PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK
A ZEMNÍ TĚLESO

Hydraulicky stmelené podkladní vrstvy

Výhody a rizika použití v konstrukci vozovek

Milan Beck, DiS.

ESLAB, spol. s r.o.

25.–26. listopadu 2026

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

Témata příspěvku

- Historie, funkce vrstev, typy směsí a volba pevnosti
- Smršťovací a reflexní trhliny, vliv vody
- Pokládka, hutnění a kontrola parametrů
- Ošetřování a opravy poruch

Vznik a funkce hydraulicky stmelených vrstev

- Původním záměrem pro vývoj hydraulicky stmelených vrstev bylo využití méně kvalitního kameniva s přidáním malého množství hydraulického pojiva a získat tak výkonné a efektivní vrstvy. Kamenivo bylo obvykle z místních materiálů na stavbě, dnes lze mimo tyto materiály rovněž využit i recyklované materiály dle TP 210.
  - První zkušenosti jsou z USA, počátky od r. 1910 – 1920, relevantní systémové použití od roku 1935 probíhá standardizované použití na základě ověřování kvality a parametrů vrstvy při ověřování vazby vlhkosti, hustoty (Proctor), pevnosti a odolnosti vůči cyklům zmrazování a rozmrazování
  - V Evropě se začaly v širším měřítku využívat až od 60 let.
  - Důvodem použití je jednoduchý – vrstvy jsou jednak funkčně spolehlivé, tak nákladově velice efektivní

Únosné podloží a spodní podkladní nestmelené vrstvy jsou nezbytným předpokladem funkčnosti.

Typy směsí a jejich odlišnosti

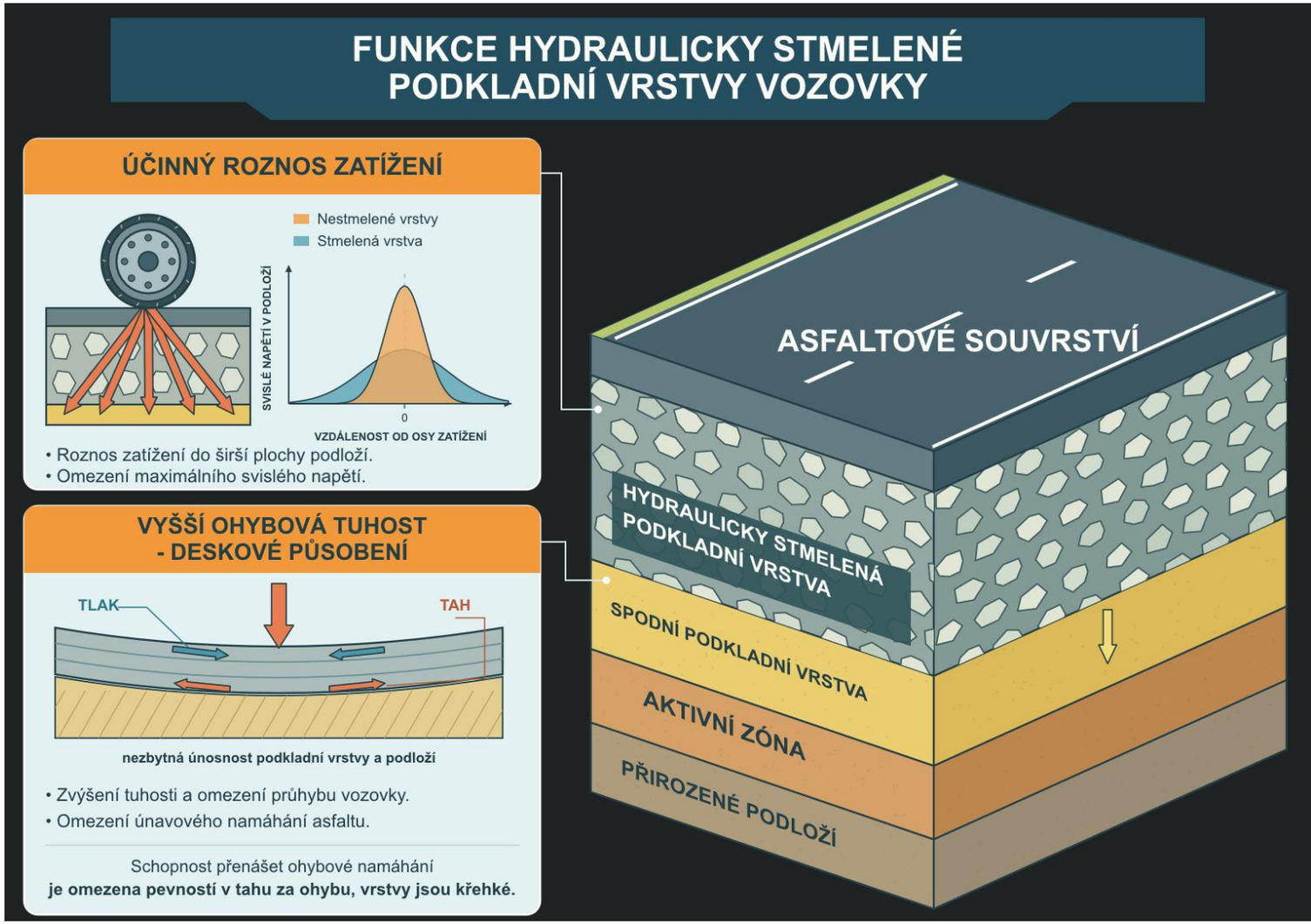
Směs / vrstva	Předpis	Rozhodující vymezení
SC, SH, SS, SP	**ČSN EN 14 227-1, 2, 3, 5, ČSN 73 6124-1**	**Kamenivo dle ČSN EN 13242+A1**
RS C 0/D / RS CA 0/D	**ČSN 73 6147**	**Recyklace za studena, pevnost C3/4**
ZSH	**ČSN EN 14227-15**	**Stabilizovaná zemina - AZ, spodní podkladní vrstva**
ŠCM	*ČSN 73 6127-1*	*Štěrk částečně vyplněného cementovou maltou*
MCB	*ČSN 73 6124-2*	*Mezerovitý beton*
ACB	*ČSN 73 6124-3*	*Asfaltocementový beton*
KAPS	*ČSN 73 6124-4*	*Kamenivo stmelené popílkovou suspenzí*

