

# AV '19 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019

## Moderní a chytré vozovky

Jan Valentin, Fakulta stavební ČVUT v Praze

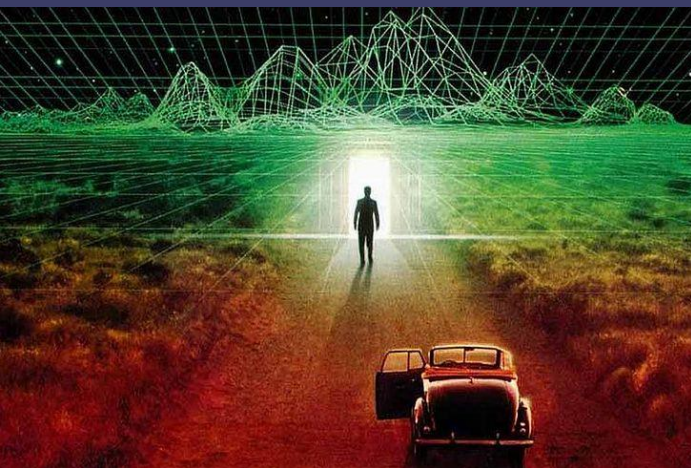
26. – 27. listopadu 2019, České Budějovice

**Motto: Po asfaltových vozovkách k černým zítřkům**



# AV 19 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019

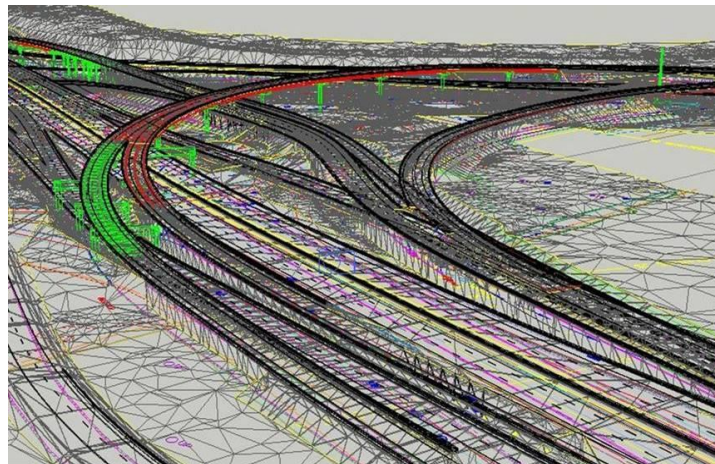
## Digitalizace v dopravním stavitelství



3D nástroje, BIM, navádění strojů, virtuální realita, AI nebo IoT –  
DOBA MATRIXOVÁ

## BIM A DIGITALIZACE – NĚCO ÚVODEM

- ➔ digitalizace je nevyhnutelný další vývojový krok ve stavebnictví;
- ➔ je však nebezpečné podlehnout dojmu, že se jedná o všespásné řešení, které eliminuje řadu rizik a problémů spojených se stavebnictvím;
- ➔ je to řešení, které může pomoci zlepšit řízení rizik, zefektivnit procesy a vlastní výstavbu, projekty učinit ekonomicky efektivní;
- ➔ jedná se o komplex procesů a přístupů, které nám mohou pomoci při řešení především větších a složitějších staveb a které umožní co nejlépe využívat a propojovat existující informace – napříč procesy a napříč časovou osou.





## BIM A DIGITALIZACE – NĚCO ÚVODEM

### Předpoklady

- ➔ vymezení, co od BIM a digitalizace očekávám => hezké modely nebo především efektivní práce s daty a jejich řízení s jasnou vizí, co od informací v modelech očekávám a jak je využiji?
- ➔ schopnost a připravenost data sdílet => vytvářet funkční a jednotná CDE.
- ➔ změna v přístupech ke spolupráci => bez důvěry a transparentnosti to nepůjde.
- ➔ **ALE při všech potenciálech a přínosech nezapomínejme:**
  - pracujeme s přírodními materiály v přirozeném prostředí
  - 100% jistota a bezrizikovost neexistuje
  - každý model bude jen tak dobrý, jak kvalitní budou použitá data
  - **v neposlední řadě, jsme homo sapiens, a při práci nesmíme ztratit schopnost kritického uvažování (digitální svět, umělá inteligence a další nemohou převzít naši zodpovědnost) a kontrolu nad činnostmi, které děláme**



## MOŽNOSTI A RIZIKA POUŽITÍ METODY BIM PRO SPRÁVU SILNIČNÍHO MAJETKU

### Zaměření příspěvku

- ➔ zamyšlení nad aspekty, které by měl při zavádění a rozvoji BIM reflektovat veřejný správce ve vztahu k jeho činnostem;
- ➔ hledisko správy silničního majetku jako určující pro definování, co od BIM očekáváme v silniční infrastruktuře;
- ➔ nezodpovězené otázky, jak bude správa staveb dopravní infrastruktury v BIM fungovat;
- ➔ při tvorbě BIM modelů a celkového procesu digitalizace silničního stavitelství je třeba se již na počátku zamýšlet, zda do výchozích modelu přípravy a realizace stavebního projektu doplnit nástroje údržby, nebo později vytvořit model zcela nový či upravený
- ➔ demonstrace uvedeného ve vztahu k životnímu cyklu (příklad čtyřpruhové směrově dělené pozemní komunikace).

## MOŽNOSTI A RIZIKA POUŽITÍ METODY BIM PRO SPRÁVU SILNIČNÍHO MAJETKU

### Různé potřeby během životního cyklu – kdy definovat potřeby

- ➔ při novostavbě zadavatel definuje požadavky stavby, získá projektovou dokumentaci, následně i zhotovené dílo;
- ➔ v blízké budoucnosti bude mít počáteční model z PDSP a následně eventuálně model skutečného provedení stavby;
- ➔ při existenci požadavků na negrafické atributy získá společně s tím i ucelené informace k materiálům, konstrukcím atp.
- ➔ na základě modelu může plánovat a realizovat údržbu a správu, NICMÉNĚ...
- ➔ **má-li BIM model sloužit pro celoživotní cyklus stavby, musí být v odpovídajícím detailu nastaven a vybaven o další funkce, které správce používá v rámci hospodaření se stavbou => v předstihu musí být definovány cíle a potřeby správců, které modely musí zohlednit.**

## MOŽNOSTI A RIZIKA POUŽITÍ METODY BIM PRO SPRÁVU SILNIČNÍHO MAJETKU

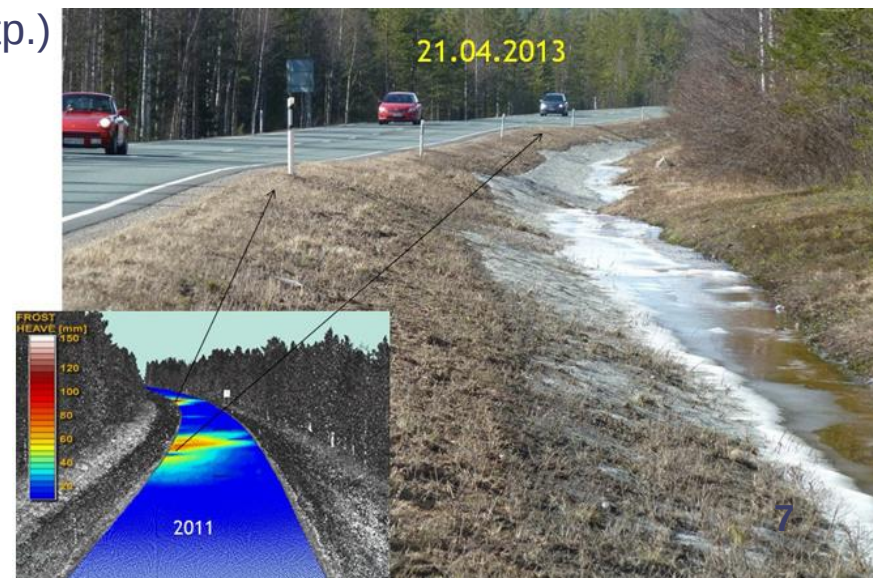
### Nástroje pro správce PK

#### ➔ Digitální model

- jaký model (vždy a na vše 3D nebo pro některé činnosti postačuje 2D?)
- jaký LOD a LOI, přičemž druhý aspekt je z pohledu správce podstatný – pracuje s informacemi

#### ➔ Sběr dat a jejich kontinuální údržba a správa

- jaké informace sbírat (různé typy poruch apod.)
- jakými nástroji (fotografování, laserové scanování atp.)
- Jak budou data importována do existujícího modelu



## MOŽNOSTI A RIZIKA POUŽITÍ METODY BIM PRO SPRÁVU SILNIČNÍHO MAJETKU

### Rizika a potenciální problémy

- ➔ je jisté, že než proběhne první ucelený projekt a než nastane realizace stavby v BIM, dostáváme se za rok 2022. Lze tak předpokládat, že i první práce na údržbě PK připravovaných v systému BIM budou probíhat až po roce 2022 a veškeré předpoklady a požadavky údržby budou muset být nastaveny a upraveny za provozu.
- ➔ BIM informační model bude mít pro správce PK dnešní i budoucí perspektivou velký přínos. Je ale nutné, aby právě on stanovil, co od BIM modelu očekává a co ho v budoucnosti může ovlivnit, např.:
  - a) z jakého informačního modelu bude vycházet model správy a údržbě? (vyvarovat se balastních informací předešlých modelů)
  - b) jaká má být podrobnost modelu? (správce PK, by měl zůstat správcem PK a neměl by se stát správcem BIM modelu)
  - c) cizí zařízení a majetek jiných správců?
  - d) jak prováděny a do modelu zanášet změny? (zejména úpravy menšího rozsahu, kde například v rámci úseku spravované PK vznikne na odbočení malá okružní křižovatka. Ta nebude nadlimitní VZ a nebude mít povinnost zpracování modelu. Podobně dodatečně budované protihlukové stěny.)



## VYUŽITÍ 3D DAT PRO REKONSTRUKCE PK A HODNOCENÍ SOUVISEJÍCÍCH BENEFITŮ

### Zaměření příspěvku

- ➔ rekonstrukce pozemních komunikací hraje významnou roli při prodlužování životnosti komunikací;
- ➔ při obvyklé realizaci rekonstrukcí se využívají tradiční metody měření a značné množství manuálních činností – neumožňují dosáhnout dostatečné přesnosti;
- ➔ z toho plynou vyšší odchylky;
- ➔ 3D měření dokáže problém s přesností odstranit nebo alespoň zmírnit (detailně zachytí stav vozovky před rekonstrukcí, v průběhu rekonstrukce i po finálně ukončené rekonstrukci);
- ➔ zahrnuje především ověřování naměřených údajů, provádění zpětných doměřování, porovnávání skutečných odchylek s maximálními povolenými odchylkami uvedenými v projektové dokumentaci (???), kontrolu míry provedených prací.

## VYUŽITÍ 3D DAT PRO REKONSTRUKCE PK A HODNOCENÍ SOUVISEJÍCÍCH BENEFITŮ

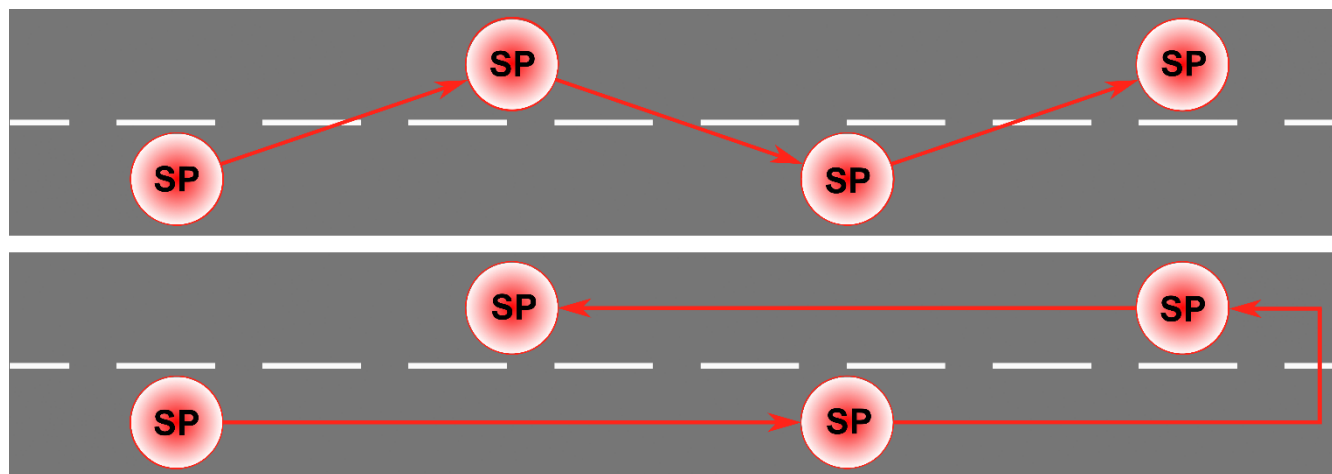
### Jak to funguje

- ➔ pro účely podrobné digitální dokumentace vznikají následující digitální modely:
  - digitální model terénu (DMT),
  - digitální model stavby (DMS),
  - a rozdílové digitální modely (RDMT).
- ➔ rekonstrukce pozemních komunikací založená na 3D měření musí používat technologie 3D měření splňující určité požadavky a zároveň musí dodržovat jistou posloupnost předem stanovených kroků:
  - sběr 3D dat (např. scanování)
  - příprava 3D dat (převedení mračen bodů do modelů a dále procesovatelných dat => tvorba DMS)
  - realizace rekonstrukce s využitím 3D dat (např. přesné navádění strojů)
- ➔ veškeré výstupní informace z 3D měření musejí být vázány k jednotnému výškovému horizontu stavby;

