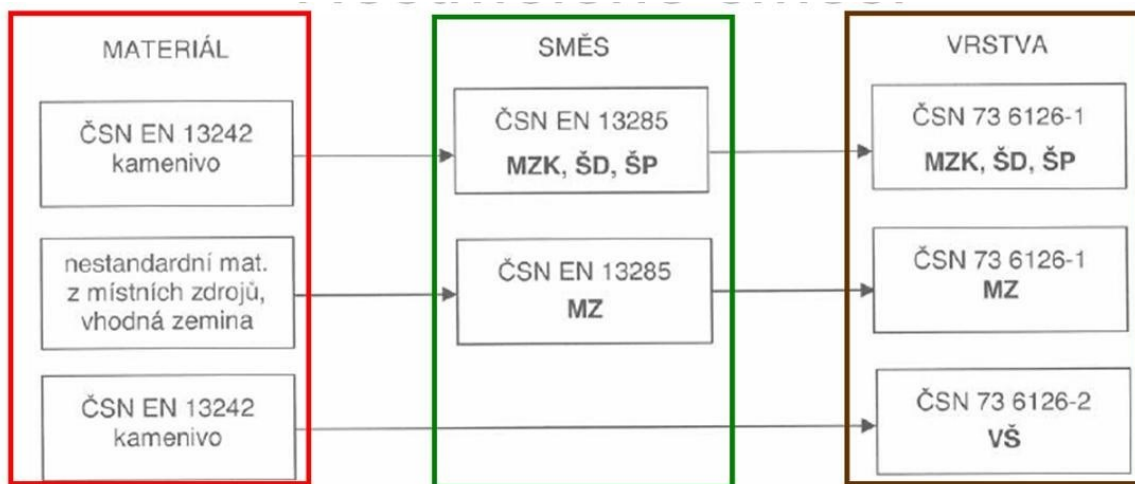
### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Nestmelenými vrstvami vozovek rozumíme vrstvy vytvořené ze zrnitého materiálu s kontrolovanou zrnitostí od dolního síta  $d = 0$ , bez použití pojiva. Čáry zrnitosti těchto vrstev se musí co nejvíce přibližovat Fullerovým čarám zrnitosti s výjimkou  $MZK_0$  – mechanicky zpevněné kamenivo otevřené. Tyto vrstvy se mohou používat pro ochrannou a podkladní vrstvu. Využití závisí zejména tříde dopravního zatížení dané komunikace, viz obr. 01.

<b>Technologie</b>	<b>Podkladní vrstva</b>	<b>Ochranná vrstva</b>
<b>MZK</b>	<b>Bez omezení</b>	<b>---</b>
<b>MZKO</b>	<b>Bez omezení</b>	<b>---</b>
<b>ŠD<sub>A</sub></b>	<b>III – VI</b>	<b>Bez omezení</b>
<b>ŠD<sub>B</sub></b>	<b>V - VI</b>	<b>V – VI</b>
<b>ŠP<sub>A</sub></b>	<b>---</b>	<b>IV – VI</b>
<b>ŠP<sub>B</sub></b>	<b>---</b>	<b>VI</b>
<b>VŠ</b>	<b>Bez omezení</b>	<b>---</b>

**Obrázek 01:** Užití ve vozovce

Na obr. 02 je znázorněna normová základna pro materiál, směs a hotovou vrstvu.



➤ ČSN EN 13242+A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace

➤ ČSN EN 13285 Nestmelené směsi - Specifikace

➤ ČSN 73 6126-1 Stavba vozovek - Nestmelené vrstvy - Část 1: Provádění a kontrola shody

➤ ČSN 73 6126-2 Stavba vozovek - Nestmelené vrstvy - Část 2: Vrstva z vibrovaného šterku

**Obrázek 02: Normová základna**

Nové označení dle ČSN EN 13285 je vytvořeno na základě zrnitosti v jednotlivých kategoriích podle propadu, viz obr. 03.

Interval zrnitosti Označení směsi	Propad v procentech hmotnosti						Kategorie
	Síto A	Síto B	Síto C	Síto E	Síto F	Síto G	
0 / 31,5	16	8	4	2	1	0,5	
0 / 45	22,4	11,2	5,6	2	1	0,5	
0 / 63 (jen pro G <sub>E</sub> )	31,5	16	8	-	2	-	
<b>Normálně zrněné směsi</b>							
Všeobecný	55 – 85	35 – 65	22 – 50	15 – 40	10 – 35	0 – 20	G <sub>A</sub>
Deklarovaný dodavatelem (S)	63 – 77	43 – 57	30 – 42	22 – 33	15 – 30	5 – 15	
Všeobecný	50 – 90	30 – 75	20 – 60	13 – 45	8 – 35	5 – 25	G <sub>C</sub>
Deklarovaný dodavatelem (S)	61 – 79	41 – 64	31 – 49	22 – 36	13 – 30	10 – 20	
<b>Otevřené směsi</b>							
Všeobecný	50 – 78	31 – 60	18 – 46	10 – 35	6 – 26	0 – 20	G <sub>O</sub>
Deklarovaný dodavatelem (S)	58 – 70	39 – 51	26 – 38	17 – 28	11 – 21	5 – 15	
<b>Ostatní směsi</b>							
Všeobecný	50 – 90	30 – 75	15 – 60	nestan.	0 – 35	nestan.	G <sub>E</sub>
Deklarovaný dodavatelem (S)	bez požadavků						
Všeobecný	bez požadavků						G <sub>N</sub>
Deklarovaný dodavatelem (S)	bez požadavků						

Obrázek 03: Označení dle ČSN EN 13285

## 5.1 Základní rozdělení

### 5.1.1 MZK – mechanicky zpevněné kamenivo, MZK<sub>O</sub> – mechanicky zpevněné kamenivo otevřené

Směs z nejméně dvou frakcí přírodního nebo umělého kameniva, například strusky, vyrobená v míchacím centru, rozprostřená a zhutněná za podmínek zajišťujících maximální dosažitelnou únosnost. Pro vysoké TDZ přísnější požadavky na zrnitost a pevnostní vlastnosti. Hrubé kamenivo tvoří kostru a drobné kamenivo výplň. Využíváme pro výstavbu horní či dolní podkladní vrstvy. Pro místní, účelové komunikace, odstavňé a parkovací plochy TDZ VI, lze použít i jako kryt.

Pro ochranu povrchu před vysycháním a účinky nutné technologické dopravy se doporučuje provést filtrační postřík asfaltovou emulzí v množství 0,8 až 1,2 kg/m<sup>2</sup>. Postřík se nemusí provádět, pokud se vrstva MZK překryje další vrstvou v technologicky dostatečně krátkém čase. Před pokládkou asfaltových směsí je nutno povrch MZK opatřit spojovacím postříkem v množství 0,2 až 1,0 kg/m<sup>2</sup>.



**Obrázek 04: Mísící centrum pro MZK**

### 5.1.2 ŠD<sub>A</sub> ŠD<sub>B</sub> – štěrkodrt'

Směs frakcí drobného a hrubého drceného kameniva. Lze je použít IV a VI TDZ pro horní podkladní vrstvy. Pro všechny TDZ pro dolní podkladní vrstvy. Tuto směs lze použít i pro ochrannou vrstvu. Pokládka jedné vrstvy v tloušťce 150 – 300 mm. Musíme provádět kontrolu míry zhutnění, tloušťky vrstvy a musí být splněno infiltrační kritérium.

### 5.1.3 ŠP<sub>A</sub> ŠP<sub>B</sub> – štěrkopísek

Vrstva vytvořená rozprostřením a zhutněním přírodního těžného kameniva. Frakce 0/63 použití zejména v místech těžby lépe pouze jako podsyp. ŠP špatně izoluje je špatně zhutnitelný, vytváří prostředí, kde kondenzuje voda. Vrstva musí vyhovovat drenážním a filtračním požadavkům. V podkladní vrstvě můžeme použít, jsou-li nároky na únosnost minimální např. podkladní vrstvy pro dočasné prefabrikované vozovky apod. Rozprostírání provádíme grejdry a dozery. Hutnění při optimální vlhkosti 10 – 12% (nesmí dojít k rozbřednutí podloží). Zpevnění povrchu vzhledem k dalšímu technologickému postupu, pomocí hrubší frakce kameniva ze ŠD cca 50 mm.

### 5.1.4 VŠ – vibrovaný štěrk

Vrstva vytvořená kostrou z hrubého drceného kameniva se zavibrovaným výplňovým kamenivem. Kostra je tvořena frakcí 32-63 zavibrováním kameniva do velikosti zrna max. 16 mm (např. 4/8). Únosnost závisí na únosnosti hrubého skeletu vyšší únosnost jak u ŠD a ŠP. Nelze klást na podklad, pokud není splněno filtr. kritérium Lze ho použít do spodních podkladních vrstev pro všechny TDZ a do horních podkladních vrstev pro IV a VI TDZ. Technologie vibrovaného štěrku je dosti náročná, v poslední době se od ní ustupuje.

### 5.1.5 MZ- mechanicky zpevněná zemina

Vrstva vytvořená rozprostřením a zhutněním zemin předepsaných vlastností. Využití zejména u ochranné vrstvy, při splnění filtračního kritéria. V podkladní vrstvě v případě TDZ V, VI.

## 5.2 Nestmelené směsi požadavky a zkoušení

### 5.2.1 Požadavky na kamenivo pro nestmelené směsi

Kamenivo použité v těchto směsích musí vyhovovat požadavkům ČSN EN 13242 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy v těchto parametrech:

- tvar zrn hrubého kameniva,
- procento drcených nebo rozlámaných a kulatých zrn v hrubém kamenivu,
- vlastnosti jemných částic,
- odolnost hrubého kameniva proti rozpadavosti,
- objemová hmotnost částic kameniva,
- nasákavost,
- odolnost hrubého kameniva proti otěru,
- požadavky na chemické vlastnosti,
- požadavky na trvanlivosti.

Podrobně tyto vlastnosti a jejich zkoušení jsou psány v kap. 2.1.3.

### 5.2.2 Požadavky na zeminu pro nestmelené směsi

Zemina nebo mícháním připravená směs zemin vhodná na mechanické zpevnění MZ musí:

- mít vlhkost na mezi tekutosti  $w_L \leq 25 \%$ ,
- mít číslo plasticity  $I_p \leq 6$ ,
- mít ekvivalent písku  $EP \geq 25$ ,
- vykazovat poměr únosnosti po saturaci  $CBR \geq 20 \%$ ,
- vyhovovat oboru zrnitosti, který předepisuje norma.

Pro zamezení vzájemné infiltrace nestmelené vrstvy a podloží musí být splněna kritéria:

$$\frac{d_{15,NV}}{d_{85,P}} \leq 5 \quad \wedge \quad \frac{d_{50,NV}}{d_{50,P}} \leq 25$$

kde:  $d_{15,NV}, d_{50,NV}$  průměr zrna nestmelené vrstvy odpovídající na čáře zrnitosti 15 %, resp. 50 % celkové hmotnosti [mm],

$d_{85,P}, d_{50,P}$  průměr zrna v podloží odpovídající na čáře zrnitosti 85 %, resp. 50 % celkové hmotnosti [mm].

Nesplňují-li materiály podloží a nestmelené vrstvy uvedené kritérium, je třeba mezi podloží a nestmelenou vrstvou rozprostřít vhodnou geotextilii.

### 5.2.3 Požadavky na nestmelené směsi

Požadavky jsou stanoveny v ČSN 13285. Základní požadavky jsou:

- obsah jemných částic: procento částic menších než 0,063 -3 -15 % - dle kategorie,
- nadsítiné: procento částic, které propadnou D 75% - 95%,
- sítový rozbor- čára zrnitosti: Fullerova čára zrnitosti -jak by mělo být kamenivo velikostně rozloženo, aby co nejlépe vyplňovalo prostor.

V některých případech je třeba požadovat i ostatní doplňující vlastnosti, viz obr. 4. Např. pokud se komunikace nachází v záplavovém území, či v případě složitých geotechnických poměrů v podloží vozovky.



Čísle normy, tabulka	VLASTNOST	Požadavek, kategorie				
		směs MZK (G <sub>A</sub> , G <sub>C</sub> )	směs MZKO (G <sub>O</sub> )	ŠD <sub>A</sub>	ŠP <sub>A</sub>	ŠD <sub>B</sub>
4.3.1 tabulka 1	Směsi, doporučené pro použití	0/32; 0/45		0/32; 0/45; 0/63	0/32; 0/45; 0/63; 0/125	0/32; 0/45;
4.3.2 tabulka 2	Maximální obsah jemných částic	UF <sub>0</sub>			UF <sub>12</sub>	UF <sub>0</sub>
4.3.2 tabulka 3	Minimální obsah jemných částic	LF <sub>2</sub>			LF <sub>N</sub>	LF <sub>2</sub>
4.3.3 tabulka 4	Nadsítňné	OC <sub>90</sub>		OC <sub>85</sub>	OC <sub>90</sub>	OC <sub>85</sub>
4.4.1 tabulka 6	Požadavky na zrnitost	G <sub>A</sub> , G <sub>C</sub>	G <sub>O</sub>	G <sub>E</sub>	G <sub>N</sub>	G <sub>E</sub>
4.4.2 tab. 7 a 8	Zrnitost jednotlivých dávek	Požaduje se splnění požadavků tabulky 7 a 8		Bez požadavků		
4.5	Ostatní požadavky: - namrzavost - propustnost - vyluhovatelnost	Bez požadavků				
NA.4.5	CBR po sycení ve vodě po dobu 96 hodin	Min. 100 %		Bez požadavků		Min. 20 %
5.3	Laboratorní srovnávací objemová hmotnost Optimální vlhkost	Deklarovaná hodnota				
ČSN 73 8126-1	Vlhkost	Povolená odchylka vlhkosti směsi od deklarované hodnoty: - 2 % až + 1 %		Bez požadavků		
5.4	Deklarace vodou rozpustného obsahu síranů	Bez požadavků				

<sup>1)</sup> Pro mechanicky zpevněnou zeminu je možno použít materiál z místních zdrojů (např. trasa komunikace, nestandardní materiál z výroby kameniva, betonový nebo cihelný recyklát). Směs MZ musí dále splňovat tyto parametry: ekvivalent písku podle ČSN EN 933-8 SE min. 25, vlhkost na mezi tekutosti a index plasticity podle ČSN CEN ISO/TS 17882-12, w<sub>L</sub> max. 25 % a I<sub>p</sub> ≤ 6.

Obrázek 05: Požadavky na nestmelené směsi dle ČSN 13285

### 5.2.4 Nestmelené směsi zkoušení

Vzorky pro zkoušení nestmelených směsí se odebírají a zmenšují dle ČSN EN 13286-1.

- Stanovení laboratorní objemové hmotnosti suchého vzorku a optimální vlhkosti: (Proctorova zkouška, vibrační tlak s řízenými parametry, vibrační pěch, vibrační stůl). Každý odebraný vzorek pro zkoušku musí mít na každém síť zrnitost 5% od hodnoty deklarované dodavatelem,
- obsah vodou rozpustných síranů,
- posouzení mechanického chování nestmelených směsí: (Triaxiální zkouška s cyklickým zatěžováním (výsledky blízké zkouškám in situ)). Touto zkouškou zjišťujeme, tuhost (pružné chování) a citlivost k trvalým deformacím, vztažená ke konci působení zatěžování.



**Obrázek 06: Cyklický triaxiální přístroj pro stanovení modulu pružnosti a trvalých deformací vzorků zhutněných nestmelených směsí Ø 100 mm, výšky 200 mm, zrnitosti 0/20**

### 5.3 Stavební práce

Při výstavbě musíme dodržovat:

- Pokládka nesmí probíhat při silném nebo dlouhotrvajícím dešti,
- teplota nesmí být nižší jak 0°C,
- podloží musí v době pokládky nestmelené vrstvy konstrukce vozovky splňovat požadavky ČSN 73 6133, kpa. 3.5.4.
- nesmí dojít ke znečištění povrchu vrstvy,
- segregaci materiálů,
- u MZK a MZKO nesmí dojít ke změně vlhkosti,
- pokládáme-li na nestmelenou vrstvu asfaltem stmelené vrstvy, hotovou vrstvu opatříme spojovacím postříkem 0,2 – 1,0 kg m<sup>-2</sup>.



**Obrázek 07: Segregace nestmelené směsi v podkladní vrstvě MZK (D. Stehlík, VUT-Brno)**

### **5.3.1 Tloušťky vrstev**

#### **ŠD, ŠP, MZK**

- Minimální tloušťka je 2,5 násobek D,
- Maximální tloušťka 300 mm.

#### **VŠ**

- Minimální tloušťka 150 mm,
- Maximální tloušťka 300 mm.

### **5.3.2 Rozprostírání a hutnění**

Pro rozprostírání používáme:

- Finišery
- Grejdry
- Jinými vhodnými prostředky

- Ručně

Cíle hutnění:

- dosáhnout v zemině takových změn, aby při zatížení nedocházelo k jejímu sedání,
- zvýšit těsnost a nepropustnost zhutňovaných vrstev,
- zlepšit mechanické vlastnosti zeminy.

Způsob hutnění závisí na hutněném materiálu a technickém vybavení. Postup při hutnění je uveden v kap. 3.5.3. Nesmíme zapomenout na nadvýšení vrstvy. Velikost nadvýšení určíme buď hutnicím pokusem, nebo odhadem 10%-20% větší výšku. Aby bylo dosažena požadovaná úroveň zhutnění je třeba, aby směs měla potřebnou vlhkost. Proto je důležité vrstvy kropit (mezi kropením a hutněním se doporučuje hodina prodlevy). Pro hutnění používáme:

- Vibrační tandemové válce s hladkými běhouny,
- vibrační válce (vibrace snižuje vnitřní tření mezi zrny),
- pneumatikové válce (slouží k uzavření povrchu),
- ruční válce, vibrační desky a pěchy (práce malého rozsahu, stísněné prostory, v blízkosti armatur, šachet, opěrných stěn.



## K ZAMYŠLENÍ

Rychlost pohybu válce má vliv na rovnost povrchu a míru zhutnění (2 až 3 km/h). A to zejména u vibračních válců. Proč?

### 5.3.3 Technologie

**VŠ:** úprava a zpevnění vrstvy na kterou bude ŠV pokládán, dále rozprostření kostry 32/63, jeden pojezd vibračního válce a rozprostření výplňového kameniva 0/16. Pokud nelze hotovou vrstvu překrýt provedeme infiltrační postřik (ředěný asfalt nebo asfaltová emulze 0,8-1,2 kg na m<sup>2</sup>).

**MZK:** se rozprostírá a ukládá v jedné nebo více vrstvách většinou finišery nebo grejdry, či jiným vhodným způsobem vždy na ochrannou vrstvu nebo na pláň z nesoudržných zemin. Tloušťka jedné pokládané vrstvy je z hlediska technologického omezení 150 až 300 mm. Vrstvy se pokládají s takovým nadvýšením, aby po zhutnění tloušťka vrstvy odpovídala tloušťce projektové (viz průkazní zkouška, hutnicí pokus). Pokládka se nesmí provádět při silném nebo dlouhotrvajícím dešti a při teplotách nižších než 0 °C. Zhutňování MZK lze provádět jakýmkoliv typem válce nebo hutnicím zařízením, které je schopné vrstvu zhutnit podle předepsaných požadavků. Před zahájením výroby a pokládky by měl být proveden, až na výjimky, zhutňovací pokus.

## 5.4 Průkazní, kontrolní a přebírací zkoušky

Správný návrh nestmelených směsí dokumentují kontrolní zkoušky, při kterých zjišťujeme charakteristiky materiálů a parametry směsí. Při předávání hotové vrstvy se kontrolují parametry, zda se nacházejí ve stanovených tolerancích stanovené normou.

### 5.4.1 Kontrolní zkoušky směsi

Zkratka vrstvy	Vlastnost	Požadavek	Zkouška	Četnost
MZK, MZKO	zrnitost obsah jemných částic	$G_A, G_C, G_O$ podle tabulky NA.2 ČSN EN 13285:2006	ČSN EN 933-1	1 000 m <sup>3</sup>
	vlhkost	- 2 % až + 1 % $w_{opt}$	ČSN EN 1097-5	minimálně 2 × denně
ŠD, ŠP	zrnitost obsah jemných částic	$G_E$ podle tabulky NA.2 ČSN EN 13285:2006	ČSN EN 933-1	1 000 m <sup>3</sup>
MZ	zrnitost	$G_E$ podle tabulky NA.2 ČSN EN 13285:2006	ČSN EN 933-1	1 000 m <sup>3</sup>
	ekvivalent písku	$SE \geq 25$	ČSN EN 933-8	1 000 m <sup>3</sup>

Obrázek 08: Kontrolní zkoušky stavebních materiálů a směsí

### 5.4.2 Kontrolní zkoušky hotové vrstvy

Jedná se o zkoušky, jež mají ověřit kvalitu provedení nestmelené vrstvy, viz obr. 09.

Vlastnost		Požadavek		Zkouška	Min. četnost
		MZK (MZKO)	ŠD, ŠP, MZ		
Odchylky výšek podle dokumentace max.	maximálně	± 20 mm		nivelací	po 40 m
	průměrně	± 5 mm			
Odchylka od příčného sklonu max.		± 0,5 %	± 1,0 %	nivelací	po 100 m
Nerovnost povrchu max.	podélná	20 mm	30 mm	ČSN 73 6175	průběžně po 100 m
	příčná	20 mm			
Tloušťka vrstvy h min.	minimální	0,8 h		nivelací, sondou	po 100 m
	průměrná	0,9 h			
Míra zhutnění minimální		98 %	–	ČSN 72 1006	viz 9.4.5
Modul přetvárnosti $E_{def2}$ min.		viz tabulka 4		ČSN 72 1006	viz 9.4.6
Poměr $E_{def2} / E_{def1}$ max.		2,5 <sup>1)</sup>			

<sup>1)</sup> Pokud  $E_{def1}$  dosahuje 60 %  $E_{def2}$  podle tabulky 4, připouští se i vyšší hodnoty poměru  $E_{def2} / E_{def1}$ .

Obrázek 09: Kontrolní zkoušky hotové vrstvy

**Míra zhutnění** se stanoví dle ČSN 72 1006:

- přímou metodou – Membránovým objemoměrem. Kdy v zkoušené vrstvě pomocí šablony vyhloubíme zeminu, kterou zvážíme. Poté na vytvořenou prohlubeň umístíme objemoměr a vtlačíme do volného prostoru membránu s kapalinou- takto zjištěnou objemovou hmotnost srovnáme s laboratorně zjištěnou objemovou hmotností stanovenou např. zkouškou Proctor modifikovaný.
- nepřímé metody – statická zatěžovací zkouška, nebo pomocí přístroje Troxler (nutný četnější soubor měření).

**Modul přetvárnosti:** Zkouška se provádí ve dvou zatěžovacích cyklech, kdy rozhodující je  $E_{def2}$  druhého zatěžovacího cyklu a poměr modulů  $E_{def2}/E_{def1}$  by měl být 2,5 (charakterizuje kvalitu zhutnění). Je-li poměr větší než 2,5, lze usuzovat, že zemina nebyla dostatečně zhutněna. Jelikož po zhutnění časem dochází, k nárůstu přetvárných charakteristik může se ověření provést do 7 dnů.



## **DŮLEŽITÉ!**

Je-li četnost měření míry zhutnění a modulu přetvárnosti menší než 5, musí všechny být všechny naměřené hodnoty rovné nebo větší než předepsané hodnoty. Při vyšší četnosti měření nesmí žádná hodnota míry zhutnění klesnout pod 97% a žádná hodnota modulu přetvárnosti nesmí klesnout pod  $0,9 E_{def2}$  požadované. V tomto intervalu ovšem může být jen jedno měření z pěti vedle sebe ležících zkušebních míst.



Obrázek 10: Statická zatěžovací zkouška - zařízení ECM-Static

Požadované minimální moduly přetvárnosti a nestmelené vrstvy v závislosti na její tloušťce a modulu přetvárnosti pod ní ležící vrstvy, viz obr. 11,12.

Podloží	Požadované moduly přetvárnosti $E_{def,2}$ stanovené na povrchu vrstvy, MPa					
	MZ o tloušťce vrstvy, mm			ŠD o tloušťce vrstvy, mm		
	150	200	250	150	200	250
30 <sup>1)</sup>	45	50	60	50	60	70
45	60	60	60	70	80	90
60	60			90	100	110
90				120		

Obrázek 11: Ochranná vrstva

Ochranná vrstva	Požadované moduly přetvárnosti $E_{def,2}$ stanovené na povrchu podkladní vrstvy, MPa					
	ŠD o tloušťce vrstvy, mm			MZK o tloušťce vrstvy, mm		
	150	200	250	150	200	250
45 <sup>1)</sup>	70	80	90			
50 <sup>1)</sup>	80	90	100	100	110	120
60	90	100	110	110	120	130
70	100	110	120	120	130	140
80	110	120	120	130	140	150
90	120	120		140	150	150
100	120			150	150	
120				150		

Poznámka:

<sup>1)</sup> Platí pro vozovky a konstrukce v návrhové úrovni porušení D2 a D1 ve třídě dopravního zatížení VI.

Obrázek 12: Podkladní vrstva



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

ČSN 73 6126-1 Stavba vozovek - Nestmelené vrstvy - Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6126-2 Stavba vozovek - Nestmelené vrstvy - Část 2: Vrstva z vibrovaného šterku

ČSN EN 13285 Nestmelené směsi - Specifikace



## TEST

### TEST 5

1) Jaká je minimální tloušťka nestmelené vrstvy z ŠD?

- a) 2,5D
- b) 2,5d/D
- c) 2,5d

9) Jaké druhy nestmelených vrstev kce. vozovky znáte?

10) Co se stane, nesplňují-li materiály podloží a nestmelené vrstvy infiltrační kritérium?

- a) dochází k vzájemné infiltraci podloží a nestmelené vrstvy
- b) dojde zaboření nestmelené vrstvy do podloží



- c) zvýší se hladina podzemní vody

**11) Jaké kamenivo se používá do ŠP?**

- a) drcené
- b) těžené
- c) mleté

**12) Zemina vhodná na mechanické zpevnění MZ musí mít?**

- a) CBR větší nebo rovno 20%
- b) CBR menší než 20%
- c) CBR větší nebo rovno 10%

## 6 PODKLADNÍ VRSTVY STMELENÉ HYDRAULICKÝM POJIVEM



### CÍLE KAPITOLY

Cílem této kapitoly je seznámit se se základními vlastnostmi materiálů, jež se využívají pro stmelené podkladní vrstvy vozovky. Dále jejich výstavba a kontrola při a po výstavbě.



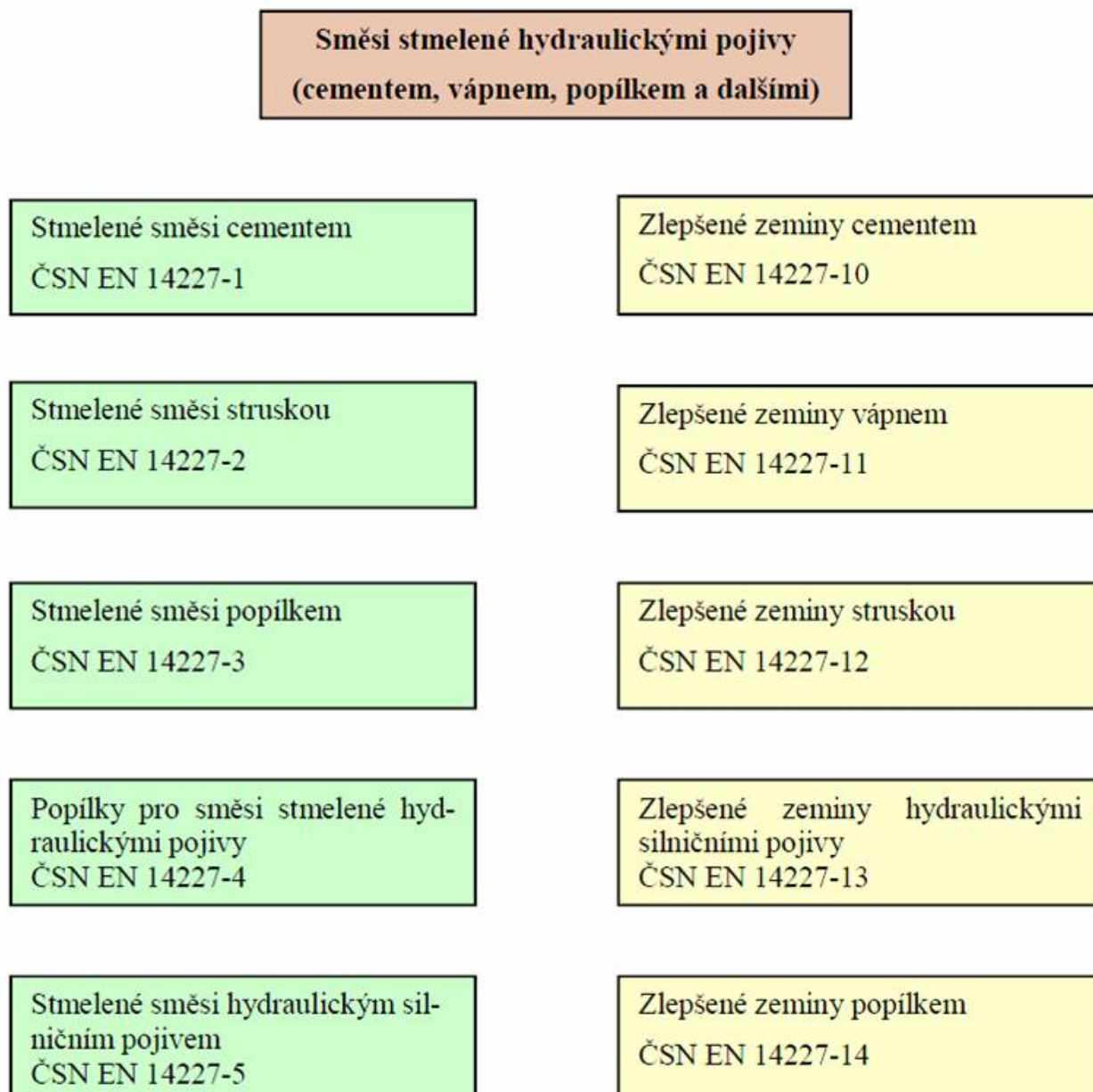
### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

5 hodin



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Mezi nejrozšířenější podkladové vrstvy vozovek patří podkladové vrstvy stmelené hydraulickými pojivy. Využívají se pro konstrukční vrstvy vysoce zatížených vozovek, jelikož díky své vysoké tuhosti jsou schopny přenášet velká dopravní zatížení od dopravy. Ovšem jejich nevýhodou je jejich náchylnost k tvorbě reflexních trhlin.



**Obrázek 01: Normová základna (D. Stehlík – Praktické aplikace v pozemních komunikacích. Modul 8)**

Stmelené směsi lze rozdělit podle způsobu použití:

- do konstrukčních vrstev vozovky, definují se jako směsi stmelené,
- do podloží vozovky, definují se jako směsi stabilizované,
- do podloží i konstrukčních vrstev vozovky, definují se jako směsi upravené.



## KLÍČOVÁ SLOVA

Stmelené vrstvy, hydraulické pojivo, stabilizace, úprava, zlepšení, pevnost v tlaku, CBR.

### 6.1 Kamenivo stmelené hydraulickými pojivy

Tyto směsi používáme do konstrukčních vrstev vozovky, jedná se tzv. směsi stmelené. U těchto směsí je klasifikace založena na třídách pevnosti v prostém tlaku (v ČR preferována), nebo pevnosti v tahu s modulem pružnosti. Nezáleží na pojivu ani technologii výroby, směs je klasifikována svými užitnými vlastnostmi. Do těchto vrstev lze použít směsi s minimální třídou pevnosti  $C_{1,5/2,0}$ .



## DŮLEŽITÉ!

Pro obrusné vrstvy lze použít pouze směsi s minimální třídou pevnosti  $C_{5/6}$ , poř.  $C_{6/8}$ . Ovšem je třeba povrch opatřit emulzní kalovou vrstvou, nátěrem nebo mikrokobercem.

Řádek	28denní pevnost v tlaku MPa		Třída pevnosti
	Charakteristická pevnost $R_{ck}$		
	Válce $H/D^a = 2,0$	Válce nebo krychle $H/D^a = 1,0^b$	
1	Bez požadavku		$C_0$
2	1,5	2,0	$C_{1,5/2,0}$
3	3,0	4,0	$C_{3/4}$
4	5,0	6,0	$C_{5/6}$
5	8,0	10,0	$C_{8/10}$
6	12,0	15,0	$C_{12/15}$
7	16,0	20,0	$C_{16/20}$
8	20,0	25,0	$C_{20/25}$

**Obrázek 01: Klasifikace směsi podle pevnosti v tlaku**

Třída pevnosti	Doporučená třída dopravního zatížení <sup>1)</sup>		
	Obrusná vrstva <sup>2)</sup>	Podkladní vrstva	Ochranná vrstva
$< C_{1,5/2,0}$	–	–	–
$C_{1,5/2,0}$	–	bez omezení	bez omezení
$C_{3/4}$	–	bez omezení	–
$C_{5/6}$ ; $C_{6/8}$	V, VI	bez omezení	–
$C_{8/10}$ ; $C_{9/12}$	V, VI	bez omezení	–
$C_{12/15}$ ; $C_{12/16}$	V, VI	bez omezení	–
$C_{15/20}$ , $C_{16/20}$ a vyšší <sup>3)</sup>	–	–	–

**Obrázek 02: Užití ve vozovce ČSN 73 6124 - 1**

### 6.1.1 Směsi stmelené cementem SC $C_{x/x}$

ČSN EN 14227-1. Hydraulicky stmelená směs kameniva s řízenou zrnitostí a cementu jako pojiva, vyráběná takovým způsobem, který zajišťuje homogenitu.

#### Vstupní materiály:

- cement dle EN 197-1, cement třídy 32.5, 42.5 nebo 52.5,
- kamenivo dle EN 12522, drcené – nedrcené, přírodní – umělé – recyklované,
- záměšová voda dle EN 1008,
- přísady dle EN 934-2.

Na následujícím obrázku je znázorněn obsah pojiva v závislosti na D zrna kameniva.

> 8 – 31,5 mm	3
< 2,0 mm	5

**Obrázek 03: Minimální obsah pojiva**

### 6.1.2 Směsi stmelené struskou SS C<sub>x/x</sub>

ČSN EN 14227-2. Směs obsahující strusku a vodu, která tvrdne při hydraulické reakci nebo karbonaci. Používáme vzduchem chlazená ocelářskou (vysokopecní) strusku, nebo

#### Vstupní materiály:

- vzduchem chlazená ocelářskou (vysokopecní) strusku – pomalé chlazení na vzduchu- chladne karbonací,
- granulovanou ocelářskou (vysokopecní) strusku (částečně mletá, mletá zvýšení podílu zrn menších jak 0,063 mm) - okamžité ochlazení roztavené strusky. Tvrdne hydraulickou reakcí,
- kamenivo dle EN 13242, drcené – nedrcené, přírodní – umělé – recyklované,
- aktivátory (vápno, síran vápenatý)
- záměšová voda dle EN 1008.

### 6.1.3 Směsi stmelené popílkem SP C<sub>x/x</sub>

ČSN EN 14227-3. Směs stmelená hydraulickým pojivem, kde hlavní složkou pojiva jsou křemičité nebo vápenaté popílky. Popílek je jemný prach zachycený ve filtrech při spalování mletého uhlí, nebo lignitu v elektrárnách.

#### Vstupní materiály:

- popílek – křemičitý (obsahuje křemičitany, hlinitany a oxidy železa, má pucolánové vlastnosti), nebo vápenatý (obsahuje křemičitany, hlinitany, oxid vápenatý a sírany, má hydraulické i pucolánové vlastnosti),
- nehašené vápno CaO, hašené vápno Ca(OH)<sub>2</sub>
- cement dle 197-1
- kamenivo EN 13242 drcené – nedrcené, přírodní – umělé – recyklované,
- sádrovec
- granulovaná vysokopecní struska
- záměšová voda dle EN 1008.

#### 6.1.4 Směsi stmelené hydraulickými pojivy SH C<sub>x/x</sub>

ČSN EN 14227-4. Směs stmelená hydraulickým silničním pojivem např. kap. 3.4.3.

##### Vstupní materiály:

- hydraulické silniční pojivo dle ENV 13282
- kamenivo EN 13242 drcené – nedrcené, přírodní – umělé – recyklované,
- záměšová voda dle EN 1008,
- zpomalovače tuhnutí.

### 6.2 Směsi ze zemin stmelených hydraulickými pojivy

Tyto směsi se mohou používat jak do konstrukčních vrstev, tak do podloží. Klasifikace se provádí podle:

- podle pevnosti v tlaku – v případě konstrukčních vrstev,
- CBR nebo IBI (okamžitý poměr únosnosti) – v případě podloží.

#### 6.2.1 Zeminy upravené cementem ZC C<sub>0,8/1,0</sub>

ČSN EN 14227-10. Směs vzniklá přidáním cementu a kde je to potřebné i dalších přísad do zeminy. Pro zeminy s I<sub>p</sub> nižším než 6 %. Navíc jsou definovány podmínky zrání. Využívá se pro úpravu zemin v aktivní zóně.

##### Vstupní materiály:

- cement dle EN 197-1 nebo EN 197-4,
- zemina, 95 % propad na síť 0,063 mm,
- záměšová voda dle EN 1008.

#### 6.2.2 Zeminy s příměsí vápna

ČSN EN 14227-11. Stabilizace podloží, zlepšení zemního tělesa mimo aktivní zónu. Pro zeminy s číslem plasticity I<sub>p</sub> = 10 % a vyšším

- **Zeminy upravené vápnem** – směs vzniklá přidáním vápna do zeminy, aby splnila dané požadavky. Možnost manipulace stavebních mechanismů, možnost dostatečného zhutnění po vrstvách.
- **Zeminy zlepšené vápnem** – směs vzniklá úpravou zeminy vápnem, jež bezprostředně ovlivňuje vlastnosti zeminy (snížení vlhkosti, zvýšení únosnosti, snížení plasticity). Možnost připravení podkladu pro pokládku další vrstvy, příprava zeminy pro následující zpracování.
- **Zeminy stabilizované vápnem** – směs vzniklá úpravou zeminy vápnem, která výrazně zvyšuje střednědobé až dlouhodobé vlastnosti, zejména trvanlivost a odolnost proti mrazu a vodě.

**Vstupní materiály:**

- hašené a nehašené vápno,
- zemina: 95 % propad na síť 63 mm z důvodu zpracovatelnosti a míchatelnosti zeminy, propad na 0,063 mm větší 12 %. Index plasticity větší jak 5 %, pak obsahuje reaktivní jíly,
- záměšová voda dle EN 1008.

**Okamžité účinky:**

- vysoušení zeminy - chemické vázání vody vlivem hydratace vápna, provzdušnění při míchání, přidání suchého materiálu,
- zvýšení pevnosti (smykových parametrů a přetvárných charakteristik) zeminy a CBR,
- snížení namrzavosti,
- změna Proctorovy křivky - maximální objemová hmotnost se snižuje, zvyšuje se optimální vlhkost a křivka se stává většinou plošší snížení objemových změn (např. bobtnání) u jílovitých zemín,
- zvýšení meze plasticity.

**Dlouhodobé účinky:**

- pucolánová reakce - postupné tvrdnutí (cementace) jílovitovápenatých směsí (několik měsíců až roků),
- dlouhodobá trvanlivost v nepříznivém prostředí.

**6.2.3 Ostatní směsi**

- **Zeminy upravené struskou ZS C<sub>x/x</sub>** ČSN EN 14227-12 - Směs zeminy, strusky, vody, dalších vstupních materiálů, která tuhne a tvrdne hydraulickou reakcí. Použití pro konstrukční vrstvy a podloží vozovky.
- **Zeminy upravené silničním pojivem ZH C<sub>x/x</sub>** ČSN EN 14227-13. Použití pro konstrukční vrstvy a podloží vozovky.
- **Zeminy upravené popílkem ZP C<sub>x/x</sub>** ČSN EN 14227-14 - Směs zeminy, popílku, vody, dalších vstupních materiálů, která tuhne a tvrdne hydraulickou reakcí. Použití pro konstrukční vrstvy a podloží vozovky.

**6.3 Prolévané podkladní vrstvy**

Jsou vrstvy tvořené kamennou kostrou prolitou výplňovou směsí pojiva (s částečným nebo úplným zaplněním mezer) a vibračně zhutněné.

- Použitým pojivem může být
- cementová malta,
  - popílková suspenze,
  - asfalt.



- **Vibrocem** (cementový makadam) – kostra z hrubého kameniva plně prolitá cementovou maltou, která se do kostry zavibruje. Lze použít i jako krytovou vrstvu.
- **Štěrk částečně vyplněný cementovou maltou** ČSN 73 6127-1 – obdobná technologie jako vibrocem, ale zavibruje se menší množství cementové malty. Lze použít i jako krytovou vrstvu.
- **Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí** ČSN 73 6127-4 -kosta z hrubého kameniva prolitá popílkovou suspenzí (někdy s přídavkem cementu) s následným zavibrováním.
- **Penetrační makadam** ČSN 73 6127-2 - kamenná kostra prolitá asfaltem a posypaná drobným výplňovým kamenivem. Pokud se místo prolití a posypu použije na povrch kamenné kostry obalované kamenivo, jedná se o tzv. **vsypný makadam** (VM). Lze použít i jako krytovou vrstvu.

## 6.4 Stavební práce

### 6.4.1 Výroba směsi

#### Stabilizace na místě

Stabilizace mísením na místě je vhodná zejména pro úpravu podloží nebo při recyklaci staré vozovky. Z tohoto materiálu se po rozrušení, podrcení a případné úpravě zrnitosti stane vhodný materiál pro stabilizaci. V případě, že se provádí na místě míchání dvou materiálů, nejdříve se rozprostře hrubý materiál a pak jemnější materiál. Rozprostírání se obvykle provádí dozerem, mísení frézou a srovnání grejdrem. Pojivo se dávkuje buď dávkovači, nebo přímo do bubnu frézy. Technologie mísení na místě se nesmí používat pro horní vrstvy vícevrstevných stabilizací s ohledem na možnost vzniku nepromísené mezivrstvy.

#### Stabilizace v mísícím centru

Výhodou stabilizace prováděné mísením v centru je větší přesnost dávkování, kvalita promísení a možnost provádění vícevrstevných úprav. Mísení se provádí v centru zpravidla pomocí míchačky s nuceným mícháním. Směs se obvykle dopravuje na místo stavby běžnými nákladními vozidly, přičemž se doporučuje zvláště v teplém období chránit směs před vysycháním přikrytím plachtou. Rozprostírání směsi možno provádět dozerem, grejdrem nebo finšerem. Minimální tloušťka jedné pokládané vrstvy stabilizace je z technologického hlediska omezena na 100mm, maximální tloušťka musí odpovídat použitým hutnicím prostředkům.

Teplota při mísení a pokládce by měla být v intervalu +5°C až +25°C. V případě že nelze dodržet je třeba speciální ošetřování.

### 6.4.2 Doprava a pokládka

V průběhu dopravy nesmí dojít:

- k znečištění směsi,
- segregaci,

- změně vlhkosti,
- nedodržení doby dopravy vzhledem k zpracovatelnosti.



### DŮLEŽITÉ!

Za dodržení doby zpracovatelnosti zodpovídá výrobce směsi podle ČSN EN 13286- 45.

Směs se pokládá pomocí finišerů, grejdrů, ve stísněných poměrech i ručně. Směs se musí pokládat na vlhký podklad. Pokládka se nesmí provádět při dlouhodobém dešti a teplotách nižších než 0°C. Při pokládce dvou vrstev musí být druhá vrstva položena do tří hodin po položení první vrstvy, aby došlo ke spojení vrstev. Nesmíme zapomenout na nadvýšení vrstvy. Velikost nadvýšení určíme buď hutnicím pokusem, nebo odhadem 10%-20% větší výšku. Okraje podkladních vrstev musí být zkoseny v předepsaném sklonu a musí být zvětšeny o šířku umožňující pokládku následných vrstev např. 50 cm na každé straně pro pojezd finišerů při pokládce CB krytů. Minimální tloušťka vrstvy 2,5xD, nebo 100 mm.

#### 6.4.3 Hutnění

Způsob hutnění závisí na hutněném materiálu a technickém vybavení. Postup při hutnění je uveden v kap. 3.5.3. Mimo jiné je vhodné u hutnění stmelěných vrstev:

- Používat vibrační tandemový válec,
- pneumatický tandemový válec
- dbát, aby rychlost hutnění vibračního válce byla 2 km/h – 3 km/h,
- první a poslední pojezd bez vibrace.

#### 6.4.4 Ošetřování a ochrana povrchu

- Další vrstvu provádět až po 7 dnech údržby (vlhčit, nepojíždět),
- nenechat vrstvu přezimovat,
- po 24 hodinách je vhodné opět hutnit vibrací – eliminace vzniku sítě trhlinek
- přiznat trhliny po 5 m až 10.

#### 6.4.5 Technologie

**Stabilizace pojivem** (SX C<sub>1,5/2,0</sub>, SX C<sub>3/4</sub>).

**Podkladový beton** (SC C<sub>16/20</sub>, SC C<sub>20/25</sub>, SX C<sub>15/20</sub>, SX C<sub>18/24</sub>) vrstva čerstvého betonu je hutněna povrchovou vibrací (výroba v mísících centrech).

**Válcovaný beton** (SC C<sub>12/15</sub>, SX C<sub>12/16</sub>) – cementobetonová směs se hutní válci. Lze použít i jako krytovou vrstvu. Nutno zřizovat spáry, jinak hrozí kontraktační trhliny.

**Kamenivo zpevněné pojivem** (SC C<sub>5/6</sub>, SC C<sub>8/10</sub>, SX C<sub>6/8</sub>, SX C<sub>9/112</sub>) – směs kameniva přírodního nebo umělého stmelěná pojivem (výroba v mísících centrech i na místě).

**Mezerovitý beton ČSN 73 6124-2** Vrstva z čerstvého betonu s určenou mezerovitostí, která vytváří plošnou drenáž pod krytem (výroba v mísících centrech).

## 6.5 Průkazní, kontrolní a přebírací zkoušky

### 6.5.1 Při výrobě a pokládce se kontrolují:

- charakteristiky vstupních materiálů,
- technologický postup (dávkování materiálů, spotřeba hmot, vlhkost
- nebo teploty při výrobě a pokládce, nasazení a funkce mechanismů),
- složení použitých směsí,
- plnění požadovaných parametrů kontrolních zkoušek,
- dodržení úpravy podkladu před pokládkou a pokládka v požadovaných geometr. charakteristikách.

Článek normy, tabulka	Vlastnost	Požadavek pro třídy pevnosti $R_{ck}$				Četnost zkoušek
		$C_{1,5/2,0}$	$C_{3/4}$	$C_{5/6}$	$C_{8/10}$ a vyšší	
6.5.2.2, tabulka 2	Min. pevnost v tlaku $R_c$ nebo příčném tahu $R_{it}$ (MPa) <sup>1)</sup>	Pevnost v tlaku pro předepsanou třídu, respektive pevnost v příčném tahu zjištěná při návrhu směsi				1krát denně
NA.6.5.2.2	Odolnost proti mrazu a vodě min.	85 % hodnoty zjištěné pevnosti v tlaku, respektive pevnosti v příčném tahu		Bez požadavku	1krát týdně	
NA.6.3	Laboratorní srovnávací objemová hmotnost Optimální vlhkost	Deklarovaná hodnota				1krát za 2 týdny výroby
ČSN 73 6124-1	Vlhkost <sup>2)</sup>	Povolené odchylky vlhkosti směsi od deklarované hodnoty: -3 % až +2 %				2krát denně
1	Doba zpracovatelnosti <sup>3)</sup>	Deklarovaná hodnota				1krát za měsíc výroby

<sup>1)</sup> V případě, kdy bude výrobce prokazovat kvalitu vyrobené směsi pomocí zkoušek pevnosti v příčném tahu, musí být při návrhu směsi provedeny jak zkoušky pevnosti v tlaku, tak i pevnosti v příčném tahu pro stanovení vztahu mezi oběma pevnostmi.

<sup>2)</sup> Zkouší se podle ČSN EN 1097-5.

<sup>3)</sup> Zkouší se podle ČSN EN 13286-45.

### Obrázek 04: Kontrolní zkoušky směsi

### 6.5.2 Prokázání zlepšení zeminy

- Stanovení složení směsi,
- Dosažení předepsané hodnoty únosnosti CBR: Podloží a násyp: stanovení do 60 min po zhotovení. V aktivní zóně: po 7 dnech zrání ve vlhku 95 % a saturaci položením na mokrou podložku 4 dny

Místo použití	Minimální hodnoty CBR

**Obrázek 05: Prokázání zlepšení zemin v závislosti na místě užití**

### 6.5.3 Kontrola hotové stmelené vrstvy

Kontrola probíhá obdobně jako, viz kap. 5.4.2. Kontrolují se tyto parametry:

- tloušťka,
- rovnost,
- příčný sklon,
- dodržení projektových výšek vrstvy,
- zhutnění vrstvy,
- doporučuje se také zkontrolovat dosažené pevnostní charakteristiky (na vývrtnu) nebo modul pružnosti vrstev stabilizovaných nebo stmelených hydraulickými pojivy.

Vlastnost		Požadavek	Zkouška	Min. četnost
Odchyly výšek podle dokumentace max.	maximálně	± 20 mm	nivelací	po 40 m
	průměrně	± 5 mm		
Odchylna od příčného sklonu max.		± 0,5 %	nivelací	po 100 m
Nerovnost povrchu max.	podélná	20 mm <sup>1)</sup>	ČSN 73 6175	průběžně
	příčná	20 mm		po 100 m
Tloušťka vrstvy h min.	minimální	0,8 h	nivelací, sondou	po 100 m
	průměrná	0,9 h		
Míra ztuhnutí minimální		97 %	ČSN 72 1006	viz 8.4.5

<sup>1)</sup> Ochranné vrstvy 30 mm.

**Obrázek 06: Kontrolní zkoušky hotové směsi**



#### DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

ČSN EN 14227-1 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 1: Směsi stmelené cementem (SC)

ČSN EN 14227-2 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 2: Směsi stmelené struskou (SS)

ČSN EN 14227-3 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 3: Směsi stmelené popílkem (SP)

ČSN EN 14227-4 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 4: Popílký pro směsi stmelené hydraulickými pojivy (SP)

ČSN EN 14227-5 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 5: Směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy (SH)

ČSN EN 14227-10 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 10: Zeminy upravené cementem

ČSN EN 14227-11 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 11: Zeminy upravené vápnem

ČSN EN 14227-12 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 12: Zeminy upravené struskou

ČSN EN 14227-13 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 13: Zeminy upravené hydraulickými silničními pojivy

ČSN EN 14227-14 Směsi stmelené hydraulickými pojivy - Specifikace - Část 14: Zeminy upravené popílkem

ČSN 73 6124-2 Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelovaných hydraulickými pojivy - Část 2: Mezerovitý beton

ČSN 73 6127-1 Stavba vozovek - Prolévané vrstvy - Část 1: Vrstva ze štěrku částečně vyplněného cementovou maltou

ČSN 73 6127-2 Stavba vozovek - Prolévané vrstvy - Část 2: Penetrační makadam

ČSN 73 6127-3 Stavba vozovek - Prolévané vrstvy - Část 3: Asfalcementový beton

ČSN 73 6127-4 Stavba vozovek - Prolévané vrstvy - Část 4: Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí



## ŘEŠENÍ

### 1) Kde využíváme stmelené směsi?

- a) v konstrukčních vrstvách vozovky
- b) v podloží vozovky
- c) může použít jak v podloží, tak v konstrukčních vrstvách vozovky

### 2) Co znamená označení $C_{9/12}$ ?

- a) cementová stabilizace s frakcí 9/12
- b) minimální pevnost v tlaku po 28 dnech na zkušebním vzorku válec, krychle, nebo válec, válec
- c) cement třídy pevnosti 9/12

### 3) Lze použít směsi s menší třídou pevnosti než $C_{1,5/2,0}$ do konstrukčních vrstev vozovky?

- a) ano
- b) ne

### 4) Jaké pojiva se běžně používají pro podkladní vrstvy vozovek?

### 5) Z jakého důvodu nemá být rychlost pojezdu vibračního válce větší 2-3km/h?

- a) větší rychlost by způsobila nerovnosti povrchu a nehomogenitu hutnění
- b) větší rychlost by způsobila značnou hlukovou zátěž
- c) došlo by k deformaci podloží

### 6) Pro zeminy s $I_p = 10$ % a vyšším je vhodné použít jaké pojivo?

- a) cement
- b) vápno
- c) jak cement, tak vápno

## 7 ASFALTOVÉ VRSTVY VOZOVEK

Asfaltové vrstvy vozovek tvoří vrchní část konstrukce netuhé vozovky, která je vystavena přímo svislým a tangenciálním účinkům vozidel a ty přenáší do dalších vrstev konstrukce. Dále je bezprostředně vystavena působení atmosférických a klimatických vlivů. Kryt vozovky by měl být proto po celou dobu své životnosti nepropustný, rovný a mít dostatečné protismykové vlastnosti. Vzhledem k daným klimatickým podmínkám a dopravnímu zatížení by měl být navržen tak, aby současně odolával jak tvoření plastických deformací za vyšších teplot, tak vzniku mrazových trhlin v zimním období. Dále by měl zajišťovat bezpečnou, rychlou a pohodlnou jízdu. Z těchto důvodů by měla být při stavbě netuhých vozovek věnována asfaltovým vrstvám mimořádná pozornost.



### CÍLE KAPITOLY

1. Seznámit se s názvoslovím asfaltových vrstev a získat rychlý přehled o jejich základních vlastnostech a použití
2. Seznámit se se základními zkušebními metodami asfaltových směsí
3. Seznámit se s procesem výroby asfaltových směsí a druhy obaloven
4. Získat základní informace k transportu, pokládce a hutnění asfaltových vrstev
5. Získat přehled o základních údržbových technologiích



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

Doba potřebná ke studiu 8 hodin



### KLÍČOVÁ SLOVA

asfaltový beton, asfaltový beton pro velmi tenké konstrukce, asfaltový koberec mastixový, litý asfalt, drenážní koberec, empirické vlastnosti, funkční vlastnosti, šaržová obalovna, kontinuální obalovna, statické válce, vibrační válce, pneumatikové válce, finišer, postřík, nátěr, emulzní kalový zákryt, mikrokoberec, počáteční zkouška typu



## RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Cílem kapitoly „asfaltové vrstvy vozovek“ je poskytnout všeobecný přehled k tématu asfaltových technologií, orientaci v základních názvech směsí, jejich zkouškách, výrobních postupech, základních pravidlech pro transport, pokládku a hutnění asfaltových směsí, seznámit s možnostmi údržbových technologií a podat tak ucelený pohled od návrhu směsi až po její zabudování do konstrukce a jejímu správnému fungování.

### 7.1 Rozdělení asfaltových směsí

#### 7.1.1 Základní rozdělení asfaltových směsí dle složení (systému)

##### Hutněné asfaltové směsi

Hutněné asfaltové směsi představují třífázový systém tvořený pevnou fází (kostra kameniva) kapalnou fází (asfaltové pojivo) a plynnou fází (vzduchové mezery). Kamenivo vytváří kostru celé směsi a přenáší dopravní zatížení tím, že se jednotlivá zrna vzájemně dotýkají a zaklíňují do sebe. Asfalt vytváří na kamenivu film, který jednotlivá zrna spojuje (stmeluje dohromady). Mezerovitost směsi (plynná fáze) je pak ovlivněna návrhem křivky zrnitosti kostry kameniva a obsahem pojiva. Jak už název napovídá, hutněné asfaltové vrstvy se po rozprostření na vozovce hutní vhodným způsobem tak, aby bylo dosaženo požadované mezerovitosti a míry zhutnění.

##### Lité asfaltové směsi

Na rozdíl od hutněných asfaltových směsí jsou lité asfalty dvoufázovým systémem tvořeným pevnou fází – kamenivem a kapalnou fází – asfaltovým pojivem. Obsah pojiva je zvolen tak, aby v horkém stavu byly všechny mezery směsi kameniva vyplněny a ještě zůstal malý přebytek pojiva. Na rozdíl od hutněných směsí, kde zatížení přenáší kostra kameniva, je u litých asfaltů zatížení přenášeno hlavně kapalnou fází (asfaltem) a kamenivo má funkci plniva. Lité asfalty tak nevyžadují hutnění, jen se ručně nebo strojně rozprostírají.

#### 7.1.2 Základní rozdělení asfaltových směsí dle typu směsi

V silničním stavitelství rozlišujeme několik základních typů asfaltových směsí, které jsou definovány řadou norem ČSN EN 13108. Mezi nejčastěji používané asfaltové směsi patří následující:

##### Asfaltový beton (ČSN EN 13108-1)

Asfaltový beton – AC (zkratka vychází z anglického názvu asphalt concrete) je nejčastěji používanou asfaltovou směsí v silničním stavitelství. Jedná se o směs s plynulou čarou zrnitosti (Fullerova křivka), kde se všechny frakce kameniva podílí na vytvoření kostry směsi. Asfaltový beton lze použít pro stavbu všech typů silničních, dálničních, letištních a jiných zpevněných ploch.



Podle typu použití v konstrukci vozovky se asfaltový beton rozlišuje na:

- ACO - asfaltový beton pro obrusné vrstvy s návrhovou mezerovitostí od 2,5 do 4,5 %
- ACL - asfaltový beton pro ložní vrstvy s návrhovou mezerovitostí od 4,0 do 6,0 %
- ACP - asfaltový beton pro podkladní vrstvy s návrhovou mezerovitostí od 5,0 do 7,0 %

Jednotlivé typy asfaltového betonu se dále liší maximálním použitým zrnem „D“ kameniva a s tím spojené tloušťky pro jednotlivé směsi:

- pro obrusné vrstvy může být max. zrno „D“ = 8 mm, 11 mm, 16 mm, tomu pak odpovídají tloušťky vrstev směsi 25 ~ 50 mm, 35 ~ 50 mm a 45 ~ 60 mm
- pro ložní vrstvy je max. zrno „D“ = 16 mm, a 22 mm, tomu pak odpovídají tloušťky vrstev směsi 50 ~ 70 mm a 60 ~ 90 mm
- pro podkladní vrstvy je max. zrno „D“ = 16 mm a 22 mm, tomu pak odpovídají tloušťky vrstev směsi 50 ~ 80 mm a 60 ~ 100 mm

Posledním rozdělením je užití dle třídy dopravního zatížení dle TP 170:

- „S“ pro nejvyšší třídu dopravního zatížení
- „+“ pro třídu dopravního zatížení II. a nižší
- „bez označení“ pro třídu dopravního zatížení IV. a nižší
- „CH“ - směsi pro nemotoristické komunikace a chodníkové úpravy (týká se pouze ACO 8 CH)

Poznámka: Stejný způsob značení platí i pro směsi typu BBTM a SMA (bez označení CH).

Příklady značení vrstev asfaltového betonu v technické dokumentaci:

### **ACO 11 +; 50/70; 40 mm; ČSN EN 13108-1**

tj. Asfaltový beton pro obrusnou vrstvu třídy dopravního zatížení II. a nižší, s maximálním zrnem velikosti 11 mm, silničním asfaltem 50/70 a v tloušťce vrstvy 40 mm

### **ACL 22 S; PMB 25/55-60; 70 mm; ČSN EN 13108-1**

tj. Asfaltový beton pro ložní vrstvu třídy dopravního zatížení S, s maximálním zrnem velikosti 22 mm, modifikovaným asfaltem PMB 25/55-60 a v tloušťce vrstvy 70 mm

Zvláštním typem asfaltového betonu je směs s vysokým modulem tuhosti – VMT, pro kterou je v ČR platný předpis ministerstva dopravy – technické podmínky TP 151. VMT je směs plynulé křivky zrnitosti s vyšším obsahem pojiva (4,8 až 6 %) a užšími návrhovými mezemi zrnitosti. Jako pojivo se používají tvrdé silniční asfalty, multigrádové asfalty a modifikované asfalty. Maximální zrno „D“ je 16 nebo 22 mm. Mezerovitost VMT se pohybuje v rozmezí 3 až 5 %. Výsledná směs zaručuje minimální modul tuhosti 9000 MPa při teplotě 15 °C a současně i lepší únavové vlastnosti ve srovnání s běžným asfaltovým betonem (díky vyššímu obsahu pojiva; při použití modifikovaných asfaltů je dobrá odolnost proti únavě zajištěna i při mírně nižším obsahu pojiva než u silničních asfaltů). Směsi VMT se používají zejména při výstavbě dálnic, rychlostních komunikací a extrémně zatížených úseků.

V konstrukci vozovky většinou nahrazují podkladní vrstvy z ACP, kde díky svým dobrým únavovým vlastnostem a vysokým modulům tuhosti umožňují buď snížit tloušťky konstrukce vozovky, nebo při zachování stávajících tloušťek prodlužují životnost asfaltových vrstev. Mohou se použít i jako ložní vrstvy, ale musí se vždy posoudit nebezpečí vzniku mrazových trhlin, k čemuž mohou být tyto směsi v důsledku vyšší tuhosti náchylnější. V některých zemích se používají směsi VMT s modulem tuhosti při 15 °C vyšším než 10 000 MPa, například ve Francii směs označovaná jako EME II s modulem  $\geq 14\,000$  MPa. V českých klimatických podmínkách by její použití bylo problematické, protože zimní teploty jsou nižší.

Vlastnost		Požadavek	Zkouška	Min. četnost
Odchylny výšek podle dokumentace max.	maximálně	$\pm 20$ mm	nivelací	po 40 m
	průměrně	$\pm 5$ mm		
Odchylna od příčného sklonu max.		$\pm 0,5$ %	nivelací	po 100 m
Nerovnost povrchu max.	podélná	20 mm <sup>1)</sup>	ČSN 73 6175	průběžně
	příčná	20 mm		po 100 m
Tloušťka vrstvy h min.	minimální	0,8 h	nivelací, sondou	po 100 m
	průměrná	0,9 h		
Míra zhutnění minimální		97 %	ČSN 72 1006	viz 8.4.5

<sup>1)</sup> Ochranné vrstvy 30 mm.