Liší se vstupní materiály i způsob prokazování vlastností.

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

Vznik a funkce hydraulicky stmelených vrstev

- Stmelení vrstvy zvyšuje její ohybovou tuhost a zlepšuje roznos zatížení do podloží.
- Vrstva je však velmi křehká a podmínka její funkčnosti je dostatečná únosnost podkladní vrstvy



PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Názvosloví:

Norma ČSN 73 6124-14 je platná od roku 2010 s revizí z r. 2016, Evropské normy řady ČSN EN 14224 1-15 platí od roku 2013.

Tabulka 2 - Převod označení vrstev stmelených hydraulickými pojivy

Nové označení vrstvy		Staré označení vrstvy
ČSN EN 14227-1,10	**ČSN EN 14227-2, 3, 5, 12, 13, 14**	
ZC $C_{0,8/1,0}$	ZS $C_{0,8/1,0}$ ZP $C_{0,8/1,0}$ ZH $C_{0,8/1,0}$	ZZ
SC $C_{1,5/2,0}$	SS $C_{1,5/2,0}$ SP $C_{1,5/2,0}$ SH $C_{1,5/2,0}$	SC II
SC $C_{3/4}$	SS $C_{3/4}$ SP $C_{3/4}$ SH $C_{3/4}$	SC I
SC $C_{5/6}$	SS $C_{6/8}$ SP $C_{6/8}$ SH $C_{6/8}$	KSC II
SC $C_{8/10}$	SS $C_{9/12}$ SP $C_{9/12}$ SH $C_{9/12}$	KSC I
SC $C_{12/15}$	SS $C_{12/16}$ SP $C_{12/16}$ SH $C_{12/16}$	VB I
SC $C_{16/20}$	SS $C_{15/20}$ SP $C_{15/20}$ SH $C_{15/20}$	PB II
SC $C_{20/25}$	SS $C_{18/24}$ SP $C_{18/24}$ SH $C_{18/24}$	PB I

Nejdůležitější požadavky ČSN 73 6124-1

Směsi se klasifikují na základě tříd pevností v tlaku R_c.

Minimální hodnoty R_c pro válcová zkušební tělesa pro štíhlostní poměr 2[a] MPa	Minimální hodnoty R_c pro válcová zkušební tělesa pro štíhlostní poměr 1[a] a zkušební tělesa tvaru krychle MPa	Třída R_c[b]
1,5	2	$C_{1,5/2}$
3	4	$C_{3/4}$
5	6	$C_{5/6}$
8	10	$C_{8/10}$
12	16	$C_{12/16}$

[a] Pokud je štíhlostní poměr válcových zkušebních těles v rozmezí 0,8 až 1,21, postupuje se stejně jako při štíhlostním poměru 1.

[b] Bude-li požadováno, je možné použít i mezilehlé hodnoty například podle ČSN EN 14227-1.







