



FAKULTA

STAVEBNÍ ústav

pozemních komunikací

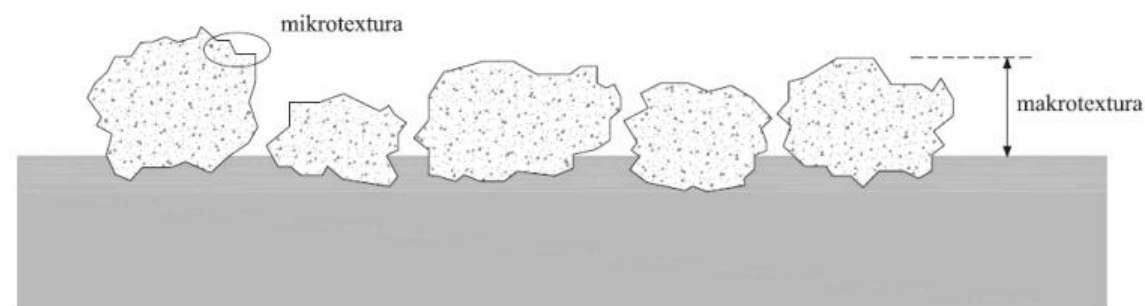
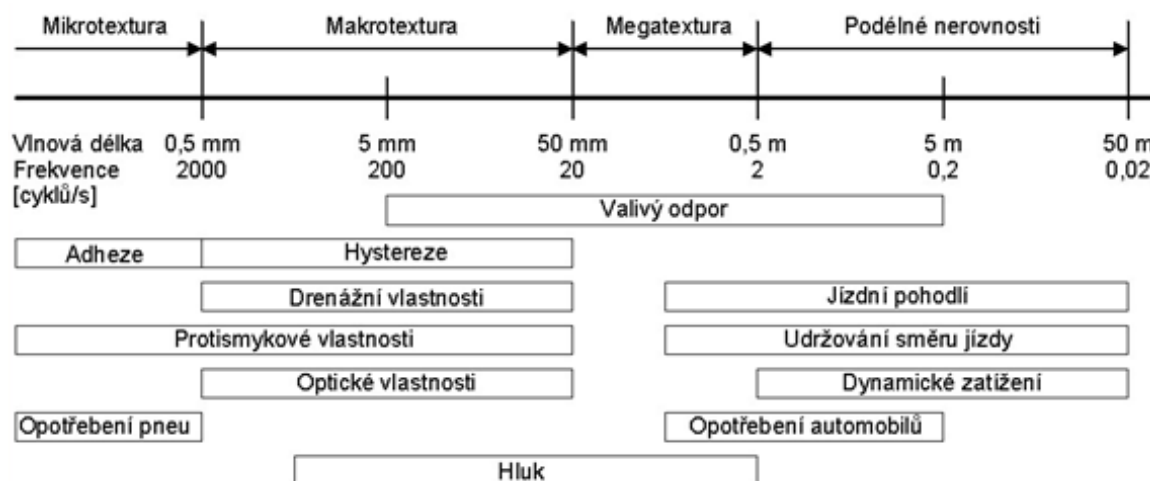
PREDIKCE PROTISMYKOVÝCH VLASTNOSTÍ POVRCHU VOZOVKY V LABORATOŘI

Cíle disertační práce

- I. Stanovení vztahu mezi součinitelem *tření po ohlazení* a součinitelem *podélného tření*.
- II. Stanovení vztahu mezi *počtem pojezdů kuželíky* při laboratorním ohlazování a *skutečným dopravním zatížením*.
- III. Ověření *použitelnosti zkoušky* stanovení součinitele tření po ohlazení *při návrhu asfaltové směsi* s dlouhodobě vyhovujícími protismykovými vlastnostmi povrchu vozovky.

Protismykové vlastnosti povrchu vozovky

- Schopnost zajišťovat **spolupůsobení** mezi povrchem vozovky a pohybující se pneumatikou prostřednictvím **tření**
- **Součinitel tření**
- Vliv na bezpečnost provozu



Měření protismykových vlastností povrchu vozovky

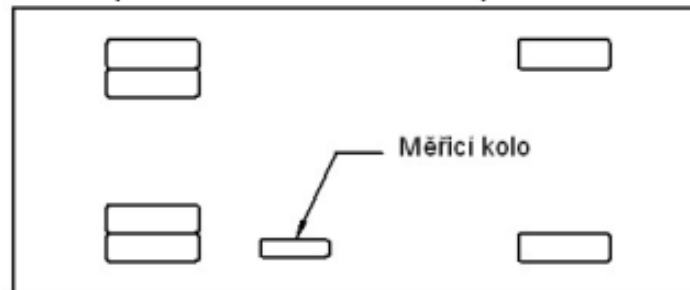
in situ

Zlatý standard, komplexní veličina

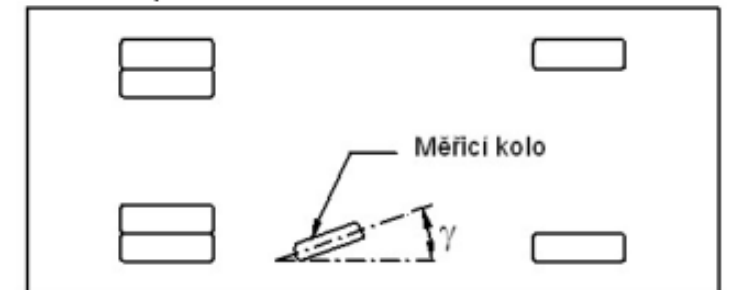
Dynamická měřicí zařízení

- Součinitel podélného tření
 - Brzděné kolo
- Součinitel bočního tření
 - Úhel
- Měřicí pneumatika a její huštění
- Svislá síla

zařízení pro měření součinitele podélného tření



zařízení pro měření součinitele bočního tření





Evropská dynamická měřicí zařízení

Měření protismykových vlastností povrchu vozovky v Česku

- Tatra Runway Tester – národní referenční zařízení
- Měření součinitele podélného tření
- Proměnný prokluz
- Přítlak 800 – 1 200 N
- Pětistupňová klasifikační stupnice
- Požadavek na měření
 - na nových površích a
 - na konci záruční doby, a měření v rámci
 - SHV a nehodových lokalit