### Obrázek 01: Pokládka směsi VMT 22 s PMB 25/55-65 na dálnici D8

#### Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy (ČSN EN 13108-2)

Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy – **BBTM** (zkratka vychází z francouzského názvu Bétons bitumineux très minces) je směs pro obrusné vrstvy vozovek, která se pokládá v tloušťkách 20 až 35 mm dle použitého maximálního zrna kameniva. Směs se dá použít na všechny typy komunikací. Je výhodná proto, že když časem dojde ke zhoršení povrchových vlastností vozovky a obrusnou vrstvu je třeba odfrézovat a nahradit, nahrazuje se menší tloušťka vozovky, než když je v obrusné vrstvě asfaltový beton. Často se též užívá například při opravách na mostech nebo silnicích, kde je nutné nahradit pouze část obrusné vrstvy. Díky jeho malé tloušťce totiž nedochází (nebo jen k minimálnímu) nadvýšení stávající nivelety.

Další užití BBTM je například pro technologie barevných koberců – viz obr. 2, kde je díky malé tloušťce barevné vrstvy možné docílit velké finanční úspory vzhledem k cenám použitých pigmentů a speciálních pojiv.



**Obrázek 02: Pokládka barevného koberce BBTM 8A+, v tloušťce 20 mm**

Směsi BBTM se dělí do tří kategorií podle obsahu jemných částic menších než 0,063 mm na:

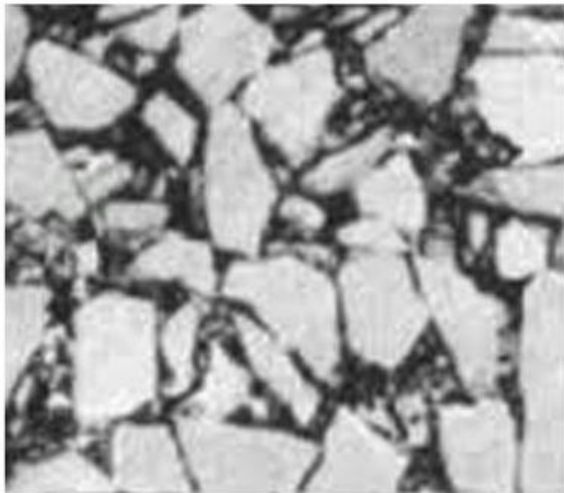
- BBTM A s obsahem jemných částic 7 – 9 %
- BBTM B s obsahem jemných částic 4 – 6 %
- BBTM C s obsahem jemných částic 10 – 12 %

Jednotlivé směsi tak mají nízkou (typ B), střední (typ A) nebo vysokou (typ C) mezerovitost pohybující se od 2,5 % až po 15 %.

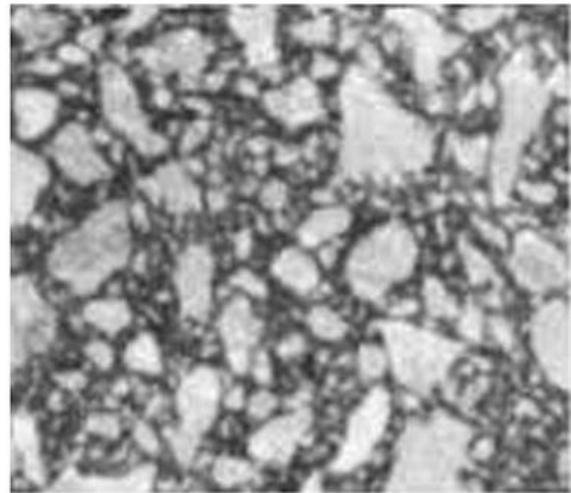
#### **Asfaltový koberec mastixový (ČSN EN 13108-5)**

Asfaltový koberec mastixový – SMA (zkratka vychází z anglického názvu stone mastic asphalt) se nejčastěji používá jako obrusná vrstva vozovek pro dálniční a rychlostní komunikace. Směs byla poprvé použita v 70. letech minulého století v Německu. V České republice se začala ve větší míře používat až začátkem devadesátých let minulého století.

Na rozdíl od asfaltového betonu je čára zrnitosti SMA přetržitá, nosnou kostru tvoří hrubé kamenivo frakce 8/11 (případně 4/8 nebo 8/16), vytvářející skelet směsi. Asfalt pak společně s vápencovým filerem a drobným kamenivem do 2 mm vytváří asfaltovou maltu zvanou mastix, která vzájemně tmelí zrna nosné kostry – viz obr. 3. Návrhová mezerovitost směsi SMA je 3 až 4,5 %.



Řez SMA



Řez AC



Povrch SMA



Povrch AC

**Obrázek 03: Porovnání skeletové kostry směsi SMA s kostrou asphaltového betonu, v řezu a textura povrchu**

Vzhledem k charakteru kostry směsi kameniva a vyššímu obsahu pojiva ve srovnání s asphaltovým betonem je nutné zamezit možnému stékání pojiva z hrubých zrn. K tomuto účelu se používají nejčastěji celulósová vlákna, která působí jako nosič pojiva. Pojivem je obvykle modifikovaný asfalt druhu PMB 25/55-XX, nebo PMB 45/80-XX.

Základní charakteristikou SMA je velmi dobrá trvanlivost a odolnost proti tvorbě mrazových trhlin daná vyšším obsahem pojiva, dobrá odolnost proti tvorbě trvalých deformací, dobrá makrotextura a s ní související nižší hlučnost povrchu vozovky.

Pro zlepšení počátečních protismykových vlastností směsi SMA se často používá zdršňující posyp kamenivem frakce 2/4, (2/5) v množství 1 až 3 kg.m<sup>-2</sup>. Pro lepší uchycení zdršňujícího

posypu může být kamenivo předobaleno asfaltem (nejčastěji asfaltem 50/70). Na dálnicích a rychlostních komunikacích je předobalení kameniva povinné.

## **Litý asfalt (ČSN EN 13108-6)**

Litý asfalt – MA (zkratka vychází z anglického názvu mastic asphalt, pozor neplést s SMA!!!) je, jak již bylo dříve zmíněno, pouze dvoufázový systém, kde veškeré zatížení přenáší pojivo. Pro lité asfalty se tak používají silniční asfalty druhu 20/30, 30/45, 35/50 (ČSN EN 12591), tvrdé silniční asfalty TSA 10/20, TSA 15/25, TSA 20/30 (ČSN EN 13924) nebo modifikované asfalty druhu PMB 10/40-65, PMB 25/55-60,65 (ČSN EN 14023). Pojiva jsou navíc ztužena vysokým obsahem vápencového fileru, jehož typický obsah je mezi 25 až 30 %. Obsah asfaltu se pak pohybuje v rozmezí 7 až 9,5 %. Pro lepší zpracovatelnost směsi se přidávají různá aditiva.



**Obrázek 04: Povrch čerstvě položeného litého asfaltu**

Teploty při zpracování litého asfaltu jsou z důvodu použití tvrdých asfaltů a toho, že směs je při pokládce tekutá, až o 100 °C vyšší než u hutněných směsí. Mohou tak při zpracování běžně dosahovat teplot blížících se až k 250 °C. Při takto vysokých teplotách však již dochází k značnému vývinu emisí. Proto se dnes začínají prosazovat technologie umožňující zpracovávat litý asfalt i při teplotách pod 220 °C, u speciálních technologií dokonce pod 200 °C, což výrazně omezuje emise a zlepšuje pracovní prostředí při výrobě a pokládce.

Litý asfalt se dělí do pěti kategorií dle použití a je značen římskými číslicemi I až V:

- MA I pro dálnice, rychlostní komunikace a místní komunikace s těžkou dopravou
- MA II pro ostatní silnice a místní komunikace
- MA III pro křižovatky, zastávky MHD, parkoviště
- MA IV pro ochranné vrstvy izolace na mostech
- MA V pro nemotoristické komunikace

Litý asfalt se pro vozovky pozemních komunikací, letištní a jiné dopravní komunikace zdrsňuje posypem kameniva, nejčastěji frakce 2/4. Pro zamezení tvorby puchýřů (zejména při pokládce na cementem stmelené vrstvy) se provádí pokládka na papírovou lepenku, skleněné rouno nebo geotextilii odolnou vůči vysoké teplotě.

## **Asfaltový koberec drenážní (ČSN EN 13108-7)**

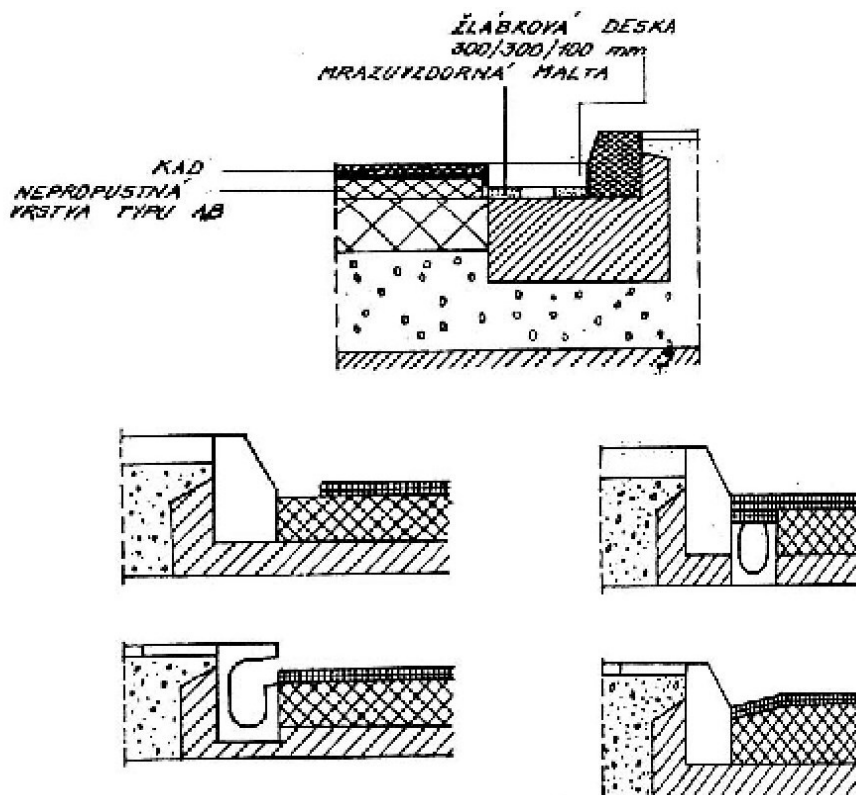
Asfaltový koberec drenážní - PA (zkratka vychází z anglického názvu porous asphalt) je směs s vysokou mezerovitostí, pohybující se v rozmezí od 17 až ke 30 %. K dosažení takto vysoké mezerovitosti se směs může skládat až z 90 % jedné frakce hrubého kameniva. K zamezení stékání pojiva se může použít celulózového vlákna.

Takto vysoká mezerovitost vede k tomu, že mezery ve ztuhlé směsi jsou vzájemně spojené a dobře přístupné vodě a vzduchu. Díky svým vlastnostem tak směs velmi dobře odvádí vodu – obr. 05 a snižuje hlučnost při odvalování pneumatik. Nevýhodou však je, že vrstva je 3x až 6x mezerovitější než obvyklé obrusné vrstvy AC, SMA či BBTM, do mezer více vniká voda a v zimě dochází ke zmrazování a rozmrazování, což směs extrémně namáhá, a také že po čase dochází k zanášení jednotlivých pórů a směs je nutné pravidelně čistit speciálním tlakovým čistícím vozem. Dalšími nevýhodami jsou rychlejší stárnutí pojiva vystaveného atmosférickým vlivům. Pojivo musí mít dobrou přilnavost ke kamenivu, aby se co nejvíce omezil nepříznivý vliv působení vody na asfaltovou směs. Proto se pro drenážní koberce často používají modifikovaná pojiva.



**Obrázek 05: Schopnost drenážního koberce odvádět vodu**

Z důvodu zamezení vnikání vody do spodních částí konstrukce vozovky je nutné drenážní koberce klást na nepropustné podklady. Hutnění se provádí pouze statickými pojezdy válců bez vibrace, aby nedošlo k drcení kostry kameniva. Je také nutno věnovat pozornost pro zajištění správného odtoku vody z vrstvy (hrany vpustí musí být v úrovni podkladu drenážního koberce). Některé příklady jsou na obr. 6.



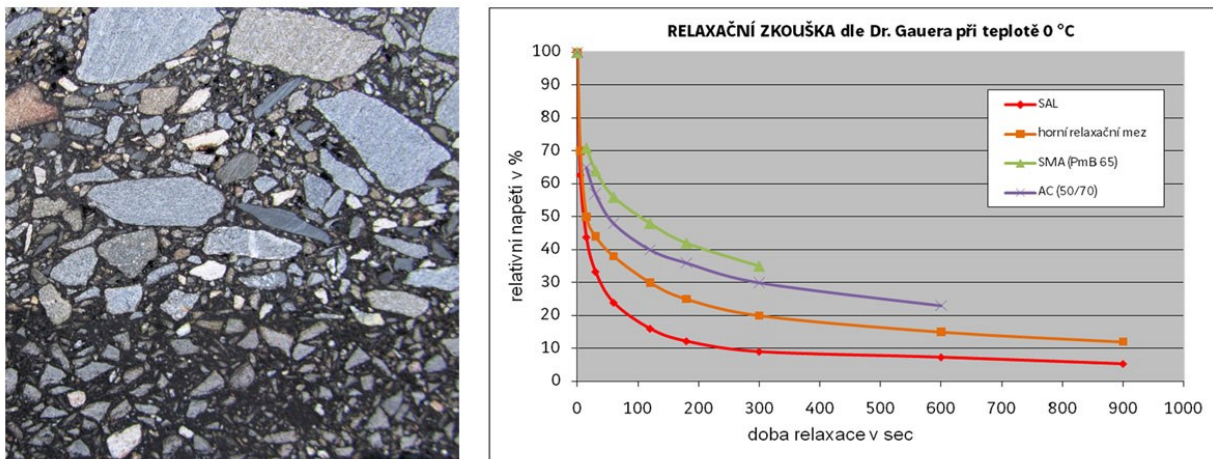
**Obrázek 06: Možnosti odvodnění drenážních koberců (převzato z PK 30 Luxemburk, ČVUT)**

Drenážní koberce se v minulosti v České republice ve velké míře nepoužívaly. Problémy spojené s jejich údržbou, nutností řešit jejich odvodnění a ve srovnání s jinými úpravami i nižší životností díky jejich otevřenému povrchu, vedly pouze k okrajovému použití jako například konstrukce drenážních vrstev pod různá sportoviště a podobně. Dnes však zažívají renesanci díky své schopnosti účinně eliminovat hluk vznikající odvalováním pneumatik. Spolu s dalšími nízkohlučnými technologiemi jako je SMA LA (mastixový koberec s mezerovitostí okolo 10 %) nebo technologií nízkohlučného koberce VIAPHONE® (speciální směs s přetržitou křivkou zrnitosti a mezerovitostí okolo 15 %) se dostávají do popředí zájmů. Jejich vhodnou aplikací na komunikacích v intravilánu lze docílit snížení hlučnosti od projíždějících vozidel o 3 až 5 dB (A) což představuje významný přínos snížení hluku v okolí dopravních tepen, zejména ve velkých městech.

## 7.2 Ostatní směsi nespádající pod ČSN EN řady 13108

### Směsi typu SAL (stess absorbing layer) dle TP 148

Jedná se o směsi výrazně zpomalující šíření trhlin ze spodních tak i vrchních částí konstrukce. Směsi tohoto typu mají vysoký obsah modifikovaného pojiva (mezi 8 až 9 %) a plynulou křivkou zrnitosti s maximálním zrnem „D“ do 4 nebo 8 mm. Mezerovitost směsi je mezi 1 až 3 %. Složení směsi zaručuje velmi dobré relaxační schopnosti za nízkých teplot ve srovnání s běžnou směsí. Jejich nevýhodou však je, že jsou náchylné k trvalým deformacím - vyjíždění kolejí. Proto musí být vždy v konstrukci vozovky překryty dostatečně únosnými vrstvami.



**Obrázek 07: Detail souvrství Viasafu® (SAL) a ACL 22 S vlevo a záznam relaxační zkoušky pro různé typy směsí vpravo**

### Asfaltový koberec otevřený (AKO) dle ČSN 73 6121

AKO je svým složením a mezerovitostí podobný směsím drenážního koberce, které se používají pro nižší třídy dopravního zatížení, případně jako odvodňující vrstvy pod sportovní plochy atd.

Přesné specifikace jednotlivých směsí lze nalézt ve výše uvedených normách (případně technických podmínkách ministerstva dopravy – ty lze nalézt na [www.pjpk.cz](http://www.pjpk.cz).)

## 7.3 Zkoušení asfaltových směsí

Laboratorními zkouškami asfaltových směsí můžeme ověřovat parametry navrhovaných směsí nebo kontrolovat složení již vyrobené směsí a požadavky na ni kladené. Zkoušené vlastnosti asfaltových směsí lze dále rozdělit na empirické a funkční vlastnosti.

### 7.3.1 Empirické vlastnosti

Mezi empirické vlastnosti směsi patří základní volumetrické parametry, jako je zrnitost směsi, obsah asfaltu, objemová hmotnost ztuhnutá a maximální, mezerovitost asfaltové směsi, mezerovitost směsi kameniva a stupeň vyplnění mezer.

Další skupinou jsou pak mechanicko-fyzikální vlastnosti, mezi něž patří například Marshallova zkouška, pevnost v příčném tahu, číslo tvrdosti nebo zkouška vyjetím kolem.

Mezi nejběžnější zkoušky používané při návrhu a kontrole směsí patří následující:

#### **Stanovení obsahu asfaltového pojiva a zrnitosti směsi (ČSN EN 12697-1, ČSN EN 12697-2)**

Cílem zkoušky je stanovit složení směsi (zrnitost a obsah asfaltu). Jedná se o základní zkoušku používanou zejména při kontrole výroby asfaltové směsi na obalovnách. Princip zkoušky spočívá v rozpuštění pojiva ve vhodném rozpouštědle (proces může probíhat za studena nebo za horka, jako rozpouštědlo se nejčastěji používá trichlóretylén nebo perchlóretylén). Z rozdílů hmotností před a po extrakci vzorku se dle dané metodiky stanoví



výsledný obsah pojiva. Na zbylém minerálním materiálu se pak provádí zrnitostní zkoušky dle ČSN EN 933-1. Nejčastěji se ke zkoušce používá speciálních analyzátorů - viz obr. 8, kde je proces rozpouštění a oddělení pojiva od minerální složky plně automatický. Další možností stanovení zrnitosti je termický postup, kdy je pojivo obsažené ve směsi spáleno za vysokých teplot ve speciální peci.



**Obrázek 08: Analyzátor asfaltové směsi**

### **Stanovení maximální objemové hmotnosti (ČSN EN 12697-5)**

Touto zkouškou stanovujeme maximální objemovou hmotnost asfaltové směsi, tj. hmotnost směsi vztahujeme pouze k objemu kameniva a pojiva. Při zkoušce se snažíme eliminovat vzduchové mezery mezi kostrou kameniva, které nejsou vyplněné asfaltem. Toho můžeme docílit například důkladným rozdrobením asfaltové směsi, vložením směsi do pyknometru a zalitím vodou (případně rozpouštědlem) a jejím následném vložení do vakuového hrnce. V něm jsou všechny vodě přístupné mezery a vzduchové bublinky, které mohou ulpívat na povrchu směsi odstraněny a nahrazeny vodou – viz obr. 9. Výsledek zkoušky se udává v  $\text{Mg.m}^{-3}$ . Maximální objemová hmotnost směsi je nezbytná pro výpočet mezerovitosti směsi.



**Obrázek 09: Rozdrobení asfaltové směsi s prázdnými pyknometry v pozadí (vlevo) a její vložení do vakuového hrnce (vpravo)**

**Stanovit maximální objemovou hmotnost lze jedním z těchto postupů:**

Volumetrickým postupem, pomocí pyknometru, kdy se objem vzorku měří jako objem vody nebo rozpouštědla vytěsněného vzorkem v pyknometru.

$$\rho_{mw} = \frac{m_2 - m_1}{10^6 \times V_p - \frac{m_3 - m_2}{\rho_w}}$$

Kde:

- $m_1$  – hmotnost pyknometru, nástavce a pružiny (g);
- $m_2$  – hmotnost pyknometru, nástavce, pružiny a zkušební vzorku (g);
- $m_3$  – hmotnost pyknometru, nástavce, pružiny, zkušební vzorku a vody nebo rozpouštědla (g);
- $\rho_w$  - hustota vody při zkoušce ( $\text{Mg/m}^3$ );
- $V_p$  – objem pyknometru při naplnění po referenční značce nástavce ( $\text{m}^3$ );

Hydrostatickým postupem, pomocí metody vážení pod vodou, kdy se objem vzorku vypočítává ze suché hmotnosti vzorku a z jeho hmotnosti ve vodě

$$\rho_{mh} = \frac{m_3 - m_1}{(m_3 - m_1) - (m_4 - m_2)} \times \rho_w$$

Kde:

- $m_1$  – hmotnost nádoby na vzduchu (g);
- $m_2$  – hmotnost nádoby ponořené ve vodě (g);
- $m_3$  – hmotnost nádoby se zkušebním vzorkem na vzduchu (g);
- $m_4$  - hmotnost nádoby se zkušebním vzorkem ponořené ve vodě (g);

- $\rho_w$  - hustota vody při zkoušení ( $\text{Mg/m}^3$ );

Matematickým postupem, kdy se maximální objemová hmotnost vypočítá z jejího složení (obsah pojiva + obsah kameniva) a objemových hmotností složek.

$$\rho_{mc} = \frac{100}{(p_a/\rho_a) + (p_b/\rho_b)}$$

Kde:

- $p_a$  – obsah kameniva ve směsi stanovený v procentech (%);
- $\rho_a$  – zdánlivá objemová hmotnost kameniva v ( $\text{Mg/m}^3$ );
- $p_b$  – obsah pojiva ve směsi stanovený v procentech (%);
- $\rho_b$  - objemová hmotnost pojiva při teplotě 25 °C v ( $\text{Mg/m}^3$ );

### Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušební tělesa (ČSN EN 12697-6)

Objemová hmotnost ztuhlé asfaltové směsi je hmotností při dané teplotě odpovídající na jednotku objemu zkušební tělesa včetně mezer. Zkouška se provádí na Marshallových tělesech (ČSN EN 12697-30) nebo vývrtech odebraných z konstrukce vozovky. Výsledek zkoušky se udává v  $\text{Mg.m}^{-3}$ . Zkouška je nezbytná pro výpočet mezerovitosti, stupeň vyplnění mezer, mezerovitost směsi kameniva a pro stanovení míry ztuhnutí při kontrolních zkouškách.

Vhodný postup stanovení objemové hmotnosti určujeme podle předpokládané mezerovitosti směsi.

objemová hmotnost suchá -  $\rho_{bdry}$  (pro tělesa s velmi uzavřeným povrchem);

$$\rho_{bdry} = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho_w$$

objemová hmotnost – nasycený suchý povrch -  $\rho_{bssd}$  (pro tělesa s uzavřeným povrchem a mezerovitostí do 7 %);

$$\rho_{bssd} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \times \rho_w$$

objemová hmotnost – utěsněné zkušební těleso -  $\rho_{bsea}$  (vhodná pro tělesa s otevřeným nebo hrubým povrchem a mezerovitostí od 7 do 10 %).

$$\rho_{bsea} = \frac{m_1}{\frac{m_2 - m_3}{\rho_w} - \frac{m_2 - m_1}{\rho_{sm}}} \times 10^3$$

objemová hmotnost podle rozměrů -  $\rho_{b,dim}$  (vhodná pro tělesa s pravidelným povrchem mající geometrický tvar, tj. čtverce, obdélníky, válce apod.; pro tělesa s mezerovitostí větší než 10 % je tento postup předepsán).

$$\rho_{b,dim} = \frac{m_1}{\frac{\pi}{4} \times h \times d^2} \times 10^3$$

Kde:

- $m_1$  – hmotnost suchého zkušební tělesa v g;
- $m_2$  – hmotnost zkušební tělesa ve vodě v g;
- $m_3$  – hmotnost zkušební tělesa nasyceného vodou a povrchově osušeného v g;
- $\rho_w$  - hustota vody při zkušební teplotě stanovená s přesností na 0,1 kg/m<sup>3</sup>
- $\rho_{sm}$  – hustota těsnicího materiálu při zkušební teplotě v Mg/m<sup>3</sup>

### Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí (ČSN EN 12697-8)

Mezerovitost asfaltové směsi  $V_m$  nám udává objem mezer v asfaltové směsi vyjádřený v %, celkového objemu zkušební tělesa. Vypočítá se ze vzorce:

$$V_m = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \times 100$$

Kde:

- $\rho_m$  – maximální objemová hmotnost směsi;
- $\rho_b$  - objemová hmotnost zkušební tělesa (Mg/m<sup>3</sup>);

Doplňujícími údaji k mezerovitosti směsi je mezerovitost směsi kameniva – VMA udávající objem mezer mezi zrny kameniva zhutněné asfaltové směsi, který zahrnuje objem mezer vyplněných vzduchem a objem asfaltového pojiva ve zkušebním tělese.

$$VMA = V_m + B \times \frac{\rho_b}{\rho_B}$$

Dále je to stupeň vyplnění mezer pojivem – VFB, který nám udává kolik procent mezer ve směsi kameniva je vyplněno pojivem.

$$VFB = \left( \frac{B \times \rho_b}{\rho_B} \right) / VMA \times 100$$

Kde:

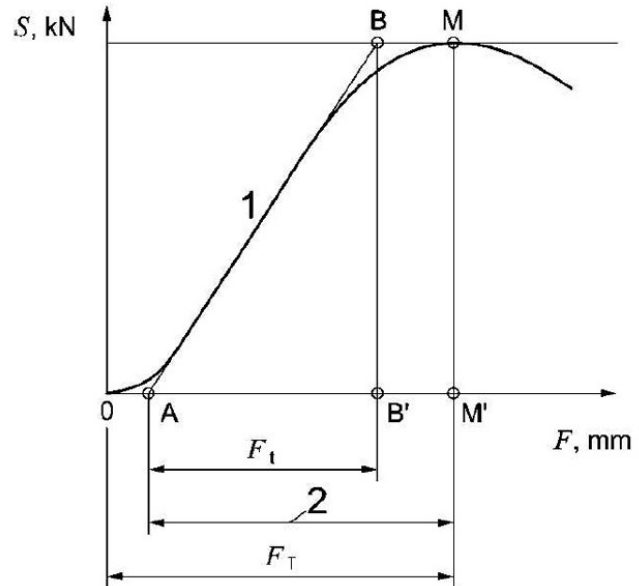
- $V_m$  - mezerovitost zkušební tělesa (%)
- $B$  – obsah pojiva ve zkušebním tělese (ve 100 % směsi) v %;
- $\rho_b$  - objemová hmotnost zkušební tělesa (Mg/m<sup>3</sup>);
- $\rho_B$  – objemová hmotnost pojiva (Mg/m<sup>3</sup>);

Jednotlivé parametry mezerovitosti směsi, mezerovitosti směsi kameniva a stupně vyplnění asfaltem slouží zejména při návrhu asfaltových směsí pro stanovení optimálního obsahu pojiva při návrhu dle ČSN 736160. Mezerovitost směsi je pak důležitým parametrem při kontrolních zkouškách hutnění (ČSN 736121).

### Marshallova zkouška (ČSN EN 12697-34)

Jedná se o jednu z nejstarších zkoušek, jež však byla ještě v nedávně době používána při návrhu asfaltových směsí díky své jednoduchosti. Princip je založen na stanovení fyzikálně mechanických veličin podle Marshalla, který tento postup odvodil koncem 30. let 20. Století. S dalšími úpravami metody, provedenými americkými inženýry v průběhu 2. světové války, se zkouška provádí dodnes. Jedná se tak o tři čtvrtě století starou zkušební metodu.

Vlastní zkouška se provádí na Marshallových tělesech připravených v rázovém zhutňovači daným počtem úderů a při dané teplotě směsi. Takto připravená a vychladnutá tělesa jsou následně temperována po dobu 30 minut na teplotu 60 °C ve vodní lázni. Po skončení temperování jsou tělesa vložena do lisu, kde jsou zatěžována konstantní rychlostí 50 mm za minutu až k dosažení maximální síly. Ta se označuje jako stabilita směsi – S. Z průběhu zatěžovacího grafu se pak stanoví velikost přetvoření F, které je dáno extrapolovanou tečnou grafu zatížení – viz obr. 10. Míra tuhosti se pak vypočítá jako podíl stability a přetvoření.



**Obrázek 10: Marshallův lis (vlevo) a grafické znázornění definic stability S a přetvoření F (vpravo)**

Zkoušení Marshallových těles však neodpovídá způsobu zatěžování asfaltových směsí v reálné vozovce. Vyhodnocované veličiny stabilita - S, přetvoření – F a tuhost lze proto

použit jen pro velmi přibližné hodnocení odolnosti asfaltových směsí proti tvorbě trvalých deformací. Vhodnější pro toto hodnocení je zkouška pojíždění kolem.

## **Stanovení odolnosti zkušebního tělesa vůči vodě (ČSN EN 12697-12)**

Zkouška stanovuje odolnost asfaltové směsi pro účinkům působení vody. Zkouška tak může odhalit vyšší citlivost směsi vůči vodě zapříčiněnou například horší přilnavostí pojiva ke kamenivu. Zkouška probíhá tak, že sada zkušebních těles ve tvaru válce (používají se Marshallova tělesa zhutněná 2 x 25 údery) se rozdělí do dvou skupin o stejné velikosti a jsou temperována. Jedna skupina je udržována na vzduchu při laboratorní teplotě. Druhá skupina je nasycena vodou a uložena do vodní lázně o teplotě 40 °C po dobu 72 hodin. Po vytemperování jsou tělesa vyjmuta a stanoví se pevnost v příčném tahu na každé z obou skupin podle ČSN EN 12697-23 při zkušební teplotě 15 °C - viz obr. 11. Vypočítá se poměr pevnosti v příčném tahu stanovený u skupiny zkušebních těles temperovaných ve vodní lázni k pevnosti v příčném tahu stanovené u skupiny zkušebních těles udržovaných na vzduchu. Poměr se označuje anglickou zkratkou ITSr (indirect tensile strength ratio). Uvádí se v procentech.



**Obrázek 11: Stanovení pevnosti v příčném tahu**

V některých zemích (například USA, Slovensko) se zkouška navíc rozšiřuje o jeden zmrazovací cyklus, kdy jsou tělesa po nasycení vodou vystavena 16 hodin teplotě -18 °C a následně pak uložena na 24 hodin do lázně o teplotě 60 °C. Zbýlý postup zkoušení je již stejný jako u standardní zkoušky.

## **Zkouška pojíždění kolem (ČSN EN 12697-22)**

Zkouška stanovuje odolnost směsi proti tvorbě trvalých deformací kanalizovanou dopravou. V normě je uvedeno několik přístrojů. V České republice se pro tuto zkoušku používá tzv. malé zkušební zařízení. Jedná se o kolo opatřené gumovou obručí a zatížené normou předepsaným tlakem – viz obr. 12. Zkušební desky mohou být připravovány v lamelovém hutnicím zařízení, nebo segmentovém zhutňovači. Zkušební teplota při vlastní zkoušce je českými normami stanovena na 50 °C, zkouška však může být prováděna i při jiných teplotách. Výsledkem zkoušky je hloubka vyjeté koleje po 10 000 pojezdech – tj. hodnota RD (z anglického „rut depth“), poměrná hloubka vyjetí koleje po 5000 pojezdech – tj. hodnota PRD („proportional rut depth“) a nárůst hloubky vyjetí koleje mezi 5 a 10 tisíci pojezdy – tj. hodnota WTS („wheel tracking slope“).



**Obrázek 12: Lamelový zhutňovač (vlevo) a tzv. malé zkušební zařízení se dvěma vzorky, s jedním odklopeným kolem s gumovou obručí a druhým připraveným ke zkoušce i se zatížením (vpravo)**

Alternativní zkouškou je pojíždění tzv. velkým zařízením, které se používá hlavně ve Francii. V něm je vzorek pojížděn vzduchem huštěnou pneumatikou. V tomto případě se měří výsledná poměrná deformace směsi, jako průměrná hloubka vyjeté koleje v 15-ti bodech po 1000, 3000, 10 000 a 30 000 pojezdech. Zkouška se provádí při teplotě 60 °C. Zkušební desky jsou připravovány v deskovém hutnicím zařízení – viz obr. 13.



**Obrázek 13: Pneumatikový zhutňovač desek (vlevo) a tzv. velké zkušební zařízení (vpravo)**

#### **Stanovení čísla tvrdosti (ČSN EN 12697-20)**

Jedná se o zkoušku litého asfaltu prováděnou na tělesech tvaru krychle nebo válce, na kterých se stanovuje odolnost proti plastickým deformacím od statického zatížení. Trn o ploše  $500\text{mm}^2$  (široký trn) je zatlačován silou 525 N do směsi litého asfaltu při teplotě  $40\text{ }^\circ\text{C}$ . Stanovuje se číslo tvrdosti - I (hloubka zatlačení trnu v mm po 30 minutách) a přírůstek čísla tvrdosti -  $I_{nc}$  (mm) mezi 30ti a 60ti minutami. Pro lité asfalty, používané pro speciální účely vyhříváných ploch či průmyslových podlah, se používá úzký trn o ploše  $100\text{mm}^2$ .





**Obrázek 14: Zkouška stanovení čísla tvrdosti**

### 7.3.2 Zkoušení funkčních vlastností

Cílem zavedení funkčních zkoušek pro asfaltové směsi je přiblížit zkoušení ke skutečnému namáhání ve vozovce a vytvořit tak alternativní přístup k doposud běžně používaným zkouškám. Jedná se však většinou o poměrně drahé a složité přístroje, které se pro běžné rutinní zkoušky nehodí. Jejich přínos je hlavně v oblasti výzkumu asfaltových směsí a různých druhů pojiv, případně se využívají při získání vstupních dat při navrhování vozovek. Do budoucna se však s nimi uvažuje také jako s alternativou při navrhování směsí, zejména u významných staveb.

K funkčním zkouškám asfaltových směsí zejména patří:

**Stanovení modulu tuhosti (ČSN EN 12697-26)**

Zkouškou se stanovuje modul tuhosti asfaltové směsi pomocí opakovaného dynamického zatěžování. Na základě měřených veličin (síla, deformace, fázový úhel zpoždění) a známých rozměrů zkušební tělesa je stanovován modul tuhosti zhutněné asfaltové směsi při zvolených teplotách. Modul tuhosti lze stanovit jednou z následujících metod:

- Dvoubodová zkouška ohybem na vetknutém komolém klínu (2PB-TR), nebo na tělesech tvaru trámečku;
- Zkouška tříbodovým ohybem (3PB-PR) nebo čtyřbodovým ohybem (4PB-PR) na tělesech tvaru trámečku;
- Zkouška v příčném tahu na válcových zkušebních tělesech (IT-CY));

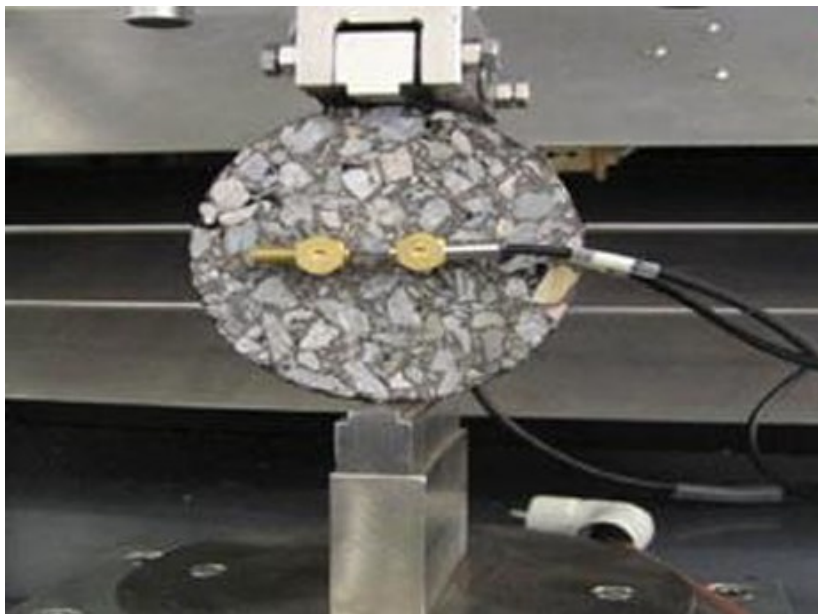
Jednotlivá zkušební zařízení jsou zobrazena na následujících obrázcích.



**Obrázek 15: Dvoubodová zkouška na komolém klínu**



**Obrázek 16: Čtyřbodová zkouška na trámečku**



**Obrázek 17: Zkouška v příčném tahu na válcovém tělese (NAT)**

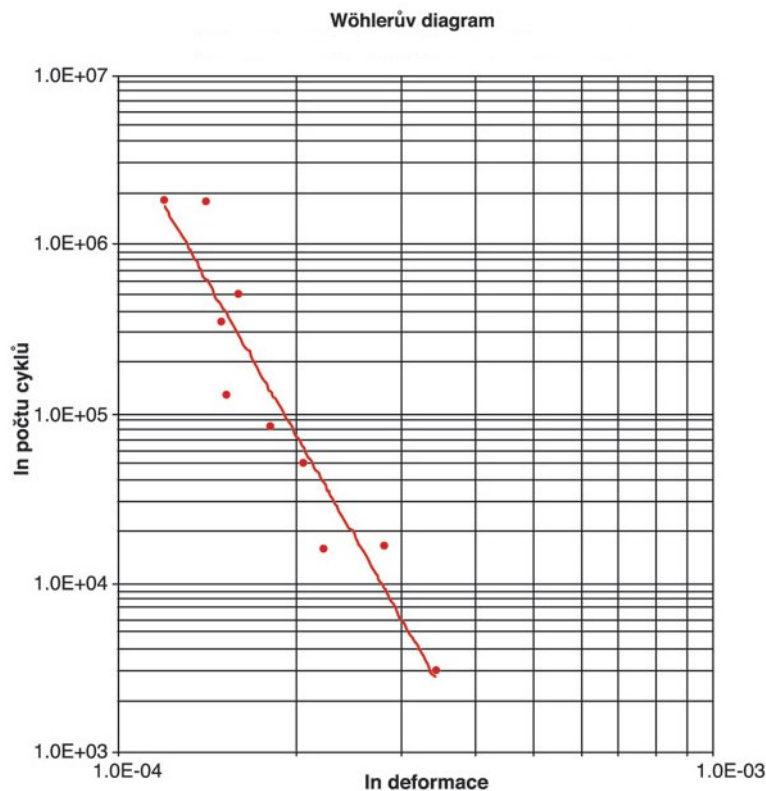
Stanovení modulu tuhosti je prozatím jedinou z funkčních zkoušek, kterou je nutno provádět při návrhu směsi typu VMT podle TP 151. Ostatní funkční vlastnosti (únava, nízkoteplotní vlastnosti) jsou nepovinné a mají zatím pouze informativní charakter.

Měření únavových charakteristik (ČSN EN 12697-24)

Únavové vlastnosti směsí jsou důležitou charakteristikou jejich odolnosti proti opakovanému namáhání zejména ve vztahu k životnosti konstrukce asfaltové vozovky a jejímu návrhu.

Vlastní únavové zkoušky asfaltových směsí se provádějí na stejných typech přístrojů používaných pro stanovení modulu tuhosti. Zkoušky probíhají při několika úrovních deformace či napětí. Ze získaných výsledků je pak možné sestavit závislost mezi počtem cyklů do porušení a přetvořením. Ta je v dvojitěm logaritmickém měřítku ve zkoušeném oboru lineární, viz obr. 17. Z vyhodnocení únavové zkoušky na komolém klínu je možné získat základní únavové charakteristiky potřebné při návrhu vozovky dle TP 170. Těmi jsou sklon únavové přímky B a přetvoření odpovídající na únavové přímce  $10^6$  zatěžovacích cyklů, které se dle ČSN EN 12697-24 označuje  $\epsilon_6$ .

Únavové charakteristiky získané ze zkoušek na trámku nebo v příčném tahu se liší od výsledků ze zkoušky na komolém klínu. Při jejich případném použití pro návrh vozovky je třeba postupovat individuálně a je nezbytné to konzultovat s odborníky na danou problematiku. Zatím se v naprosté většině případů používají při návrhu vozovky dle TP 170 návrhové hodnoty únavových charakteristik uvedené v předpisu.



**Obrázek 18: Příklad vyhodnocení zkoušky pomocí Wöhlerova diagramu**

Protože jednotlivé zkušební metody, že dávají značně odlišné výsledky a navíc hodnoty naměřené na jednotlivých zkušebních tělesech vykazují velký rozptyl, je potřeba při navrhování vozovek obecně přistupovat k naměřeným hodnotám opatrně. Proto je v dodatku TP 170 z roku 2010 uvedeno i omezení pro používání naměřených charakteristik.

**Posouzení odolnosti asfaltových směsí proti tvorbě trvalých deformací cyklickou zkouškou v tlaku (ČSN EN 12697-25)**

Vedle běžného empirického způsobu posuzování odolnosti asfaltové směsi k tvorbě trvalých deformací pomocí zkoušek opakovaným pojižděním kolem, umožňuje ČSN EN 12697-25 stanovovat tuto odolnost asfaltových směsí i funkční zkouškou cyklickým zatěžováním válcových zkušebních těles v tlaku pomocí dvou metod.

- Dynamickým dotvarováním v jednoosém tlaku. V této zkoušce je cyklickému osovému tlaku vystaveno válcové zkušební těleso. Aby se dosáhlo jistého omezení vodorovné deformace, je průměr zatěžovací desky menší než průměr zkušebního vzorku.
- Dynamickým dotvarováním v triaxiálním přístroji. Při zkoušce probíhající při zvolené teplotě, nejčastěji 50 °C, je válcové zkušební těleso (Marshallovo těleso, nebo jádrový vývrt z vozovky) zatěžováno cyklickým axiálním tlakem a současně bočním komorovým tlakem (statickým nebo cyklickým), který simuluje hmotu a tím odezvu okolního materiálu v reálné vozovce.

Odolnost zkoušené směsi proti tvorbě trvalých deformací je vyhodnocována ze záznamu závislosti axiálního přetvoření na počtu opakovaní zatížení

Stanovení nízkoteplotních vlastností asfaltových směsí podle ČSN EN 12697-46

Velmi důležitou vlastností asfaltových směsí je jejich chování za nízkých teplot. Asfaltová směs má snahu se při nízkých teplotách smršťovat, což vyvolává kvůli neexistenci dilatačních spár v netuhé vozovce tahová napětí. Tato napětí jsou částečně odbourávána schopností asfaltové směsi relaxovat. Tento pokles napětí v čase (tj. relaxace) bez objemové změny asfaltové směsi, související s viskozitou pojiva, je důležitou vlastností netuhých vozovek. Čím více se však teplota snižuje, směs je tužší a křehčí a její schopnost relaxace se zmenšuje. Od určité teploty (cca – 20 °C) se relaxace téměř zcela vytrácí a ztuhlá asfaltová směs se chová jako čistě elastická hmota. Pokud vyvolaná tahová napětí při dalším snižování teploty dosáhnou tahové pevnosti směsi, dochází ke vzniku mrazové trhliny, většinou kolmé na osu vozovky. Zjistit kritickou teplotu, kdy s největší pravděpodobností dojde k vytvoření mrazové trhliny, bývá důležité zejména u směsí s vysokým modulem tuhosti.

Výše uvedená norma nabízí několik možností stanovení kritické teploty. Jednou z nich je zkouška s rovnoměrně řízeným poklesem teploty. Zkušebnímu tělesu ve tvaru trámečku je zabráněno v jeho zkracování ( $\epsilon_t = 0$ ), čímž vzniká tahové napětí, které je způsobeno jeho snahou se smršťovat s klesající teplotou. Výsledkem zkoušky je stanovení maximální tahové síly (tahového napětí) a kritické teploty, kdy dojde k porušení vzorku.

## 7.4 Výroba asfaltových směsí

Asfaltové směsi se vyrábějí na obalovacích soupravách. Ty podle plynulosti výroby rozdělujeme na dva základní typy – šaržové a kontinuální. V České republice je většina obaloven šaržového typu. Dále je obalovny možno rozdělit na mobilní (lze přepravovat dle potřeb staveb) a stacionární (většinou jsou provozovány na jednom místě; jejich přemístění je též možné, ale je komplikovanější než u mobilních verzí).

Základním údajem každé obalovny je její výkon, tzn. kolik tun směsi je schopna vyrobit během hodiny. Malé obalovny začínají na 60 t/hod., velké obalovny jsou schopny vyrábět až 400 t/hod.

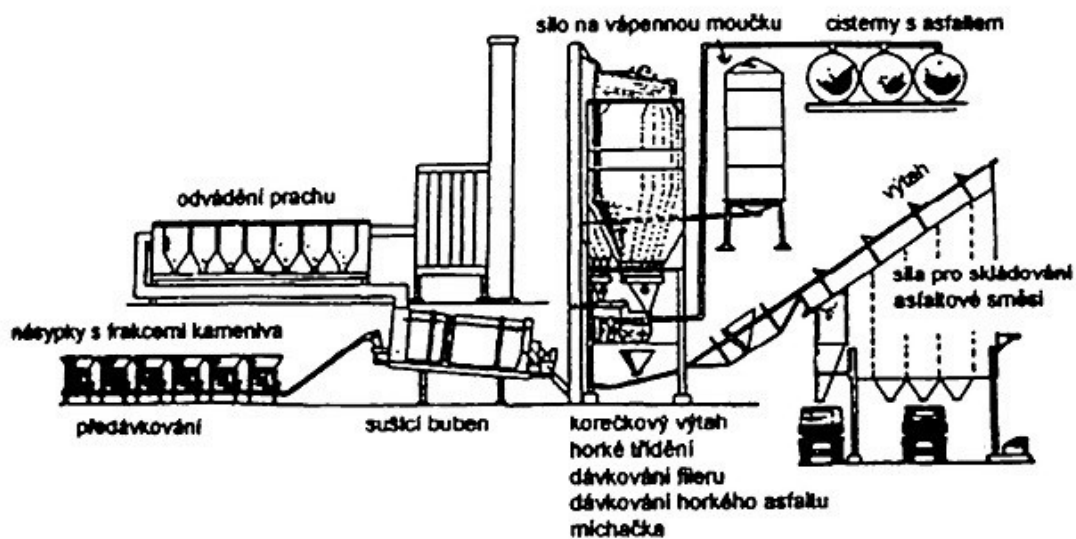
### 7.4.1 Šaržové obalovny

Jak už název napovídá, jedná se o obalovny s přerušovaným cyklem výroby. Obalovna vyrábí směs po jednotlivých dávkách (šaržích), jejichž velikost je ovlivněna kapacitou vlastní míchačky. Výhodou šaržové obalovny je možnost flexibilně měnit jednotlivé typy receptur během výroby. Další výhodou je vlastní třídění horkého kameniva, což umožňuje lepší kontrolu složení výsledné asfaltové směsi (kvalitu) a eliminuje tak výkyvy ve složení jednotlivých frakcí dodávaného kameniva. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena ve srovnání s kontinuální obalovnou.

Schéma šaržové obalovny je zobrazeno na obrázku 19 (zdroj Silasfalt, s.r.o.), na obr. 20 jsou pak dvě šaržové obalovny o výkonu 240 t/h.

#### Popis technologie výroby asfaltové směsi:

- Z kójí (skládek jednotlivých frakcí kameniva) je kamenivo nakladačem navezeno do jednotlivých násypek studeného předdávkování
- Odtud jdou jednotlivé frakce kameniva v poměru stanoveném zkouškou typu do sušícího bubnu, kde se kamenivo dosušuje a ohřívá na teplotu obalování, která odpovídá viskozitě pojiva (pro asfalt 50/70 je kamenivo ohříváno na teploty 150 až 180 °C). K ohřátí se používají nejčastěji plynové, olejové a další typy hořáků. Kamenivo se po vstupu do sušáku pohybuje pomocí lopatek, až se dostane na korečkový elevátor.
- Během procesu sušení jsou proudem plynů strhávány jemné částice (tzv. vratný filer), které se zachytávají na speciálních filtrech. Odtud jdou do sila s vratným prachem a vrací se dle potřeby zpět do výroby.
- Korečkovým elevátorem se ohřáté kamenivo dopraví na věž obalovny a provede se "horké třídění". Vysušené kamenivo se vytřídí dle velikosti do horkých zásobníků.
- Vytříděné frakce kameniva se naváží do míchačky s požadovanou přesností nižší než 2 % hmotnostní odchylky v množství pro jednu záměs a daný druh asfaltové směsi.
- Poté se ze sil (opět přes váhy) přidá vápenný filer a vratný prach (vratný filer) v množství předepsaném zkouškou typu.
- Do míchačky homogenizované směsi se dávkuje asfalt zahřátý na obalovací teplotu (asfalt 50/70 na teplotu 150 až 180 °C) a po dobu minimálně 20 sekund se provádí míchání směsi.
- Celková doba míchání závisí vždy na pracovních teplotách, typu směsi a kvalitě obalení jednotlivých zrn kameniva a může podstatně ovlivňovat výkon obalovny. Doba standardního cyklu míchání jedné šarže je přibližně jedna minuta.
- Takto vyrobená směs může být přímo expedována na nákladní vozy, nebo se ukládá do zásobníků na obalovně. Doba skladování směsi by neměla překročit 1,5 hodiny.



Obrázek 19: Schéma šaržové obalovny (zdroj [www.silasfalt.cz](http://www.silasfalt.cz))



**Obrázek 20: Dvě šaržové obalovny Ammann, každá s výkonem 240 t/h**

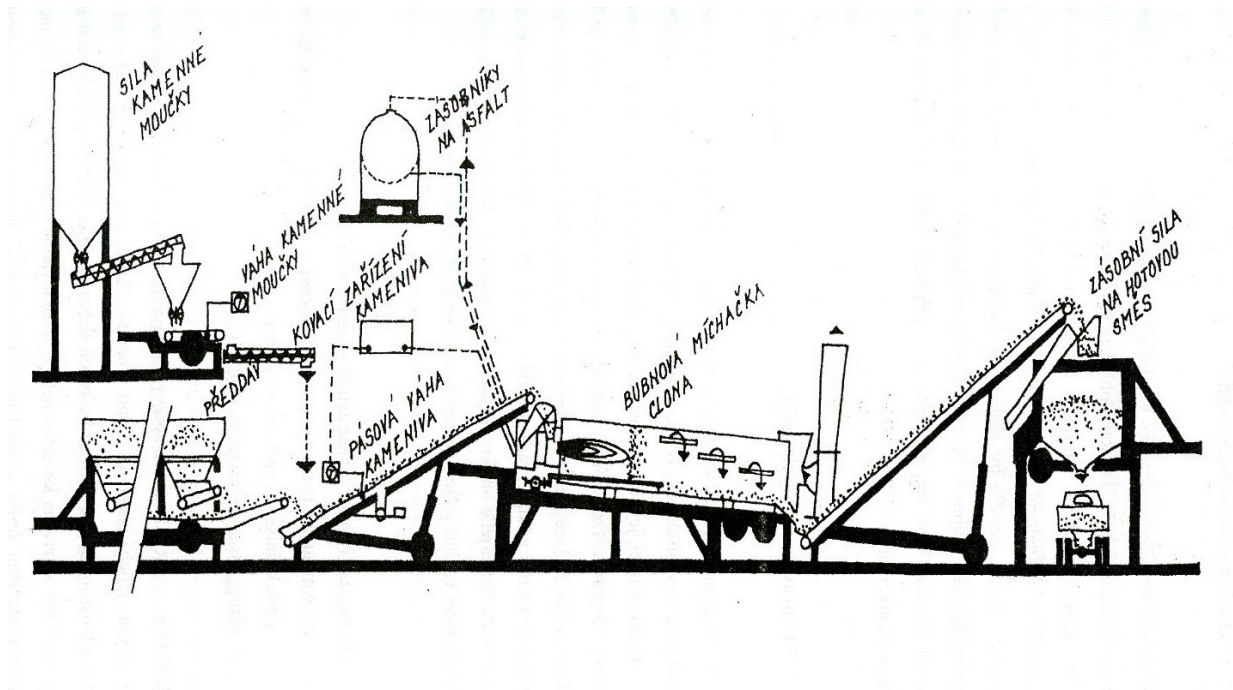
#### 7.4.2 Kontinuální obalovny

Kontinuální obalovny se vyznačují velkým výkonem. Hodí se proto na velké stavby, kde se vyrábí vždy jeden typ směsi ve velkém množství. Nelze totiž u nich během výroby jednoduše měnit jednotlivé receptury/výrobní předpisy. Další nevýhodou je poměrně velká citlivost na stálost vstupních materiálů (zrnitost kameniva). Na rozdíl od šaržových obaloven se kamenivo netřídí do horkých zásobníků, ale jde přímo do míchačky, případně se míchá s asfaltem již v sušícím bubnu (obalovnání s bubnovou ohřívací míchačkou). Kontinuální obalovny jsou však technicky jednodušší a tedy levnější, ale v ČR se tento typ obaloven prakticky nevyskytuje.

Při kontinuálním způsobu obalovnání s bubnovou ohřívací míchačkou – viz obr. 21, jde kamenivo ze studených násypů do sušícího bubnu, kde se v první polovině bubnu suší a ohřívá, v druhé části bubnu oddělené clonou se ke kamenivu dávkuje asphalt a filer a dochází k vzájemnému promíchání. Na konci míchacího zařízení vychází plynulý proud obalené směsi.

Schéma kontinuální obalovny je na obrázku 21.





**Obrázek 21: Výrobní schéma kontinuální obalovací soupravy s bubnovou ohřívací míchačkou (převzato z PK 30, Kaun, Luxemburk, ČVUT)**



**Obrázek 22: Kontinuální obalovna Ammann s výkonem 320 t/h (převzato z [www.ammann.com](http://www.ammann.com))**

### 7.4.3 Výroba litého asfaltu

Výroba litého asfaltu probíhá na obalovnách šaržového typu, které jsou navíc vybaveny stacionery - zásobníky, kde je možno vyrobenou směs skladovat a neustále míchat. V menší míře je možno vyrábět směs také přímo i v pojízdných „vařičích“ - vyhřívaných přepravnících s míchacím zařízením. Kvalita takto vyráběné směsi však může značně kolísat a proto se používá jen výjimečně u méně významných staveb.

Základem dobře vyrobené směsi litého asfaltu, jeho dobré zpracovatelnosti a kvalitního povrchu je přesné dávkování a dokonalé promíchání jednotlivých složek směsi.

Teplota směsi při výrobě na obalovně může vzhledem k použitým tvrdým pojivům dosahovat teplot až 250 °C. Dnes je však snaha omezit tyto teploty pod 220 °C (nižší emise těkavých látek uvolňujících se z pojiv). Řešením je například přidání různých aditiv snižujících viskozitu pojiva. Existují dokonce i speciální technologie, u kterých lze dosáhnout teplot i pod 190 °C. Jedná se většinou o patentované technologie jednotlivých firem. Nevýhodou však je vyšší cena v porovnání s běžně vyráběnou směsí.

Dalším rozdílem oproti výrobě hutněných asfaltových směsí je výrazně vyšší teplota ohřívání kameniva. Vzhledem k velkému množství fileru, který litý asfalt obsahuje (může obsahovat až 30 % z hmotnosti směsi) a vzhledem k tomu, že se filer dávkuje do míchačky obvykle studený, se kamenivo musí ohřívát na teploty dosahující až 400 °C.

Po dokončení výrobního cyklu jde směs do stacioneru nebo se rovnou expeduje. Doba skladování a přepravy by u litého asfaltu neměla přesáhnout 12 hodin. Přeprava se provádí pomocí speciálních přepravníků na litý asfalt – vařičích – viz obr. 23, kde je zaručeno neustálé míchání směsi a její ohřev na potřebnou teplotu.

Po staveništi se směs přepravuje v kovových nebo dřevěných nádobkách, či kolečkách, jejichž stěny lze pro lepší manipulaci opatřit emulzí z rostlinných olejů zabráňující nalepování litého asfaltu na stěny. Směs se rozprostírá ručně nebo se pokládá speciálním finišerem pro litý asfalt.



**Obrázek 23: Přepravník litého asfaltu**

## 7.5 Doprava, pokládka a hutnění asfaltových směsí

### 7.5.1 Doprava asfaltové směsi na stavbu

Důležitou součástí stavby asfaltových vozovek je doprava asfaltových směsí z obalovny na staveniště. K tomu je potřeba zajistit dostatečné množství vhodných vozidel přepravujících směs. Počet je závislý na uspořádání staveniště, schématu pokládky, tloušťce vrstvy, výkonu finišeru, dopravní vzdálenosti, hustotě provozu a výkonu obalovny. Na zajištění plynulé dodávky směsí závisí kvalita pokládky a její hutnění. Je potřeba zajistit chod finišeru tak, aby měl dostatečný přísun materiálu a nedocházelo ke zbytečnému zastavování a čekání na asfaltovou směs, současně však také aby vozidla dlouho nečekala se směsí a nedocházelo tak k jejímu přílišnému chladnutí.

Přepravní kapacita vozidel by měla být co největší a pokud možno stejná. Vozidla pro přepravu musí mít hladkou, čistou a těsnou kovovou korbu. K zamezení nalepování směsi na stěny se provádí postřik vhodným přípravkem (speciální oleje, emulze, roztoky mýdla či saponáty). Není povoleno používat naftu, petrolej a jiná rozpouštědla.

Přibližný počet vozidel potřebných k přepravě směsi lze stanovit z rovnice:

$$n = \frac{t \times Q}{60 \times c}$$

kde:

- Q množství přepraveného asfaltové směsi [t.h<sup>-1</sup>]
- t čas v minutách potřebný pro jedno otočení vozidla (plnění a vyprazdňování, vlastní jízda k finišeru a zpět, ztrátové časy) [min]
- c užitečný obsah dopravního vozidla [t]

V případě, že je směs vypouštěna přímo z míchačky obalovací soupravy do vozidel, je nutné počet aut zvýšit o jedno. Také pro případ poruchy a výrobních nepravidlostí je dobré mít jedno rezervní vozidlo.

Během přepravy musí být korby vozidel zaplachtovány či jinak chráněny – viz obr. 24, aby nedocházelo ke zbytečným tepelným ztrátám. Rychlost ochlazování směsi závisí hlavně na klimatických podmínkách, přepravní vzdálenosti a množství směsi. Pro vozidla s kapacitou do deseti tun lze uvažovat s rychlostí ochlazování o 10 °C/hod. Pro speciálně izolované přepravníky pak 5 °C/hod.

Je třeba také počítat s tím, že ochlazování probíhá nerovnoměrně, rychlejší je v rozích a u stěn přepravníků, kde vzniká jakási „krusta“, která často vede k závadě při následné pokládce a hutnění. Během přepravy také dochází k částečné segregaci směsi, zejména u hrubozrnnějších směsí. Tomu lze zamezit použitím speciálních strojů – homogenizátorů či podavačů směsi, viz obr. 25, které po přivezení směsi na stavbu směs znovu zamíchají, čímž dojde k její opětovné homogenizaci a vyrovnání teplot. Současně slouží i jako zásobníky směsi, čímž zlepšují plynulost pokládky.



**Obrázek 24:** Zaplachtování vozidla před přepravou směsi



**Obrázek 25: Homogenizátor (podavač) asfaltové směsi**

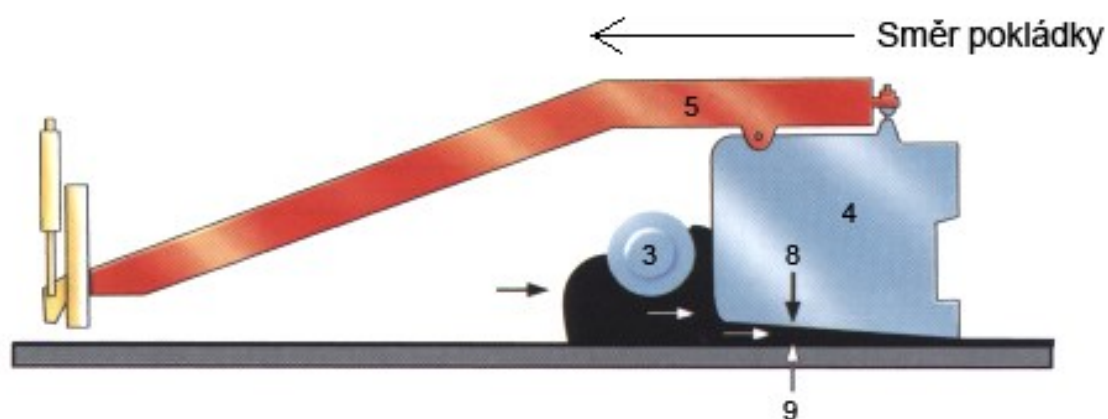
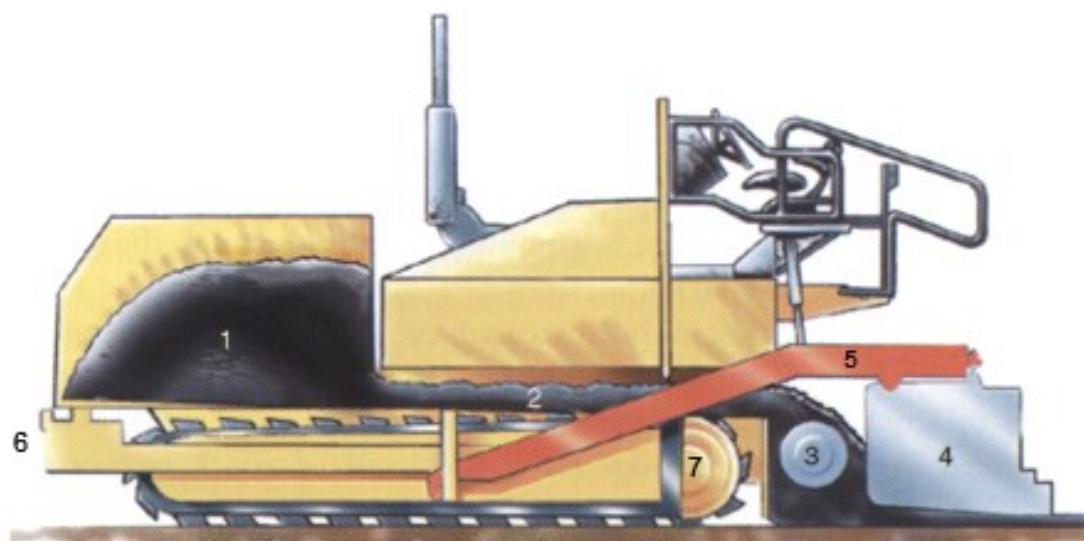
### 7.5.2 Pokládka hutněných asfaltových směsí

Pokládka hutněných asfaltových směsí se provádí strojně nebo ručně.