Typy směsí a jejich odlišnosti dle ČSN 73 6124-1

Tabulka 1 – Užití směsí stmelených hydraulickými pojivy ve vozovce

Třída pevnosti v tlaku R_c[b]	Doporučená třída dopravního zatížení[a]		
	Krytová vrstva[c]	Horní podkladní vrstva	Spodní podkladní vrstva
< $C_{1,5/2}$[d]	–	–	–
$C_{1,5/2}$	–	III, IV, V a VI	bez omezení
$C_{3/4}$	–	bez omezení	bez omezení
$C_{5/6}$	V, VI	bez omezení	–
$C_{8/10}$	V, VI	bez omezení	–
$C_{12/16}$	V, VI	bez omezení	–
$C_{15/20}$ a vyšší[d]	–	–	–

[a] Třídy dopravního zatížení podle ČSN 73 6114.

[b] Třída pevnosti v tlaku podle 6.2.6 této normy.

[c] Pro místní obslužné komunikace se povrch vrstvy musí opatřit nátěrem nebo emulzní kalovou vrstvou. Pro účelové komunikace, zpevněné plochy a dočasné komunikace se provedení tohoto opatření na povrchu vrstvy doporučuje.

[d] Viz 6.2.6 této normy.

Volba pevnostní třídy

Pevnost / typ vrstvy	Uplatnění v konstrukci
C3/4 nebo C5/6 / SC, SS, SH, SP	Preferované třídy pod asfaltové souvrství
C8/10, SH C9/12 / SC, SS, SH, SP	Specifické případy, např. pod CB kryt, dlažbu, na zastávkách, nebo vysoce zatěžovaných křižovatkách
ZSH Rc 1,5/2,0 MPa nebo Rc 3/4 MPa	Spodní podkladní vrstva.

Doporučení: nezbytné vždy vyvážit pevnost vrstvy, únosnost podkladních vrstev, požadovanou trvanlivost a riziko vzniku smršťovacích (kontrakčních) poruch.

Návrhová a skutečná pevnost

- Průkazní zkouška: povinnost dodržet při ověření návrhu pevnost nejméně 15 % nad charakteristickou požadovanou třídou pevnosti – **je to nezbytné u nekonstrukčního betonu ???**
- V praxi se tak často dosahují pevnosti i dvojnásobku požadované hodnoty
- Vyšší pevnost tak mění tuhost, křehkost i charakter porušení.
- Pevnost vrstvy shodně jako u standardních hydraulicky stmelených materiálů v čase mírně dále narůstá a bývá v čase vyšší než po kontrolním posouzení v rámci průkazní zkoušky ve stáří 28 dnů.

Vyšší pevnost sama o sobě nezaručuje delší životnost vozovky.

Smršťovací trhlina

Objemová změna vrstvy vlivem ztráty vody, chemické reakce při zrání a změn objemu cementového tmelu = Tahové napětí s následným porušením vrstvy do celků

Čím vyšší pevnost, větší tloušťka vrstvy a větší šířka vozovky, tím kratší vznikají dilatační celky



Zcela zásadní je ochrana proti rychlému vysychání, která musí začít ihned po dokončení vrstvy a trvat minimálně 7 dní.

Reflexní trhlina v asfaltovém souvrství



Smrštění / protažení

Přenos trhlin ovlivňuje pohyb podkladu, vlastnosti a kvalita asfaltových vrstev i spojení AC / SC vrstev.

