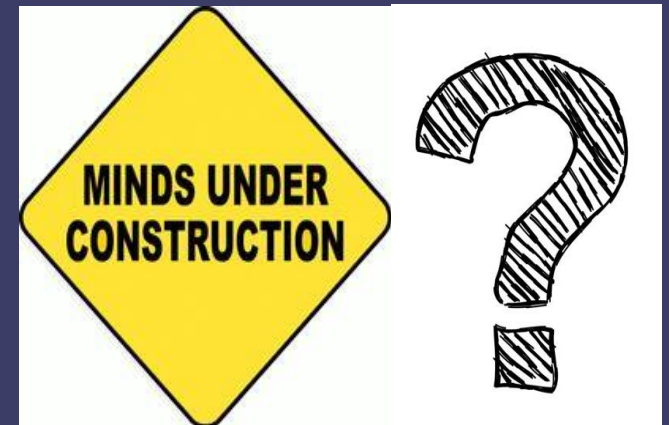


UDRŽITELNÉ, BEZPEČNÉ A CHYTRÉ ASFALTOVÉ VOZOVKY

Generální zpráva

Jan VALENTIN

České vysoké učení technické v Praze



Pár slov úvodem

- ➔ celkový počet **17 příspěvků** (2 ze Slovenska, 3 z dalších zemí, 12 z CZ)
- ➔ diskutují se především národní témata
- ➔ skladba i zaměření příspěvků obdobné jako v roce 2015 – dominuje recyklace
- ➔ řešení z oblasti „smart“ zatím nejsou v kurzu
- ➔ komplexní přístupy posuzování vozovek pohledem životního cyklu též nejsou zatím příliš v kurzu
- ➔ **chybí** větší počet **případových studií** se sdílením dobré i špatné praxe
- ➔ více jak polovina příspěvků (10) je z akademické sféry – **přínos ale i škoda**

Povrchové vlastnosti obrušných vrstev – protismykové vlastnosti a problematika hluku

Dlouhodobé hodnocení hlučnosti povrchů vozovek v ČR metodou CPX

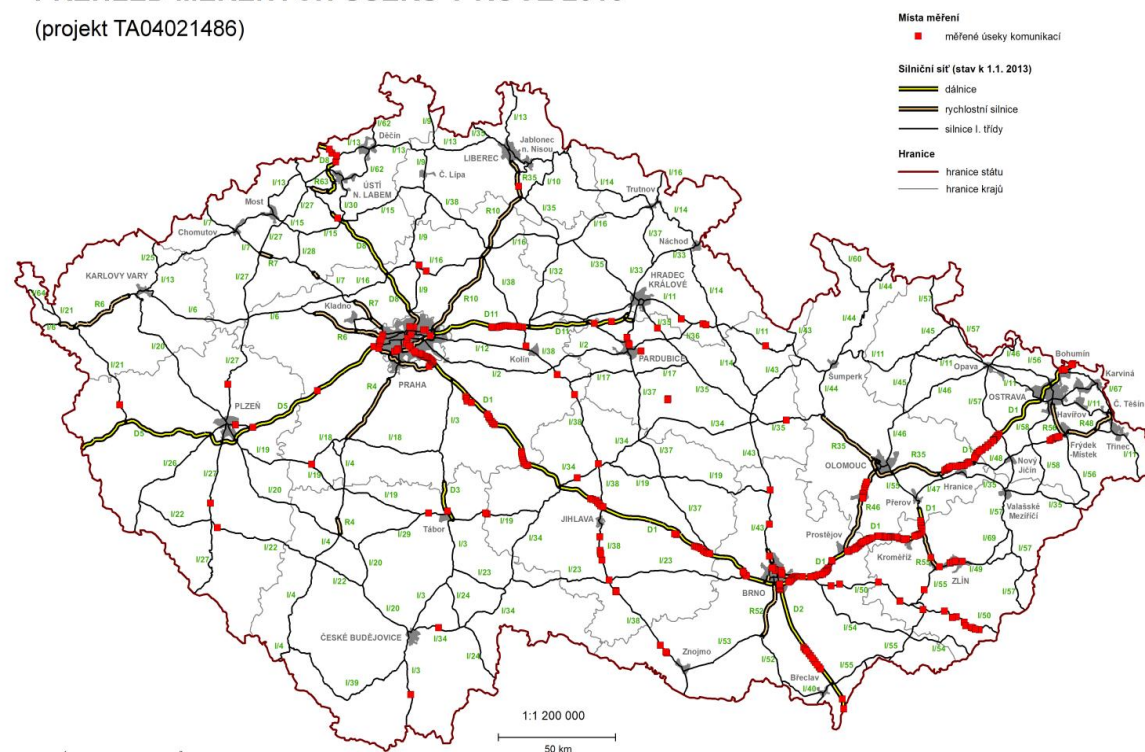
- ➔ souhrnná prezentace poznatků periodických měření hluku na styku pneumatiky a vozovky od roku 2011
- ➔ příklad efektivního využití veřejných dotací projektů TAČR apod. pro potřeby státu a veřejnosti
- ➔ největší ucelená databáze tohoto typu měření v ČR
- ➔ zpřesňování parametrů provádění měření metodou CPX
- ➔ výsledky sloužili jako podklad pro TP259 (příloha 2)
- ➔ výsledky tvoří důležitý základ, abychom:
 - a. neporovnávali jablka s hrušky (rozbitý povrch vs. akustická obrušná vrstva)
 - b. sbírali data v čase (měření nové obrušné vrstvy prima, ale.....)
 - c. byli si vědomi nezbytnosti důsledné péče o nízkohlučné povrchy
 - d. neočekávali nemožné (vše má svůj limit)

Dlouhodobé hodnocení hlučnosti povrchů vozovek v ČR metodou CPX

- ➔ hluk mezi pohybující se pneumatikou a vozovkou dominující u moderních vozidel od 40 km/h u elektromobilů hranice bude ještě nižší
- ➔ statická měření hluku nemohou podchytit skutečný přínos nebo nedostatek povrchu vozovky
- ➔ CPX upravena platnými normami ISO 11819-2:2017 a ISO/TS 11819-3:2017
- ➔ při měření nezbytné dodržet okrajové podmínky – **proto máme TP259**

PŘEHLED MĚŘENÝCH ÚSEKŮ V ROCE 2016

(projekt TA04021486)

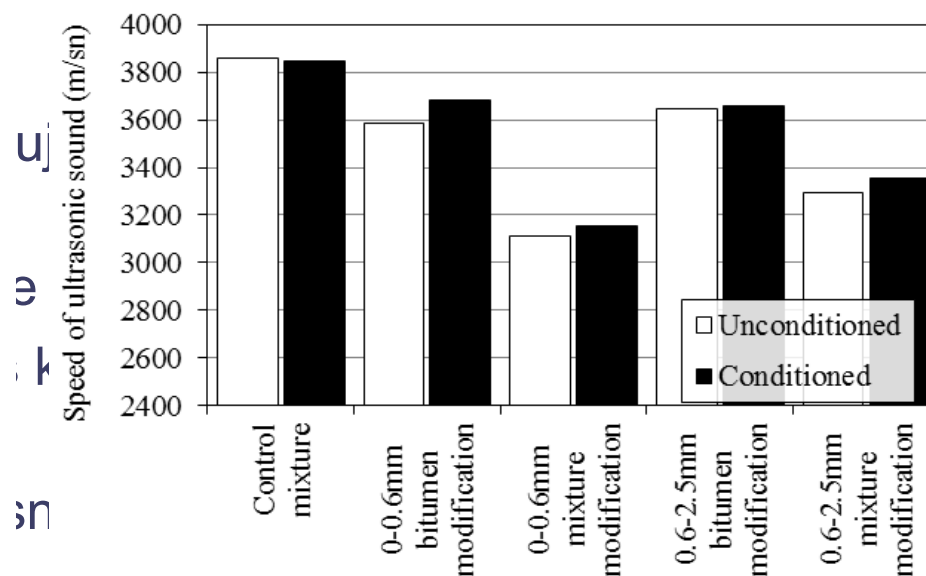
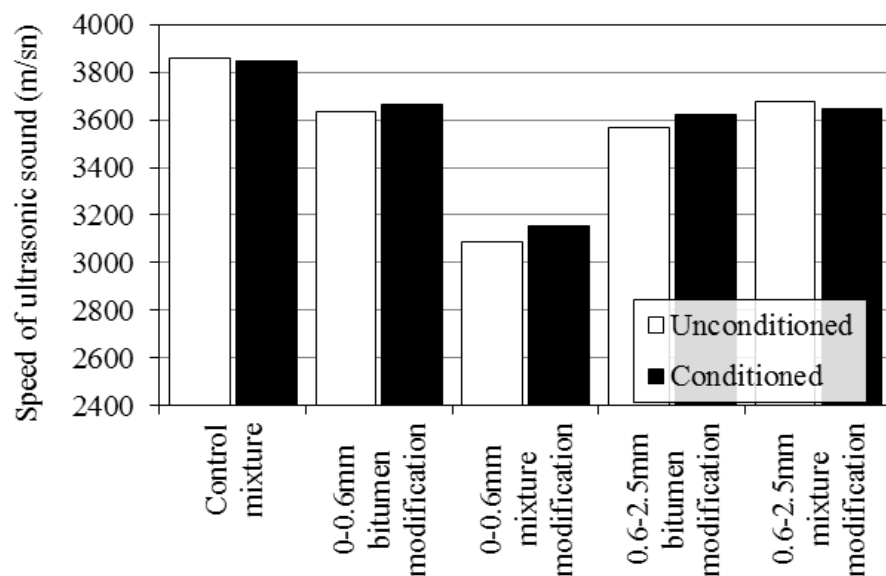


Data: Údaje o povrchu vozovky, ŘSD, 2013
Vypracování: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Projekt TA01030459, Brno, 2017

Snižování hlučnosti asfaltových vozovek modifikací pryžovým granulátem – turecké zkušenosti

- ➔ shrnutí obecné problematiky hluku z dopravy
- ➔ využití pryžového granulátu 0/0,6 mm a 0,6/2,5 mm v množství 6-12 %-hm. pojiva
- ➔ asfaltové vrstvy s CRMB mohou snížit hluk o 1-3 dB
- ➔ dva procesy – suchý a mokrý (ve studii použity oba)
- ➔ aplikace u směsi SMA 0/19 mm se základním asfaltem 50/70
- ➔ pryž míchána při 155 °C s rychlostí 4500 ot/min po dobu 20 vteřin
- ➔ provádění zkoušek ITSR, tuhosti a alternativně využití ultrazvukové metody pro stanovení mezerovitosti (současně i s indikací potenciálu útlumu hluku)
- ➔ poznatky z měření hluku porovnány s měřením CPX na vybraném zkušebním úseku (zde místo SMA aplikována směs BBTM 11A) po pokládce a po 3 letech od pokládky

Snižování hlučnosti asfaltových vozovek modifikací pryžovým granulátem – turecké zkušenosti



rost
letech
a při

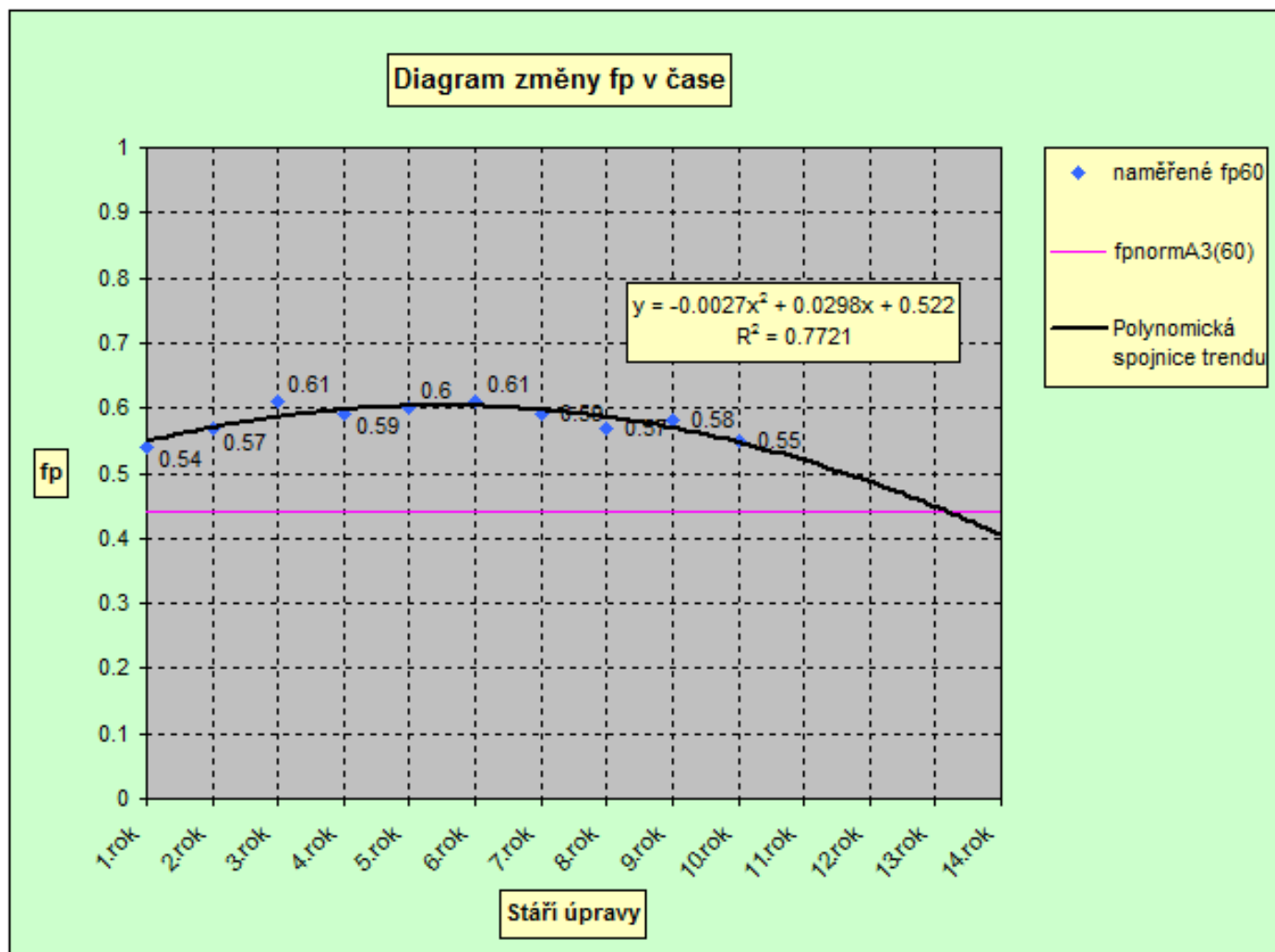
- ➔ Zkušenosti ze zkušebních vozovek, ztráta malých...
 - ➔ Minimální rozdíl op...
- aly i některé problémy – „pocení“
smykových vlastností.
aplikaci pryže do 8 %.