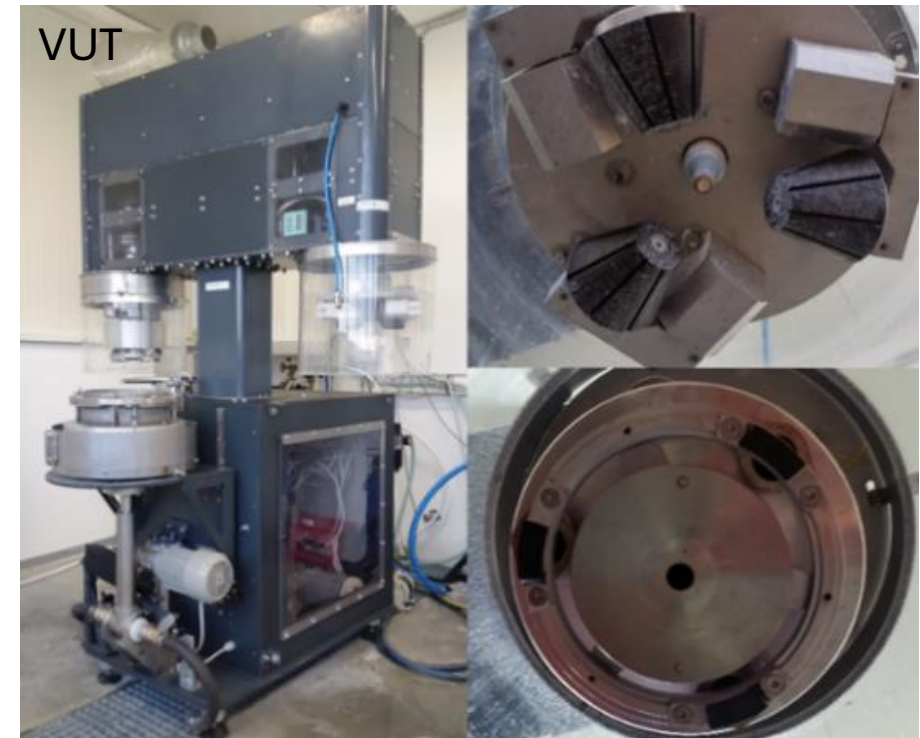


Predikce protismykových vlastností povrchu vozovky v laboratoři

- Dlouhodobá měření na úsecích se stejným typem povrchu (zkušenost)
- Na základě znalosti některých parametrů povrchu vozovky – vlastnosti použitého kameniva, textura, klimatické podmínky, dopravní zatížení
- Zkouška stanovení součinitele tření po ohlazení *v laboratoři*

Stanovení součinitele tření po ohlazení

- Vývoj od roku 1959 v Německu (Wehner/Schulze)
- Od roku 2013 v Česku 1ks (Nekulová+Contech)
- ČSN EN 12697-49 (+inspirace Vídeň)
- Simulace dopravního zatížení
- Cyklické měření součinitele tření
- Lze měřit
 - Vývrty z vozovky Ø 225 mm
 - Laboratorní zkušební tělesa z asfaltových směsí
 - Kameniva a písky