Ruční pokládka se používá zcela výjimečně, pouze u staveb malého rozsahu a důležitosti a všude tam, kde nelze strojní pokládku použít. Při ručním rozprostírání se směs skládá na podklad v menších hromadách a musí se co nejrychleji zpracovávat. Vrstva se může urovnávat dřevěnými hrably nebo stahovací latí, ne však hráběmi (segregace směsi).

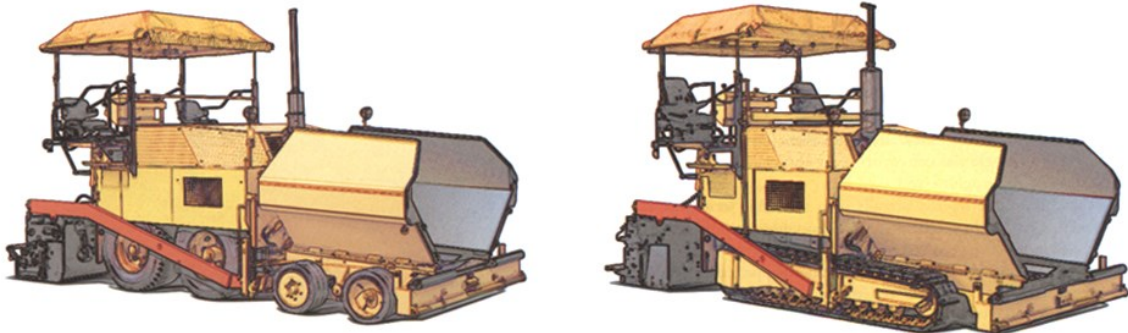
K strojní pokládce se nejvíce používají finišery s automatickým nivelačním zařízením umožňujícím maximální rovinatost povrchu a potřebnou tloušťku vrstev. V některých případech lze směs také rozprostírat pomocí grejdrů či dozerů (nejvýše však do úrovně podkladních vrstev).

Princip fungování finišeru je na obrázku č. 26. Dle typu podvozku máme finišery kolové a pásové – viz obrázek č. 27. Manipulační rychlost pásového finišeru se pohybuje okolo 5 km.h<sup>-1</sup>. Tlak pásu je max. 0,15 MPa, což umožňuje jejich použití i na méně únosných podkladech. Výhodou je vysoká stabilita, nevýhodou pak menší pohyblivost. Finišery s kolovým podvozkem jsou pohyblivější, můžou dosáhnout manipulační rychlosti až 20 km.h<sup>-1</sup>. Potřebují ale tvrdý povrch. Dobrý finišer musí mít dostatečně výkonný motor, aby i ve stoupání mohl tlačit velkokapacitní prostředky dopravující směs. Pomocí finišeru se směs rozhrne a urovná na stanovenou tloušťku a částečně zhutní na 75 až 90 % objemové hmotnosti stanovené laboratorně. Pracovní šířky finišerů se pohybují od malých chodníkových typů šíře 60 cm až po dálniční finišery s šířkou pracovní lišty i více než 12 metrů.



- 1 - Násypka finišeru; 2 - Podávací zařízení; 3 - Rozhrnovací zařízení;  
4 - Hladicí (vybrační) deska; 5 - Nosné rameno; 6 - Válečkový nárazník;  
7 - Podvozek; 8 - Tíha pracovní části finišeru; 9 - Reakce pokládané vrstvy

**Obrázek 26: Hlavní části finišeru pro pokládku asfaltových hutněných směsí**



**Obrázek 27: Kolový a pásový finišer**

Před zahájením pokládky asfaltové směsi musí být zajištěn dostatečně únosný a rovný podklad. V případě pokládky na starý povrch musí být opraveny výtluhy, spáry, případné nerovnosti v podélném a příčném směru a příčný sklon překračující povolené tolerance. Nerovnosti povrchu staré vozovky v podélném a příčném směru nesmí být větší než 20 mm. Větší nerovnosti musí být odstraněny frézováním nebo pomocí vyrovnávací vrstvy.

Povrch musí být čistý a suchý. Pokládku nelze provádět za deště a mrazu. Minimální teplota při pokládce by neměla klesnout pod 0 °C u podkladních vrstev, pod 3 °C u ložních vrstev a pod 5 °C (za posledních 24 hodin pod + 3 °C) u obrusných vrstev a u směsí, kde je požit modifikovaný asfalt. U tenkých koberců a drenážních vrstev by pak teplota neměla klesat pod 10 °C (za posledních 24 hodin pod + 5 °C).

Pro lepší spojení (spolupůsobení) kladených vrstev se provádí spojovací postřik v množství 0,15 až 0,4 kg.m<sup>-2</sup> zbytkového asfaltu u nových vrstev a 0,25 až 0,6 kg.m<sup>-2</sup> u starých vrstev a frézovaných povrchů. Není-li spojovací postřik předepsán, nemusí se provádět za předpokladu, že kladená vrstva má tloušťku větší než 40 mm a klade se na čerstvě zhotovenou asfaltovou vrstvu.

Na očištěný povrch, respektive povrch opatřený postřikem nesmí být před položením další vrstvy vpuštěn žádný provoz.

Technologické zásady a doporučení při pokládce:

- Zajistit dostatečný přísun směsi a omezit tak případné zastávky, v případě že dochází směs, snížit rychlost finišeru na minimum (rychlost finišeru se může pohybovat v rozmezí 1 - 12 m/min)
- Hladicí deska finišeru musí být dostatečně předehřátá
- Vozidla dopravující směsi mají být finišerem tlačena, nesmí na finišer najíždět, musí zastavit před ním a vyčkat jeho dojezdu
- Pokud je tlačící síla finišeru dostatečná, provádět pokládku ve směru stoupání (lepší kontakt vozidla s finišerem při vysypávání směsi, lepší při hutnění směsi, nedochází k potrhání směsi brzdícím válcem)



- Tloušťka pokládané vrstvy musí odpovídat předepsané tloušťce po zhutnění směsi. Potřebné nadvýšení tak činí obvykle 10 až 25 % dle typu směsi
- Pokud nelze klást obrusnou vrstvu v celé šíři vozovky, podélná pracovní spára by měla být v ose vozovky u dvoupruhových a na styku jízdnic pruhů v případě vícepruhových vozovek. Pracovní spáry by nikdy neměly být v jízdnicí stopě!
- Při pokládce v pruzích se šířky pruhů volí tak, aby podélné pracovní spáry v jednotlivých vrstvách nebyly nad sebou, ale byly vystřídány nejméně o 20 cm
- Pokládka další vrstvy může následovat až po dostatečném ochlazení vrstvy předchozí, pokud se nejedná o speciální technologie kladení dvou vrstev najednou (speciální finišery se dvěma lištami)
- Svislé styčné plochy povrchových znaků inženýrských sítí, obrubníků a podobných zařízení se doporučují a často i požadují před pokládkou očistit a natřít asfaltovým pojivem, případně použít asfaltových zálivek nebo nastavovacích pásků
- Při napojování příčných pracovních spár v místech zastavení finišeru, provést zarovnání odříznutím konce z předchozí pokládky a ošetřit asfaltovým nátěrem nebo asfaltovým páskem. Ošetření řezáním se provádí i na krajích napojovaných podélných spár.
- Znatelné příčné a podélné pracovní spoje obrusné vrstvy se po položení doporučuje zatřít asfaltovým pojivem a podle potřeby provést zdrsnění například pískem apod.

### 7.5.3 Hutnění asfaltových směsí

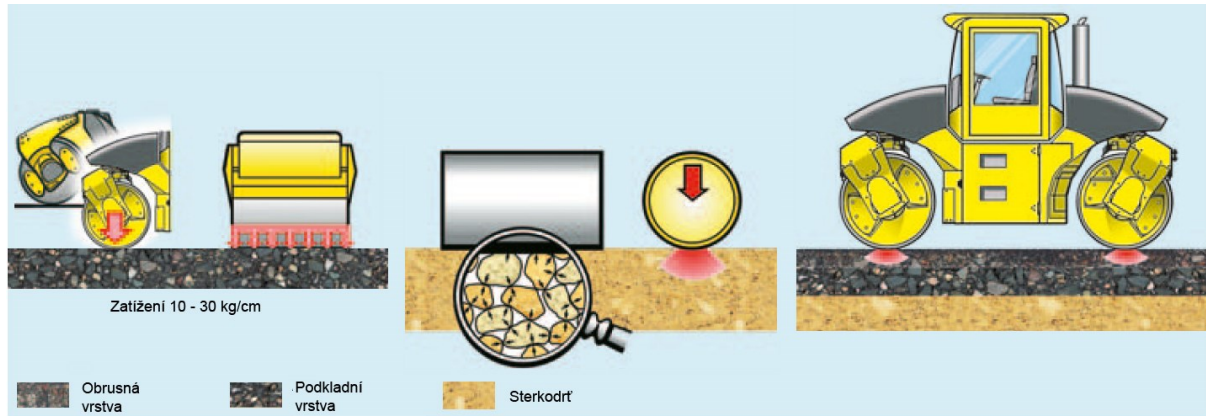
Cílem hutnění asfaltových vrstev je dosažení takových parametrů směsi, které odpovídají požadavkům pro daný typ směsi a vrstvy vozovky. Pro hutnění se používají statické válce (pneumatikové nebo s ocelovými běhouny) a vibrační (oscilační) válce s ocelovými běhouny. Před vlastním zahájením hutnění je nutno navrhnout technologický postup hutnění. Nejčastěji se provádí formou tzv. hutnicího pokusu, při kterém se určuje sestava válců, typ hutnění a počet jednotlivých pojezdů.

#### Druhy válců

**Statické válce s hladkými ocelovými běhouny** jsou většinou tandemové dvouosé (dříve i tříosé). Jejich provozní hmotnost je v rozmezí od 1 t do 15 t. Při zhutňování těmito válci vnikají působením běhounů uvnitř hutněné vrstvy značná smyková napětí. Pokud je jejich velikost blízká smykové pevnosti směsi, dochází k pohybu jednotlivých částic, k jejich vzájemnému těsnějšímu uložení a tím k hutnění směsi. Tlak běhounů na vrstvu je proměnlivý a závislý na míře jejího stlačení a okamžité tuhosti (při vyšší tuhosti vrstvy je kontaktní plocha válce a vozovky menší a tím i napětí na kontaktu větší). Čím je tuhost zhutňované vrstvy větší, tím je větší i zhutňovací tlak. Hlubkový zhutňovací účinek je poměrně malý. Plné zhutnění nastává do hloubky 8 cm. Doporučená rychlost hutnění je max. 4 km.h<sup>-1</sup>. Statické válce jsou vhodné do sklonů max. 12 - 14 %. Základní charakteristikou statických válců je:

- Celková hmotnost

- Rozměry běhounů
- Statické zatížení



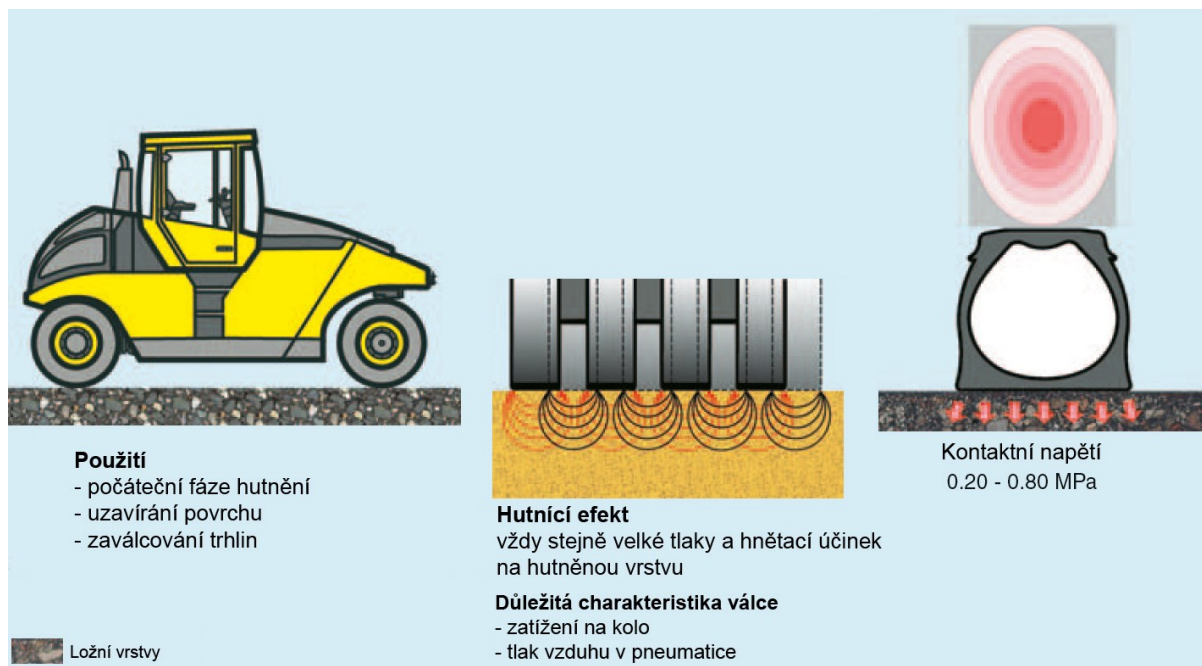
**Obrázek 28: Hutnění statickým válcem (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

**Statické pneumatikové válce** mají zcela jiné zhutňovací charakteristiky a jiný zhutňovací účinek než válce s ocelovými běhouny. Nezávisle na okamžité tuhosti hutněné směsi působí na ni vždy stejně velkými a oproti předchozímu typu relativně nižšími tlaky, jejichž velikost je dána:

- Zatížením kola
- Typem pneumatiky
- Tlakem vzduchu v pneumatice

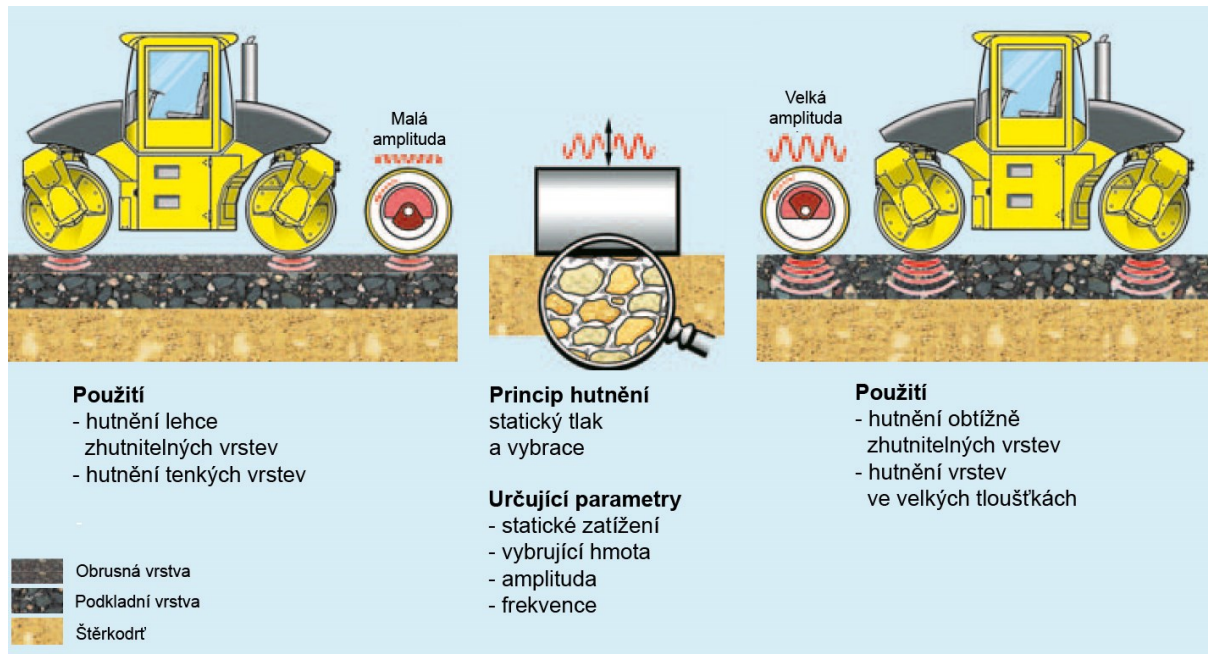
Velmi příznivě působí pneumatikové válce na hutněnou vrstvu z hlediska vznikajících vodorovných sil. Nedochází k hnutí směsi ani tvoření trhlin, naopak lze vzniklé trhliny často úplně zahladit. Vlivem své poddajnosti působí pneumatiky na hutněnou vrstvu také hnětacím účinkem.

Válce se vyrábějí s 5 až 11 koly na jedné ose a jejich hmotnost se pohybuje v rozmezí 5 – 25 tun. Účinek do hloubky závisí na zatížení nápravy, tlaku v pneumatikách, který lze regulovat a na rychlosti jízdy. Těžké pneumatikové válce mohou hutnit vrstvy až do hloubky 18 cm. Hutnění lze provádět i ve sklonech větších než 14 %. Jsou vhodné zejména pro počáteční fázi hutnění a při závěrečné fázi hutnění pro uhlazení povrchu. Naopak nejsou vhodné pro hutnění spojů a během hlavní fáze hutnění.



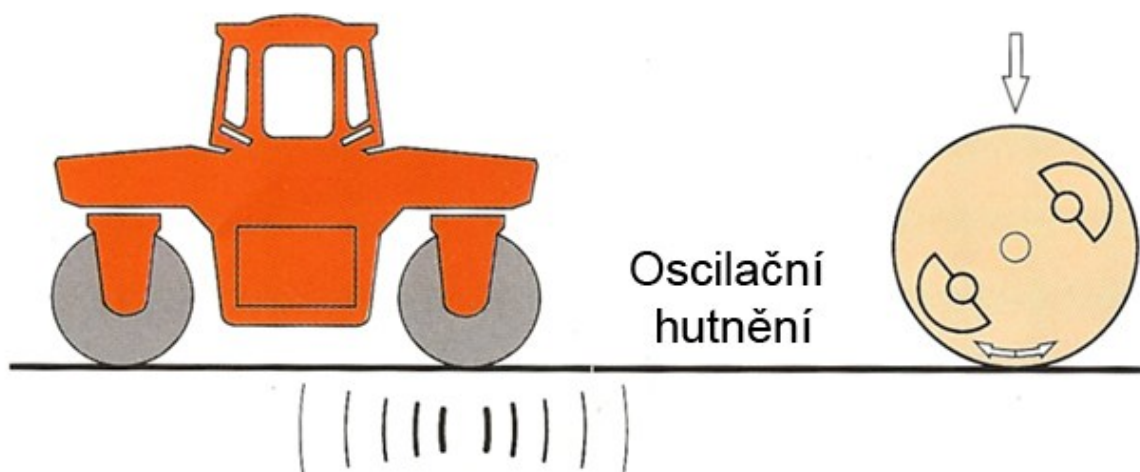
**Obrázek 29: Hutnění pneumatickým válcem (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

**Vibrační (oscilační) válce** využívají při hutnění kombinovaného účinku vibrace a tlaku. Vibrace působící na kamenivo snižuje tření ve směsi a zlepšují se tak podstatně podmínky pro zhutňování působícím tlakem. Nejčastěji se používají vibrační válce tandemové dvouosé. Pohon je většinou již na obě nápravy. Jejich hmotnost je 1 – 15 tun, s vibračním (oscilačním) systémem na jedné nebo obou nápravách. Frekvence a amplituda jsou obvykle dvoustupňové, v poslední době i plynule měnitelné. Pro hutnění asfaltových směsí jsou vhodné nižší amplitudy a vyšší frekvence. Při vypnuté vibraci je jejich účinek totožný se statickými válci. U nejtěžších typů je hutnicí účinek až do hloubky 30 cm. Malé válce s malým průměrem běhounu mohou při vibračním účinku na horké směsi způsobit nerovnosti. Vibrační účinek působí příznivě, je-li potřebné uzavřít povrch (vytáhnout maltu). Na příliš horké směsi však hrozí nebezpečí vzniku nežádoucích hladkých (kluzkých) míst. Pracovní rychlost je 2,5 až 4 km.h<sup>-1</sup> u tenkých vrstev do 4 cm, u silnějších vrstev pak 1,5 až 2,5 km.h<sup>-1</sup>. Vhodný podélný sklon je do 14 %.



**Obrázek 30: Hutnění vibračním válcem (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

Poměrně novým trendem hutnění je použití oscilačních válců. Principem oscilačního hutnění je rotace dvou výstředníků, které jsou umístěny souměrně podle osy ale blíže povrchu běhounu. Oscilace má zejména frekvenční složku, amplituda je zanedbatelná. Běhoun zůstává neustále ve styku s hutněnou plochou. Pohyb se děje po polokružnici s velkým poloměrem a to pouze ve směru vpřed – vzad. Povrchové vlny se tak šíří pouze ve směru jízdy stroje – obr. 31.



**Obrázek 31: Šíření vlny při oscilačním hutnění**

Hutnicí efekt je dán kombinací hmotnosti běhounu a jeho oscilace. Takto vzniklá hutnicí energie dosahuje asi jen 10 % ve srovnání s vibračními válci, hutnicí účinek je ale koncentrován na blízké okolí běhounu – obr. 32.



**Obrázek 32: Hutnící účinek oscilace a vibrace (zdroj [www.hamm.eu](http://www.hamm.eu))**

Při oscilaci je válec velmi tichý, nedrtí zrna a prakticky nemá seismické účinky. Má i hnětací účinky, přirovnatelné k pneumatikovému válci. Lze ho proto využívat na mostech i v blízké zástavbě. Má velmi dobré vlastnosti při uzavírání povrchu a je také vhodný pro hutnění spár. Hutnění je také účinnější ve větším rozmezí teplot.

### Fáze hutnění

V případě běžně dosahované míry předhutnění směsi finišerem se proces hutnění rozděluje do tří fází. Pokud je již dosaženo vysoké míry předhutnění finišerem, lze první a druhou fázi sloučit.

#### 1. fáze

- počáteční fáze hutnění, s cílem intenzivního stlačení rozprostírané směsi při vysokých teplotách. Válce se nejčastěji pohybují ve vzdálenosti 0 až 60 m za finišerem,
- vibrační válce: dva pojezdy bez vibrace, dva s vibrací
- pneumatikové válce: hutnění s nízkým kontaktním tlakem
- statické tandemové válce: vhodné zvláště u velkých tloušťek

#### 2. fáze

- hlavní fáze hutnění, s cílem dokončení zhutňovacího procesu z hlediska požadované míry zhutnění. Válce se pohybují ve vzdálenosti 50 až 150 m za finišerem. Dle typu směsi se počet pojezdů pohybuje mezi čtyřmi až deseti pojezdy.
- vibrační válce: spíše u těžce zhutnitelných směsí

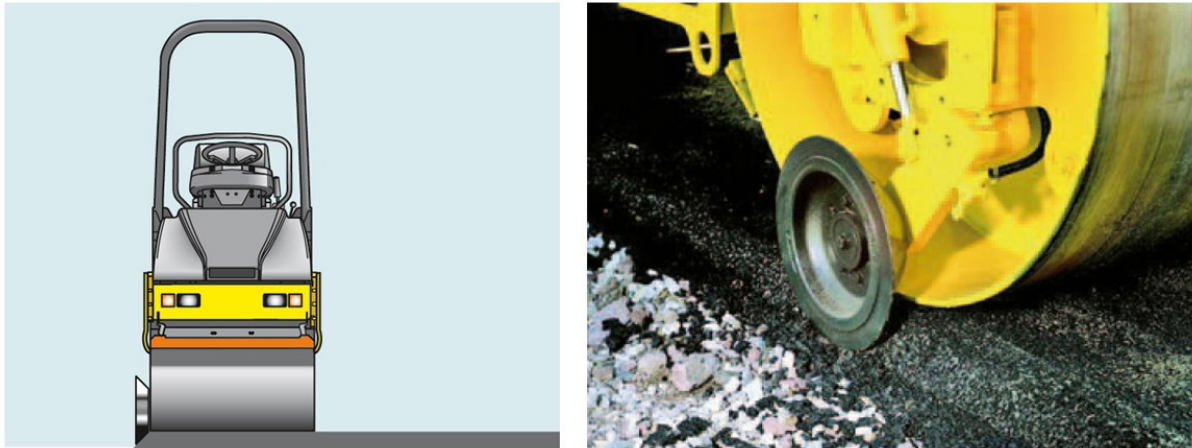
- pneumatikové válce: spíše u lehce zhutnitelných směsí
- statické: zřídka

### 3. fáze

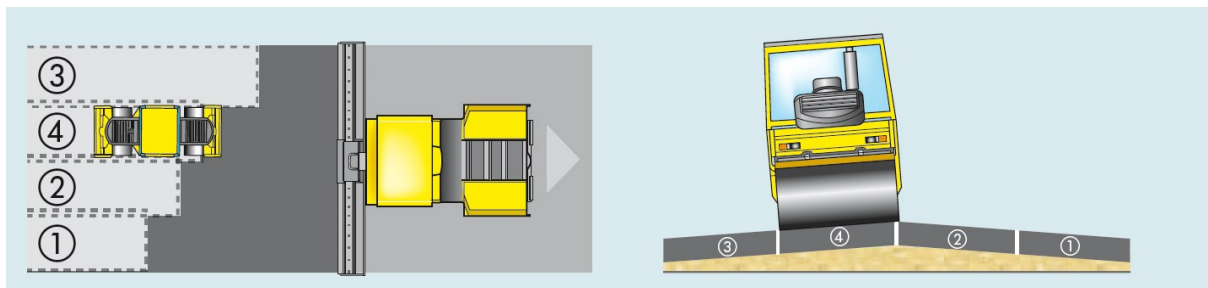
- závěrečná fáze hutnění má za cíl odstranit případné nerovnosti. Během této fáze již nedochází k dalšímu zhutňování. Teplota chladnoucí směsi se pohybuje již na spodní hranici hutnitelnosti. K závěrečné fázi hutnění se používají hladké statické válce, nejčastěji tandemové nebo tříosé.

Zásady při hutnění:

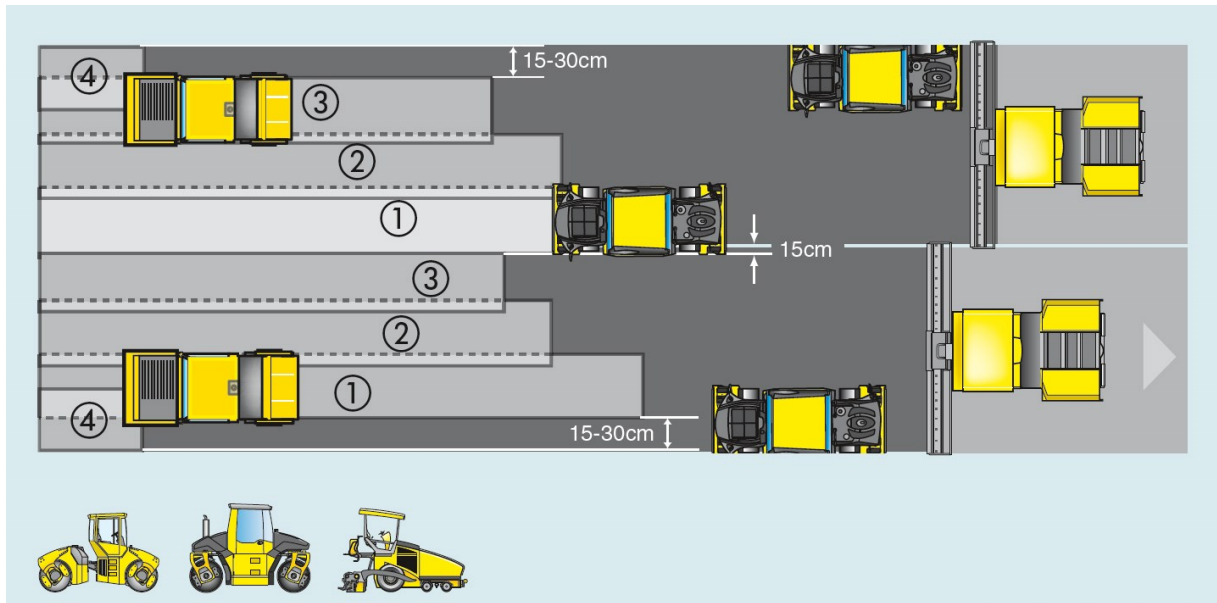
- Vždy mít dostatečný počet válců (pro případ poruchy)
- Zahájit hutnicí práce co nejdříve po pokládce finišerem
- Poháněná náprava má být vždy směrem k finišeru (nevznikají prohlubně a trhliny), pouze u velkých sklonů naopak
- Nevibrovat na místě, vibraci pouštět až za jízdy
- Kropit běhouny a pneumatiky, (pozor, při přílišném kropení může docházet k rychlému chladnutí směsí, zvláště u tenkých vrstev)
- Nezůstat nikdy stát s válcem na čerstvé vrstvě (v nouzovém případě šikmo k ose)
- Volné okraje hutnit až nakonec, používat přitlačné zařízení – viz obr 33
- Měnit stopu pojezdu pomalu, pokud možno až na zhutněné a částečně vychladlé směsi
- V příčném řezu vozovky začít hutnění pojezdem na nižším okraji komunikace – viz obr. 34
- Příčné spáry hutnit pokud možno rovnoběžně tandemovými vibračními válci; při válcování podélné spáry začít, pokud je to možné, z již hotového pruhu – viz obr. 36. V případě hutnění podélné spáry za provozu pak postupovat obráceně, začít od nejnižšího místa a vlastní spáru hutnit až naposledy s přesahem běhounu cca 15 cm - viz obr. 37



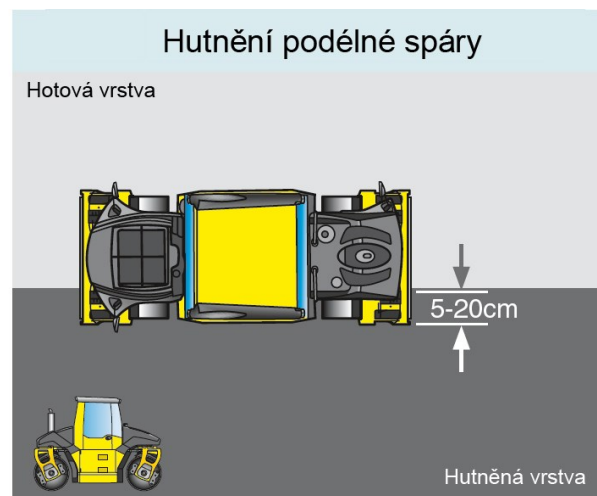
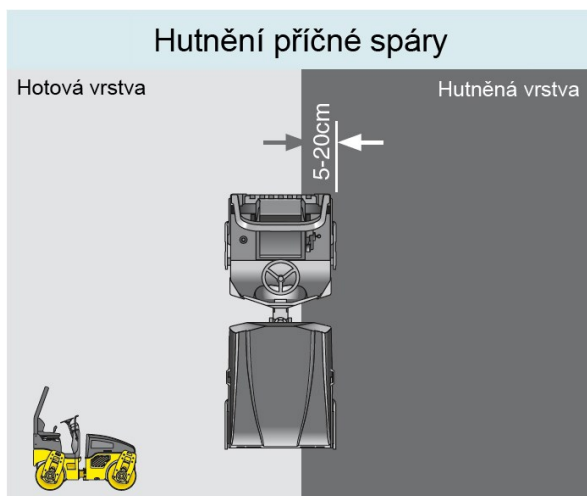
Obrázek 33: Použití speciálního přitlačného zařízení pro hutnění volných okrajů (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))



Obrázek 34: Hutnění střechovitého profilu (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))

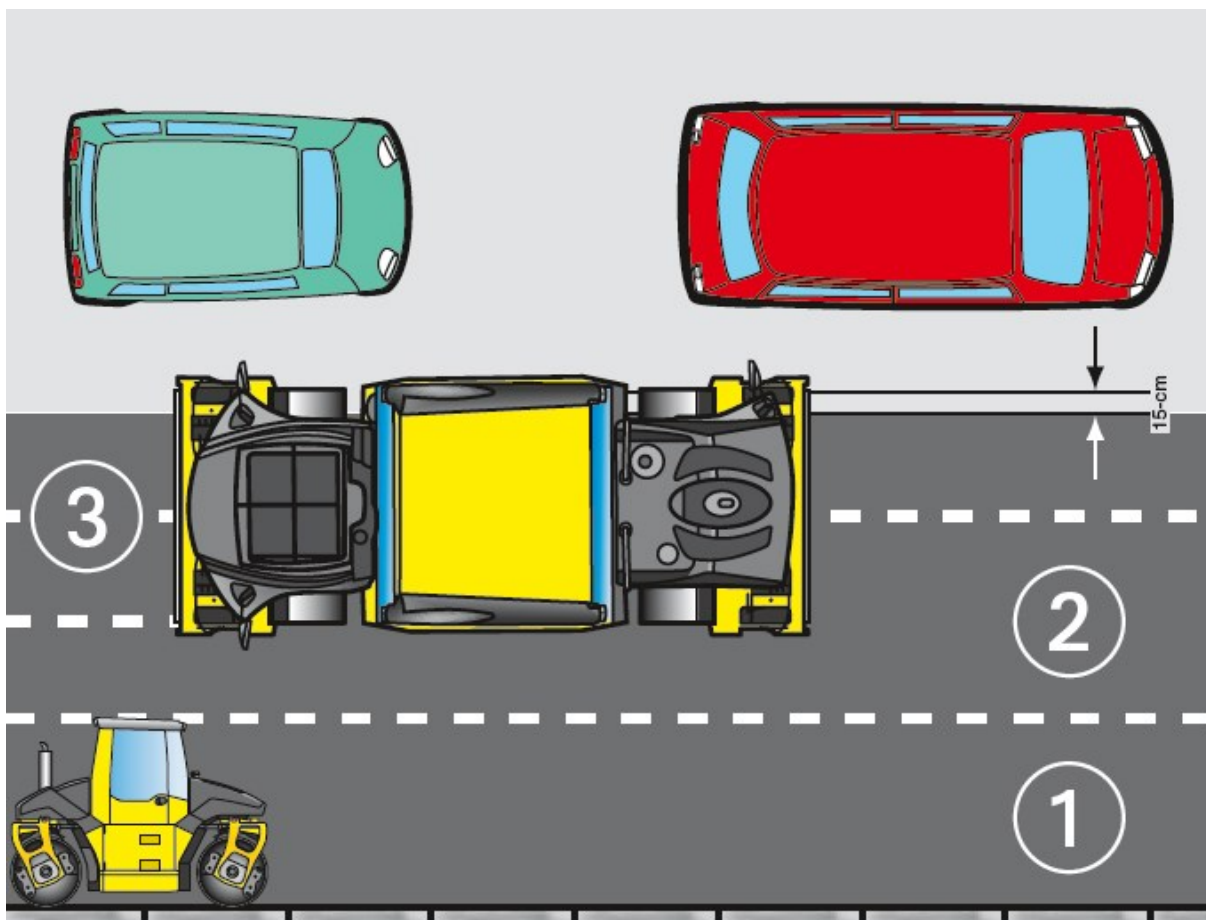


Obrázek 35: Postup hutnění při pokládce dvěma finišery (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))



Obrázek 36: Hutnění příčných a podélných spár (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))

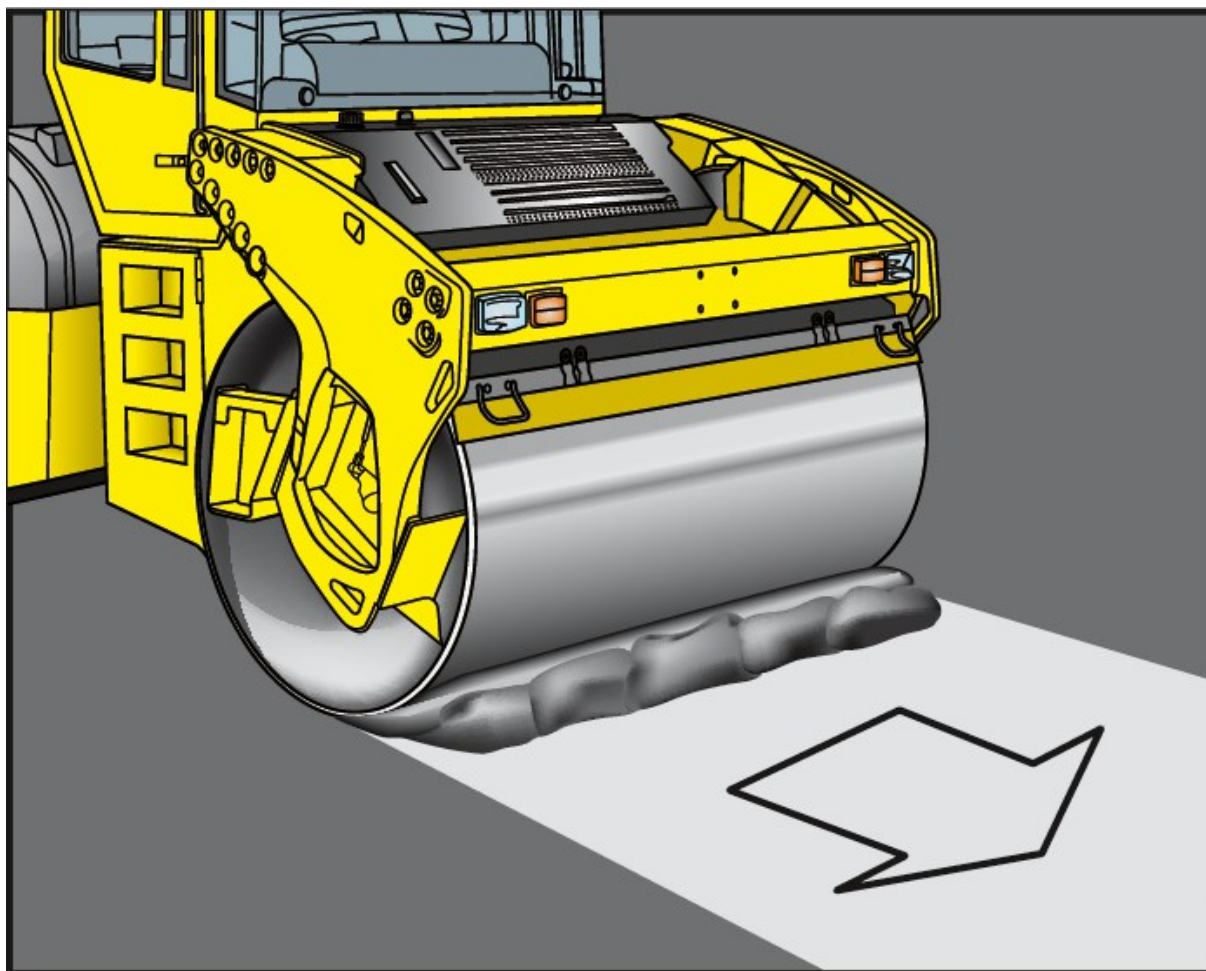




**Obrázek 37: Hutnění podélné spáry za provozu (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

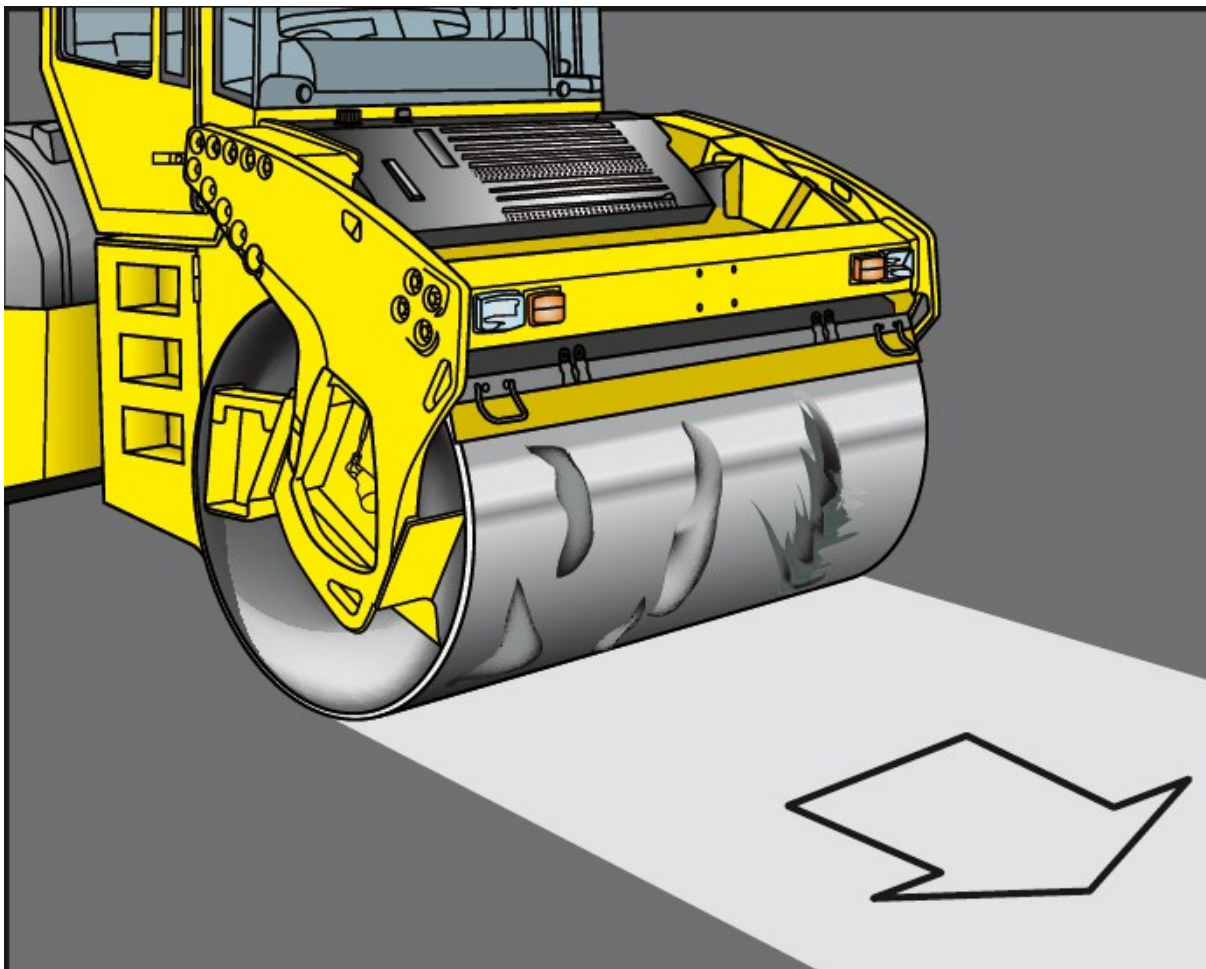
**Nejčastěji se vyskytující závady při hutnění asfaltových směsí:**

- Dochází k hnutí směsi před válcem – viz obr. 38: příčinou může být vysoká teplota směsi, nevhodný typ válce, posouvání hutněné směsi na podkladu vlivem jeho znečištění apod.



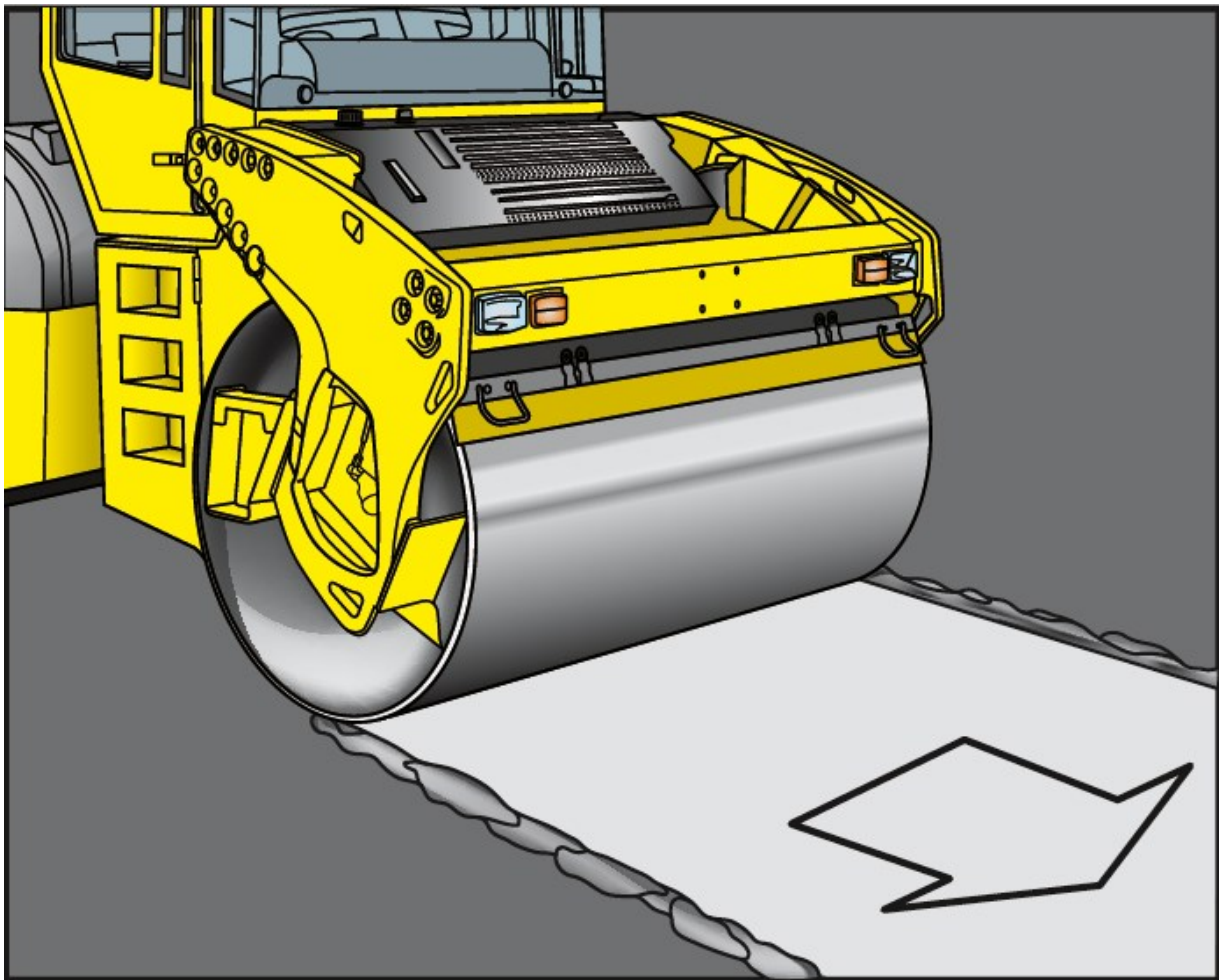
**Obrázek 38: Hrnutí směsi před válcem (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

- Nalepování směsi na běhouny a kola válců – viz obr. 39: příčiny mohou spočívat v nedostatečném zkrápění běhounů a pneumatik, v příliš vysoké teplotě směsi nebo nízké teplotě povrchu pneumatik.



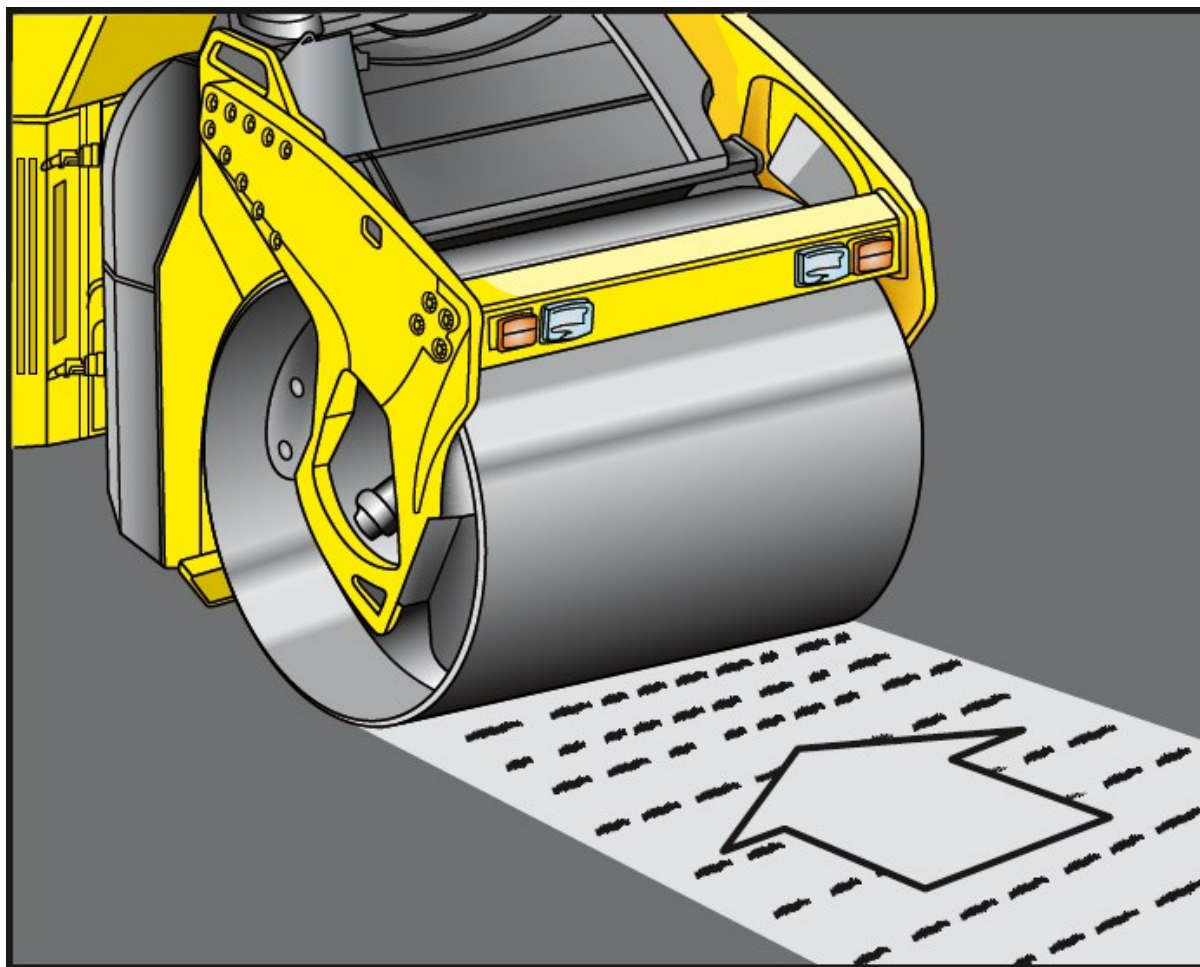
**Obrázek 39: Nalepování směsi na běhouny (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

- Zabořování běhounů do hutněné směsi – viz obr. 40, její boční vytlačování, vlny, nerovnosti: – příčinou může být příliš vysoká teplota směsi, nevhodné složení směsi, nevhodný typ použitého válce, malé předhutnění a velká tloušťka vrstvy nebo zastavování válce.



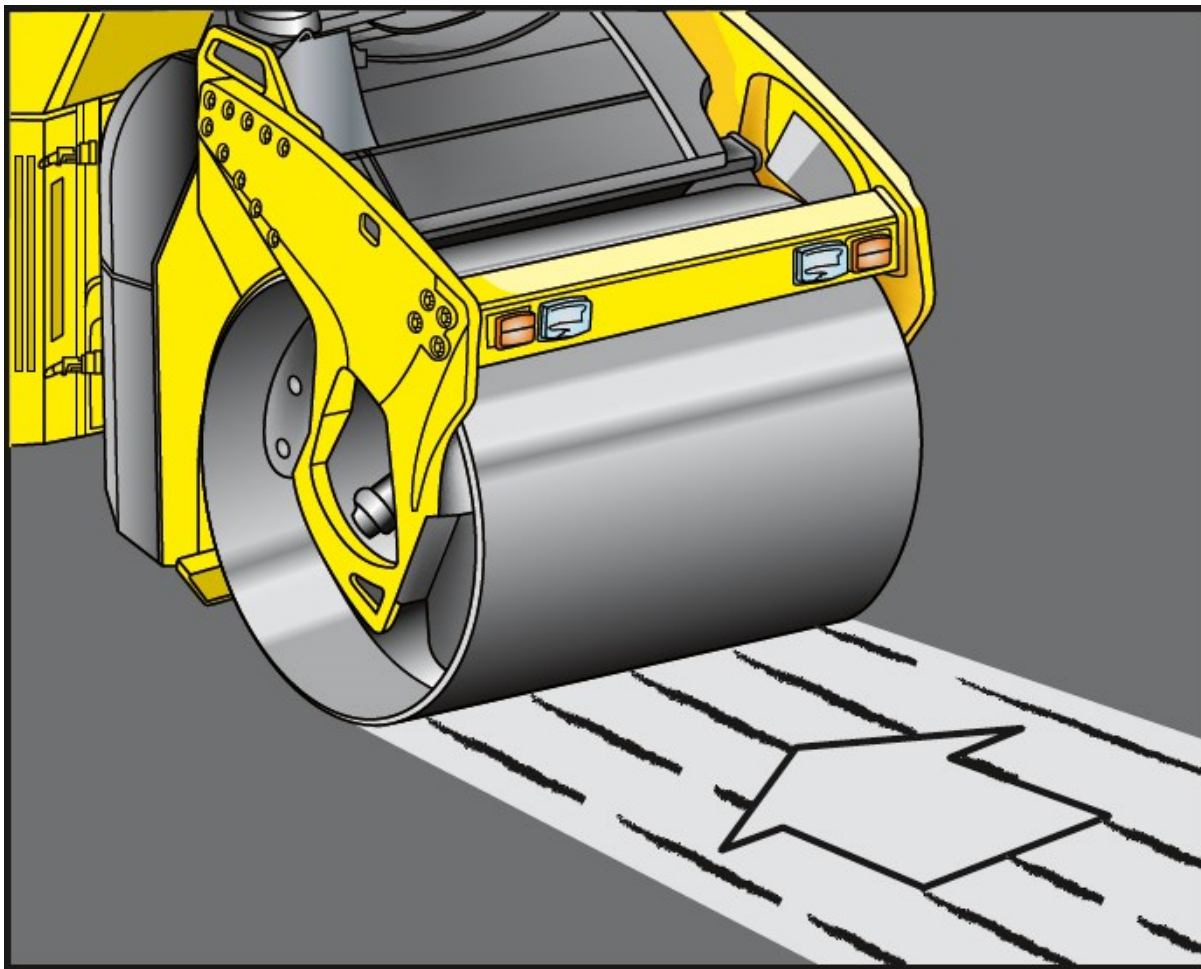
**Obrázek 40: Zabořování běhounů do směsi (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

- Příčné trhliny – viz obr. 41: příčina může být v nedostatečném předhutnění a použití příliš těžkých válců, nerovnoměrném ochlazení vrstvy, povrch je příliš chladný vlivem větru nebo deště a podobně, posouvání hutněné směsi na podkladu vlivem jeho znečištění nebo vlivem velkého sklonu komunikace, nedostatečné spojení pokládané vrstvy s podkladem, nevhodné složení směsi (vysoký obsah fileru) apod.



**Obrázek 41: Obr. 41 – Vznik příčných trhlin (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))**

- Podélné trhliny – viz obr. 42, příčinou může být nevhodný podklad, použití těžkých zhutňovacích prostředků a podhuštění pneumatik. Mohou vznikat vlivem prudkého otáčení a změny směru jízdy válce, zastavováním vibrujícího válce a podobně.



Obrázek 42: Vznik podélných trhlin (zdroj [www.bomag.com](http://www.bomag.com))

## 7.6 Postřikové technologie, nátěry a emulzní kalové vrstvy

Postřiky, nátěry a emulzní kalové vrstvy představují technologie souvislé údržby, které nejčastěji slouží k obnově nebo zlepšení původních vlastností obrusné vrstvy vozovky.

### 7.6.1 Postřiky

Postřiky jsou tenké vrstvy asfaltového pojiva, naneseného na povrch obrusné či jiné konstrukční vrstvy pomocí rozstřikovače pojiva – distributoru - viz obr. 43. Provádějí se podle ČSN 73 6129 a TKP 26. Používají se při výstavbě a opravách k dosažení požadovaného spojení jednotlivých konstrukčních vrstev. Dále pak při údržbě pozemních komunikací k prodloužení životnosti a pro dosažení krátkodobé bezprašnosti krytu.



**Obrázek 43: Distributor při stříkání membrány**

**Základní rozdělení postřiků dle funkce použití je:**

- Infiltrační postřik – **PI** – pomocná úprava pro zlepšení vlastností konstrukční vrstvy před zhotovením další vrstvy, nebo jako samostatná úprava pro prodloužení životnosti, nebo pro dosažení krátkodobé bezprašnosti krytu pozemní komunikace. Infiltrační postřik slouží k proniknutí pojiva do otevřené struktury konstrukční vrstvy.
- Spojovací postřik – **PS** – slouží k dosažení spojení (přilepení) asfaltových konstrukčních vrstev.
- Regenerační postřik – **PR** – úprava určená pro zamezení vzniku a šíření plošných poruch z důvodů stárnutí pojiva nebo nedostatku maltové složky v obrusné vrstvě vlivem provozu nebo klimatických podmínek.
- Asfaltová membrána pro zamezení přenosu (pohlčení) vodorovných napětí – **SAMI** – pružná mezivrstva proti přenášení vodorovných napětí do krytových vrstev, která je prováděna z důvodu omezení kopírování trhlin do krytových vrstev a pronikání povrchové vody do ložní a podkladních vrstev konstrukce vozovky. Provádí se podle TP 147.

Pro postřiky se používají silniční asfalty, modifikované asfalty, asfaltové emulze anionaktivní a kationaktivní, ředěné a fluxované asfalty s přísadami. Druh pojiv odpovídá použití a je specifikován v ČSN 73 6129. V případě pružné membrány (SAMI) se nejčastěji používají speciální polymerem vysoce modifikovaná pojiva, která splňují požadavky uvedené v TP 147.

Použití pojiv s obsahem dehtu je zakázáno!

## 7.6.2 Nátěrové technologie

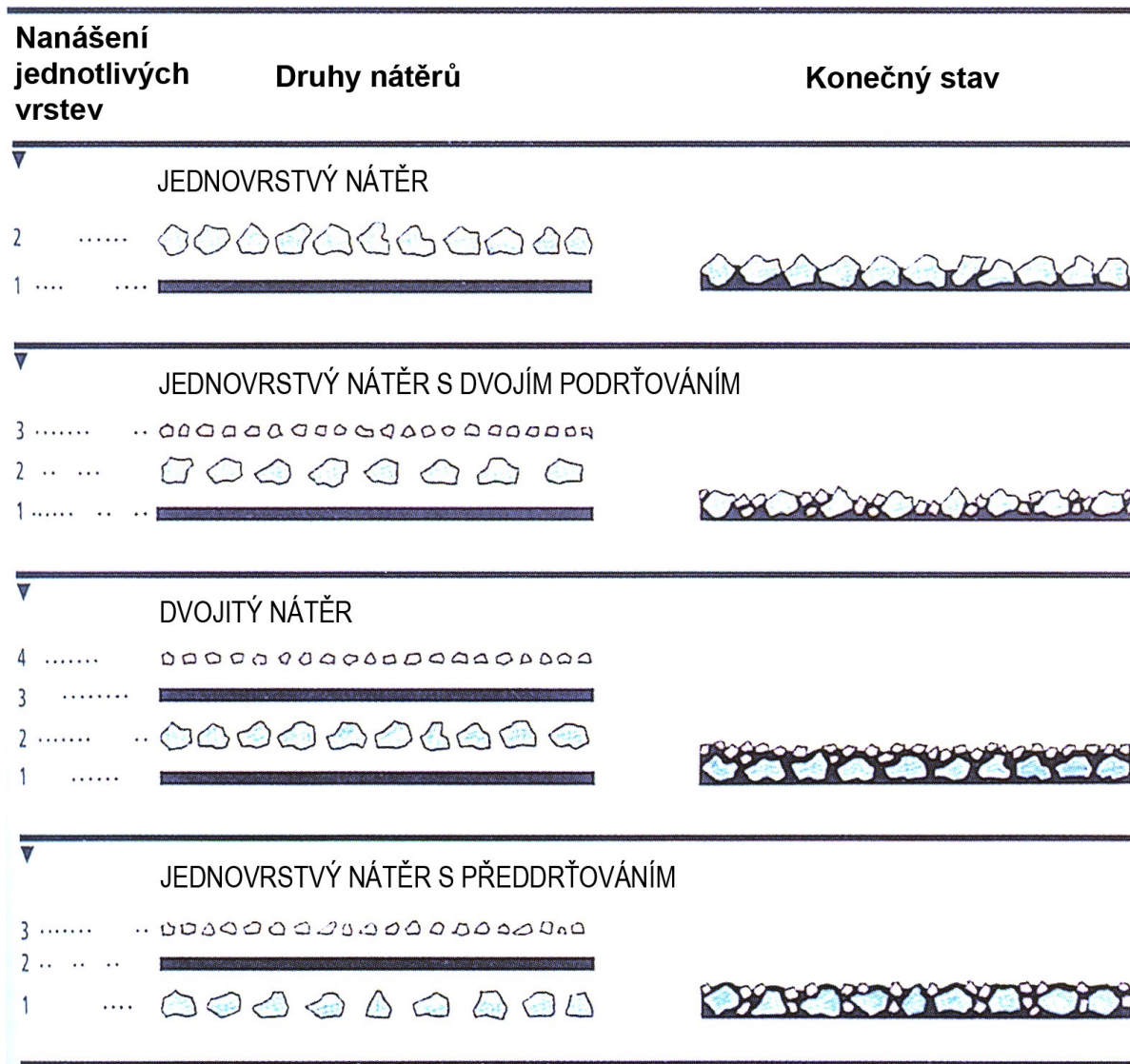
Nátěr je povrchová úprava vytvořená z vrstvy pojiva nanesené na povrch vozovky pomocí rozstřikovače pojiva a z vrstvy kameniva nanesené na pojivo pomocí podrtovače. Nátěry jsou specifikovány v ČSN EN 12271. Doplnující ustanovení pro provádění a zkoušení jsou uvedeny v části B normy ČSN 73 6129 a TKP 26.