Životnost obrusných vrstev z hlediska protismykových vlastností

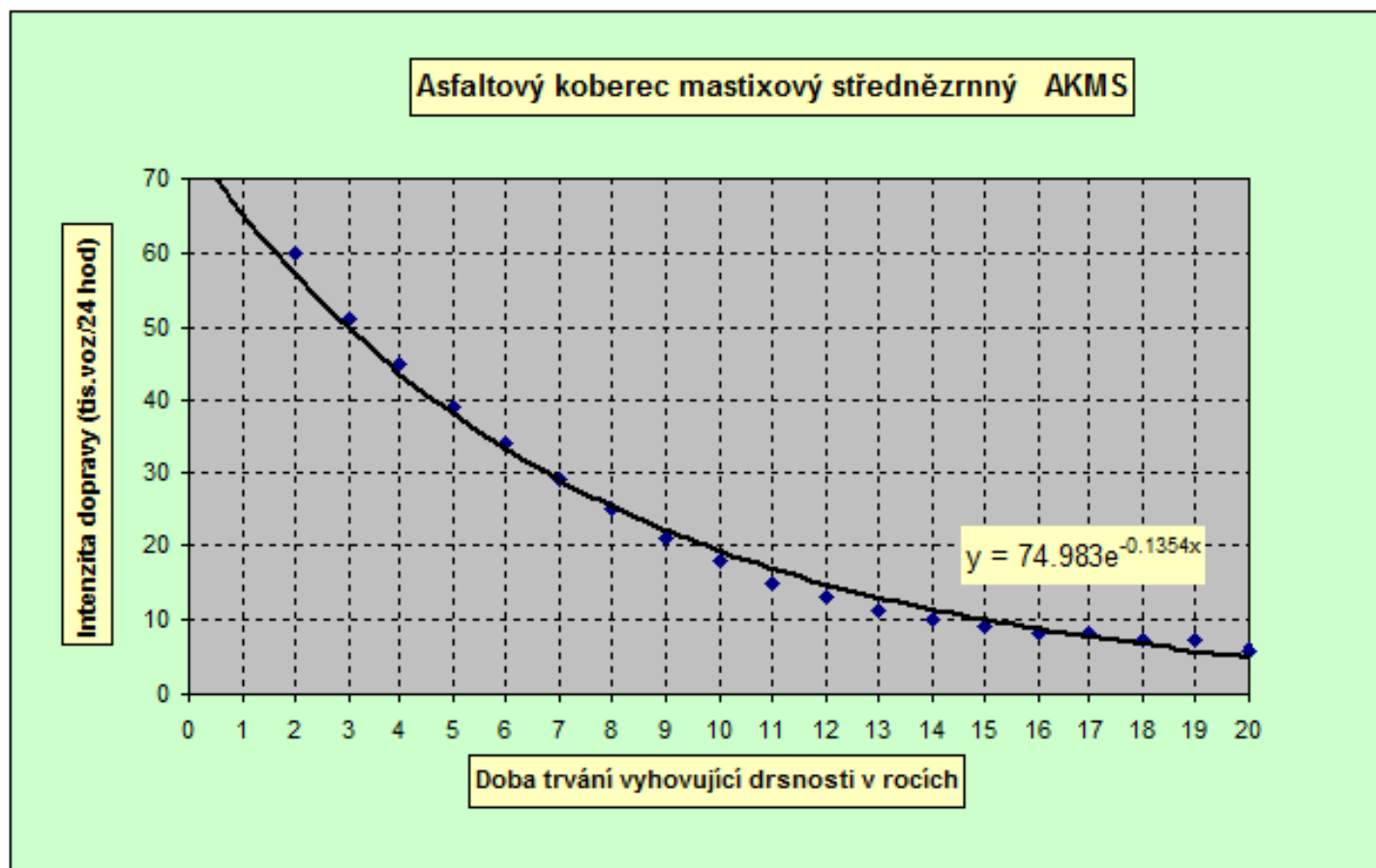
- ➔ příspěvek reaguje na metodický pokyn „Zásady pro použití obrusných vrstev vozovek z hlediska protismykových vlastností“ z roku 2006
- ➔ metodický pokyn stanovil kromě jiného i vývoj koeficientu smykového tření v čase
- ➔ současně již v 2010/11 vydána Národní strategie bezpečnosti silničního provozu
- ➔ **JENŽE: (a) zvyšují se intenzity dopravy a v některých případech i její skladba → mění se zatížení pozemních komunikací, (b) měření protismykových vlastností povrchu vozovek na celé síty se neudálo ani jednou (nebyla ani ukončena veřejný soutěž)**
- ➔ porovnání těchto vlivů s podmínkami stanovenými v metodickém pokynu
- ➔ zamyšlení, zda v ČR platí soulad mezi kvalitou obrusných vrstev a bezpečností (např. fakt, že nehodovost snížíme lepší kvalitou obrusných vrstev)

Životnost obrusných vrstev z hlediska protismykových vlastností



Typická změna
součinitele podélného
tření f_p v čase pro
průměrnou intenzitu
dopravy 11000
vozidel/24 hod

Životnost obrusných vrstev z hlediska protismykových vlastností



Závislost doby trvání
vyhovující drsnosti na
průměrné intenzitě
dopravy

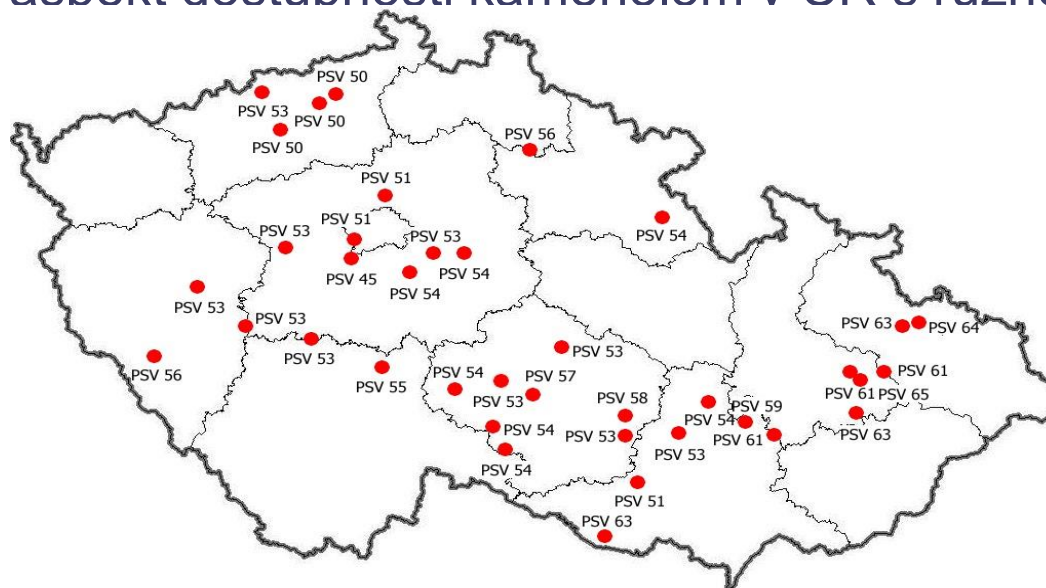
Životnost obrusných vrstev z hlediska protismykových vlastností

CO SE DOPORUČUJE

- ➔ Provést aktualizaci MP „Zásady“ aby obsahoval v současnosti používané technologie obrusných vrstev i údržby povrchů vozovek asfaltových i cementobetonových.
- ➔ Posoudit všechny životnosti úprav z pohledu současného dopravního zatížení, které několikanásobně převyšuje dopravní zatížení v roce 2004.
- ➔ Nejsou však k dispozici potřebná data, protože se kontinuální dlouhodobé měření neprovádí (bylo přerušeno).
- ➔ Zahrnout nově i parametr ohladitelnosti hrubého kameniva použitého v tradičních i nových typech obrusných vrstev (např. NH směsi nebo vymývaný beton).

Směsi kameniva s různou ohladitelností z hlediska životnosti protismykových vlastností obrusných vrstev

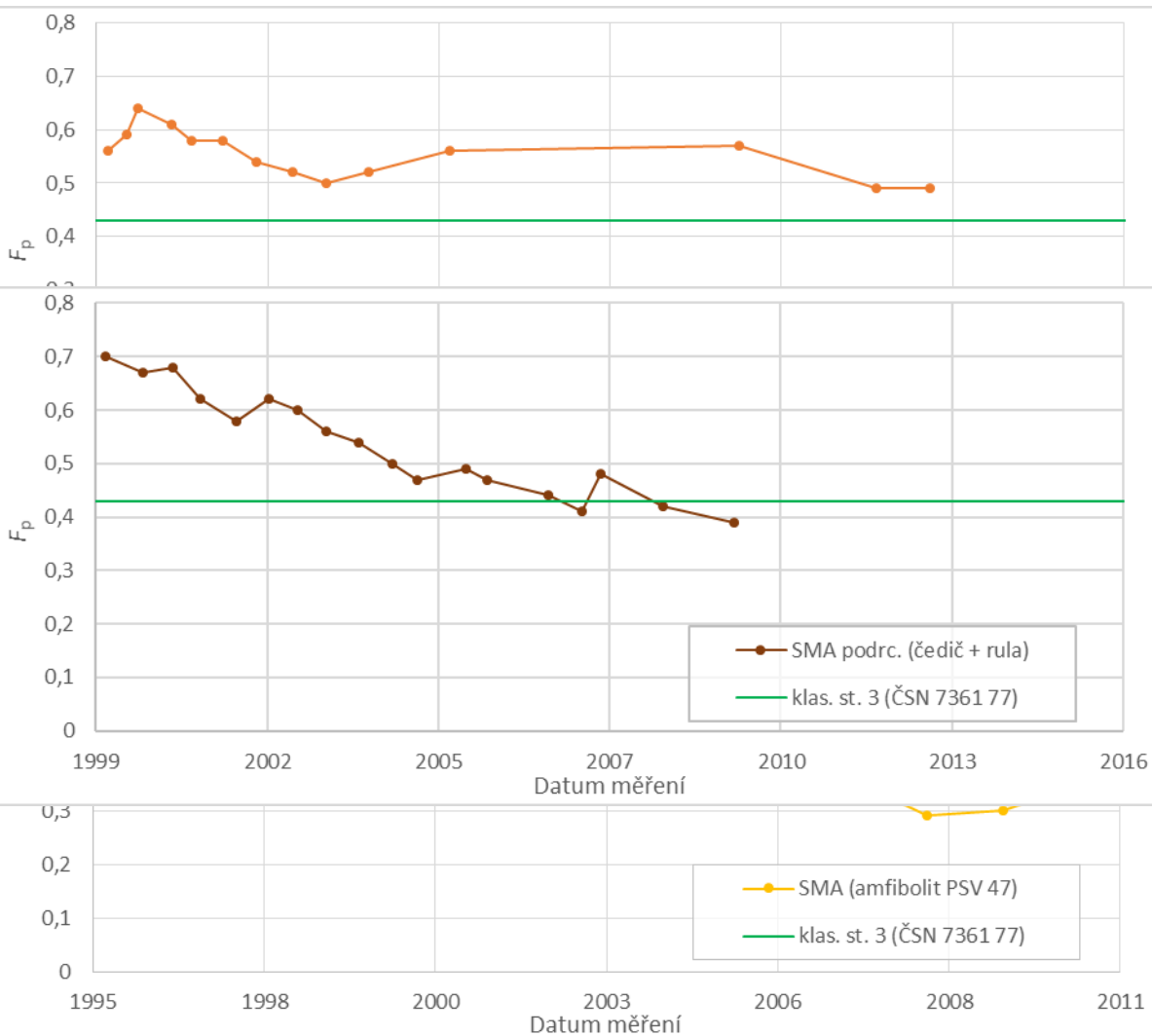
- ➔ informace o novém výzkumném projektu, jehož cílem je nalezení optimálního poměru kameniv s různou ohladitelností v asfaltové směsi pro obrusné vrstvy
- ➔ zaměřeno na ACO a SMA směsi
- ➔ použití různých poměrů kameniva s nižší a velmi dobrou odolností proti ohlazení a sledování součinitele tření v závislosti na počtu cyklů ohlazování v laboratoři u asfaltové směsi
- ➔ zohledňuje i aspekt dostupnosti kamenolomů v ČR s různou kvalitou horniny



Směsi kameniva s různou ohladitelností z hlediska životnosti protismykových vlastností obrusných vrstev

- ➔ Projekt: **TH02030194**
- ➔ Řešitelé: VUT v Brně, Eurovia CS, Měření PVV – Leoš Nekula
- ➔ Cíl projektu:
 - navrhnout asfaltové směsi ACO a SMA s různým poměrem kameniv frakce 8/11
 - na válcových tělesech provést laboratorní měření metodou Wehner/Schulze
 - změření součinitele tření μ_{FAP} povrchu vývrtu a porovnání s f_p součinitelem standardně měřeným u povrchu vozovky
 - realizace zkušebního úseku(ů) a porovnání laboratorních dat s reálnými daty vozovky
- ➔ **Doposud realizovaná měření prokázala, že přidání kameniva odolného vůči ohlazení do asfaltové směsi z kameniva s nízkou ohladitelností může zajistit delší životnost protismykových vlastností.**
- ➔ Zatím proveden jen malý počet měření a nelze tedy stanovit, jakým způsobem by měl být poměr těchto kameniv určen.