I. Stanovení vztahu mezi součinitelem tření po ohlazení a součinitelem podélného tření

Měření f_p *na vozovce*

- ČSN 7361 77
- 37 asfaltových vozovek
- 21 cementobetonových vozovek



≠

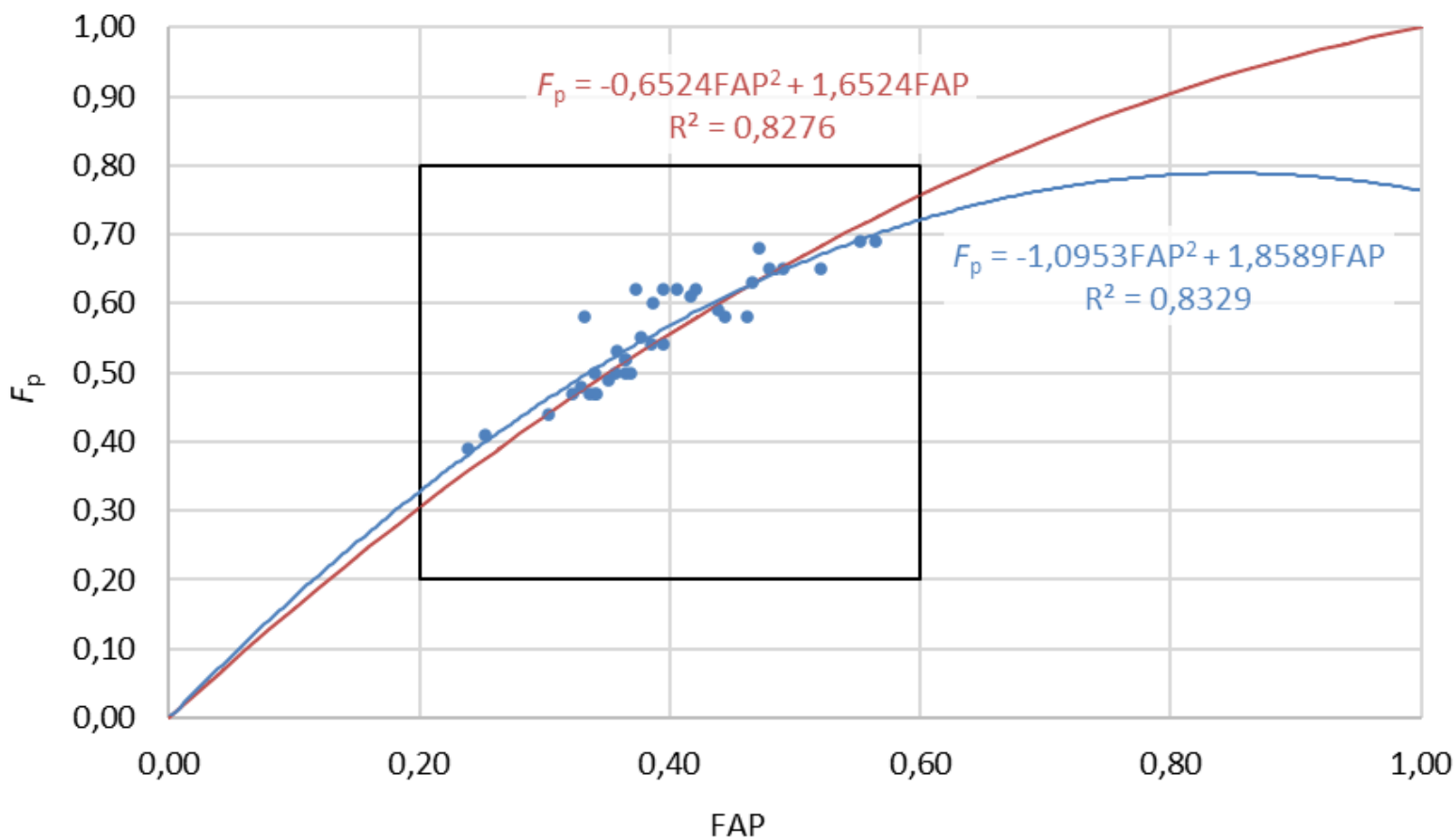
Měření FAP *v laboratoři*

- ČSN EN 12697-49
- Vývrty z měřených úseků



Asfaltové vozovky

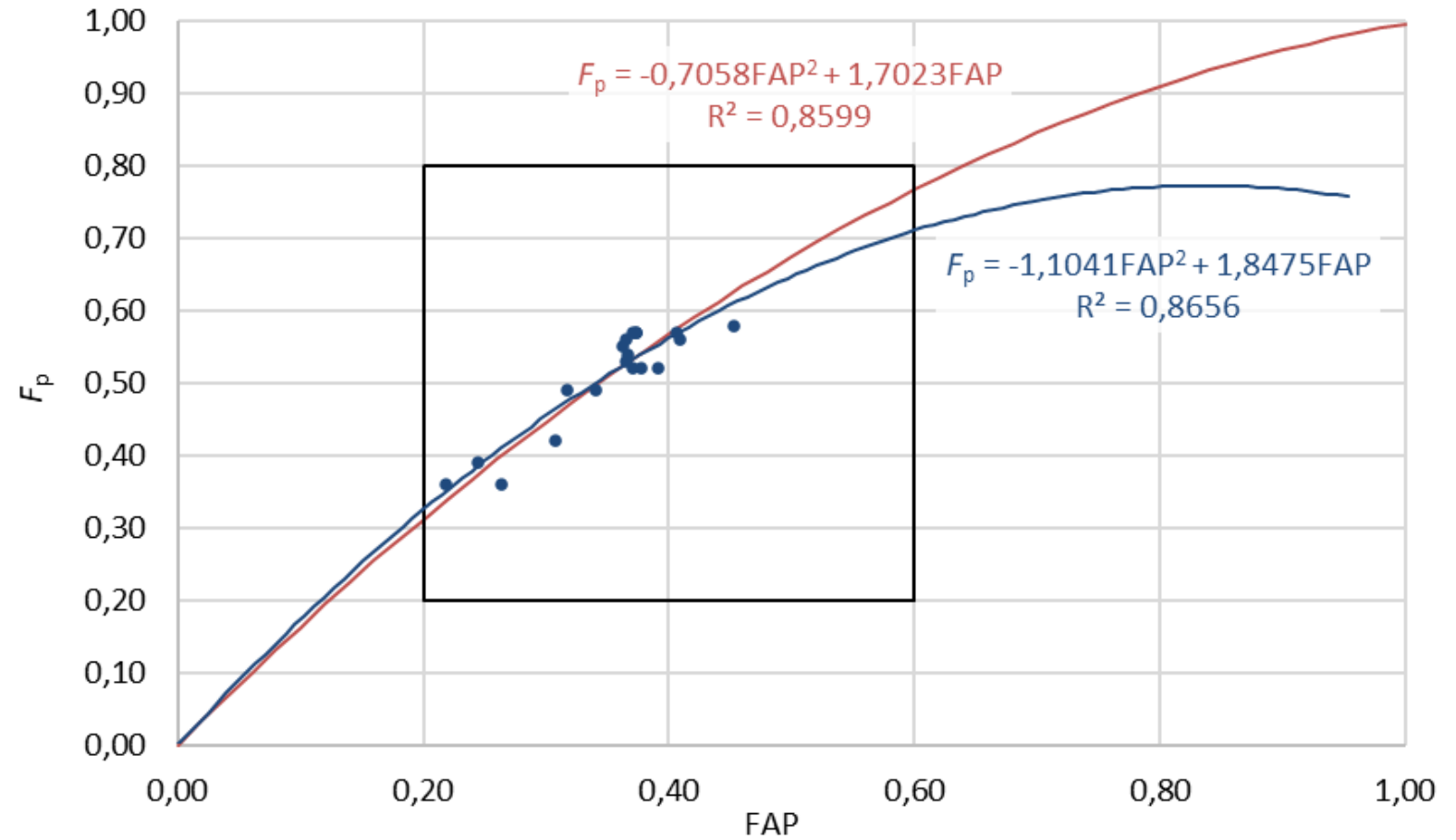
- ACO 8
- ACO 11
- SMA 8
- SMA 11
- BBTM 5
- PA 8



- MNČ – Lineární regrese polynomem 2. stupně ve tvaru $F_p = a \cdot F_{AP}^2 + b \cdot F_{AP} + c$
- Vynucení $F_p = 0$ pro $F_{AP} = 0$: $c = 0$ $F_p = a \cdot F_{AP}^2 + b \cdot F_{AP}$ 2x2
- Vynucení $F_p = 1$ pro $F_{AP} = 1$: Lagrangeův multiplikátor λ 3x3
- Koeficient determinace (umocněná korelace mezi predikcí a měřením) – prakticky stejný

Cementobetonové vozovky

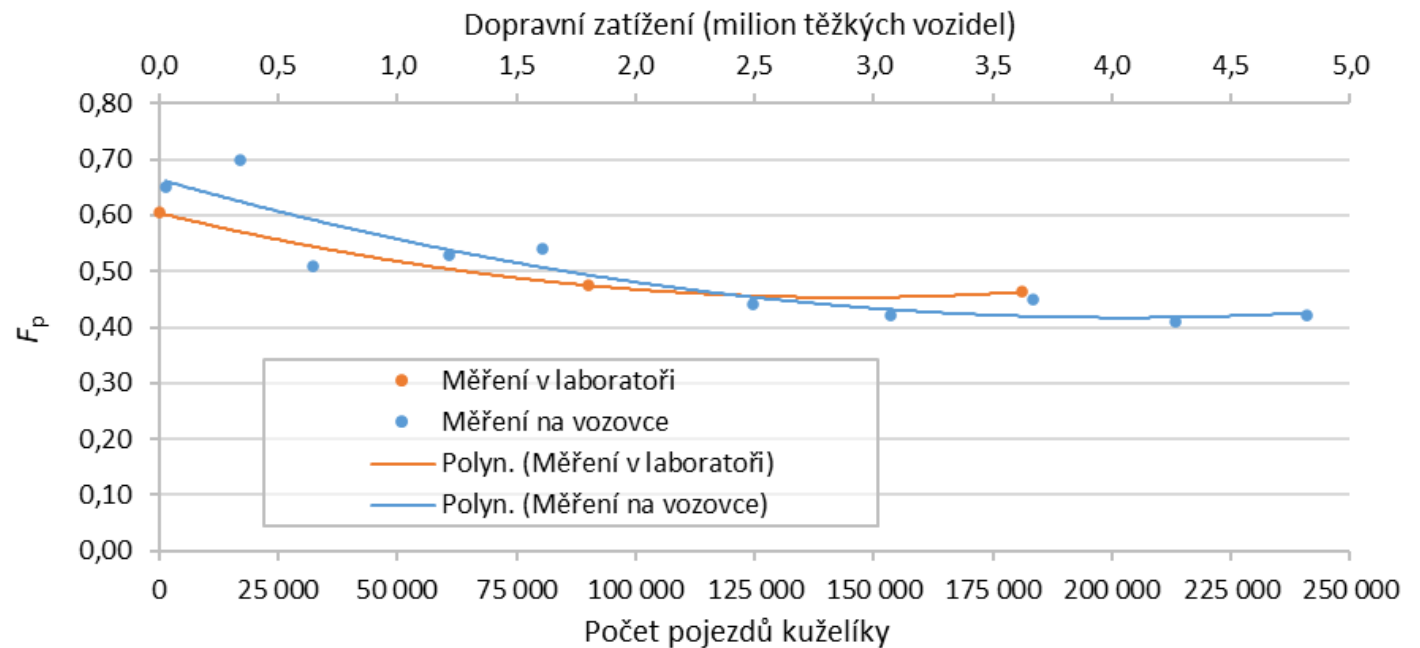
- Tažená juta
- Příčná striáž
- Vymývaný beton