## VYUŽITÍ 3D DAT PRO REKONSTRUKCE PK A HODNOCENÍ SOUVISEJÍCÍCH BENEFITŮ

### Jak to funguje

- ➔ přesnost povrchů jednotlivých konstrukčních vrstev dána výškovou směrodatnou odchylkou a polohovou směrodatnou odchylkou k bodovému poli stavby;
- ➔ 3D měření jednotlivých povrchů konstrukčních vrstev musí být zajištěno s minimální hustotou 2000 bodů/m<sup>2</sup>
- ➔ Realizuje se prostorové měření geometrických parametrů prostoru pomocí rozměrů a vzájemných vztahů těles. Využívá se metoda „stop and go“ (postupné popojíždění vozidla s 3D scanem na jednotlivé pozice, které jsou od sebe vzdáleny cca 40 m)



## VYUŽITÍ 3D DAT PRO REKONSTRUKCE PK A HODNOCENÍ SOUVISEJÍCÍCH BENEFITŮ

### Jak to funguje

#### ➔ následuje příprava 3D dat:

- Analýza, zpřesnění a kontrola DTM vozovky (IRI, nerovnosti atp.)
- Návrh DMS, optimalizace DMS a vyhotovení DMS

#### ➔ Využití analyzovaných a připravených dat při frézování a pokládce vrstev

- Satelitní navádění strojů nebo manuální řízení s instrukcemi obsluze např. v tabletech
- Kontrola geometrické přesnosti povrchu vozovky scanováním po každé operaci



## VYUŽITÍ 3D DAT PRO REKONSTRUKCE PK A HODNOCENÍ SOUVISEJÍCÍCH BENEFITŮ

### Jak to funguje

- ➔ snížení pracnosti a chybovosti při provádění stavebních činností;
- ➔ úsporu pracovního času při realizaci rekonstrukce PK díky uplatnění navigace;
- ➔ úsporu stavebního materiálu a pohonných hmot potřebných při stavebních činnostech;
- ➔ zvýšení přesnosti a kvality výsledného stavebního díla;
- ➔ možnost kontroly průběhu rekonstrukce PK v jednotlivých fázích realizace;
- ➔ možnost ukládání informací o množství použitého materiálu pro rekonstrukci PK za účelem zpětného hodnocení či vytváření statistik.

## AUTOMATIZACE VÝPOČTU 3D MODELU STAVBY PRO REALIZACI ZAKÁZEK OPRAV SILNIC

### Shrnutí příspěvku

- ➔ článek prezentuje možnosti zautomatizování procesu vytvoření 3D modelu stavby v porovnání s manuálním projektováním, dále pak možnosti využívat absolutně přesný a podrobný měřený podklad současného stavu vozovky;
- ➔ akcentuje se téma řízeného stavebnictví podle modelů stavby velmi aktuální;
- ➔ vychází se z 3D scanovaných dat, tvorby 3D modelu a jeho přenesení při dalším navádění strojů při výstavbě;
- ➔ uvedené poznatky uplatňují poznatky z aplikace popsaného přístupu u více než 10 různých úseků pozemních komunikací;
- ➔ prezentován je postup proveditelný např. programem a laserovou technologií Exact Street.

## AUTOMATIZACE VÝPOČTU 3D MODELU STAVBY PRO REALIZACI ZAKÁZEK OPRAV SILNIC

### Jak postupovat

- ➔ podstatný je důraz na absolutní výškovou přesnost k bodovému poli stavby;
- ➔ bodové pole je výškový základ stavby, přičemž v každém úseku bylo vždy vybudováno bodové pole stabilizované nastřelovacími hřeby nebo mezníky a zaměřením přes GNSS;
- ➔ výškově přesné bodové pole je nezbytné pro kvalitní kontrolní i navigační práce na stavbě rekonstruované s 3D přístupem;
- ➔ 3D měření povrchu laserovou technologií metodou stop & go.



*Polohová přesnost mračen bodů odpovídá GNSS měření, tedy 2 cm v poloze a výška modelu byla vyrovnána na identické body se směrodatnou výškovou odchylkou do 3 mm.*

## AUTOMATIZACE VÝPOČTU 3D MODELU STAVBY PRO REALIZACI ZAKÁZEK OPRAV SILNIC

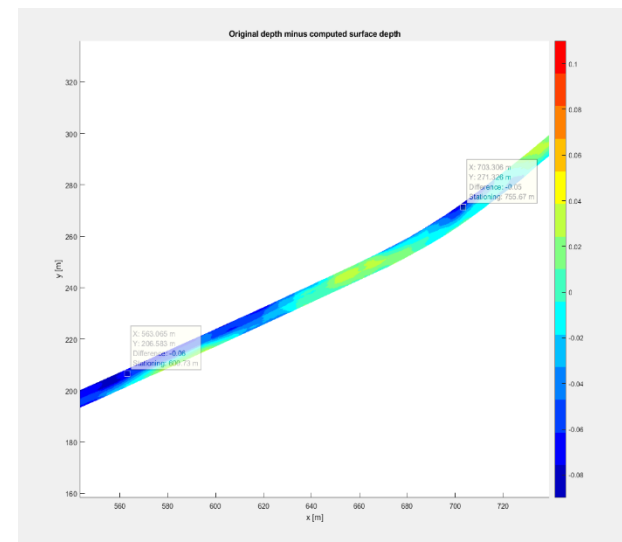
### Jak postupovat

- ➔ následuje práce s 3D daty – digitální model reality a jejich certifikace;
- ➔ DMT se vytvoří jako TIN (nepravidelná trojúhelníková síť) s důrazem na vysokou hustotu bodů a jejich výškovou přesnost k bodovému poli stavby
- ➔ Digitální data se analyzují z ohledem na rovinatost, IRI, odtokové poměry, sklony, plochy, výšky, napojení na povrchové znaky, návaznost na okolí – obrubníky, apod.
- ➔ spočítá se IRI na podélném podrobném profilu stávajícího stavu komunikace ve dvou podélných směrech v každém jízdním pruhu;
- ➔ Následovat může automatizace vytvoření 3D modelu stavby a tvorba projektové dokumentace pro uplatnění 3D dálkového řízení stavebních strojů
- ➔ proveden je výpočet, vč. variability řešení návrhů opravy dle zvolených poměrů návrhových parametrů (*změnami vstupních požadovaných návrhových parametrů na model stavby, můžeme v programu vytvořit libovolné množství výstupních modelů. Lze vytvořit model stavby s důrazem na maximalizaci rovinatosti nebo maximalizaci úspory materiálu na požadované procento*).

## AUTOMATIZACE VÝPOČTU 3D MODELU STAVBY PRO REALIZACI ZAKÁZEK OPRAV SILNIC

### Výstupy programu

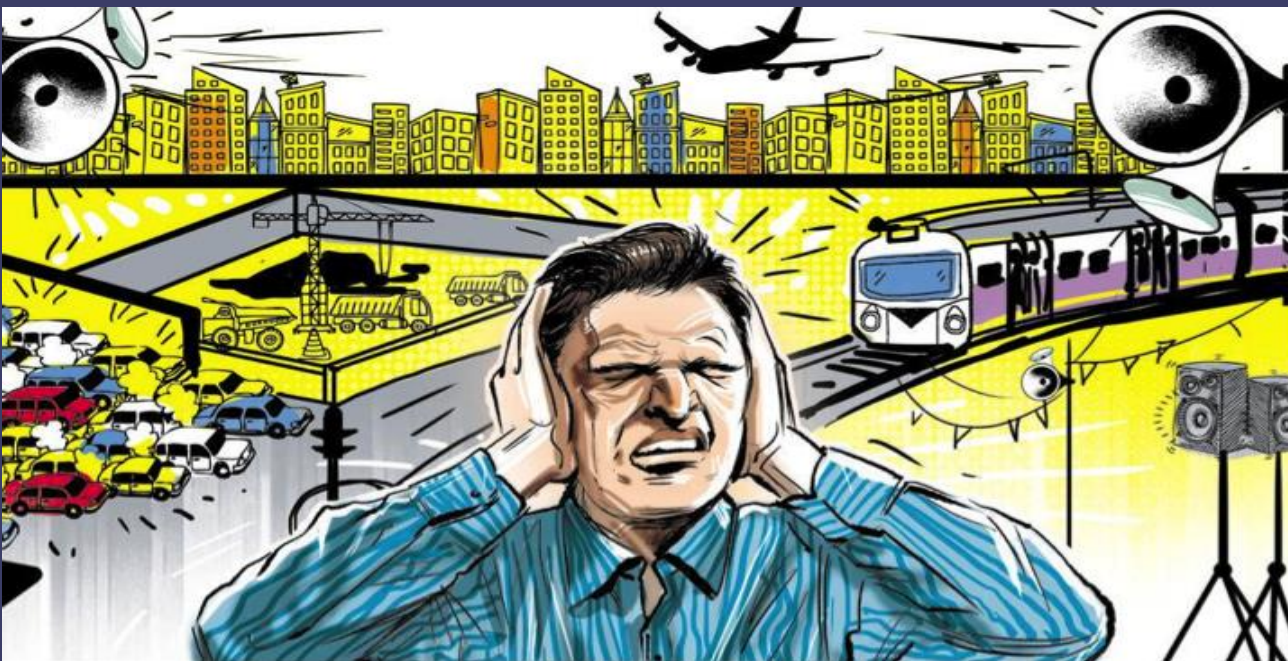
- ➔ graf podélných a příčných sklonů
- ➔ graf rozdílových 2D modelů
- ➔ grafy příčných řezů
- ➔ statistiky a výpočty (úspory, histogramy frézování apod.





# AV '19 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019

## Problematika hluku

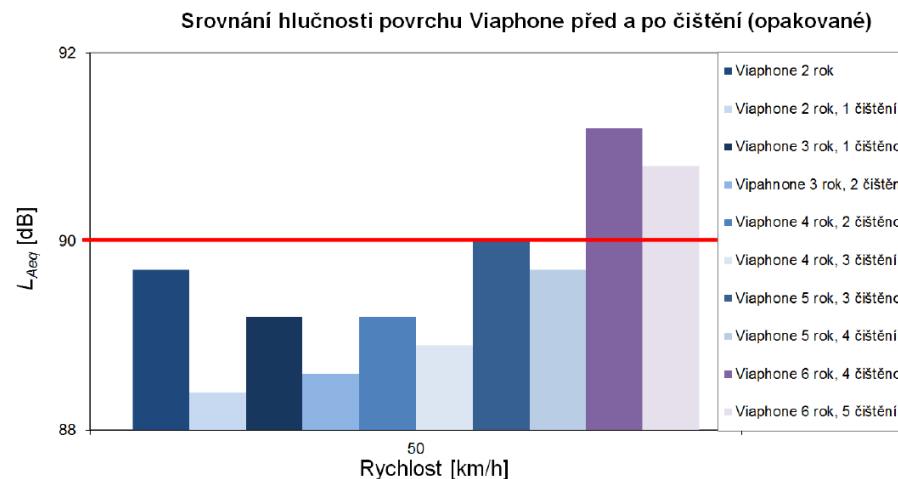


## HLUK VYŘEŠEN?

Podle počtu příspěvků (1) by se zdálo, že ano, ALE....

### Aktuální stav

- ➔ protihlukové clony intenzivně rostou na mnoha místech ČR
- ➔ zavedli jsme TP 259, které od roku 2020 převedeme do přílohy G v ČSN 73 6120
- ➔ měření různých povrchů se kontinuálně provádí, sbírají se především dlouhodobá data
- ➔ Snahou je hodnotit a predikovat akustickou životnost stávajících technologií a účinnost údržby



## OBRUSNÉ VRSTVY SE SNÍŽENOU HLUČNOSTÍ NA MOSTECH

- ➔ problematika řešena v TP 259 sporadicky (omezené zkušenosti, problematika odvodnění jako klíčový argument;)
- ➔ neexistuje jednotný názor, zda NH úpravy na mostech mají nebo nemají smysl (u některých projektantů je obava jejich použití);
- ➔ příklad dobré praxe: v roce 2019 dokončena rekonstrukce most v Lysé nad Labem, kde byla použita obrusná asfaltová vrstva pro snížení hluku pro okolní obytné domy.

### Protihluková opatření na mostech:

- A. protihluková stěna na okraji mostu s výškou podle konfigurace okolní zástavby
- B. protihlukový tubus, pokud je staticky výhodnější než vysoká protihluková stěna
- C. použití asfaltové směsi se sníženou hlučností pro obrusnou vrstvu na mostě
- D. akustické úpravy na pozemních objektech ohrožených hlukem z pozemní komunikace

## OBRUSNÉ VRSTVY SE SNÍŽENOU HLUČNOSTÍ NA MOSTECH

### Argumenty pro použití NH úprav:

- ➔ představa, že vše vyřeší protihlukové clony je jistě lichá
- ➔ na pozemní komunikaci, kde jsou mosty, dojde právě na mostě k většímu zdroji hluku (příklad dálnice D0 u Černého mostu);
- ➔ mosty jsou velmi často vyvýšené, a tudíž hluk z nich se šíří do většího prostoru. Je vhodné právě na tyto mosty používat NH asfaltové směsi;
- ➔ používají se mostní závěry se sníženou hlučností, a tím se zčásti eliminuje hluk z mostního závěru jako většinou největší zdroj hluku na mostě.