Směsi kameniva s různou ohladitelností z hlediska životnosti protismykových vlastností obrusných vrstev



Energetická náročnost, omezování emisí, LCA přístupy

Výpočet, hodnocení a možnosti snižování uhlíkové stopy u vozovek

- ➔ pouze prezentace shrnující dnes dostupné nástroje pro stanovení uhlíkové stopy u konstrukcí vozovek
- ➔ v této souvislosti lze odkázat i na výsledky evropského projektu COREPASOL s uplatněním českého výpočtového nástroje OptiRec
- ➔ obecně dnes v Evropě existuje více jak 15 různých nástrojů, které se v silničním stavitelství využívají (**RoadMap CEREAL**; **asPECT**; Afwegingsmodel wegen; AggRegain CO2e; ROAD-RES; DuboCalc; JouleSave; GreenDOT; PaLATE; WLCO2T; SEVE; CHANGER; Ecologicciel (Colas); CO2NSTRUCT; LCI Model; HDM-4; VETO).

Výpočet, hodnocení a možnosti snižování uhlíkové stopy u vozovek

Software name	Advantages (+)	Disadvantages (-)
RoadMap CEREAL	+ accessibility of the database + open architecture	- not yet available due to technical problems - did not calculate deeply with recycling techniques
asPECT (UK)	+ accessibility of the database	- needs large amount of data
AfwegingsModel Wegen (NL)	+ transparent and simple + includes maintenance the possibility to use updated data	- impossible to add data into existing database
AggRegain / ESRSA (UK)	+ accessibility of the database	- needs large amount of input detailed data
ROAD-RES (DK)	+ good methodological structure	- needs large amount of input detailed data
DuboCalc (NL)	+ complexity of the database	- non-transparent process of results calculation
JouleSave (EU)	+ includes the effect of interaction between the roadway and traffic load	- needs detailed knowledge of roadway design parameters
GreenDOT (US)	+ good design and ergonometics	- applicable in the US
PaLATE (US)	+ good design/structure and ergonometics	- applicable in the US
WLCO2T (UK)	+ useful database based on Price Book (UK)	

Více na:
www.corepasol.eu

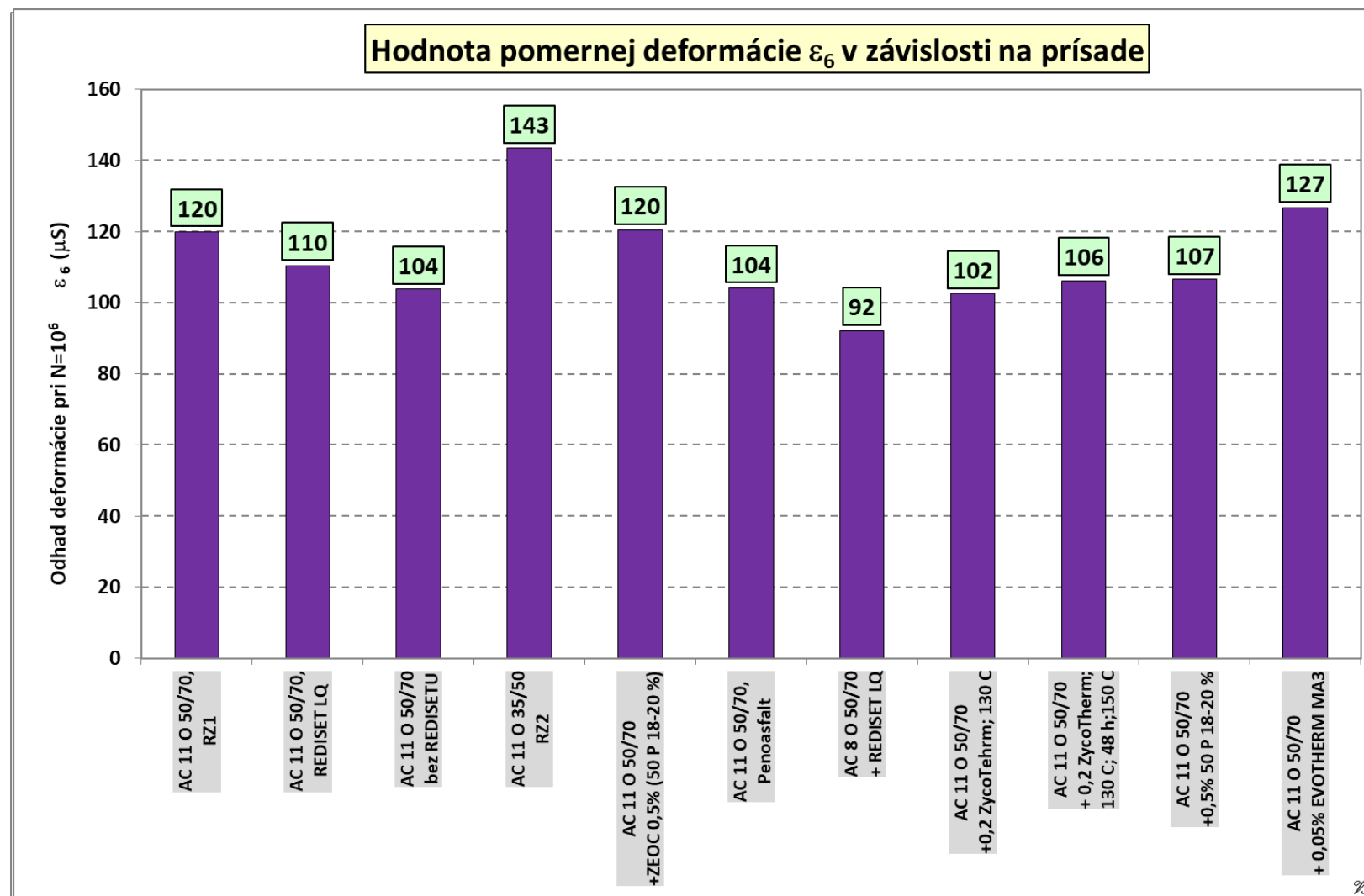
Nízkoteplotní asfaltové směsi - funkční zkoušky (slovenské poznatky)

- ➔ porovnání 11 různých variant směsi ACO 11 (referenční s pojivem 50/70)
- ➔ referenční směs obsahovala 5,5 % asfaltu a měla mezerovitost 3,5 %
- ➔ posuzované varianty:
 1. ACO 11 s 50/70 (výroba při 150 °C)
 2. ACO 11 s 50/70 a REDISET LQ v pojivu (výroba při 135 °C)
 3. ACO 11 s 50/70 bez REDISET LQ (výroba při 135 °C)
 4. ACO 11 s 35/50 (výroba při 150 °C)
 5. ACO 11 s 50/70 a 0,5 % ZEOCEM vztaženo k pojivu (výroba při 150 °C)
 6. ACO 11 s 50/70 (pěnoasfalt, výroba při 150 °C)
 7. ACO 8 s 50/70 a REDISET LQ
 8. ACO 11 s 50/70 a 0,2 % ZycTherm (výroba při 130 °C)
 9. ACO 11 s 50/70 a 0,2 % ZycTherm (výroba při 130 °C, následně 48h při 150 °C)
 10. ACO 11 s 50/70 a 0,5 % ZEOCEM vztaženo k pojivu (výroba při 130 °C)
 11. ACO 11 s 50/70 a Evothrm MA3 vztaženo k pojivu

Nízkoteplotní asfaltové směsi - funkční zkoušky (slovenské poznatky)

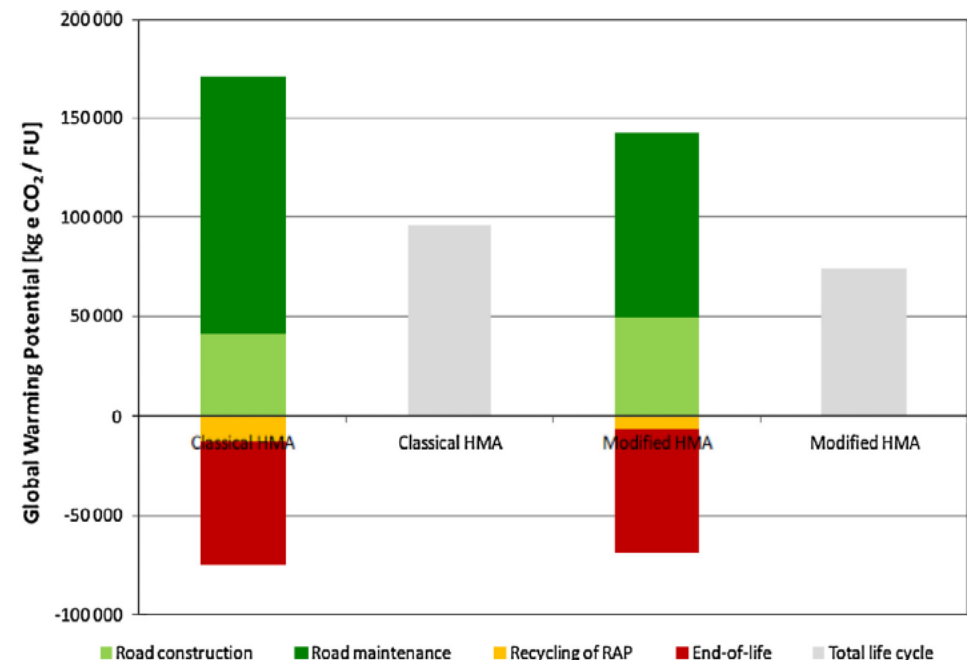
- ➔ u všech směsí byly stanoveny základní volumetrické charakteristiky (příspěvek je neprezentuje)
 - ➔ u některých byla stanovena vodní citlivost
 - ➔ dále byla vyrobena trámečková tělesa s využitím segmentového zhutňovače
 - ➔ provedení zkoušky komplexního modulu tuhosti při teplotě 0 °C, 10 °C, 20 °C a 30 °C (metoda 4PB-TR)
 - ➔ provedení únavové zkoušky při teplotě 20 °C a s frekvencí 30 Hz
 - ➔ požadavek na sklon únavové křivky $p \geq -4,5$ a na charakteristiku $\epsilon_6 \geq 110$ microstrain
- 
- ➔ tuhost se měnila výrazněji vlivem teploty
 - ➔ únavové charakteristiky NTAS se blíží charakteristikám referenčních směsí

Nízkoteplotní asfaltové směsi - funkční zkoušky (slovenské poznatky)



Zlepšená environmentální stopa a trvanlivost asfaltových vozovek při použití vápenného hydrátu

- ➔ porovnání konvenční asfaltové směsi s variantou, kde je část fileru nahrazena vápenným hydrátem
- ➔ posouzení životního cyklu porovnáním emisí a energetické náročnosti v průběhu 50 let
- ➔ použití 1-1,5 % Ca(OH)_2 vede ke zvýšení životnosti asfaltové směsi o 2-10 let
- ➔ z hlediska produkce skleníkových plynů má směs s vápenným hydrátem o 19 % vyšší úroveň, v celkovém životním cyklu je o 23 % šetrnější



AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

Recyklace asfaltových vozovek

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST

CZECH ROAD SOCIETY


EAPA


PRAGOPROJEKT

Nový rejuvenátor zlepšující regeneraci R-materiálu

- ➔ praktická studie shrnující poznatky s použitím nového typu rejuvenátoru a jeho aplikace v asfaltovém pojivu
- ➔ porovnání s běžným asfaltovým pojivem a s multigrádovým asfaltovým pojivem
- ➔ poznatky prezentovány na směsích a pojivech uplatněných na zkušebním dálničním úseku A29 s využitím 50 % R-materiálu

Asfaltový beton s vysokým obsahem R-materiálu – poznatky ze zkušebního úseku

- ➔ poznatky monitoringu asfaltových směsí úseku Kaznějov – Mrtník (r. 2015)
- ➔ uplatnění 8 variant ACO směsí s 0-50 % R-materiálu a ACL směsí s 0-60 % R-materiálu s uplatnění oživovacích přísad (Storelastic a Storflux)
- ➔ směsi i extrahovaná pojiva testována po výrobě a 6 měsících od pokládky
- ➔ článek doplněn o poznatky s uplatnění vyššího obsahu R-materiálu v asfaltových směších ve světě obecně a specificky pak i v obrusných vrstvách