II. Stanovení vztahu mezi počtem pojezdů kuželíky při laboratorním ohlazování a skutečným dopravním zatížením

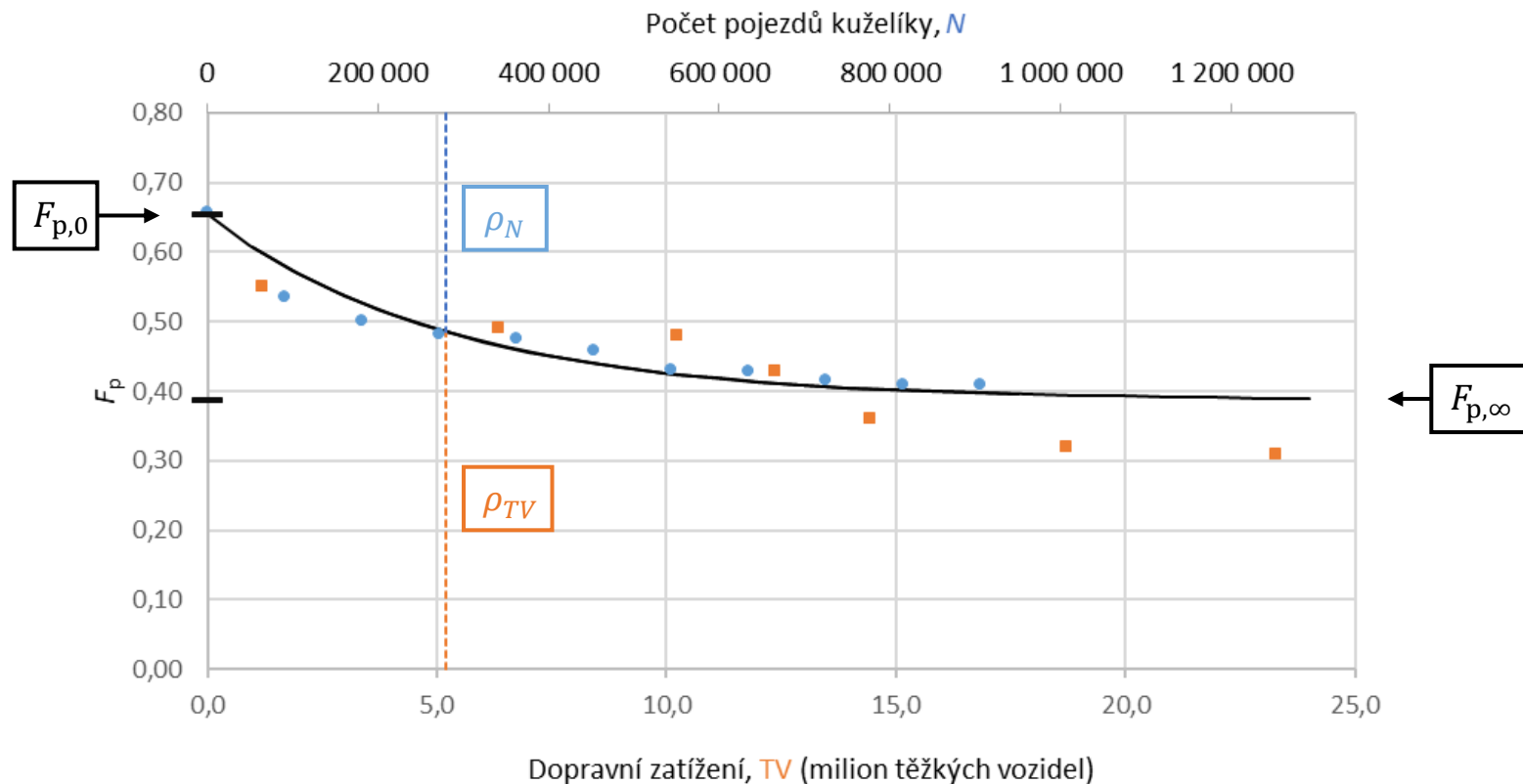
- Data o dopravním zatížení – celostátní sčítání dopravy
- Na vybraných úsecích dlouhodobé měření F_p
- Vývrty z úseků: měření vývoje FAP ohlazováním v laboratoři
- FAP $\rightarrow F_p$, porovnání získaných dat, vývoj přepočtu

Grafické řešení (subjektivní)



- $k = \frac{N}{TV} = 0,05$
- N Počet pojezdů kuželíky
- TV Dopravní zatížení těžkými vozidly

Škálování časového měřítka funkcí (objektivní)



- Klesající funkce z počáteční hodnoty $F_{p,0}$ (kromě počátku)
- Konstantní asymptota pro čas v nekonečnu $F_{p,\infty}$
- Rychlost poklesu kvality úměrná aktuálnímu stavu – dif. rovnice $\frac{d F_p}{d N} = -\frac{F_p}{\rho_N}$
- Exponenciální funkce $F_p = (F_{p,0} - F_{p,\infty}) \cdot \exp\left(-\frac{N}{\rho_N}\right) + F_{p,\infty}$
- ρ_N, ρ_{TV} je „čas“ vyjádřený počtem N nebo TV

$$k = \frac{\rho_N}{\rho_{TV}} \approx 0,05$$

III. Ověření použitelnosti ČSN EN 12697-49 při návrhu asfaltových směsí

- Návrh asfaltových směsí ACO a SMA s různým poměrem kameniv s odlišnou ohladitelností
- Zhotovení laboratorních zkušebních těles
- Predikce součinitele tření v laboratoři
- Zhotovení zkušebního úseku z vybrané asfaltové směsi
- Sledování vývoje součinitele tření na zkušebním úseku