### Problematika odvodnění:

- ➔ dle autora lze obrus spolehlivěji odvodnit a tím zaručit jeho vyšší životnost
- ➔ na mostech běžně používáme odvodnění hutněných asfaltových vrstev především pomocí drenážních polymerních betonů, případně speciálních profilů.
- ➔ systém odvodnění může zůstat stejný i pro NH směsi s vyšší mezerovitostí, navrhne se jen s větší kapacitou.

## OBRUSNÉ VRSTVY SE SNÍŽENOU HLUČNOSTÍ NA MOSTECH

### Příklad uplatnění NH vrstvy na mostě v Lysé n.L.:

- ➔ realizace v letních měsících s následným CPX měřením;
- ➔ po spuštění provozu (09/2019) hlukové měření hygienické;
- Asfaltový koberec mastixový SMA 8 NH, PmB 40/100-65 40 mm
  - Postřík spojovací asfaltový PS-CP 0,35 kg/m<sup>2</sup>
  - Asfaltový beton pro ložní vrstvy ACL 16S. PmB 25/55-60 60 mm
  - Postřík spojovací asfaltový PS-CP 0,35 kg/m<sup>2</sup> (podle stavu MA možno vynechat)
  - Litý asfalt MA 11IV. PmB 10/45-65 40 mm

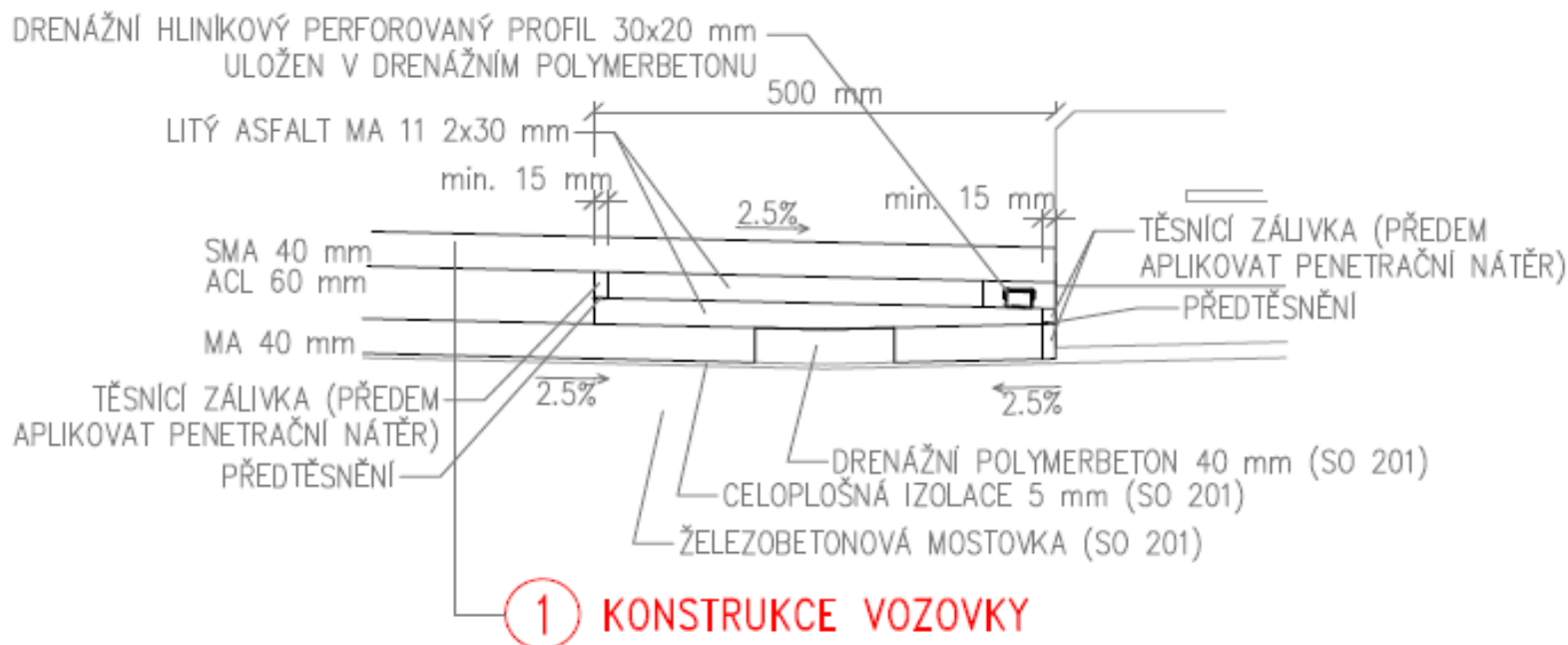
### Odvodnění vozovky:

- ➔ v úrovni MA pomocí drenážního polymerního betonu (standardní řešení);
- ➔ v úrovni ACL pro odvodnění NH vrstvy proveden MA v tloušťce 30 mm a vrstva drenážního polymerního betonu v tloušťce 30 mm s hliníkovým profilem 20/30 mm;
- ➔ oproti PDPS vypuštěn odvodňovací proužek šířky 500 mm a hloubky 30 mm (kvůli cyklopruhu).



## OBRUSNÉ VRSTVY SE SNÍŽENOU HLUČNOSTÍ NA MOSTECH

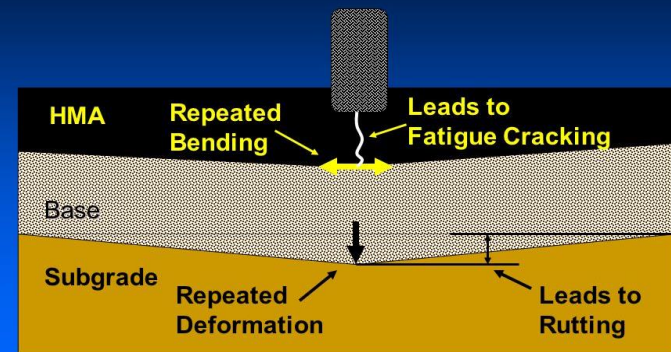
### DETAIL ODVODNĚNÍ NA BETONOVÉ MOSTOVCE M 1:10





## Životnost vozovek a její prodlužování

Long Life Pavement - What is it?



Kvalita provádění a výroby, výkonnostní asfaltové směsi, předcházení problémům a prevence

## PREVENCE VZNIKU PORUCH VOZOVEK VYUŽITÍM MODERNÍ TECHNOLOGIE PŘEPRAVY

### Obecně

- ➔ způsob přepravy a ochrana před segregací materiálu a nerovnoměrným chladnutím směsi ovlivňuje kvalitu hotové úpravy  
*(velká zrna zůstávají na povrchu, malá zrna segregují a zůstávají uvnitř směsi. Důsledkem je vytváření viditelných hnízd velkých zrn, která se objevují po určitých intervalech na položené asfaltové směsi);*
- ➔ omezení rizik stržených vedení VV nebo kolize s dalšími překážkami;
- ➔ snaha, aby v násypce finišeru byla směs kvalitativně rovnoměrná.



## PREVENCE VZNIKU PORUCH VOZOVEK VYUŽITÍM MODERNÍ TECHNOLOGIE PŘEPRAVY

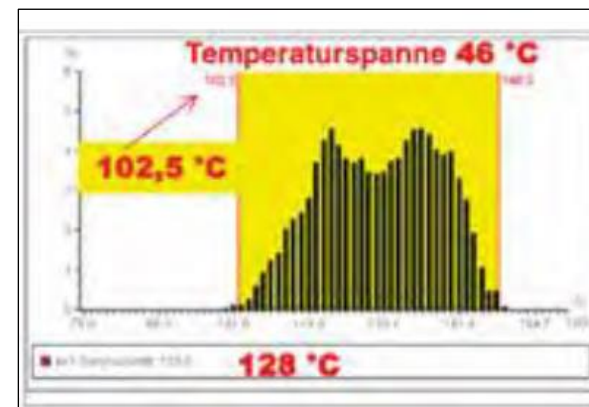
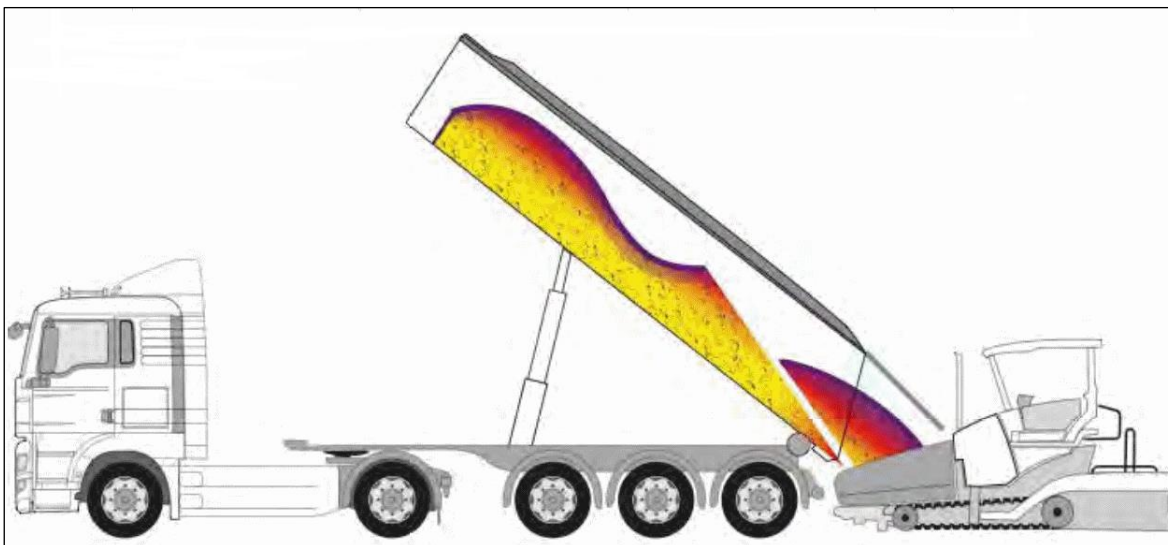
### Požadavky v Německu od 2019

- ➔ materiál stěn a dna tepelně izolované korby musí vykazovat tepelný odpor (hodnota  $R$ )  $> 1,65 \text{ m}^2 \text{ k/W}$  při  $20 \text{ °C}$ ;
- ➔ teplotní odolnost izolačního materiálu musí současně splnit podmínku min.  $200 \text{ °C}$ ;
- ➔ v některých municipalitách preference vytlačování asfaltové směsi již ve zadávacích podmínkách staveb;
- ➔ uvedené je doplněno řadou praktických ověření a výzkumů provedených v Berlíně, Vídni či Darmstadtu (*viz vlastní článek*).

## PREVENCE VZNIKU PORUCH VOZOVEK VYUŽITÍM MODERNÍ TECHNOLOGIE PŘEPRAVY

### Běžný stav

- ➔ při standardním vyklápění asfaltové směsi dochází nejprve ke sklouznutí většího množství chladnější asfaltové směsi, teprve následně k naplnění asfaltovou směsí, která má optimální teplotu;
- ➔ u standardních vozidel se částečně vyskytují při každém jeho njetí k finišeru i velké teplotní rozdíly za čelem korby. Asfaltová směs je těsně za čelem většinou „tužší“, a tudíž hůře zhutnitelná. Je zpravidla i hrubší a má vyšší mezerovitost.