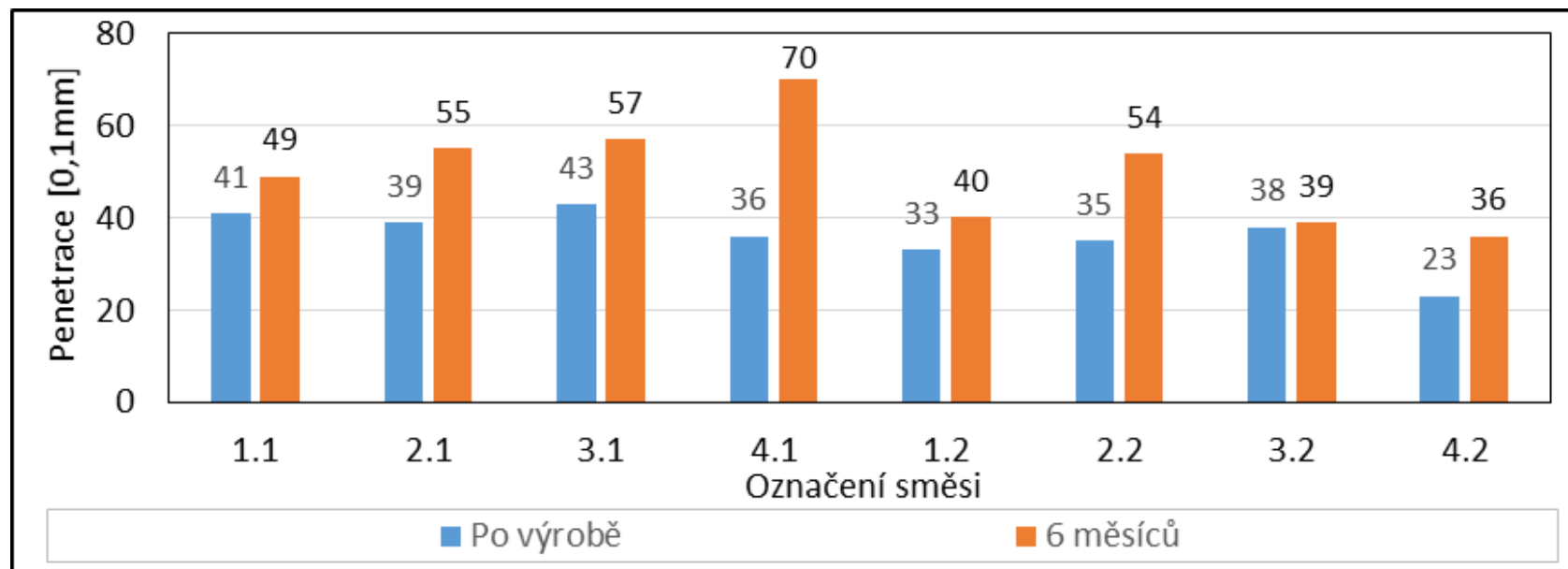
	Obrusná vrstva – ACO 11+, 50 mm					Ložní vrstva – ACL 22S, 60 mm				
Podúsek	Název	Pojivo	Storelastic	Storflux	R-mat	Název	Asfalt	Storelastic	Storflux	R-mat
1.	1.1	50/70	ANO	NE	0%	1.2	50/70	ANO	NE	0%
2.	2.1	50/70	ANO	ANO	30%	2.2	50/70	ANO	ANO	40%
3.	3.1	50/70	ANO	ANO	50%	3.2	50/70	ANO	ANO	60%
4.	4.1	PMB 45/80-55	NE	ANO	30%	4.2	PMB 25/55-55	NE	ANO	40%

Asfaltový beton s vysokým obsahem R-materiálu – poznatky ze zkušebního úseku

PŘEDPOKLADY PŘI VYŠŠÍM POUŽITÍ R-MATERIÁLU

- ➔ použití vhodného výrobního zázemí (paralelní buben apod.)
- ➔ zvýšená péče nezbytná pro správné hospodaření s R-materiálem (skladování i ohřev)
- ➔ nezbytnost porozumění funkci oživovacích přísad – nerozhodovat se podle ceny či líbivých prezentací prodejců přísad, ale podle důsledného testování
- ➔ nepodcenit kompatibilitu a vzájemné působení mezi přísadou a asfaltovým pojivem (vč. dokonalé či částečné difuze)
- ➔ mít promyšlený celý výrobní postup
- ➔ **nesprávným hospodaření s R-materiálem, nesprávnou volbou oživovací přísady a nevhodným návrhem asfaltové směsi lze jinak velmi rychle navrhnout výrobek, jehož životnost bude omezená**

Asfaltový beton s vysokým obsahem R-materiálu – poznatky ze zkušebního úseku



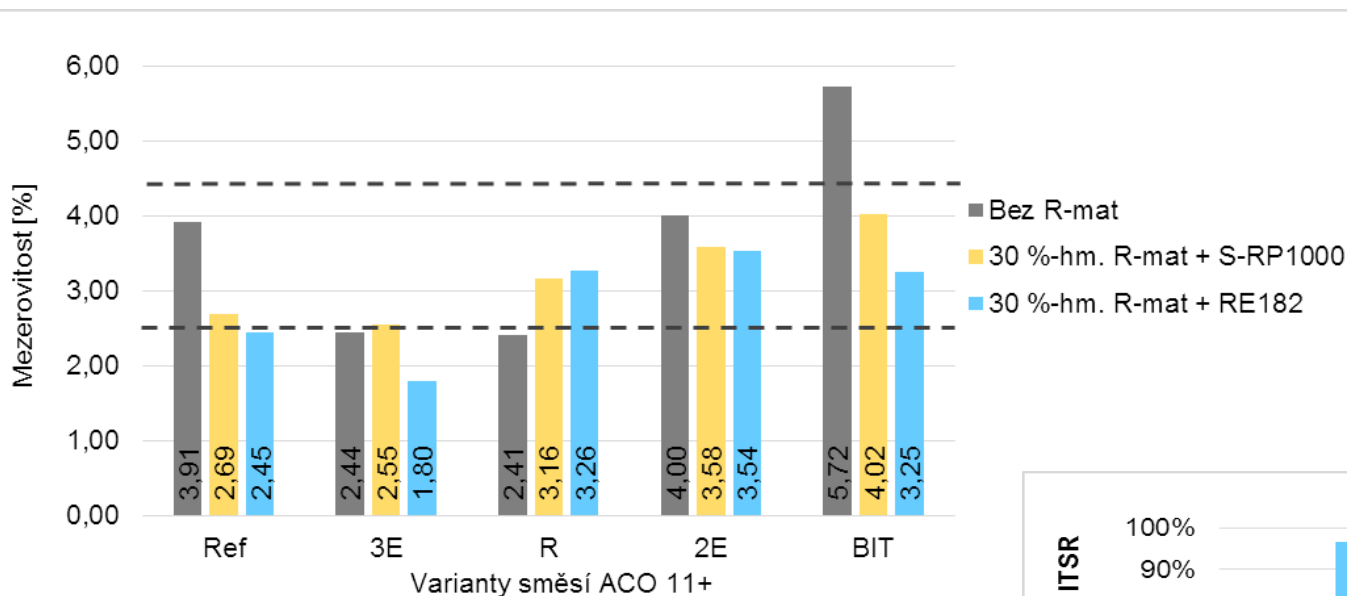
- ➔ po výrobě poměrně malý rozptyl hodnot penetrace
- ➔ po 6 měsících provozu došlo k nárůstu penetrace (u ACO o 20-94 %)
- ➔ největší rozdíly v případě kombinace PMB a oživovací přísady v R-materiálu (otázka dodatečných reakcí)
- ➔ změna tuhosti pravděpodobně dána vlivem oživovacích přísad

Vliv nových typů vosků z hlediska potenciálu snížení pracovní teploty u asfaltové směsi s R-materiálem

- ➔ experimentální studie zaměřená na účinnou kombinaci zvýšeného podílu R-materiálu a vybraných nízkoteplotních přísad (vosků) společně s několika typy rejuvenátorů
- ➔ demonstrováno na asfaltové směsi ACO 11+ s pojivem 50/70
- ➔ použití 0 % nebo 30 % R-materiálu
- ➔ dávkováno 5,8 % pojiva (u směsi s R-materiálem sníženo)
- ➔ syntetické či přírodní vosky (cukrová třtina, PE/PP vosky)
- ➔ 2 rejuvenátory na bázi rafinovaného rostlinného řepkového oleje nebo tálového oleje
- ➔ teplota hutnění zkušebních těles: 125-130 °C

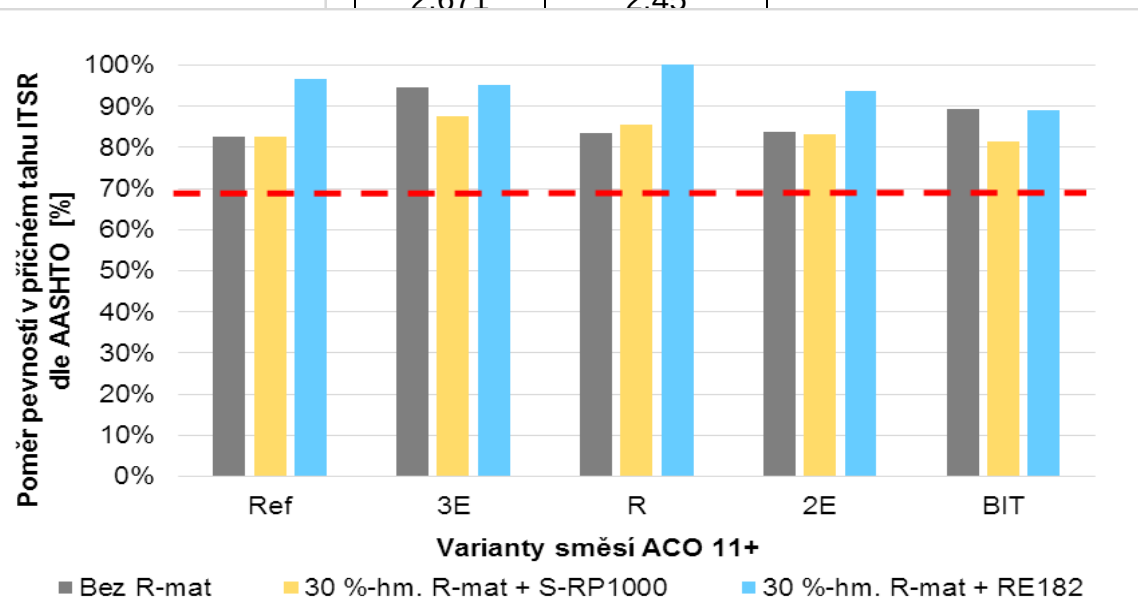


Vliv nových typů vosků z hlediska potenciálu snížení pracovní teploty u asfaltové směsi s R-materiálem

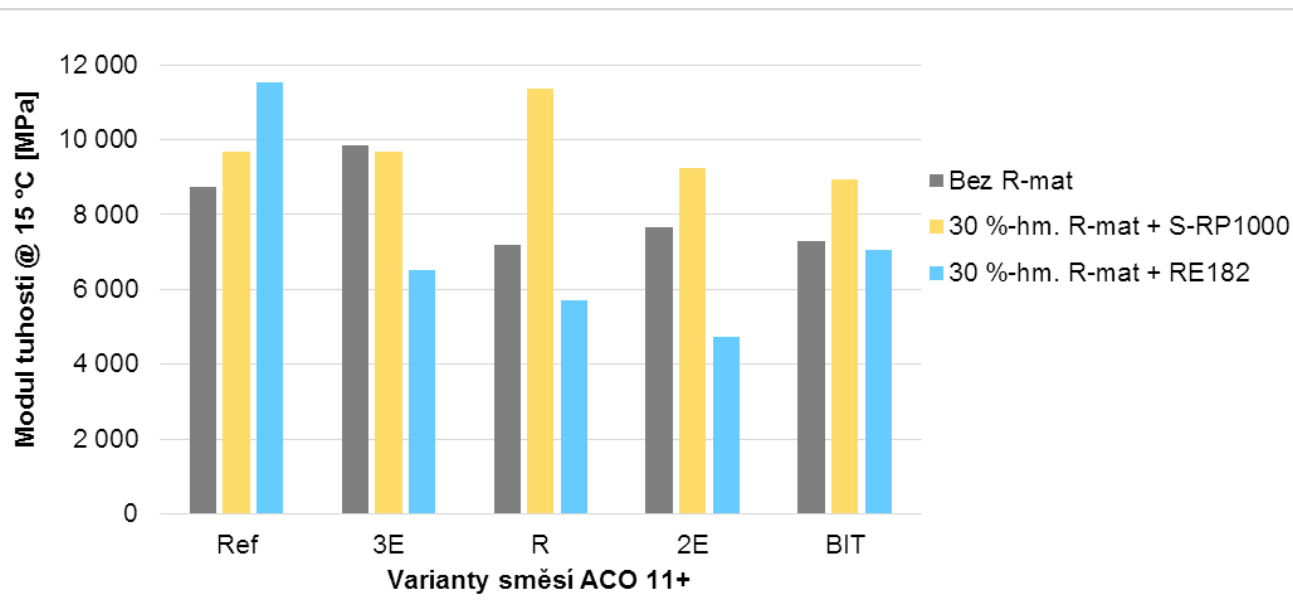


	Maximální objemová hmotnost [g.cm ⁻³]	Mezerovitost [%]
	2,692	3,91
	2,694	2,44
	2,713	2,41
	2,722	4,00
	2,739	5,72
	2,671	2,45

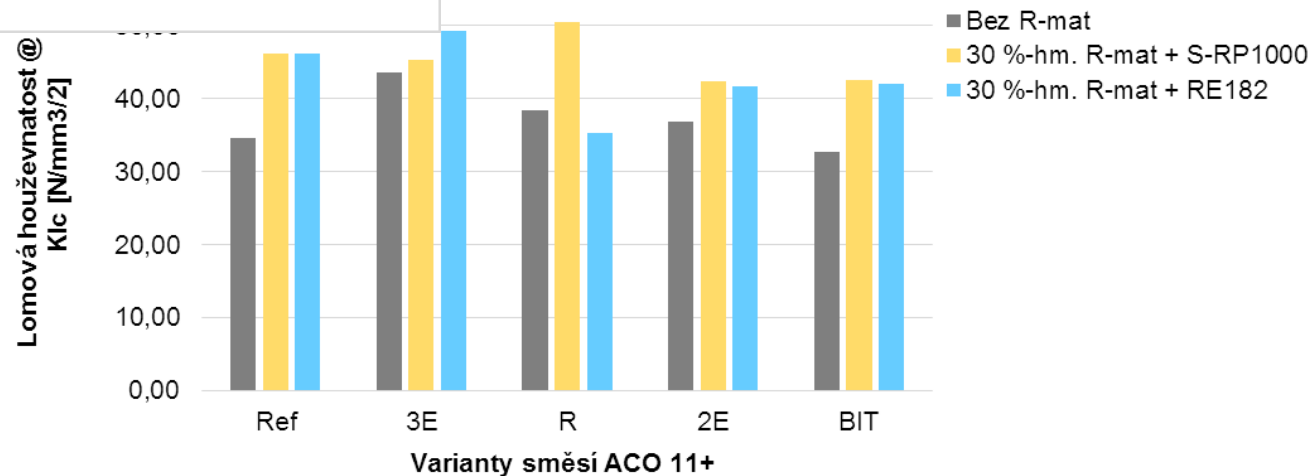
ACO 11+ 30 %-hm. R-mat S-RP1000	RE182	2ER	50/70 + 2 % E10K	4,0
		BR	50/70 + 3 % BIT	
		RefS	50/70	3,6
		3ES	50/70 + 3 % E10K	
		RS	50/70 + 1,5 % E10K + 1,5 % RH	
		2ES	50/70 + 2 % E10K	
		BS	50/70 + 3 % BIT	



Vliv nových typů vosků z hlediska potenciálu snížení pracovní teploty u asfaltové směsi s R-materiálem



Moduly tuhosti stanoveny pro tři teploty. Pro vybrané varianty včetně vlivu stárnutí.