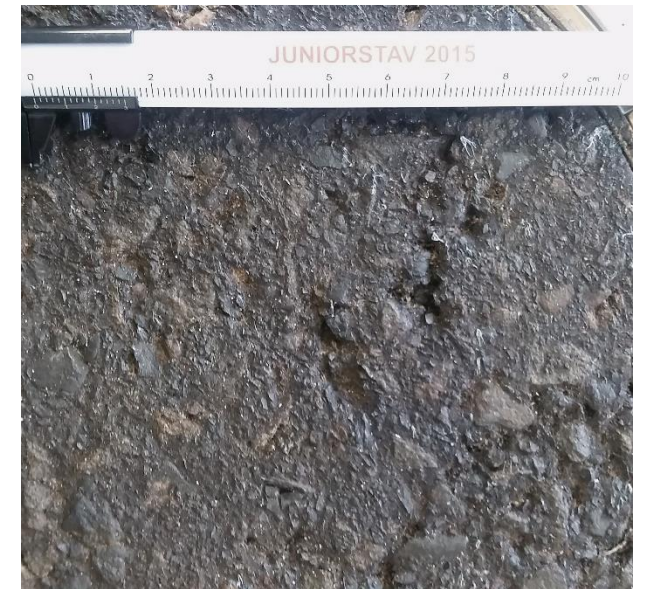
SMA 11 S

Označení asfaltové směsi		Čedič, zastoupení ve frakci 8/11	Droba, zastoupení ve frakci 8/11
127655	A - E	100 %	0 %
127656	A - E	0 %	100 %
127657	A - E	50 %	50 %
129752	A - E	66 %	34 %
130073	A - E	80 %	20 %

- Čedič – nízká odolnost proti ohlazení
- Droba – vysoká odolnost proti ohlazení

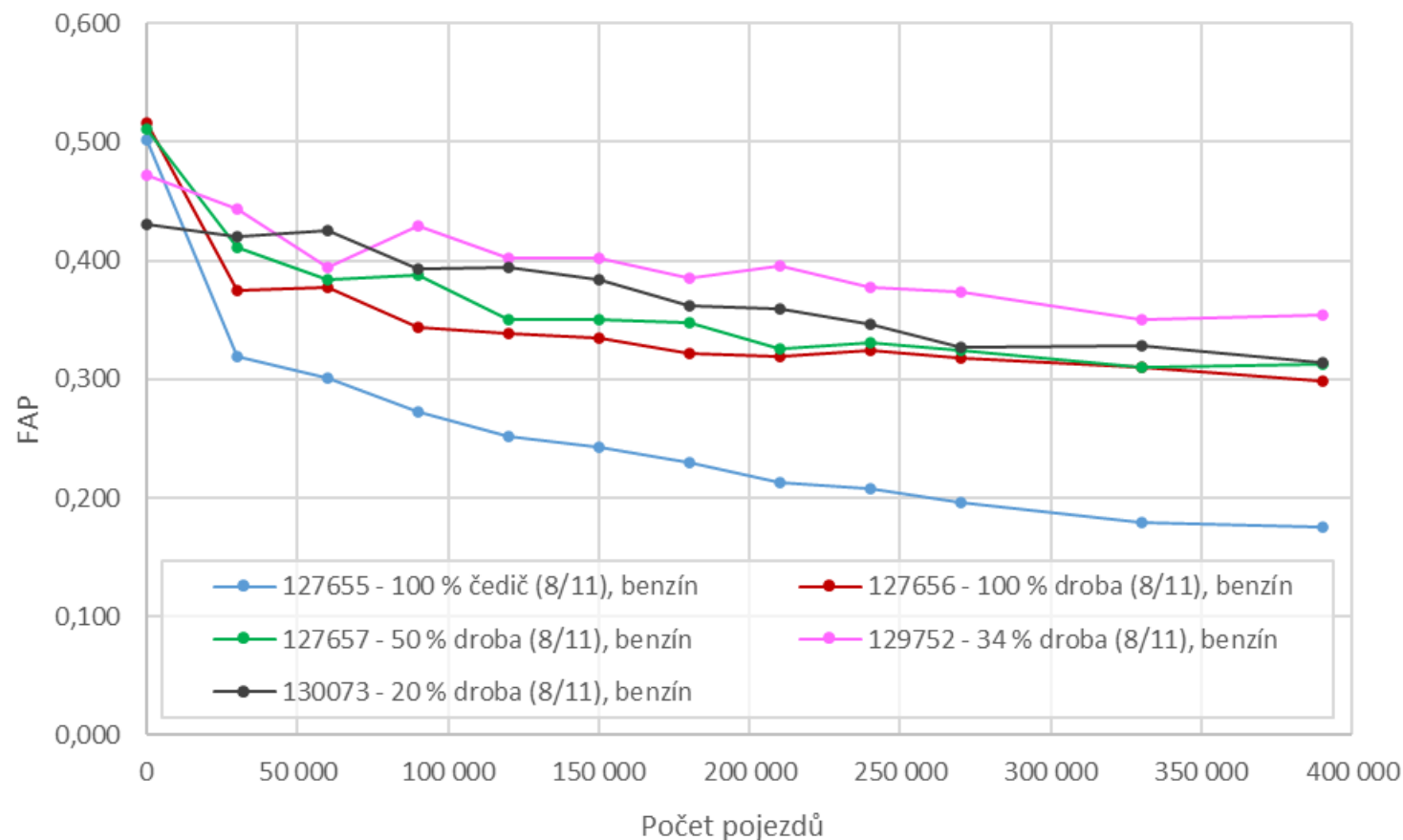
SMA 11 S

- Problém s vrstvou pojiva na povrchu zkušebních těles
- Pískováním dochází k poškození kameniva
- Pojivo nakonec odstraněno benzínovým rozpouštědlem