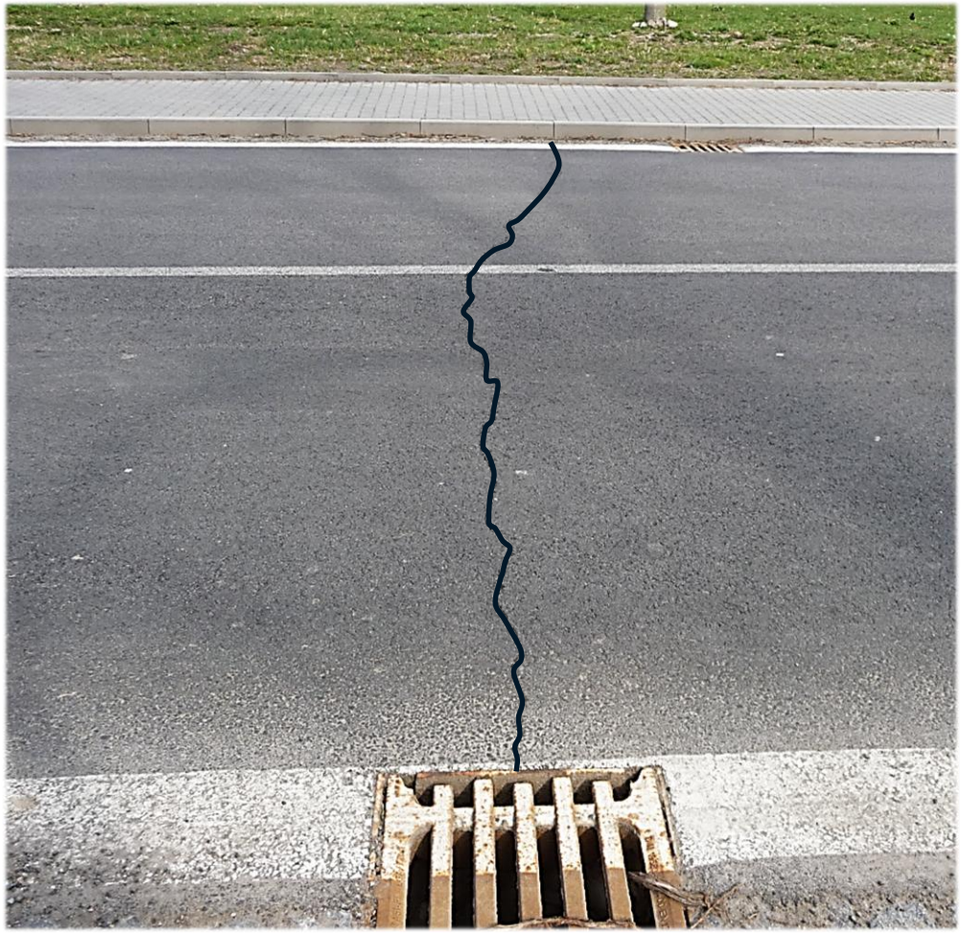




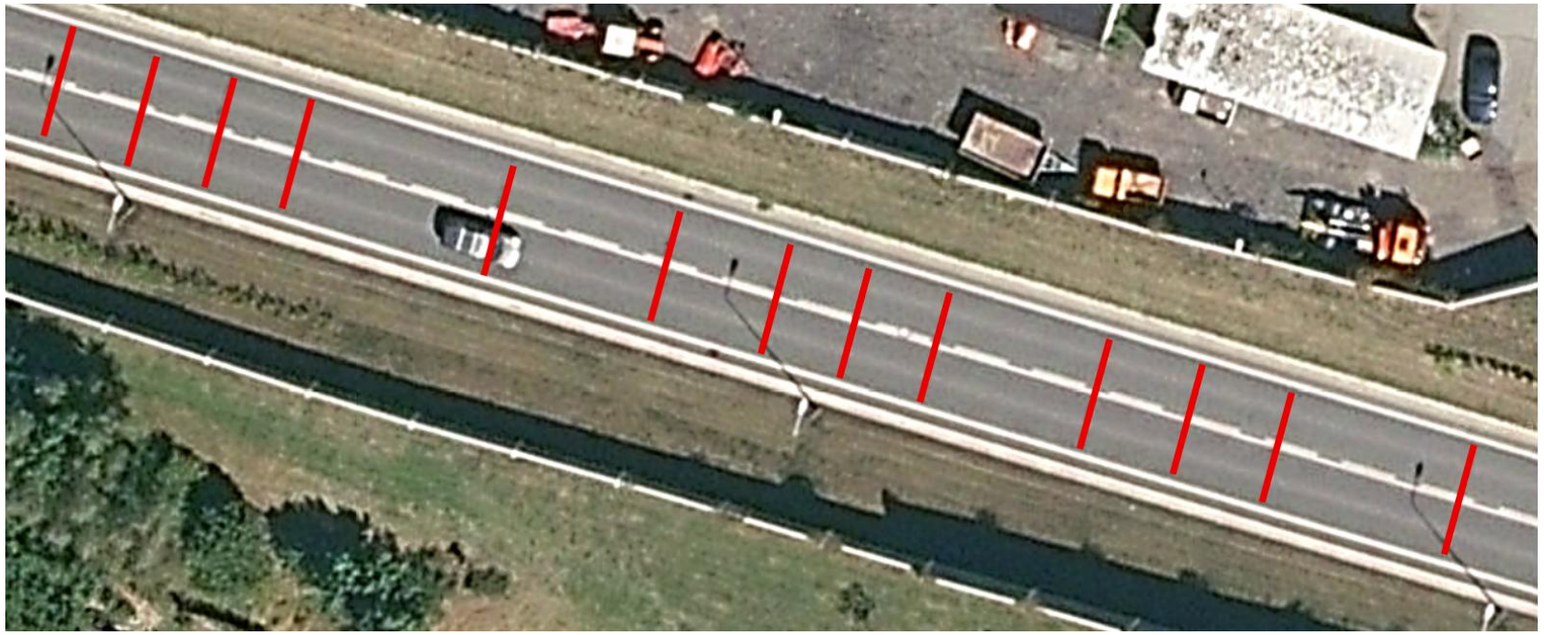


Kritická místa

- Rozhraní tuhé a netuhé konstrukce nebo rozdílné únosnosti = odlišné chování vozovky vlivem účinků zatížení – *překopy inženýrských sítí, rozšíření vozovky*
- V okolí znaků inženýrských sítí (šachty, UV, uzávěry) vyžadují zvýšenou pozornost a důraz na kvalitu při provádění.
- Oslabený příčný profil = snížená tuhost vrstvy – místo nejčastějšího vzniku primárních kontrakčních trhlin



Příklad z praxe: podkladní vrstva SH C9/12



- Návrh SH C9/12.
- Řezané celky cca po 10 m.
- Kontrolní pevnosti cca 10–22 MPa.



Reflexní trhliny, které postupně vznikly v čase během 5-10 let od zprovoznění rozdělily vozovku do výrazně kratších celků, které jsou nehomogenní.

Zatékající voda urychluje rozvoj poruch

- Trhlina umožňuje vodě a CHRL vstup do souvrství, kde dochází k degradaci a postupnému rozpadu vrstev
- Pohyb v zavodněném rozhraní podporuje odnos jemných částic.
- Ztráta únosnosti podkladních nestmelených vrstev a podloží vlivem zatékání vody následně zvětšuje průhyby i namáhání asfaltového souvrství na okrajích vrstev a rozvoj poruch v okolí trhliny.





Zcela zásadní je včasné utěsnění trhliny asfaltovou zálivkou v komůrce dle TP 115.

Vstupní materiály a promísení směsi