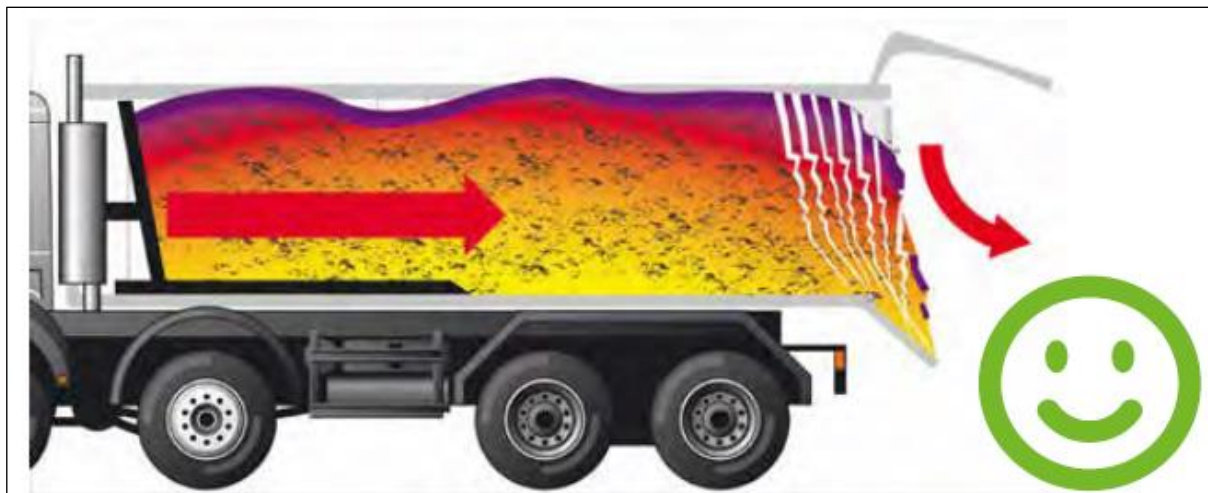


# AV 19 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019

## PREVENCE VZNIKU PORUCH VOZOVEK VYUŽITÍM MODERNÍ TECHNOLOGIE PŘEPRAVY

### Inovativní alternativa

- ➔ systém horizontálního hydraulického vytlačování;
- ➔ mechanické a tepelné promíchávání po jednotlivých „řezech“ a současně minimalizují problematiku případných doprovodných překážek;



## KONZERVOVÁNÍ ASFALTOVÝCH DOPRAVNÍCH PLOCH

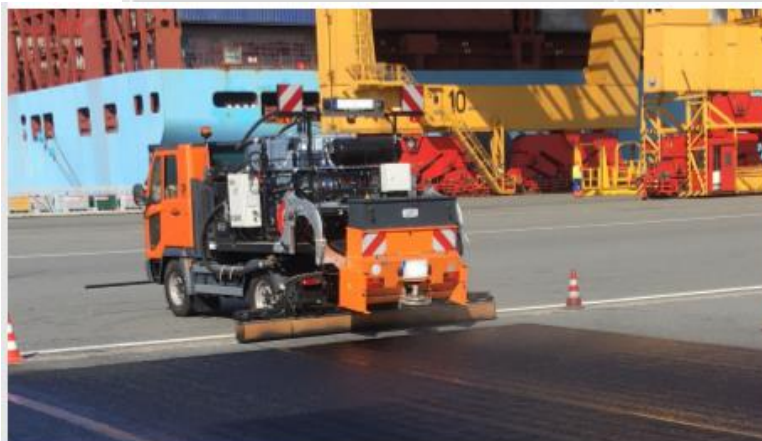
### Shrnutí příspěvku

- ➔ podnětný přístup prevence, který se týká jak konzervace, tak regenerace;
- ➔ zaměřeno na obrusné vrstvy;
- ➔ řešení založené na prostředku „GPM“ (**Gilsonite Preservative Material**) – vysoce čistý a koncentrovaný přírodní asfalt těžený v Utahu s vysokým obsahem malténů;
- ➔ materiál velice odolný proti působení faktorů, které vedou ke zrychlenému stárnutí asfaltového pojiva;
- ➔ GPM proniká do stávající obrusní vrstvy (do hloubky až 10 mm) a obohací malténovou fázi pojiva, současně původní asfaltény a maltény ochrání před chemickými i fyzikálními vlivy, které způsobují stárnutí pojiva => prodloužení životnost;
- ➔ ideální aplikace do 1 roku od realizace s následným opakováním po 6-8 letech (zpomalí se stárnutí) => vhodné, aby dosud nedošlo ke vzniku žádných výraznějších závad nebo poškození asfaltové vrstvy.



# AV 19 KONFERENZ ASFALTÖVÉ VOZOVKY 2019

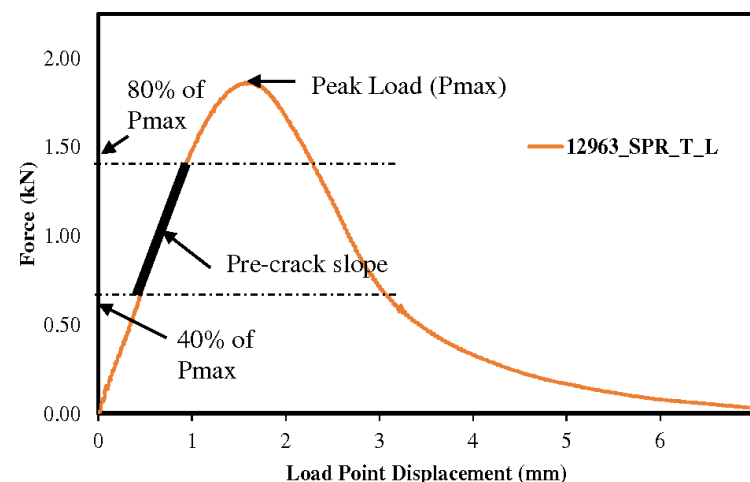
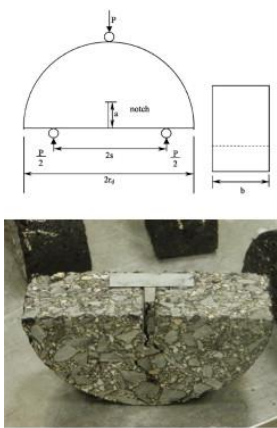
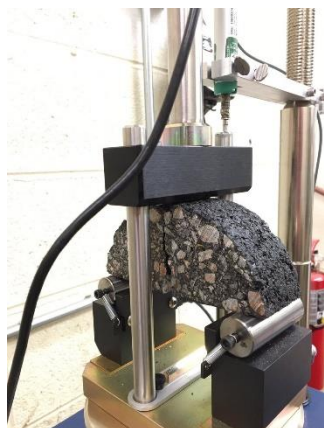
| Auftraggeber                       | Projekt                     | Deckschicht |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Erzgebirgskreis                    | B 283                       | SMA         |
| Grimma                             | Stadtstraßen                | AC DS       |
| Berlin                             | BAB A 100 und A 103         | SMA         |
| LASuV Sachsen                      | BAB A 4 Ludwigsdorf         | SMA         |
| Rostock                            | Industrieflächen            | AC DS       |
| Oelsnitz                           | Gewerbegebietsstraßen       | AC DS       |
| Kreis Dahme-Spreewald              | K 6168 Krausnick            | SMA         |
| Kreis Havelland                    | K 6308 Klein Behnitz        | SMA         |
| Kreis Potsdam-Mittelmark           | K 6905 Wilhelmshorst        | SMA         |
| Berlin                             | Zeltlinger Straße           | PMA         |
| SBA Neustrelitz                    | B 108, B 192, B 198         | SMA         |
| SBA Stralsund                      | B 196 Rügen                 | SMA         |
| LS Str.bau u.Verkehr SH            | A 23 Pinneberg              | PA          |
| RP Stuttgart                       | A 81 AK Weinsberg           | PA          |
| Eurogate Bremerhaven               | Logistikflächen             | AC DS       |
| Landkreis Sächsische Schweiz       | B 172 Bad Schandau-Schmilka | SMA         |
| Grimma                             | Stadtstraßen                | AC DS/SMA   |
| Landes StrB-Behörde Sachsen-Anhalt | B 1, B 81, B 246            | SMA         |
| Landkreis Spree-Neiße              | K 7105, K 7107              | AC DS       |
| Landratsamt Schwäbisch Hall        | K 2665                      | AC DS       |



## VRSTVY OMEZUJÍCÍ ŠÍŘENÍ REFLEXNÍCH TRHLIN S VYSOCE MODIFIKOVANÝM ASFALTEM ORBITON HiMA

### Zaměření příspěvku

- ➔ dle autorů: „*v případech asfaltových vozovek s četnými trhlinami je jedním z nejefektivnějších způsobů opravy položení nové obrusné vrstvy s odolností proti šíření trhlin*“;
- ➔ možnosti využití obrusných vrstev, kde je použito pojivo HiMA; (zajímavé by bylo porovnání tohoto řešení se SAMI či SAL vrstvami)
- ➔ ověřování vlivu na charakteristiky pružnosti a na odolnost proti šíření trhliny;
- ➔ článek prezentuje využití výsledků zkoušky SCB dle ČSN 12697-44



## VRSTVY OMEZUJÍCÍ ŠÍŘENÍ REFLEXNÍCH TRHLIN S VYSOCE MODIFIKOVANÝM ASFALTEM ORBITON HiMA

### K aspektům HiMA

- ➔ modifikovaný asfalt s vysokým obsahem speciálního SBS (namísto 4 % je 7 %), což vede k převrácení fází v kompozitu asfalt – polymer;
- ➔ souvislá polymerová fáze působí v pojivu a asfaltové směsi jako pružné vyztužení => zlepšuje vlastnosti a trvanlivost asfaltové směsi a vrstvy;
- ➔ bod měknutí  $\geq 80$  °C;
- ➔ díky zvýšené pružnosti se u vrstva vyznačuje vysoká odolnost proti rostoucím tahovým přetvořením a tudíž odolností proti šíření trhlin (v článku řešeny primárně „bottom-up“ reflexní trhliny);
- ➔ vhodné řešení pro asfaltové vozovky vystavené velkým napětím a přetvořením, vrstvy vyžadujícím velkou odolnost proti nízkým teplotám, asfaltové podkladní vrstvy s velmi vysokou odolností proti únavě.

## VRSTVY OMEZUJÍCÍ ŠÍŘENÍ REFLEXNÍCH TRHLIN S VYSOCE MODIFIKOVANÝM ASFALTEM ORBITON HiMA

| Asfaltová pojiva      | Penetrace<br>při 25 °C<br>EN 1426<br>[0,1 mm] | Bod měknutí<br>EN 1427<br>[°C] | Vratná<br>duktilita<br>při 25°C<br>EN 13398<br>[%] | Vratná<br>duktilita<br>při 10°C<br>EN 13398<br>[%] | Kohezní<br>energie<br>při 10°C<br>EN 13589<br>[J/cm <sup>2</sup> ] |
|-----------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Silniční asfalt 50/70 | 60                                            | 48,5                           | --                                                 | --                                                 | --                                                                 |
| PMB 45/80-55          | 62                                            | 55,8                           | 78                                                 | 73                                                 | 3,3                                                                |
| PMB 45/80-80 HiMA     | 63                                            | 94,5                           | 94                                                 | 74                                                 | 5,5                                                                |
| PMB 65/105-80 HiMA    | 87                                            | 94,0                           | 98                                                 | 80                                                 | 4,9                                                                |

| Asfaltová pojiva      | Přetvoření $\epsilon_{\max}$ při<br>maximální síle F [%] | Napětí při porušení<br>$\sigma_{\max}$ [MPa] | Odolnost vůči lomu,<br>$K_{IC}$ [N/mm <sup>1,5</sup> ] |
|-----------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Silniční asfalt 50/70 | 0,8                                                      | 4,4                                          | 23,7                                                   |
| PMB 45/80-55          | 1,0                                                      | 5,2                                          | 27,3                                                   |
| PMB 45/80-80 HiMA     | 1,9                                                      | 5,8                                          | 31,9                                                   |
| PMB 65/105-80 HiMA    | 1,9                                                      | 4,5                                          | 23,6                                                   |

(pro AC 16)



## VRSTVY OMEZUJÍCÍ ŠÍŘENÍ REFLEXNÍCH TRHLIN S VYSOCE MODIFIKOVANÝM ASFALTEM ORBITON HiMA

### Příklady dobré praxe

- ➔ využití u tří sledovaných zkušebních úseků;
- ➔ vždy jako obrusná vrstva (SMA 5 DSH, AC 8 a AC 11);
- ➔ využito vždy pro opravu asfaltového krytu;
- ➔ zkušenosti 4-5 let (bez poruch);
- ➔ **nejsou však známy okrajové podmínky – doprava, klima atp.**



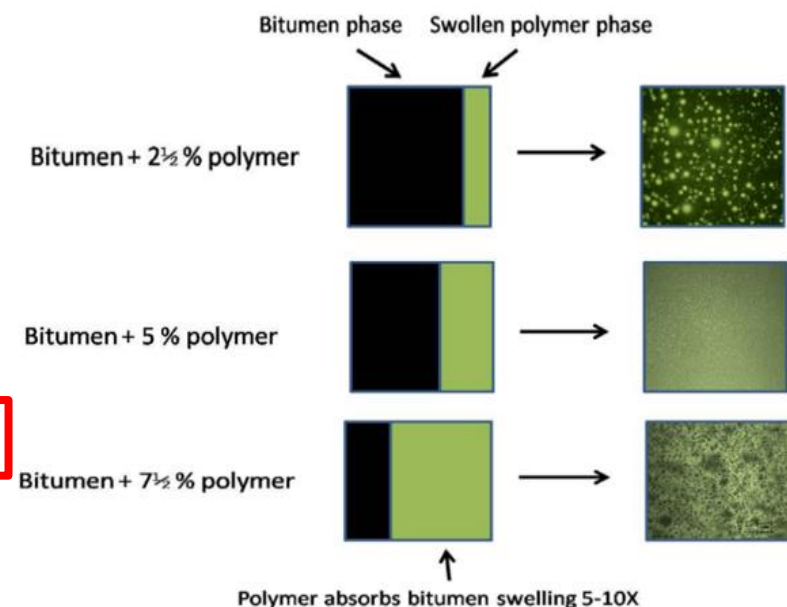


## HODNOCENÍ POJIVA A ASFALTOVÉ SMĚSI S HiMA

### Shrnutí článku

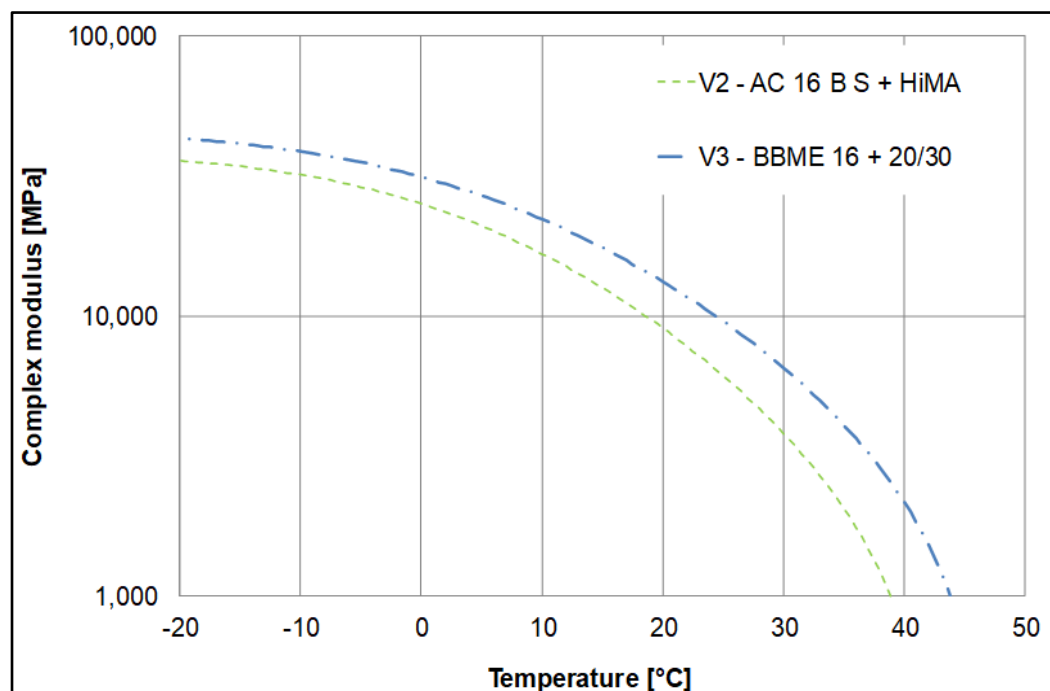
- ➔ zaměřeno na výkonnost asfaltového pojiva typu HiMA, včetně jeho potenciálu z hlediska zlepšených funkčních charakteristik;
- ➔ vliv na snížené stárnutí a vylepšené charakteristiky pružnosti stanovené reometrickými testy;
- ➔ použito modifikované pojivo se 7,5 % polymeru;
- ➔ porovnání provedeno u směsi pro ložní vrstvu, kde se jako varianta použil tvrdý asfalt 20/30;
- ➔ zvolenou směs tvoří AC 16 s 25 % R-mat.