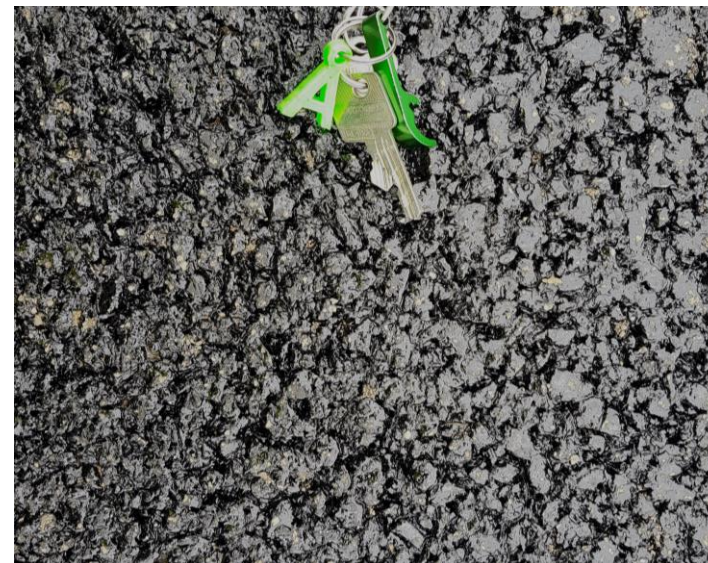


SMA 11 S

Laboratorní zkušební tělesa

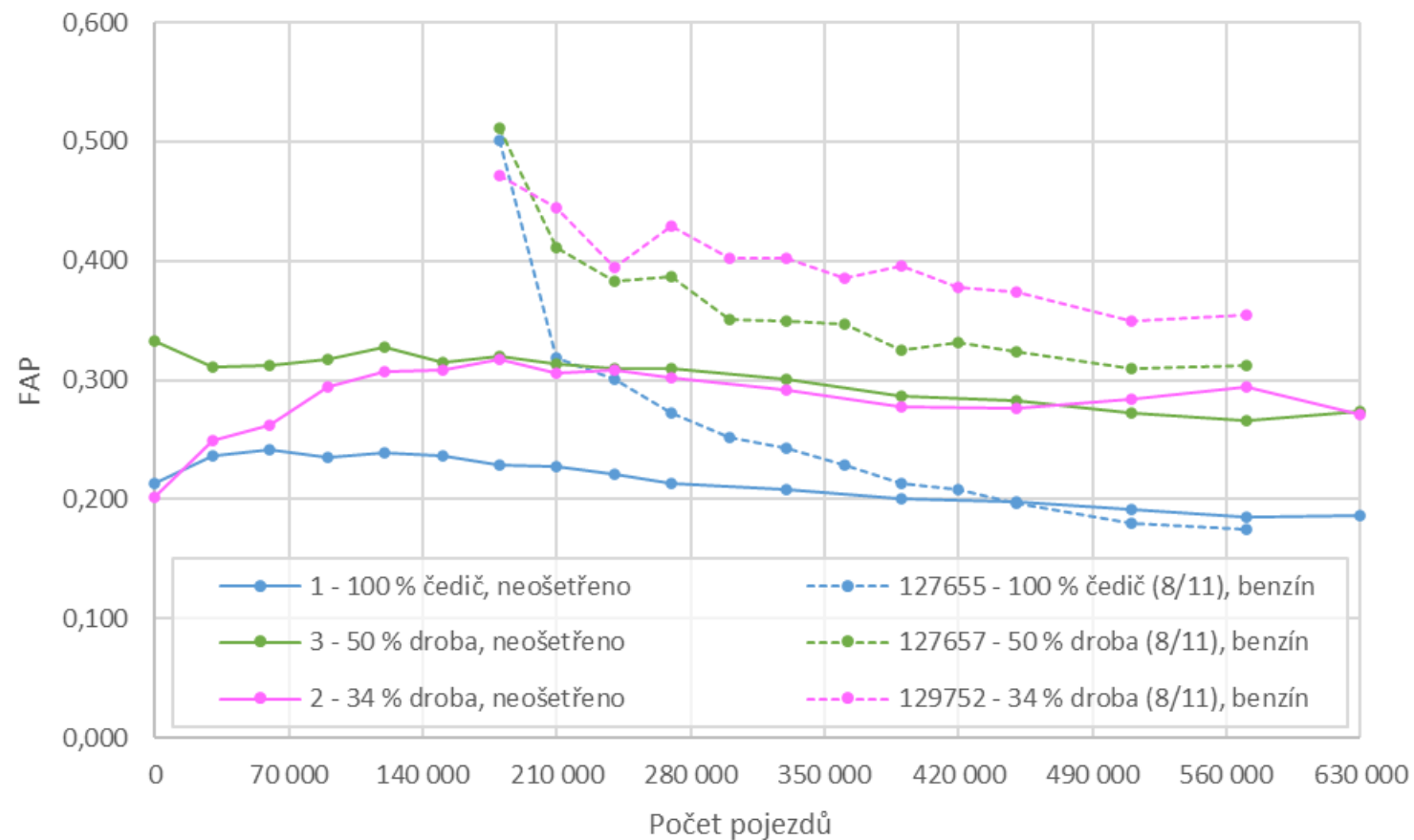


Zkušební úsek v areálu obalovny

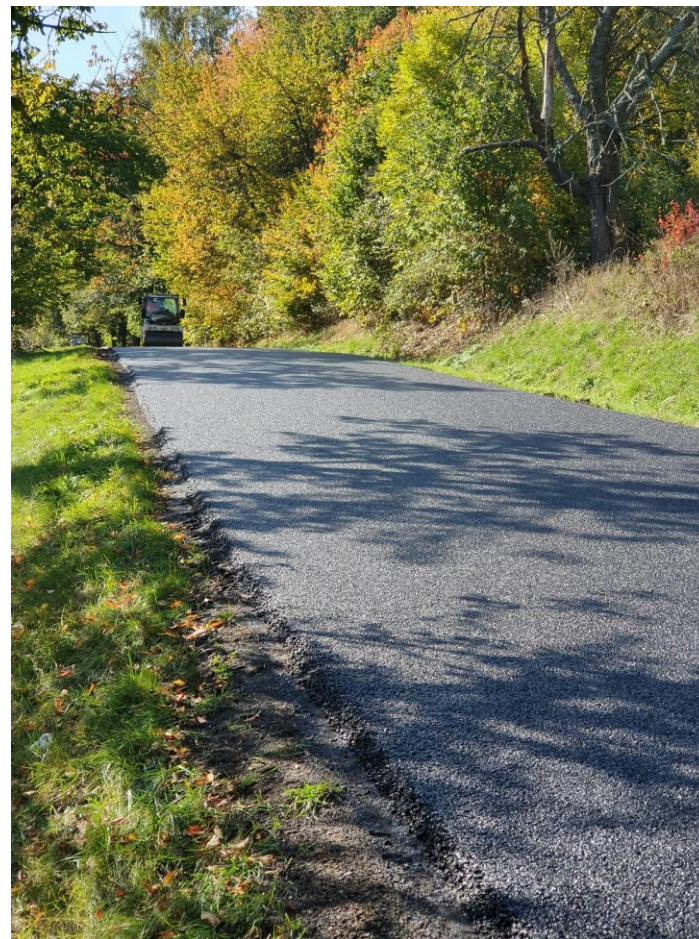


SMA 11 S

Vývrty z úseků v areálu obalovny

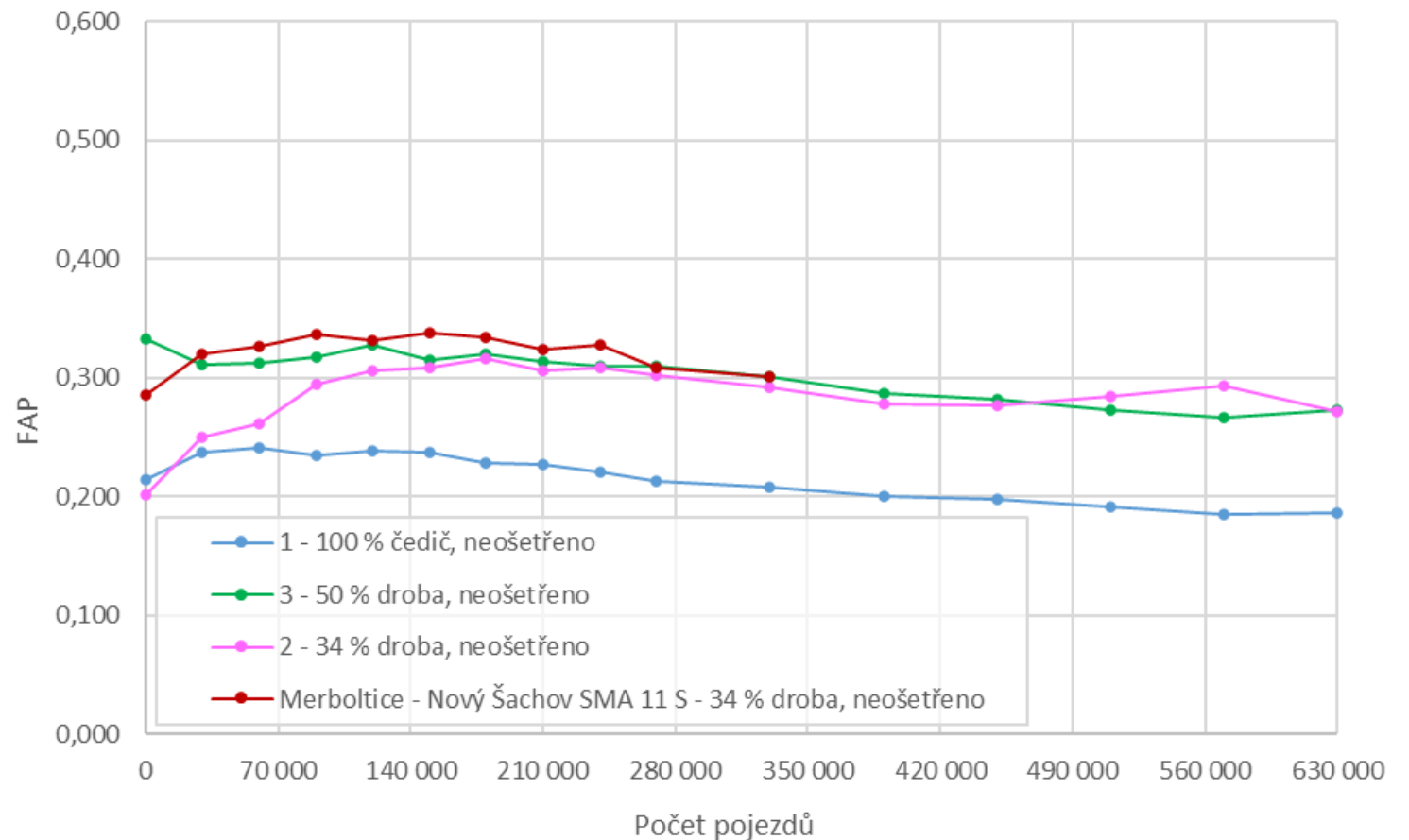


Zkušební úsek na silnici III/24095



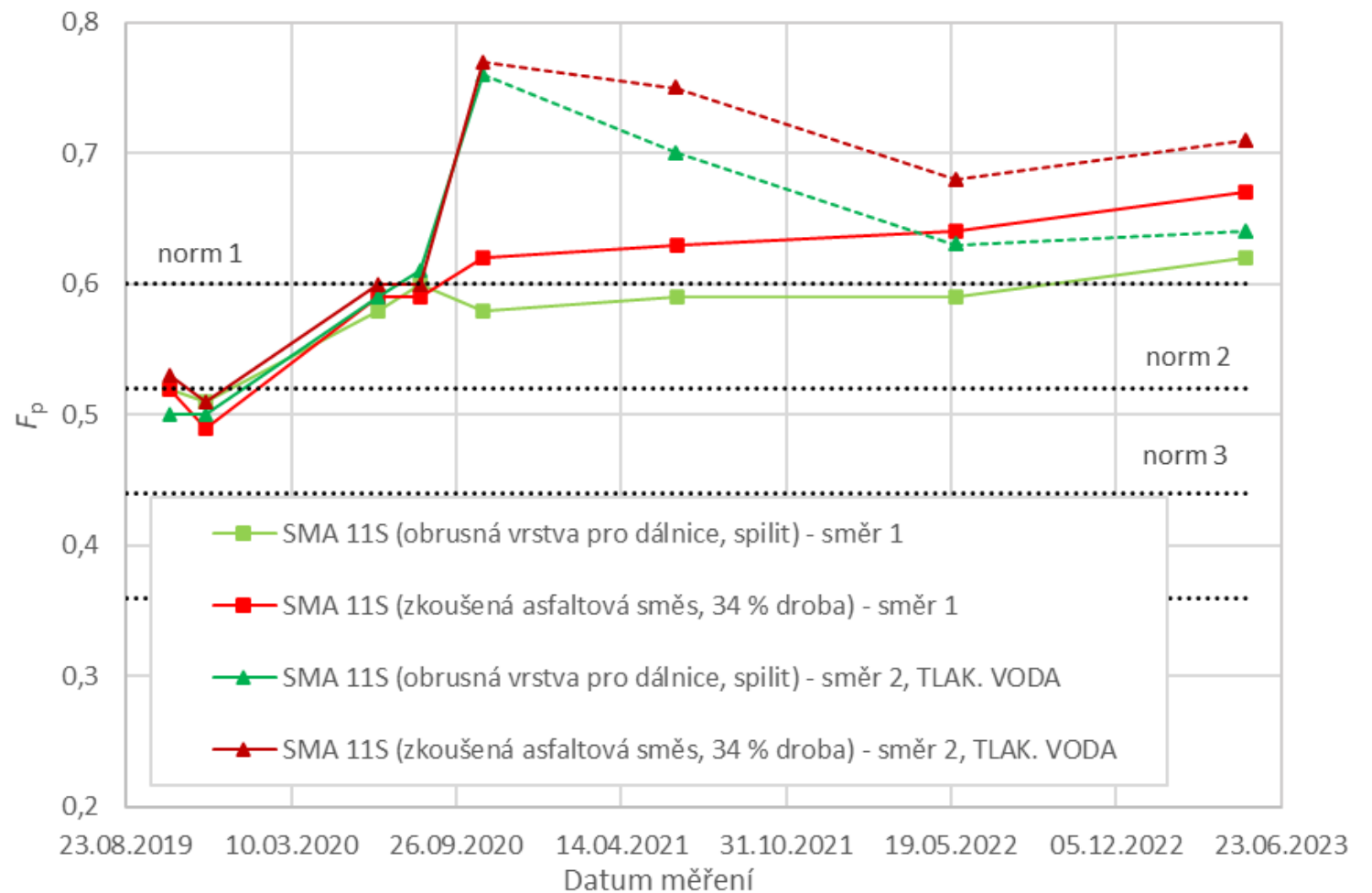
SMA 11 S

Vývrty ze zkušebního úseku na silnici



SMA 11 S

Vývoj součinitele podélného tření



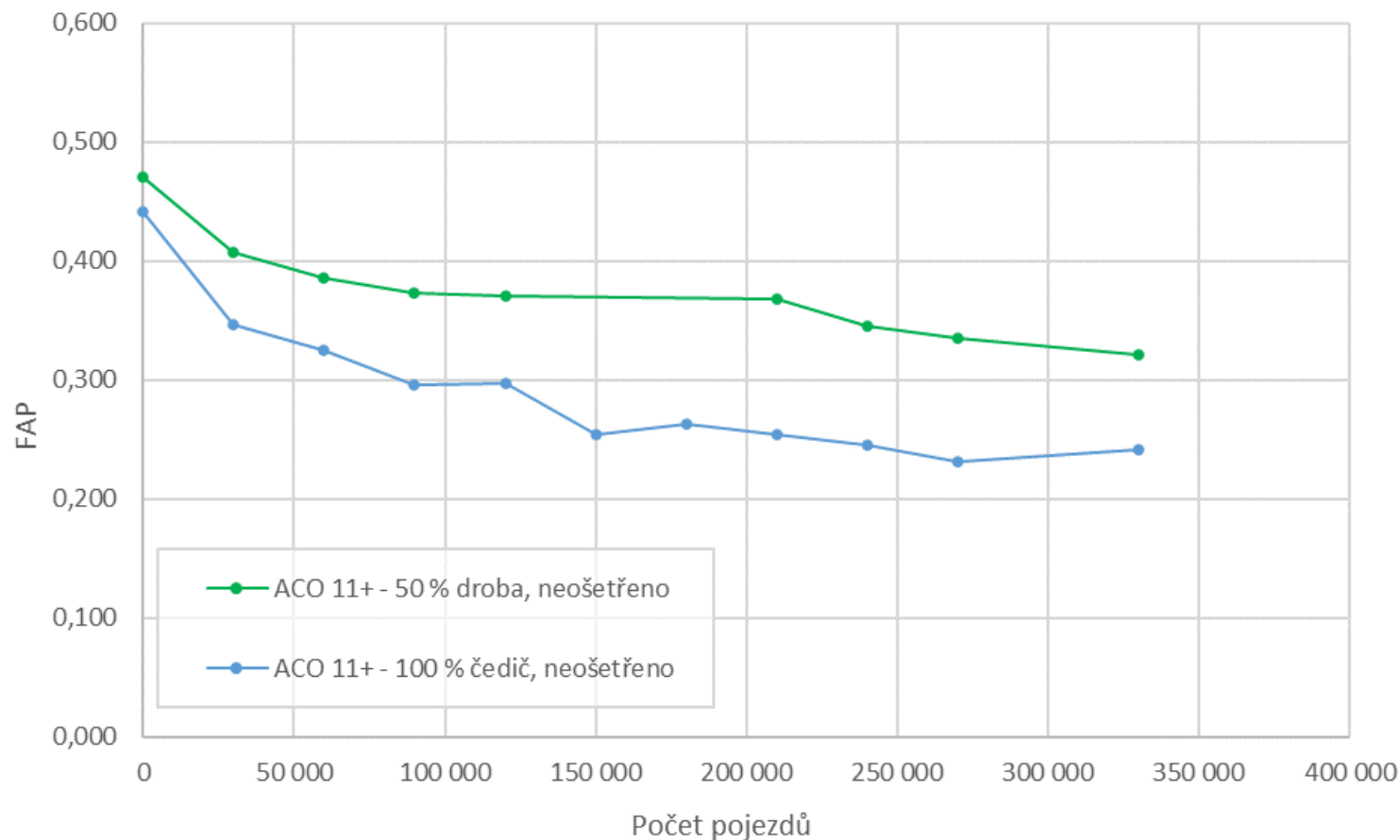
ACO 11+

Označení asfaltové směsi	Čedič, zastoupení ve frakcích 4/8 a 8/11	Droba, zastoupení ve frakcích 4/8 a 8/11
9, 10	100 %	0 %