- Materiál a zejména druh pojiva musí odpovídat průkazní zkoušce.
    - Změna typu pojiva ať již samotná pevnostní třída nebo jeho počáteční pevnost (nízká L, normální N, vysoká R)
- Promísení vody a pojiva musí být rovnoměrné po celé tloušťce vrstvy a příčném profilu.
- Realizace vrstvy včetně hutnění musí skončit v rámci předpokládané doby zpracovatelnosti směsi dle průkazní zkoušky, respektive typu pojiva se zohledněním povětrnostních podmínek



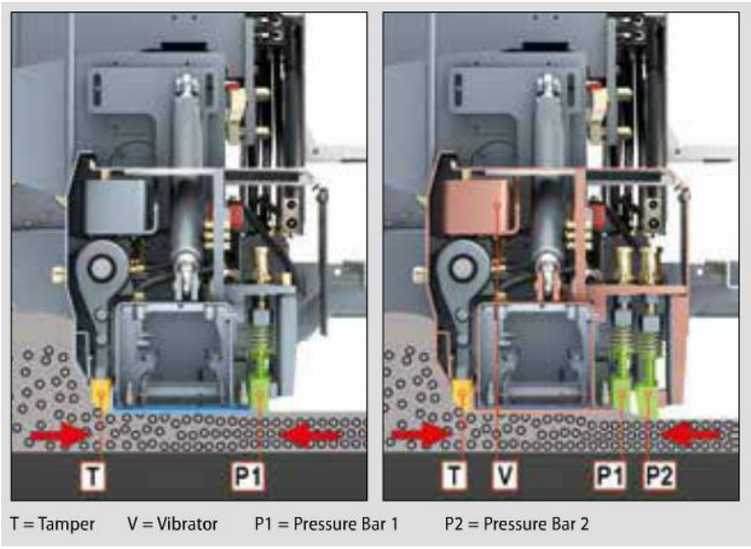


Pokládka a hutnění hydraulicky stmelených vrstev

- Optimální je finišer s lištou umožňující dosažení vysokého předhutnění vrstvy, optimálně lišta TP2 s finišery typu HD
- Autograder nebo rypadlo jako krajní řešení v nepřístupných místech.









Pokládka a hutnění hydraulicky stmelených vrstev

- V případě pokládky více vrstev na sobě tvořící dle projektu jednu výslednou vrstvu, je zcela zásadní provedení celé tloušťky souvrství dříve než začne tuhnutí vrstev.
  - Vlhkost spodní vrstvy se musí udržovat v nepříznivých podmínkách jemným kropením před pokládkou druhé vrstvy
  - V případě nedodržení tohoto postupu hrozí jednak porušení spodní vrstvy během tuhnutí a výsledná delaminace vrstev = zcela odlišné a výrazně nižší návrhové parametry vozovky

Zhutňovací pokus ověří účinné zhutnění v celé tloušťce vrstvy.