Vrstvy se s výjimkou uzavření vrstev, jako jsou cementem stmelené vrstvy, případně prolévané vrstvy PM, ŠCM a KAPS, pro vozovky s nízkým dopravním významem (návrhová úroveň porušení D2) používají jako technologie údržby.

Rozdělení druhů nátěrů – obr. 44:

- Jednovrstvý nátěr – (JV) postupné nanesení jedné vrstvy pojiva a jedné vrstvy kameniva.
- Jednovrstvý nátěr s dvojitým podrtováním – (JVD) postupné nanesení jedné vrstvy pojiva a dvou vrstev kameniva, přičemž druhá vrstva kameniva obsahuje jemnější frakci.
- Dvojevrstvý nátěr – (DV) postupné nanesení vrstvy pojiva a vrstvy kameniva následované druhou vrstvou pojiva a druhou vrstvou kameniva jemnější frakce. Jestliže tento nátěr není prováděn v jednom časovém sledu (tj. postupně), je považován za dva jednovrstvé nátěry
- Dvojevrstvý nátěr s obráceným podrtováním – (DVI) postupné nanesení první vrstvy pojiva a první vrstvy kameniva jemnější frakce, následované druhou vrstvou pojiva a druhou vrstvou kameniva hrubší frakce. Jestliže tento nátěr není prováděn v jednom časovém sledu (tj. postupně), je považován za dva jednovrstvé nátěry.
- Jednovrstvý nátěr s předrtováním - (JVP) položení hrubší frakce kameniva (předrtování) následované nátěrem jako částí procesu. Sendvičový nátěr je termín používaný v případě použití předrtování, na které je položen jednovrstvý nátěr.





**Obrázek 44: Druhy jednotlivých nátěrů (zdroj Bitumen emulsions)**

Nátěry jsou vhodné pro opravy, údržbu a prodloužení životnosti obrusných vrstev, kde je problém s korozí povrchu, jemnými nepravidelnými trhlinami a s nedostatečnými protismykovými vlastnostmi. Nátěr se může použít i na ochranu podkladu vozovky před položením dalších konstrukčních vrstev nebo odstranění prašnosti krytu vozovky, přičemž se nevyžaduje splnění požadavků rovinnosti. Nátěry však v žádném případě nezvyšují únosnost vozovky!

Jako pojiva se používají asfaltové emulze, fluxovaný asfalt, ředěný asfalt nebo silniční asfalt, který může být modifikován. Použití pojiv s obsahem dehtu je zakázáno!

Kamenivo pro nátěry musí splňovat požadavky ČSN EN 12271 a ČSN 73 6129. Mělo by být stejnoměrné kvality, tříděné a obsahující zdravá, pevná a trvanlivá zrna a mít dobrou přilnavost k pojivu. Pro zajištění dobrých protismykových vlastností by kamenivo mělo mít minimální hodnotu ohladitelnosti - PSV 53.

Před provedením nátěru je nutné zejména zajistit čistý, pevný, únosný a rovný podklad. V dostatečném časovém předstihu musí být opraveny případné drobné výtluky, trhliny a otevřené spáry. Větší nerovnosti musí být opraveny frézováním nebo vyrovnávací vrstvou. Vhodným způsobem by mělo být také odstraněno vodorovné dopravní značení.

Nátěry s dvojitým podrt'ováním je nutné provádět dvěma podrt'ovači pro každou frakci. Vzdálenost mezi distributorem a podrt'ovačem by neměla být větší než 50 m. V případě předepsaného hutnění se kamenivo neprodleně zaválcuje třemi až pěti pojezdy nejlépe pneumatikového válce – viz obr. 46. Nepřichycená zrna kameniva (tzv. technologický úlet) jsou odstraněna zametením nebo odsáním zpravidla po jednom až třech dnech, kdy již došlo k úplné konsolidaci úpravy (závisí na klimatických podmínkách). Nejnižší povolená teplota, při které je povoleno provádět nátěr je +10 °C.



**Obrázek 45: Detail při provádění podrt'ování jednovrstvého nátěru**



**Obrázek 46: Jednovrstvý nátěr - zaválcování kameniva pomocí pneumatikového válce**

### 7.6.3 Penetrační makadam

Penetrační makadamy – PM - se v minulosti používaly zejména jako krytová vrstva netuhých vozovek, zejména při úpravách prašných cest. Vrstvy byly vhodné pro tehdejší nízké dopravní zatížení silnic. Jednalo se o rychlou a na technologické mechanismy nenáročnou technologii. Po zavedení asfaltových směsí se technologie používala na zpevnění podkladu před položením asfaltových směsí.

Princip technologie spočívá v rozprostření kameniva frakce 32/63 (PMH), nebo 16/32 (PMJ), zarovnané a ztuhlé statickým válcem. Poté se povrch pomocí distributoru prolíje asfaltem a podrťuje kamenivem menších frakcí (4/8, 8/16 atd.) a důkladně zaválcuje. V dnešní době penetrační makadam jako netrvanlivá a na množství asfaltu vysoce náročná vrstva ztratila význam.

Asfalty používané pro PM jsou silniční asfalty, asfaltové emulze případně ředěné asfalty.

Požadavky na PM jsou specifikovány normou ČSN 736127-2.

### 7.6.4 Emulzní kalové vrstvy

Emulzní kalová vrstva je směs kameniva, vápna nebo cementu, asfaltové emulze, vody a přísad. Na povrch vrstvy vozovky se pokládá za studena. Po vyštěpení asfaltové emulze a konsolidaci vrstvy je možno vrstvu ihned užívat silničním provozem. Kalová vrstva se

pokládá v jedné nebo více vrstvách. Emulzní kalové vrstvy jsou souhrnně specifikovány v ČSN EN 12273 a dále detailněji v ČSN 73 6130.

## **Základní rozdělení emulzních kalových vrstev:**

- Emulzní kalový zákryt – **EKZ** – tenká kalová vrstva, která je provedena při použití nemodifikované asfaltové kationaktivní emulze a kameniva s maximální velikostí zrna  $D \leq 4$  (5) mm; tloušťka provedené úpravy zpravidla nepřesahuje maximální velikost zrna o více než 25 %. Vrstva se provádí podle TKP 27.
- Emulzní mikrokoberce – **EMK** - kalová vrstva, která je provedena při použití modifikované asfaltové kationaktivní emulze a minimálně dvou frakcí kameniva (maximální velikost zrna zpravidla  $D \leq 11$  mm); tloušťka provedené úpravy zpravidla nepřesahuje maximální velikost zrna o více než 50 %. Vrstva se provádí podle TKP 28.

Kamenivo pro kalové vrstvy musí splňovat požadavky ČSN 73 6130. Mělo by být stejnoměrné kvality, tříděné a obsahující zdravá, pevná a trvanlivá zrna a mít dobrou přilnavost k pojivu. Pro zajištění dobrých protismykových vlastností by mělo mít minimální hodnotu ohladitelnosti - PSV 53.

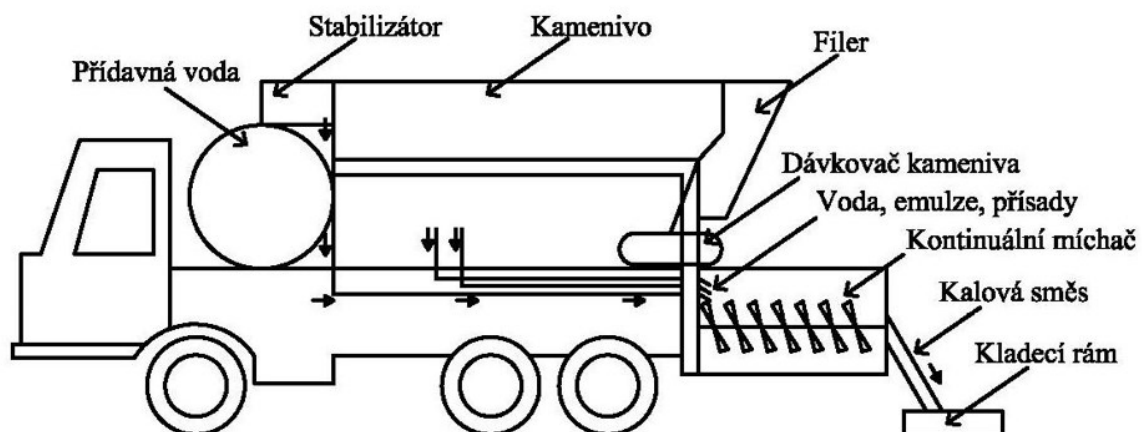
## **Použití emulzních kalových vrstev**

Kalové úpravy jsou vhodné pro opravy, údržbu a prodloužení životnosti stávající vozovky, kdy na povrchu vytváří tenkou souvislou vrstvu v tloušťce 4 až 20 mm (odvíjí se od použité směsi, potažmo použitého maximálního zrna kameniva). Hodí se zejména při opravách krytů vozovek, které jsou postižené korozí povrchu, jemnými nepravidelnými trhlinami, sníženými protismykovými vlastnostmi případně vysokou hlučností. Lze je využít pro uzavření povrchu nové úpravy a při lokálních opravách k dosažení optického jednotného povrchu. Mikrokoberce lze použít také jako ochrannou vrstvu pro SAMI membrány podle TP 147 nebo pro vyplnění podélných kolejí. Životnost takovéto opravy je však závislá na příčinách vzniku deformace. V žádném případě však nezvyšují únosnost vozovky.

EKZ lze provádět na všech typech asfaltových vrstev s výjimkou drenážního koberce PA, na cementobetonových krytech a na dlažbách. Při dodržení všech technologických postupů lze EKZ s maximálním zrnem 4 mm provádět na vozovkách s třídou dopravního zatížení (TDZ) V až VI a EKZ s maximálním zrnem 5 mm na vozovkách s třídou dopravního zatížení III až IV.

Mikrokoberce lze provádět na všech typech vrstev jako EKZ na vozovkách s TDZ S, I až VI a na úsecích se zvýšeným namáháním (oblasti křižovatek, odbočovacích a připojovacích pruhů). Pro vozovky s nižším dopravním zatížením je použití doporučené v závislosti na klimatických podmínkách.

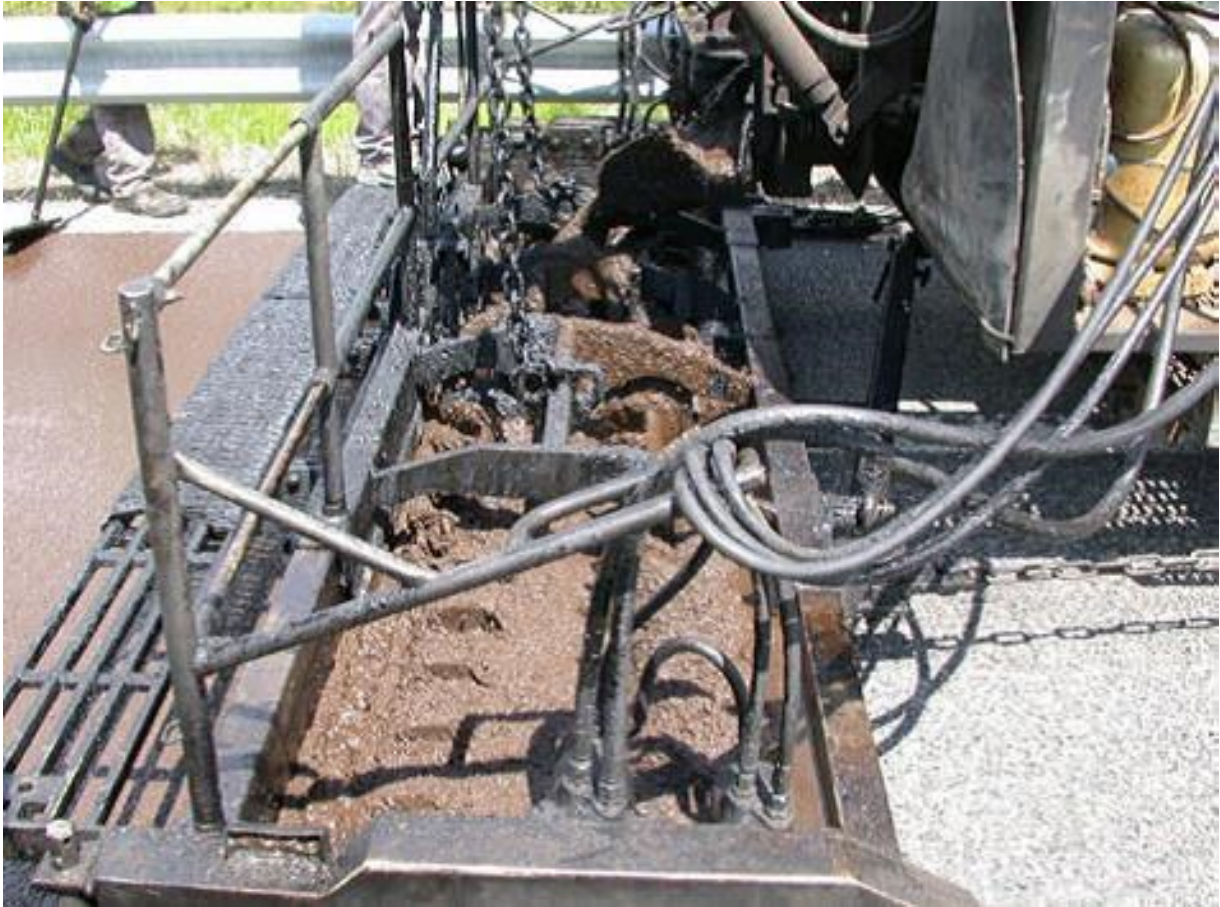
Pokládka kalových vrstev se provádí strojně, pouze v místech obtížného vyrovnání příčného profilu je možná ruční pokládka. Používá se speciálních pokladačů se zásobníky pro kamenivo, vápno nebo cement, asfaltovou emulzi, vodu a přísady – viz obr. 47 a 48. Zařízení zabezpečuje správné dávkování jednotlivých složek směsi a jejich dokonalé promíslení. Vlastní rozprostírání směsi je prováděno šířkově nastavitelným rámem obdélníkového tvaru, který je vybaven šnekovým hřídelem pro zajištění přísunu směsi. Rám má nastavitelnou šterbinu a je vybaven gumovou nebo ocelovou stěrkou pro urovnání směsi - viz obr. 49.



Obrázek 47: Schéma pokladače



Obrázek 48: Pokladač typu Brenning



**Obrázek 49: Detail kladecího rámu**

Před provedením kalové vrstvy je nutné zejména zajistit čistý, pevný, únosný a rovný podklad. V dostatečném časovém předstihu musí být opraveny případné drobné výtluky, trhliny a otevřené spáry. Příčné a podélné trhliny musí být ošetřeny dle TP 115. Povrch podkladu nesmí v případě EKZ vykazovat nerovnosti v podélném směru větší než 8 mm (měřeno latí délky 4 m), a v příčném směru větší než 8 mm (měřeno latí délky 2 m). U mikrokoberců pak u vozovek s třídou dopravního zatížení S, I - III větší než 8 mm, resp. u vozovek s třídou dopravního zatížení IV – VI větší než 10 mm (měřeno latí délky 4 m). Větší nerovnosti musí být opraveny frézováním nebo vyrovnávací vrstvou. Vhodným způsobem by mělo být také odstraněné vodorovné dopravní značení.

Při aplikaci kalové vrstvy na betonový, kamenný, dlažební, odfrézovaný podklad a podle stavu podkladu, se zhotoví spojovací postřik z asfaltové kationaktivní emulze pro spojovací postřiky v množství  $0,20 \text{ kg.m}^{-2}$  –  $0,30 \text{ kg.m}^{-2}$  zbytkového pojiva.

Pokládka mikrokoberce se zpravidla provádí za omezeného silničního provozu. Asfaltová emulze se začíná štěpit během několika minut po kontaktu s kamenivem a je doprovázena změnou barvy – viz obr. 50. Rychlost štěpení a konsolidace je do značné míry závislá na klimatických podmínkách a složení asfaltové emulze. Úpravu lze do provozu uvolnit nejdříve:

- Emulzní kalový zákryt – po jedné hodině od zhotovení, maximální doba obnovy dopravy činí hodiny.

- Emulzní mikrokoberec – po dvaceti minutách, maximální doba obnovy činí jednu hodinu.



**Obrázek 50: Vlevo probíhá pokládka čerstvého mikrokoberce (hnědá barva), vpravo již vyštěpená zkonsolidovaná vrstva**

Emulzní kalové vrstvy je přípustné provádět při teplotě ovzduší min. +10 °C, přičemž tendence vývoje venkovní teploty musí být v průběhu předchozích 24 hodin stabilní nebo stoupající, teplota podkladu pak musí být minimálně +5 °C. Hrozí-li nebezpečí mrazu do 24 hodin po provedení pokládky, je nutno práce zastavit. Emulzní kalové vrstvy lze provádět na vlhký podklad, případně s použitím vlhkého kameniva. Nelze je však provádět za deště pokud je na podkladu souvislý vodní film. Optimální teplota pokládky je 15 až 25 °C.

### **Zásady při pokládce**

- Udržovat čistý kontinuální míchač, v případě nahromadění nebo zatvrdnutí předčasně vyštěpené směsi v míchači může dojít k porušení souvislosti vrstvy nebo ke vzniku podélných vlnek.
- Dohlížet na boční unikání směsi z kladecího rámu.
- Rychlost pokladače by měla být konstantní. Zvýšení rychlosti může způsobit vibrace nebo poskakování kladecího rámu a tím může dojít ke zvlnění nebo k nerovnoměrnému rozprostření směsi.

- Při pokládce více vrstev je nutné vzájemně posunout pracovní spáry (podélné a příčné) nejméně o 0,5 m.
- Při pokládce dvou a více pruhové komunikace je možné provést připojení sousedního pruhu až po jeho konsolidaci. Překrytí pruhů by mělo být co nejmenší.
- Při pokládce dvouvrstvého mikrokoberce je nutné první vrstvu uhutnit (vytlačit přebytečnou vodu). Uhutnění se provádí pomocí 4 - 6 pojezdů pneumatikového válce po konsolidaci směsi. Rychlost válce by se měla pohybovat mezi 6 - 10 km.h<sup>-1</sup>.
- Při pokládce na povrch s nedostatkem pojiva je nutné provést před pokládkou infiltrační a zároveň spojovací postřík. Při pokládce na cementobetonovou nebo dlážděnou vozovku je nutné provést spojovací postřík. Provedení spojovacího postříku se doporučuje i u komunikací s velkým dopravním zatížením, protože se docílí lepšího spojení mikrokoberce s podkladem.

Předpokládaná doba životnosti je závislá na optimální volbě pojiva, kameniva, množství a přesnosti jejich dávkování, zejména ve vztahu ke třídě dopravního zatížení a ke klimatickým podmínkám stavby. Pro EKZ se počítá s životností 2 až 5 let. U EKM s životností 5 až 9 let. Dosavadní zkušenosti však ukazují, že i při použití na dálnicích a to i na cementobetonovém krytu mohou mít EKM dobu životnosti i vyšší než 10 let.

### 7.7 Počáteční, kontrolní a přijímací zkoušky

Všechny výrobky, stavební materiály a směsi, které jsou použity ke stavbě (kamenivo, asfalty, asfaltové směsi atd.) musí splňovat požadovaná kritéria pro daný typ materiálu a směsi. Aby byla zaručena potřebná kvalita díla, je třeba zajist kvalitní návrh směsi z vhodných materiálů, nejlépe nacházejících se v místě výroby. Během výroby na obalovně provádět pravidelnou kontrolu vstupních materiálů a kvality vyráběných směsí. Na hotových vrstvách pak prokázat splnění požadavků pro daný typ směsi a vrtvy vozovky.

#### 7.7.1 Počáteční zkouška typu - ITT (Initial Type Test)

Návrh složení asfaltové směsi vychází z požadavků příslušných technických norem (pro asfaltový beton je to například ČSN EN 13108-1), které předepisují druh a kvalitu použitých stavebních materiálů, požadavky na složení asfaltové směsi a její fyzikální a fyzikálně-mechanické vlastnosti.

Vlastní návrh počáteční zkoušky typu může vycházet buď z laboratorních zkoušek, nebo ověřením z výroby, případně jejich kombinací.

Při laboratorním návrhu se z jednotlivých frakcí kameniva sestavuje požadovaná čára zrnitosti pro daný typ směsi a zjišťuje se optimální obsah pojiva. To probíhá tak, že se vyrobí několik sad (nejčastěji tři) Marshallových těles, kde je dávka pojiva odstupňována v rozmezí 0,3 až 0,5 %. Na takto zhotovených tělesech se stanovuje objemová hmotnost ztuhlé směsi a maximální objemová hmotnost a vypočte se mezerovitost pro daný obsah pojiva. Z výsledků mezerovitosti a s přihlédnutím k dalším parametrům, jako je například stupeň vyplnění mezer, stabilita a přetvoření, případně i z výsledků jiných zkoušek, se vybírá optimální obsah pojiva. Často se v průběhu navrhování směsi musí měnit čára zrnitosti pro úpravu mezerovitosti asfaltové směsi a mezerovitosti směsi kameniva, aby bylo možno dosáhnout potřebných



parametrů. U směsi SMA se také hledá vhodný poměr mezi drobným a hrubým kamenivem. Podrobně se laboratorním návrhem zabývá norma ČSN 73 6160.

Při ověření ve výrobě se již z dříve osvědčených směsí odebere vzorek na obalovně, který je následně podroben stejným zkouškám jako při laboratorním návrhu (odpadá však nutnost vlastního návrhu).

Pokud navržená (odebraná) směs splňuje všechny parametry, vystaví se na dané složení písemnou formou tzv. počáteční zkouška typu. Pokud nedojde ke změně vstupních materiálů a jejich kvality, je platnost takto vydané zkoušky typu 5 let.

Návrh směsi je tak vlastně předložením výrobního předpisu (receptury) s použitím hodnot kontrolních zkoušek směsi při výrobě či pokládce v minulém období.

## 7.7.2 Kontrolní zkoušky během výroby

Kontrolní zkoušky během výroby na obalovně mají zajistit kvalitu směsi splňující všechny parametry dané zkouškou typu. Zkouší se nejen mechanicko-fyzikální vlastnosti vyráběné směsi, ale i vstupní materiály.

Během výroby se zaznamenává teplota asfaltové směsi a dle množství vyrobených tun se odebírají kontrolní vzorky. Ty se posílají do laboratoře (u velkých obaloven jsou laboratoře přímo v areálu obaloven), kde se provádí rozbor vyrobené asfaltové směsi a kontroluje se shoda s počáteční zkouškou typu. Stanovuje se obsah pojiva, zrnitost, objemová hmotnost zhutněné a nezhutněné směsi, mezerovitost směsi, v některých případech odolnost proti vzniku trvalých deformací, které musí být v tolerancích povolených pro daný typ směsi. V případě zjištění neshody laboratoř ve spolupráci s vedoucím obalovny provádí nápravné opatření. Například upravuje dávkování z jednotlivých horkých zásobníků, mění množství pojiva atd. V případě opakující se nebo dlouhotrvající neshody může dojít k zastavení výroby a provedení důkladné kontroly výrobního zařízení (kontrola vah, síť horkého třídění, atd.). Podrobnosti jsou popsány v ČSN EN 13108-20 (FPC).

Četnost základních kontrolních zkoušek (zrnitost a obsah pojiva) závisí na provozní úrovni shody obalovny, jež má tři stupně. Na nejnižším stupni C musí obalovna provádět kontrolu směsi na každých 250 tun jemnozrné a 500 tun hrubozrné směsi. V úrovni B se zkouší každých 500/1000 tun jemnozrné/hrubozrné směsi, a při dosažení úrovně A se zkouška provádí na 1000/2000 tun jemnozrné/hrubozrné směsi. Pokud je obalovna po dlouhé odstávce, nebo má velký počet neshodných vzorků, spadá do kategorie C. Při ustálení výroby se pak přesouvá do kategorií B a A a četnost zkoušek se snižuje.

Podrobně stanovené četnosti jednotlivých zkoušek pro hutněné asfaltové směsi jsou uvedeny v ČSN 73 6121, případně rozšířeny v technických kvalitativních podmínkách ministerstva dopravy - TKP 7. Pro lité asfalt pak v ČSN 73 6122 a rozšířeny v TKP 8. Jako příklad je uvedena tabulka požadovaných zkoušek a četnostní kontroly vstupních materiálů pro hutněné asfaltové směsi - viz obr. 51.

Materiál	Zkouška	Zkušební norma	Četnost zkoušek
Kamenivo	Zrnitost, obsah jemných částic	ČSN EN 933-1	na 5 000 t z každé frakce
	Kvalita jemných částic <sup>1)</sup> MB <sub>F</sub>	ČSN EN 933-9	1krát na 5 000 t
	Tvarový index SI	ČSN EN 933-4	na 5 000 t z každé frakce
Přídavný filer	Zrnitost	ČSN EN 933-1	1krát na 500 t
Asfalt	Penetrace	ČSN EN 1426	1krát na 300 t
	Bod měknutí	ČSN EN 1427	1krát na 300 t
	Vratná duktilita <sup>2)</sup>	ČSN EN 13398	1krát na 600 t
R-materiál	Zrnitost	ČSN EN 933-1	1krát na 2 000 t (1 000 t) <sup>3)</sup> spotřeby R-materiálu
	Obsah asfaltu	ČSN EN 12697-1	1krát na 2 000 t (1 000 t) <sup>3)</sup> spotřeby R-materiálu
	Penetrace nebo bod měknutí asfaltu	ČSN EN 1426 ČSN EN 1427	Podle tabulky D.7 přílohy D této normy
<sup>1)</sup> Provádí se u DDK, SDK s obsahem jemných částic > 3 %. <sup>2)</sup> Pro asfalty modifikované elastomery. <sup>3)</sup> Četnost na 2 000 t platí při dávkování R-materiálu ≤ 10 % pro obrusné vrstvy a ≤ 20 % pro ložní a podkladní vrstvy; při dávkování vyšším platí četnost na 1 000 t.			

Obrázek 51: Příklad požadovaných kontrolních zkoušek stavebních materiálů - ČSN 73 6121

### 7.7.3 Zkoušky hotové vrstvy

Zkoušky hotové vrstvy prokazují, že použité materiály a zabudované směsi jsou ve shodě s ITT a splňují požadavky a parametry kladené na danou vrstvu. K prokazování shody vrstvy slouží zkoušky prováděné na vzorcích hotové vrstvy odebraných buď jako vývrty nebo výseky podle ČSN EN 12697-27 a měřeními prováděnými na hotové vrstvě.

Zkoušky hotových vrstev můžeme také rozdělit na mechanicko-fyzikální (technické) a na zkoušení geometrických vlastností.

#### K mechanicko-fyzikálním zkouškám patří:

- Míra zhutnění vrstvy, jenž se může stanovit nedestruktivně pomocí radiometrických souprav (Troxler) nebo na vývrtech odebraných z konstrukce vozovky tzv. jádrovou vrtačkou
- Mezerovitost vrstvy stanovená pomocí nedestruktivních zkoušek (Troxler) nebo na vývrtech
- Spojení vrstev na vývrtech

#### Mezi geometrické vlastnosti patří:

- Nerovnost podélná měřená pomocí čtyřmetrové laťe a klínku nebo pojízdným zařízením – tzv. planografem
- Nerovnost příčná měřená pomocí dvoumetrové laťe a klínku

- Tloušťka vrstev stanovená na vývrtech, nebo měřená geodeticky
- Dovolené odchylky od projektových výšek (geodetické měření)
- Příčný sklon

Pro prokázání shody je také nutné během výstavby odebírat přímo na stavbě u finišeru vzorky jednotlivých směsí a provádět na nich požadované zkoušky. Nejčastěji stanovovanými parametry jsou opět zrnitost směsi, obsah asfaltu, objemové hmotnosti (zhuštěné směsi a maximální) a mezerovitost. Četnost zkoušek se řídí požadavky ČSN 73 6121.

Jednotlivé požadavky na vstupní materiály, asfaltové směsi a hotové vrstvy a četnosti zkoušek jsou uvedené v ČSN 73 6121 a TKP 7, případně mohou být upřesněny v ZTKP objednatele. Obdobně pro litý asfalt jsou požadavky uvedeny v ČSN 73 6122 a TKP 8.



## TEST 7

### 1) Asfaltový beton je směs

- a) obsahující až 5 % portlandského cementu CEM I 42,5 R
- b) s mezerovitostí menší než 2 %
- c) použitelná pro všechny vrstvy asfaltové konstrukce

### 2) Směs SMA (asfaltový koberec mastixový) má

- a) spojitou křivku zrnitosti
- b) přetrženou křivku zrnitosti
- c) netříděnou křivku zrnitosti

### 3) Litý asfalt je tvořen:

- a) Jednofázovým systémem (asfaltem)
- b) Dvoufázovým systémem (asfaltem + kamenivem)
- c) Třífázovým systémem (asfaltem + kamenivem + vzduchem)

### 4) O jaké směsi se bavíme, mluvíme-li o VMT:

- a) o tenkém válcovaném makadamu
- b) o směsi s vysokým modulem tuhosti
- c) o speciální směsi zabraňující šíření trhlin

### 5) Nejčastějším typem obaloven v ČR jsou:

- a) kontinuální obalovny
- b) mobilní obalovny
- c) šaržové obalovny

### 6) Vratným filerem nazýváme materiál:

- a) obsahující částice větší než 2 mm, které musí být znovu namlety
- b) zachycený na filtrech během procesu sušení kameniva
- c) zůstávající v silu kupovaného vápence, který se musí v daných periodách vyvážet

**7) Infiltrační postřík mimo jiné slouží:**

- a) k dosažení krátkodobé bezprašnosti krytu
- b) k zamezení spojení mezi asfaltovými vrstvami
- c) k zamezení šíření trhlin z podkladních vrstev

**8) V příčném řezu vozovky se začíná hutnit:**

- a) vždy od středu k okrajům
- b) na nižším okraji a postupuje se směrem nahoru
- c) na vyšším okraji a postupuje se směrem dolů

**9) Pracovní spáry je nejlépe hutnit:**

- a) Oscilačním válcem
- b) Pneumatikovým válcem
- c) Ježkovým válcem

**10) Příčinou nalepování směsi na běhoun válce může být:**

- a) Špatně zvolená frekvence při vibraci směsi
- b) Příliš velká hmotnost válce
- c) Nefungující nebo nedostatečné zkrápění běhounu

**11) Kalové vrstvy se zejména používají:**

- a) Jako zesilující vrstvy na neúnosných komunikacích
- b) Pro zlepšení protismykových vlastností
- c) K zamezení vzniku trhlin

**12) Mikrokoberce se:**

- a) pokládají finišerem
- b) pokládají kladecím rámem
- c) stříkají pomocí speciálního rozstřikovače - distributoru

**13) Platnost počáteční zkoušky typu je:**

- a) 3 roky
- b) 4 roky
- c) 5 roků



doplňující zdroje

Jednotlivé normy ČSN, TP a TKP uvedené v předchozím textu

[www.pjpk.cz](http://www.pjpk.cz) (politika jakosti pozemních komunikací)

Pozemní komunikace 30, Doc. Ing. M. Kaun, CSc., Doc. Ing. F. Luxemburk, CSc., Praha 2006

Pokládka hutněných asfaltových směsí, Ing. V. Hanzík, CSc, Praha 1986

Bitumen emulsion, USIRF, Routes de France 2008

The Shell Bitumen handbook, Dr. Read, Mr. Whiteoak, pátá edice

## 8 CEMENTOBETONOVÉ KRYTY VOZOVEK



### CÍLE KAPITOLY

Seznámení s problematikou CB krýtů (materiály, výroba směsí, pokládka, ošetření povrchu atd.).



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

V současné době se zastoupení cementobetonových a asfaltových vozovek na dálnicích v ČR drží v poměru 50:50. Cementobetonové vozovky jsou navrhovány jako nevyztužený cementobetonový kryt se spárami, převážně tloušťky 24 cm. Na některých stavbách z poslední doby byly provedeny tloušťky až 30 cm. Zesílení souvisí jednak s volbou podkladní vrstvy a jednak s razantním zvýšením těžké dopravy pohybující se po dálnicích v posledních letech.



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

4 hodiny



### KLÍČOVÁ SLOVA

Cementobetonový kryt, betonová směs, vyztužené kryty, příčné a podélné spáry, makrotextura, kluzné trny, kotvy.

## 8.1 Výhody a nevýhody CB krytů

### 8.1.1 Výhody

- Cementobetonové kryty jsou vhodné pro výstavbu silnic a dálnic, letištních drah a ploch a pro těžce zatížené průmyslové a jiné plochy,
- vysoká únosnost,
- dlouhá životnost (35 let a více),
- vysoká odolnost proti trvalým deformacím,
- odolnost proti účinkům olejů a pohonných hmot,
- dobré optické vlastnosti (v závislosti na délce tunelu a jasů osvětlení uspořít až 35 % nákladů na elektrický proud),
- nehořlavé – nezbytné do tunelů,
- možnost vytvoření různých textur povrchu a tím ovlivnění emisí hluku až na úroveň asfaltových povrchů,
- z hlediska celoživotních nákladů výhodnější než vozovky asfaltové

### 8.1.2 Nevýhody

- Povrch je narušen spárami,
- nelze připustit zatížení ihned po jejich dohotovení, dlouhá technologická doba tuhnutí,
- obtížnější oprava, v dnešní době využitím „zrychlených betonů“ lze opravy provést do 3 dnů, viz obr. 01, 02.
- odolnost proti rozmrazovacím solím a střídavým účinkům mrazu a vody není dokonalá.



**Obrázek 02: Odstranění staré CB desky**



Obrázek 03: Betonáž nové CB desky pomocí „rychlých betonů“

## 8.2 CB směsi pro stavbu vozovek

### 8.2.1 Materiály

- **Kamenivo:** aby byla dosažena potřebná kvalita čerstvého betonu v závislosti na dopravním zatížení, musí kamenivo pro jeho výrobu splňovat požadavky dle ČSN EN 13877-1.
- **Cement:** musí splňovat požadavky ČSN EN 197-1 Na CB kryty vozovek skupiny CB I se musí použít portlandský cement třídy 42,5. Na vozovky skupin CB II, CB III se doporučuje použít portlandský cement třídy 42,5, případně jiný portlandský nebo portlandský struskový cement. Dávkování cementu – **CB I a CB II – 350 kg.m<sup>-3</sup>, CB III – 330 kg.m<sup>-3</sup>.**
- **Voda:** záměsová voda musí splňovat požadavky ČSN EN 1008 a nesmí obsahovat látky, jež by negativně ovlivňovaly vlastnosti betonu.
- **Přísady:** zlepšení konzistence čerstvého betonu (plastifikační přísady, ztekuťující přísady), zvýšení trvanlivosti cementobetonového krytu vozovky např. odolnost proti účinku rozmrazovacích solí (provzdušňovací přísady).



- **Ocel:** kluzné trny (musí být opatřeny povrchem, jenž zabrání spojení s betonem- možnost délkové změny desek v závislosti na teplotě) a kotevní tyče do podélné spáry (hřebíková ocel s protierozní ochranou) musí splňovat požadavky dle ČSN EN 13877-3.

### 8.2.2 Výroba směsi

V prvé řadě je třeba stanovit množství a kvalitu jednotlivých složek betonu dle požadavků:

- Dávkování cementu – **CB I a CB II – 350 kg.m<sup>-3</sup>, CB III – 330 kg.m<sup>-3</sup>**.
- Vodní součinitel max. 0,45 (včetně vlhkosti kameniva).
- Přísady v závislosti na klimatických podmínkách – polní laboratorní zkoušky, viz obr. 03, 04. Pokud směs nevyhoví, je vrácena.



**Obrázek 04: Stanovení konzistence čerstvého betonu**



**Obrázek 05: Stanovení obsahu vzduchu v čerstvém betonu a příprava vzorků pro zkoušení ztvrdlého betonu**

**Zkoušení:**

**Čerstvý beton na stavbě:**

- zkouška sednutím – kužel,
- obsah vzduchu - v tlakovém hrnci,
- výroba kostek do forem,
- případně měření teploty betonu - hlavně v tomto podzimním období.

**Ztvrdlý beton v laboratoři:** zkoušky na krychlích 150x150x150

- pevnost v tlaku (C 30/37),
- stanovení hloubky průsaku vodou dle ČSN EN 12390-8,
- odolnost proti mrazu a CHRL

Výroba směsi probíhá v betonárnách, pokud se jedná o velké stavby, lze využít mobilní míchačky, viz obr 05. Pokud máme dvouvrstvý beton, musíme využívat dvě betonárny s potřebným typem betonu. Betonárny musí mít takový výkon, aby zajistily plynulý provoz finišeru. Přísun čerstvého betonu na stavbu se zabezpečuje obvykle nákladními automobily se sklopnou vodotěsnou korbou.



**Obrázek 06: Mobilní míšící stanice Heilit-Woerner**



### **DŮLEŽITÉ!**

Stavbyvedoucí musí být ve spojení a betonárnou a v případě nutnosti zastavení pokládky zastavit dodávku betonu (změna klimatických podmínek).

## **8.3 Technologie CB krytů**

### **8.3.1 Druhy CB krytů**

**Podle vyztužení:**

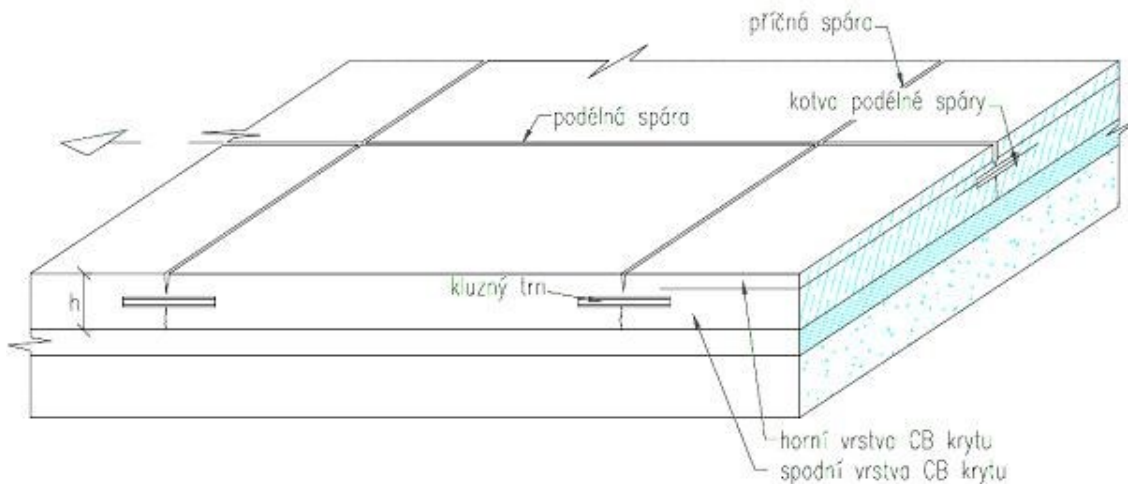
- nevyztužený cementobetonový kryt se spárami: příčné spáry s trny nebo bez trnů, viz obr. 06;
- vyztužený se spárami: desky vyztužené v podélném i příčném směru, příčné spáry obvykle s kluznými trny;
- spojitě vyztužený cementobetonový kryt CRCP: cementobetonový kryt se souvislou podélnou výztuží bez příčných spár;

- spojitě vyztužený cementobetonový podklad CRCP: betonová vrstva se souvislou podélnou výztuží bez mezilehlých spár s množstvím oceli nižším, než má CRCP. Je překryta asfaltovou obrusnou vrstvou.



### DŮLEŽITÉ!

Vyztužování se obvykle provádí jen při zvláštních požadavcích stanovených v zadávací dokumentaci stavby (ZDS), např. je-li délka desky větší než 25 násobek tloušťky desky, na mostních konstrukcích nebo ve zvláštních případech. Procento vyztužení určuje zadávací dokumentace stavby (ZDS). U krytů CB I a CB II musí být toto množství výztuže min. 0,3 %, u CB III min. 0,2 % v podélném směru. Hmotnost podélné výztuže má být asi 2,5 násobek hmotnosti příčné výztuže. Na okrajích desek má být podélná výztuž v menších vzdálenostech než uprostřed desky. Průměr vyztužovací oceli musí být min. 5mm. Krytí výztuže musí být min. 50mm a max. 70mm od povrchu desky a min. 30mm od spodního líce desky.



**Obrázek 07: Nevyztužený CB kryt se spárami, h = 24 cm**

**Podle typu pozemní komunikace:** zde závisí zejména dopravní zatížení, viz obr. 03. Rozdíl je v požadavcích na jednotlivé složky betonu.

Specifikace komunikace	Trída dopravního zatížení podle ČSN 73 6114 Změny Z1 <sup>1)</sup>	Dopor. nejnižší zařazení do skupiny
Letištní dráhy a plochy, dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace, silnice I. třídy	S, I – III	CB I
Silnice II. a III. Třídy, sběrné místní komunikace, obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy	III – V	CB II
Obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy, dočasné komunikace a účelové komunikace	IV – VI	CB III
<sup>1)</sup> Netýká se letištních drah a ploch.		

**Obrázek 08: Druhy a označení CB krytů dle ČSN 73 6123-1**

### 8.3.2 Rozměry CB desek

Rozměry desek závisí na dostupné technologii výroby a na předepsané dilataci, aby nedocházelo k:

- Trhlinám při smršťování betonu,
- Napětí při změnách teploty, ale mohlo docházet k délkové změně bez napětí,
- Napětím vlivem denních změn teplot desky na povrchu a spodním líci desky (způsobuje borcení desek).

Min. tloušťka desky je z technologického hlediska 100 mm. Délka desek nevyztužených CB krytů nemá být větší než 25násobek tloušťky desky, nebo 1,5násobek šířky desky. Největší délka desky CB krytu pozemních komunikací je však 6 m. Šířka má být menší než 4,5 m.

### 8.3.3 Spáry

Základní rozdělení je spáry podélné a příčné. Rozdělení podle funkcí je:

- **smršťovací** (kontrakční), které mohou být zhotoveny s kluznými trny nebo bez těchto trnů;
- **prostorové** (dilatační), které mohou být zhotoveny s kluznými trny nebo bez těchto trnů;
- **pracovní** navázání jednotlivých pracovních pruhů (jednoduché, s ozubem anebo s kotvením desek).

Dále platí:

- Na dálnicích, rychlostních silnicích a rychlostních místních komunikacích musí být příčné spáry vyztuženy a podélné spáry kotveny.
- **Podélné spáry** nesmí být umístěny ve stopě vozidel, mají být umístěny ve vzdálenosti minimálně 100 mm od vodorovného dopravního značení.

- **Kluzné trny** v příčných spárách a kotvy v podélných spárách se používají u CB I, případně u CB II.
- Na ostatních komunikacích může být zabezpečeno spolupůsobení desek pouze na ozub.
- Smršťovací příčné spáry Příčné smršťovací spáry se mají řezat v tzv. otevřené době řezání, tj. v době, kdy je CB kryt v důsledku hydraulického a teplotního napětí předpjatý. Nesmí docházet k vytrhávání zrn kameniva a k olamování hran spár. Hloubka řezu se doporučuje u příčných spár 0,35 až 0,40 h a u podélných spár 0,40 až 0,45 h. Úzké spáry se v horní části rozšíří drážkou. Toto rozšíření je u podélné spáry 6 mm a příčné spáry 8 mm. Hloubka zálivky minimálně 1,5 násobek šířky spáry. V případě, že se spáry těsní pryžovými profily, viz obr. 08, musí být hloubka drážky rovná výšce těsnícího profilu, zvětšené o 1 mm až 2 mm.
- **Kluzné ocelové trny:** Osa kluzného trnu je ve výšce  $h/2$  minus poloměr kluzného trnu. Uložení pod osou CB krytu je doporučeno z důvodu zvýšení hloubky řezu smršťovací spáry. Ukládáme je v jedné rovině, rovnoběžně s povrchem CB krytu a s podélnou osou betonovaného pruhu, zpravidla ve vzájemné vzdálenosti 250 mm. Ovšem nejčastější rozmístění kluzných trnů v příčných spárách je jejich rovnoměrné rozmístění po 250 mm ve všech jízdnicích pruzích včetně krajnice. Vzdálenost vnějšího trnu od kraje desky nesmí být menší než 250 mm.
- **Kotvy:** se umísťují tak, aby osa kotvy byla ve výšce  $h/2$  minus poloměr kotvy, kolmo na podélnou spáru a rovnoběžně s povrchem CB krytu. Kotvy se umísťují zpravidla po třech na desku ve stejných vzdálenostech od sebe. U podélných pracovních spár musí být počet vkládaných kotev takový, aby jejich vzdálenost nebyla větší než 1 m, přitom vzdálenost krajních kotev od příčné spáry musí být maximálně 0,5 m.



**Obrázek 09: Těsnění spáry pomocí pryžového profilu**



### **DŮLEŽITÉ!**

Prostorové spáry se nevytvářejí, pokud je mezi CB krytem a příslušným objektem asfaltový kryt o min. délce 15 m. Poloha příčných a podélných spár se vyznačí a provádí s přesností  $\pm 100$  mm, zvláště v případě krytu s vyztuženými a kotvenými spárami.

#### **8.3.4 Ostatní**

Počátek tuhnutí nesmí nastat dříve než za 90 minut,

Doba tuhnutí cementu musí být ukončena do 12 hodin.

Ve spodní vrstvě dvouvrstvého CB krytu lze přiměřenou část hrubého přírodního kameniva nahradit hrubým kamenivem z předcmeného betonu. Maximální velikost zrna  $\frac{1}{4}$  h.

Jako podkladní vrstvy volíme únosné vrstvy, které musí splňovat požadavky na hotovou vrstvu, viz předešlé kapitoly 6, 7:

- směsi stabilizované a stmelené hydraulickými pojivy,
- směsi z nestmeleného kameniva,
- asfaltem stmelené vrstvy,
- prolévané vrstvy.

## 8.4 Pokládka, zhutňování a konečná úprava CB krytů

### 8.4.1 Pokládka

V současnosti rozeznáváme dva způsoby pokládky a hutnění CB směsi:

- Betonování klasickým finišerem do bočnic,
- Betonování finišerem s kluznými bočnicemi.

Finišery s pevnými bočnicemi lze s výhodou použít zejména při betonáži dodatečně přibetonovávaných pruhů, dopravních ploch apod. Tloušťka oceli bočnic musí být min. 5 mm. Pro bednění krytů C III je možno použít i dřevěné bočnice. Pro betonáž krytů CB I a CB II musí být finišer vybaven podélným hladičem, který má příznivý vliv na rovnost a hlučnost povrchu. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat rovnoměrnému rozprostření čerstvého betonu před finišerem a pravidelnému a rovnoměrnému postupu finišeru. Čerstvý beton se zhutňuje strojně. Zhutňovací zařízení finišeru musí působit rovnoměrně po celé šíři betonovaného pásu tak, aby byl beton zpracován v celé tloušťce a přitom nebyl převibrovaný. Povrch vozovky musí být po zhutnění rovný a uzavřený. Pro cementobetonové kryty CB I a CB II se musí pro pokládku betonu používat strojní zařízení, které má vlastní pohon. Pro kryty skupiny CB III pro betonáž okrajových polí a dobetonování jednotlivých desek, se mohou ke zhutnění betonu použít kromě finišerů také menší stroje bez vlastního pohonu a vedení (např. vibrační desky, zhutňovací latě, ponorné vibrátory). Nachází-li se pod cementobetonovým krytem nasávkový podklad, který by mohl při pokládce odnímat vodu z čerstvého betonu, je nutno jej před pokládkou krytu dostatečně provlhčit a udržovat ve vlhkém stavu. Plocha pro pojezd finišeru včetně plochy pod bočnicemi musí být čistá. Beton, který se při betonáži s posuvnými bočnicemi vytlačí za bočnici, musí být odstraněn v případě, že je to na závadu další technologii. V případě přerušení plynulé dopravy betonu musí řidič finišeru zpomalit postupovou rychlost stroje tak, aby zastavení finišeru netrvalo déle, než 3 min. Při zastavení finišeru musí být vypnuta veškerá vibrace včetně hladících trámů. Čerstvý beton je třeba zpracovat nejpozději do začátku tuhnutí betonu, avšak nejdéle do doby, kdy je beton danou technologií zpracovatelný (vč. povrchové úpravy). Jestliže zastavení pokládky čerstvého betonu přesáhne časový limit začátku tuhnutí, což je při teplotě betonu do 20°C obvykle 120 min. od jeho výroby, je nutno vytvořit pracovní spáru. Pracovní spára se vytváří buď betonáží do speciálního bednění včetně výztužných vložek, nebo odříznutím, tj. řezem v mladém, avšak zatvrdlém betonu a dodatečným osazením výztužných vložek. Bezprostředně po položení a zpracování čerstvého betonu následuje předepsaná úprava a ochrana povrchu ve smyslu ustanovení o ošetřování.



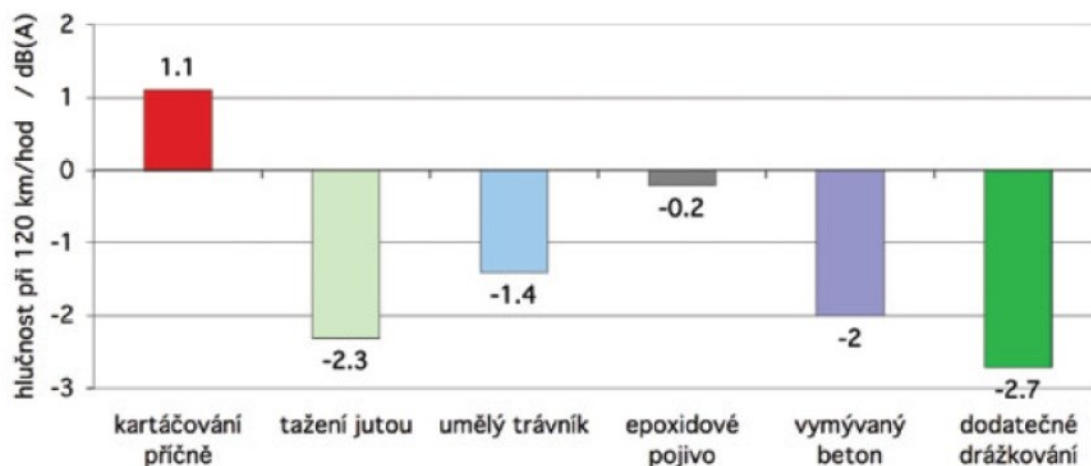


**Obrázek 10: Pokládka dvouvrstvého CB krytu (zdroj A. Trinner)**

#### **8.4.2 Úprava povrchu**

Úprava povrchu se provádí za účelem dodržení protismykových vlastností, snížení hluku. Povrchová úprava musí být provedena tak, aby byla dodržena homogenita makrotextury. Požadované makrotextury můžeme dosáhnout striáží, úpravou jutou, kartáčem, nebo metodou vymývaného betonu. Na obr. 09 je znázorněn vliv povrchu na hluk a srovnání životnosti jednotlivých typů CB a Asfaltových povrchů.

Druh úpravy	Životnost protismykové úpravy v rocích
CB striáž – cementobetonový kryt, povrchová úprava striáží	30
CB juta – cementobetonový kryt, povrchová úprava jutou	11
AKT - ULM® – asfaltový koberec tenký	8
AKMS s podcením – asfaltový koberec mastixový střednězrný	7
AKMS – asfaltový koberec mastixový střednězrný	7
ABS – asfaltový beton střednězrný	7
AKMH – asfaltový koberec mastixový hrubozrný	5



**Obrázek 11: Srovnání povrchů**

Vymývaný beton:

Podkladový a vrchní beton se při stavební technologii „exposed-concrete“ pokládají a hutní jako obvykle. Jelikož je horní vrstva betonu tenká, musí tomu být přizpůsobené vibrační zařízení pro hutnění této vrstvy. Hned potom se povrch postříká kombinovaným postříkem, který povrch zároveň ošetří a prodlouží hydrataci povrchu v nejvyšší vrstvě (milimetrová oblast). A jakmile je beton dostatečně ztvrdlý a sjízdný, odstraní se nezatvrdlá povrchová malta kartáčem a vznikne vyrovnaná plocha na, které se objeví hrubé kamenivo např. frakce 5/8, viz obr. 10.



Obrázek 12:



### DŮLEŽITÉ!

U odstavňích ploch a parkovišť se povrchová úprava zajišťující protismykové vlastnosti nevyžaduje.

#### 8.4.3 Ošetření povrchu

**Postřiky:** Použití pro ošetření CB krytů, nenarušují průběh tuhnutí a tvrdnutí betonu. Postřikové hmoty vytvářejí na matném povrchu čerstvého betonu souvislý, poddajný a parotěsný film, který se má stát nelepivým nejdéle za 5 hodin. Hmota musí být stříkatelná i při nejnižší teplotě +5°C. Vytvořený povrchový film musí zůstat **neporušený** nejméně **7 dní po nanesení** a **po 4 týdnech** má docházet k jeho **postupnému rozpadu** tak, aby bylo umožněno vyschnutí betonu ještě před zimním obdobím.

**Fólie:** používané jako ochrana čerstvého betonu proti vysychání, musí být parotěsné. Při jejich použití je třeba zajistit řádné upevnění proti větru.

**Rohože a geotextilie:** musí mít dostatečnou tloušťku a dobrou absorpci vody tak, aby zajistily dostatečnou ochranu povrchu před vysycháním. Po dobu minimálně tři dny musí být

udržovány ve vlhkém stavu. Zakrytí geotextiliemi nebo rohožemi je vhodnou ochranou za vysokých i nízkých teplot.



## DŮLEŽITÉ!

Jednotlivé druhy ochrany lze používat samostatně nebo v kombinaci. Pokud se ochranná vrstva naruší, je nezbytné zabezpečit její bezprostřední obnovu. Ochrana se musí provádět celoplošně na všech povrchových částech krytu (i na bočních stěnách). Pro ochranu povrchu nesmí být použity hmoty na bázi organických rozpouštědel.



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

ČSN EN 13877-1 Cementobetonové kryty - Část 1: Materiály

ČSN EN 13877-2 Cementobetonové kryty - Část 3: Funkční požadavky

ČSN EN 13877-3 Cementobetonové kryty - Část 3: Specifikace pro kluzné trny

ČSN 73 6123-1 - Stavba vozovek - Cementobetonové kryty - Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN EN 197-1 Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití.

## 9 DLÁŽDĚNÉ VOZOVKY



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Kryty z dlažebních prvků rozšiřují spektrum krytů, které je možno použít ve specifických místech zpravidla městské zástavby. Jde o přírodní nebo umělý materiál, který je možno užívat zejména pro jeho vzhledové vlastnosti. Velikost (výška) kostek nebo jiných dlažebních prvků závisí také na předpokládaném zatížení dopravou (pěší, pěší + vozidly, případně další kombinace).

Důležitá je únosnost podkladní vrstvy. Jejíž dokonalé zhutnění je podmínkou pro dokonalou a dlouhodobou funkci dlážděné vozovky - dlažba je netuhá a svým povrchem dokonale zkopíruje všechny nedokonalosti provedených vrstev. Dimenzování dlážděných vozovek je vzhledem k jejím specifikům nutno věnovat náležitou pozornost.



## ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

3 hodiny



## KLÍČOVÁ SLOVA

Kamenivo, dlažební prvky, podkladní vrstva, ložní vrstva dlažby, spára, zálivka.



## K ZAMYŠLENÍ

Kapitola informuje o dlážděných vozovkách, plochách a chodnicích, které v poslední době zaznamenávají renesanci. Jejich realizace či úprava je podstatná pro centrální – například pěší zóny, významnou měrou přispívají k estetice prostředí v obytných zónách, kde veřejné prostory plní funkci nejen dopravní, ale i společenskou. Bez dlážděných ploch se nelze obejít u historických objektů, souvislých ulic a uliček.

### 9.1 Úvod

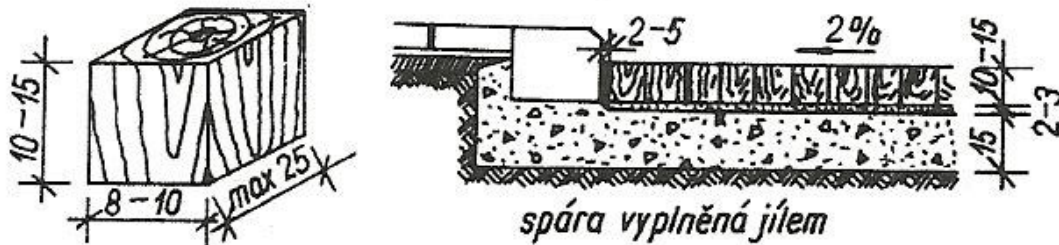
Dlažby vozovek byly používány už v antice, zejména v době rozkvětu římské říše. Komunikace, které procházely Římem, ale i většími sídly byly dlážděné kamennými nebo keramickými deskami.

Zbytky dlažby z konce 10. století byly objeveny na nádvoří pražského hradu. Dlážděné byly kamenné mosty nebo významné ulice. Využíván byl místní materiál z nánosů řek a blízkých lomů (opuka, pískovec, křemenec, od 20. století žula). Pro vozovky průjezdů domů, v okolí nemocnic, ale i na mostech se jako stavivo využívaly také dřevěné špalíky.

Dlažba, kladená do pravidelných řádků se u nás provádí od konce 18. století, chodníky od druhé poloviny 19. století.

Kromě dlažby se pro stavbu chodníků využívalo dřevo, v Praze-Karlově kolem roku 1840 i litiny.

V současné době se dlážděných krytů vozovek, prostranství i chodníků využívá ve zvýšené míře jak při rekonstrukcích historických částí měst, tak i pro pěší či obytné zóny.



Obrázek 01: Dřevěná špalíková dlažba na cementobetonovém podkladu

## 9.2 Materiál dlažebních prvků

Podle použitého materiálu mohou být dlažební prvky zhotoveny:

- z přírodního materiálu (žula, andezit, syenit, čedič)
- z cementového betonu
- z konglomerovaného kamene (směs kameniva a syntetické pryskyřice)

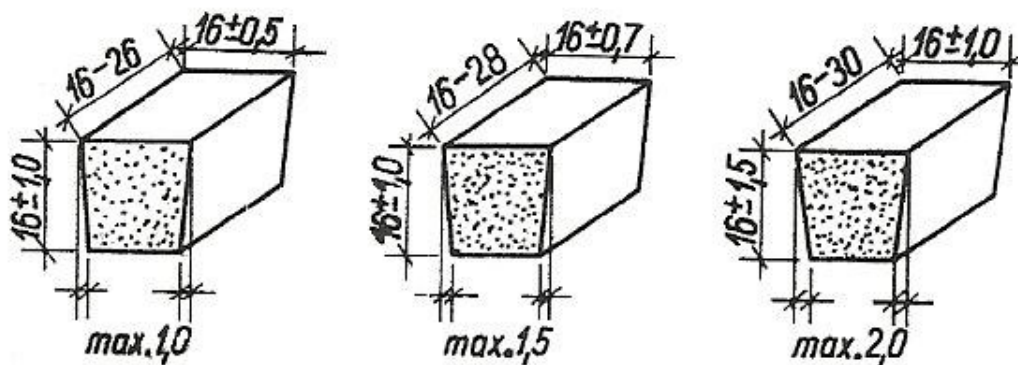
K výhodám dlažeb náleží estetická hodnota, trvanlivost, rozebíratelnost (opravy povrchu, opravy poruch inženýrských sítí aj.).

Nevýhodou je přenášení svislého zatížení na sousední kostky pouze třením (nezbytnost únosného podkladu), nákladnost (přírodní kamenivo), vysoký podíl ruční práce, hlučnost jízd vozidel, v případě nevhodně zvoleného materiálu malá drsnost vozovky či chodníku. Zálivkou spár (asfalt a obdobné materiály) je možno omezit prašnost, případně vodopropustnost dlažeb.

Z přírodního kamene se dlažební kostky vyrábějí štípáním. Kámen nesmí být zvětralý s min. hmotností  $2\ 400\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a musí splňovat požadavky na min. pevnost v tlaku, max. obrusnost, max. hodnotu nasákavosti, min. hodnotu koeficientu mrazuvzdornosti.

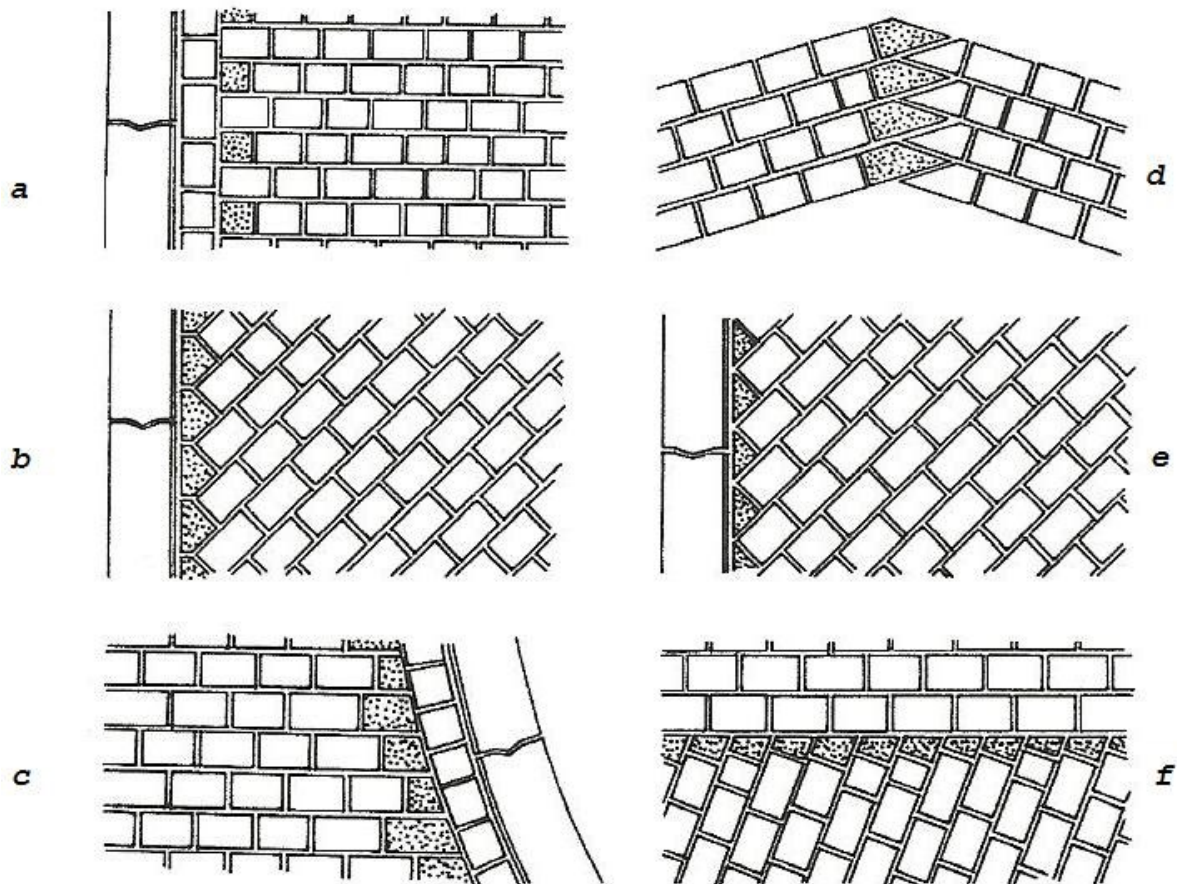
Podle velikosti se kostky rozdělují na:

- velké – šířka a výška 160 mm, délka 160, 260, 280 a 300 mm.
- drobné – všechny tři rozměry 80, 100 a 120 mm.
- mozaikové – všechny tři rozměry 40 až 60 mm.