|                 | Hard binder 20/30 |                 | HiMA binder       |                 |
|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|                 | Penetration value | Softening Point | Penetration value | Softening Point |
| Original binder | 29 0.1mm          | 60.5 °C         | 56 0.1mm          | 90.1 °C         |
| RTFOT           | 20 0.1mm          | 68.7 °C         | 41 0.1mm          | 88.8 °C         |
| Change *        | 69 %              | + 8 °C          | 73 %              | - 1 °C          |
| RTFOT+PAV       | 13 0.1mm          | 78.4 °C         | 26 0.1mm          | 89.9 °C         |
| Change *        | 45 %              | + 18 °C         | 46 %              | 0 °C            |

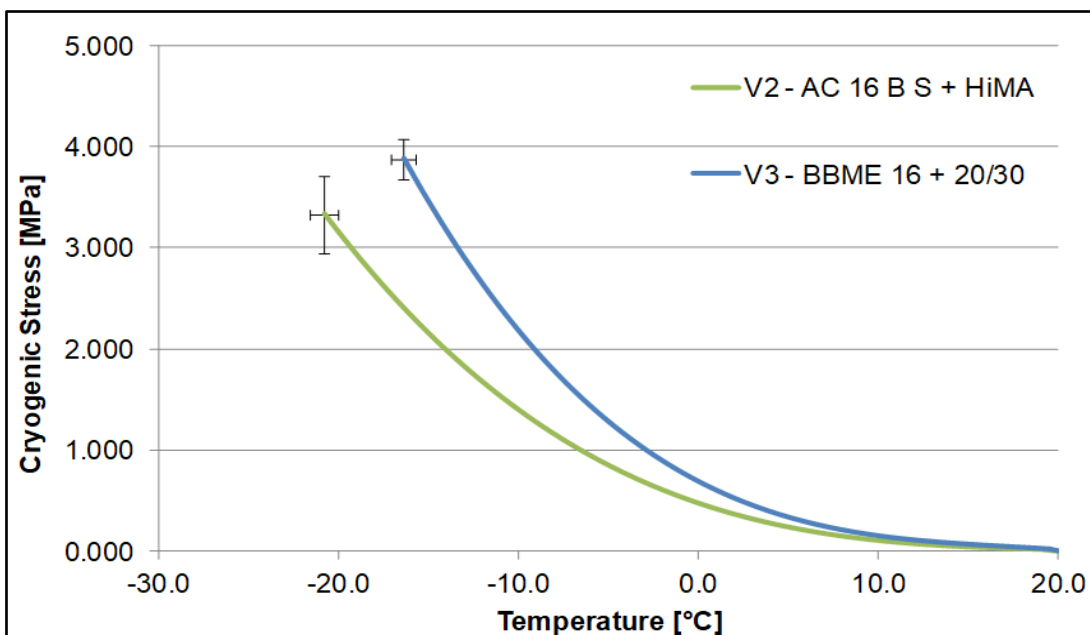


## HODNOCENÍ POJIVA A ASFALTOVÉ SMĚSI S HiMA

### Tuhost



### Chování v oboru nízkých teplot

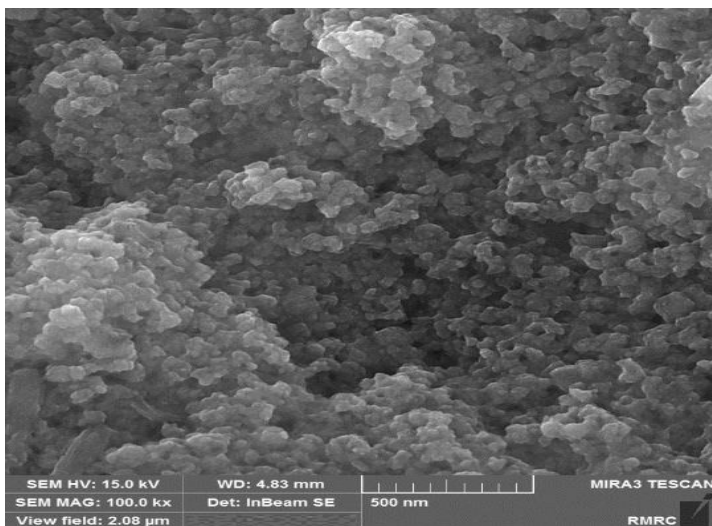


## VYUŽITÍ NANO-FILERŮ PRO SNÍŽENÍ VODNÍ CITLIVOSTI ASFALTOVÝCH SMĚSÍ

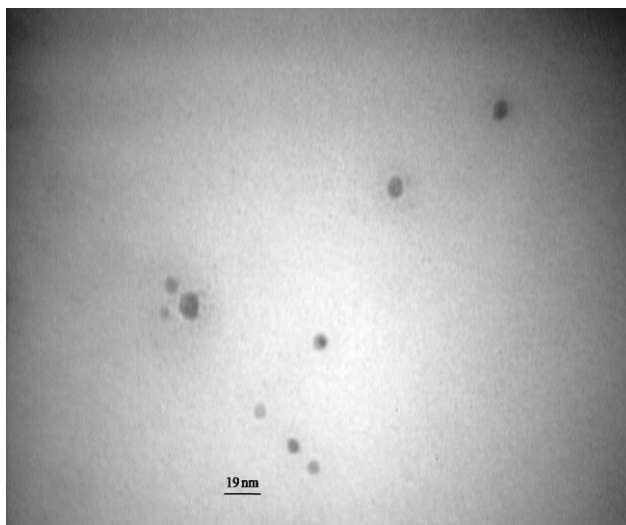
### Shrnutí článku

- ➔ ve světě roste zájem o využívání různých typů nano-filerů v silničním stavitelství;
- ➔ primárně se dnes aplikují nanojíly nebo nano- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pro zlepšování reologických vlastností asfaltových pojiv;
- ➔ potenciál však představují i materiály typu nano- $\text{CaCO}_3$ , nano-bentonit či mikrosilika v oblasti zlepšení přilnavosti a snížení vodní citlivosti;
- ➔ článek přináší porovnání mezi těmito vybranými nano-filery a tradičními filery jako je vápenec nebo vápenný hydrát;
- ➔ přísady aplikovány do asfaltového pojiva, kde se posuzoval vliv a optimální velikost částic (pomocí analýza skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM) a dynamickým rozptylem světla (DLS));
- ➔ homogenní rozptýlení v asfaltovém pojivu sledováno pomocí techniky emisní rastrovací skenové elektronové mikroskopie;
- ➔ u asfaltové směsi následně sledován především parametr ITSr.

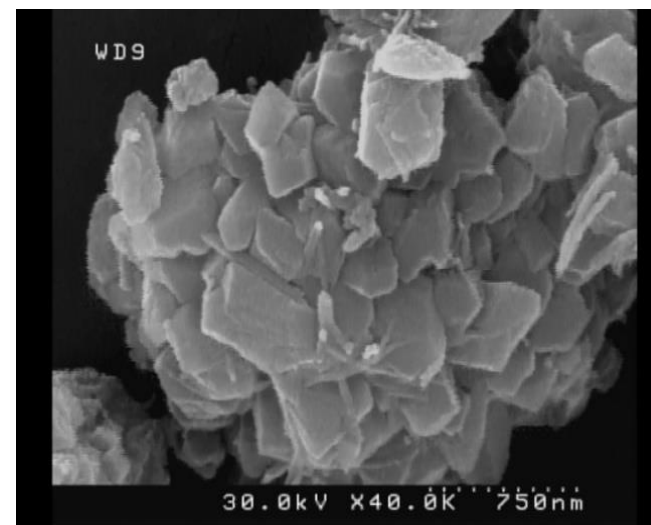
## VYUŽITÍ NANO-FILERŮ PRO SNÍŽENÍ VODNÍ CITLIVOSTI ASFALTOVÝCH SMĚSÍ



Nano- $\text{CaCO}_3$  pod rastrovacím mikroskopem ve zvětšení 100 000



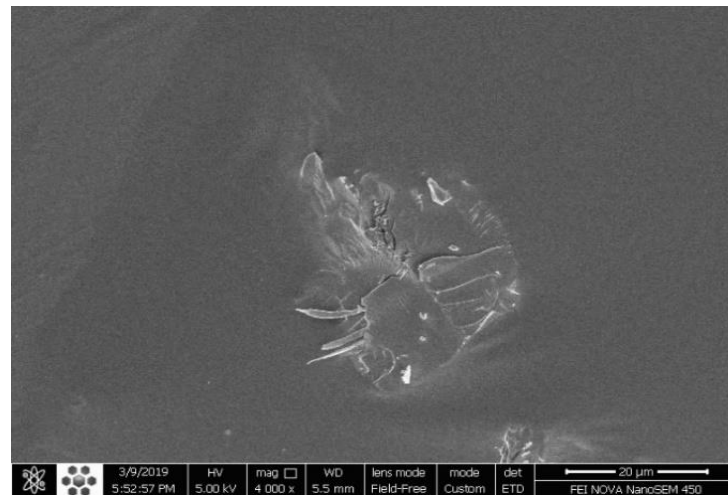
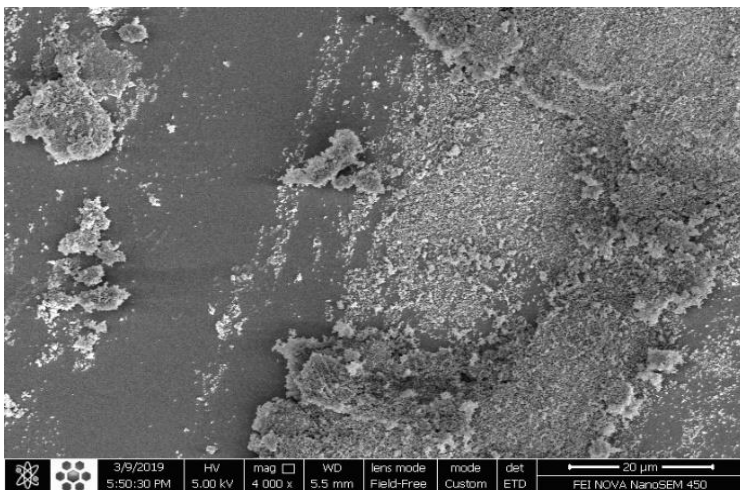
Vyobrazení mikrosiliky pomocí mikroskopu YRm