Pokládka a hutnění hydraulicky stmelených vrstev

- Pro hutnění jsou vhodné těžké silniční tandemové válce s ocelovými běhouny s možností skrápění běhounů.
  - Rovněž tak je možné efektivně využít i pneumatikové nebo kombinované válce.
- Použití válců pro hutnění podkladních nestmelených vrstev a zemin je nevhodné





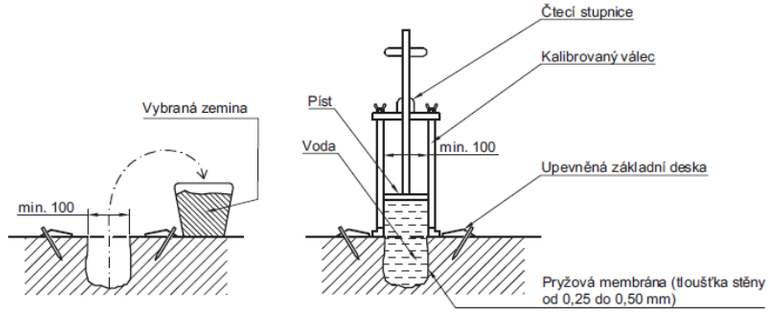


Zhutňovací pokus ověří účinné zhutnění v celé tloušťce vrstvy.

Kontrola míry zhutnění – stanovení OH



- Minimální míra zhutnění 97 % vůči objemové hmotnosti z PM.
- Jamková metoda může přinést výsledek pro řízení způsobu hutnění vrstvy pozdě.



- Radiometrické zkoušení umožňuje rychlejší a četnější kontrolu.
  - Doporučení Více jak 10 měření na posuzovaném úseku, v jednom měřeném místě jako průměr nejméně ze 3 měření.
  - Pevnost Rc ev Rit (MPa) na tělesech - Pevnost v tlaku pro předepsanou třídu, respektive 85 % hodnoty pevnosti v příčném tahu, zjištěné při průkazní zkoušce – četnost = tato zkouška se běžně neprovádí





K odborné diskusi úprava způsobu kontroly podle ČSN 73 6124-1.

Řízené vytváření dilatačních celků



- Vrypy do čerstvé směsi nebo následné řezání spár.
- Hloubka vrypu či řezu přibližně 1/3 až 2/5 tloušťky vrstvy.
- Doporučení : rozestupy **2–5 m**, u šachet a vpustí 2–3 m.
- U ZSH Rc C 1,5/2,0 nebo RS CA se tato opatření obvykle neprovádějí
- U vrstev Rc C 3/4 řez celků do 10 m, při garantované maximální pevnosti lze bez řezání
- U vrstev Rc C 5/6 řez celků cca 5 m avšak pouze při garantované maximální pevnosti



Vzálenost tak přímo závisí na reálné pevnosti, tloušťce i šířce vozovky, respektive na velikosti homogenního celku realizovaného najednou.

Načasování opatření proti trhlinám

Opatření	Orientační doba zásahu	Rozhodující podmínka
Vrypy	Při pokládce čerstvé směsi	Před ztuhnutím vrstvy
Řezání spár	Cca 12–24 h, v horku i 8–12 h	Bez výrazného poškození hran
Převibrování	Cca 24–56 h od realizace	Postup ověřený na zkušebním úseku, ***nebo:*** 

Orientační časy závisí na směsi, pojivu, teplotě a skutečném stavu vrstvy.

Mikrotrhlinování převibrováním

- Účinek závisí na hmotnosti válce, správném nastavení amplitudy, rychlosti a volbě počtu přejezdů.
  - těžké válce optimálně cca 12-15 tun
  - velká amplituda, rychlost cca 3 km/hod, min. 2-4 přejezdy
- Předčasný zásah může porušit strukturu vrstvy a ovlivnit proces tvrdnutí a nevratně ji poškodit a zásadně tak snížit pevnost.
- Pozdní zásah po vzniku samovolných kontrakčních trhlin je již obvykle neúčinný.
- *V zahraničí se na zkušebním úseku ověřuje změna tuhosti a následný vývoj pevnosti vrstvy.*





Volba času zahájení provedení převibrování má nejvyšší riziko nesprávného načasování.