**Obrázek 02: Velká kostka**

Dlažební prvky z cementového betonu a z konglomerovaného kamene mají různé velikosti i tvary. Vyrábí se zpravidla vibrolisováním a zkouší na odolnost proti vlivu mrazu a chemických látek, obrusuvzdornost a min. pevnost v tlaku.



**Obrázek 03: Dlažba z velkých kostek (a – řádková, b – vazba dvou směrů, c – úhlopříčná s pětibokými hranoly, d – úhlopříčná s trojbokými hranoly, e – zasekávka u kolena, f – zasekávka na křižovatce)**

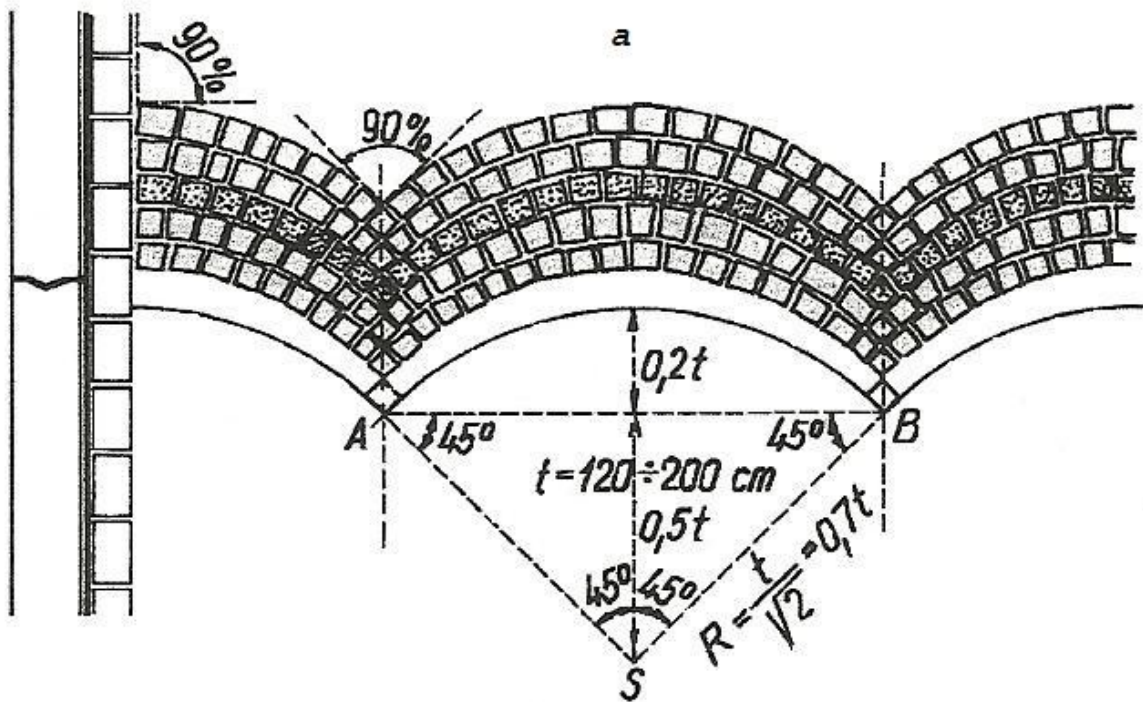
### Obruba (krajník)

Obruba je vyvýšený bezpečnostní a dělicí prvek (oddělení prostoru různých druhů doprav). Obrubníky mohou být ležaté nebo stojaté. Krajníky mají rovněž dělicí funkci, jejich horní plocha je však v úrovni vozovky.

Dlažební prvky musí mít vždy boční oporu, tj. kladou se buď k pevnému objektu (dům) nebo do obrubníku s boční oporou z betonu. Některé druhy zámkových dlažeb sice nedovolí boční pohyb svými zámkami, ale i tak je třeba vymežit položenou plochu dlažby.

Minimální tloušťka lůžka obrubníků, krajníků je 800 mm. U asfaltových krytů vozovek se podél obrubníků či krajníků provádí přídlažba z jedné nebo více řad kostek.





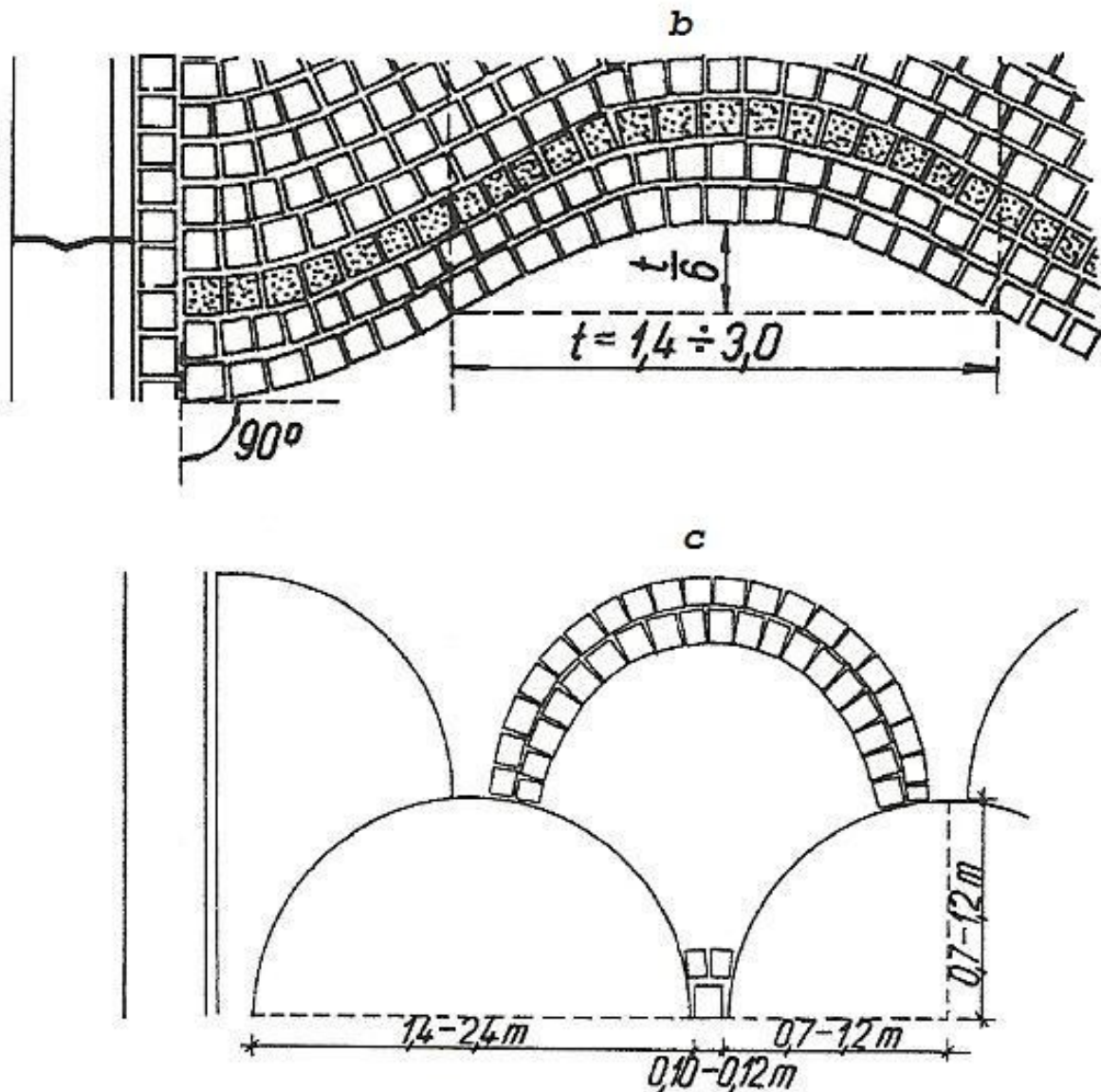
Obrázek 04: Drobná dlažba

### 9.3 Ložní vrstva dlažeb

Ložní vrstva je technologická vrstva zpravidla z nestmelených materiálů nebo malty sloužící k uložení dlažebních prvků a dílců. Může být z různých materiálů a její kontrola se provádí podle kapitoly 5 TKP. Pro dlažební prvky je důležitá rovnost a řádné zhutnění všech vrstev od podloží až povrch podkladní vrstvy.

### 9.4 Stavba

Nejprve se osadí obruby do betonového lože a na podkladní vrstvu se rozprostře ložní vrstva, která se předhutní. Lože se pro každý prvek (kostku) přizpůsobuje jeho velikosti. Dlažební prvky z přírodního kamene se kladou ručně s patřičným nadvýšením na dohutnění - ručně několika údery na každý prvek – strojně vibračními deskami a ručně vedenými válci.



**Obrázek 05: Drobná dlažba (a - kroužková, b - vlnovková, c - vějířová)**

Tloušťky spár včetně tolerancí musí dodržet ČSN 736131-1. U přírodního kamene jsou v závislosti na třídě kamene 10 mm až 20 mm u betonových dlažeb a dlaždic 3 mm až 5 mm. Vyplňování spár (vyjma zámkové dlažby) se provádí současně s kladením dlažebních prvků, aby dlážděná plocha získala potřebnou stabilitu. Vyplňování spár v dlažbě (cementovou maltou nebo drobným kamenivem 0-2, případně 0-4) se provádí souběžně s kladením dlažebních prvků vmetením, příp. s následným kropením tak, aby spáry byly zcela vyplněny. Před ztuhnutím musí být výplň spár znovu doplněna. Pokud je ložná vrstva z materiálů s hydraulickými pojivy, je nutno dokončit dohutňování před začátkem tuhnutí malty. Jsou-li spáry vyplněny suchou cementovápennou nebo vápennou maltou je pak nutno udržovat povrch dlažby ve vlhkém stavu alespoň po dobu 7 dní. V případě zalévání spár asfaltovou zálivkou je nutné spáry vyčistit (např. stlačeným vzduchem) do hloubky 40 – 60 mm. Po usednutí prvé zálivky se spáry dolévají. Prefabrikované dlažební prvky se kladou na rovnou

ložní vrstvu (staženou latí). Kladou se ručně, ale jsou k dispozici i kladací stroje, které kladou celou vrstvu z palety. Tímto způsobem se stává i pokládka dlažeb produktivní a rychlá. I tak však zůstává dosti ruční práce při nepravidelných tvarech nebo špatně vyměřených plochách vymezených obrubníky s přirezáváním krajních prvků. Dlažba je kladena na zhutněnou ložní vrstvu z kameniva nebo do zavlhle cementové malty, min. tloušťky 40 mm. Kryty z vegetačních dílců (materiál beton, železobeton, plast) slouží jako kryt parkovacích ploch a přístupové cesty v místech, kde není nebezpečí kontaminace podzemní vody. Ložní vrstva musí být provedena v rozmezí tlouštěk 50 – 100 mm tak, aby otvory tvárnic bylo možno vyplnit vhodnou zeminou, která umožní růst travního porostu. Pod vegetační dílce se na provedení podkladní vrstvy používá písek nebo štěrk podle ČSN 73 6133 až do S4 a G4 (hlinitý písek nebo hlinitý štěrk) nebo štěrkopísek a štěrkodrt'. Zatravněné plochy je nutno ošetřovat postřikem, hnojením, sekáním, případně odstraňováním plevelu. Na plochách a příjezdech se nesmí provádět zimní údržba chemickými prostředky.

## 9.5 Vady

Nejčastější vadou dlážděných vozovek je nedokonale provedené zhutnění podloží a vrstev vozovky. Zapomíná se, že dlažba je netuhá a svým povrchem dokonale zkopíruje všechny nedokonalosti provedených vrstev.

U vozovek s vyšším dopravním zatížením se často vozovka poddimenzuje. Je sice pravdou, že dlažební prvky (zvláště betonové prvky se zámkami se složitými tvary) roznášejí zatížení, ale ve srovnání s jinými kryty velmi málo (odpovídají roznášení nestmelených vrstev).

Únosnost dlážděné vozovky zajišťují podkladní vrstvy.

Pokud je v podkladu stmelená vrstva (C, PD, VB nebo AC) pronikající voda spárami mezi dlažebními prvky se může shromažďovat v ložní vrstvě a dochází k nerovnostem uvolněním dlažebních prvků (vrstvu je třeba odvodnit vytvořením otvorů v podkladní vrstvě nebo kolem obrubníků do podloží) případně poškozování podkladu účinkem solí. Zajišťuje se tedy odvodnění ložní vrstvy vytvořením různých propustných detailů (otvorů, textilií apod. viz Dodatek 1 TP 170).

## 9.6 Shrnutí kapitoly

Dlážděné kryty vozovek, prostranství a chodníků jsou jedním z nejstarších způsobů zpevnění, používaného v historických etapách vývoje dopravního stavitelství. Překonáno je období odstraňující šmahem jakoukoli ruční práci ve stavebnictví, která při pokládkách dlažeb dominuje. Vzhledem k současné potřebě využívat dlažeb je potřebné znovuobjevit cestu k výrobě dlažebních prvků a znalosti technologie k jejich bezchybné a tedy časově i nákladově nejúspěšnější realizaci.

Znalosti, zúročené poctivou prací se v budoucnu vrátí v charakteristickém vzhledu měst a obcí, zachovávají svůj genius loci zejména esteticky exponovaných míst. Rovněž funkční hierarchizovaný dopravní skelet přispěje k atraktivitě a rozvoji sídla.



## SHRnutí KAPITOLY



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

ČSN 73 6131 Stavba vozovek, 1994

- Část 1: Kryty z dlažeb
- Část 2: Kryty ze silničních dílců
- Část 3: Kryty z vegetačních dílců

ČSN 73 6175 Měření a hodnocení nerovnosti povrchů vozovek

ČSN 73 6177 Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek

ČSN EN 1338 Betonové dlažební bloky - Požadavky a zkušební metody

ČSN EN 1339 Betonové dlažební desky - Požadavky a zkušební metody

ČSN EN 1340 Betonové obrubníky - Požadavky a zkušební metody

ČSN EN 1341 Desky z přírodního kamene pro venkovní dlažbu – Požadavky a zkušební metody

ČSN EN 1342 Dlažební kostky z přírodního kamene pro venkovní dlažbu – Požadavky a zkušební metody

ČSN EN 1343 Obrubníky z přírodního kamene pro venkovní dlažbu - Požadavky a zkušební metody

ČSN EN 1344 Cihelné dlažební prvky - Technické požadavky a zkušební metody

ČSN EN 1469 Výrobky z přírodního kamene - Obkladové desky – Požadavky

ČSN EN 1926 Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v tlaku

ČSN EN 1936 Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení měrné a objemové hmotnosti a celkové a otevřené pórovitosti

ČSN EN 12371 Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení mrazuvzdornosti

ČSN EN 13036-1 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch - Zkušební metody - Část 1: Měření hloubky makrotextury povrchu vozovky odměrnou metodou

ČSN EN 13036-4 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch - Zkušební metody - Část 4: Metoda pro měření protismykových vlastností povrchu - Zkouška kyvadlem

ČSN EN 13242 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace

ČSN EN 13755 Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení nasákavosti vodou za atmosférického tlaku

ČSN EN 14157 Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení odolnosti proti obruš

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN 72 1002 Klasifikace zemin pro dopravní stavby

ČSN 72 1182 Zkouška zrychlené ohladitelnosti kameniva

ČSN 72 1800 Přírodní stavební kámen pro kamenické výrobky. Technické požadavky

ČSN 72 1810 Prvky z přírodního kamene pro stavební účely. Společná ustanovení

ČSN 72 1860 Kámen pro zdivo a stavební účely. Společná ustanovení

ČSN 72 3000 Výroba a kontrola betonových stavebních dílců. Společná ustanovení

ČSN 73 0020 Názvosloví spolehlivosti stavebních konstrukcí a základových půd

ČSN 73 1326 Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek

ČSN 73 3251 Navrhování konstrukcí z kamene

ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy. Základní ustanovení

ČSN 73 6056 Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel

ČSN 73 6100 Názvosloví silničních komunikací

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

ČSN 73 6114 Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování

ČSN 73 6124-1 Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6124-2 Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy - Část 2: Mezerovitý beton

ČSN 73 6126-1 Stavba vozovek - Nestmelené vrstvy - Část 1: Provádění a kontrola shody

ČSN 73 6131-1 Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 1: Kryty z dlažeb

ČSN 73 6131-2 Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 2: Kryty ze silničních dílců

ČSN 73 6131-3 Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 3: Kryty z vegetačních dílců

ČSN 73 6175 Měření nerovnosti povrchů vozovek

ČSN 73 6177 Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek

ČSN 73 6425 Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky

ČSN 74 4507 Stanovení protiskluzných vlastností povrchů podlah

Katalog vozovek pozemních komunikací s dlážděnými kryty (Doplňek konstrukcí uvedených v TP 78 Katalog vozovek pozemních komunikací) 1999

- TP 153 Zpevněná travnatá parkoviště
- TP 170 Navrhování netuhých vozovek pozemních komunikací + Dodatek 1
- TP 192 Dlažby pro konstrukce PK
- TKP kap. 1 Všeobecně
- TKP kap. 6 Cementobetonový kryt
- TKP kap. 9 Kryty z dlažeb, 2003

**Materiál:**

Dlažební prvky

- dlažební kostky z přírodního kamene (velké, drobné a mozaikové) a z vibrolisovaného betonu, ČSN EN 1342, ČSN 73 6131-1,
- dlaždice, ČSN EN 1341, ČSN 736131-1,
- silniční dílce, ČSN 72 3000, ČSN 73 6131-2,
- vegetační dílce, ČSN 72 3000, ČSN 73 6131-3 a TP 153,
- obrubníky.

Materiály pro ložní vrstvu

- kamenivo pro ložní vrstvy, ČSN EN 13242,
- malty, ČSN EN 998-2.

Materiály pro vyplnění spár

- drobné kamenivo, ČSN EN 13242, ČSN 73 6131
- malty, ČSN EN 998-2,
- zálivky za horka v EN 14188-1,
- zálivky za studena.

Materiály pro podkladní vrstvu

- nestmelené, ČSN 73 6126-1, ČSN 73 6127-1, ČSN EN 13285
- stmelené, ČSN 73 6124-1, -2, ČSN EN 14227-1 až -5

## 10 RECYKLACE A VYUŽITÍ MATERIÁLŮ PŘI STAVBĚ ASFALTOVÝCH VOZOVEK

V souvislosti s rozvojem lidské společnosti se hovoří o omezování čerpání přírodních zdrojů, o recyklaci a používání odpadních hmot.

Silniční stavitelství je obor činnosti zacházející s vysokými objemy používaných hmot, s jejich těžebním, přemísťováním a ukládáním. V případě budování pozemních komunikací je snahou zabudovat různé materiály, které nemají jiné užití a vyskytují se ve velkých objemech.

Při údržbě a opravě pozemních komunikací je účelné použít všechny materiály, které již ve vozovce neplní svou funkci. Cílem je zabránit, aby tyto materiály byly považovány za odpad a aby byly opětně použity na místě jejich dřívějšího užívání. Proto se vytvářejí uzavřené cykly koloběhu silničních materiálů.



### CÍLE KAPITOLY

1. Pochopit problematiku ochrany životního prostředí a důvody vedoucí k užití recyklaci asfaltových směsí
2. Porozumět jednotlivým kategoriím recyklace na místě za horka
3. Umět uvést další možnosti využití recyklovaných materiálů



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Recyklace krytů vozovek pozemních komunikací, důvody použití, kategorie recyklací za horka na místě, recyklované materiály z vozovek, užití R-materiálu do asfaltových směsí, užití pryžového granulátu do asfaltových směsí



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

2 hodiny



## KLÍČOVÁ SLOVA

Recyklace za horka, Reshape, Repave, Remix, Remix Plus, diagnostický průzkum, recykláty, průmyslové odpady, vliv na životní prostředí, silniční dehty

### 10.1 Recyklace za horka na místě

Recyklace za horka na místě je metoda opravy asfaltových vozovek (obrusné, ložní nebo podkladní asfaltové vrstvy), která spočívá v ohřátí asfaltové směsi vrstvy určené k recyklaci, jejím rozpojení, promíchání s přidávanými materiály (změkčující přísady, asfaltové pojivo, kamenivo nebo asfaltová směs), zpětném položení a zhutnění.

Technologie recyklace za horka na místě umožňuje:

- povrchovou opravu vozovky do hloubky až 55 mm (Reshape, Repave, Remix),
- zvýšit kvalitu asfaltové konstrukční vrstvy přidáním speciálních přísad, kameniva, asfaltového pojiva nebo předobalené směsi kameniva (Remix),
- zvýšit kvalitu asfaltové směsi krytu vozovky (obrusné a ložní vrstvy) a současně vozovku zesílit pokládkou nové obrusné vrstvy tloušťky až 50 mm (Remix Plus).

Rozeznáváme pět kategorií recyklace za horka na místě:

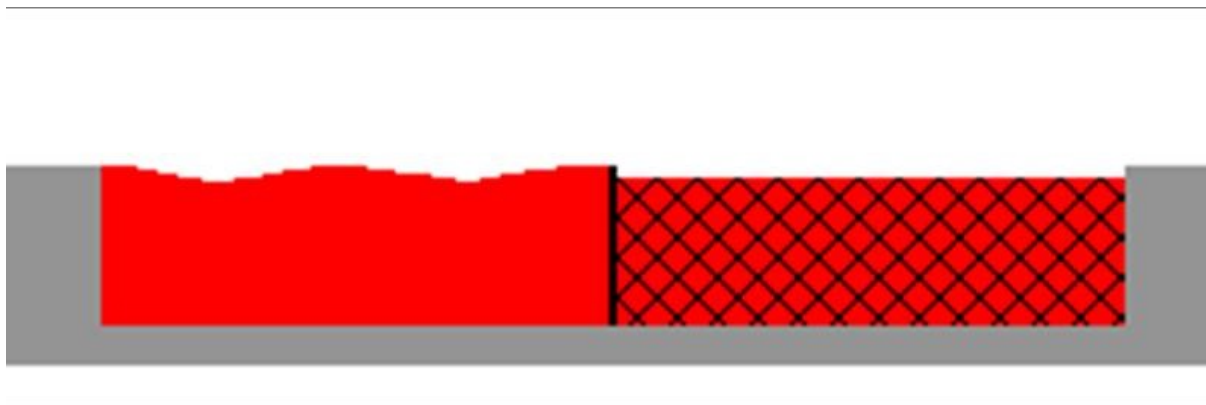
#### 10.1.1 Reshape

**Reshape** - technologie úpravy příčného profilu vozovky, která se skládá z následujících kroků:

- ohřátí asfaltové směsi vrstvy určené k recyklaci,
- rozpojení a nakypření směsi vrstvy určené k recyklaci,
- urovnání rozpojené a nakypřené asfaltové směsi v příčném a podélném směru,
- zhutnění urovnané asfaltové směsi.

Výsledek úpravy: vyprofilování, odstranění nerovností, možné zlepšení drsnosti.





**Obrázek 01: Reshape**

### 10.1.2 Repave

**Repave** – technologie úpravy příčného profilu vozovky s položením nové asfaltové vrstvy, která se skládá z následujících kroků:

- ohřátí asfaltové směsi vrstvy určené k recyklaci,
- rozpojení a nakypření směsi vrstvy určené k recyklaci,
- urovnění rozpojené a nakypřené asfaltové směsi v příčném a podélném směru,
- položení nové asfaltové vrstvy na urovnanou vrstvu bez vzájemného promísení směsí,
- zhutnění obou vrstev současně.

Výsledek úpravy: vyprofilování, odstranění nerovností, zesílení novou obalovanou směsí, možné zlepšení drsnosti.

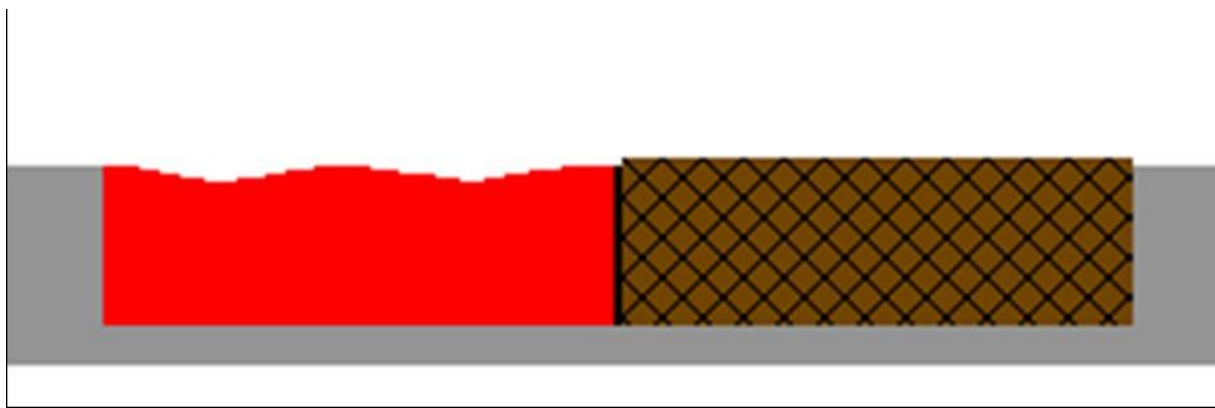


**Obrázek 02: Repave**

### 10.1.3 Remix

**Remix** – technologie recyklace asfaltové vrstvy za horka na místě, která se skládá z následujících kroků:

- rozprostření přidávaného kameniva na povrch vozovky (pouze v případě přidávání jen kameniva),
- ohřátí asfaltové směsi vrstvy určené k recyklaci,
- rozpojení ohřáté asfaltové směsi,
- přidání potřebných materiálů (změkčující přísady, silniční asfalt, předobalená směs kameniva),
- promíchání ohřáté asfaltové směsi s přidávanými materiály,
- zpětné položení upravené asfaltové směsi,
- zhutnění upravené asfaltové směsi.



**Obrázek 03: Remix**

## 10.1.4 Remix Plus

**Remix Plus** – technologie recyklace stávající asfaltové obrusné vrstvy za horka na místě se současnou pokládkou nové obrusné vrstvy. Technologie se skládá z následujících kroků:

- rozprostření přidávaného kameniva pro úpravu zrnitosti recyklované směsi,
- ohřátí asfaltové směsi vrstvy určené k recyklaci,
- rozpojení ohřáté asfaltové směsi,
- přidání změkčující přísady nebo silničního asfaltu,
- promíchání ohřáté asfaltové směsi s přidávanými materiály,
- zpětné položení upravené asfaltové směsi,
- položení nové asfaltové směsi obrusné vrstvy (vtlačovaná vrstva) systémem horké na horké,
- zhutnění asfaltového souvrství (zpětně položená recyklovaná vrstva + nová obrusná vrstva).



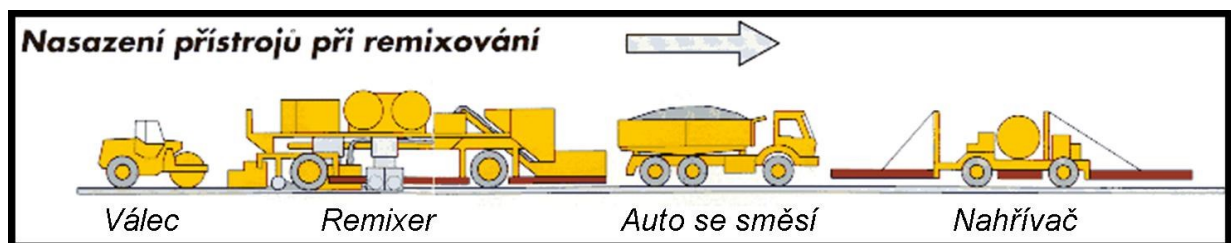
Obrázek 04: Remix Plus

### 10.1.5 Recyklace v mobilním zařízení

**Recyklace v mobilním zařízení** – technologie recyklace vybourané asfaltové směsi z původních vrstev vozovky. Technologie se skládá z následujících kroků:

- rozehtátí (rozpojení) vybourané asfaltové směsi,
- pokládka recyklované směsi zpravidla ručním způsobem popř. za pomoci finišeru,
- zhutnění asfaltové směsi.

Tato technologie je použitelná pro provizorní vysprávkování povrchů vozovek a pro údržbu a opravy komunikací.



Obrázek 05: Soustava strojů při technologii remix



### DŮLEŽITÉ!

Výhody technologie recyklace za horka na místě:

- zvýšení pohodlí jízdy a bezpečnosti účastníků silničního provozu,
- prodloužení životnosti asfaltového krytu resp. konstrukce vozovky,
- vhodnost z hlediska ochrany životního prostředí (šetření přírodních zdrojů, úspory energií),

- nízká ekonomická a časová náročnost opravy.

## 10.2 Využití recyklovaných stavebních materiálů do asfaltových směsí

Pro stavbu a opravy vozovek se používaly a používají materiály z místních zdrojů a to jak materiály přírodní, tak také materiály odpadní a průmyslové odpady a dále odpady z bouraných stavebních konstrukcí.

Základní členění využitelných materiálů do asfaltových směsí podle původu:

Materiály získané z:

- asfaltových vrstev vozovek – asfaltový recyklát,
- cementobetonových vozovek – recyklát z betonu.

Průmyslové odpady:

- granulovaná vysokopecní struska - použití omezené vzhledem ke špatným zkušenostem s rozpadavostí strusky,
- ocelářská struska – nedoporučuje se použití,
- slévárenský písek - recykluje se ve slévárnách,
- popílek – nevhodný do asfaltových směsí,
- použité pneumatiky – probíhá testování vhodnosti použití,
- odpadní sklo - použití se nepředpokládá a
- materiály ze stavebních demolic - nevhodné.

Další členění recyklovaného materiálu je dle vlastností – jednak vlastnosti fyzikální (velikost částic, objemová hmotnost, vlhkost aj.), chemické vlastnosti (složení, obsah škodlivých látek aj.).

Proces vedoucí k recyklaci – úprava recyklovatelného materiálu jako je drcení, separace škodlivých nebo jinak využitelných materiálů, třídění apod. včetně kontroly jakosti.

Nejvhodnější materiál pro opakované použití při výrobě asfaltových směsí je R-materiál.

### 10.2.1 Použití R-materiálu pro výrobu asfaltových směsí

**R – materiál** – je asfaltová směs znovuzískaná odfrézováním asfaltových vrstev nebo drcením desek vybouraných z asfaltových vozovek nebo velkých kusů asfaltové směsi a asfaltové směsi z neshodné nebo nadbytečné výroby. Obsahuje více než 95 % asfaltových materiálů s max. obsahem 5 % ostatních recyklovaných materiálů.

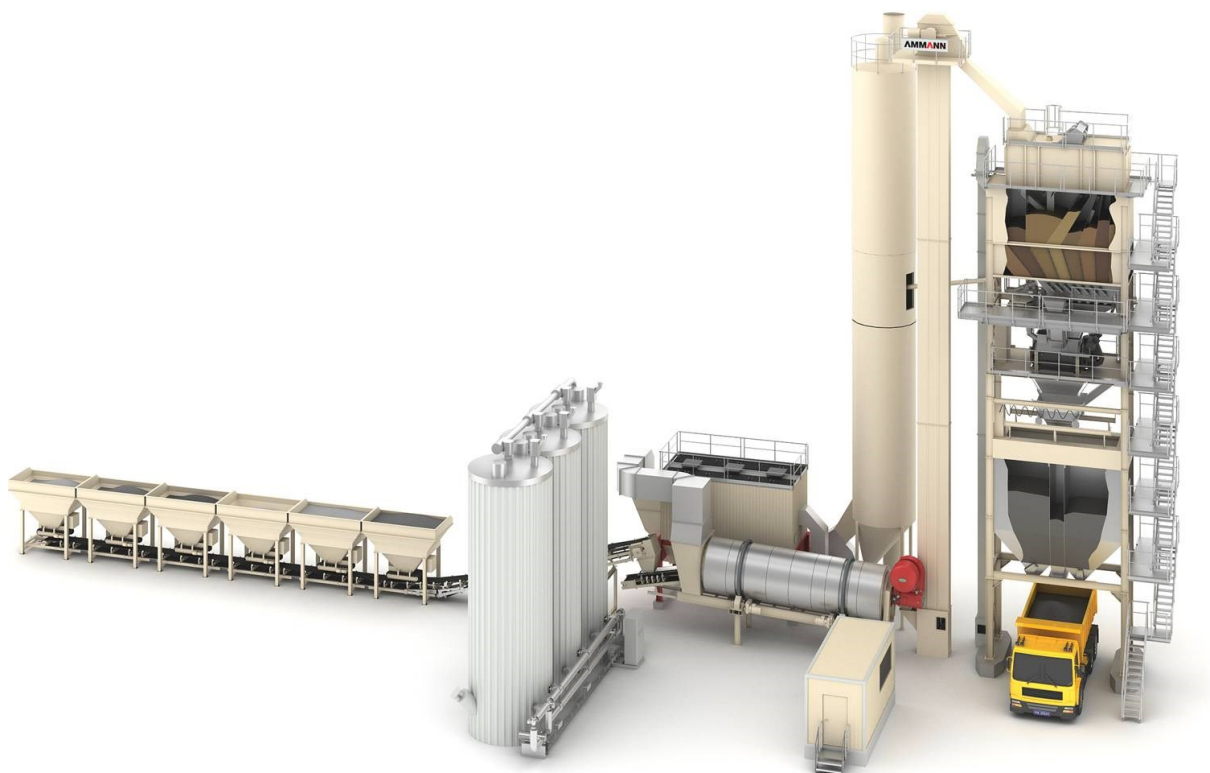
**Asfaltový recyklát** – R-materiál se značí: **U RA d/D**

- kde U označuje zrnitost R-materiálu a je to nejmenší velikost síta v mm, kterým propadne 100% zrn asfaltové směsi,
- RA je zkratka pro R-materiál z angl.názvu Reclaimed Asphalt,

- $d/D$  je označení zrnitosti kameniva v R-materiálu, kde  $d$  je velikost spodního zrna a  $D$  je velikost horního síta kameniva.

Pro použití R-materiálu ve výrobě asf. směsí je nutná znalost základních vlastností recyklátu: složení recyklátu, tj. čáry zrnitosti, obsahu asfaltového pojiva, druhu asfaltového pojiva.

Předpoklad využití R-materiálu je dostatečné strojní vybavení – obalovna, která umožňuje zpracovávat větší množství recyklátu ve směších. V současnosti se v ČR využívá postup přidávání studeného recyklátu do míchacího procesu. Tento postup má svou hranici na cca 15 až 20 % přidávaného recyklátu do vyráběné směsi.



**Obrázek 06: Obalovna**

Z technologického hlediska představuje 25 % R-materiálu hranici pro použití v obalovnách. Problém je technického rázu. Zatímco kamenivo a asfalt se v obalovnách dávkuje přehřáté, R-materiál se dávkuje studený. Proto při větším obsahu R-materiálu hrozí vychladnutí kameniva a asfaltu. Je možné dávkovat R-materiál i ve větších množstvích a v zahraničí se tak děje, předpokladem je úprava technologie výroby. Jako možné řešení se nabízí ohřev kameniva na vyšší teplotu, což ovšem přináší větší energetickou náročnost. Dalším řešením je technologie se dvěma sušícími bubny, což představuje náročnou investici.

Z hlediska kvality materiálu je nutné mít dostatečnou znalost o přidávaném recyklátu. Recyklát by měl být frézován po konstrukčních vrstvách a to ve větších celcích, které nejsou znehodnoceny vysrávkovými pracemi. Pro použití recyklátu v obrusných vrstvách je rozhodující kvalita použitého kameniva, zejména odolnost vůči obrusu, odolnost vůči mechanickému poškození a odolnost vůči cyklickému zmrazování a rozmrazování. V případě, že neznáme lokalitu, odkud kamenivo pocházelo a nemůžeme deklarovat jeho vlastnosti, pak je nutné provést řadu zkoušek kameniva, které prokáží jeho kvalitu a

možnost zabudování v obrusné vrstvě. Ideální pro použití R-materiálů do obrusu jsou vyfrézované obrusné vrstvy. Odfrézovaný, případně přetříděný materiál je také nutno samostatně sládkovat, nejlépe v zastřešených depech.

Také množství a kvalita asfaltového pojiva obsaženého v asfaltovém recyklátu ovlivňuje výběr a množství nově přidávaného pojiva do směsi.

Použití asfaltového R-materiálu není technicky jednoduchý proces a zároveň musí být ekonomicky smysluplný.

Stěžejním bodem pro všechny technologie recyklace je znalost recyklovaného materiálu a jeho homogenita. Pak je možné jej používat i pro vysoce kvalitní výrobky používané na dálnicích, rychlostních komunikacích a dopravně zatížených silnicích.



### DŮLEŽITÉ!

Konstrukční vrstvy využívané jako zdroj R-materiálu mohou obsahovat dehtová pojiva, která byla pro svou snadnou zpracovatelnost i dostupnost často používaným materiálem při výstavbě, údržbě a opravách pozemních komunikací v minulých desetiletích. Od roku 1999 je používání dehtových pojiv v silničním stavitelství v České republice zakázáno. Konstrukční vrstvy s obsahem tohoto materiálu se při odstraňování stávající konstrukce nebo případném opětovném využití v nové konstrukční vrstvě mohou stát odpadem, jestliže nedochází k jejich zpracování na místě. Důvodem je zvýšený výskyt polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) a fenolových sloučenin.

Konstrukční vrstvy s obsahem dehtu se mohou vyskytovat zejména v některých vozovkách silnic II. a III. třídy, případně u některých místních a účelových komunikací, nejčastěji se jedná o konstrukce typu starých penetračních makadamů. Odpad z takových konstrukcí bývá pro svůj vyšší obsah škodlivých složek dehtu, i přes jeho přítomnost v malém množství, hodnocen vždy jako nebezpečný.

Silniční dehty jsou směsí černouhelné smoly s vysokovroucími nebo nízkovroucími dehtovými a pyrolýzními oleji. Při teplotě 20°C jsou to viskózní kapaliny barvy tmavohnědé až černé. V porovnání s asfaltem obsahují dehty 5.000 až 10.000krát více prokazatelně karcinogenních polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), současně se vyznačují výskytem některých fenolových sloučenin.

Již v rámci fáze přípravy opravy nebo údržby komunikace je nutné zjistit výskyt PAU provedením diagnostického průzkumu konstrukce, pokud nejsou známy jiné podklady z např. databáze systémů hospodaření s vozovkou a evidence vozovek s dehtovými pojivy.

### 10.2.2 Použití pryžových granulátů pro výrobu asfaltových směsí

Modifikace asfaltového pojiva pryžovým granulátem se v mnoha státech USA v průmyslovém měřítku úspěšně používá od začátku 70. let 20. století. V Evropě se v současné době objevují zřetelné snahy vyrábět a prakticky vyzkoušet dosud opomíjený typ asfaltového pojiv, které je modifikované drcenou pryží získávanou druhotným zpracováním

starých pneumatik. Z anglické literatury se tento typ asfaltu označuje jako CRMB (Crumb Rubber Modified Bitumen).

Principiálně existují dva postupy modifikace asfaltu pomocí odpadní pryže:

První přístup přidává gumový granulát přímo do míchačky obalovny. Tento proces se označuje jako „dry“ – suchý. Je technicky poměrně nenáročný a nevyžaduje žádné dodatečné investice na obalovně. Gumový granulát zde působí spíše jako kameniva zvláštního druhu. Technologická nenáročnost je ovšem vyvážena ne vždy odpovídajícím výsledkem na silnici, kde se objevují především problémy s hutněním a trvanlivostí asfaltového krytu vozovky.

Druhý přístup je označován jako „wet“ – mokrý. Pryžový granulát namletý na milimetrovou velikost se přidává do horkého asfaltu za stálého míchání po dostatečně dlouhou dobu. Drcená guma reaguje v horkém asfaltovém pojivu tak, že dochází k bobtnání částiček gumy. Do částiček gumy během reakční doby pronikají Maternové a aromatické podíly ropného bitumenu. Dochází k jejich bobtnání a tvorbě gelové mezivrstvy, přičemž roste viskozita. Neustálá kontrola viskozity je jedním z faktorů úspěšného řízení modifikačního procesu.

Hlavní přednosti CRMB pojiva v asfaltových směsích má být především:

- zvýšená životnost vozovky
- zvýšená odolnost proti tvorbě trhlin
- nižší tendence ke stárnutí pojiva
- dobrá odolnost proti tvorbě trvalých deformací
- schopnost některých typů obrusné vrstvy s CRMB pojivem výrazně tlumit dopravou generovaný hluk

V České republice se v poslední době ověřují směsi modifikované CRMB s označením „terminal blend“, které se vyrábí modifikací asfaltu jemnozrnným pryžovým granulátem v rafinerii podobně jako modifikovaný asfalt. Granulát se používá v množství (5 – 15 %) a přidané chemické přísady udržují jemné částice pryže rovnoměrně rozptýlené v pojivu.

Metoda přidání 15 až 25 % pryžového granulátu do asfaltu, jeho promíchání, zreagování a přímé dávkování do míchačky obalovny nepřinesla zatím uspokojivé výsledky z hlediska trvanlivosti povrchů zkušebních úseků silnic.

Všechna pojiva s obsahem pryžového granulátu jsou omezeně skladovatelná a je nutné dodržet předepsanou dobu dopravy a skladování. Také při výrobě je vhodné na obalovně použít míchadlo.

Výzkum využití pryžového recyklátu dále pokračuje právě s cílem dosáhnout pokud možno stabilního produktu, který bude bezpečně skladovatelný a nebude při přepravě a další manipulaci způsobovat problémy rozmísení, které ohrožují kvalitu pojiva a způsobují kvalitativní problémy na hotové vrstvě vozovky.



### SAMOSTATNÝ ÚKOL

Zamyslete se nad možností využití jiných odpadních materiálů do asfaltových směsí s uvedením výhod případně nevýhod jejich použití.



### K ZAMYŠLENÍ

Hlavní důvody a význam recyklace materiálů z vozovek jsou:

- zpracování materiálu ze starých porušených vozovek,
- ochrana přírodních zdrojů,
- omezení prostoru skládek,
- ochrana životního prostředí snížením zásahů do krajiny,
- snížení objemu transportovaného materiálu nákladními vozidly,
- ekonomická výhodnost.

Při správném způsobu použití jsou recyklované materiály v mnoha případech stejně hodnotné jako materiály standardní. Využívání recyklovaných materiálů správným způsobem tedy není na úkor kvality stavebního díla.



### TEST 10

#### 1) Recyklace za horka na místě znamená?

- opětovné položení náhráté vyfrézované vrstvy
- ohřátí asfaltové směsi vrstvy určené k recyklaci, její rozpojení, promíchání s přidávanými materiály, zpětné položení a zhutnění
- přidání horkého recyklátu do asfaltové směsi na obalovně

#### 2) Technologie Remix plus obsahuje proti Remixu navíc?

- položení nové asfaltové směsi obrusné vrstvy (vtlačovaná vrstva) systémem horké na horké
- přidání 1% asfaltu do recyklované vrstvy
- přidání frakce kameniva do recyklované vrstvy dle požadavku na křivku zrnitosti

#### 3) Asfaltový R-materiál obsahuje?



- a) více než 85 % asfaltových materiálů s max.obsahem 15 % ostatních recyklovaných materiálů
- b) více než 90 % asfaltových materiálů s max.obsahem 10 % ostatních recyklovaných materiálů
- c) více než 95 % asfaltových materiálů s max.obsahem 5 % ostatních recyklovaných materiálů

**4) Které látky je důležité sledovat při využití asfaltového recyklátu?**

- a) obsah dehtu
- b) obsah nafty
- c) obsah organických rozpouštědel

**5) Jaká je zkratka pro pojivo modifikované pryžovým granulátem?**

- a) CRNB
- b) CRMB
- c) PMPG



## SHRnutí KAPITOLY

1. V silniční praxi jsou nastoleny dvě velké výzvy. Jednak jsou to vzrůstající požadavky z hlediska životního prostředí a dále rostoucí ceny surovin. V případě budování pozemních komunikací je snahou zabudovat různé materiály, které nemají jiné využití a vyskytují se ve velkých objemech. Při údržbě a opravě pozemních komunikací je zase všeobecným trendem použít všechny materiály, které již ve vozovce neplní svou funkci. Cílem je zabránit, aby tyto materiály byly považovány za odpad a aby byly opětovně použity na místě jejich dřívějšího užívání. Proto se vytvářejí uzavřené cykly koloběhu silničních materiálů. Používání recyklovaných materiálů se stává nutností, aby se šetřily přírodní zdroje kameniva a snížila spotřeba drahého asfaltu. Technologie remixu a rexixu plus poskytuje možnost recyklace rekonstruovaných asfaltových vrstev, čímž se šetří energie a peníze.
2. V rámci kapitoly jsou popsány jednotlivé druhy technologií recyklací za horka na místě s popisem jejich postupných prací a shrnutí výhod recyklace na místě.
3. V kapitole jsou popsány možnosti využití dalších přírodních nebo průmyslových materiálů do asfaltových vrstev, jejich rozdělení a možnosti použití. Podrobněji je popsáno využití asfaltového R-materiálu při výrobě asfaltových směsí. Novinkou posledních let je využití pryžového granulátu do asfaltových směsí.



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

TP 209 Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek za horka

Sborník konference Asfaltové vozovky 2011

## 11 DIAGNOSTIKA VOZOVEK

Diagnosis = dia + gnosis  
 (osobitý, oddělený, hloubkový + poznání)

Diagnostika je poznávací proces, jehož cílem je získat o objektu, v našem případě o vozovce/silnici/mostě/konstrukci co nejkomplexnější poznatky.

Diagnostika vozovky je soubor činností a objektivních metod potřebných k hodnocení stavu vozovek na síti pozemních komunikací. Diagnostický průzkum vozovek je soubor činností, které zahrnují identifikaci konstrukčních vrstev, zjištění jejich únosnosti, inventarizaci poruch, objasnění jejich příčin a vypracování návrhu údržby nebo opravy konstrukce vozovky.

Diagnostika poruch povrchových vlastností vozovky vizuálními prohlídkami je důležitým základem pro systém hospodaření s vozovkou, sestavení plánů údržby a odhad nezbytných finančních prostředků pro nutné opravy. Význam má zejména pravidelné periodické provádění vizuálních prohlídek sledujících povrchové vlastnosti vozovek, odborné školení provádějícího personálu a periodické schvalování pracovního týmu pro provádění diagnostiky poruch.



### CÍLE KAPITOLY

1. Pochopit význam diagnostiky pro následné použití v praxi
2. Naučit se základní principy diagnostiky
3. Seznámit se s kategoriemi poruch na asfaltovém povrchu pozemních komunikacích
4. Seznámit se s různými metodami používanými v diagnostice



## RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Diagnostika je poznávací proces vedoucí k poznání stavu sledované konstrukce vozovky, zahrnuje soubor činností, které vedou ke správnému posouzení stavu vozovky, stanovení příčin jejich poruch a výsledek vede ke správnému návrhu opravy vozovky.



## ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

2 hod



## KLÍČOVÁ SLOVA

Diagnostika, vizuální prohlídka, poruchy konstrukce vozovek, příčiny poruch vozovek, měření únosnosti, odběr vzorků, návrh opravy



- Součásti diagnostiky je:
- Diagnostický průzkum vozovky
- Zjištění únosnosti vozovek
- Odběr vzorků - jádrové vývrty (asfaltové vrstvy) a/nebo kopané sondy (podkladní vrstvy, podloží)
- Laboratorní rozbory a zkoušky
- Stanovení příčin poruch
- Návrh opravy

### 11.1 Diagnostický průzkum vozovky

Diagnostický průzkum vozovek je podkladem pro projektanty a správce komunikací.

Během diagnostického průzkumu se musí učinit zásadní rozlišení, zda se jedná o poruchy způsobené únavou konstrukce vozovky (výskyt síťových trhlin nebo plošných deformací) nebo zda je příčina v mechanickém nebo klimatickém opotřebením za případného přispění nekvalitních materiálů nebo špatné technologie (ostatní poruchy).

Z principu modelu porušování vozovky vyplývá, že zatížení koly vozidel způsobuje při každém přejezdu průhyb vozovky, kde ve stmelených vrstvách vznikají opakovaná vodorovná tlaková a tahová přetvoření. Tato přetvoření podle své velikosti dříve nebo později způsobí porušení stmelených vrstev, které se na povrchu projeví vznikem síťových trhlin. Poruchy způsobené únavou jsou tedy přirozeným jevem, charakteristickým pro konec životnosti vozovky. Pokud však vzniknou, ve srovnání s délkou předpokládaného návrhového období předčasně, pak jsou známkou poddimenzované konstrukce vozovky (malé tloušťky konstrukčních vrstev nebo málo únosné podloží). Poddimenzování může vzniknout i druhotně například neplánovaným zvýšením dopravního zatížení, nedodržením tloušťky vrstev při výstavbě nebo ztrátou únosnosti podloží při nefunkčním odvodnění.

Poruchy způsobené únavou mají tedy zásadní význam při dalším rozhodování o způsobu opravy, protože postupně zasahují do všech stmelených vrstev. Umožňují pronikání vody do konstrukce vozovky, podloží (přes trhliny), oslabují konstrukci vozovky, čímž zvyšují namáhání podloží. Proto nelze vrstvy zasažené únavou v konstrukci vozovky ponechat a musí být vyměněny nebo recyklovány.



Při hodnocení poruch se musí vzít v úvahu, zda je výskyt poruch důsledkem přirozeného opotřebením vozovky vzhledem k jejímu stáří, nebo zda se jedná o výskyt předčasný, nebo jde o poruchy, které by se za normálních okolností neměly vůbec vyskytovat.

### 11.1.1 Vizuální prohlídka

Vizuální prohlídka je záznam vyskytujících se poruch na povrchu vozovky a v jejím nejbližším okolí.

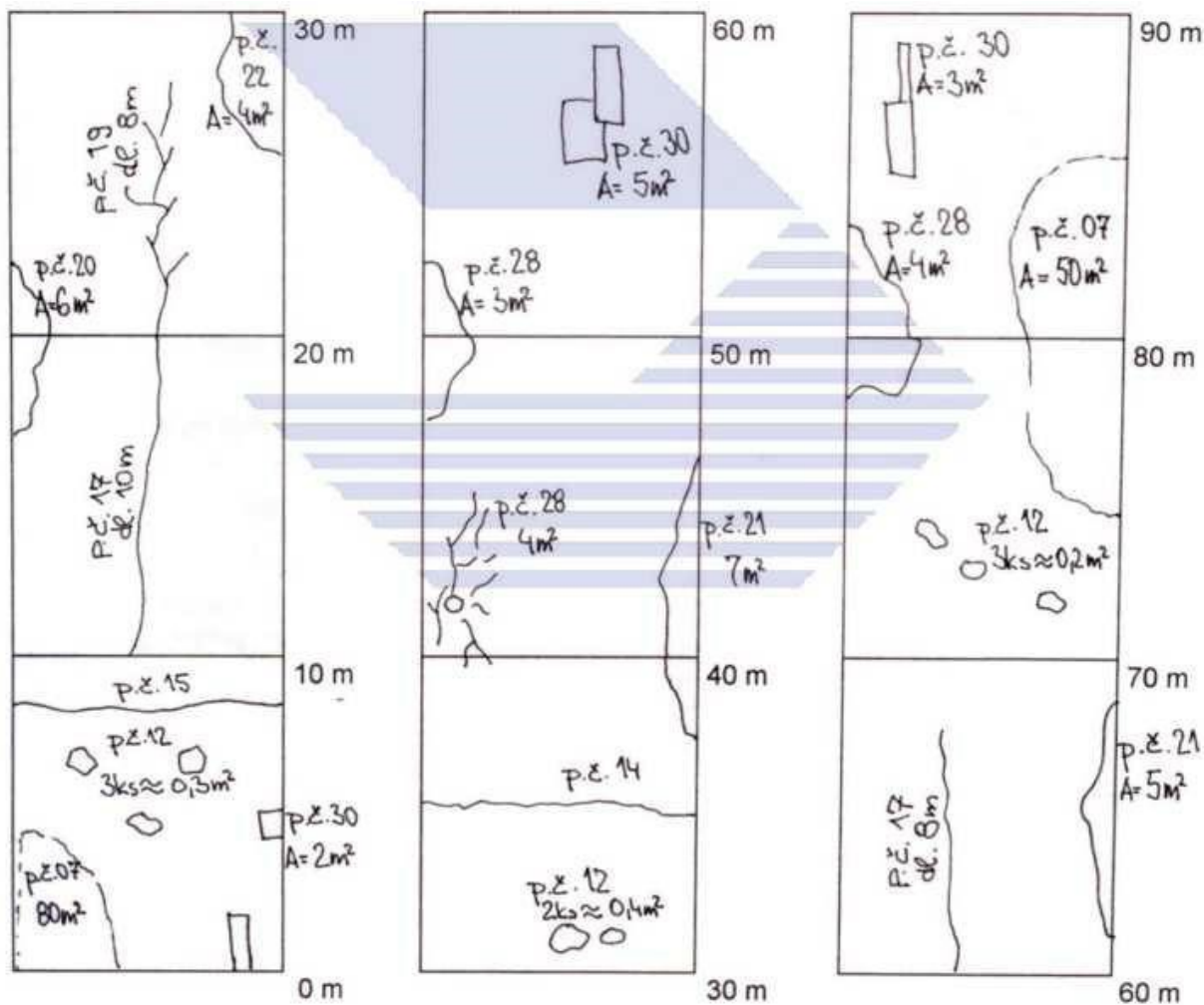
Lze ji provádět jako:

záznam poruch do formulářů nebo tabulek při pěší pochůzce

záznam poruch do počítače pomocí sledování z pomalu jedoucího počítače

videozáznam, případně fotozáznam s vysokým rozlišením a lokalizací sběru

pomocí laserového zobrazovacího systému



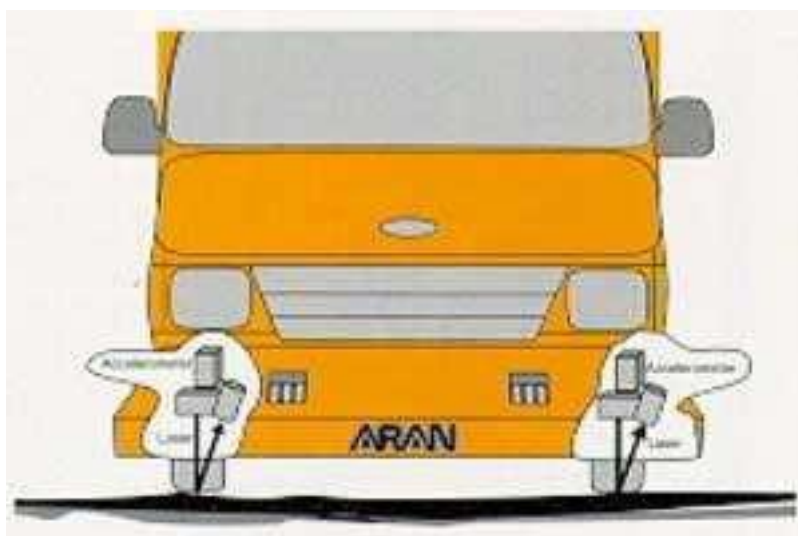
Obrázek 01: Záznam poruch při pěší pochůzce

### 11.1.2 Prohlídka vozidlem ARAN

- měření podélných nerovností
- měření příčných nerovností
- měření makrotextury povrchu vozovky
- měření a vyhodnocování poruch vozovky (Videologing)



Obrázek 02: Vozidlo ARAN



Obrázek 03: Záznam poruch a sběr dat vozidlem ARAN

### 11.1.3 Podmínky prohlídky

Vizuální prohlídka se neprovádí:

- na zasněžené a znečištěné vozovce (bláto, posyp)
- při snížené viditelnosti,
- za deště a v mlze.

Sběr poruch vizuální prohlídkou při ručním záznamu je ovlivněn:

- za deště a v mlze,
- vlivem osvětlení na viditelnost poruch (nejvhodnější je šikmé osvětlení a osychající vozovka, nevhodné je zadní osvětlení), tomu se přizpůsobuje plán jízdy a rychlost jízdy,
- při střídání osvětlení (les, zástavba, stromořadí),
- zaškolením a zkušenostmi pracovníků (i únavou pracovníků).

Výstup z vizuální prohlídky musí obsahovat:

- zjištění typu obrusné vrstvy,
- záznam poruch (druh, plocha, délka),
- záznam výskytu významných lokálních poruch (k dalšímu posouzení)
- vymezení rozdílných úseků (dle typu konstrukce, nebo dle rozsahu poruch)
- další informace (šířkové uspořádání vozovky, stav krajnic, odvodnění, objekty v trase apod.).

## 11.2 Druhy poruch

**Poruchy vozovek** vznikají kumulací poškození a dochází tak k poruchám: povrchu, obrusné vrstvy, krytu vozovek, všech asfaltových vrstev a konstrukce vozovky a podloží.

**Mechanismus porušování** je souhrn mechanických, fyzikálních, chemických a jiných procesů, které způsobují poškození a porušení povrchu nebo konstrukce vozovky.

Zatřídění a stanovení rozsahu poruch je podkladem pro realizaci běžné údržby vozovky a významně napomáhá charakterizovat stav vozovky, včetně její únosnosti a spolu s ostatními charakteristikami vozovky získanými diagnostickým průzkumem tvoří objektivní podklad pro ekonomické rozhodování o technologiích údržby a opravy.

Základním účelem zatřídění a sběru poruch je řešení vztahu:

PORUCHA      □□ →      ODSTRANĚNÍ PORUCHY

Zatřídění poruch vychází z jejich významu porušování a z hlediska jejich údržby a opravy.

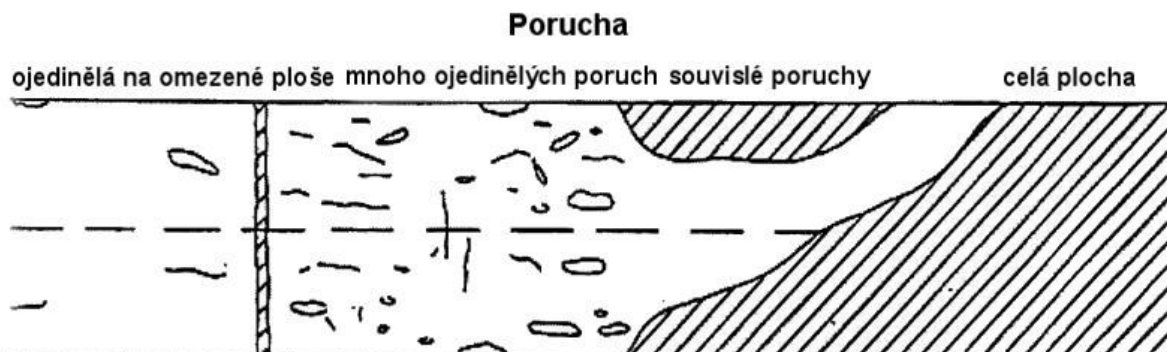
Zatřídění poruch stanovuje, které konstrukční vrstvy jsou poruchami zasaženy, což je důležité pro stanovení technologie údržby a opravy.

Pokud porucha vznikne na povrchu, zpravidla se šíří do hloubky obrusné vrstvy a do všech stran plochy vozovky. Včasné odstranění nebo omezení vývoje poruchy postihující obrusnou vrstvu vozovky je nutné z hlediska silničního provozu a také z hlediska zpomalení procesu porušování konstrukce vozovky zvýšeným namáháním konstrukce a podloží.

Nejvýznamnější poruchy vznikají v podloží a zemním tělese. V tomto případě se poruší celá konstrukce vozovky a je nutno provádět opravu celé konstrukce.



Stanovení rozsahu poruch vystihuje jejich vývoj v ploše vozovky, tzn. velikost zasažené plochy vozovky je důležitá pro stanovení údržby a opravy.