Nano-bentonit pod rastrovacím mikroskopem ve zvětšení 40 000

## VYUŽITÍ NANO-FILERŮ PRO SNÍŽENÍ VODNÍ CITLIVOSTI ASFALTOVÝCH SMĚSÍ

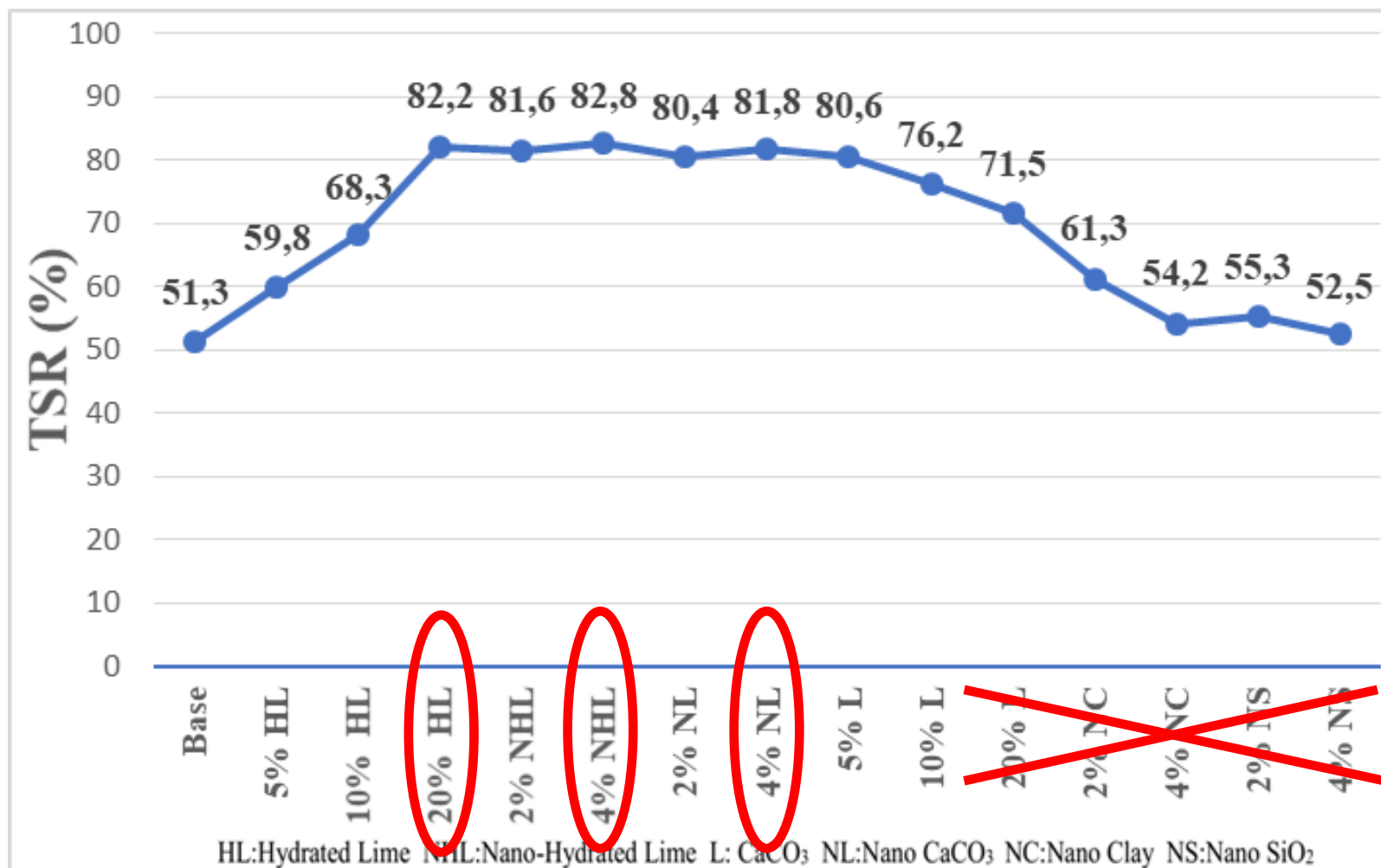
| Přísada                | Obalování  |                |              |
|------------------------|------------|----------------|--------------|
|                        | Doba (min) | Rychlost (rpm) | Teplota (°C) |
| CaCO <sub>3</sub>      | 25         | 3600           | 165          |
| Nano-CaCO <sub>3</sub> | 35         | 5200           | 160          |
| Vápenný hydrát         | 25         | 3600           | 165          |
| Nano-vápenný hydrát    | 35         | 5200           | 160          |
| Mikrosilika            | 50         | 2600           | 160          |
| Nano-jíl (bentonit)    | 45         | 4000           | 160          |



Nano-bentonit v asfaltovém pojivu - FE-SEM mikroskop po 5 min a po 45 min



## VYUŽITÍ NANO-FILERŮ PRO SNÍŽENÍ VODNÍ CITLIVOSTI ASFALTOVÝCH SMĚSÍ



# AV 19 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019

## Studené a nízkoteplotní směsi



V zajištění CO<sub>2</sub> nebo efektivní cesta pro úsporu nákladů?

## EMULZNÍ MIKROKOBERENCE – ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY A HOSPODÁRNOST

### Obecné aspekty

- ➔ tenkovrstvé technologie s příznivými cenami mohou prodloužit životnost vozovek o 5 až 10 let;
- ➔ současně umožňují souvislou opravu provést v čase vícenásobně;
- ➔ tenké obrusné vrstvy na bázi polymerem modifikovaných emulzí s obsahem asfaltu >60 % představují technologii, která byla vyvinuta již před 50 lety => mikrokoberce i v ČR jsou zavedenou technologií;
- ➔ provedení v jedné či dvou vrstvách;
- ➔ tenkovrstvé technologie snižují nároky na spotřebu zdrojů vysoce kvalitních materiálů, v řadě případů eliminují potřebu frézování a díky provádění za studena docilují výrazně nižší bilanci CO<sub>2</sub>;
- ➔ z hlediska uživatelů pozemních komunikací zkracují čas nedostupnosti PK;
- ➔ na straně druhé jsou citlivé na dodržení kvality (materiál, strojní vybavení, zaškolený personál).



## EMULZNÍ MIKROKOVERCE – ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY A HOSPODÁRNOST

### Na kvalitě záleží

- ➔ s ohledem k degradaci pojiva v tenké vrstvě upřednostnit modifikovaný asfalt před standardním pojivem s případně silnějším filmem;
- ➔ volba kameniva s odpovídající ohladitelností a nízkou otlukovostí;
- ➔ vždy pečlivě sledovat vzájemnou kompatibilitu kameniva a zvolené emulze.



## VIACORE – ASFALTOVÁ SMĚS S ULTRANÍZKOU APLIKAČNÍ TEPLOTOU

### Obecné aspekty

- ➔ v zásadě se jedná o teplou asfaltovou směs s teplotou výroby a zpracování s teplotami do 100 °C (preferováno 60 °C);
- ➔ první asfaltovou směs v Evropě, která může být hutněna i za nízkých teplot díky velmi dobré zpracovatelnosti v teplotním rozsahu 0 až 50 °C;
- ➔ koncept využitelný pro všechny typy asfaltových směsí řady EN 13108;
- ➔ založeno na speciálním **pojivovém systému VIACORE** (silniční asfalt + přísady na bázi obnovitelných zdrojů).

### Přednosti

- ➔ energetická náročnost výroby VIACORE je cca o 50 % nižší než výroba konvenčních asfaltových směsí;
- ➔ významné snížení emisí výparů a aerosolů, splnění i velmi přísných MAK hodnot;



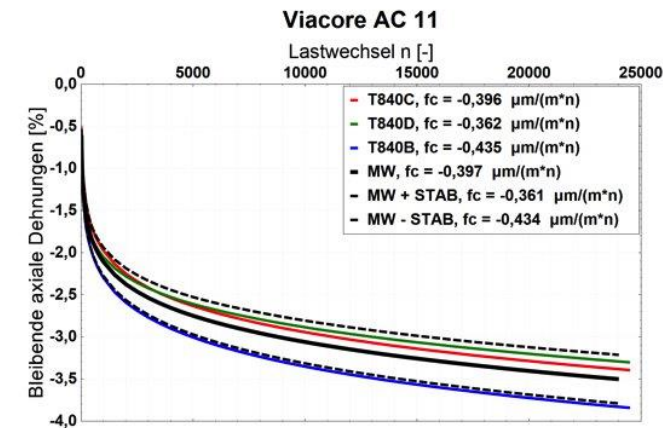
## VIACORE – ASFALTOVÁ SMĚS S ULTRANÍZKOU APLIKAČNÍ TEPLOTOU

### Experimentální posouzení

- ➔ v příspěvku prezentovány výsledky provedených experimentálních měření pro směsi AC 8 a AC 11
- ➔ velmi dobré chování v oboru nízkých teplot
- ➔ v případě trvalých deformací AC 11 dosahuje třídy třídě  $PRD_{air}$  max. 0,5 mm a  $WTS_{air}$  na úrovni 4,1 %.

### Schichtdicken je Lage:

| viacore | Min. in cm | Max. in cm |
|---------|------------|------------|
| AC 5    | 1,5        | 3,5        |
| AC 8    | 2,5        | 4,0        |
| AC 11   | 3,5        | 5,0        |



## VYUŽITÍ TECHNOLOGIE PĚNOASFALTU V ASFALTOVÝCH SMĚSÍCH

### Obecné aspekty

- ➔ probíhající výzkum VUT v Brně a COLAS;
- ➔ další rozvoj v ČR již testované technologie (zkušební úseky v Plzeňském kraji);
- ➔ v zahraniční řada dobrých zkušeností;
- ➔ dosud opomíjená varianta nízkoteplotních asfaltových směsí (*specificky nebyla v TP238 upravena, bude upravena v ČSN 73 6120*);
- ➔ na trh se uvádí pomocí STO;
- ➔ možnost snižování pracovní teploty při výrobě až o 30 °C => energetické úspory;
- ➔ v případě nevyčerpání celého potenciálu snížení teploty technologie při výrobě je možné při nevhodných klimatických podmínkách (např. v podzimním období) zvýšit míru zhutnění asfaltových směsí.

## VYUŽITÍ TECHNOLOGIE PĚNOASFALTU V ASFALTOVÝCH SMĚSÍCH

### Prezentovaný výzkum

- výroba ACO 11+ se zpěněným asfaltem při teplotě 150 °C a 130 °C;
- provedení souboru zkoušek u asfaltové směsi (modul tuhosti, trvalé deformace, chování v oboru nízkých teplot – TSRST);
- zpětná destilace pojiva a ověření vybraných vlastností (penetrace, bod měknutí, komplexní modul).

| Druh asfaltové směsi              | Výrobní teplota | Průměrné tahové napětí při porušení | Průměrná teplota vzniku trhliny |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| ACO 11+ se zpěněným pojivem 50/70 | 150 °C          | 3,36 MPa                            | -16,5 °C                        |
| ACO 11+ se zpěněným pojivem 50/70 | 130 °C          | 3,26 MPa                            | -18,6 °C                        |

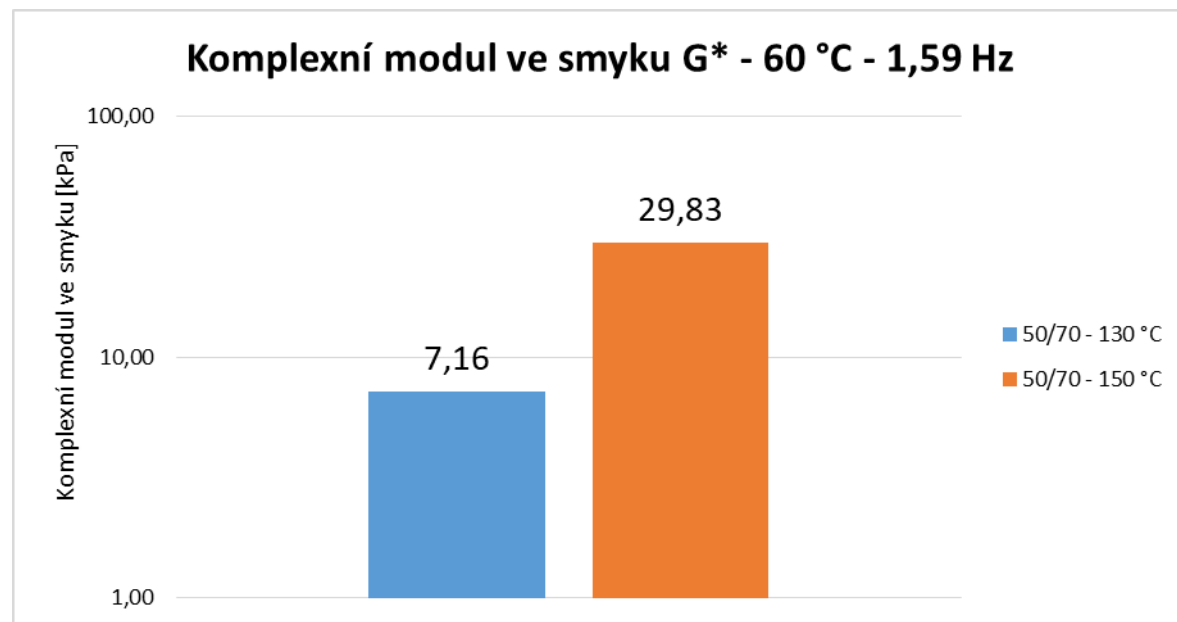
| Druh asfaltové směsi              | Výrobní teplota | Míra zhutnění (%) | PRD <sub>AIR</sub> (%) | WTS <sub>AIR</sub> (mm/10 <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|------------------------------------------|
| ACO 11+ se zpěněným pojivem 50/70 | 150 °C          | 99,7              | 2,62                   | 0,046                                    |
| ACO 11+ se zpěněným pojivem 50/70 | 130 °C          | 99,7              | 3,17                   | 0,063                                    |

## VYUŽITÍ TECHNOLOGIE PĚNOASFALTU V ASFALTOVÝCH SMĚSÍCH

### Prezentovaný výzkum

- ➔ snížení pracovní teploty zlepšuje u asfaltové směsi chování v oboru nízkých teplot;
- ➔ nižší teplota zpracování vede k menší degradaci => nižší tuhost a vyšší hodnoty zkoušky odolnosti proti trvalé deformaci;
- ➔ vliv nižší teploty na zpracování potvrzen i zkouškami asfaltových pojiv.

| Druh asfaltové směsi              | Výrobní teplota | Penetrace (0,1 mm) | Bod měknutí (°C) |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| ACO 11+ se zpěněným pojivem 50/70 | 150 °C          | 20                 | 65,4             |
|                                   | 130 °C          | 26                 | 56,8             |



## NÍZKOTEPLTNÍ PŘÍSADA AMIDOVÉHO VOSKU DO ASFALTOVÝCH SMĚSÍ – DÁLNIČNÍ VOZOVKA

### Obecné aspekty

- ➔ experimentální posouzení asfaltových směsí s uplatněním 3 %-hm. amidového vosku v asfaltových směsích odebraných na obalovně;
- ➔ přísada dávkována přímo na obalovně nástřikem při výrobě směsi a prodloužením doby míchání o 20 s;
- ➔ směsi uplatnění při opravě Pražského vnějšího okruhu (D0);
- ➔ posuzované směsi: VMT 22 NT s 10 % R-materiálu a 20/30, ACL 22S NT s PMB 25/55-65 a SMA 11S NT s PMB 45/80-65;
- ➔ zkušební tělesa vyráběna při teplotách hutnění od 130 °C do 160 °C;
- ➔ pro zkoušku typu provedeny doplňující zkoušky požadované podle přílohy A v TP 238  
=> **teplota výroby asfaltové směsi 145-150°C a teplota rozprostírání 135-145°C**
- ➔ nízkoteplotní asfaltová směs má časově kratší ochlazovací křivky položené vrstvy a strmější nárůst objemové hmotnosti v blocích hlavního hutnění (do minimální teploty vrstvy 90 °C) a podle teploty ovzduší částečně i ve druhé fázi hutněního procesu .