Ošetřování po dokončení vrstvy

- Ochrana proti vysychání začíná ihned po dokončení vrstvy.
- Souvisle stále vlhký povrch !!!!
  - jemný postřik vodou
  - nebo vhodnou membránou zamezující odpařování vody
    - speciální membrány shodně jako u CB krytu
    - emulzní postřik ???
- Ochrana překrytím geotextilií a vlhčením vodou
- Provoz těžké techniky musí respektovat zrání vrstvy.



Ošetřování hydraulicky stmelené vrstvy min. 7 dní, u RS CA min. 3 dny.

Diagnostika porušené vozovky

Otázka	Způsob posouzení
Kde a jak se vozovka porušuje?	Záznam poruch, staničení a historie vozovky - SHV
Jak vozovka funguje, jaká je její únosnost?	Měření FWD dle ČSN 73 6192 s nezbytnou znalostí konstrukčního složení vozovky
Co se děje v místě trhliny?	Jádrový vývrt v místě trhliny, identifikace stavu vrstev a jejich spojení

Možná opatření při řešení opravy trhlin

Opatření	Funkce a podmínka
SAL - ČSN 73 6120	„Pružná“ vrstva - omezení přenosu napětí
Geomříž / geokompozit dle TP 147	Přenos tahového namáhání vlivem pohybu hydraulicky stmelené vrstvy do plochy
Řízené doplňované dilatačních spár, (pouze pokud jsme na niveletě původní vrstvy)	*Omezení pohybů podkladu – zmenšení velikosti dilatačních bloků = zmenšení pohybů s překryvem nového AC souvrství*
Fragmentace vrstvy	*Rozbití struktury vrstvy na malé celky, s přehutněním těžkým pneumatikovým válcem (dotvarování fragmentů), vytvoření nového souvrství*

Opatření může omezit koncentraci napětí nebo oddálit přenos trhliny.

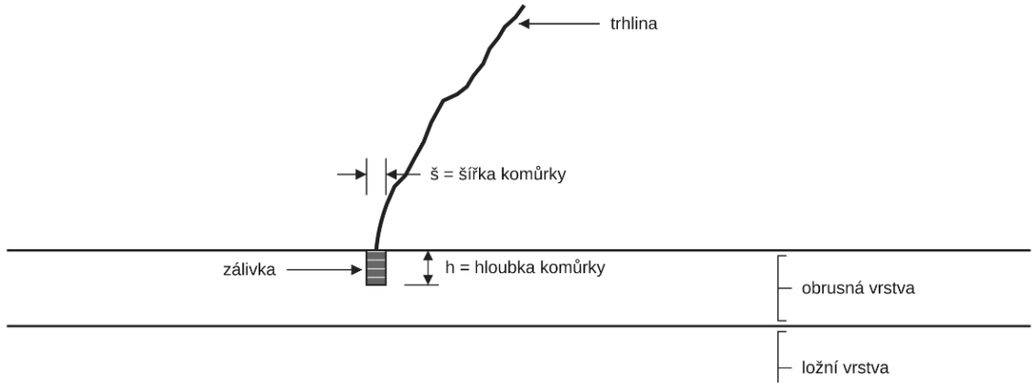
Volba opravy podle stavu trhliny

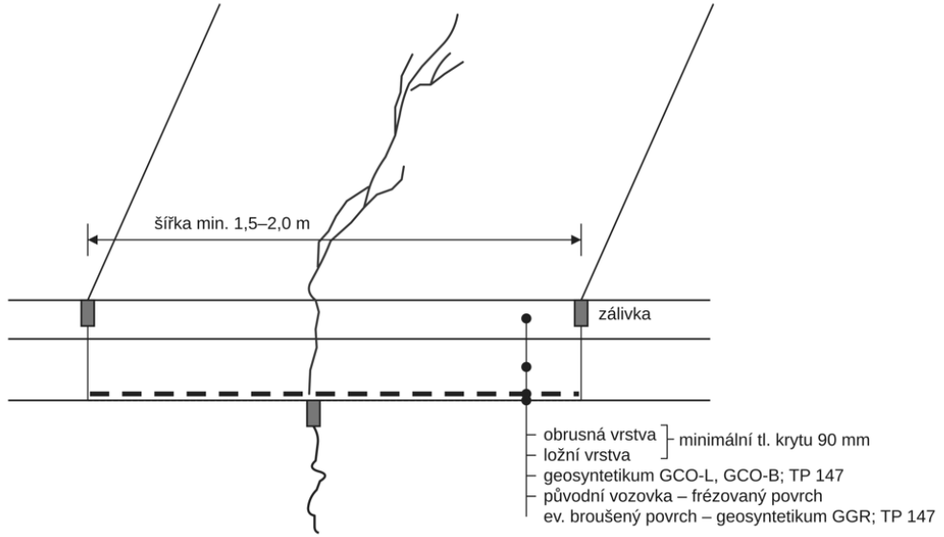
Stav konstrukce	Směr řešení
Stabilní trhlina, neporušené vrstvy	Elastická asfaltová zálivka v komůrce dle TP 115
Aktivní trhlina nebo degradace vrstev	Sanace dle TP 115, výztuž dle TP 147
Ztráta podpory (únosnosti) a významná degradace vrstvy	Oprava vrstvy výměnou / recyklací nebo hloubková sanace

