

Souvislost mezi proměnnými parametry (protismykové vlastnosti × makrotextura × mikrotextura) + alternativní možnosti vyhodnocení makrotextury

Ing. Ondřej Machel
Ing. Josef Stryk, Ph.D.

**JEDNÁNÍ SEKCE POVRCHOVÝCH
VLASTNOSTÍ VOZOVEK
29.11.2024**

Proměnné parametry vozovek

Jedná se o parametry, které se vyvíjí v čase díky provozu, klimatickým podmínkám, použité technologii apod.

- Protismykové vlastnosti vozovek – součinitel podélného tření (F_p)
- Makrotextura povrchu – střední hloubka profilu (MPD), střední hloubka textury (MTD)
- Mikrotextura povrchu – součinitel tření povrchu vozovky kyvadlem (PTV)
- Podélné nerovnosti povrchu – mezinárodní index nerovnosti (IRI)
- Příčné nerovnosti povrchu – hloubka vyjeté koleje (R), teoretická hloubka vody (W)
- Hlučnost povrchu – měření hlučnosti na kontaktu kolo/vozovka – metoda CPX

Protismykové vlastnosti vozovek

Jedná se o základní proměnný parametr z hlediska bezpečnosti provozu.

- ČSN 73 6177 – Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek
- základní parametr využívaný v ČR – součinitel podélného tření (F_p)
- měření probíhá za mokra v jízdě v jízdě stopě

- národní referenční zařízení TRT (Měření PVV – Leoš Nekula)
- ostatní zařízení provádí měření na základě Oprávnění k měření součinitele tření povrchu vozovek pozemních komunikací vydané Ministerstvem dopravy ČR



Protismykové vlastnosti vozovek

V roce 2024 byla vydána metodika popisující životnost protismykových vlastností u jednotlivých obrusných vrstev a technologií údržby.

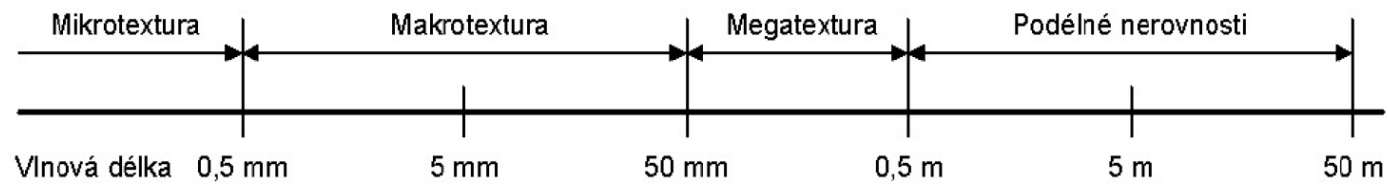
- aktualizace metodického pokynu z roku 2006
- popis možností predikce protismykových vlastností
- zohlednění vlivu odolnosti kameniva proti ohlazení (parametr PSV)
- kromě měření součinitele F_p byla prováděna zrychlená predikce pomocí laboratorní zkoušky pro stanovení součinitele tření po ohlazení

Tato metodika byla vypracována se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy v rámci Programu DOPRAVA 2020+, v rámci řešení projektu CK01000110.

METODIKA

Zásady pro použití obrusných vrstev a technologií údržby a oprav povrchů vozovek z hlediska protismykových vlastností





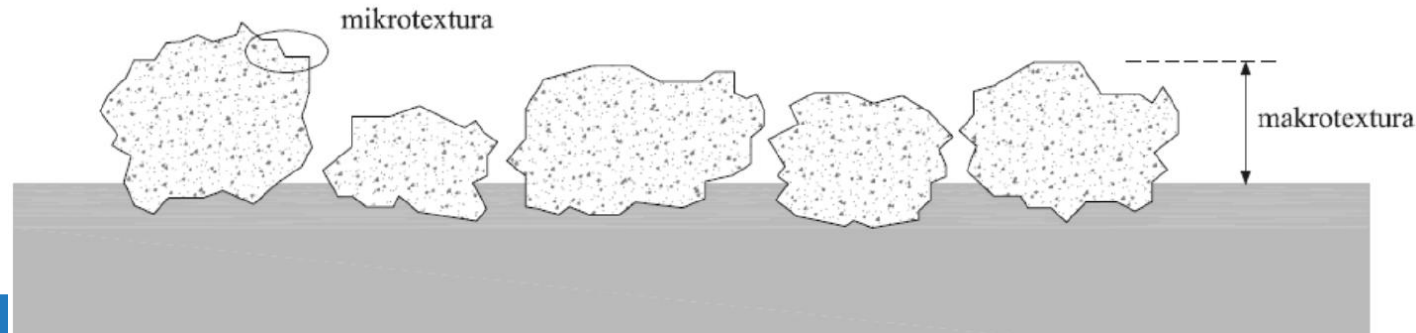
Zdroj: ČSN 73 6175

Makrotextura povrchu

- nerovnost povrchu o vlnové délce 0,5 – 50 mm
- textura povrchu jako celku
- pro popis makrotextury je v ČR využíván parametr MPD podle ČSN EN ISO 13473-1 a parametr MTD podle ČSN EN 13036-1