13, 14	50 %	50 %

- Čedič – nízká odolnost proti ohlazení
- Droba – vysoká odolnost proti ohlazení

ACO 11+

Vývrty z úseků v areálu obalovny



Závěry disertační práce

- Byly stanoveny vztahy mezi:
 - F_p a FAP
 - Počtem pojezdů kuželíky a dopravním zatížením
- Přepočet hodnot F_p a FAP je možný, i když není úplně přesný
- Přepočet pojezdů kuželíky na dopravní zatížení poskytuje nástroj pro predikci poklesu součinitele tření v závislosti na skutečném dopravním zatížení za pomoci zrychlené zkoušky v laboratoři (návrh plánu kontrolního měření, obnovy PVV)
- Certifikované metodiky, evropská norma, software
- Podpořeno projekty TAČR TA02030479 a TH02030194 (PI)

Závěry disertační práce

- Byly navrženy netypické asfaltové směsi s přesným poměrem různě ohladitelných kameniv
- Zhotovení zkušebních těles v laboratoři je problematické
 - Pískování doporučené normou není pro ČR vhodné, šetrněji lze odstranit pojivo benzínovým rozpouštědlem
 - Vhodnější je pokládka zkušebního úseku
- Použití malého množství vysokohodnotného kameniva - prodloužení životnost protismykových vlastností povrchu vozovky u asfaltových směsí z nízkohodnotného kameniva (zdroje)
- Metoda podle ČSN EN 12697-49 je vhodná k návrhu asfaltových směsí
- **Funkční vzorek** v rámci řešení projektu **TAČR TH02030194 (PI)**