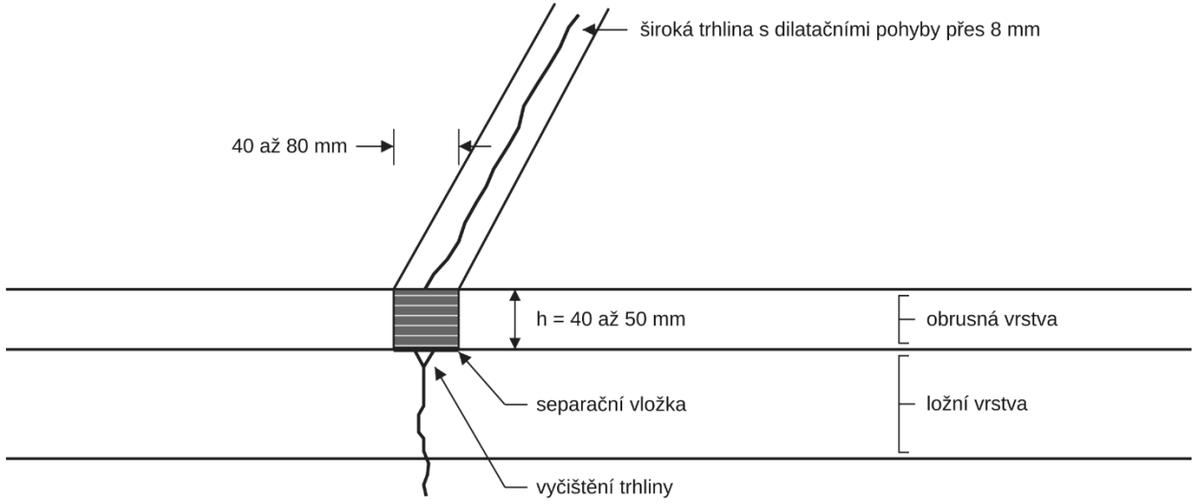
Rozsah opravy vychází z diagnostiky trhliny a stavu celého souvrství.

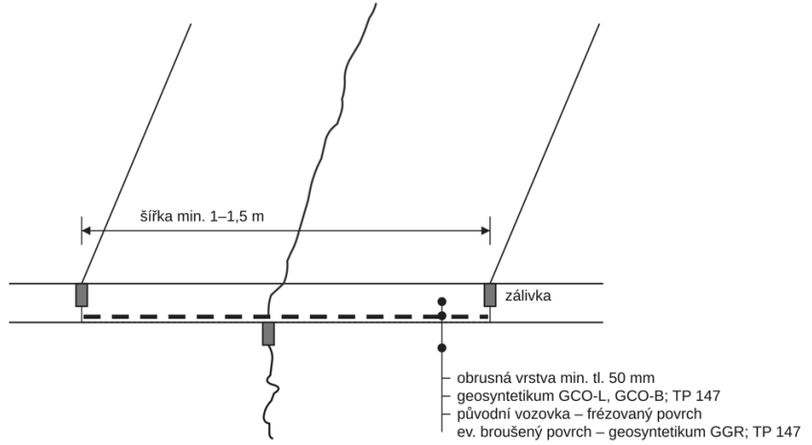
SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

Rozhodnutí o provedení sanace trhlin s ohledem na složení vozovky a počtu AC vrstev nad hydraulicky stmelenou vrstvou.









Závěr:

- Hydraulicky stmelené vrstvy jsou vysoce efektivní a kvalitní vrstvy, které mají nezastupitelnou roli v navrhování vozovek
  - Nejvhodnější se jeví použití hydraulicky stmelených primárně s nízkou pevností C 3/4 max. C 5/6
  - Mají však rizika při výrobě, provádění i ošetřování vrstvy
  - Mohou být efektivně využity i v návrzích vozovek, kde nemají zdánlivou nezbytnou logiku použití – intravilány měst a obcí s četnými inženýrskými sítěmi v profilu vozovky

Děkuji za pozornost

Milan Beck, DiS.
ESLAB, spol. s r.o.

milan.beck@eslab.cz