Využití R-materiálu v asfaltových směsích typu SMA

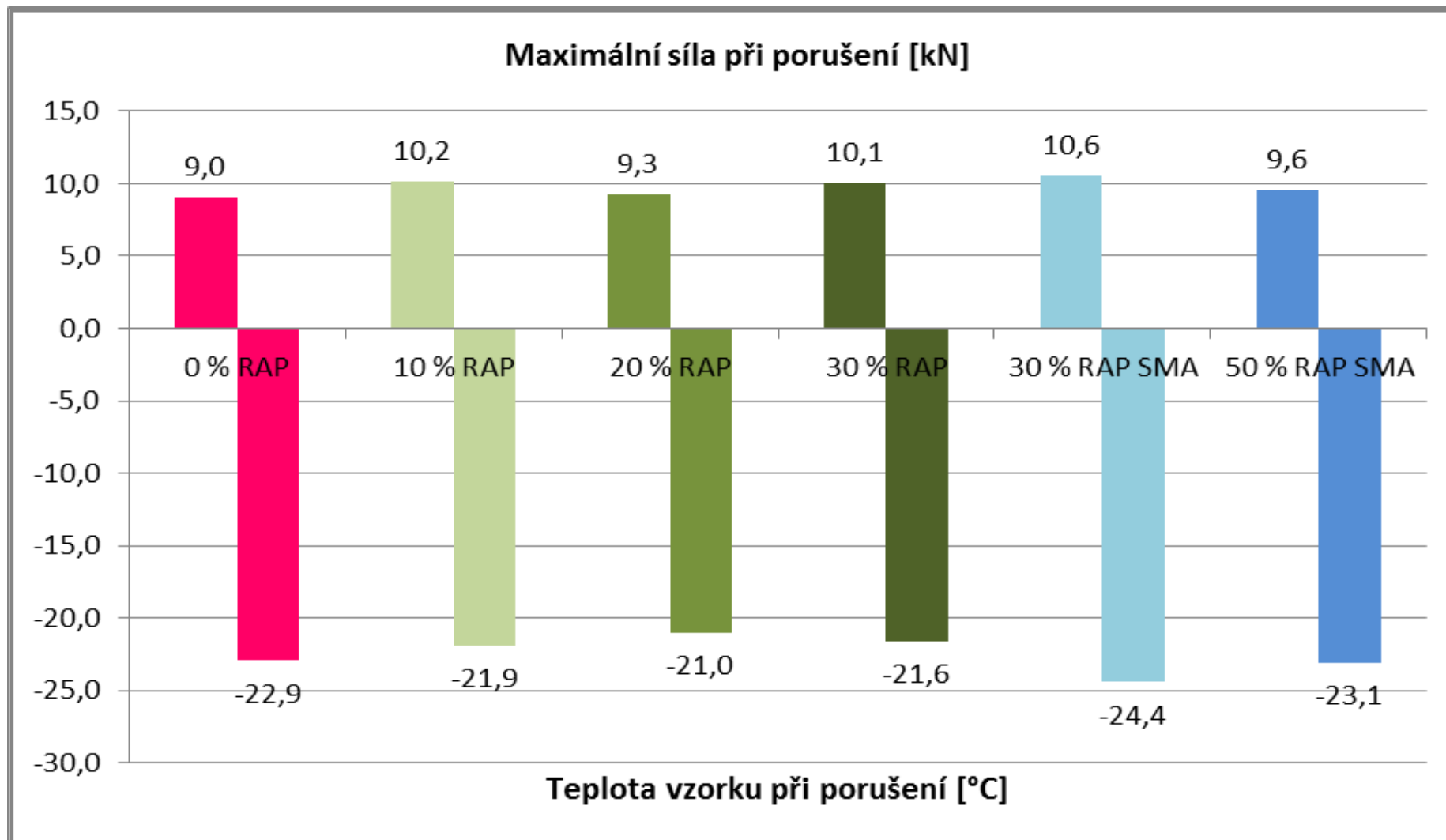
- ➔ příspěvek přináší dílčí výsledky výzkumného projektu TAČR
- ➔ aplikace 10-50 % R-materiálu ve směsi SMA v kombinaci s upravenými typy vláken
- ➔ ve směsích vždy zachováno stejné množství asfaltového pojiva
- ➔ provádění velkého souboru laboratorních zkoušek a vedle toho realizace zkušebního úseku

Zkušební úsek

- ➔ silnice II/227 v úseku Rakovník – Kněževes
- ➔ délka 4,8 km
- ➔ 17 variant směsi SMA
- ➔ použití PMB i asfaltu 50/70
- ➔ použití 5 typů vláken, rejuvenátoru a další přísady



Využití R-materiálu v asfaltových směsích typu SMA



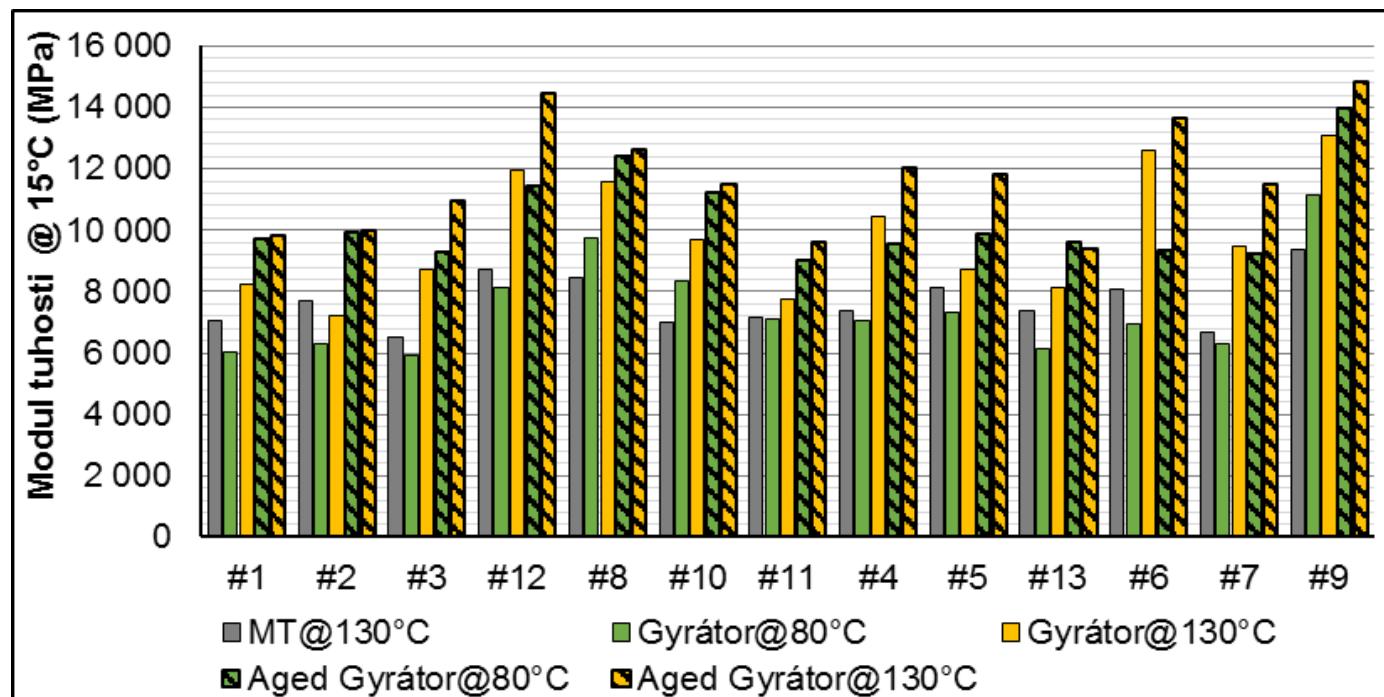
Nízkoteplotní asfaltová směs typu ACL 16+ s vyšším obsahem R-materiálu

- ➔ jiný příklad prakticky orientovaného výzkumu
- ➔ reálné ověření zkušebním úsekem na silnici III. třídy
- ➔ uplatnění 40-60 % R-materiálu a 8 technologických variant NTAS

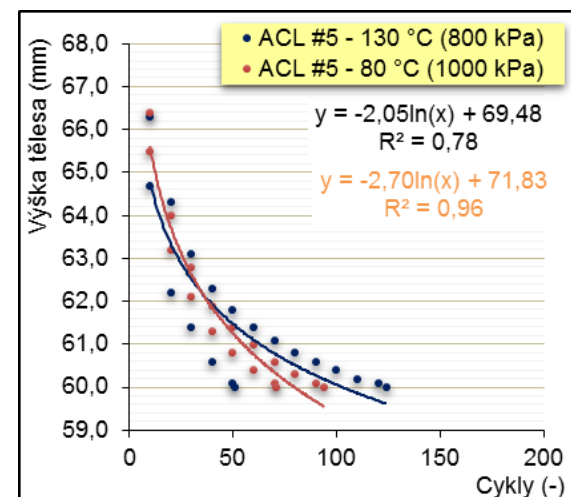
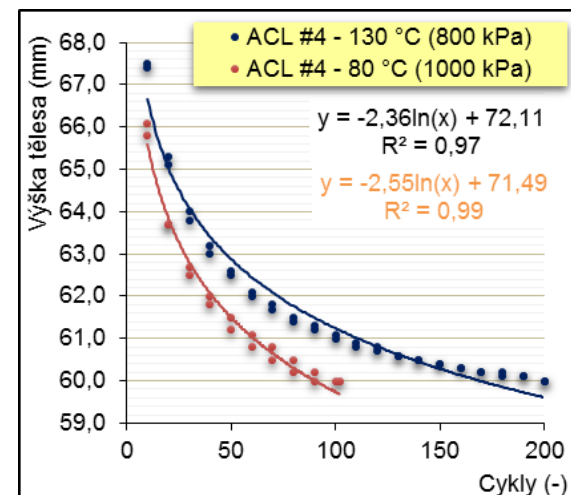
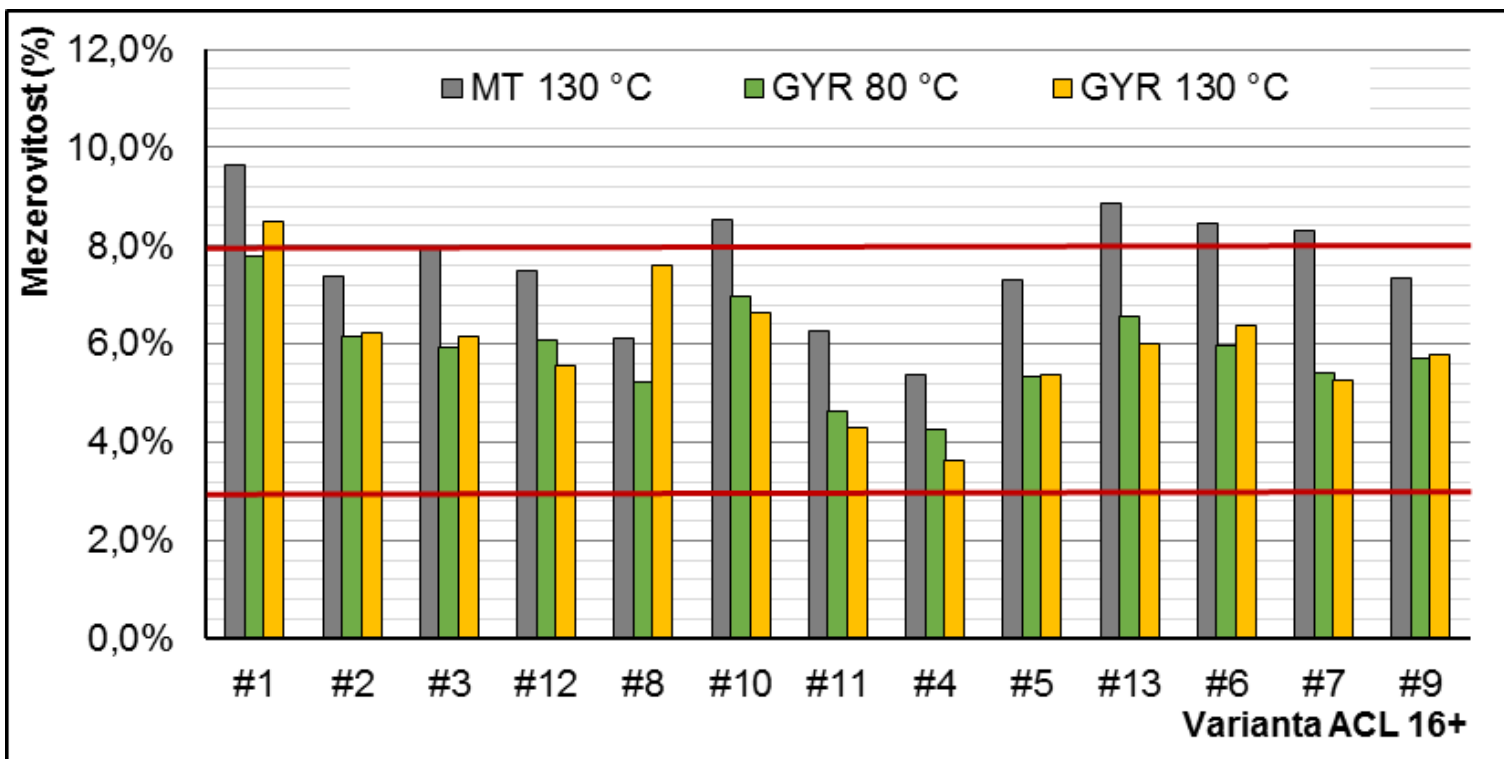
	Směr pokládky	Staničení (km)	Označení AS	Asfalt	R-mat	odběr vzorků (km)	vývrty (km)	Přísada
I. Etapa	Vejvanov	1,310 - 1,568	#1	70/100	0	1,409	1,388	Zpěněný asfalt
		0,995 - 1,310	#2	70/100	40	1,260	1,148	Zpěněný asfalt
		0,645 - 0,995	#3	70/100	60	0,680	0,900	Zpěněný asfalt
		0,317 - 0,645	#4	50/70	60	0,387	0,395	Sasobit Redux
	Biskoupky	0,000 - 0,317	#5	50/70	60	0,090	0,083	Sasobit v pojivu
II. Etapa	Biskoupky	2,300 - 2,745	#6	50/70	60	2,665	2,420	Storbit
		1,933 - 2,300	#12	70/100	60	2,141	2,173	Deurex E11B
		1,600 - 1,933	#13	50/70	60	1,865	1,665	Zycotherm
		1,246 - 1,600	#9	50/70	60	1,475	1,410	Prephalt SK
		0,946 - 1,246	#7	50/70	60	1,225	1,091	Storeleastic
		0,629 - 0,946	#8	70/100	60	0,942	0,767	Inodur - CIUR
		0,195 - 0,629	#10	50/70	40	0,571	0,326	Zpěněný asfalt
	Terešov	0,000 - 0,195	#11	50/70	60	0,105	0,080	Zpěněný asfalt