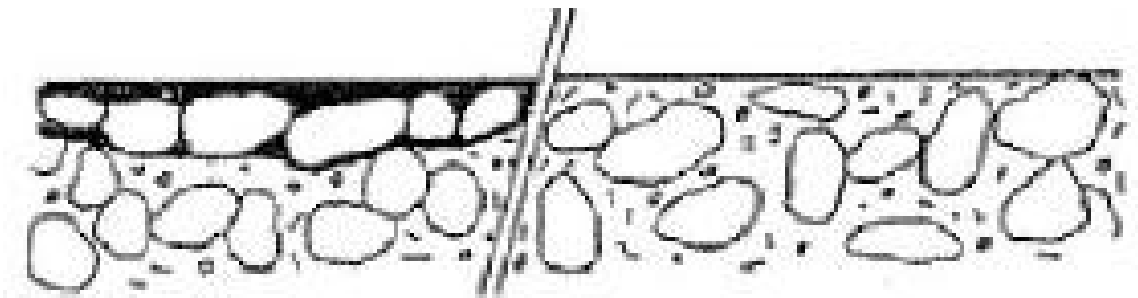
**Obrázek 04: Stanovení rozsahu poruch**

Skupina poruch	Číslo poruchy kat.list	Název poruchy	Skupina poruch	Číslo poruchy kat.list	Název poruchy
Ztráta protismykových vlastností	01	Ztráta mikrotextury	Deformace	18	Olamování okrajů vozovky
	02	Ztráta makrotextury		19	Puchýře v MA
Ztráta hmoty	03	Kaverny		20	Nepravidelné hrboły
	04	Opořebenění EKZ, EMK		21	Vyjeté koleje
	05	Ztráta kameniva z nátěru		22	Místní hrbol
	06	Ztráta asfaltového tmelu		23	Podélný hrbol
	07	Hloubková koroze		24	Místní pokles
	08	Výtluky v obrusné vrstvě a krytu		25	Podélný pokles
	09	Vysprávký		26	Plošná deformace vozovky
Trhliny	10	Mozaikové trhliny		27	Prolomení vozovky
	11	Trhлина úzká podélná	Jiné poruchy	28	Zanesení příkopů
	12	Trhлина úzká příčná		29	Zvýšená nebezpečná krajnice
	13	Trhлина široká podélná			
	14	Trhлина široká příčná			
	15	Trhлина rozvětvená podélná			
	16	Trhлина rozvětvená příčná			
	17	Sítové trhliny			

**Obrázek 05: Druhy poruch**

### 11.2.1 Ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky

- **ztráta makrotextury** - uzavřením povrchu do hladké plochy bez vystupujících zrn kameniva. Projevuje se lesklým, zaobleným a hladkým povrchem zrn kameniva nebo dlažebních prvků.



**Obrázek 06: Ztráta makrotextury**

- **ztráta mikrotextury** - vyhlazením zrn kameniva v povrchu vozovky vlivem dotyku s pneumatikami. Na povrchu vozovky se vyskytuje přebytek asfaltového pojiva u nátěrů (pocení nátěru).



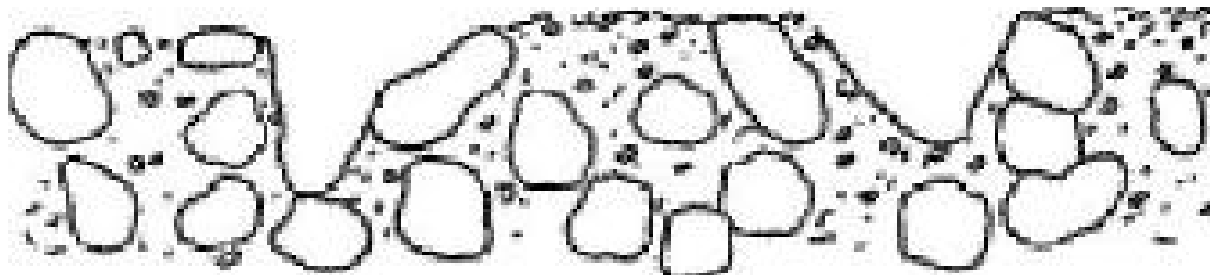
**Obrázek 07: Ztráta mikrotextury**

### 11.2.2 Ztráta hmoty z krytu

Spojení zrn kameniva je narušováno účinkem zatížení, působením klimatických vlivů, stárnutím asfaltu a drobením kameniva.

- **Kaverny v povrchu vozovky**

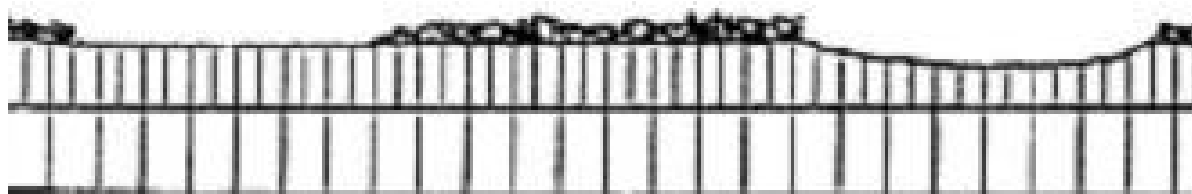
Poruchy ve tvaru jamky, které vznikají omezeně na místech, kde se v asfaltové směsi nachází na povrchu nebo pod povrchem málo odolné zrno kameniva, hlinitá hrudka, případně cizí těleso.



**Obrázek 08: Kaverny v povrchu vozovky**

- **Opotřebení EKZ**

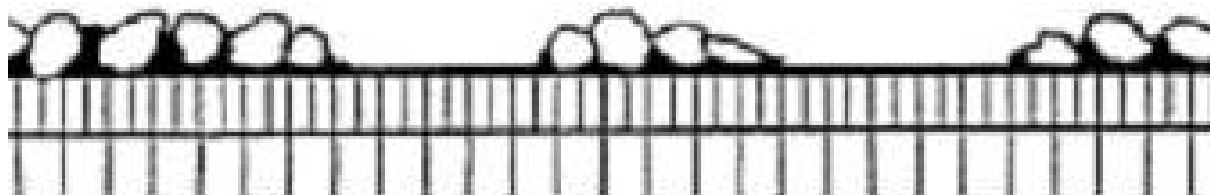
Emulzní kalové vrstvy se vlivem provozu opotřebovávají nebo se od obrusné vrstvy olupují. Olupováním emulzního kalového zátěru vznikají na vozovce barevně odlišné mapy.



**Obrázek 09: Opotřebení EKZ**

- **Ztráta kameniva z nátěru**

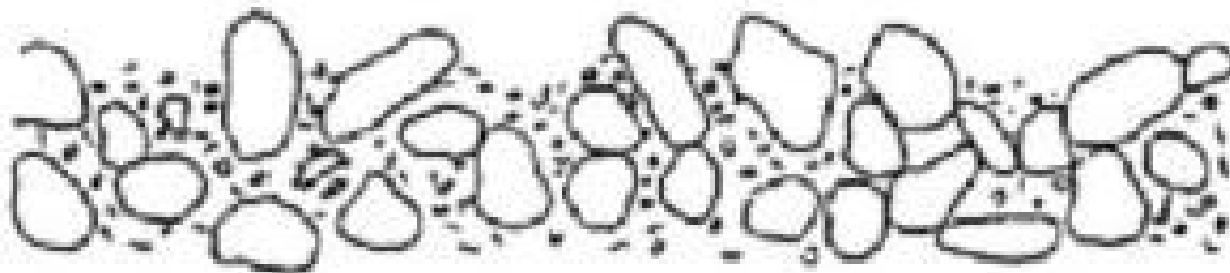
Uvolnění kameniva z nátěru, na povrchu vozovky zůstává asfaltové pojivo.



**Obrázek 10: Ztráta kameniva z nátěru**

- **Ztráta asfaltového tmelu**

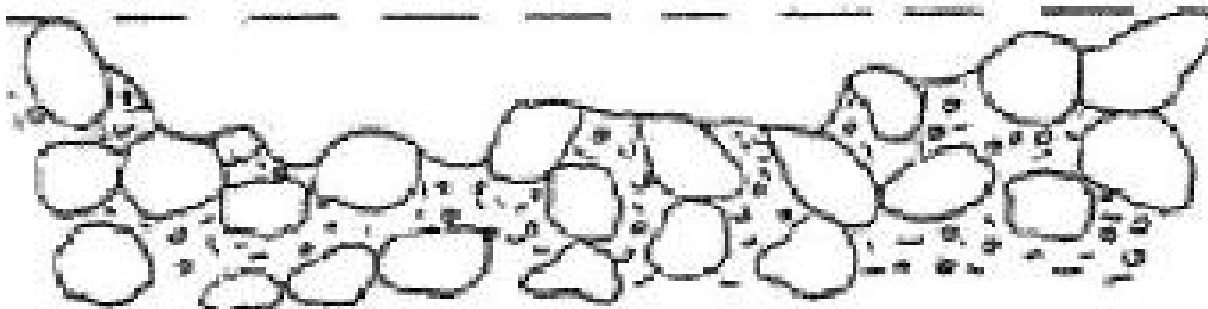
Uvolňování asfaltového tmelu z prostoru mezi většími zrny kameniva. Projevuje se nadměrnou makrotexturou (vystupujícím kamenivem o velikosti maximálního použitého zrna) a otevřeným povrchem vozovky.



**Obrázek 11: Ztráta asfaltového tmelu**

- **Hlubková koroze**

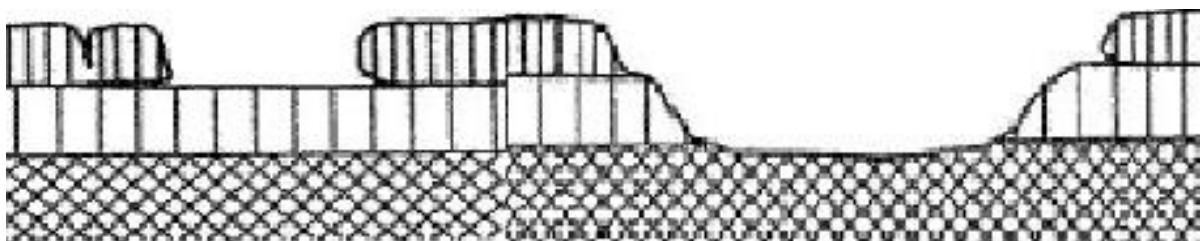
Nerovnosti v povrchu vozovky do hloubky 6 - 20 mm vzniklé uvolněním asfaltové směsi. U penetračního makadamu a kaleného šterku se objevuje hrubozrnná kostra kameniva.



**Obrázek 12: Hlubková koroze**

- **Výtluky (v ohrusné vrstvě, v krytu)**

Působením provozu vozidel a klimatických vlivů dochází ke ztrátě hmoty z ohrusné vrstvy, nebo z krytu a vzniká ostře ohraničená "díra" přes celou ohrusnou vrstvu, anebo celou tloušťku krytu. Někdy mohou být zasaženy i podkladní vrstvy.



**Obrázek 13: Výtluky**

- **Vysprávky**

Místo na vozovce, které je vyspraveno odfrézováním a přidáním asfaltové směsi. Takto vyspravované místo na vozovce charakterizuje nehomogenní povrch vozovky, sníženou rovnost a možnost dalšího vývoje výtluků.



Obrázek 14: Vysprávký

### 11.2.3 Trhliny



rozdílné trhliny = rozdílné příčiny vzniku

#### - Mrazové trhliny

Při nízkých teplotách dochází ke smršťování vrstvy, tím dochází k jejímu postupnému narušování. Při teplotách až  $-20^{\circ}\text{C}$  nebo při rychlém poklesu teploty povrchu se na povrchu vytvoří smršťovací trhlina, která se v povrchu a hloubce vrstvy dále šíří a oslabí asfaltové vrstvy. Opakovanými poklesy teploty trhlina dosáhne vzájemného spojení obrusné vrstvy s ložní nebo podkladní vrstvou vozovky, pak se šíří buď stejně do hloubky, nebo naruší spojení vrstev.



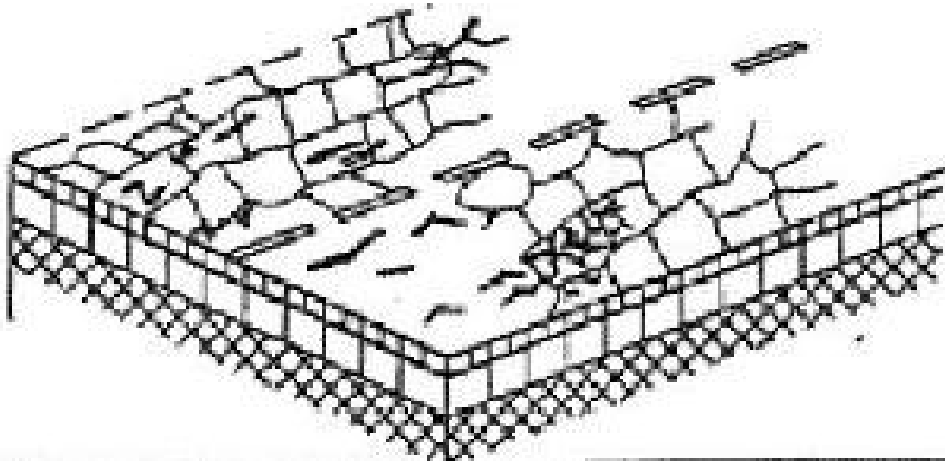
**Obrázek 15: Mrazové trhliny**

- **Nepřavidelné a mozaikové trhliny**

Nejčastější příčinou vzniku mozaikových trhlin je nedokonalé spojení vrstev krytu

- nepoužití celoplošně provedeného spojovacího postřiku,
- znečištění vrstvy před pokládkou nové asfaltové vrstvy.

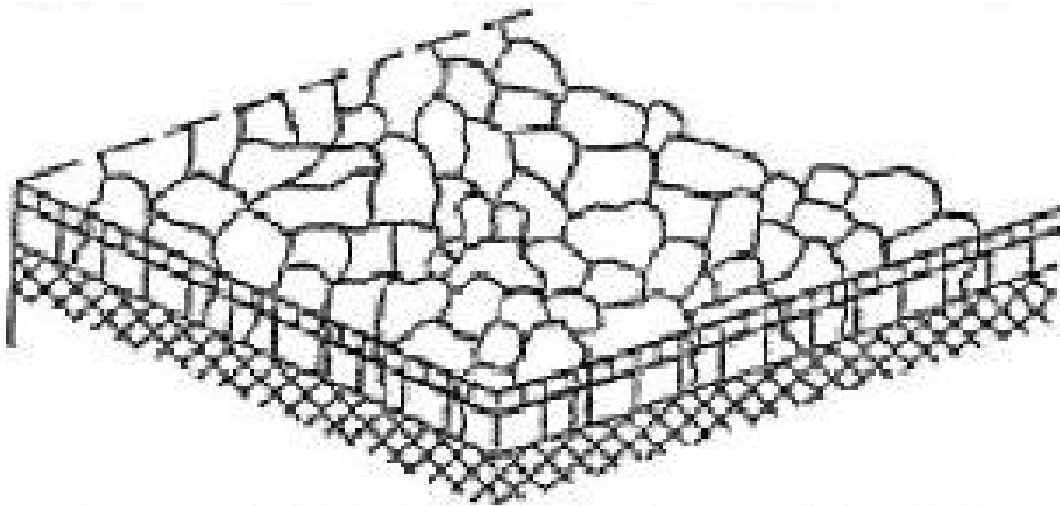
Další možnou příčinou může být zvýšené stárnutí asfaltu a ztráta reologických vlastností asfaltového pojiva.



**Obrázek 16: Mozaikové trhliny**

- **Sít'ové trhliny**

Opakovaným zatěžováním v místě nejvyššího namáhání na spodním líci asfaltových vrstev dojde ke vzniku zárodku trhliny. Trhlina se šíří k povrchu vozovky a do délky. Dochází ke zvýšenému namáhání podloží. Dosáhne-li trhlina povrchu vozovky, dostane se voda do podloží, jehož únosnost se zvýšeným obsahem vody a rozbředáním sníží. Trhliny se šíří, spojují v síť, méně hustou než u mozaikových trhlin (velikost ok odpovídá tloušťce vrstev vrstvy 10-40 cm). Sít'ové trhliny jsou doprovázeny deformacemi vozovky.



**Obrázek 17: Sít'ové trhliny**

- **Porušení pracovních spár**

Na napojení postupně pokládaných brusných vrstev vzniká oslabení průřezu spojením pokládaných pásů. Vrstva prvně pokládaného pásu nemůže být u volného okraje řádně zhutněna. Druhá vrstva se rovněž hůře zhutňuje pro rychlejší vychládání. Spojované vrstvy špatně spojují a asfaltová směs v okolí spáry často vykazuje nedokonalé zhutnění.

- **Jiné trhliny**

Smykové trhliny lemující poruchy zemního tělesa usmýknutím, poklesem, propadem apod. Trhliny obrusné vrstvy ve tvaru srpu vzniklé posunem nespojené obrusné vrstvy vodorovným zatížením (brzděním, rozjíždění).

**Trhliny z hlediska diagnostiky při sběru poruch:**

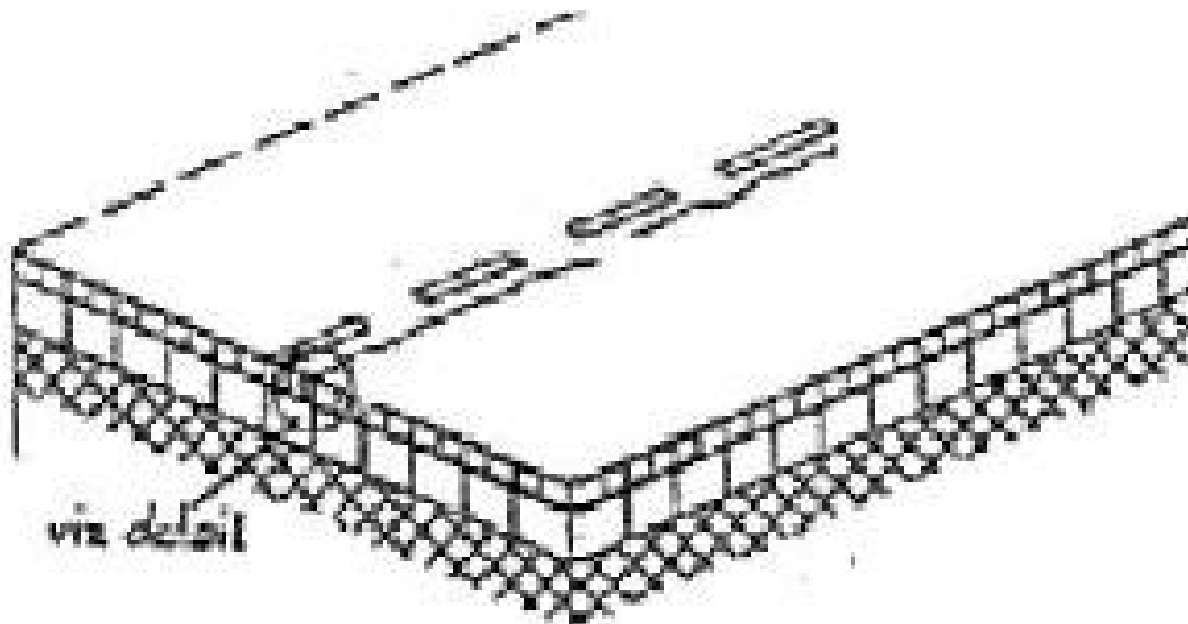
Pro sběr poruch se trhliny rozlišují dle následujících kritérií:

- **Mozaikové trhliny**

Úzké, zprvu málo výrazné, krátké, nepravidelně dlouhé trhliny vyskytující se souběžně nebo ve stopě vozidel. Trhliny se větví a spojují v síť trhlín, které zasahují jen obrusnou vrstvu vozovky. Oka sítě se mohou zahustit až do velikosti tloušťky obrusné vrstvy.

- **Trhlina úzká podélná**

Trhlina v podélném směru, šířka do 5 mm.

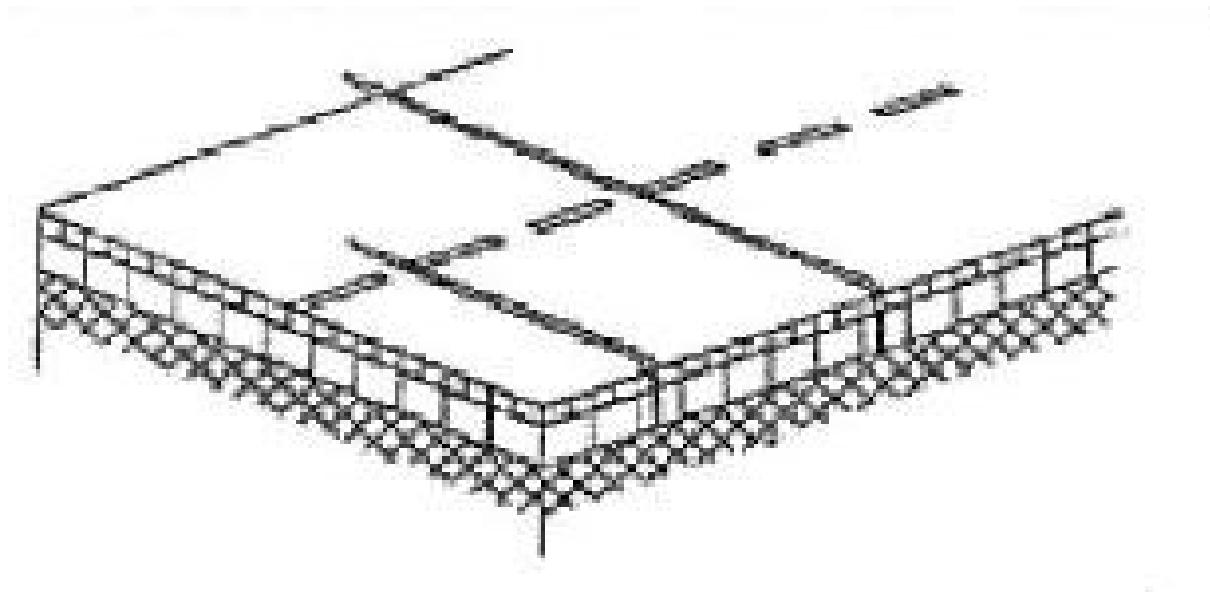


**Obrázek 18: Podélné trhliny**

- **Trhlina úzká příčná**

Trhlina jdoucí do poloviny vozovky nebo procházející napříč celou vozovkou. Šířka trhliny je do 5 mm.





**Obrázek 19: Příčné trhliny**

- **Trhlina široká podélná**

Trhlina v podélném směru, šířka nad 5 mm. Obvykle porucha na pracovní spáře.

- **Trhlina široká příčná**

Trhlina jdoucí do poloviny vozovky nebo procházející napříč celou vozovkou. Šířka trhliny je nad 5 mm. Stejně se chová reflexní trhlina jako prokopírovaná smršťovací trhlina na podkladech stmelěných hydraulickými pojivy.

- **Trhlina rozvětvená podélná**

Podélná trhlina s přidruženými (mozaikovými nebo síťovými trhlinami), odlámanými hranami trhlin a začínajícími výtluky.

- **Trhlina rozvětvená příčná**

Příčná trhlina s přidruženými trhlinami, odlámanými hranami a začínajícími výtluky.

- **Síťové trhliny**

Porušení asfaltových vrstev únavou (vyšší dopravní zatížení, než zatížení, na něž byla vozovka vybudována, tenké asfaltové vrstvy), neúnosné podloží, porucha odvodnění, použití namrzavého materiálu v podkladní vrstvě, podložní zemina proniká do podkladních vrstev (nesplněno filtrační kritérium).



**Obrázek 20: Sít'ové trhliny**

#### **11.2.4 Konstrukční poruchy**

Konstrukční poruchy ve vozovce vznikají kumulací nepružných přetvoření vlivem objemových změn:

- v asfaltových vrstvách,
- v nestmelených vrstvách vozovky a v podloží,
- v zemním tělese,
- v podloží násypu (deformace snížením povrchu vozovky – poklesy, deformace zvýšením povrchu vozovky – hrboly).

#### **Konstrukční poruchy z hlediska diagnostiky při sběru poruch:**

- **Olamování okrajů vozovky**

Projevuje se podélnými, mozaikovými nebo sít'ovými trhlinami a deformacemi na okraji vozovky nebo poklesem kraje vozovky. Nedostatečně zhutněné podloží a neúnosné podkladní vrstvy na okraji vozovky, podmáčení okrajů vozovky (zanesený příkop), nesprávně provedené rozšíření vozovky.



**Obrázek 21: Olamování okrajů vozovky**

**- Puchýře v litém asfaltu (MA – mastix asphalt)**

Vyvýšenina ve tvaru puchýře o průměru 5 - 25 cm v obrusné vrstvě z litého asfaltu na betonovém nebo cementem zpevněném podkladu. Místní nahromadění vodních par pod vrstvou z litého asfaltu při vysokých letních teplotách působí svým tlakem a vrstva je zvednuta do tvaru puchýře.



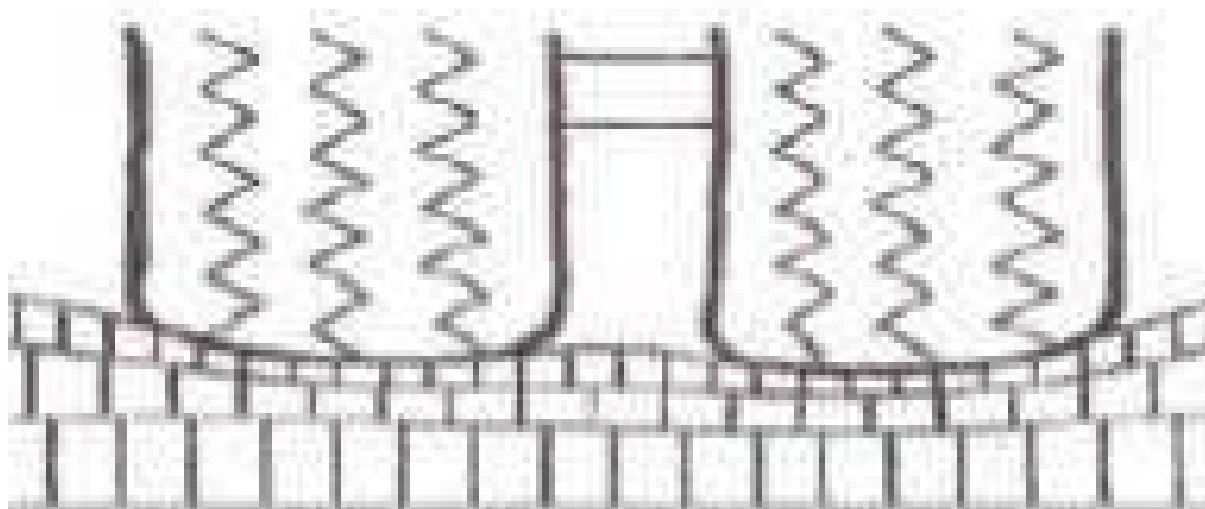
**Obrázek 22: Puchýře v MA**

- **Nepravidelné hrboly**

Nepravidelné nerovnosti na povrchu vozovky vzniklé opakovanou běžnou údržbou nátěry a tryskovou metodou. Opakovaná nebo nevhodná běžná údržba poruch asfaltových vrstev.

- **Vyjeté koleje**

Deformace příčného řezu vozovky ve stopách kol nákladních vozidel. Nedostatečná odolnost vrstev krytu proti trvalým deformacím (použití těžných kameniv, nevhodná křivka zrnitosti, vysoký obsah asfaltu, druh asfaltu s vyšší penetrací, vysoké dopravní zatížení).



**Obrázek 23: Vyjeté koleje**

- **Místní hrbol**

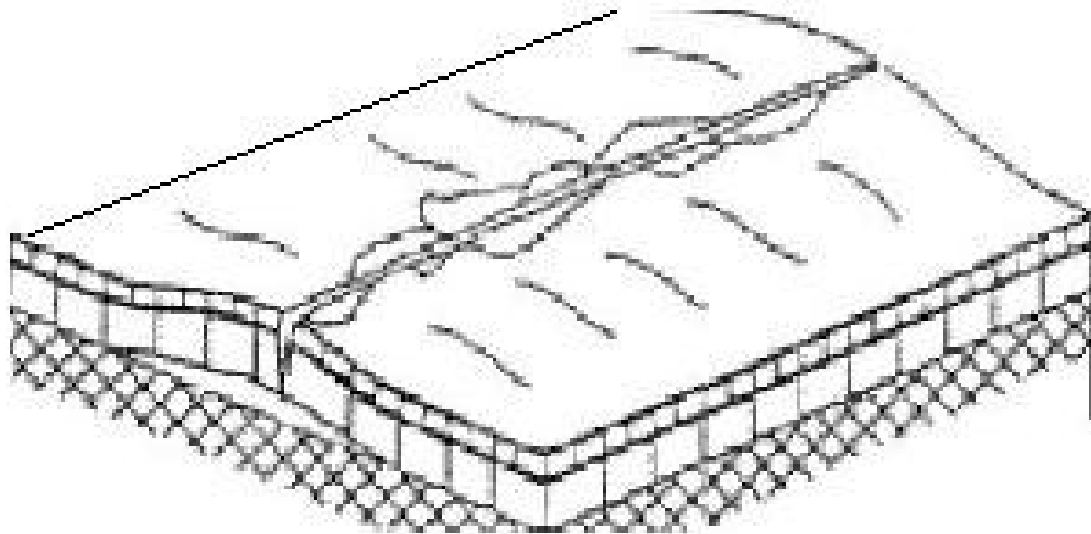
Kruhová nebo oválná vyvýšenina průměru 1 - 3 m. Vzniká místními objemovými změnami v podloží a v podkladních vrstvách. Tyto poruchy mohou vznikat i bobtnáním nevhodných materiálů (hlušiny, strusky, jíly), namrzáním (po rozmrznutí zůstanou trhliny) a rozrůstáním kořenů stromů.



**Obrázek 24: Místní hrbol**

- **Podélný hrbol**

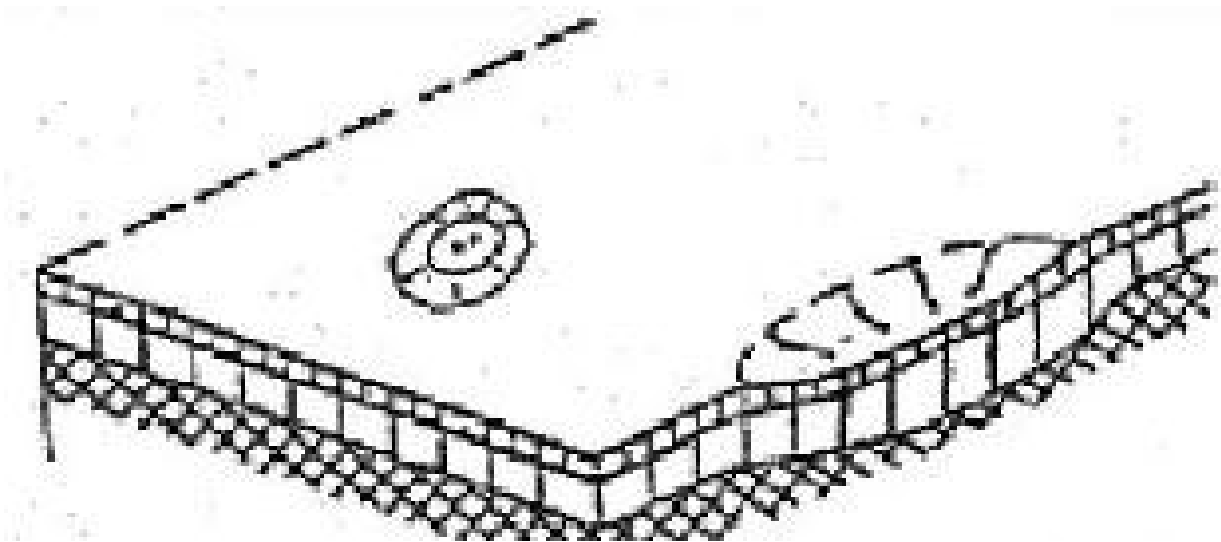
Vyvýšenina v podélném řezu jdoucí kolmo na osu vozovky. Má různou výšku a šířku a je doprovázena příčnou trhlinou. Teplotní pohyby na příčných širokých trhlinách nebo na trhlinách způsobených objemovými (déлковými) změnami podkladních vrstev případně na poddolovaném území.



**Obrázek 25: Podélný hrbol**

- **Místní pokles**

Místní více či méně kruhová prohlubeň o různém průměru a různé hloubce. Nedostatečné zhutnění podloží nebo podkladních vrstev v místě obsypu konstrukcí, zásypu jam, studní, oprav inženýrských sítí apod. Vyplavování nestmeleného materiálu z konstrukce vozovky nebo i podloží (nejčastěji při poškození kanalizace nebo trativodu v tělese silnice).

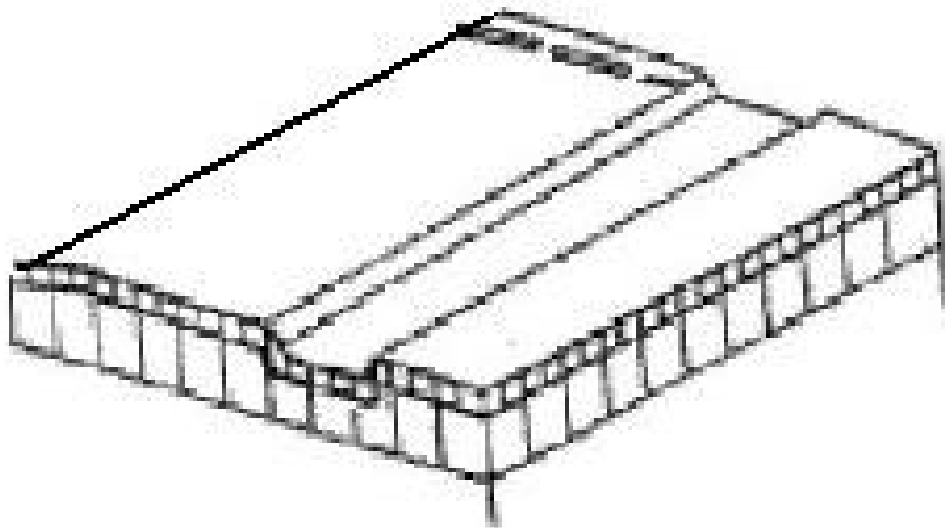


**Obrázek 26: Místní pokles**

- **Podélný pokles**

Prohlubeň jdoucí v podélném řezu o různé šířce a hloubce. Prohlubně mohou být provázeny příčnými trhlinami. Příčinou vzniku poruchy bývá nedostatečné zhutnění zásypů rýh pro položení různých vedení napříč vozovkou nebo nedostatečným

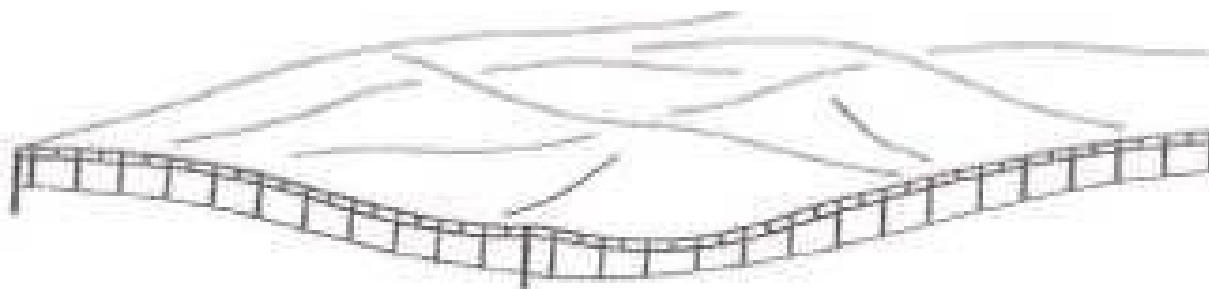
zhutnění násypu tělesa na styku s mostními objekty, při napojení zářezu na násyp nebo nové vozovky na starou.



**Obrázek 27: Podélný pokles**

- **Plošná deformace vozovky**

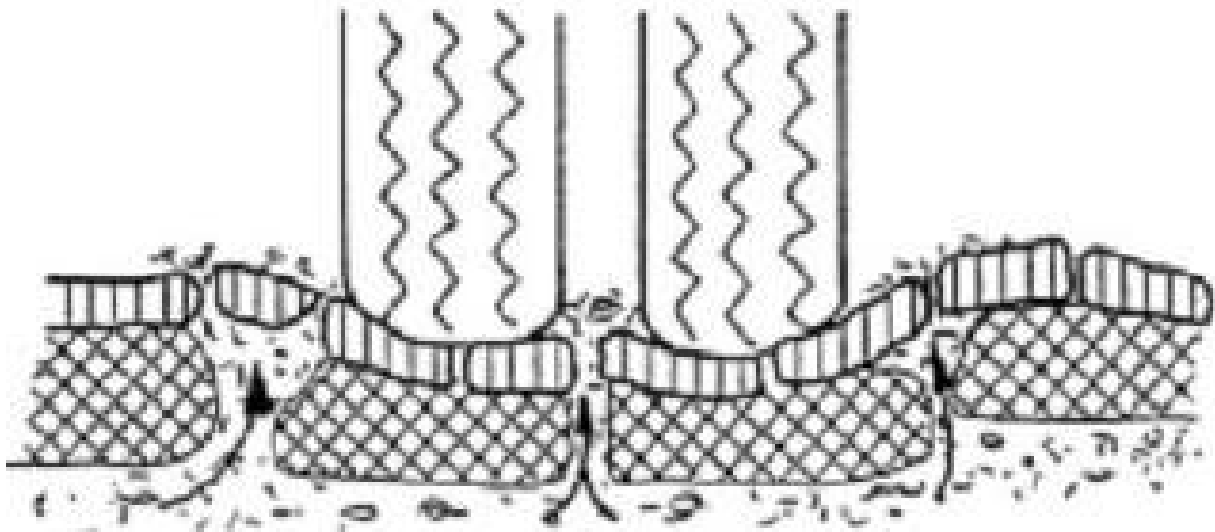
Výrazné nepravidelné střídání hrbolů a prohlubní s největšími deformacemi v místech opakovaného zatížení vozovky. Příčinou je nedostatečné a nerovnoměrně zhutněné podloží a konstrukční vrstvy vozovky. Pokud se vyskytuje v kombinaci s širokými a síťovými trhlinami a výtluky, jde o málo únosné, zvodnělé nebo nehomogenní podloží, poddimenzovanou vozovku, nehomogenní a rozšiřovanou vozovku.



**Obrázek 28: Plošná deformace vozovky**

- **Prolomení vozovky**

Vozovka porušená místními hrboly (výmrazky), síťovými trhlinami a hrbolem je prolomená těžkými nákladními vozidly, příp. je vozovka úplně rozpadlá. Voda nahromaděná v podloží v době jarního tání nebo voda pronikající přes propustný kryt sníží únosnost podloží natolik, že těžká nákladní vozidla vozovku prolomí.



**Obrázek 29: Prolomení vozovky**

#### **11.2.5 Jiné poruchy**

##### **- Zanesení příkopů**

Podélné příkopy jsou zaneseny. Je narušen odtok vody v příkopu. Příkop se postupně zanáší a nemůže jím odtékat voda, stojící voda začíná podmáčet podloží, čímž může způsobit snížení únosnosti podloží.





**Obrázek 30: Zanesení příkopů**

**- Zvýšená nezpevněná krajnice**

Nezpevněná krajnice vozovky je zvýšena nad úroveň neprašné části komunikace. Brání odtoku vody z povrchu vozovky. (Neuklizený inertní posypový materiál ze zimní údržby, nánosy z přilehlých pozemků, vzrostlá vegetace).



**Obrázek 31: Zvýšená nezpevněná krajnice**

### **11.3 Únosnost vozovek**

Mechanická účinnost konstrukce vozovky je závislá na:

- a) únosnosti podloží
- b) tloušťce jednotlivých vrstev vozovky
- c) pevnosti a deformačních vlastností materiálů jednotlivých vrstev vozovky
- d) skladbě vozovky a míry spolupůsobení vrstev na jejich styku

#### **11.3.1 Měření únosnosti podkladních vrstev**

V průběhu výstavby je možné stanovit únosnost podkladních vrstev nepřímými metodami. Nepřímé metody stanovení se uplatňují v případech, kdy z praktických důvodů se neuplatní metody přímé – např. u kamenité sypaniny, kde stanovení objemové hmotnosti na stavbě je obtížné. Tyto metody lze v rámci diagnostiky použít v případech, kdy je možné odstranit vrstvy krytu konstrukce (asfaltový nebo betonový kryt) v dostatečném rozsahu pro potřeby zkoušky únosnosti.

- **Statická zatěžovací zkouška** – slouží k ověření deformačních charakteristik. Výsledkem zkoušky je modul přetvárnosti z druhého zatěžovacího cyklu  $E_{def,2}$  a poměr modulů přetvárnosti  $E_{def,2}/E_{def,1}$  určených z druhého a prvního zatěžovacího cyklu.



**Obrázek 32: Statická zatěžovací zkouška**

- **Dynamická (rázová) zatěžovací zkouška** - Zkouška určena jako orientační měření při zjišťování únosnosti pro následné zkoušení statickou zatěžovací zkouškou nebo pro místa, kde z důvodu nedostatku místa nelze statickou zkoušku realizovat, např. ve výkopech inženýrských sítí. Rázová zkouška je nedestruktivní zkouška, při níž je povrch zkoušeného prostředí zatížen rázovým pulzem. Rázový pulz je vyvozen pádem závaží na zatěžovací desku prostřednictvím tlumícího systému. Při zkoušce se registruje průběh a velikost rázového pulzu a svislá deformace povrchu zkoušeného prostředí. Výsledkem zkoušky je rázový modul deformace  $M$

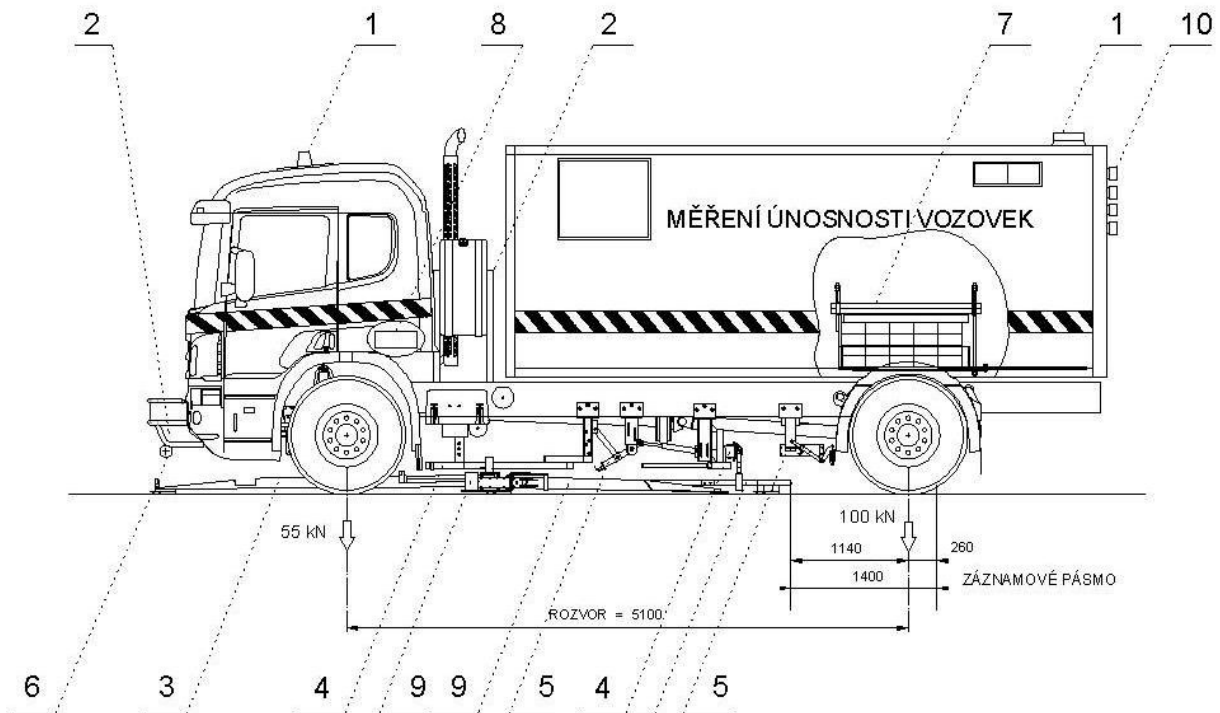


Obrázek 33: Lehká dynamická deska

### 11.3.2 Měření únosnosti na povrchu vozovek

- **Statická zatěžovací zkouška (Deflektograf, pákový průhyboměr)** Deflektograf je mobilní automatizovaný pákový průhyboměr měřící v pravidelných krocích

příčinkovou čáru průhybu vozovek s asfaltovým nebo cementobetonovým krytem osazený na těžkém nákladním automobilu s předepsanou hmotností hnané zadní nápravy.

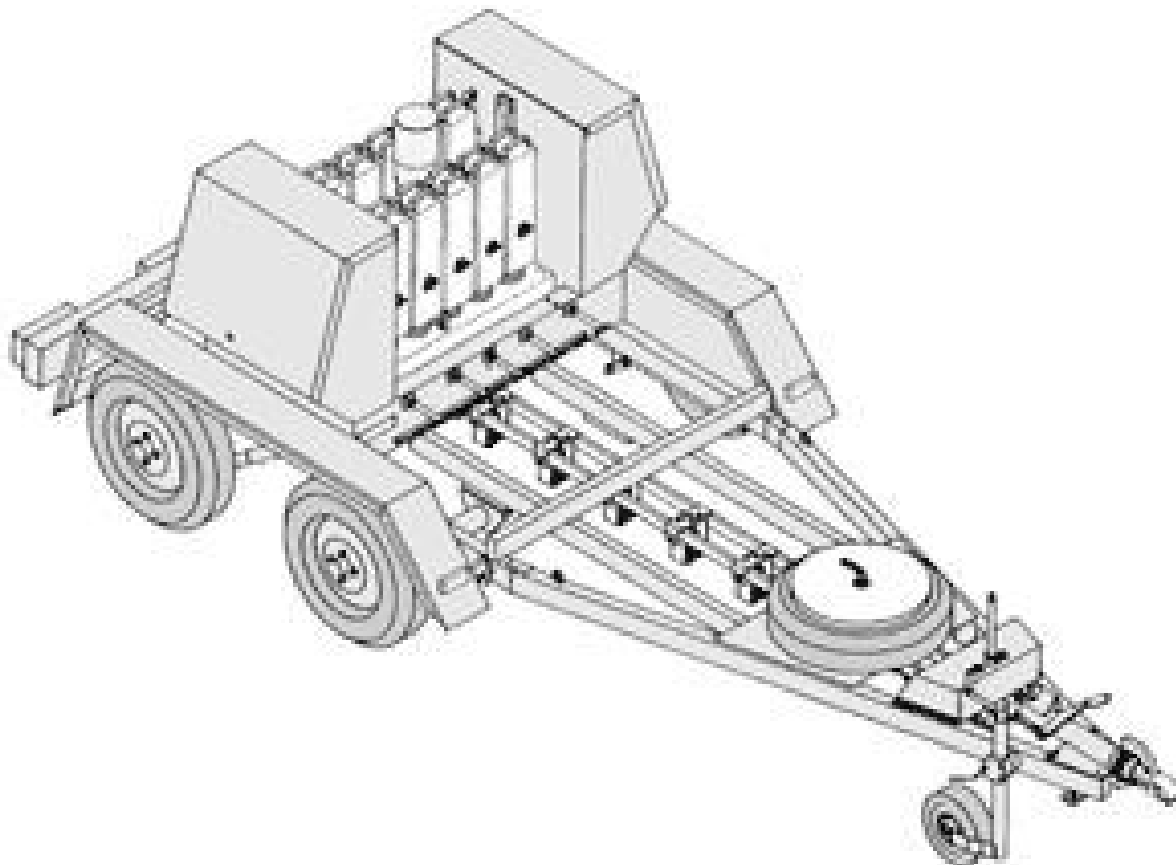


**Obrázek 34: Deflektograf**

- 2 - hydraulický rozvod, který zajišťuje cyklický posun měřicího rámu o krok měření (min. 6 m)
- 3 - měřicí rám ve tvaru „T“ se střední podporou dopředu vozidla,
- 4 - vymežovací zařízení měřicího rámu (4), zajišťující jeho přesné umístění na vozovce před měřením
- 5 - nosné zařízení měřicího rámu v transportní poloze a zdvihací mechanismus pro manipulaci
- 6 - naviják s vodící kladkou
- 7 - zatížení zadní nápravy 100 kN
- 8 - Elektronická část (měřicí ramena se snímači průhybu, snímač teploty, měřič délkové míry a rychlosti...)
- 9 - dvě měřicí ramena měřící průhyb mezi pneumatikami dvojmontáže zadní nápravy na délku záznamového pásma průhybu vozovky (min. 1400mm)

- **Rázová zatěžovací zkouška = FWD (Falling Weight Deflectometer)** Výstupem z měření na daném místě jsou hodnoty průhybu v závislosti na vzdálenosti od středu zatížení (průhybová čára) pod definovaným zatížením charakterizujícím účinek zatížení TNV. Naměřená průhybová čára je veličina podléhající vlivům

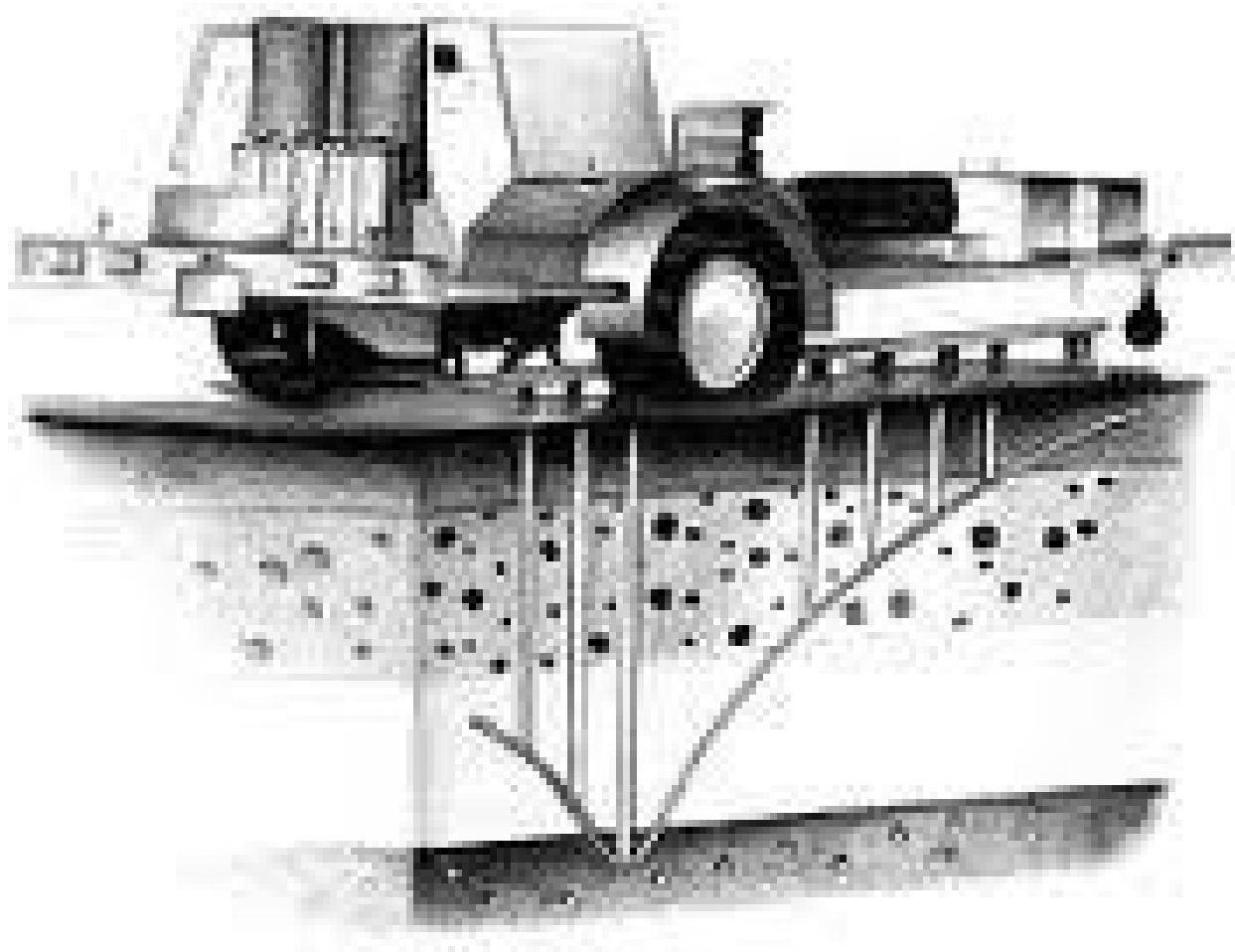
teploty, vlhkosti a náhodným vlivům vrstev vozovky a podloží. Měření průhybů se provádí po 25 m (50m pro jeden jízdní pruh).



Obrázek 35: FWD



Obrázek 36: FWD

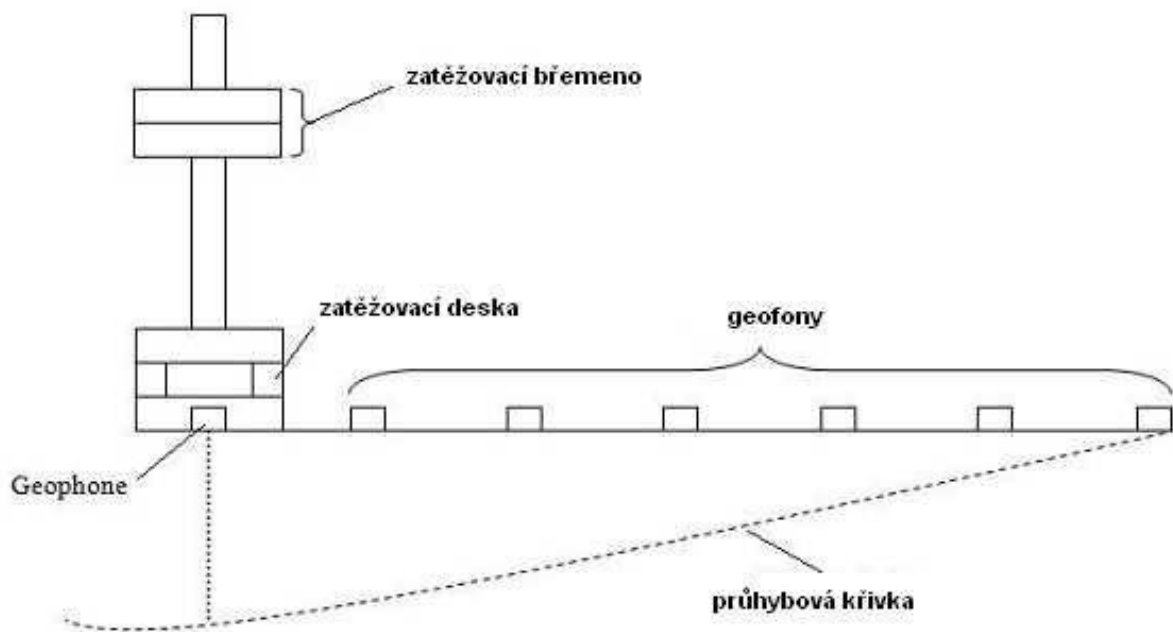


Obrázek 37: FWD





Obrázek 38: FWD



Obrázek 39: FWD

Výsledky měření FWD:

- průhybová čára,
- modul pružnosti,
- zbytková životnost,

- tloušťka potřebného zesílení.

### 11.3.3 Stanovení zbytkové životnosti vozovky

Zbytková doba životnosti vozovky stanovená na základě měření únosnosti se použije při rozhodování o opravě nebo rekonstrukci vozovky.

Průhybové čáry naměřené ve středech desek se vyhodnocují použitím výpočtů podle teorie vrstevnatého poloprostoru. Podmínkou výpočtu jsou známé tloušťky vrstev vozovky a druh materiálu (jádrové vývrty, laboratorní zkoušky konstrukčních vrstev a podloží).

### 11.4 Odběr vzorků

Slouží ke stanovení skladby konstrukce vozovky, u jednotlivých vrstev se zjišťuje:

typ vrstvy,

tloušťka vrstvy,

spojení jednotlivých stmelených vrstev, stav jednotlivých vrstev,

zatřídění materiálu a získání potřebného materiálu pro zkušební vzorky,

další zjištěné důležité skutečnosti (přítomnost vody, podezření na přítomnost dehtu).

Doporučená vzdálenost vývrtů je 250 m (min 3 ks bez ohledu na délku).

Doporučená vzdálenost kopané sondy je 1000 m (min 2 ks).

Vývrty a sondy musí zajistit potřebné množství materiálu pro laboratorní zkoušky.

### 11.5 Laboratorní rozbor a zkoušky

Laboratorní zkoušky se provádějí za účelem přesnější identifikace typu a kvality vrstev, zjištění vlastností podloží nebo objasnění příčiny poruch tam, kde je to potřebné pro stanovení způsobu opravy. Pro laboratorní zkoušky je třeba získat ze sond potřebné množství materiálu pro řádné provedení rozborů a stanovení vlastností vrstvy. V odůvodněných případech je možno některé zkoušky nahradit vizuálním hodnocením na základě odborného odhadu vyplývajícího ze zkušeností odborného pracovníka provádějícího diagnostiku.

### 11.6 Stanovení příčin poruch

Stanovení příčin poruch je souhrnem informací z vizuální prohlídky, vývrtů, měření únosnosti, laboratorních zkoušek a případně znalostí historie vozovky. Při posuzování příčiny poruch je nutné vzít v úvahu i přirozené stárnutí vozovky s působením účinků dopravy a tím porušování vozovky.



**Důležité:** při posuzování stavu vozovky je třeba zohlednit nejen současný stav vozovky vyplývající ze zjištěných poruch a posouzení na základě laboratorních zkoušek, ale

je vhodné také získat případné informace z historie vozovky (např. opakovaně se vyskytující poruchy, problémy s odvodněním, reklamace aj.).

## 11.7 Návrh opravy

Návrh opravy je hlavním výstupem diagnostického průzkumu, sestavený na základě zjištěných skutečností. Je potřeba vzít v úvahu předpokládanou životnost vozovky a především je nutné odstranit příčinu vzniku poruch.

Možné příčiny vzniku poruch:

únava vozovky = výměna krytových vrstev,

nevyhovující únosnost vozovky = zesílení konstrukce, nebo výměna materiálu,

konečná fáze životnosti konstrukce = celková výměna konstrukce, nebo transformace stávajících vrstev.

Návrh opravy vozovky je vhodné navrhnout ve více variantách.



### SAMOSTATNÝ ÚKOL, NĚKDY JE VHODNÉ POUŽÍT ČÍSLOVÁNÍ

Vyberte si úsek vozovky cca 50 m před vaším domem/školou a zkuste označit poruchy asfaltového povrchu vozovky na sledovaném úseku.



### TEST 11

#### 1) Jaké informace k diagnostice se získají prohlídkou vozidlem ARAN?

- Podélné a příčné nerovnosti, makrotextura vozovky a vyhodnocení poruch
- Podélné a příčné nerovnosti a sklon vozovky
- Poruchy vozovky – trhliny, poklesy a výtluky

#### 2) Čím je charakterizována ztráta protismykových vlastností vozovky?

- součinitelem odladitelnosti kameniva
- hladkým povrchem vozovky po dešti
- ztrátou makrotextury nebo ztrátou mikrotextury

#### 3) Typ poruchy – výtluk patří do jaké skupiny poruch?

- trhliny
- ztráta hmoty z krytu
- konstrukční poruchy

#### 4) Které trhliny charakterizují ztrátu únosnosti podloží?

- a) mozaikové
- b) síťové
- c) podélné

**5) Co je závěrem diagnostického průzkumu vozovky?**

- a) stanovení zbytkové životnosti vozovky
- b) návrh opravy vozovky ve více variantách
- c) návrh způsobu měření únosnosti konstrukce vozovky



### SHRNUTÍ KAPITOLY

Diagnostika vozovek je důležitý prvek v procesu návrhu opravy a údržby vozovek pro správce pozemních komunikací a slouží jako podklad pro projektovou dokumentaci. Správně provedený diagnostický průzkum zahrnující všechny činnosti s ním spojené (identifikaci konstrukčních vrstev, popis jejich poruch, objasnění příčin poruch a vypracování návrhu údržby nebo opravy) vede pak k optimálnímu využití finančních prostředků s ohledem na optimální technické řešení.

Předpokladem pro správné provedení diagnostického průzkumu je znalost jeho základních principů a požadavků na stanovení druhu a příčin poruch, stanovení únosnosti vozovky a následné stanovení návrhu opravy.



### DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

Doporučená literatura:

- TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek
- TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek
- ČSN 73 6121 Stavba vozovek – hutněné asfaltové vrstvy

## 12 OPRAVA A UDRŽBA TUHÝCH A NETUHÝCH VOZOVEK



### CÍLE KAPITOLY

1. Seznámení se s možnostmi zlepšování stavu pozemních komunikací
2. Získání přehledu o poruchách netuhých vozovek
3. Získání přehledu o opravách poruch netuhých vozovek
4. Získání přehledu o poruchách tuhých vozovek
5. Získání přehledu o opravách poruch tuhých vozovek



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Kapitola je věnovaná druhům poruch pozemních komunikací. Poruchy jsou rozděleny podle typu vozovky na tuhé a netuhé. Uvedeny jsou také standardní typy oprav uvedených poruch. Rovněž student získá informaci o tom, ve kterých předpisech a normách získá podrobné informace o konkrétní poruše či její opravě.



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

120 minut



### KLÍČOVÁ SLOVA

Tuhé vozovky, netuhé vozovky, oprava, údržba, rekonstrukce, poruchy, pravidelná údržba.

## 12.1 Oprava a údržba obecně

Každá hmota účinkem zatížení provozem, účinky klimatického prostředí a teplotními změnami podléhá poškozování a porušování. Také obrusná vrstva vozovky a konstrukce vozovky vlivem zatížení a různých klimatických podmínek vykazuje podle svých vlastností mechanismy porušování. Aby byla tato konstrukce dlouhodobě vyhovující, bezpečná a komfortní je potřeba ji správně udržovat.

Pro obnovení vlastností povrchu vozovky slouží několik postupů, které se liší podle míry zásahu do konstrukce a náročnosti na postup:

- běžná údržba je soubor technologií zaměřených na obrusnou vrstvu vozovky k odstranění lokálních poruch a/nebo k omezení jejich vývoje,
- údržba je soubor technologií zaměřených k odstranění a/nebo omezení vývoje poruch povrchu vozovky prováděná v souvislé ploše, zpravidla cyklicky,
- oprava je soubor technologií k odstranění poruch nejméně obrusné vrstvy vozovky výměnou obrusné vrstvy nebo krytu, zesílením a/nebo recyklací,
- zesílení je soubor technologií, kterými se zvýší únosnost vozovky (nahradí porušené vrstvy novými případně recyklovanými vrstvami s vyšším návrhovým modulem pružnosti a/nebo se zvýší tloušťka asfaltových vrstev),
- rekonstrukce je soubor technologií, kterými se nahrazují konstrukční vrstvy stávající vozovky vrstvami novými (eventuálně recyklovanými) včetně případné úpravy podloží

Všechny provozní funkce se odvíjejí od charakteristik povrchu vozovky, které se popisují drsností a podélnou a příčnou nerovností. Každá porucha má svou závažnost z hlediska provozních funkcí vozovky a únosnosti vozovky a negativně ovlivňuje:

- bezpečnost silničního provozu,
- rychlost, plynulost, hospodárnost a pohodlí silničního provozu,
- porušování konstrukce vozovky.