## NÍZKOTEPLOTNÍ PŘÍSADA AMIDOVÉHO VOSKU DO ASFALTOVÝCH SMĚSÍ – DÁLNIČNÍ VOZOVKA

### Posouzení mezerovitosti

- ➔ lze hutnit při výrazně nižších teplotách, než jsou nutné pro standardní asfaltové směsi bez vhodných přísad

| Asfaltová směs | Teplota hutnění (°C) | Mezerovitost V <sub>m</sub> (% obj.) | Limitní hodnoty pro návrh směsi (% obj.) | Limitní hodnoty pro kontrolní zkoušky (% obj.) | Limitní hodnoty vrstvy (%obj.) |
|----------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|
| VMT 22 NT      | 160                  | 3,86                                 | 3,0-4,5                                  | 2,5-6,0                                        | 2,0-8,0                        |
|                | 150                  | 3,32                                 |                                          |                                                |                                |
|                | 140                  | 4,04                                 |                                          |                                                |                                |
|                | 130                  | 7,54                                 |                                          |                                                |                                |
| ACL 22S NT     | 160                  | 3,54                                 | 4,0-6,0                                  | 3,0-8,0                                        | 2,5 – 8,0                      |
|                | 150                  | 3,88                                 |                                          |                                                |                                |
|                | 140                  | 4,62                                 |                                          |                                                |                                |
|                | 130                  | 5,26                                 |                                          |                                                |                                |
| SMA 11S NT     | 160                  | 3,70                                 | 3,0-4,5                                  | 2,0-6,0                                        | 2,0 – 7,0                      |
|                | 150                  | 3,96                                 |                                          |                                                |                                |
|                | 140                  | 5,19                                 |                                          |                                                |                                |
|                | 130                  | 5,94                                 |                                          |                                                |                                |

## NÍZKOTEPLOTNÍ PŘÍSADA AMIDOVÉHO VOSKU DO ASFALTOVÝCH SMĚSÍ – DÁLNIČNÍ VOZOVKA

### Deformační a trvanlivostní charakteristiky

- ➔ tuhost stanovena na válcových tělesech metodou IT-CY;
- ➔ provedena též měření na tělesech po simulovaném stárnutí při 85 °C (5 dní).

| Asfaltová směs | Teplota hutnění (°C) | Modul tuhosti (MPa) | Min. hodnota (MPa) | ITSR (-) | Min. hodnota (-)   |
|----------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------|--------------------|
| VMT 22 NT      | 160                  | 14 580              | 9 000              | -        | 0,80 <sup>1)</sup> |
|                | 150                  | 16 022              |                    | -        |                    |
|                | 140                  | <b>16 398</b>       |                    | 0,92     |                    |
|                | 130                  | 14 842              |                    | -        |                    |
| ACL 22S NT     | 160                  | 13 658              | 7 000              | -        | 0,80 <sup>2)</sup> |
|                | 150                  | 13 234              |                    | -        |                    |
|                | 140                  | <b>13 838</b>       |                    | 0,80     |                    |
|                | 130                  | 12 373              |                    | -        |                    |
| SMA 11S NT     | 160                  | 6 024               | 5 500              | -        | není stanovena     |
|                | 150                  | <b>4 463</b>        |                    | 0,88     |                    |
|                | 140                  | 4 970               |                    | -        |                    |
|                | 130                  | 4 581               |                    | -        |                    |

## NÍZKOTEPLOTNÍ PŘÍSADA AMIDOVÉHO VOSKU DO ASFALTOVÝCH SMĚSÍ – DÁLNIČNÍ VOZOVKA

Deformační a trvanlivostní charakteristiky

| Asfaltová směs | Teplota hutnění (°C) | WTS <sub>AIR</sub> (mm/1000) | Max. hodnota (mm/1000) | PRD <sub>AIR</sub> (%) | Max. hodnota (%)  |
|----------------|----------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| VMT 22 NT      | 160                  | -                            | 0,05 <sup>1)</sup>     | -                      | 3,0 <sup>1)</sup> |
|                | 150                  | -                            |                        | -                      |                   |
|                | 140                  | 0,014                        |                        | 2,1                    |                   |
|                | 130                  | -                            |                        | -                      |                   |
| ACL 22S NT     | 160                  | -                            | 0,05 <sup>2)</sup>     | -                      | 3,0 <sup>2)</sup> |
|                | 150                  | -                            |                        | -                      |                   |
|                | 140                  | 0,016                        |                        | 1,8                    |                   |
|                | 130                  | -                            |                        | -                      |                   |
| SMA 11S NT     | 160                  | -                            | 0,07 <sup>4)</sup>     |                        | 5,0 <sup>4)</sup> |
|                | 150                  | 0,014                        |                        | 1,6                    |                   |
|                | 140                  | -                            |                        |                        |                   |
|                | 130                  | -                            |                        |                        |                   |

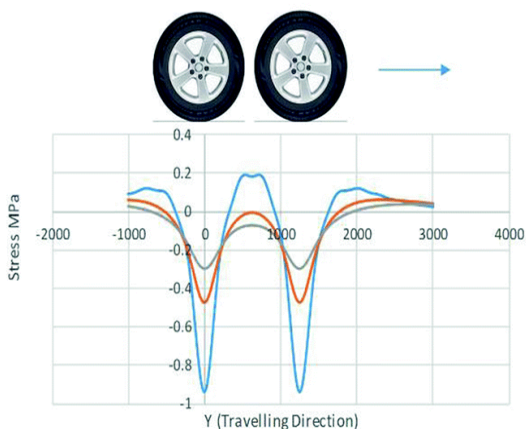
## NÍZKOTEPLOTNÍ PŘÍSADA AMIDOVÉHO VOSKU DO ASFALTOVÝCH SMĚSÍ – DÁLNIČNÍ VOZOVKA

Chování v oboru nízkých teplot

| Asfaltová směs | Teplota hutnění (°C) | Pevnost v tahu za ohybu (MPa) |                | Odolnost vůči lomu (N/mm <sup>3/2</sup> ) | Napětí při porušení (MPa) |
|----------------|----------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------------------|---------------------------|
|                |                      | měřeno                        | TP 151         |                                           |                           |
| VMT 22 NT      | 160                  |                               | 6,0            | -                                         | -                         |
|                | 150                  |                               |                | 35,0                                      | 5,07                      |
|                | 140                  | 6,8 (8,5)                     |                | (35,9)                                    | (5,21)                    |
|                | 130                  |                               |                | -                                         | -                         |
| ACL 22S NT     | 160                  |                               | není stanovena | -                                         | -                         |
|                | 150                  |                               |                | 43,2                                      | 6,26                      |
|                | 140                  | 6,1 (7,6)                     |                | (40,5)                                    | (5,88)                    |
|                | 130                  |                               |                | 32,9                                      | 5,07                      |
| SMA 11S NT     | 160                  |                               | není stanovena | 36,0                                      | 5,25                      |
|                | 150                  | 3,8 (4,2)                     |                | 37,8                                      | 5,51                      |
|                | 140                  |                               |                | -                                         | -                         |
|                | 130                  |                               |                | -                                         | -                         |

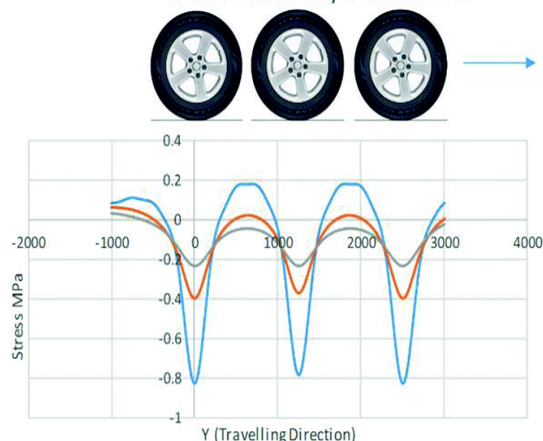
## Výpočtové nástroje pro efektivní konstrukce vozovek

Horizontal stress under TADT loading at the bottom of different FBS layer thicknesses

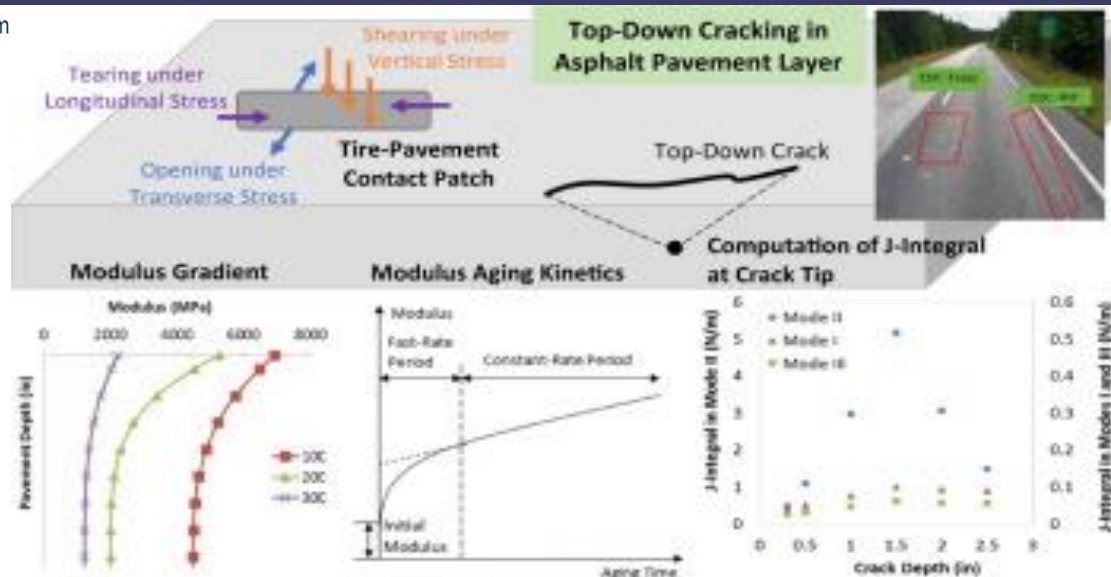


(a) — 100mm — 200mm — 300mm

Horizontal stress under TRDT loading at the bottom of different FBS layer thicknesses



(b) — 100(mm) — 200(mm) — 300(mm)





## VÝPOČTOVÝ PROGRAM PRO HODNOCENÍ PROMĚNNÝCH PARAMETRŮ DLOUHODOBĚ SLEDOVANÝCH ÚSEKŮ

### Zaměření příspěvku

- ➔ článek prezentuje nový program pro hodnocení proměnných parametrů sledovaných úseků;
- ➔ dlouhodobý sběr dat různých vozovek vybraných PK jako podpora dalšího zkvalitňování systému hospodaření s vozovkami;
- ➔ cílem je sledování změn proměnných parametrů v čase a současně ověření existujících degradačních funkcí a to z hlediska další optimalizace hospodaření;
- ➔ program je založený na Microsoft Office VBA;
- ➔ program nabízí otevřený katalogový systém s možností vkládat a hodnotit nové údaje z měření, data zpracovávat a analyzovat;
- ➔ data proměnných parametrů pocházejí ze sběru údajů který vykonává Odbor silniční databanky na Slovensku.