Mikrotextura povrchu

- nerovnost povrchu o vlnové délce ≤ 50 mm
- textura jednotlivých zrn kameniva
- pro popis mikrotextury je v ČR využíván parametr PTV podle ČSN EN 13036-4
- zároveň je mikrotextura definovaná odolností kameniva proti ohlazení (parametr PSV) podle ČSN EN 1097-8



Zdroj: ČSN 73 6177

Vliv textury na protismykové vlastnosti

- makrotextura i mikrotextura má vliv na protismykové vlastnosti
- pro každý typ povrchu je tento vliv rozdílný – neexistuje univerzální vztah
- obecně lze konstatovat, že ztráta makrotextury nebo mikrotextury vede ke snížení protismykových vlastností
- poruchy týkající textury povrchu jsou popsány v katalozích poruch TP 62 (CB kryty) a TP 82 (netuhé vozovky)
- CDV v rámci výzkumu sledovalo vývoj povrchových vlastností vozovek s cílem nalezení možných přepočetných vztahů mezi jednotlivými parametry
- povrchové vlastnosti byly sledovány u vytipovaných povrchů, a to u každého povrchu zvlášť

Použitá měřicí zařízení

1.



2.



1. protismykové vlastnosti – modernizované zařízení TRT
2. makrotextura – přenosný rám s automatickým pojezdem
3. mikrotextura – kyvadlo pro měření parametru PTV

3.



Alternativní možnosti vyhodnocení makrotextury

V rámci výzkumu byly analyzovány alternativní možnosti vyhodnocení makrotextury, které se počítaly z hodnot naměřených přenosným rámem na délce do 2 m.

První varianta analyzuje **rozdíly** naměřených **výšek** mezi jednotlivými kroky měření, parametr je následně průměrnou hodnotou z těchto rozdílů.

$$MTX_A = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y_{i-1}|}{n}$$

Rovnice 1: Výpočet parametru MTX_A

MTX_A	průměr z naměřených rozdílů výšek oproti předchozímu kroku
y_i	naměřená výška profilu v bodě X_i
y_{i-1}	naměřená výška profilu v bodě X_{i-1} (předchozí krok měření)
n	počet kroků měření



Alternativní možnosti vyhodnocení makrotextury

Druhá varianta prokládá naměřený profil spojnici trendu, následně jsou vypočítávány vzdálenosti profilu od spojnice trendu. Vypočítaný parametr je průměrnou hodnotou těchto vzdáleností.

$$MTX_B = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - y_e|}{n}$$

Rovnice 2: Výpočet parametru MTX_B

MTX_B	průměr z naměřených vzdáleností od proložené lineární spojnice trendu
y_i	naměřená výška profilu v bodě X_i
y_e	výška naměřená na proložené lineární spojnici trendu ve stejném staničení jako y_i
n	počet kroků měření

Zároveň proběhlo vyhodnocení pomocí parametrů definovaných v normě ČSN ISO 13473-2, konkrétně pomocí průměrné absolutní odchylky profilu (R_a), průměrné kvadratické odchylky profilu (R_{ms}), šikmosti profilu (R_{sk}) a špičatosti profilu (R_{ku}).

Příklad analýzy vztahů mezi proměnnými parametry

SMA 8 NH



Vztah mezi parametrem F_p a PTV

Graf není publikován.

Při porovnání součinitele tření a mikrotextury vyjádřené parametrem PTV lze pozorovat vzájemný vztah, ačkoliv se jedná o slabý vztah.



Příklad analýzy vztahů mezi proměnnými parametry

SMA 8 NH



Vztah mezi parametrem F_p a parametry popisujícími makrotexturu

Graf není publikován.

Graf není publikován.

Graf není publikován.

Srovnání ukázalo, že parametr MPD není sám o sobě vhodný pro hledání vztahu mezi protismykovými vlastnostmi a makrotexturou. Z alternativních způsobů vyhodnocení makrotextury vyšel lépe parametr MTX_A , ačkoliv i zde se jedná o slabý vztah.