Nízkoteplotní asfaltová směs typu ACL 16+ s vyšším obsahem R-materiálu

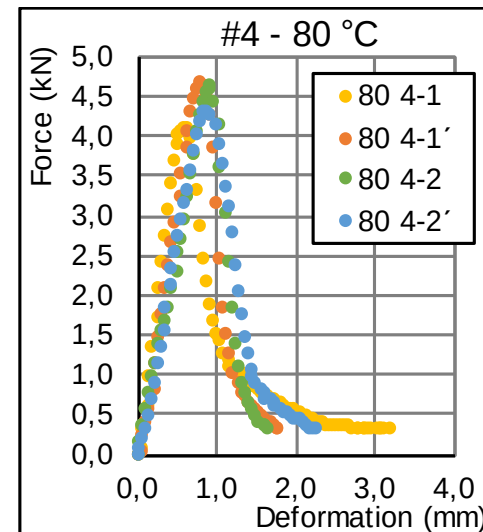
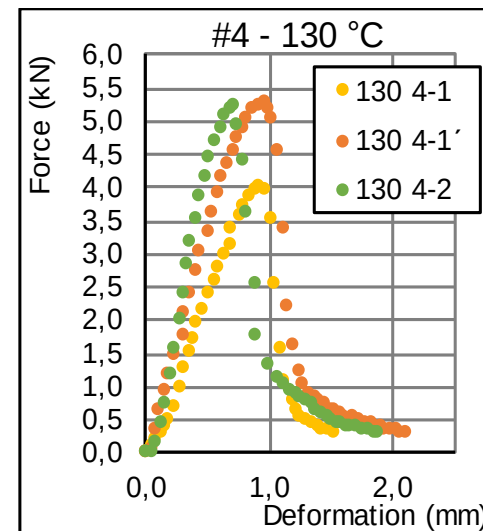
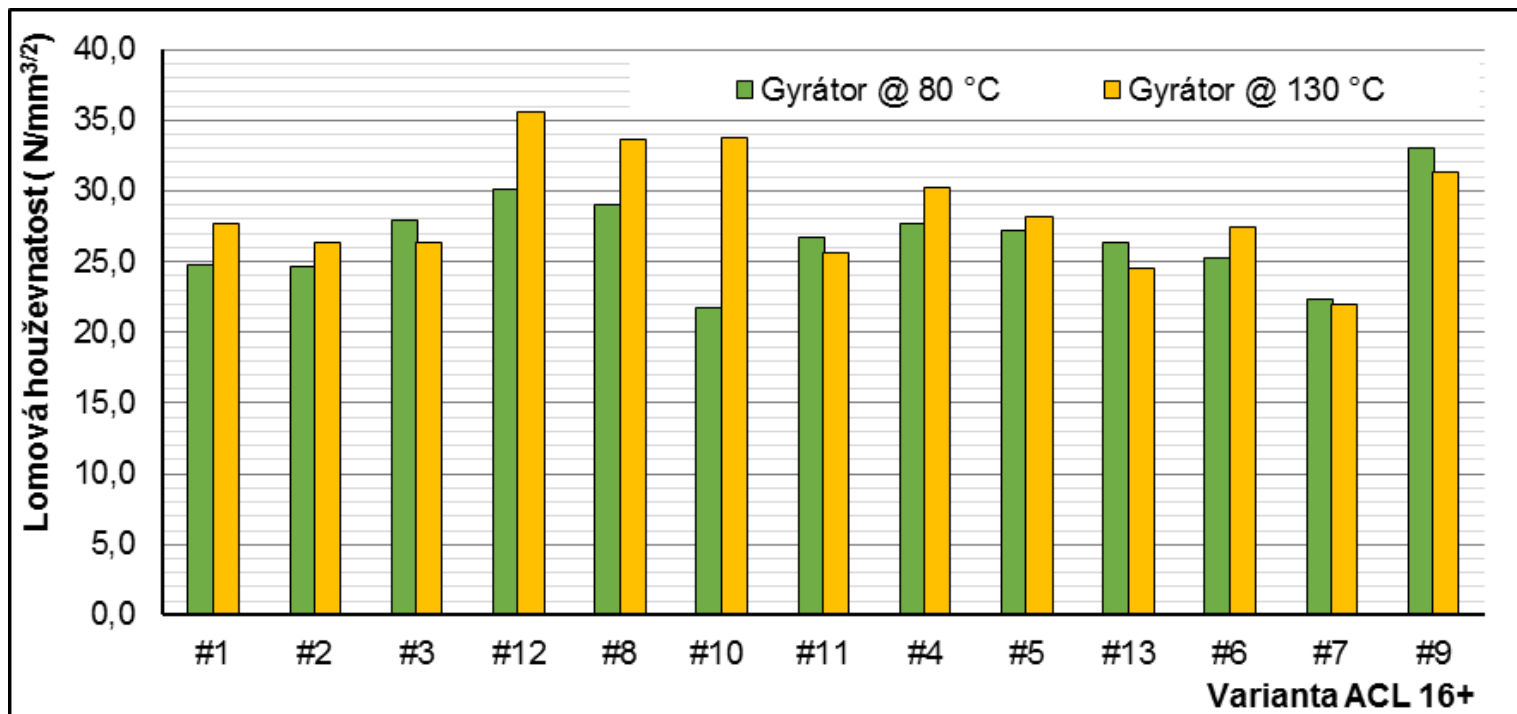
- ➔ velký soubor laboratorních zkoušek provedený na asfaltových směsích odebraných při pokládce
- ➔ asfaltové směsi hutněny jednotně při 130 °C
- ➔ využití gyrátoru pro posouzení zpracovatelnosti
- ➔ stanovení
volumetrických
charakteristik,
tuhosti (před i po
laboratorním
stárnutí), odolnosti
proti trvalým
deformacím, tahu v
ohybu a odolnosti
proti šíření trhliny



Nízkoteplotní asfaltová směs typu ACL 16+ s vyšším obsahem R-materiálu



Nízkoteplotní asfaltová směs typu ACL 16+ s vyšším obsahem R-materiálu



Využití asfaltové směsi se 70 % R-materiálu v železničním stavitelství

- ➔ dosud netradiční aplikace asfaltové směsi s R-materiálem
- ➔ řešeno jakou součástí dlouhodobého projektu „Využití alternativních materiálů v konstrukci pražcového podloží“
- ➔ využití asfaltových směsí přitom naposledy ze strany ČSD sledováno v 60. a 70. letech minulého století
- ➔ od roku 2011 dlouhodobě posuzována možnost využít až 100% recyklovanou směs s teplotou 80-120 °C
- ➔ sanace pražcového podloží a použití v podkladní vrstvě pro zlepšení mechanických vlastností, omezení propustnosti vody a zlepšení odolnosti proti účinkům mrazu
- ➔ experimentální testování, včetně modelování chování ve full-scale standu, jakož i zkušební úsek
- ➔ pokládka formou rozhrnování graderem s hutněním těžkými válci
- ➔ proveden odběr vývrtů s následnými rozbory

Využití asfaltové směsi se 70 % R-materiálu v železničním stavitelství

Požadavky na asfaltovou směs se 100 % R-materiálu (železničáři)

Kvalitativní ukazatel	Parametry R-materiálu	Zkušební metoda
maximální objemová hmotnost ρ_{mv}	2400 až 2600 kg.m ⁻³	ČSN EN 12697-5
obsah rozpustného pojiva S	4 až 7 %	ČSN EN 12697-1
zrnitost kameniva	0/16 až 0/22 mm	ČSN EN 12697-2 a ČSN EN 933-1

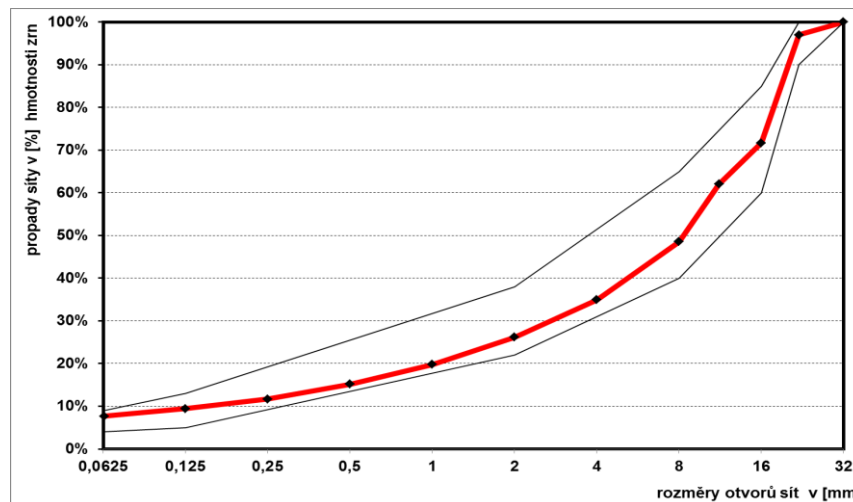
Požadavky na konstrukční vrstvu se směsí s 100 % R-materiálu

Kvalitativní ukazatel	Parametry směsi	Zkušební metoda
mezerovitost V_m	max. 15 %	ČSN EN 12697-8
pevnost v prostém tlaku R_c	min. 2,5 MPa	ČSN EN 13286-41
odolnost proti mrazu a vodě R_{cxx}	min. 85 % pevnosti v prostém tlaku	SŽDC S4, příloha 6 a ČSN EN 14227-1

Využití asfaltové směsi se 70 % R-materiálu v železničním stavitelství

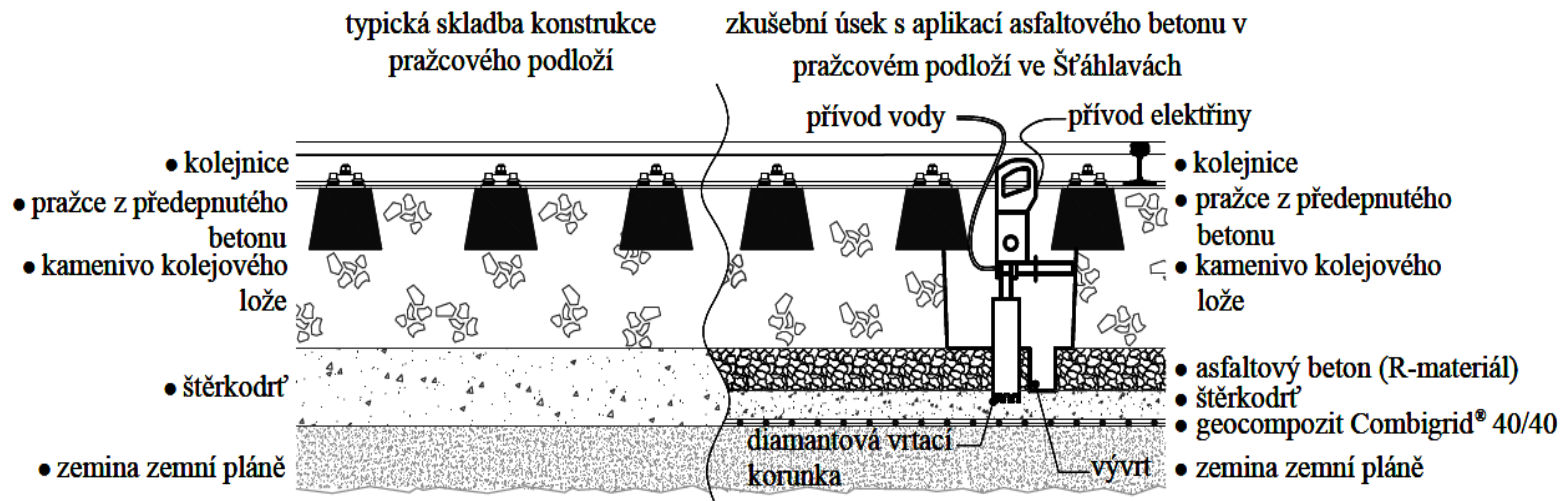
Požadavky na ACP 22 se 70 % R-materiálu (silničáři)

Laboratorní zkoušky	Charakteristika	Zkušební postup
Rozbor asfaltové směsi se stanovením zrnitosti	-	ČSN EN 12697-2+A1
Obsah rozpustného pojiva	B_{min}	ČSN EN 12697-1
Maximální objemová hmotnost	ρ_{max}	ČSN EN 12697-5
Objemová hmotnost zhutněná	$\rho_{bssd,vz}$	ČSN EN 12697-6
Tuhost	S	ČSN EN 12697-26
Odolnost proti šíření trhliny	$K_{ic,i}$	ČSN EN 12697-44