## VÝPOČTOVÝ PROGRAM PRO HODNOCENÍ PROMĚNNÝCH PARAMETRŮ DLOUHODOBĚ SLEDOVANÝCH ÚSEKŮ

DLHODOBO SLEDOVANÝ ÚSEK SLOVENSKEJ SPRÁVY CIEST  
REAL TEST SECTION OF ROAD ADMINISTRATION  
Katalógový list vozovky - Datasheet of road

**Rovensko**

Kódový znak úseku:  
Section code: **01.BA.I51.xxxx**

Názov úseku:  
Section name: 01 I/51 Rovensko

Označenie cesty:  
Road identification: I/51

Správca cesty:  
Road administrator: SSC - IVSC BA

Prevádzkovaný od:  
Operation since: 1000

Dĺžka úseku:  
Section length: 1000

Prevýšenie úseku:  
Section elevation: 1000

Priemerná nadmorská výška:  
Average section altitude: 1000

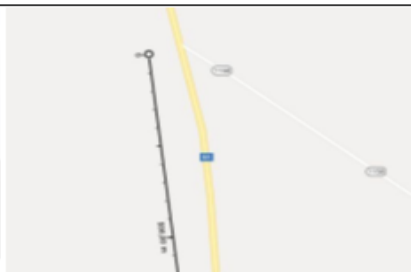
Druh vozovky:  
Road construction type: asfaltová vozovka netuhá

Lokalizácia úseku:  
Location of section:

| úsek - section                           | začiatok - start                                                                                                                                                    | koniec - end          |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| stanovenie - assignment [m]              | 0                                                                                                                                                                   | 1000                  |
| ohraničenie úseku - section limiting     | 0                                                                                                                                                                   | 1000                  |
| lokalizácia podľa ULS - ULS localization | 3513A00800_3513A33100                                                                                                                                               | 3513A00800_3513A33100 |
| lokalizácia podľa GPS - GPS localization |                                                                                                                                                                     |                       |
| nadmorská výška - altitude [mm]          |                                                                                                                                                                     |                       |
| opis úseku - section description         | Dlhodobosledovaný úsek sa nachádza na ceste I/51 medzi obcami Rohov a Senicou. Začína na uzlovom bode na križovatke cesty I/51 a cesty III/500012 do obce Rovensko. |                       |

### Jaké proměnné parametry se sbírají

- ➔ měření pomocí FVD (únosnost)
- ➔ měření protismykových vlastností (skidometr – SDM)
- ➔ měření profilografem – IRI, hloubka vyjeté koleje, průměrná hloubka profilu



## VÝPOČTOVÝ PROGRAM PRO HODNOCENÍ PROMĚNNÝCH PARAMETRŮ DLOUHODOBĚ SLEDOVANÝCH ÚSEKŮ

### Jakou má program architekturu?

#### ➔ rozdělen do devíti bloků:

- katalógový list cesty (VSD)
  - všeobecné identifikačné údaje o sledovanom úseku (VID)
  - identifikačné údaje o konštrukcii sledovaného úseku (IDK)
  - identifikačné údaje meraní sledovaného úseku (IDM)
  - údaje o meraní úderníkom FWD (FWD)
  - údaje o meraní skidometrom (SDM)
  - údaje o meraní profilografom (PGH)
  - meranie
  - štatistika
- ➔ pro všechny sledované proměnné parametry vozovek byla vytvořena degradační funkce, která sleduje vývoj daného parametru v čase. Vybrána byla jako vhodná exponenciální funkce;
- ➔ funkce se následně vyjadřuje v grafu vždy pro konkrétní vyfiltrovanou databázi údajů měření.

# AV 19 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019

## VÝPOČTOVÝ PROGRAM PRO HODNOCENÍ PROMĚNNÝCH PARAMETRŮ DLOUHODOBĚ SLEDOVANÝCH ÚSEKŮ

Jakou má program architekturu?

Rovensko

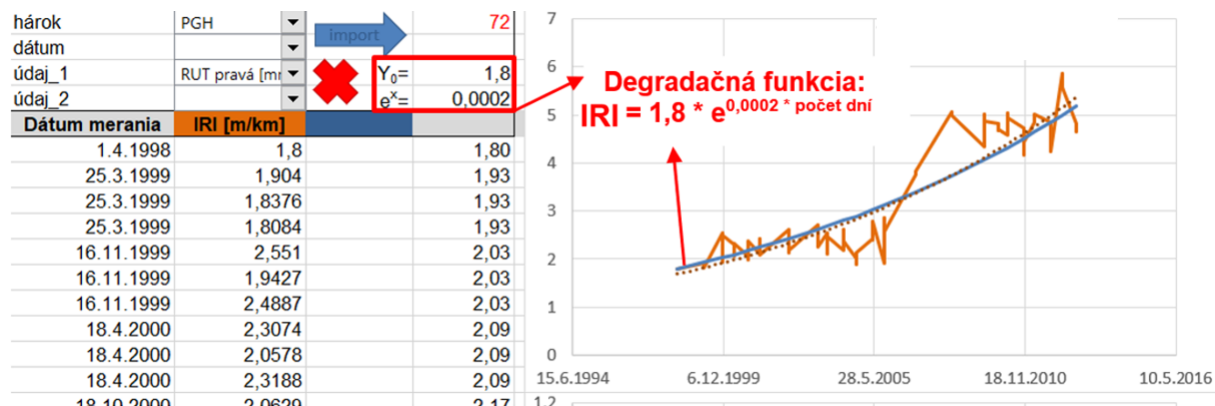
Kódový znak úseku

01.BA.I51.xxxx

Identifikačné údaje meraní sledovaného úseku

|                                                                                       |                                                                                           |                       |              |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------------------|
| typ konštrukcie vozovky                                                               | asfaltová vozovka netuhá                                                                  |                       |              |                               |
| meranie úderníkom (FWD)                                                               | počet                                                                                     | E <sub>ekv,pr,l</sub> | klasifikácia | vyhodnotenie                  |
|                                                                                       | 29                                                                                        | 610,9                 | 3            | dobrá                         |
|                                                                                       | degradačná funkcia $E_{ekv} = E_{ekv,0} \cdot e^{-0.00006 \cdot \text{počet dní}}$        |                       |              |                               |
|                                                                                       | SCI pr                                                                                    | BCI pr                | klasifikácia | vyhodnotenie                  |
|                                                                                       | 0,329                                                                                     | 0,230                 | 3            | nevyhovujúce asfaltové vrstvy |
| degradačná funkcia $SCI\_BCI = SCI\_BCI_0 \cdot e^{-0.00006 \cdot \text{počet dní}}$  |                                                                                           |                       |              |                               |
| meranie skidometrom (SDM)                                                             | počet                                                                                     | M <sub>u,k,pr</sub>   | klasifikácia | vyhodnotenie                  |
|                                                                                       | 92                                                                                        | 0,674                 | 2            | vozovka vyhovuje              |
|                                                                                       | degradačná funkcia $M_{u,k,pr} = E_{u,k,pr,0} \cdot e^{-0.000006 \cdot \text{počet dní}}$ |                       |              |                               |
| meranie profilografom (PGH)                                                           | počet                                                                                     | IRI pr                | klasifikácia | vyhodnotenie                  |
|                                                                                       | 26                                                                                        | 2,601                 | 2            | veľmi dobrá                   |
|                                                                                       | degradačná funkcia $IRI_{pr} = IRI_{pr,0} \cdot e^{-0.00025 \cdot \text{počet dní}}$      |                       |              |                               |
|                                                                                       | počet                                                                                     | RUT pr                | klasifikácia | vyhodnotenie                  |
|                                                                                       | 26                                                                                        | 2,879                 | 1            | výborná                       |
|                                                                                       | degradačná funkcia $RUT_{pr} = RUT_{pr,0} \cdot e^{-0.00025 \cdot \text{počet dní}}$      |                       |              |                               |
| počet                                                                                 | MPD pr                                                                                    | klasifikácia          | vyhodnotenie |                               |
| 8                                                                                     | 0,566                                                                                     | -                     | -            |                               |
| degradačná funkcia $MPD_{pr} = MPD_{pr,0} \cdot e^{-0.000008 \cdot \text{počet dní}}$ |                                                                                           |                       |              |                               |

Příklad IDM



Příklad statistického vyhodnocení měření v čase pro konkrétní staničení a parametr IRI

## METODY STANOVENÍ HLAVNÍCH KŘIVEK KOMPLEXNÍCH MODULŮ ASFALTOVÝCH POJIV A SMĚSÍ

### Zaměření příspěvku

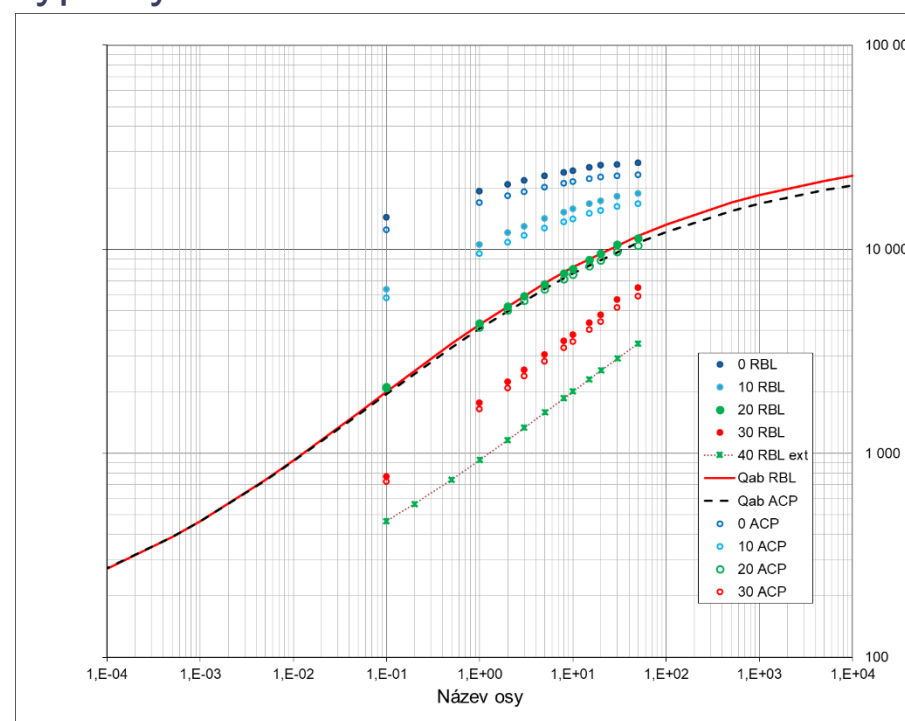
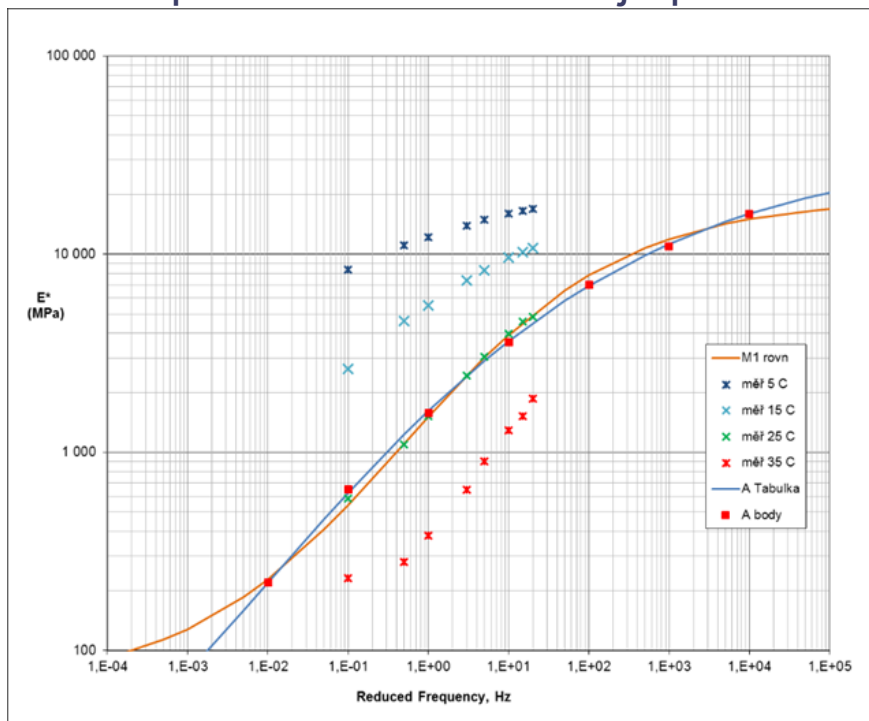
- ➔ hlavní (směrné) křivky nebo také „master curves“ jsou interpretační grafické nástroje využívané pro modulové charakteristiky;
- ➔ předpokladem je možnost stanovit konkrétní modul při různých teplotách ve zvoleném frekvenčním rozpětí, které simuluje různé úrovně zatížení materiálu;
- ➔ pokud se materiál vyznačuje časově-teplotní závislostí – pro viskoelastický materiál toto platí – lze modulovou charakteristiku při různých teplotách převést na jednu vztažnou teplotu a vyjádřit tak graficky jednou křivkou různé scénáře deformačního chování materiálu;
- ➔ obecně tedy využitelné pro komplexní modul ve smyku (u pojiva) a komplexní dynamický modul tuhosti/pružnosti (u asfaltové směsi);
- ➔ normově přílohou G popsán způsob stanovení hlavní křivky jen v ČSN 12697-26 (*postup popsán dost nesrozumitelně a není v ČR používán. Navíc hlavní křivka je modelována polynomickou rovnicí*);
- ➔ článek prezentuje provedené postupy a výpočty dalšími (vhodnějšími) způsoby stanovení hlavní křivky.



## METODY STANOVENÍ HLAVNÍCH KŘIVEK KOMPLEXNÍCH MODULŮ ASFALTOVÝCH POJIV A SMĚSÍ

### Co jsou kritické aspekty

- ➔ Jaké zvolit rovnice pro vyjádření časově-teplotní superpozice (Arrheniova rovnice a WLF rovnice)?
- ➔ Jak zvolit správně koeficienty v těchto rovnicích?
- ➔ Jaké použít vhodné nástroje pro vlastní výpočty?



# AV 19 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2019