Všechny poruchy jsou nákladné v důsledku:

- ztrát při dopravních nehodách,
- snížení hospodárnosti silničního provozu (zvýšení nákladů na provoz, ztráty času a pohodlí),
- nákladů na údržbu, opravu a případně rekonstrukci vozovky.

## 12.2 Poruchy netuhých vozovek

Poruchy netuhých vozovek se podle jejich charakteristik dělí do 3 základních kategorií, které lze dále členit.

### 12.2.1 Ztráta hmoty

#### Ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky

Pod pojmem protismykové vlastnosti povrchu vozovky se rozumí požadavek smykového tření jako odporu při relativním pohybu povrchu pneumatiky vůči povrchu vozovky při brzdění nebo zrychlování a změně směru vozidla. Odpor je pak dán množstvím uvolněné energie (tepla) a částic z obou povrchů. Čím bohatěji tvarované oba povrchy jsou (zvýšení měkkostí a připuštění většího opotřebení pneumatik se zatím užívá jen na závodních drahách) a čím více ostrý a pevný je materiál na povrchu vozovky, tím lepší a trvanlivější smykové tření je možno očekávat. Při popisu protismykových vlastností povrchu vozovky je na místě přirovnání k brusným nástrojům, jako jsou pilníky a brusné papíry či kotouče.

Ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky nastane:

- uzavřením povrchu do hladké plochy bez vystupujících zrn kameniva - dojde ke ztrátě makrotextury povrchu vozovky,
- vyhlazením zrn kameniva v povrchu vozovky vlivem dotyku s pneumatikami - dojde ke ztrátě mikrotextury povrchu vozovky.

Oba jevy vedou ke ztrátě protismykových vlastností povrchu vozovky zjistitelné měřením součinitelů podélného ( $f_p$ ) nebo bočního tření ( $f_b$ ). Popisem viditelného, rozpoznatelného jevu ztráty makrotextury a mikrotextury lze ztrátu protismykových vlastností povrchu vozovky odhadnout a jednoduchými zkušebními metodami uvedených v ČSN 73 6177 upřesnit:

Jev ztráty makrotextury je spojen:

- s vystoupením pojiva na povrch vozovky u nátěrů a kalových zákrytů,
- s vystoupením asfaltového tmelu (směsi pojiva a kameniva do velikosti 2 mm) na povrch vozovky (nebo obráceně zatlačení hrubého kameniva do směsi).

K oběma mechanismům dochází nejen pro technologické nedostatky, ale projevuje se také náhodná proměnlivost složení směsí, provedení úprav a vlastností podkladu:

- vyšší dávkování pojiva, zatlačení kameniva do měkké obrusné vrstvy, ztráta kameniva u nátěrů a kalových zákrytů,
- asfaltová směs postrádá zaklínění hrubých zrn vlivem nevhodné složení směsi kameniva (plynulá čára zrnitosti uprostřed mezních čar asfaltového betonu a/nebo vyšší obsah kameniva zrnitosti pod 2 mm), asfaltová směs má vyšší obsah pojiva, pojivo o vyšší penetraci apod.

Jev ztráty mikrotextury je spojen s nevhodnou ohladitelností kameniva (použitím snadno ohladitelných kameniv jako jsou vápence, dolomity, břidlice a čediče) nebo s použitím již ohlazených zrn kameniva (hrubé těžené kamenivo).

## **Ztráta hmoty z krytu**

Spojení zrn kameniva je účinkem zatížení, působením vody, stárnutím asfaltu a drobením kameniva narušováno. Postupně tak ubývá hmoty obrusné vrstvy.

Nejjednodušší způsob ztráty hmoty je např. uvolnění drti z nátěru nebo kalového zákrytu s vlivem na protismykové vlastnosti povrchu vozovky, olupování tenké vrstvy emulzního kalového zákrytu a rozpad zrna (měkkého, zvětralého nebo porušeného) se vznikem kaverny.

U krytů z asfaltových směsí se nejprve uvolňuje asfaltový tmel (směs asfaltu a kameniva do 2 mm), zvláště obsahuje-li málo pojiva a tmel je tudíž drobný. Ubýváním tmele se obnažují hrubá zrna kameniva a nejsou-li již do směsi zaklíněna, vylamují se. Pokud se tento proces ponechá svému vývoji, vzniká další uvolňování zrn a ubývání vrstvy tak, až je odstraněna obrusná vrstva celá a proces pokračuje i do dalších vrstev krytu, případně podkladu, neboť tyto vrstvy jsou odolné méně než obrusné vrstvy.

Proces porušení asfaltových směsí ztrátou hmoty z krytu se zařídí do těchto stadií:

- ztráta tmele (vypírání povrchu, povrchová koroze),
- vylamování hrubého kameniva (hloubková koroze),
- výtluky (v obrusné vrstvě, v krytu).

## 12.2.2 Trhliny

### Mrazové trhliny

Podle popsaných základních vlastností asfaltu musí při velmi nízkých teplotách docházet ke smršťování stejně jako u betonu. Pokud teploty poklesnou pod  $-20\text{ °C}$  nebo při rychlém poklesu teploty povrchu i při vyšší teplotě, pak se na povrchu vytvoří smršťovací trhlinka, která se v povrchu a hloubce vrstvy dále šíří a oslabí asfaltové vrstvy. Jakmile opakovanými poklesy teploty trhlinka dosáhne vzájemného spojení obrusné vrstvy s ložní nebo podkladní vrstvou vozovky, pak se šíří buď stejně do hloubky, nebo naruší spojení vrstev.

Vývoj porušení příčnou trhlinou je rozdělen do následujících stadií:

- úzká trhlinka části šířky vozovky,
- úzká trhlinka přes celou šířku vozovky,
- větvení trhliny nebo vytváření přidružených trhlínek,
- prohlubování a vznik široké trhliny s olamováním hran a případně vývojem přidružených trhlín.

### Reflexní trhliny

Při výstavbě podkladů stmelovaných hydraulickými pojivy, stejně jako u betonu, dochází při tvrdnutí vrstvy ke smršťování, které pokud vyvolá ve vrstvě tahové napětí vyšší, než je pevnost materiálu vrstvy, dojde ke vzniku příčných trhlín přes celou šířku vrstvy. Čím vyšší je pevnost betonu nebo stmelěného podkladu, tím menší je vzdálenost mezi trhlínami. Vzdálenost se pohybuje mezi 3 až 30 m.

Po vzniku smršťovacích trhlín dochází k jejich rozevírání a uzavírání teplotní roztažností v závislosti na teplotě vrstvy. Pokud je vrstva překryta asfaltovými vrstvami, spojením vrstev tohoto podkladu se pohyby teplotní roztažnosti přenáší do asfaltových vrstev a trhlinka začne prorůstat až na povrch vozovky. Rozšiřování a uzavírání trhlín pokračuje, trhlínami proniká voda a trhliny jsou vyplňovány pískem a nečistotami. Těmito vlivy dochází k těmto stadiím trhlín:

- úzká trhlinka,
- široká trhlinka,



- odlamování hran trhlin,
- narušování spojení mezi asfaltovými vrstvami a vznik podružných trhlin jako trhlin mozaikových,
- vytváření hrbolu při vyplněných trhlínách a teplotních pohybech vrstev.

## **Nepravidelné a mozaikové trhliny**

Nepravidelné až mozaikové trhliny vznikají mechanismy:

- zvýšené stárnutí asfaltu (obrusná vrstva má mezerovitost vyšší než 6 %, je použito pojivo o nižší penetraci než 50 nebo je použita nevhodná modifikační přísada elastomerního typu, je nižší obsah pojiva než optimální) – za nízké teploty spolu s dopravním zatížením dochází k vývoji nepravidelných trhlinek v nejvíce namáhaném průřezu a v bodě jakéhokoliv oslabení vrstvy (porušené kamenivo, velké kamenivo, vyšší mezerovitost ve směsi apod.) a trhlinky prorůstají vrstvou zejména na okraji stopy vozidel,
- trhlínkami se do vrstvy snadněji dostává voda, účinkem vozidel pod tlakem proniká vrstvou až na spojení vrstvy s vrstvou ložní a spojení se narušuje,
- asfaltové vrstvy nejsou vzájemně spojeny již při vlastní pokládce (další vrstva byla kladena na vlhký, mokrý a znečištěný povrch nebo nebyl proveden spojovací postřík apod.).

Povrchovými trhlínkami až oddělením vrstev obrusné a ložní dochází při jejich zatížení k namáhání mnohem většímu než při jejich spojení (je na místě přirovnání zatížení dřevěného trámu a stejného profilu složeného z volně položených nespojených prken). Trhlinky se počnou šířit souběžně se směrem pohybu vozidel, prodlužují se a větví, jak sledují všechna náhodná oslabení vrstvy. Trhlinky se spojují, zahušťují a vznikají mozaikové trhliny jako síť trhlin o vzájemných vzdálenostech odpovídajících přibližně až tloušťce nespojené vrstvy. Mozaikovými trhlínami proniká do spojení vrstev voda, která je vlivem zatížení pod tlakem vytlačována (části narušené vrstvy „pumpují“) a eroduje trhliny. Trhliny se tak rozšiřují a vrstva se při hranách snižuje. Tento jev napomáhá vytváření výtluků.

Vývoj mozaikových trhlin lze rozdělit do stadií:

- vznik krátké, sotva patrné nepravidelné trhlínky,
- nepravidelná podélná úzká trhlina nejčastěji vně stopy těžkých nákladních vozidel,
- větvení trhlíny do stop vozidel i mimo stopu, vznikají rozvětvené trhliny,
- spojování trhlínek v síť trhlin,
- plošné zvětšování a zahušťování sítě trhlin,
- erodování a vylamování částí vrstvy mezi trhlínami,
- vznik výtluků mezi trhlínami.

## **Sít'ové trhliny**

Opakovaným zatěžováním v místě nejvyššího namáhání (pod středem zatížení) na spodním líci asfaltových vrstev dojde ke vzniku narušení spojení mezi zrny a zárodku trhlíny. Trhlina se šíří k

povrchu vozovky a do délky. Dochází ke zvýšenému namáhání trhlinou oslabeného průřezu a zvýšenému namáhání podloží. Dosáhne-li povrchu vozovky, vozovkou se dostane voda do podloží, jehož únosnost se zvýšeným obsahem vody a rozbídním sníží. Trhliny se šíří, spojují v síť, méně hustou než u mozaikových trhlin (síť odpovídá vyšší tloušťce vrstev), ale hlavně dochází k zatlačování vozovky do podloží a vyvíjí se trvalá deformace vozovky.

Síťové trhliny mají postupně tento vývoj:

- podélná trhlina ve stopě vozidel,
- trhlina se rozšiřuje,
- prodlužuje a větví,
- vznikají síťové trhliny,
- plošné deformace,
- prolomení vozovky.

Síťové trhliny často vznikají dalším vývojem trhlin mozaikových. Síťové trhliny jsou základním typem poruchy konstrukce vozovky, jejíž úplné odstranění vyžaduje zásah do všech konstrukčních vrstev vozovky a tím i nejvyšší finanční náklady na jejich sanaci.

## **Porušení pracovních spár**

Na napojení postupně pokládaných obrusných vrstev vzniká oslabení průřezu spojením pokládaných pásů. Vrstva prvně pokládaného pásu nemůže být u volného okraje řádně zhutněna (směs uniká z pod kola hutnicího válce), druhá vrstva se rovněž hůře zhutňuje pro rychlejší vychládání a tak se spojované vrstvy špatně spojují.

Na spoji dochází k poruchám ze skupiny ztráty hmoty a trhlin:

ztráta hmoty počínaje v prvně položeném pásu u podélné spáry a u napojeného pásu u příčné

- Spáry (ztrátě asfaltového tmelu,
- hloubkové korozi,
- výtluky.

příčná a podélná trhlina s vývojem jako u trhliny mrazové:

- úzká trhlina,
- široká trhlina,
- podružné trhliny jako mozaikové trhliny,
- výtluky.

## **Jiné trhliny**

Jiné, méně časté trhliny:

- trhliny obrusné vrstvy ve tvaru srpu vzniklé posunem nespojené obrusné vrstvy vodorovným zatížením (brzděním, rozjížděním vozidel),
- smykové trhliny lemující poruchy zemního tělesa usmýknutím, poklesem, propadem apod.,

- podélné trhliny způsobené mrazovým zdvihem středu vozovky (pokud na krajích vozovky leží sníh).

### 12.2.3 Deformace vozovky

Deformace vozovky vznikají kumulací nepružných přetvoření jednak v asfaltových vrstvách, v nestmelených vrstvách vozovky a v podloží, vlivem objemových změn v podloží, zemním tělese včetně podloží násypu nebo poruch zemního tělesa.

#### Trvalé deformace krytu

Podle popsaných základních vlastností asfaltu musí při velmi vysokých teplotách povrchu (v ČR 60 °C) docházet k trvalým deformacím, které jsou výsledkem nepružného (viskózního a plastického) přetváření asfaltových vrstev.

K vývoji trvalé deformace je třeba vysoké teploty asfaltových vrstev:

- stání nebo pomalá doprava,
- zatížení soustředěné do jízdních stop,
- velký počet zatížení.

Podle druhu zatížení dochází k:

- prohlubním v místě stání vozidel (autobusová zastávka),
- opakovaným prohlubním v podélném směru před řízenými křižovatkami (roleta) na celou šířku jízdního pruhu, které vznikají stáním osobních vozidel,
- vyjetým kolejím v jízdních stopách nákladních vozidel,
- nepravidelné nerovnosti při působení vodorovných sil při brzdění, rozjíždění nebo v obloucích,
- náhodné nerovnosti ve volné trase s kolísavým složením směsi (vyšší obsah asfaltu nebo asfaltového tmelu) nebo použitím nevhodné směsi ve vysprávce, provedenou zejména tryskovou metodou.

#### Deformace snížením povrchu vozovky

Tyto deformace mohou vzniknout následkem:

- dohutnění vrstev vozovky, podloží nebo zemního tělesa nebo podloží násypu,
- porušení stability zemního tělesa (např. usmýknutím),
- namáhání podloží opakovanými přejezdy vozidel (část stlačení podloží při každém přejezdu vozidla zůstane jako trvalá deformace s viskózním a plastickým přetvářením),
- ztráty únosnosti vozovky způsobené pronikáním vody do podloží propustným krytem (tvořeným štěrkem, dlažbou, penetračním makadamem) nebo asfaltovými vrstvami porušenými trhlinami, špatným nebo porušeným odvodněním,
- dohutnění zásypů objektů (mostů, propustků a jiných podpovrchových konstrukcí), rýh, oprav inženýrských sítí apod.,

- vyplavení zemního tělesa do kanalizace, odvodňovacích systémů a chrániček kabelů.

## **Hrboly**

Hrboly jako zvyšování povrchu vozovky mohou vzniknout:

na povrchu vozovky:

- nepravidelný hrbol při vázání kameniva na volné pojivo u nátěrů a penetračních makadamů a zejména při používání tryskové metody na údržbu trhlin, nerovností a výtluků,
- podélný povrchový hrbol při opakovaných nátěrech příčné trhliny,

v obrusné vrstvě:

- podélný hrbol při vyplnění trhlin nestlačitelným materiálem se při teplotní roztažnosti vrstev zdvihají okraje vrstvy (zejména u litých asfaltů),
- puchýře v litém asfaltu na cementem stmelených podkladech tlakem uzavřených par,

v konstrukci vozovky:

- podélný hrbol při vyplnění široké příčné trhliny nestlačitelným materiálem, při teplotní roztažnosti asfaltové vrstvy nazdvihují,
- místní hrbol při nazdvižení vozovky mrazovým zdvihem na lokálním přítoku vody do podkladních vrstev, na vrstvě tvořené z kameniva zpevněného popílkovou suspenzí, mrazovým zdvihem podloží apod.

objemovými změnami:

- vrstev vozovky zvyšováním objemu materiálů vrstev (např. uhelné hlušiny nebo strusky),
- podloží nebo násypu zvyšováním objemu použitých materiálů (např. uhelné hlušiny nebo strusky) nebo v zářezu (snížení zemního tlaku) bobtnáním jílu.

Výše popsané poruchy jsou přehledně popsány v katalogových listech v TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek. Katalogové listy standardně obsahují informace:

- Název poruchy,
- zařídění poruchy,
- popis poruchy,
- výskyt poruchy,
- obdobné poruchy,
- co porucha ovlivňuje,
- příčina vzniku,
- návrh opravy,
- perokresba, příklad porušení.

PROJEKT INOVACE PROGRAMU STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

Skupina poruch	č. katal. listu	Název poruchy
Ztráta protismykových vlastností	1	Ztráta mikrotextury
	2	Ztráta makrotextury
Ztráta hmoty	3	Kaverny
	4	Opotřebení EKZ, EMK
	5	Ztráta kameniva z nátěru
	6	Ztráta asfaltového tmelu
	7	Hlubková koroze
	8	Výtluky v obrusné vrstvě a krytu
	9	Vysprávký
Trhliny	10	Mozaikové trhliny
	11	Trhlina úzká podélná
	12	Trhlina úzká příčná
	13	Trhlina široká podélná
	14	Trhlina široká příčná
	15	Trhlina rozvětvená podélná
	16	Trhlina rozvětvená příčná
	17	Síťové trhliny
Deformace	18	Olamování okrajů vozovky
	19	Puchýře v MA
	20	Nepravidelné hrboly
	21	Vyjeté koleje
	22	Místní hrbol
	23	Podélný hrbol
	24	Místní pokles
	25	Podélný pokles
	26	Plošná deformace vozovky
	27	Prolomení vozovky
Jiné poruchy	28	Zanesení příkopů
	29	Zvýšená nezpevněná krajnice

## 12.3 Technologie údržby netuhých vozovek

### 12.3.1 Technologie běžné údržby.

Technologie slouží k údržbě povrchových poruch tak, aby se omezil kvalitativní vývoj porušení. Jedná se o tyto technologické postupy:

- utěsnění trhlin k zabránění pronikání vody do spodních vrstev vozovky,
- provedení nátěru pro omezení hloubkové koroze, utěsnění úzkých plošných trhlin,
- vysprávkování.

#### Utěsnění trhlin

Údržba a opravy trhlin jsou jednou z nejčastějších technologií. Postup je popsán v TP 115. Technologie platí i pro těsnění spár a trhlin CB vozovek.

Technologický postup obvykle sestává z těchto kroků:

- Trhliny navržené k utěsnění se profrézují drážkovací frézou nebo kotoučovou pilou tak, aby vznikla komůrka o šířce v závislosti na velikosti dilatačních pohybů na trhlíně a na šířce původní trhliny. Drážka se vyčistí rotačním ocelovým kartáčem nebo stlačeným vzduchem. Lze použít pouhé vyčištění a úpravu trhlin horkovzdušným zařízením.
- Proveďte se penetračně adhezní nátěr svislých stěn trhliny.
- V případě, že trhliny zasahují až do podkladních vrstev, proveďte se jejich předtěsnění vhodnou hmotou (např. provazec z mikroporézní pryže, drcená guma, apod.).
- Vyčištěné a upravené trhliny se ihned zalijí asfaltovou záливkovou hmotou za horka pomocí zalévacího strojního zařízení, které musí být opatřeno nepřímým ohřevem, termostatickou regulací teploty a mícháním asfaltové záливky.
- Záливková hmota musí vyplnit prostor upravené, případně předtěsněné drážky bez dutin a pórů. Při přelití je nutné přebytečné množství záливkové hmoty odstranit.

#### Nátěrová technologie

V případě běžné údržby se používají nátěry na omezených plochách vysprávkovou nátěrovou soupravou nebo tryskovou metodou. Technologie jsou vhodné pouze pro překrytí počínající hloubkové koroze a na počátku rozvoje mozaikových trhlin (úzké, plošně se rozvíjející trhliny). V žádném případě se technologie nesmí používat na překrytí příčných trhlin, zejména širokých a dilatujících trhlin. Použití technologie neutěsní trhlínu, trhlína se objeví znovu a při opětovném použití technologie se na trhlínách přidáváním hmoty vytváří hrbole, který snižuje provozní způsobilost vozovky (vznikají nerovnosti, které také brání odtoku vody z povrchu vozovky s možností aquaplaningu).

#### Trysková metoda

Technologie se provádí podle TP 96, používá se speciální zařízení. Postup údržby zahrnuje tyto postupné operace na daném místě s použitím speciálního zařízení, které je osazeno turbodmychadlem či kompresorem:

- očištění poškozeného povrchu vozovky převážně tlakem vzduchu,
- postřik očištěného poškozeného povrchu vozovky asfaltovým pojivem tlakem vzduchu či čerpadlem emulze,
- nanesení vrstvy kameniva obaleného asfaltovým pojivem (výsledné asfaltové směsi pro údržbu vozovek) tlakem a množstvím vzduchu,
- posyp postříknutého povrchu vozovky nebo povrchu nanesené asfaltové směsi kamenivem tlakem a množstvím vzduchu.

Použití metody bylo považováno za efektivní k opravě mnoha poruch vozovek včetně výtluků, oprav nerovností, hrbolů, pohyblivých povrchů nestabilních směsí vzniklých nátěrovou nebo tryskovou vysprávkovou soupravou. Technologii lze s úspěchem použít jen k opravě lokálních míst při povrchových vadách (ztráta asfaltového tmele, lokální opravy nátěrových technologií a emulzních kalových vrstev), při použití silnějších vrstev (hloubková koroze, výtluky, vyrovnávky apod.) lze obtížně zajistit optimální dávkování pojiva a vysprávky jsou na PK s dopravním zatížením ve třídě V a vyšší zdrojem dalších poruch ztrátou drsnosti a nerovnostmi.

### **Vysprávky**

Lokální hloubkové poruchy obrusné, případně ložní vrstvy asfaltových směsí lze opravit vysprávkou. Vysprávkou se rozumí maloplošná oprava krytu, případně i podkladu vozovky. Opravují se výtluky, mozaikové trhliny, místní prosednutí, příčná prosednutí, olámané okraje vozovky a opravy poruch u kolejnic a výstupů inženýrských sítí. Vysprávky se provádí buď jako konečná úprava povrchu místa poruchy, nebo jako podkladní vrstva pod novou souvislou vrstvou povrchu vozovky (nátěr, emulzní kalová vrstva nebo asfaltová směs).

Vysprávky se provádí:

- Vyfrézováním nebo vybouráním dotčeného místa do pravidelného tvaru s kolmými stěnami navazujícími na přilehlou asfaltovou vrstvu s jednotnou hloubkou pro pokládku vysprávky. Úprava by měla zasahovat až do neporušených míst vrstvy.
- Ošetřením povrchů vyčištěním (odsátím, zametením nebo vyfouknutím stlačeným vzduchem) a postřikem. Postřik není nutné provádět, pokud se opravované místo a jeho okolí nahřeje (infrazářičem, na malých plochách plynovým hořákem) na teplotu, při níž dojde k dostatečnému spojení staré a nové asfaltové směsi.
- Položením nové vrstvy z hutněných asfaltových směsí za horka (ručně nebo finišerem různých velikostí). Nová asfaltová směs může být nahrazena výrobou směsi v malém recykleru, který rozehřeje vybouranou směs, umožní přidat chybějící materiál (pojivo, přísady, asfaltovou směs). V zimních podmínkách se místo hutněné směsi za horka používá studená vysprávková směs, jako je směs typu otevřeného koberce (zrnitost obdobná asfaltovému koberci drenážnímu) s pojivem ředěný asfalt (např. směs Canadier). Při dopravních zatíženích ve třídě vyšší než III se oprava považuje za provizorní.

- Variantou vysprávkování je lokální oprava recyklací za tepla. Tímto způsobem lze provést vysprávkování souvislé podélné poruchy střední spáry pokládaných povrchů (koroze, trhliny úzké, široké a rozvětvené). Recyklace spočívá v ohřátí povrchu infrazářiči na teplotu pokládky odpovídající obsaženému (zestárnutému) asfaltu, rozpojení obrusné vrstvy frézou, smíchání s potřebnými přísadami (pojivem, asfaltovou směsí) a položení zpět na dané místo. Uvedené operace provádí zařízení (recykler) obsahující potřebné nástroje na jednom podvozku (obvykle se používá přídavný ohřívač povrchu na samostatném podvozku pohybující se před recyklerem).
- Ke zhutňování kterékoliv vrstvy se používá lehký vibrační válec nebo na malé vysprávkování také ručně vedený pěch. Podmínkou životnosti úpravy (okolí vysprávkování se však může obvykle porušovat dále typem opravované poruchy) je zhutnění.

### 12.3.2 Souvislá údržba

#### Souvislá údržba postřiky

Tuto technologii lze použít k obnově povrchových vlastností zestárnutých obrusných vrstev z hutněných asfaltových směsí. Postřik regeneračním pojivem dokáže utěsnit povrch před dalším pronikáním vody a vzduchu do vrstvy s omezením stárnutí a účinků vody ve vrstvě. V regeneračním pojivu jsou obvykle látky, které jsou schopny vstoupit do koloidní soustavy asfaltů, a mohou obnovit v povrchové vrstvě vlastnosti zestárnutého asfaltu (omladit jej).

Používání různých hmot záleží na zkušenostech majetkového správce PK.

#### Souvislá údržba nátěry

Nátěry se používají k obnově povrchových vlastností hutněných asfaltových směsí pro zvýšení protismykových vlastností povrchu, ochranu povrchu před korozi (uzavření povrchu) a homogenizaci povrchu po jeho údržbě různými technologiemi (frézováním nerovností, vysprávkování hutněnými vrstvami, utěsněním trhlin). V zahraničí používají nátěr i na překrytí cementobetonových vozovek (s použitím modifikovaného pojiva elastomery).

#### Souvislá údržba emulzními kalovými vrstvami

Technologie slouží k ochraně povrchu proti pronikání vody, obnově protismykových vlastností, prodloužení životnosti vozovky a k omezení a šíření poruch na povrchu vozovky.

Často se technologii přisuzuje vyšší účinek k ochraně povrchu, než jaký může přinést. Povrch asfaltového betonu s mezerovitostí nad 8 %, nelze již touto technologií před sníženou životností zachránit. Takto mezerovitá nezhutněná vrstva svůj proces porušování sice omezí, ale vrstva se bude olupovat i s emulzní kalovou vrstvou.

#### Obnova protismykových vlastností

Povrch s nízkou makrotexturou a/nebo s ohlazeným kamenivem ztratil požadovanou odolnost proti smyku. Obnova protismykových vlastností je možná zdrsněním nebo použitím tenké asfaltové vrstvy k překrytí povrchu.

#### Zdrsnění

Zdrsnění se provádí použitím nástrojů s hroty, jako jsou frézy nebo pemrlovací stroje. Účinkem těchto nástrojů se uvolňuje asfaltový tmel z povrchu asfaltové vrstvy (zvýšení



makrotextury) a částečně se naruší povrch vystupujících zrn kameniva (zvýšení mikrotextury). Pemrlovací stroje lze použít také na zdrsnění povrchu dlažebních prvků z přírodního kameniva.

Nízkou mikrotexturu mají obvykle asfaltové betony s nízkou odolností proti trvalým deformacím; dochází nejen k pohybu směsi mimo stopy pneumatik, ale také k pohybu zrn se ztrátou makrotextury. Jako vhodnou úpravu povrchu lze použít frézování v minimální tloušťce pro odstranění trvalých deformací. S výhodou se použije fréza s vysokým počtem frézovacích nožů vytvářející velké množství jemných rýh, které nezvyšují hlučnost při odvalování pneumatik.

Za zlepšení protismykových vlastností lze považovat drážkování povrchu v místech s nízkým výsledným sklonem povrchu nebo vyjetých kolejí, které umožní odvést vodu z povrchu vozovky (vodní film na povrchu podstatně snižuje koeficient tření, při vyšší tloušťce způsobuje aquaplaning), viz toto použití u cementobetonových vozovek. Tato úprava na asfaltových vrstvách v případě vyjetých kolejí nemusí být vůbec funkční (drážky kopírují povrch, takže voda z kolejí neodteče) a má podstatně nižší dobu životnosti (drážky se zajedou, povrch umožní trvalé přetváření).

Za zdrsnění se také považovalo tryskání ocelovými kuličkami při jejich metání vysokou rychlostí proti povrchu vozovky. Na asfaltové vozovky nebo na dlažbu z přírodního kamene nemá tato úprava přílišný vliv a v poslední době se tato úprava použila na zdrsnění nově položených cementobetonových krytů, které zvláště v tunelech při běžné pokládce a úpravě povrchu vlečenou jutou mají nízké protismykové vlastnosti.

### **Nátěr a emulzní kalové vrstvy**

Nátěrem nebo emulzní kalovou vrstvou, zejména mikrokobercem se podstatně zvýší protismykové vlastnosti nevyhovujících úseků.

Vzhledem k vážání ztráty mikrotextury na trvalé deformace krytu nejsou uvedené technologie univerzální údržbovou metodou. Vyjeté koleje a podélné nerovnosti nejsou pro tenkovrstevné technologie údržby povrchu vhodné, neboť dochází k problémům při pokládce a technologie nezmění rovnost povrchu vozovky. Vhodnou úpravou před aplikací nátěru nebo emulzní kalové vrstvy je vyrovnaní povrchu frézováním v tloušťce vrstvy, která odstraní nerovnosti (obvykle 10 mm); větší nerovnosti budou vyžadovat zároveň opravu vyjetých kolejí.

Univerzální technologií souvislé údržby je pokládka tenkého koberce, jímž je možno vyrovnat deformace do 15 mm v případě, že se jejich vývoj stabilizoval.

### **12.3.3 Technologie oprav trhlin**

Technologie opravy trhlin směřující k jejich odstranění jsou zpracovány v TP 115 a TP 147. Oprava trhlin se provádí v případě výměny nejméně obrusné vrstvy vozovky s tím, že se provádí sanace trhlin jako opatření ke snížení tendence konstrukce k opětovnému vývoji trhlin.

K opravě jednotlivých trhlin se osvědčila technologie s využitím textilie glasstex o šířce 1,9 m nasycené modifikovanou asfaltovou emulzí v množství 1,2 kg/m<sup>2</sup> zbytkového asfaltu (textilie je černá, postřik se provádí obvykle na třikrát) v hloubce minimálně 100 mm. Pokud se klade na povrch podkladní vrstvy (obnovuje se obrusná a ložní vrstva), je vhodné plochu pro pokládku textilie frézováním snížit (o 10 mm až 20 mm), aby ji vozidla případně přejíždějící

přes přilepenou textilii neztrhávala. V případě obnovy pouze obrusné vrstvy je možné vyfrézovat rýhu o šířce 2 m pro vysprávkou ložní vrstvy s uvedeným položením textilie.

Problematická je oprava trhlin v případě značného vzájemného rozdílu průhybu vozovky na trhlině (pumpování desek zjišťované rázovým zařízením), nebo pokud je asfaltová vrstva v okolí trhliny ještě v hloubce nižší než 100 mm porušena přidruženými trhlinami nebo rozpadem vrstvy. V obou případech je nutno provést vyfrézování vrstvy do hloubky nejméně 60 mm (při pumpování na trhlině více) v potřebné minimální šířce opravy vrstvy (min. 400 mm) a provést vysprávkou. Pokud by se porušené místo jen překrylo, dojde k zatlačení textilie položenou asfaltovou vrstvou do porušeného podkladu a po vychladnutí směsi zkrácením výztužné textilie teplotou dojde k nadzdvížení vrstvy s následným porušováním na trhlině (povrch je vyšší a objeví se na něm trhliny).

### 12.3.4 Technologie oprav trvalých deformací

Opravu podle diagnostiky lze provést několika technologiemi podle způsobu nárůstu trvalé deformace.

Pokud vývoj trvalých deformací s časem ustává a celková nerovnost není vyšší než 15 mm, lze provést opravu vyplnění vyjetých kolejí emulzní kalovou vrstvou (upraveným pokládacím rámem tak, aby na okraji pokládané vrstvy byly minimální tloušťky vrstvy a uprostřed koleje nejvyšší tloušťky) nebo překrytím povrchu asfaltovým kobercem tenkým (v tloušťce 20 mm až 35 mm). Je možné také provést vyrovnání povrchu frézou, nebo opravu recyklací za tepla celého jízdního pruhu.

Pokud je vývoj trvalé deformace neustálý a dosahuje nevyhovujících a havarijních hodnot, je nutno přistoupit k odstranění vrstev, které deformaci způsobují. V extrémních případech se na deformaci může podílet neodolná asfaltová směs v hloubce až 250 mm a záleží na podrobné diagnostice vozovky. Obvykle se do takových hloubek vrstvy nevyměňují, vrstvy se vyměňují nejvýše do hloubky 160 mm.

Při frézování vrstev se doporučuje postupovat tak, že se frézuje na předepsanou hloubku od nově navrženého povrchu s vyrovnáním podélných nerovností a příčného sklonu. Při tomto frézování se nectí přesně frézování jednotlivých vrstev a zejména při nedokonale spojených vrstvách se mohou vrstvy snadno odlupovat ve větší hloubce, než se frézuje. Následně při pokládce nové vrstvy dojde k vyšší spotřebě asfaltové směsi. O tomto je třeba provést záznam, případně provést zaměření povrchu vozovky geodetickou metodou s následným přesným stanovením tloušťek položených vrstev.

Také se doporučuje po odfrézování a očištění provést za účasti správce stavby prohlídku povrchu a případně realizovat dodatečné zkoušky v případě, že vrstvy pod odfrézovaným povrchem vykazují porušení trhlinami (mrazovými, síťovými, nepravidelnými), rozpad vrstvy nebo nedodržení tloušťek. Pro životnost opravy je vždy prospěšné tato slabá místa opravit, aby se tyto poruchy neprojevíly sníženou životností provedené opravy (v případě poruch projevených již v záruční době je povinností zhotovitele opravit poruchy na vlastní náklady). Slabá místa se tedy po odsouhlasení správcem stavby opraví vysprávkou do hloubky nejméně 60 mm.

### 12.3.5 Technologie oprav únosnosti vozovky

Opravy únosnosti na D, R a S I. třídy nejsou příliš obvyklé; poruchy jsou způsobeny technologickými problémy při výstavbě a opravách vozovek. Přesto měřením únosnosti rázovým zařízením může být stanovena nízká zbytková životnost a může být navrženo zesílení.

Při měření rázovým zařízením se proto požaduje, aby u každého měřeného bodu byla poznámka o výskytu poruch, zvláště trhlinami (mozaikové, síťové, nepravidelné) a/nebo deformacemi. V takto porušených místech, zejména trhlinami síťovými, ve vrstvách nemůže přejezdem vozidla vzniknout tah ani tlak a vrstva nemůže řádně roznést zatížení na velkou plochu podkladu nebo podloží (jejich namáhání je vyšší). Pokud je vyhodnocením měření u mozaikových trhlin nebo trhlin síťových návrh zesílení asfaltovou vrstvou stanoven jako roven nebo nižší, než je hloubka vyskytujících se trhlin v asfaltových vrstvách, porušená vrstva se opraví vyfrézováním a položením nových vrstev (vysprávkou) a problém únosnosti je vyřešen.

Ponechají-li se naopak porušené vrstvy bez vysprávkou a celá plocha se zesílí, pak se v krátké době na porušených místech porucha objeví znovu. Pokud zhotovitel na danou skutečnost neupozornil, jedná se o záruční opravu. Proto je důležitá prohlídka vrstev před pokládkou nových vrstev (po odfrézování a očištění povrchu za účasti správce stavby).

### 12.3.6 Technologie recyklace vrstev vozovek

Recyklace je způsob opravy vozovky s využitím stávajících vrstev vozovek a jejich zlepšením pro dosažení jejich nové funkce ve vozovce:

#### Recyklace asfaltových vrstev za tepla

ohřátí vrstvy infrazářiči, rozpojení za tepla, případné přidání nových materiálů pro zlepšení směsi a nové položení směsi v požadovaném profilu.

#### Recyklace za studena

rozpojení vrstev recyklační frézou, přidání pojiv a nové položení vrstev v nové kvalitě, přičemž se využil veškerý materiál vozovky:

- Recyklace asfaltových vrstev s použitím asfaltových pojiv jako je asfaltová emulze nebo zpeňný asfalt a případně přísad pro zlepšení pojiva (vápený hydrát nebo cement).
- Recyklace asfaltových a podkladních vrstev (stmelených cementem nebo hydraulickým pojivem nebo nestmelených vrstev) s použitím hydraulických pojiv, případně v kombinaci s přísadami na úpravu tvrdnutí nebo s asfaltovou emulzí nebo zpeňným asfaltem.

### 12.3.7 Celková rekonstrukce vozovky

Při úplné výměně vozovky na novém podloží (rozšířená vozovka, na zásypu rýhy po výměně inženýrských sítí apod.) nebo na podloží pod stávající vozovkou se postupuje jako při výstavbě nové vozovky.

## 12.4 Poruchy tuhých vozovek

Poruchy tuhých vozovek jsou podobně jako poruchy tuhých vozovek přehledně popsány v katalogu poruch uvedeném v TP 62. Obsahují stejné informace jako katalog netuhých vozovek, navíc uvádí také informaci o závažnosti poruchy zaříděné do kategorie 1 až 4.

Závažnost poruchy	Kategorie
málo závažná	1
středně závažná	2
závažná	3
velmi závažná	4

Standardně se poruchy tuhých vozovek člení do šesti základních kategorií, které se dále rozčleňují do konkrétních poruch.

Skupina poruch	Kat. list	Název poruchy
1 Poruchy povrchu	10	Jamka
	11	Výtluk
	12	Mapové trhlinky
	13	Koroze povrchu
	14	Plošný rozpad povrchu
	15	Ohlazení povrchu
	16	Povrch narušený požárem
	18-19	Rezerva
2 Poruchy spárách na bez destrukcí	20	Nefunkční nebo chybějící těsnění podélné spáry
	21	Nefunkční nebo chybějící těsnění příčné spáry
	22	Rozestoupená podélná spára
	23	Rozestoupená příčná spára
	24	Těsná příčná spára
	25	Vzájemný horizontální posun betonových pruhů
	26-29	Rezerva
3 Poruchy spárách na s	30	Rozpad betonu na podélné spáře
	31	Rozpad betonu na příčné spáře
	32	Oprýskaná hrana desky

PROJEKT INOVACE PROGRAMU STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

destrukcemi	33	Ulomená hrana desky
	34	Rozdrcený roh na styku desek
	35-39	Rezerva
4 Trhliny	40	Podélná trhlina
	41	Oblouková trhlina
	42	Příčná trhlina
	43	Šikmá trhlina
	44	Nepravidelná trhlina
	45	Ulomený roh desky
	46	Podélné trhliny vícečetné, v přibližně konstantních vzdálenostech
	47	Trhlina nad kluzným trnem
	48	Trhlina nad kotvou
49	Trhlina podél konců kotev nebo kluzných trnů	
5 Deformace nivelety	50	Rozlomená deska
	51	Pumpování desky
	52	Vertikální posun desek na příčné spáře (schůdky)
	53	Vertikální posun na podélné spáře
	54	Střechovitý zdvih desek
	55	Pokles desek
	56	Vystřelení desky
	57	Nerovnosti na styku cementobetonového a asfaltového krytu
	58	Zvlnění cementobetonového krytu
	59	Rezerva
6 Jiné poruchy	60	Poruchy způsobené alkalicko-křemičitou reakcí kameniva v betonu
	61	Porucha odvodnění
	62	Provizorní vyspráva / porucha vysprávký
	63-69	Rezerva

### 12.4.1 Poruchy povrchu

#### Jamka

nejčastěji přibližně kruhového nebo oválného tvaru; hloubka větších jamek odpovídá zhruba jejich průměru. Naspodu bývají zbytky hliněných hrudek nebo jiných nečistot; menší jamky bývají zpočátku čisté; průměr a hloubka jamek se pohybují v rozmezí od 10 do 100 mm,

#### Výtluk

prohlubně nepravidelného, často okrouhlého tvaru v desce, plocha až několik  $\text{dm}^2$ , hloubka až 10 cm i více; výtlučky se vyskytují obvykle na trhlinách nebo na spárách, ale mohou být i samostatně,

#### Mapové trhlinky

jemné mapovité rozpraskání povrchu vlasovými trhlinkami, jimi ohraničené plošky řádově v  $\text{cm}^2$ , šířka trhlinek okolo 0,1 mm, jejich hloubka je řádově v mm; plocha rozpraskaného povrchu řádově v  $\text{dm}^2$ , zřídka v  $\text{m}^2$ .

#### Koroze povrchu

odlupování povrchové vrstvičky malty, zpočátku ojedinělé nebo ve skupinách, jednotlivé odloupené šupiny řádově v  $\text{cm}^2$ , později většího rozsahu řádově až v  $\text{m}^2$  a intenzivní uvolňování zrn kameniva, poškození povrchu až na hloubku několika cm; nový povrch je hrbolatý s obvyklým uvolňováním dalších zrn kameniva,

#### Plošný rozpad povrchu

pokračování koroze povrchu; další uvolňování a vydrolování hrubé frakce kameniva doprovázené rozpadem malty, spojitě porušení betonu do hloubky 5 cm a větší, někdy s trhlinami vzniklými následkem ztráty únosnosti desky; plocha několik  $\text{dm}^2$  až  $\text{m}^2$

#### Ohlazení povrchu

ohlazený povrch vozovky zejména v jízdnicích stopách vozidel, zvláště v protisvětle jsou patrné lesklé plošky ohlazených zrn na povrchu desek,

### 12.4.2 Poruchy na spárách bez destrukcí

#### Nefunkční nebo chybějící těsnění podélné nebo příčné spáry

těsnění uvolněno nebo odtrženo od jedné ze stěn spáry (těsněním se rozumí klasická zálivka nebo jiný typ utěsnění spáry) nebo chybějící těsnění nebo nedolitá zálivka; zálivka nebo jiné těsnění jsou pod hranou spáry níže, nežli je její šířka; v nezalitých spárách se hromadí nečistoty a zbytky posypových solí, což způsobuje další poruchy; nezalitou spárou infiltruje voda do konstrukce vozovky a podloží,

#### Rozestoupená podélná spára

podélná spára, jejíž šířka je větší než 10 mm při teplotě vzduchu za posledních 8 hodin v rozmezí od + 5 do + 15 °C nebo dosáhne-li šířka spáry dvojnásobku své původní šířky nebo zvětšila-li se její šířka za jeden rok o více než 30 %. Rozestoupené podélné spáry se vyskytují rovněž na styku asfaltového a cementobetonového krytu (jízdni pás - krajnice),

#### Rozestoupená příčná spára

příčná spára, jejíž šířka je větší než 15 mm při teplotě vzduchu za posledních 8 hodin v rozmezí od + 5 do + 15 °C nebo dosáhne-li šířka spáry dvojnásobku své původní šířky; rozestoupené příčné spáry se rovněž vyskytují na styku cementobetonového a asfaltového krytu,

## **Těsná příčná spára**

vzájemné přiblížení dvou sousedních desek tak, že šířka spáry je menší než její původní šířka,

## **Vzájemný posun dvou betonových pásů**

betonové pásy se navzájem pohybují, což se projevuje vzájemným posunem příčných spár obou pásů; velikost relativního posunu je až 100 mm,

### **12.4.3 Poruchy ve spárách s destrukcemi**

#### **Rozpad betonu na podélné nebo příčné spáře**

rozpad betonu na styku dvou desek - na spáře, šířka rozpadu až 100 mm, hloubka 150 mm i více; rozpad postupuje odspodu k povrchu nebo opačně, následkem toho pak dochází k odlamování hran; na podélných spárách může dosahovat souvislý rozpad až několika desítek metrů, na příčných spárách může dosahovat souvislý rozpad přes celou šířku desky,

#### **Odrolená hrana podélné spáry**

v případě výškového posunu jednoho dopravního pásu vůči druhému na spáře dochází k odrolování a obrušování vyšší hrany; velikost odrolení je řádově v mm až cm. Odrolení probíhá souvisle na délku několika metrů až desítek metrů,

#### **Odrolená hrana příčné spáry**

neleží-li protilehlé hrany příčné spáry v jedné rovině, dochází k odrolování, resp. obrušování volné hrany, zejména v jízdnicích stopách vozidel; velikost odrolení je řádově v mm až cm,

#### **Oprýskaná hrana příčné spáry**

bodové nebo až několik desítek cm dlouhé odlomení jedné nebo obou hran spáry, hloubka odlomení 10 až 50 mm i více, vyskytuje se často u neutěsněných spár,

#### **Ulomená hrana desky**

oblouková trhlinka připomínající ploché písmeno „D“ vyskytující se na příčných i podélných spárách, vyvinutá buď podél jedné hrany, nebo zasahující malou část přilehlé kolmé hrany téže desky; délka ulomení bývá až několik desítek cm, trhlinka se vyskytuje zpravidla osamoceně,

#### **Rozdrcený roh na styku desek**

rozdrcený roh (rohy) na styku dvou desek s krajnicí nebo na styku desek mezi dopravními pásy; trhlinky obvykle neprocházejí celou tloušťkou desek, rozdrcená hmota betonu obvykle chybí; plocha poruchy cca 100 až 200 cm<sup>2</sup>.

#### **12.4.4 Trhliny**

##### **Podélná trhlina**

trhlina je orientována rovnoběžně nebo téměř rovnoběžně s osou komunikace, obvykle prochází celou tloušťkou desky a přes celou délku desky, někdy navazuje na příčné trhliny; podélné trhliny se mohou vyskytovat i ve skupinách; kromě jednoduchých se vyskytují rovněž podélné trhliny větvené,

##### **Oblouková trhlina**

trhlina tvoří plochý oblouk a je pravidelně vyvinuta na podélné spáře; délka trhliny řádově v metrech, často přetíná příčnou spáru; tento typ trhliny se obvykle nevětví,

##### **Příčná trhlina**

trhlina je orientována kolmo nebo téměř kolmo k podélným hranám desky, probíhá obvykle přes celou šířku i tloušťku desky; trhliny se mohou vyskytovat i ve skupinách; kromě jednoduchých se rovněž vyskytují příčné trhliny větvené,

##### **Šikmá trhlina**

trhlina propojuje nebo téměř propojuje podélné hrany desky pod úhlem větším než 5° (od kolmé spojnice podélných hran), nebo propojuje podélnou a příčnou hranu téže desky ve vzdálenosti větší než 1,2 m od rohu; trhlina prostupuje deskou na celou tloušťku desky; kromě jednoduchých se rovněž vyskytují šikmé trhliny větvené,

##### **Nepravidelná (meandrová) trhlina**

trhlina s křivolakým, nepravidelným, někdy meandrovým průběhem, převážně v podélném směru; zvláštním případem jsou „sinusové“ trhliny,

##### **Ulomený roh desky**

trhlina propojující příčnou a podélnou spáru desky, přičemž úseky vymezené trhlinou a rohem desky jak na příčné, tak i podélné spáře jsou přibližně stejné a jejich délka je v rozmezí 0,2 až 1,0 m; trhlina je vyvinuta na celou tloušťku desky,

#### **12.4.5 Deformace nivelety**

##### **Rozlomená deska**

nejméně jedna trhlina procházející celou tloušťkou desky, nejčastěji však kombinace podélných, šikmých a příčných trhlín na jedné desce, způsobující rozdělení desky na bloky; charakteristický je viditelný zlom nebo samostatný vertikální, případně horizontální posuv jednotlivých bloků,

##### **Pumpování desky**

v první fázi ještě nepatrný svislý pohyb nepodporovaných okrajů desek při přejezdu vozidel, později vyplavování jemných zrn podkladních vrstev a vytváření dutin pod hranami desek; viditelný vertikální pohyb okrajů desek při přejezdu těžkých vozidel za deštivého počasí s patrným výronem vypumpovaného bahna,

##### **Vertikální posun desek (schody)**



nerovnost dvou protilehlých hran příčné spáry větší než 4 mm; porucha je vyvinuta na celou šířku desky; vyšší hrana je pravidelně na konci desky ve směru jízdy; charakteristickým projevem poruchy jsou rázy vznikající při přejezdu vozidel přes hrany, subjektivně dobře pozorovatelné jejich osádkou,

### **Vertikální posun pásů**

nerovnost dvou protilehlých hran betonových pásů v podélné spáře větší než 6 mm; posun může probíhat na délce několika metrů až desítek metrů; vyšší hrana pravidelně na levém (rychlém) pásu,

### **Střechovitý zdvih desek**

zvednutí nejméně dvou sousedních, nejčastěji však více desek o více než 20 mm; porucha se objevuje v létě za abnormálně vysokých teplot nebo i v zimě částečně i jako následek letního zdvihu tím, že do prostoru pod deskami proniká voda,

### **Pokles desek**

nejméně dvě, nejčastěji však několik desek souvisle poklesne o více než 20 mm; porucha je patrná okem, vyskytuje se na vyšších násypech a na přechodech na objekty,

### **Vystřelení desek**

příčné zlomy cementobetonového krytu, nejčastěji v místě pracovní spáry s vyboulením nahoru, což způsobuje dobře viditelné schody (posuvy) nebo změny sklonu; objeví se velmi rychle při prvním období velkých veder v průběhu roku (květen, červen) kolem poledne,

### **Nerovnosti na styku cementobetonového a asfaltového krytu**

schod na styku asfaltového a cementobetonového krytu, a to v jízdních stopách vozidel nebo schod na styku asfaltového a cementobetonového krytu, zpravidla na celou šířku jízdního pásu nebo příčný hrbol z asfaltové směsi na styku obou typů krytu ve spádu,

## **12.4.6 Poruchy oprav**

### **Porucha opravy výtluku**

zcela nebo částečně chybějící vysprávková hmota výtluku,

### **Porucha opravy trhliny**

vytržení, vydrolení nebo degradace zálivky, resp. jiné správkové hmoty, nefunkční těsnění,

### **Porucha opravy podélné nebo příčné spáry**

rozpad nebo odlomení nově vytvořených hran, vznik výtluků na spárách, porucha je doprovázena rozpadem původního betonu podél pásů oprav,

### **Porucha plošné vysprávkvy**

odlupování a odpadávání správkové hmoty na části nebo na celé opravené ploše.

## **12.5 Opravy poruch tuhých vozovek**

### **12.5.1 Opravy povrchu**

#### **Úprava povrchu nátěry**

Použitím asfaltových nátěrů lze dosáhnout zlepšení provozní způsobilosti vozovky. Tuto úpravu lze použít, pokud se na vozovce vyskytují poruchy, které zasahují jen povrch vozovky (koroze povrchu, mapové trhlinky, ohlazení povrchu, snížené protismykové vlastnosti). Zpravidla se tato úprava používá ke konci životnosti vozovky s cílem jejího prodloužení, případně k dočasné fixaci povrchu zasaženého alkalicko-křemičitou reakcí.

Je třeba počítat s prokopírováním spár a trhlin do krycí vrstvy. V důsledku tmavého asfaltového povrchu dochází k vyšším teplotám v CB krytu, které způsobují větší napětí v podélném směru a mohou způsobit poruchy nebo vznik nerovností na kontaktu s AB kryty.

#### **Úprava povrchu emulzními mikrokožerci**

Emulzní mikrokožerce jsou vhodné pro uzavření povrchu vozovky, vykazuje-li korozi, zvýšený ořez, nepravidelné jemné trhliny, či zhoršené protismykové vlastnosti. Použití emulzních mikrokožerců je vhodné i po lokálních opravách k dosažení jednotného povrchu, přičemž v případě emulzních mikrokožerců jde o trvanlivější úpravu, zejména pokud jde o zlepšení protismykových vlastností.

Obdobně jako u nátěrů se tyto úpravy zpravidla používají ke konci životnosti vozovky s cílem jejího prodloužení.

Úpravu lze použít, pokud nedochází k nadměrným pohybům desek, přičemž je třeba počítat s prokopírováním spár a trhlin do krycí vrstvy. V důsledku ohřevu tmavého asfaltového povrchu se zvyšuje teplota CB krytu, což způsobuje větší napětí v podélném směru a může způsobit poruchy nebo vznik nerovností na kontaktu s AB kryty.

#### **Úprava povrchu otryskáním ocelovými kuličkami**

Otryskání je proces, při kterém je tryskací médium (ocelové kuličky) vrháno pomocí metacího kola a rozváděcího prstence šikmo dolů proti horizontálnímu otryskávanému povrchu. Účelem otryskání povrchu CB krytu je zejména:

- odstranění ulpělých nečistot, vodorovného dopravního značení apod. z povrchu starého betonu,
- zdrsnění povrchu starého betonu a otevření jeho pórů jako příprava pro aplikaci penetračního nátěru, spojovacího můstku apod.,
- obnova protismykových vlastností.

Jako tryskací médium lze použít také korund. Dříve se často používalo tzv. pískování, které nebylo tak výkonné.

V důsledku nestejně tloušťky povrchové vrstvy malty a nehomogenních vlastností malty může, použitím této technologie, lokálně docházet k otevření povrchu, odhalení mikrotrhlinek, lokálních jamek a kavern.

#### **Úprava povrchu otryskáním vysokotlakým vodním paprskem**

Metoda otryskání vysokotlakým vodním paprskem spočívá z přejezdu vozidla osazeného sestavou trysek, které prostřednictvím vysokotlakých vodních paprsků otryskávají povrch CB krytu. Tato úprava je vhodná zejména:

- pro očištění povrchu betonu a k odstranění nepevných vrstev, jako např. nátěrů a otěru pneumatik,
- ke zdrsnění povrchu starého betonu a otevření jeho pórů jako příprava pro aplikaci penetračního nátěru, spojovacího můstku apod.,
- k obnově protismykových vlastností povrchů vozovek.

V důsledku nestejně tloušťky povrchové vrstvy malty a nehomogenních vlastností malty může, použitím této technologie, lokálně docházet k otevření povrchu, odhalení mikrotrhlinek, lokálních jamek a kavern.

## **Úprava povrchu broušením**

Broušením se zlepšuje rovnost povrchu vozovky (odstraněním místních nerovností a nerovností na spárách v tloušťce 4 až 10 mm) a/nebo jeho protismykové vlastnosti (obvykle stačí záběr do hloubky 2 až 3 mm). Příznivě může být ovlivněna i hlučnost povrchu. Provádí se obvykle zařízením s diamantovými řeznými kotouči na horizontální hřídeli.

Broušení nerovnosti na spárách je v případě starších CBK často kombinováno s ostatními druhy oprav, především se stabilizací desek injektáží, zvedáním desek, obnovou spolupůsobení desek a úpravou a přetěsněním spár.

## **Úprava povrchu frézováním**

Frézování je vhodné pro odstraňování schůdků a vypouklých nerovností, pro odstraňování narušené povrchové vrstvy a pro zlepšení poměrů pro odtok vody. Provádí se frézami se speciálními frézovacími nástroji.

Nevýhodou je vysoká prašnost, hlučnost procesu frézování za sucha a porušení spár.

## **Úprava povrchu drážkováním**

Drážkování se provádí při nedostatečném odvodnění povrchu vozovky (z důvodu malého příčného nebo podélného sklonu vozovky) a při nebezpečí vzniku akvaplaningu. Drážky se vzhledem ke směru jízdy vozidel zhotovují jako drážky příčné, podélné nebo šikmé. Provádí se zpravidla zařízením s diamantovými řeznými kotouči.

## **Plošné vysprávky správkovými hmotami**

Tento způsob oprav se používá v případech, je-li poruchami zasažen povrch vozovky v plošně omezeném rozsahu (jamky, výtluky, koroze až plošný rozpad povrchu) do hloubky 50, ale i více mm. K opravě se používají polymery modifikované cementové malty a betony (PCC), beton ze speciálních cementů, prefabrikované správkové malty atd.

Pokud je beton narušen do hloubky větší než 1/3 tloušťky desky, preferuje se výměna celých desek nebo jejich částí.

## **12.5.2 Opravy na spárách a trhlinách**

### **Obnova zálivek nepoškozených spár**

Tato technologie se používá v případech, kdy jsou zálivky poškozeny nebo chybí a je potřeba je vyměnit. Spáry samotné jsou nepoškozeny a není nutné je opravovat.

### **Obnova těsnění nepoškozených spár tvarovanými těsníci profily**

Tato technologie se používá v případech, kdy jsou zálivky či těsnění spár poškozeny nebo chybí a je potřeba je vyměnit. Spáry samotné jsou nepoškozeny a není nutné je opravovat. Oprava těsnění tvarovanými profily se používá jako alternativa k těsnění zálivkami. Přitom se používají buď uzavřené profily (s dutinami), nebo otevřené (tzv. stromečkové), příp. kombinované. Výhodou je, že lze využít i relativně horšího počasí a lze těsnit i nevyzrálý beton.

### **Údržba pasivních trhlin s nepoškozenými hranami**

Tato technologie se používá v případě pasivních trhlin (neprobíhajících celou tloušťkou desky nebo zasahujících až ke spodnímu líci desky, ale nevykazujících pohyb) s nepoškozenými hranami (neolámanými a neoprýskanými). Údržba se provádí zálivkovými, případně správkovými hmotami.

### **Opravy hran desek správkovými hmotami**

Tento způsob oprav se používá v případech oprýskaných a ulomených hran desek, které nezasahují více než do 1/3 výšky desky. K opravě se používají zpravidla správkové hmoty na bázi pryskyřice.

### **Opravy poškozených spár pružnými správkovými hmotami**

Tato technologie se používá v případech, kdy je poškozen beton v oblasti spár. Šířka poškození spár se předpokládá v rozsahu 50 mm až 200 mm a hloubka od 30 mm do 100 mm. Zálivky a těsnění spár většinou chybí. Zpravidla se tato technologie používá až v druhé polovině plánované životnosti vozovky.

K opravám se používají pružné správkové hmoty (modifikované asfaltové hmoty s výplňovým kamenivem používané pro elastické mostní závěry a opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem). Při větších šířkách se provádějí opravy správkovými hmotami nebo betonáž částí desky.

### **Opravy aktivních trhlin a poškozených spár výměnou desek nebo jejich částí**

Tato technologie se používá v případě oprav aktivních trhlin (probíhajících celou tloušťkou desky a vykazujících dilatační pohyby obdobně jako spáry, příp. i vertikální posuny) s poškozenými i nepoškozenými hranami, jakož i oprav spár, na nichž došlo k rozpadu betonu.

Betonová deska se v okolí trhliny či poškozené spáry oddělí od neporušené (ných) části (i) řezy, vybourá a nahradí novým betonem, vozovkovým betonem nebo rychle tvrdnoucím betonem.

## **12.5.3 Opravy konstrukčních poruch**

### **Výměna desek nebo jejich částí pomocí rychle tvrdnoucího betonu**

Touto technologií se provádí výměna jednotlivých desek (nebo částí desek), na kterých se vyskytly velmi závažné poruchy typu rozlomení desky, pumpování desky apod. V případě malého počtu vyměňovaných desek umožňuje použití technologie rychle tvrdnoucího betonu

zkrácení uzavírky na 36 hodin a méně, přičemž je možná uzavírka pouze jednoho jízdního pruhu. Pokud se nepožaduje zkrácení uzavírky, použije se beton s normální dobou tuhnutí.

### **Stabilizace a zvedání desek injektážní směsí**

Jde o dvě samostatné operace - stabilizaci nebo zvedání desek. Stabilizaci desek se vyplňují dutiny pod deskou a zvedáním desek do původní polohy se odstraňují vertikální posuny na spárách a trhlinách (schůdky větší jak 8 mm).

Optimální je provádět zvedání desek v rámci komplexní opravy určitého úseku (oprava spár apod.) a zvedat desky v uceleném pruhu, byť třeba některé jen s menším poklesem, aby opravovaný úsek nabyl původní rovnosti v celém rozsahu.

### **Obnova spolupůsobení desek vkládáním kluzných trnů**

Technologie se užívá k zamezení vertikálních pohybů desek a vytváření schůdků na příčných spárách v úsecích, kde při stavbě vozovky nebyly vloženy kluzné trny nebo tyto neplní svou funkci. Dodatečné vkládání kluzných trnů se provádí také v souvislosti se zvedáním desek. Mimo kluzných trnů se mohou použít také tzv. konektory (litinové odlitky válcového tvaru se středovým pryžovým pásem, které se umísťují do vývrtů v místě spáry).

### **Obnova spolupůsobení desek vkládáním horizontálních kotev**

Technologie se užívá na zlepšení spolupůsobení u podélných spár a trhlin a k zamezení rozestupování podélných spár a posunů pásů. Používají se buď kotvy rovné (především u spár), nebo se zahnutými konci (hlavně v případě trhlin).

### **Obnova spolupůsobení desek vkládáním šikmých kotev**

Technologie se užívá na zlepšení spolupůsobení u podélných spár a trhlin a k zamezení rozestupování podélných spár a posunů pásů. Jde o alternativu k technologii vkládání horizontálních kotev.

## **12.5.4 Překrývání / zesilování**

### **Překrytí vozovky asfaltovou vrstvou do 40 mm**

Asfaltové vrstvy jsou vhodné pro vyrovnání a překrytí povrchu vozovky při výskytu koroze, nevyhovujících protismykových vlastností, nerovností a vysoké hlučnosti. Použití asfaltových vrstev je vhodné i po lokálních opravách k dosažení jednotného povrchu. Nejčastěji se používají asfaltový koberec mastixový (SMA) a asfaltový beton pro obrusné vrstvy (ACO).

Úpravu lze použít, pokud nedochází k pohybům a pumpování desek, přičemž je třeba počítat s prokopírováním spár a trhlin do krycí vrstvy. Podélné a příčné spáry se na nově položené asfaltové vrstvě přiznávají nebo nepřiznávají. V případě nepřiznání spár je to možné pouze na vozovkách, kde jsou spáry CB krytu osazeny kluznými trny a kotvami, přičemž je třeba vhodným řešením zamezit prokopírování spár do nově položené vrstvy. V případě přiznání spár je nutno zajistit jejich utěsnění vhodnou zálivkou a v průběhu životnosti spáry udržovat.