Příklad analýzy vztahů mezi proměnnými parametry

SMA 8 NH



Vztah mezi parametrem F_p a Rku

$$Rku = \frac{1}{Rms^4} \left[\frac{1}{l} \int_0^l Z^4(x) dx \right]$$

Graf není publikován.

Při vyhodnocení makrotextury povrchu pomocí parametrů definovaných v normě ČSN ISO 13473-2 vyšla nejlépe špičatost profilu (Rku), ačkoliv i zde se jedná o slabý vztah.

Příklad analýzy vztahů mezi proměnnými parametry

SMA 8 NH



V dalším kroku byl sledován vztah mezi protismykovými vlastnostmi, makrotexturou a mikrotexturou dohromady.

Využitý parametr mikrotextury	Využitý parametr makrotextury	Koeficient determinace R^2
PTV	Rku	Hodnoty nejsou publikovány.
	MTX _A	
	MTX _B	
	MPD	

Při kombinaci všech tří parametrů bylo dosaženo nejlepšího výsledku při využití parametrů Rku a MTX_A. Zároveň bylo dosaženo lepšího vztahu než při použití pouze jednoho parametru textury.



Příklad analýzy vztahů mezi proměnnými parametry

SMA 11 S



Vztah mezi parametrem F_p a PTV



Vývoj F_p s ohledem na PSV



Graf není publikován.

Graf není publikován.

Při porovnání součinitele tření a mikrotextury vyjádřené parametrem PTV lze pozorovat vzájemný vztah, který je zároveň pozorovatelný na vývoji součinitele tření v čase s ohledem na použité kamenivo (definováno parametrem PSV).

Příklad analýzy vztahů mezi proměnnými parametry

SMA 11 S



Vztah mezi parametrem F_p a parametry popisujícími makrotexturu

Graf není publikován.

Graf není publikován.

Graf není publikován.

Při porovnání součinitele tření a makrotextury vyjádřené parametry MPD, MTX_A a MTX_B má vztah ve všech případech obdobný průběh. Vyšších hodnot F_p dosahovaly povrchy s nižší makrotexturou.

Příklad analýzy vztahů mezi proměnnými parametry

SMA 11 S



Vztah mezi parametrem F_p a parametrem R_{ku}



Při porovnání součinitele tření a makrotextury vyjádřené parametrem R_{ku} lze pozorovat slabý vzájemný vztah a otočení trendu.

Při kombinaci všech tří parametrů dohromady (jako v případě SMA 8 NH) nebylo dosaženo silnějšího vztahu.

Závěry

- **vztahy** mezi součinitelem tření, makrotexturou a mikrotexturou jsou **pozorovatelné**
- **u každé vrstvy se jedná o rozdílný vztah** (je zde rozdílný vliv makrotextury a mikrotextury povrchu)
- u vrstvy **SMA 8 NH** lze pozorovat **srovnatelný vliv mikrotextury** než makrotextury na protismykové vlastnosti
- parametr MPD není v tomto případě sám o sobě vhodný pro hledání vztahu mezi protismykovými vlastnostmi a makrotexturou, z alternativních způsobů vyhodnocení makrotextury vyšel lépe parametr **Rku** podle ČSN ISO 13473-2, ačkoliv i zde se jedná o slabý vztah
- nejsilnějšího vztahu je ovšem dosaženo při kombinaci mikrotextury a makrotextury dohromady, a to při použití parametrů Rku a MTX_A
- u vrstvy **SMA 11 S** lze pozorovat **větší vliv mikrotextury**
- ten lze rovněž pozorovat u vývoje součinitele tření s ohledem na použité kamenivo (u vrstev s kamenivem s nejnižší hodnotou **PSV** dochází k nejrychlejšímu poklesu součinitele tření)
- mezi součinitelem tření a makrotexturou lze pozorovat vzájemný vztah, přičemž nejlepšího vztahu bylo dosaženo při použití parametru MTX_A , ale s opačným trendem
- při kombinaci mikrotextury a makrotextury dohromady nebylo dosaženo silnějšího vztahu
- vzájemné vztahy by mohly být více vypovídající, pokud by byly k dispozici úseky s podstatně horšími protismykovými vlastnostmi, makrotexturou a mikrotexturou
- další výzkum bude zaměřen na souvislost mezi texturou a hlučností povrchu vozovky

Děkujeme vám za pozornost.

telefon: +420 541 641 711

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

www.cdv.cz