Využití asfaltové směsi se 70 % R-materiálu v železničním stavitelství

- ➔ zkušební úsek na trati České Budějovice – Plzeň (u obce Štáhlavy)
- ➔ traťová třída zatížení D3
- ➔ situován v mělkém zářezu s hloubkou do 1,5 m
- ➔ železniční svršek tvořen betonovými pražci SB8, tuhým upevněním typu K a kolejnicemi tvaru 49 E1. Původní rekonstrukce pražcového podloží předpokládala typickou vrstvu ze štěrkodrti o tloušťce 250 mm
- ➔ nahrazeno 150 mm asfaltové směsi na 100 mm štěrkodrti



Využití asfaltové směsi se 70 % R-materiálu v železničním stavitelství

Kvalitativní ukazatel	Návrhové parametry pro 100 % R-materiál	Dosažené parametry pro 70 % R-materiál
maximální objemová hmotnost r_{mv}	2400 – 2600 kg.m ⁻³	2501 kg.m ⁻³
objemová hmotnost vrstvy	-	průměr 2460 kg.m ⁻³
obsah rozpustného pojiva S	4 – 7 %	4,5 %
zrnitost kameniva	0/16 až 0/22 mm	0/22 mm
pevnost v prostém tlaku R_c	min. 2,5 MPa	průměr 4,3 MPa
mezerovitost V_m	max. 15 %	průměr 1,9 %



Využití asfaltové směsi se 70 % R-materiálu v železničním stavitelství

Vývrt	Objemová hmotnost, ρ_{bssd} [g.cm ⁻³]		Míra zhutnění [%]		
			100°C	120°C	140°C
Vývrt Štáhlavy1	2,465	2,470	102,8	101,9	101,6
Vývrt Štáhlavy2	2,475		103,2	102,3	102,0
Vývrt Štáhlavy3	2,485		103,6	102,7	102,4
Vývrt Štáhlavy4	2,470		103,0	102,1	101,8
Vývrt Štáhlavy5	2,489		103,8	102,9	102,6
Vývrt Štáhlavy6	2,434		101,5	100,6	100,3

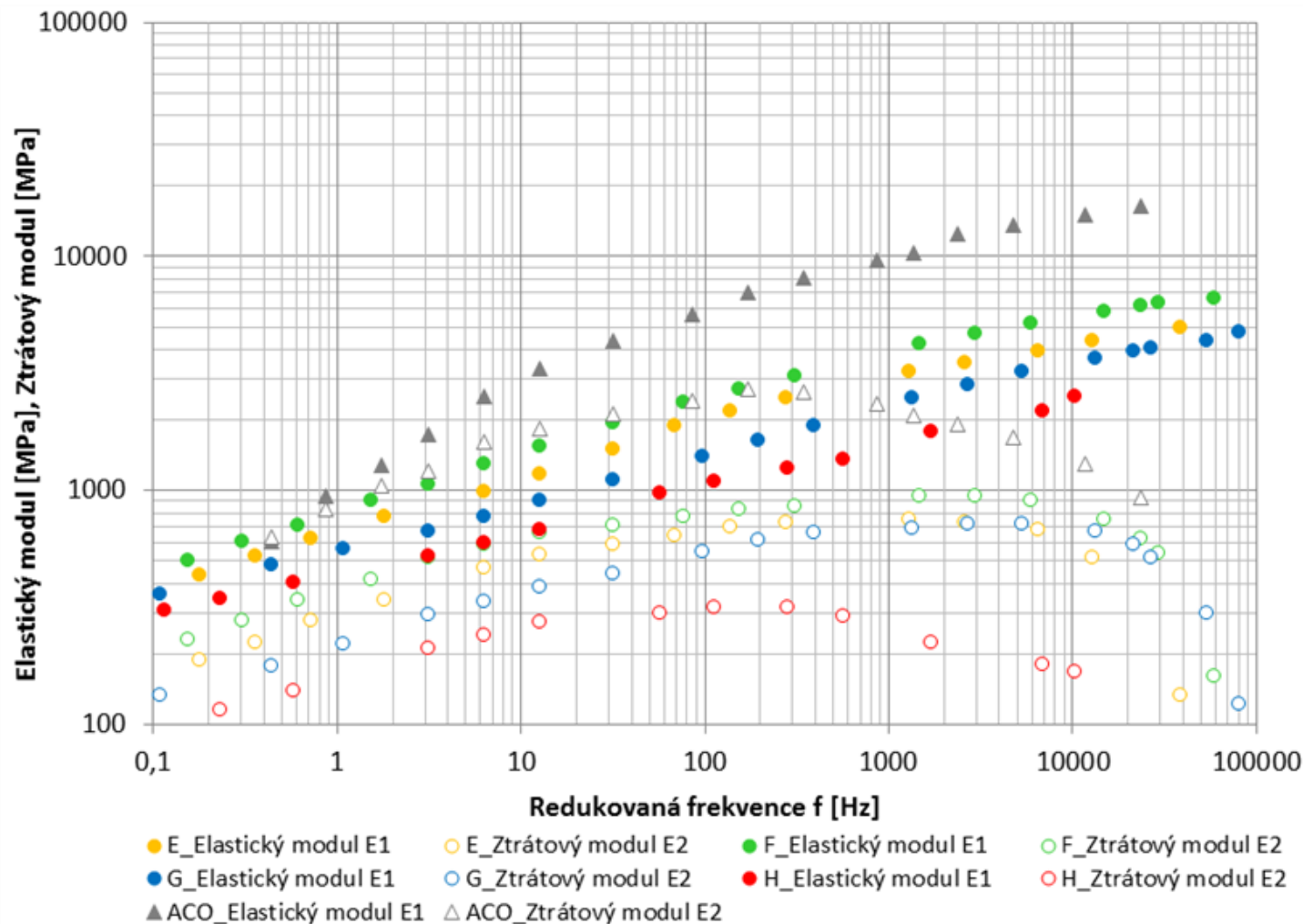
Směs	Objemová hmotnost, ρ_{bssd} [g.cm ⁻³]	Modul tuhosti (MPa) při T (°C)			Teplotní citlivost
		0	15	27	
ACP 22 - R (100°C)	2,398	16 313	6 464	2 379	6,86
ACP 22 - R (120°C)	2,419	17 496	7 492	2 827	6,19
ACP 22 - R (140°C)	2,427	19 337	7 780	3 464	5,58

Viskoelastické chování směsí recyklace za studena

- ➔ experimentální studie zaměřená na komplexní modul tuhosti variant směsí recyklace za studena
- ➔ možnosti využití čtyřbodové zkoušky u tohoto typu materiálu
- ➔ Teploty: 0 °C, 10 °C, 20 °C a 30 °C
- ➔ Frekvence: 50, 30, 20, 10, 8, 5, 2, 1 a 0,5 Hz

Složka směsi	Směs A	Směs B	Směs C	Směs D
R-materiál 0/22 Středokluky	91,0%	90,5%	94,0%	93,5%
Voda	2,5%	2,0%	2,5%	2,0%
Asfaltová emulze	3,5%	-	3,5%	-
Zpěněný asfalt	-	4,5%	-	4,5%
Cement	3,0%	3,0%	-	-
	Směs E	Směs F	Směs G	Směs H
R-materiál 0/22 Středokluky	93,0%	89,0%	91,5%	-
R-materiál 0/11 Středokluky	-	-	-	92,0%
Voda	2,5%	3,5%	3,5%	3,5%
Asfaltová emulze	-	-	5,0%	-
Zpěněný asfalt	4,5%	4,5%	-	4,5%
Mletý betonový recyklát D2	-	3,0%	-	-

Viskoelastické chování směsí recyklace za studena



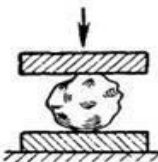
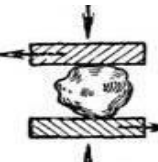
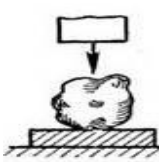
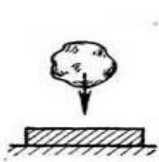
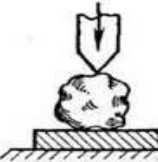
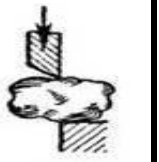
Viskoelastické chování směsí recyklace za studena

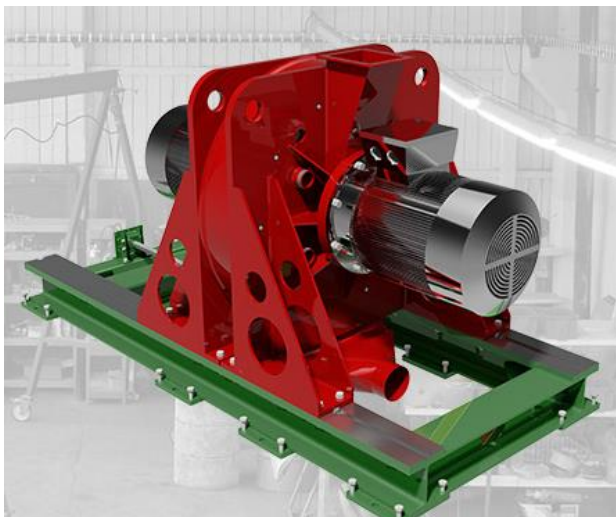
NĚKOLIK POZNATKŮ

- ➔ Termo-mechanicky citlivý materiál, ovšem závislost na zkušební teplotě a frekvenci je nižší než u běžné za horka vyráběné asfaltové směsi
- ➔ V oboru nejnižších zkoušených teplot a nejvyšších frekvencí má materiál tendenci se chovat téměř elasticky.
- ➔ v oboru nejvyšších zkušebních teplot a nejnižších frekvencí dosahují směsi recyklované za studena zhruba polovičních hodnot fázového úhlu než konvenční asfaltové směsi. Chování těchto směsí je tedy blíže chování pružného materiálu.
- ➔ Směsi se 3 % cementu dosahují výrazně vyšších hodnot elastické složky fázového úhlu v oblasti nízkých frekvencí a vysokých zkušebních teplot. Obsažený cement způsobuje posun chování těchto směsí blíže k chování pružného materiálu.

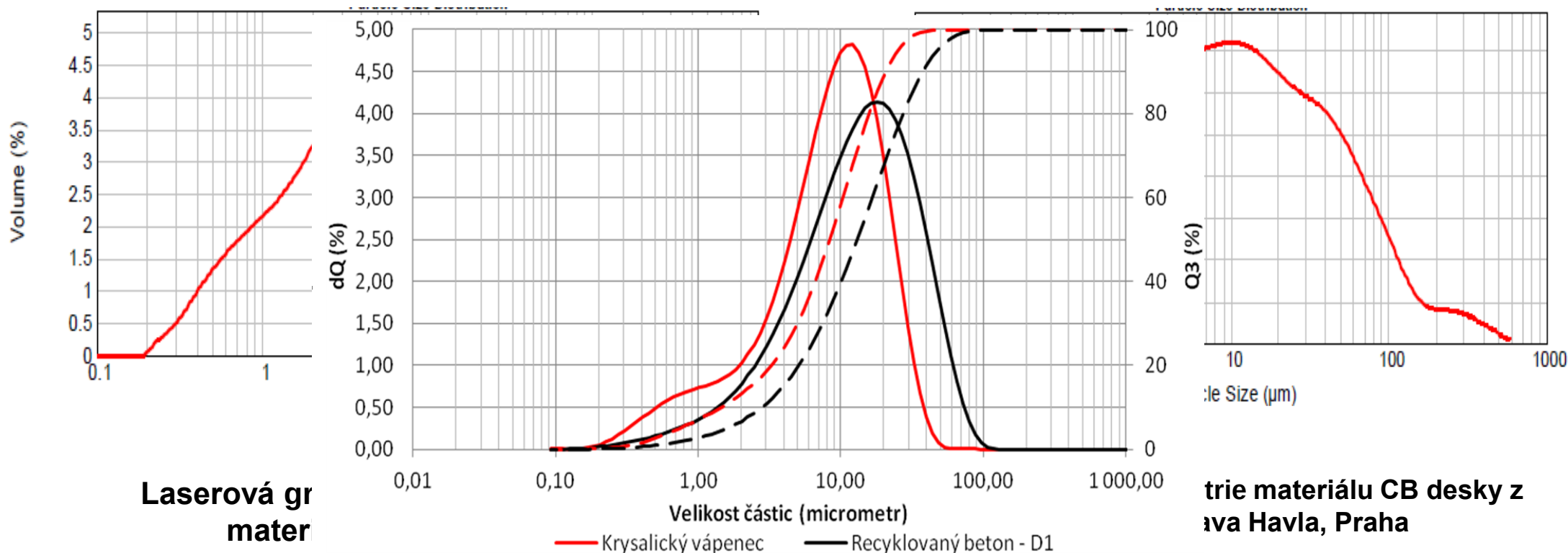
Alternativy směsí recyklace za studena s aplikací mletého a aktivovaného betonového recyklátu

- ➔ shrnutí některých poznatků mnohaletého výzkumu a vývoje v oblasti vysokorychlostního mletí zrnitých materiálů
- ➔ uplatnění principů mechanické nebo mechano-chemické aktivace

1	2	3	4	5	6	7
Compression	Shear	Compression pulse	Free hit	Stroke/Flexion	Chopping	Cutting
						



Alternativy směsí recyklace za studena s aplikací mletého a aktivovaného betonového recyklátu



Vzorek po mechanické aktivaci

Betonový recyklát

Mramorový vápenec

Hustota (g/cm³)