## TEST 12

- 1) **Který typ trhliny nepatří mezi trhliny netuhých vozovek**
  - a) Mozaiková trhlina
  - b) Oblouková trhlina
  - c) Síťová trhlina
- 2) **Která technologie oprav nepatří mezi technologie pro zdrsnění povrchu tuhé vozovky**
  - a) Úprava povrchu otryskáním ocelovými kuličkami
  - b) Úprava povrchu nátěry
  - c) Úprava povrchu výměnou desky
- 3) **Jaké rozlišujeme základní typy deformací netuhých vozovek**
  - a) Trvalé deformace krytu, dočasné deformace krytu, hrboly,
  - b) Trvalé deformace krytu, deformace snížením povrchu vozovky
  - c) Trvalé deformace krytu, deformace snížením povrchu vozovky, hrboly
- 4) **Jaké dva základní typy technologie recyklace existují**
  - a) Recyklace rychlá a pomalá
  - b) Recyklace za tepla a za studena
  - c) Recyklace přímá a nepřímá
- 5) **Katalog poruch netuhých vozovek uvádí**
  - a) TP 82
  - b) TP 87
  - c) TP 62



## SHRNUTÍ KAPITOLY

Kapitola uvádí základnímu rozdělení poruch dle typu vozovky. Zvláště jsou popsány poruchy tuhých vozovek a zvláště netuhých vozovek. Rovněž jsou uvedeny základní požadavky na opravy popsanych poruch. Uvedeny jsou také odkazy na související technickou literaturu v podobě technických podmínek, které typy poruch a jejich opravy popisují v rámci katalogových listů.



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

Technické podmínky TP 62. *Katalog poruch vozovek s cementobetonovým krytem*. Ministerstvo Dopravy. Brno: CDV, 2010.

Technické podmínky TP 82. *Katalog poruch netuhých vozovek*. Ministerstvo Dopravy. Brno: PavEx® Consulting, s.r.o., 2010.

Technické podmínky TP 87. *Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek*. Ministerstvo dopravy ČR. Brno: VUT Brno, FAST, 2010.

Technické podmínky TP 92. *Navrhování údržby a oprav vozovek s cementobetonovým krytem*. Ministerstvo dopravy ČR. Brno: CDV 2010.

Technické podmínky TP 115 *Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem*. NIEVELT-Labor Praha, 2009.

Technické podmínky TP 147 *Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky*, Ministerstvo dopravy ČR. Brno: VUT Brno 2010.

Technické podmínky TP 208 *Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena*, APT SERVIS 2009.

Technické podmínky TP *Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek na místě za horka*. NIEVELT-Labor Praha, 2009.

Technické podmínky TP 170. *Navrhování vozovek pozemních komunikací*. Ministerstvo dopravy ČR. Brno: Roadconsult, VUT Brno, upravený dotisk 2006.

Kudrna J.: *Diagnostika a management vozovek*, VUT Brno, 2007.

Pospíšil K.: *Silnice a dálnice II – pozemní komunikace*. UJP Pardubice.

## 13 SYSTÉM HOSPODAŘENÍ S VOZOVKOU



### CÍLE KAPITOLY

1. Pochopit principy systému hospodaření s vozovkou
2. Seznámit se s hlavními kroky SHV
3. Pochopit přínosy používání SHV
4. Naučit se rozpoznat parametry pozemních komunikací
5. Zvládnout základní technologie údržby a oprav vozovek
6. Seznámit se s řešením SHV v ČR



### RYCHLÝ NÁHLED DO KAPITOLY

Kapitola se věnuje otázce hospodaření s vozovkou. Důraz je kladen na všechny jednotlivé kroky, které dohromady tvoří tzv. systém hospodaření s vozovkou. Jednotlivé kroky jsou rozepsány a popisem řešení problematiky v ČR s odkazem na příslušné normy a technické podmínky. Student získá přehlednou znalost jednotlivých kroků a bude tak znát jaká data vstupují do hodnocení, jak je s daty dále nakládáno, tzn., jakým způsobem jsou zpracovány, jakými metodami analyzovány a jaké výstupy poskytují. Dále je řešeno jak se s výstupy hodnocení nakládáno a jaké možné případy při sestavování plánu mohou nastat.



### ČAS POTŘEBNÝ KE STUDIU

90 minut





## KLÍČOVÁ SLOVA

System hospodaření s vozovkou, SHV, pavement management system, PMS, oprava, údržba, běžná údržba, porucha, proměnné parametry, neproměnné parametry.

### 13.1 Úvod

System hospodaření s vozovkou (SHV) bychom mohli volně definovat jako: „Soustavné sledování parametrů a charakteristik pozemních komunikací na definované silniční síti, za účelem technicko - ekonomického hodnocení stavu silnic a následném zpracování plánu údržby, oprav a rekonstrukcí“.

V české republice je SHV definován v rámci technických podmínek TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek (2010). TP 87 jej definují jako: „System poskytující aktuální a objektivní informace o stavu PK, jehož účelem je optimalizace stavební činnosti na základě získaných údajů a znalostí o dostupných technologiích s cílem dosáhnout technicky a ekonomicky optimálního využití vložených prostředků, popř. dosažení jiných zvolených priorit“

Nám velmi blízké prostředí slovenské republiky řeší SHV také pomocí technických podmínek. Technické podmienky TP: 10/2006. System hospodarenia s vozovkami. V rámci těchto technických podmínek je SHV definován jako: „proces sledující efektivní využívání vozovek silniční sítě v daných úsecích, v určitých provozních podmínkách, jež zahrnuje soustavně organizovanou údržbu, opravy a obnovu vozovek, z hlediska co nejchopodárnějšího vynaložení finančních, materiálových a energetických prostředků.“

### 13.2 Historie

System hospodaření s vozovkou zkracován jako SHV, vychází z původního anglického označení Pavement Management System (PMS). Jeho vznik je historicky datován do 70. let, kdy bylo nezbytné řešit špatný stav dálniční sítě v USA. Zároveň byl také používán termín Pavement Management and Design System (PMDS), rozdíl mezi těmito systémy byl v tom, že PMDS se zabýval návrhem a plánováním na jedné konkrétní silnici, kdežto PMS zpracovával celou síť. V tom můžeme hledat jistou paralelu v rámci dělení moderních SHV na síťovou a projektovou úroveň. Prvním komplexním softwarovým řešením problematiky byl program HDM (Highway Design and Maintenance Standards Models). Vyvíjen byl pod taktovkou Světové banky převážně na Birminghamské univerzitě s přispěním dalších významných světových institucí, jako je Asijská rozvojová banka, britské Ministerstvo pro zahraniční spolupráci, Massachusettský technologický institut v Bostonu, Britský ústav pro dopravní a silniční výzkum, Francouzský ústřední ústav mostů a cest, Švédská silniční správa, Finská silniční správa, Mezinárodní Americká federace výrobců cementu a dalšími organizacemi. Podle výčtu zapojených institucí je zřetelné, že se jedná o celosvětově podporovaný projekt. Jeho třetí verze, HDM-III byla vyvíjena od roku 1969 a dokončena byla roku 1986. Tato verze jako první obsahovala první prototyp modelu vztahu životnosti

a nákladů na výstavbu. Setkáváme se zde s hodnocením na základě míry návratnosti vynaložených prostředků (Rate of Return), čistou současnou hodnotou (Net Present Value - NPV) nebo výnosu prvního roku návratnosti (First Year Benefit).

V letech 1995 až 1998 byl pod taktovkou světové banky program HDM-III inovován a doplněn o nové podprogramy a vznikla tak verze HDM-4. Jeho podstatný rozdíl oproti verzi III byla v poměrném vyjádření uživatelských nákladů potřebných pro výpočet ekonomické efektivity na úkor technického stavu vozovek. Prioritou se stávají dopravně-provozní poměry jako například provozní způsobilost vozovek. HDM-4 má sofistikovanější model pro spotřebu pohonných hmot včetně kapacitních parametrů komunikací. V zásadě se klade menší vliv na stav vozovek vyjádřený indexem nerovností povrchu (IRI) a zvyšuje se vliv dopravních poměrů.

Ze systému HDM a jeho výpočtových modelů vychází další upravené systémy pro konkrétní uživatele. Model HDM se tak stal základním kamenem pro další podobné programy. Dodnes je program HDM v různých verzích používán po celém světě.

### 13.3 Základní dělení SHV

Z historického vzniku SHV vyplývá, že je systém při svém používání obecně členěn na dvě základní úrovně, úroveň síťovou a úroveň projekční. Dle dříve platných TP 87 z roku 1997, byl v ČR SHV dělen na tzv. malý systém hospodaření s vozovkou (MSHV) a velký systém hospodaření s vozovkou (VSHV).

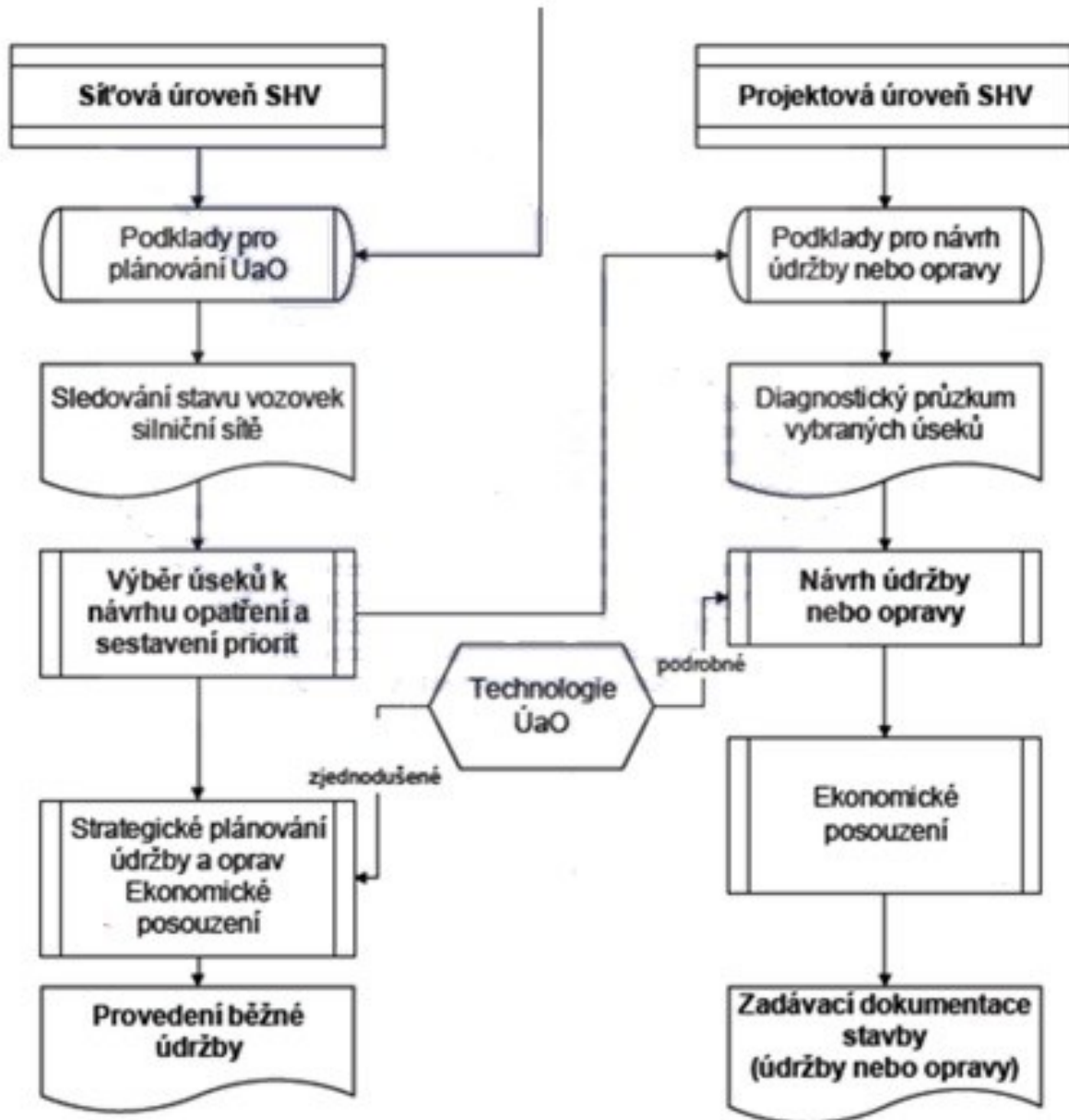
- MSHV byl uvažován jako jedno parametrický systém, tzn., že pracoval pouze s poruchami vozovky. A byl určen pro správu silnic II. a III. třídy.
- VSHV byl uvažován jako více parametrický systém, tedy pracoval s více parametry. Kromě poruch do hodnocení vstupovaly parametry drsnosti, nerovnosti, únosnosti apod. Systém byl určen pro hodnocení dálnic a silnic I. třídy.

V tomto členění je dodnes jistá paralela v rámci SHV používaného na Slovensku. Toto členění systému byla česko-slovenská zvláštnost. Ve světě se toto členění nepoužívá. V současnosti se v ČR již SHV dělí standardním způsobem, a dvě úrovně systému jsou klasifikovány jako:

- Síťová úroveň je plánování údržby nebo opravy spravované sítě pozemních komunikací. Jedná se o cyklicky se opakující proces posuzování sítě PK, který vyhledává úseky nesplňující požadavky provozní způsobilosti nebo výskytu množství poruch vozovky a navrhuje tyto úseky k provedení běžné údržby, nebo přípravě údržby, nebo opravy tak, aby se mohla provést ve vhodný čas optimální technologií.
- Projektová úroveň je návrh údržby nebo opravy úseků PK, které byly na síťové úrovni vybrány k opravě nebo údržbě. Součástí je zpracování optimálního návrhu technologie opravy nebo údržby pro případnou dokumentaci pro zadání stavby.

Z výše uvedeného plyne, že obě úrovně na sebe navazují. Síťová úroveň zpravidla končí běžnou údržbou, nebo předáním podkladů pro projektovou úroveň, tedy pro další návrh opravy nebo údržby. Zjednodušeně můžeme uvést, že síťová úroveň slouží pro dlouhodobé a průběžné sledování stavu vozovek a vývoje jejich stavu v čase, včetně z toho plynoucího

strategického plánování oprav a údržby. Kdežto projektová úroveň slouží spíše pro podrobnější plánování oprav a údržby v kritických oblastech, založené na doplňujících informacích z diagnostických průzkumů, místních podmínek, apod.



Obrázek 01: Schéma dílčích kroků síťové a projektové úrovně SHV [TP 87]

### 13.4 Funkce a základní stupně SHV

Jak vyplývá z definic, jedná se o soubor více činností, jejichž cílem je hodnocení stavu silnic, na jehož základě je navržen postup a typ údržby nebo opravy. Toto je však velmi zestručněný výklad, princip hospodaření s vozovkou je mnohem širší a jeho úkolem je také zohlednit

hospodaření s celou komunikací, včetně návaznosti na okolní krajinu, širší územní vlivy ale i další lidské činnosti mající přímý, či nepřímý vztah k dopravě.

SHV musí vždy obsahovat minimálně tři základní moduly. Prvním z nich je databáze, na kterou navazují analytické metody a posledním krokem fungujícího SHV je zpětná vazba. SHV je vždy chápán jako cyklický, neustále se opakující proces. Na opakujících se akcích ve stanoveném intervalu je celý systém postaven. Pravidelnost a četnost cyklů, může přímo ovlivňovat přesnost výstupů.



**DŮLEŽITÉ!**



**Obrázek 02: Zjednodušený cyklus SHV**

Moderní SHV je často chápán jako cyklus šesti opakujících se činností tak jak je zobrazeno na obrázku 02.

Plány se obecně sestavují na různě dlouhá období, dle konkrétní potřeby. Návrhové období může být až 20 – 30 let (pro vozovky silnic a dálnic je obvyklé 25 let), což je dlouhodobé plánování. Mnohem častější bude plánování na kratší časový úsek (střednědobé) na 10 nebo 5 let, případně krátkodobé plány na jeden až dva roky. Návrhové období může být také voleno dle předpokládané životnosti krytu vozovky.

### 13.4.1 Aktualizace a sběr dat

Cyklus začíná a zároveň končí aktualizací starých dat, případně sběrem dat nových. Jedná se o sběr proměnných parametrů (poruchy vozovek, dopravní zatížení, únosnost, drsnost), případně aktualizace parametrů neproměnných. Získaná data jsou použita jako vstup do dalších kroků. Aktualizace dat by měla probíhat minimálně jednou ročně, optimální sběr by byl dvakrát ročně, záleží na možnostech správce komunikací. V reálu bývá pro správce sítě obtížné z finančních důvodů realizovat i jeden sběr za rok.

Způsobem sběru dat se zabývá TP 82. Katalog poruch netuhých vozovek, základní druhy sběru dat na dopravních plochách:

- vizuální prohlídka se záznamem do formulářů graficky nebo do tabulky (většinou realizovaná pěší pochůzkou, získat pomocí ní lze poměrně detailní informace, převážně je využívána pro úpravy a údržby mimo SHV, případně pro projektovou úroveň),
- vizuální prohlídkou se záznamem do počítače (obvykle prováděná z pomalu jedoucího vozidla poloautomaticky do přenosného počítače. Metoda uplatňovaná převážně pro získání dat pro síťovou úroveň SHV na silnicích nižší třídy a také pro projektovou úroveň),
- video/foto záznam s vysokým rozlišením a lokalizací záběru (metoda hojně užívaná při sběru dat pro síťovou úroveň SHV na silnicích vyššího významu),
- laserovým zobrazovacím systémem (možnost mapování povrchu v 3D, využitelná pro síťovou i projektovou úroveň SHV).

Sběr poruch má také svoje pravidla a existují faktory, které mohou ovlivnit jeho výsledky. Je proto velmi nevhodné provádět sběr v zimě, kdy je vozovka zasněžená, případně zašpiněná, při snížené viditelnosti, za deště či v mlze.

metoda sběru		pozemní komunikace						
		D,R	S I.třídy	S II.třídy	S III.třídy	RMK, MK sběrné	MK obslužné	Účelové
ruční	graficky	P-	P	P	P	P-	P	S/P+
	tabulka	-	-	S	S	-	S	S/P
	záznam do počítače	-	S/P	S+/P+	S+/P+	S/P	S+/P+	S/P
automatický	video/foto sběr	S+/P+	S+/P+	S/P+	S/P-	S+/P+	S/P-	-
	LRIS	S+/P+	S+/P+	S/P+	S/P-	S+/P+	S/P-	-

Poznámky :  
úroveň SHV

**S** síťová  
**P** projektová

vhodnost pro použití

+ vhodné  
bez znaménka použitelné  
- nevhodné nebo neefektivní

**Obrázek 03: Využití metod vizuálních prohlídek na různých úrovních pozemních komunikací [TP 87]**

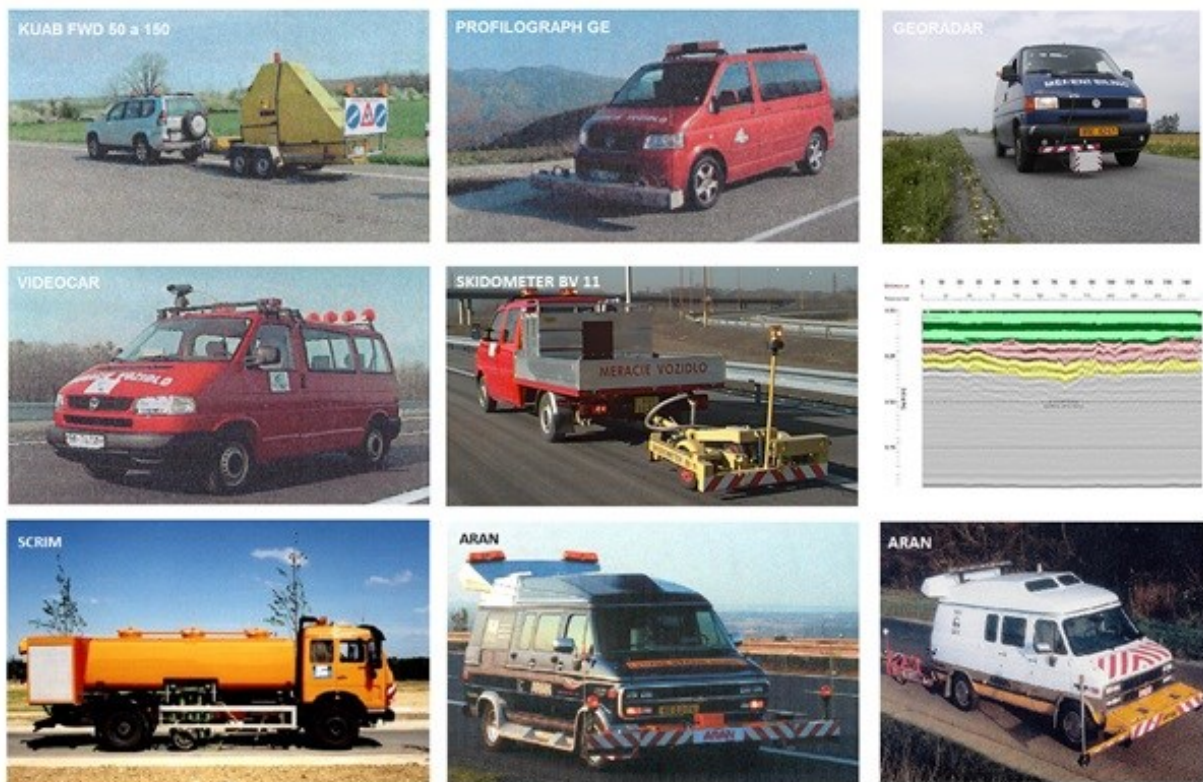
Využití metod vizuálních prohlídek na různých úrovních pozemních komunikací



## DŮLEŽITÉ!

Poruchy je nezbytné lokalizovat, nejvhodnější je využít tzv. uzlový lokalizační systém ULS, ve kterém jsou úseky jednoznačně identifikovány. Jedná se o lokalizační systém používaný v rámci informačního systému silniční databanky (SDB) ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD ČR). Systém funguje na principu jednoznačně definovaných uzlů (křižovatek) a úseků (spojnice mezi dvěma uzly). Sbíraná data, zejména způsob jejich sběru, je vhodné přizpůsobit účelu jejich dalšího využití. Například na silnicích s více jízdními pruhy provádět sběr pro každý pruh samostatně, u silnic pouze se dvěma protisměrnými pruhy provádět sběr v každém směru zvlášť, nebo na celou šířku, dle stupně SHV a dle významu komunikace.

Samotná porucha by také měla být vymezena jasnými parametry specifikující její délku a šířku. Délka je evidovaná v metrech nebo kilometrech s přesností dle požadavku, nejčastěji 0,1 – 1,0 m. Podobně je to také s vymezením šířky. V případě plošné poruchy je možné také zaznamenat její střed a plochu poruchy, případně procentuální vyjádření poměru poruchy v ploše jízdního pruhu. Pokud je v jednom úseku výskyt více typů poruch, každá tato porucha je evidovaná zvlášť.



**Obrázek 04: Měřicí vozidla**

Nejefektivnější, tedy nejrychlejší a s nejvyšším výkonem je sběr dat pomocí automobilů opatřených speciálním zařízením pro sběr a záznam sledovaných parametrů. V českém

prostředí bylo v 90. letech minulého století prvním takovým zařízením diagnostické vozidlo ARAN. Toto vozidlo, je díky svému vybavení schopno zaznamenávat a měřit podélné nerovnosti, příčné nerovnosti vozovky, makrotexturu. Vozidlo je schopno lokalizovat svou polohu díky GPS a také lokalizovat polohu subsystému vozidla, tzn. podélný náklon vozidla (stoupání klesání) a příčný náklon vozidla (příčný sklon). Vozidlo pořizuje i videozáznamy z průjezdu komunikace pomocí čelní kamery, zabírající situaci před vozidlem a zadní sklopené kamery, zabírající vozovku. Současnou obdobou vozidla pro pořízení videozáznamu, či při snímkování trasy slouží např. vozidla VIDEOCAR, nebo LINESCAN. Z vozidla ARAN vycházejí další podobná vozidla, např. vozidlo ARGUS (Automatic Road Condition Graduating Unit System). Jedná se také o multifunkční diagnostické vozidlo, které provádí automatický sběr a vyhodnocování dat proměnných parametrů vozovek (příčné a podélné nerovnosti, hloubka vyjetých kolejí, makrotextura, poruchy vozovek). Na Slovensku je hojně využíváno zařízení PROFILOGRAPH GE (pro měření podélných a příčných nerovností) velmi často doplněné o měření průhybu vozovky pomocí zařízení KUAB FWD. Pro měření protismykových vlastností vozovek silniční sítě stávající i nové může být použito např. měřicí vozidla SCRIM (Sideway Coefficient Routin Investigation Machine), nebo zařízení SKIDDOMETER. Měření typu a tloušťek konstrukčních vrstev vozovek silnic a dálnic se v poslední době stále častěji provádí pomocí tzv. GEORADARU. Ten poskytuje výsledky o tloušťkách jednotlivých vrstev bez nutnosti zásahu do konstrukce. Neporušená konstrukce je však vykoupena nižší přesností výstupu.

Použitá data by neměla být starší tří let. Do tří let je vývoj poruchy relativně předvídatelný.

### 13.4.2 Databáze a správa dat

Po aktualizaci a sběru dat se tato data naplní do programu a vznikne z nich tzv. databáze. Parametry pozemních komunikací mohou být členěny do dvou základních kategorií, parametry proměnné a neproměnné. Jaké proměnné a neproměnné parametry budou sledovány, závisí více méně na samotném správci. Nejčastěji sledované parametry a parametry nezbytné pro SHV jsou ve skupině neproměnných parametrů tyto:



#### **DŮLEŽITÉ!**

- označení komunikace,
- lokalizace úseku (nejlépe uzlovým lokalizačním systémem, viz kapitola 4.3.1, případně staničení úseku
- šírkové uspořádání (šířka zpevněné části, nezpevněné části, kategoriální šířka, apod.),
- geometrické vedení trasy (směrové vedení, výškové vedení, rozhledové poměry)
- informace o jízdnicích pružích (typ pruhu, počet pruhů, šířka pruhu),
- konstrukce vozovky, druh krytu,
- rok uvedení komunikace do provozu,

- bezpečnostní zařízení (svodidla a jejich umístění),
- vybavení komunikace a doprovodné objekty.

Ve skupině proměnných parametrů jsou to zejména tyto parametry:



## DŮLEŽITÉ!

- datum pořízení dat,
- dopravně provozní údaje (počet a skladba vozidel, intenzita, výhledové koeficienty, charakteristiky dopravního proudu),
- provozní způsobilost (drsnost, podélná nerovnost (IRI), příčná nerovnost (vyjeté koleje), hloubka vody ve vyjeté koleji, makrotextura (MPD), poruchy povrchu krytu)
- provozní výkonnost (únosnost, poruchy konstrukce, poruchy únosnosti podloží, podkladu nebo krytu).

Kromě samotných parametrů pozemní komunikace, zpravidla bývají součástí databáze také výchozí podmínky pro hodnocení PK a sestavení plánu:

- ceny (náklady na technologie a opravy),
- dostupné technologie,
- životnost technologií.

Databáze se skládá z dat nutných pro zpracování plánu údržby a oprav uvedených výše, ale může být také doplněná o data doplňková, která mohou shromažďovat další informace:

- dopravní značení,
- fotodokumentace,
- vyústění inženýrských sítí.

### 13.4.3 Klasifikace stavu vozovek

V ČR vychází klasifikace stavu povrchu vozovky z návrhové úrovně porušení, která se odvozuje dle zatřídění PK a očekávaného dopravního zatížení.

Další nezbytné klasifikační údaje související se sledováním stavu vozovek jsou:

- provozní způsobilost (zejména nerovnosti a protismykové vlastnosti),
- poruchy (jejich sběr může být prováděn záznamem poruch do zápisníku, případně obrazovým záznamem, videozáznamem např. pomocí speciálního vozidla, vyhodnocení a zatřídění poruch probíhá dle TP 82,
- únosnost (z výsledků rázového zařízení, nebo měřením deflektometrem),
- dopravní nehodovost (je možno hodnotit na základě údajů z databáze policie, jež mohou mít vliv na prioritu plánovaných akcí).



Návrhová úroveň porušení vozovky	Dopravní význam pozemní komunikace ČSN 73 6101, ČSN 73 6110	Očekávaná třída dopravního zatížení ČSN 73 6114 <sup>1)</sup>	Plocha s konstrukčními poruchami %
D0	Dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace, silnice I. třídy	S, I, II, III	< 1
D1	Silnice II. a III. třídy, sběrné místní komunikace, obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy	III, IV, V a VI	< 5
D2*	Obslužné místní komunikace, nemotoristické komunikace, odstavné a parkovací plochy	V, VI	< 25
	Dočasné komunikace, účelové komunikace	IV až VI	

**Obrázek 05: Návrhová úroveň porušení vozovky dle rozřídění PK a očekávaného dopravního zatížení [TP 170]**

Výše zmíněné parametry protismykových vlastností povrchu vozovky a nerovnosti povrchu vozovek, jsou hodnoceny a posouzeny podle normových tabulek dle zvolené metody, způsobu získání dat. Jednotlivá měření parametrů provozní způsobilosti jsou zpravidla statisticky zpracována a na jejich základě jsou úseky rozčleněny do úseků, kde se parametry výrazně neliší. Obvykle se vyhodnocují v intervalu 20 m. Hodnocení i posudek je odvislý od tzv. klasifikačního stupně. Klasifikačních stupňů je pět, přičemž první stupeň je nejlepší a stupeň pět je nejhorší.

#### Klasifikační stupně dle povolené rychlosti

V > 50 km/h	V ≤ 50 km/h	Popis stupně
1	1+2	pro vozovku jsou tyto parametry určující při převzetí stavby.
2	3	parametry řídicí pro konec záruční doby.
3	4	řídicí pro kontrolu stavu v průběhu její užívání, při provádění běžné údržby obrusné vrstvy vozovky. Pokud jsou výsledky na spodní hranici klasifikačního stupně, je nutné provést, či připravit podklady pro údržbu nebo opravu.
4	5	pozemní komunikace již nespĺňuje požadavky provozní způsobilosti a je třeba provést její údržbu nebo opravu. Úsek PK by měl být označen dopravním značením, než dokud nebude údržba, nebo oprava provedena.

Hodnocení poruch vozovky probíhá dle TP 82, které také umožňuje zatřídění poruch do pěti klasifikačních stupňů. PK jsou členěny dle návrhové úrovně porušení. Číselné údaje o poruchách jsou vyjadřovány v procentech porušené plochy sledovaného jízdního pruhu, nebo pásu ve sledovaném úseku. Trhliny jsou převedeny na plochu v případě úzkých a širokých trhlin vztažením na šířku dotčené plochy 0,5 m a v případě rozvětvených trhlin vztažením na šířku 1 m. Vyskytující se výtluky je potřeba neprodleně opravit. Rychlost provedení nápravy

se odvíjí od četnosti prohlídek PK, které jsou předepsány vyhláškou Ministerstva Dopravy ČR, a například pro D a R jsou stanoveny na každý pracovní den, až po čtvrtletí pro silnice III. třídy.

Skupina poruch dle TP 82	Poznámka	Přípustné % porušení plochy v závislosti na návrhové úrovni porušení D pro														
		přejímku			běžnou údržbu						údržbu a opravu					
		1			2			3			4			5		
		D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
Ztráta asfaltového tmelu a kaverny v obrusné vrstvě	1	0	0	0	1	3	5	5	10	20	0	25	50	>10	>25	>50
Ztráta makrotextury (pocení, vysoupení tmelu)		0	0	0	1	3	5	5	10	20	0	25	50	>10	>25	>50
Korozí kalové vrstvy, ztráta kameniva z nátěru	2	0	0	0	1	3	5	5	10	20	0	25	50	>10	>25	>50
Hloubková korozí obrusné vrstvy		0	0	0	1	1	3	2	5	10	5	10	20	>5	>10	>20
Výtluky	3	0	0	0	0	0,1	0,5	0	0,3	1	0	0,5	1	>0	>0,5	>1
Vysprávký		0	0	0	0,1	3	5	1	10	30	5	20	30	>5	>20	>30
Trhliny úzké, nepravidelné a mozaikové		0	0	0	1	3	5	2	5	30	5	15	30	>5	>15	>30
Trhliny široké příčné (četnost na 100 m délky)		0	0	0	1	2	5	2	5	20	5	10	20	>5	>10	>20
Trhliny rozvětvené (četnost na 100 m délky)	4	0	0	0	0	1	2	1	2	10	3	5	10	>3	>5	>10
Trhliny síťové	5	0	0	0	0	1	3	0,5	3	20	2	10	20	>2	>10	>20
poklesy, místní příčné a podélné hrboly, plošné deformace		0	0	0	0	1	3	1	3	20	3	10	20	>3	>10	>20
Prolomení vozovky		0	0	0	0	0	0	0	0,1	1	0,1	1	5	>0,1	>1	>5
1. Chyba při výrobě a pokládce směsí (porucha neovlivňuje provozní způsobilost)																
2. O údržbě nebo opravě zkorodovaného EKZ, EMK nebo uvolněného kameniva z nátěru rozhoduje snížení protismykových vlastností, nebo hloubková korozí																
3. Výtluky jsou na komunikacích v D0 nepřipustné, potřeba údržby nebo opravy se odvíjí od plochy vysprávek																
4. Rozvětvené trhliny lze započítat do rozsahu síťových trhlin (v ploše danou šířkou vozovky a šířkou rozvětvené trhliny)																
5. Poruchy konstrukce, jejich výskyt vede k opravám zesílením, recyklací a rekonstrukcí, je nutný diagnostický průzkum																

**Obrázek 06: Klasifikační zatřídění rozsahu skupin poruch vozovek v závislosti na návrhové úrovni porušení dle TP 82**

Pro zjednodušení můžeme výsledný stav také klasifikovat slovně pěti stupni:

- **Stav výborný** – novostavba nebo nově opravený povrch vozovky
- **Stav dobrý** – požadovaný při kontrole v záruční době
- **Stav vyhovující** – předpokládá se jen běžná údržba
- **Stav nevyhovující** – nutné plánování opravy
- **Stav havarijní** – bezodkladné provedení opravy, jestliže nebude provedeno = omezení dopravy

Tyto klasifikační ukazatele jsou používány pro síťovou úroveň. Pro projekční úroveň, která pracuje s konkrétním úsekem ve větší podrobnosti, je potřeba data doplnit o další podklady. Doplňující podklady mohou být například

- **Měření a posouzení únosnosti vozovky**, v ČR se provádí rázovými zařízeními (deflektometr FWD).
- **Vrtané, nebo kopané sondy**, pro ověření nebo získání informací o konstrukci a skladbě konstrukčních vrstev. Odběr vzorků stmelovaných vrstev se provádí jádrovými vývrty. Zjištění stavu a odběr vzorků u ostatních vrstev a podloží se

provádí obvykle kopanou sondou, hloubkovým vývrtem případně rýhou v příčném směru.

- **Aktualizace dat o poruchách** jelikož sběr poruch pro síťovou úroveň je prováděn dříve a na základě jeho hodnocení jsou vybrány úseky pro projektovou úroveň je vhodné stav poruch a jejich rozsah aktualizovat.
- **Doplňující podklady** jako kontrola funkce odvodnění, bezpečnostního zařízení, doprovodných objektů, nebo například výškové a směrové řešení vozovky a navazujícího okolí (zejména v intravilánu u místních komunikací) vylučující, nebo omezující možnost použití některých technologií oprav (přílehlé sjezdy, nemožnost zvednutí obrubníků apod.).

### 13.4.4 Sestavení plánu údržby a oprav

Na základě klasifikace poruch, jejich lokalizace a zejména klasifikace stavu povrchu dochází k návrhu vhodných opatření.

Každá porucha by měla mít v databázi možné způsoby opravy s různou finanční a technologickou náročností a s různou životností. Tyto technologie a druhy oprav se pak pomocí algoritmu přiřazují na jednotlivé porušené úseky. Záleží také na tom, kdy se začne s opravou povrchu. V prvních letech může být prováděna pouze běžná údržba a následně pak náročnější úpravy v podobě např. nátěru, tenkého asfaltového koberce (TAK) či mikrokoberce, nebo položení nové tenké vrstvy asfaltového betonu (AC). Také nelze opakovaně používat pouze levný způsob opravy. Při opakovaném použití levné opravy již výsledek nemusí být tak efektivní a je potřeba použít náročnější opravu. Pokud bude v sousedních úsecích stejný typ poruchy, je vhodné úseky sjednotit a použít na ně stejnou opravu. Slučování úseků může mít pozitivní vliv na cenu i výkon.

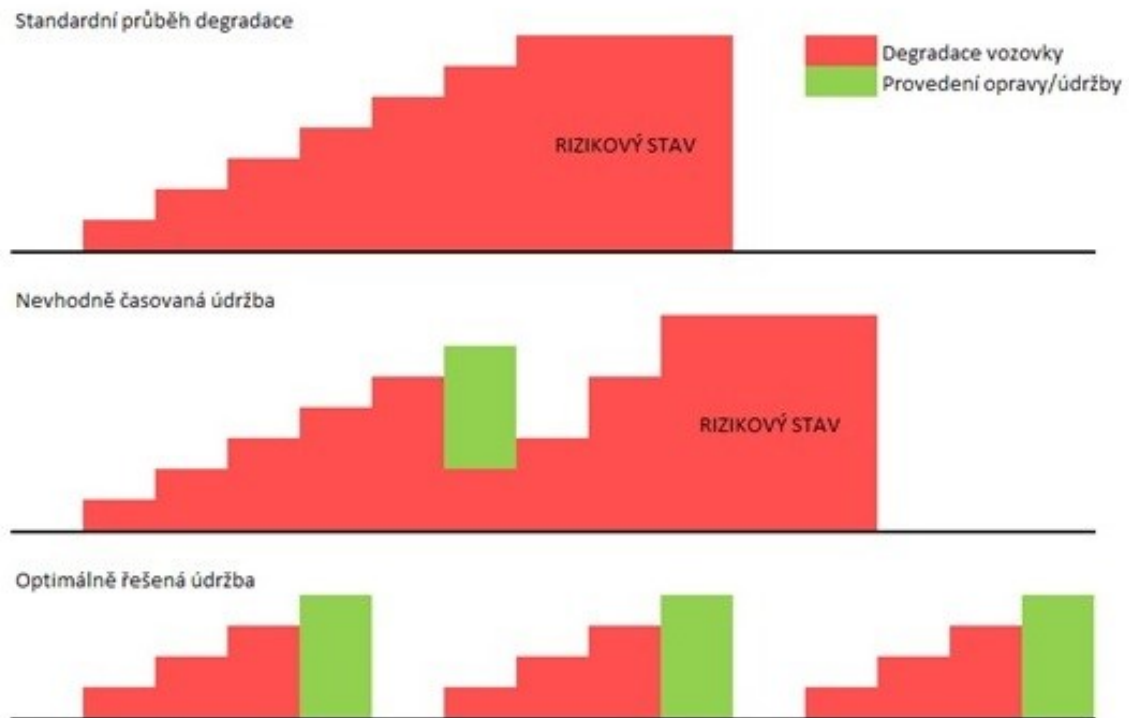
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Běžná údržba		nátěr	-	-	-	-	Nátěr	-	-	-
Běžná údržba		nátěr	-	-	-	-	TAK	-	-	-
Běžná údržba		nátěr	-	-	-	-	AC	-	-	-
Běžná údržba		TAK	-	-	-	-	-	Nátěr	-	-
Běžná údržba		TAK	-	-	-	-	-	TAK	-	-
Běžná údržba		TAK	-	-	-	-	-	AC	-	-
Běžná údržba		AC	-	-	-	-	-	-	-	Nátěr
Běžná údržba		AC	-	-	-	-	-	-	-	TAK
Běžná údržba		AC	-	-	-	-	-	-	-	AC
Běžná údržba	nátěr	-	-	-	-	Nátěr	-	-	-	Nátěr
Běžná údržba	nátěr	-	-	-	-	TAK	-	-	-	-
Běžná údržba	nátěr	-	-	-	-	AC	-	-	-	-
Běžná údržba	TAK	-	-	-	-	-	Nátěr	-	-	-
Běžná údržba	TAK	-	-	-	-	-	TAK	-	-	-
Běžná údržba	TAK	-	-	-	-	-	AC	-	-	-
Běžná údržba	AC	-	-	-	-	-	-	-	Nátěr	-
Běžná údržba	AC	-	-	-	-	-	-	-	TAK	-
Běžná údržba	AC	-	-	-	-	-	-	-	AC	-
Běžná ú.	nátěr	-	-	-	-	Nátěr	-	-	-	Nátěr
Běžná ú.	nátěr	-	-	-	-	TAK	-	-	-	TAK
Běžná ú.	nátěr	-	-	-	-	AC	-	-	-	-
Běžná ú.	TAK	-	-	-	-	-	Nátěr	-	-	-
Běžná ú.	TAK	-	-	-	-	-	TAK	-	-	-
Běžná ú.	TAK	-	-	-	-	-	AC	-	-	-
Běžná ú.	AC	-	-	-	-	-	-	-	Nátěr	-
Běžná ú.	AC	-	-	-	-	-	-	-	TAK	-
Běžná ú.	AC	-	-	-	-	-	-	-	AC	-
nátěr	-	-	-	-	Nátěr	-	-	Nátěr	-	Nátěr
nátěr	-	-	-	-	TAK	-	-	-	TAK	-
nátěr	-	-	-	-	AC	-	-	-	-	Nátěr
TAK	-	-	-	-	-	Nátěr	-	-	-	Nátěr
TAK	-	-	-	-	-	TAK	-	-	-	Nátěr
TAK	-	-	-	-	-	AC	-	-	-	-
AC	-	-	-	-	-	-	-	Nátěr	-	-
AC	-	-	-	-	-	-	-	TAK	-	-
AC	-	-	-	-	-	-	-	AC	-	-

Obrázek 07: Varianty provedení údržby a opravy v průběhu návrhového období

### 13.4.5 Proces rozhodování

Proces rozhodování je jedna z nejdůležitějších fází. Je to krok, kvůli kterému se podstupují všechny předchozí stupně SHV a který nám udává rozhodující výstupy. Z výše uvedených potencionálních možností posloupnosti druhů oprav je na základě technicko-ekonomických analýz vybrána ta nejefektivnější. Návrh pak vychází ideálně z nejvhodnější varianty v poměru cena/výkon, případně přínos/náklady (B/C). Každý úsek tak získá informaci o ceně jeho opravy a případně zůstatkové ceně a o jeho původním a případném novém stavu.

Realizace opatření je nutné provést ve vhodný čas a v dostatečné míře. Každá porucha se v čase rozvíjí a postupným porušováním může stav komunikace dojít do stavu, kdy již není vhodná a bezpečná pro jízdu a nachází se v tzv. rizikovém stavu. Špatně rozvržená oprava, tzn. nedostatečná, nebo aplikovaná v nevhodný čas zapříčiní pouze oddálení rizikového stavu.



**Obrázek 08: Průběh degradace vozovky při různé aplikaci oprav**

Zcela neefektivnější je provést opravu vozovky při přibližně 40% celkové životnosti. Pokud se oprava poruchy odkládá, náklady na její odstranění významně rostou a při opravě v době vyčerpání 100% životnosti je oprava průměrně až 20x dražší než v době vyčerpání 40% životnosti.

Při sestavení plánu oprav jsou komunikace obecně řazeny a řešeny podle přiřazené priority. Priorita je převážně daná třídou komunikace. Komunikace nižších tříd jsou vybírány na základě jejich důležitosti, vytížení a samozřejmě stavu. V případě neomezených finančních prostředků by tato fáze nebyla nutná. Avšak vždy je zde nějaký finanční limit, který nedovoluje opravit silniční síť do ideálního stavu. Na příslušných správcích komunikací je zvolit, které komunikace budou v daném roce opraveny a které se přesunou do dalších let. Většina postupů SHV je taková, že je nejprve sestaven tzv. finanční plán, který vyhodnotí technickoekonomicky optimální řešení na dobu návrhového období, jehož finance nejsou omezeny a výsledkem je silniční síť ve výborném stavu. Finanční plán vyjadřuje skutečné potřeby údržby a oprav silniční sítě. Výpočet je proveden tak, že každému úseku je dle jeho významu, jenž může být definován třídou silnice, dopravním zatížením, případně dalšími prioritami a dle typu a rozsahu porušení přiřazena jedna nebo více technicky odpovídajících technologií údržby nebo opravy. Podle ekonomických kritérií, převážně těch založených na modelech HDM III nebo HDM IV (poměr cena/výkon – C/B, návratnost investic – IRR, čistá

aktuální hodnota – NPV) je vybrána jedna nejvhodnější. Takové řešení však není většinou realizovatelné, finanční prostředky jsou přiřazovány dle potřeby v daném roce a mohou se tak v jednotlivých řešených letech výrazně lišit. Finanční plán může sloužit ke strategickým rozhodnutím o úvěrech, možnosti využití fondů pro financování oprav silnic, nebo ke korekcím rozpočtů pro údržbu a oprav vozovek. V obecné praxi pak správce ve většině situací pracuje s omezeným rozpočtem, či plánovaným obnosem finančních prostředků.

Dle definovaného rozpočtu je potřeba finanční plán modifikovat na možnosti správce. Do rozpočtu jsou pak úseky řazeny dle zvoleného hodnoticího kritéria (např. třída, dopravní zatížení) a podle jejich stavu. Mohou pak nastat tři situace:

- optimální navržená technologie může být použita přímo v roce kdy je její provedení ideální
- optimální navržená technologie nemůže být použita přímo v roce kdy je to ideální a je vybraná alternativní levnější oprava, nebo je oprava přesunuta do jiného roku kde je pro opravu prostor, v tomto případě se ale úsek stává tzv. rizikový
- optimální navržená technologie, nebo její levnější varianta nemůže být použita v ideálním roce ani v jiném roce, úsek se stane rizikovým na celou dobu plánovacího období. Řešení je pouze navýšení rozpočtu, nebo úsek ponechat jako rizikový.

### 13.4.6 Realizace opatření

Tato fáze je již čistě praktická. Po rozhodnutí o opravách komunikací dojde k realizaci těchto opatření. Cyklus SHV dosáhl konce a může se tak začít s plánem novým. Výstupem z tohoto kroku, by měla být aktualizace informací o stavu povrchu, případně jiných proměnných, či neproměnných parametrech.

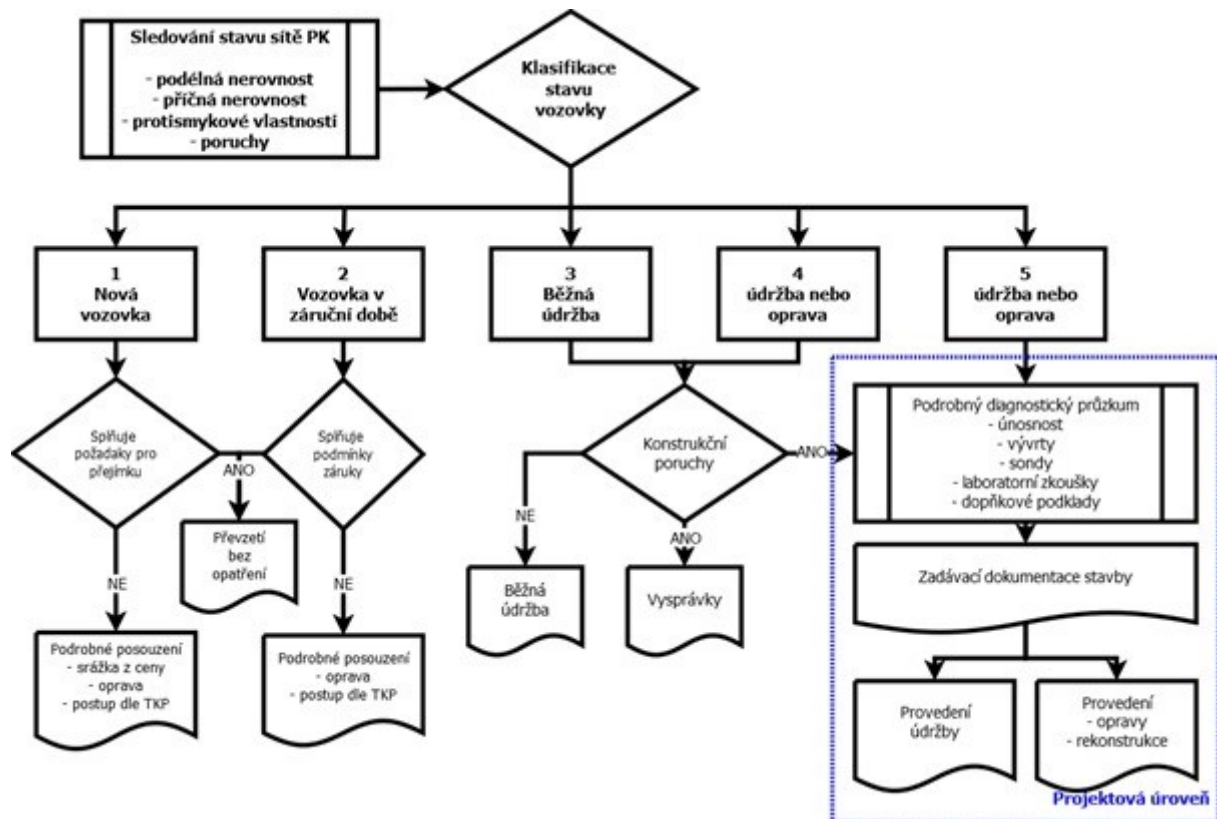
Další fázi by měl být opět krok první a celý cyklus SHV by měl znovu proběhnout pro další návrhové období.

## 13.5 Přínosy a výhody systému hospodaření s vozovkou

Používání SHV správci přináší mnoho benefitů. S implementací a udržení SHV je spojena potřeba určitých nákladů, ovšem ve výhledu se tyto finance navrátí v podobě efektivnějšího použití zdrojů a možnosti zdůvodnit a zabezpečit financování pro opravy.

Další přínosy pro správce, které jsou spojeny s využíváním SHV, jsou:

- možnost sledovat vhodnost, efektivitu a výkonnost vybraných opatření,
- známý stav silniční sítě,
- podpůrné analýzy potřeb silniční sítě,
- přehled o výsledcích o rozhodnutí financování,
- volba vhodnějších strategií pro údržbu a opravy,
- lepší koordinace práce správce a s tím spojených uzavírek.



Obrázek 09: Rozhodovací schéma pro návrh údržby a opravy vozovek [TP 87]

### 13.6 Systém hospodaření s vozovkou v ČR (Software)

V České republice je systém správy sítě pozemních komunikací rozdělen dle důležitosti silnic. Rozlišuje se správa silnic I. třídy, dálnic a rychlostních silnic a správa silnic II. a III. třídy. Údržba dálnic a některých rychlostních silnic je přímo zajišťována Ředitelstvím silnic a dálnic České republiky (ŘSD ČR) ze šestnácti středisek správy a údržby dálnic (SSÚD), resp. rychlostní silnice (SSÚRS). Silnice nižšího významu spravují kraje a jimi pověřené krajské správy silnic. Na území měst a obcí mohou v rámci běžné údržby místních komunikací také spolupracovat místní správy. Pokud bychom toto vztáhli na MSK, tak správa silnic vyšších tříd bude řízená ŘSD ČR, silnice nižších tříd správou silnic Moravskoslezského kraje (SSMSK), a např. v rámci města Ostrava to pak bude organizace Ostravské komunikace (OK a.s.).

#### 13.6.1 Dálnice a silnice I. třídy

Aktuálně jsou silnice ve správě ŘSD ČR spravovány pomocí softwaru HDM-IV. V České republice je využíván od roku 2001. Jeho česká verze, tzn. verze kalibrována na místní podmínky je označována jako Český systém hodnocení silnic (CSHS) a je ve vlastnictví ŘSD ČR. Lokalizaci řeší společnost Mott MacDonald. Tento dokument je platný od srpna 2007. Základem pro veškerou práci je datový soubor, který musí být užíván jako závazný podklad jednotně pro všechna ekonomická hodnocení investičních záměrů zadávaná ŘSD ČR.

V pracovním prostředí CSHS jsou obsaženy základní standardy údržby pro asfaltové (nebo kompozitní) vozovky a betonové vozovky.

Standardy obsahují typy činností včetně jednotkové ceny pro oba druhy vozovek, zvláště pro opravy a zvláště pro novostavby. Hodnocení efektivnosti silničních a dálničních staveb v investičních záměrech se provádí na základě cost/benefit (nákladově-výnosové) analýzy, s použitím ukazatelů NPV (čistá aktuální hodnota), IRR (vnitřní míra návratnosti), BCR (rentabilita nákladů). Ekonomické hodnocení silničních a dálničních staveb se provádí na základě analýzy těchto druhů nákladů

- náklady na dopravní cestu (výstavba, rekonstrukce, oprava, údržba)
- náklady uživatelů (pohonné hmoty, opotřebenění pneumatik, údržba vozidel, pojistka, atd.)
- ostatní náklady (ztráty v nehodách, cena času stráveného na vozovce, apod.)

Všechny výše uvedené náklady jsou vyčísleny v kalibračním dokumentu CSHS. HDM-IV pracuje s tzv. křivkami opotřebenění vozovky, což je důležitý parametr pro plánování oprav v delším časovém horizontu. Pomocí toho můžeme předpokládat vývoj konstrukce a její degradaci v čase. Systém se však plného nasazení v rámci SHV nedočkal a jeho využití je tak pouze pro plánování staveb nových.

## 13.6.2 Silnice nižších tříd

Správa a údržba na úrovni silnic II. a III. třídy není v rámci České republiky zcela jednotná. Od roku 1994 byl na základě výběrového řízení, vypsáního ŘSD ČR a MD ČR pro implementaci pro správce silniční sítě II. a III. třídy vybrán dánský software RoSy PMS. Od roku 1997 byl software využíván na celém území ČR ve všech 72 organizacích Správy a údržby silnic a jeho provoz byl garantován ŘSD ČR. Po přechodu silnic nižších tříd do správy krajů bylo jednotné plánování narušeno a v každém kraji mohl být používán libovolný software. Od roku 2002 dle distributora software RoSy PMS používá 8 krajů. Ostatní kraje využívají jiný, nebo žádný systém. Rozšířen je také postup pomocí tzv. Bílé knihy, která slouží jako plánovací dokument.

ROSY PMS je v ČR odzkoušen jako jedno-parametrický systém (poruchy), maximálně jako dvou-parametrický systém (únosnost). Další parametry sice umožňuje zpracovávat, ale v současné době to nelze prezentovat tak, že to řeší bez problému a nutnosti ladění. Silnou stránkou Rosy je optimalizace úseku silnic pro opravy, tzn. návrh optimální technologie na základě dostupných finančních prostředků. Software RoSy PMS je rozšířeným databázovým systémem, který zahrnuje tři základní moduly BASE (sběr a zpracování dat) PLAN (výpočet plánu) a MAP (pro vizualizaci výsledků).



## K ZAMYŠLENÍ

Podle studie přínosů používání SHV ve státě Arizona, USA, každý dolar investovaný do provozu, vývoje a správy SHV znamená 30 dolarů úspor ve výdajích na opravy vozovek. Pokud by se započítaly také náklady uživatelů silniční sítě, úspora na každý dolar vynaložený



na SHV by byla přibližně 250 dolarů. Tato čísla jsou výsledkem šestnáctiletého používání SHV. [HUDSON, W. R., Hudson, S. W., WAY, G. a DELTON, J. *Benefit of Arizona DOT Pavement Management System after sixteen years experience*. Washington D.C.: Transportation Research Board meeting, 2000].



### TEST 13

#### 1) Jak je primárně chápan SHV

- d) Neustále se opakující cyklus vzájemně navazujících činností.
- d) Samostatné úkony, jež nejsou vzájemně provázány.
- e) Vždy samostatný cyklus navazujících úkonů.

#### 2) Na jaké základní úrovně se dělí SHV

- a) Velká a malá
- b) Hlavní a podružná
- c) Síťová a projektová

#### 3) Na jaká období se sestavují plány.

- e) Dlouhodobé 30-50 let, střednědobé 10-20 let, krátkodobé 5 let
- f) Dlouhodobé 20-30 let, střednědobé 5-10 let, krátkodobé 1-2 roky
- g) Dlouhodobé 10 let, střednědobé 2-5 let, krátkodobé 1-12 měsíců

#### 4) Které z parametrů patří mezi proměnné parametry vozovek

- a) poruchy
- b) šířkové uspořádání
- c) konstrukce vozovky

#### 5) Jak se dělí správa pozemních komunikací mezi správce

- a) Dálnice a silnice I. třídy spravují krajské správy a silnice nižších tříd spravuje ŘSD ČR,
- b) Dálnice a silnice I. třídy spravuje ŘSD ČR, silnice nižších tříd spravují krajské správy
- c) Dálnice spravuje ŘSD ČR, silnice všech tříd spravují krajské správy

#### 6) Jak se nazývá celosvětově nejrozšířenější systém pro SHV

- a) HDM
- b) MHD
- c) HDMI

#### 7) Při jaké úrovni vyčerpání životnosti vozovky je nejefektivnější provést opravu

- a) 20 %
- b) 40 %
- c) 60 %

#### 8) Co je to rizikový úsek

- a) Úsek, který je záměrně vynechán ze sestavení plánu

- b) Úsek, který je v rámci plánu opraven jinou technologií, než doporučenou
- c) Úsek, který v daném roce nelze v rámci plánu opravit



## SHRnutí KAPITOLY

Kapitola se věnovala vysvětlení principů SHV a popisu jeho jednotlivých kroků v podobě vysvětlení cyklu jednotlivých kroků celého systému. Obecně je systém chápán jako sled šesti základních kroků. V kapitole jsou shrnuty základní přínosy použití SHV a jeho vliv na postupné snižování finanční náročnosti oprav a zlepšování stavu sítě pozemních komunikací. Popsány jsou základní parametry a vstupy potřebné pro hodnocení pozemních komunikací a pro naplnění systému informacemi nutnými pro vytvoření plánu oprav a údržby. Zde jsou popsány také základní rozdíly mezi použitím různých druhů technologií a jejich vliv na celkový cyklus plánovacího období. Závěrem je také uvedeno, jak je celá problematika řešena v české republice na jednotlivých úrovních silniční sítě.



## DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE

Technické podmínky TP 82. *Katalog poruch netuhých vozovek*. Ministerstvo Dopravy. Brno: PavEx® Consulting, s.r.o., 2010.

Technické podmínky TP 87. *Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek*. Ministerstvo dopravy ČR. Brno: VUT Brno, FAST, 2010.

Technické podmínky TP 170. *Navrhování vozovek pozemních komunikací*. Ministerstvo dopravy ČR. Brno: Roadconsult, VUT Brno, upravený dotisk 2006.

Technické podmienky TP: 10/2006. *Systém hospodarenia s vozovkami*. Bratislava: Ministerstvo dopravy pošt a telekomunikácií SR, 2006.

AASHTO. *Guidelines for Pavement, Management System*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1990.



## ŘEŠENÍ TESTŮ

### TEST 2 (Kapitola 2)

Otázka č. 1 - c

Otázka č. 2 - a

Otázka č. 3 - b

Otázka č. 4 – a

Otázka č. 5 - b

Otázka č. 6 – c

Otázka č. 7 – a

Otázka č. 8 – b

Otázka č. 9 – c

Otázka č. 10 – c

Otázka č. 11 – a

Otázka č. 12 – b

Otázka č. 13 – c

### TEST 3 (Kapitola 3)

Otázka č. 1 - b

Otázka č. 2 - je materiál, který je vytěžen během hlubinné těžby jako nezužitkovatelný materiál

Otázka č. 3 - b

Otázka č. 4 - a

Otázka č. 5 - b

Otázka č. 6 - a

Otázka č. 7 - c

Otázka č. 8 – a

Otázka č. 9 – difuzní, pendulární, kapilární.

Otázka č. 10 - a

Otázka č. 11 – b

**TEST 4 (Kapitola 4)**

Otázka č. 1 - a

Otázka č. 2 - vyjadřuje přepokládaný vývoj porušování vozovky = přípustná plocha výskytu konstrukčních poruch na konci návrhového období

Otázka č. 3 - a

Otázka č. 4 - b

Otázka č. 5 – a

Otázka č. 6 - vlivy promrzání podloží, nosnou fci, přerušovací fci, infiltrační fci, drenážní fci ochrana vozovky před účinky mrazu v podloží.

Otázka č. 7 – a

Otázka č. 8 - drsnost (proti smykové vlastnosti), rovnost, světelná odrazivost, hlučnost.

**TEST 5 (Kapitola 5)**

Otázka č. 1 - a

Otázka č. 2 – ŠD, MZK, MZKo, VŠ, PŠ, MZ

Otázka č. 3 - a

Otázka č. 4 - a

Otázka č. 5 - a

**TEST 6 (Kapitola 6)**

Otázka č. 1 - a

Otázka č. 2 - b

Otázka č. 3 - b

Otázka č. 4 – cement, struska, popílek, hydraulická silniční pojiva

Otázka č. 5 - a

Otázka č. 6 - b

**TEST 7 (Kapitola 7)**

Otázka č. 1 - c

Otázka č. 2 - b

Otázka č. 3 - b

Otázka č. 4 - b

Otázka č. 5 – c

Otázka č. 6 - b

Otázka č. 7 - a

Otázka č. 8 - b

Otázka č. 9 - a

Otázka č. 10 – c

Otázka č. 11 - b

Otázka č. 12 - b

Otázka č. 13 - c

**TEST 10 (Kapitola 10)**

Otázka č. 1 - a

Otázka č. 2 - c

Otázka č. 3 - c

Otázka č. 4 - b

Otázka č. 5 - b

**TEST 11 (Kapitola 11)**

Otázka č. 1 - b

Otázka č. 2 - a

Otázka č. 3 - c

Otázka č. 4 - a

Otázka č. 5 - b

**TEST 12 (Kapitola 12)**

Otázka č. 1 - b

Otázka č. 2 - c

Otázka č. 3 - c

Otázka č. 4 - b

Otázka č. 5 - a

**TEST 13 (Kapitola 13)**

Otázka č. 1 - a

Otázka č. 2 - c

Otázka č. 3 - b

Otázka č. 4 - a

Otázka č. 5 - b

Otázka č. 6 - a

Otázka č. 7 - b

Otázka č. 8 – c



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