2,670

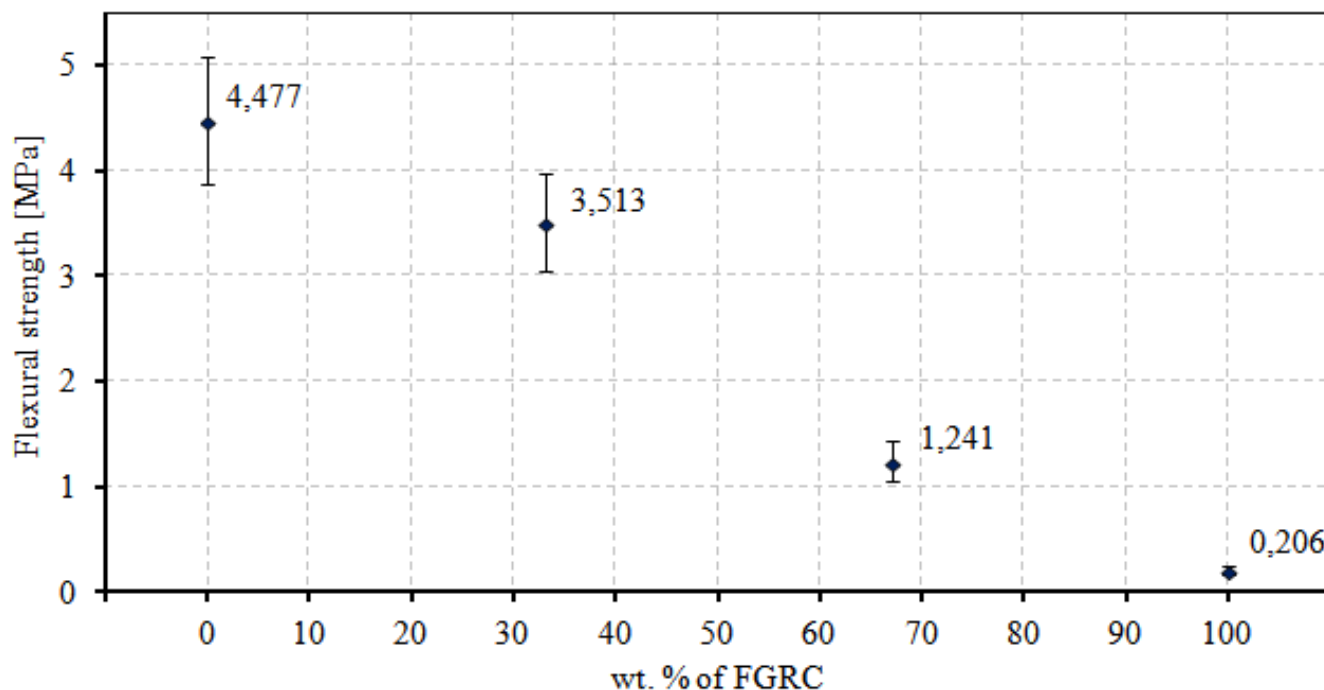
2,818

Měrný povrch (m²/kg) podle Blaine

435

455

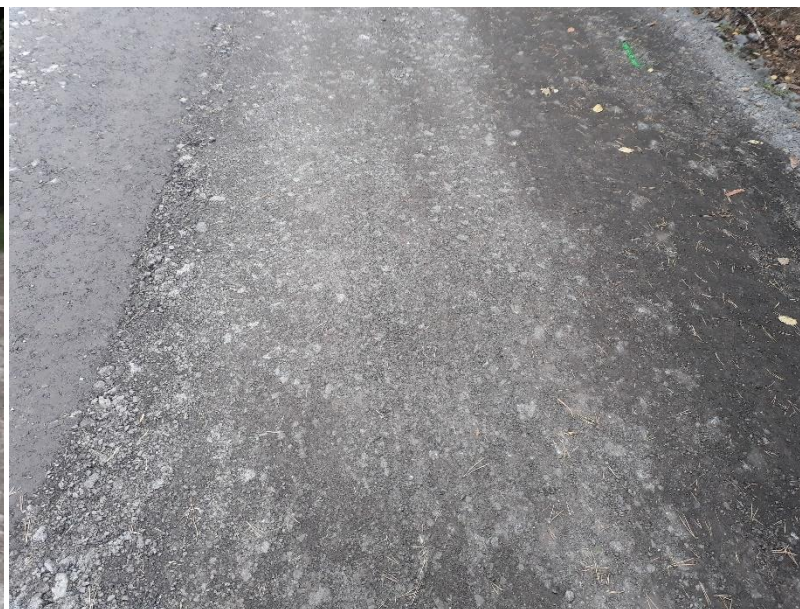
Alternativy směsí recyklace za studena s aplikací mletého a aktivovaného betonového recyklátu



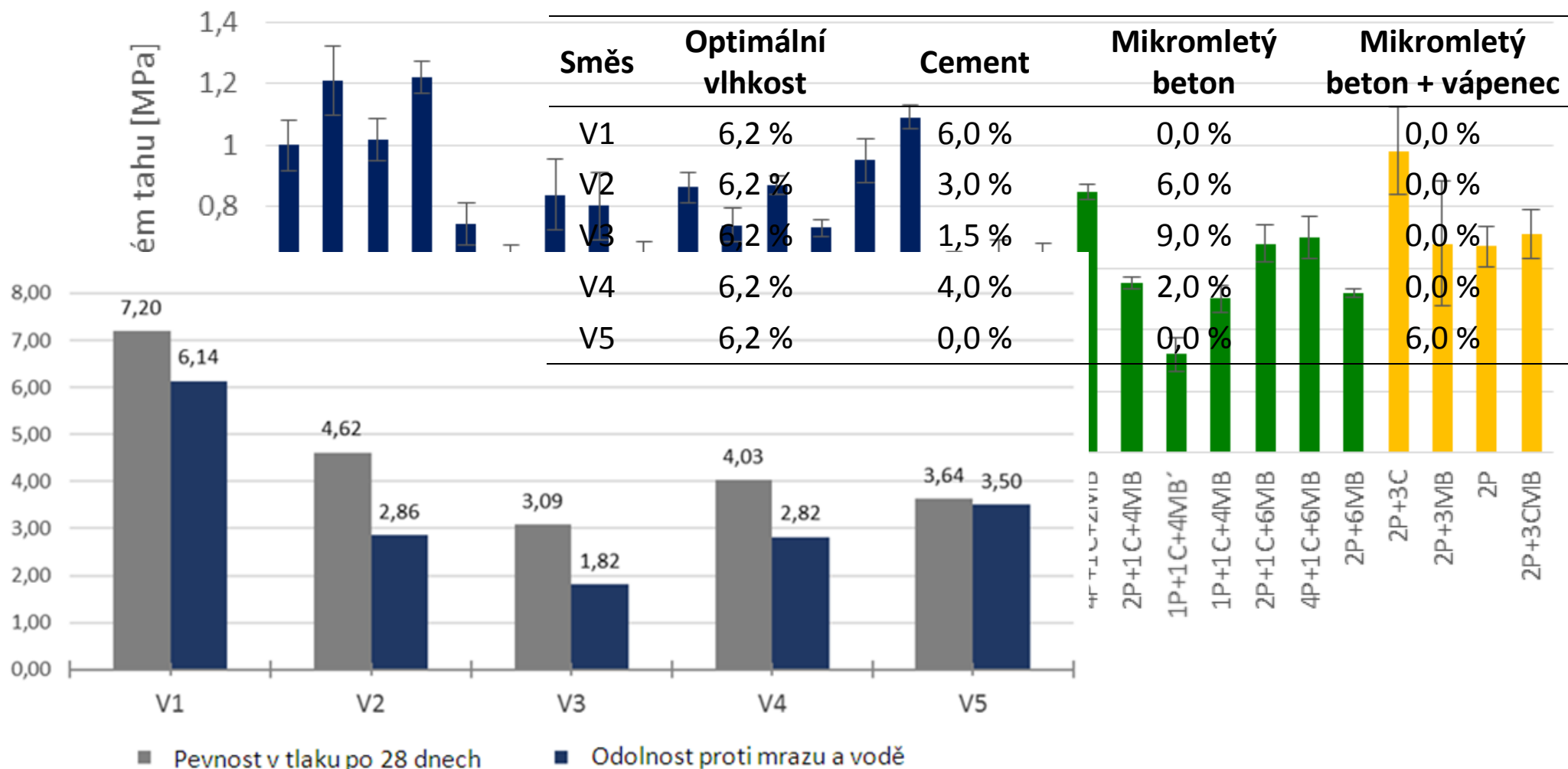
Pevnost v tahu za ohybu u cementové malty, kde se substituuje 0 až 100 % cementu mikromletým betonovým recyklátem.

Alternativy směsí recyklace za studena s aplikací mletého a aktivovaného betonového recyklátu

- ➔ u směsí recyklace za studena zvoleny dva typy materiálu
- ➔ ověřováno u kombinací s asfaltovou emulzí i zpěněným asfaltem
- ➔ celkem posouzeno 28 variant směsí recyklace za studena s ověřením míry substituce cementu
- ➔ souběžně ověřována využitelnost i u směsí typu KSC



Alternativy směsí recyklace za studena s aplikací mletého a aktivovaného betonového recyklátu



Vícenásobná recyklace u směsí recyklace za studena

- ➔ experimentální studie vycházející z projektu CoRePaSol a věnující pozornost recyklaci již jednou recyklovaného materiálu
- ➔ simulováno čistě na R-materiálu 0/22 pro 4 typy směsí recyklované za studena (emulze nebo zpěněný asfalt)
- ➔ posuzován vliv na pevnostní charakteristiky, tuhost a vodní citlivost
- ➔ zvolen jednotný postup stárnutí

Etapa 1 - směsi recyklace za studena	První cyklus	Druhý cyklus
	Laboratorní zrání (vytvrzení) zkušebních těles	Vliv stárnutí na zkušební tělesa
Směs A Směs B	24 hodin ponechány při vlhkosti 90-100 % a teplotě 20±3 °C. Poté zrání 14 dní na suchu	9 dní při teplotě 85 °C
Směs C Směs D	24 hodin ponechány při vlhkosti 90-100 % a teplotě 20±3 °C. Poté dány na 72 h do teplotní komory na 50 °C při vlhkosti 40-70 %	9 dní při teplotě 85 °C
Poznámka: Relativní vlhkost 90-100 % je zajištěna pomocí neprodyšného obalu, ve kterém je těleso uzavřeno 24 h. Vlhkost 40-70 % představuje vlhkost zkušebních těles při jejich volném uložení v laboratoři nebo v teplotní komoře		

Vícenásobná recyklace u směsí recyklace za studena

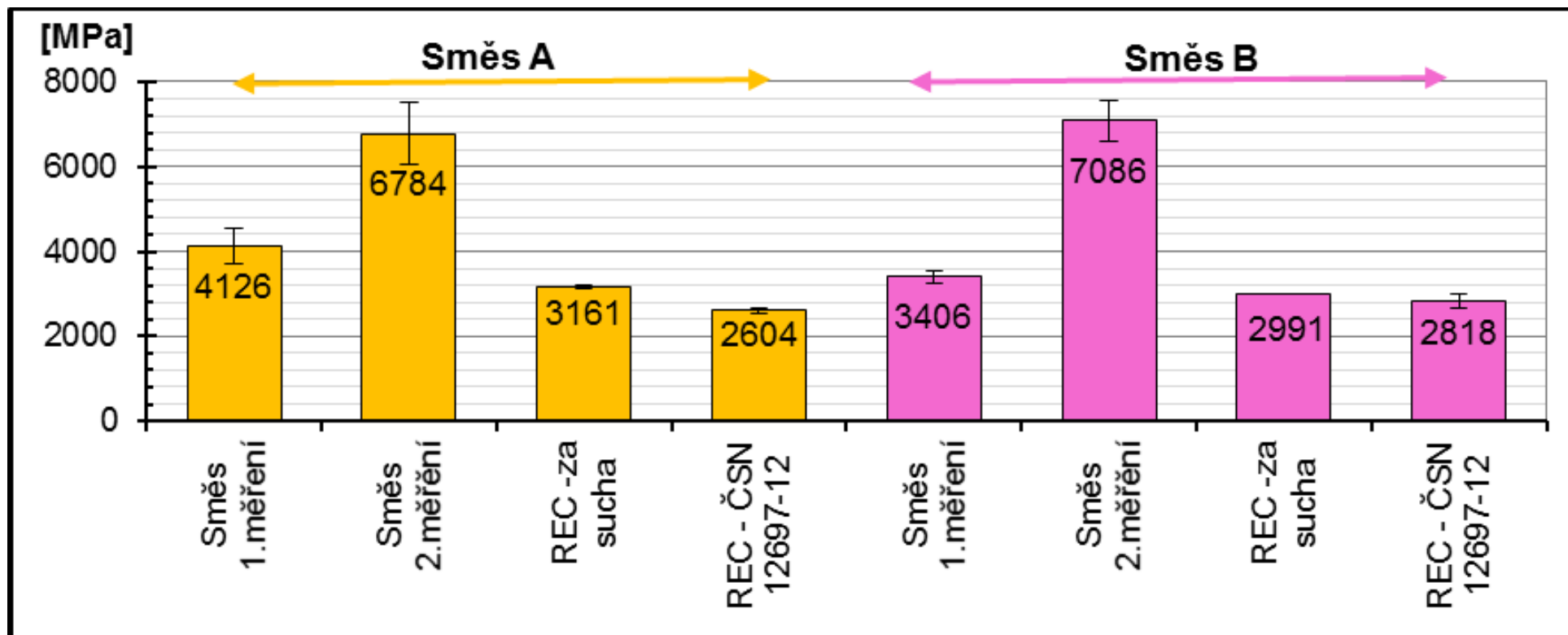
Směs	R-materiál	Voda	Emulze	Zpěněný asfalt	Cement
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
SA	91,0	2,5	3,5	-	3,0
SB	90,5	2,0	-	4,5	3,0
SC	94,0	2,5	3,5	-	-
SD	93,5	2,0	-	4,5	-



Směs	Předrcený REC	Voda	Emulze	Zpěněný asfalt
	[%]	[%]	[%]	[%]
Rec SA	95,5	2,5	2,0	-
Rec SB	96,0	2,0	-	2,0
Rec SC	95,5	2,5	2,0	-
Rec SD	96,0	2,0	-	2,0

Poznámka: Pro směs Rec SA se použila předrcená směs SA. Pro směs Rec SB se použila předrcená směs SB apod.

Vícenásobná recyklace u směsí recyklace za studena



Vícenásobná recyklace vedla k uspokojivým výsledkům, ale samozřejmě existuje hranice, kdy obsah asfaltového pojiva v R-materiálu bude příliš vysoký na to, aby se mohl znovu v tak velkém podílu použít



Recyklovaný
nejsem,
„smart“ jak
brouk Pytlík
jo!!

Děkuji Vám za pozornost...