

Název diagnostiky:

## **Vysokorychlostní deflektometr TSD (Traffic Speed Deflectometer) - diagnostika únosnosti vozovky**

Lokalizace:

pokusné úseky v okolí Varšavy

Datum provedení:

červenec 2014

Provedl: Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM) – Polsko, TSD vlastní od roku 2011

V Evropě vlastní TSD zařízení také následující organizace:

- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) - Německo, od roku 2017
- Highways England (dříve Highways Agency) - Velká Británie, od roku 2000
- Danish Road Directorate - Dánsko, od roku 1999
- Azienda Nazionale Autonoma delle Strade (ANAS) - Itálie, od roku 2010

Stručný popis:

Měření vysokorychlostním deflektometrem TSD (obr. 1) a současně rázovým zařízením FWD na vozovkách s asfaltovým krytem, s následným porovnáním zjištěných průhybů vozovky.



**Obr. 1:** Traffic Speed Deflectometer, vlastník IBDiM (Polsko), foto: archiv CDV

### **1. Důvod provedení diagnostiky**

Provádělo se hodnocení únosnosti vozovek s asfaltovým krytem. Důvodem bylo porovnání výsledků získaných kontinuálně zařízením TSD s výsledky získanými z lokálních měření rázovým zařízením FWD. Cílem bylo zjistit, jak moc výsledky TSD korelují s výsledky rázového zařízení FWD.

## 2. Sledované úseky vozovek

Mezi sledované úseky byly zařazeny pokusné úseky vozovek s asfaltovým krytem v okolí města Varšavy (obr. 2).



*Obr. 2: Lokalizace pokusných úseků [1]*

## 3. Provedení diagnostiky

- Kontinuální měření vysokorychlostním deflektometrem TSD.
- Měření průhybů rázovým zařízením FWD s krokem měření 25 m.

### 3.1 Popis metody/zařízení

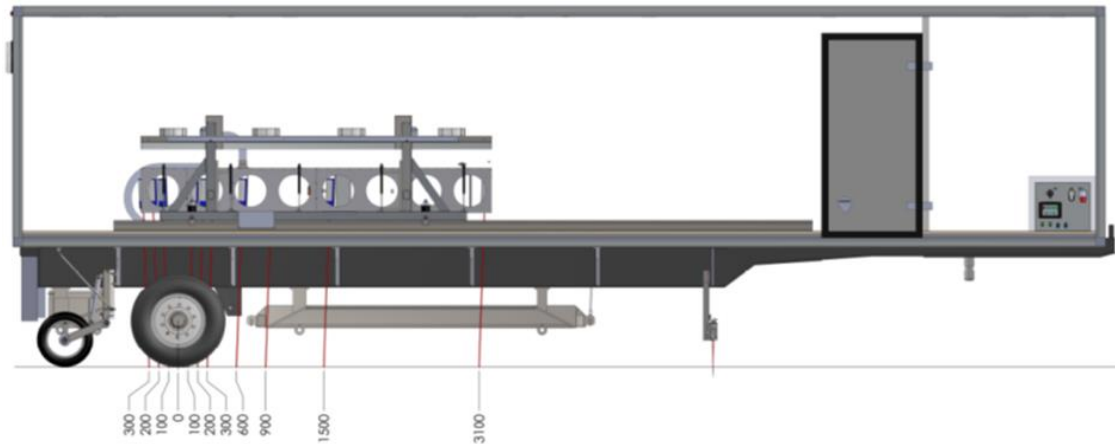
Traffic Speed Deflectometer (obr. 3) slouží ke zjišťování průhybů povrchu vozovky při přejezdu nápravy měřicího vozidla rychlostí 40 - 80 km/h. Průhyb, získaný při dynamickém zatížení, vyvolaný pohybujícím se kolem vozidla, nejvíce odpovídá skutečnému průhybu při zatížení vozidly pohybujícími se rychlostí dopravního proudu. Zařízení TSD vnáší do konstrukce vozovky během jízdy podobné dynamické zatížení (velikost, doba trvání) jako nákladní vozidla pohybující se v reálném provozu.

Na rozdíl od lokálního (statického) měření rázovým zařízením FWD měří TSD kontinuálně, a to v linii pojížděné kolem nápravy.

Odpadá tím problém s omezováním provozu na pozemních komunikacích, zejména vyšších tříd, který se vyskytuje při měření zařízením FWD. Zvyšuje se bezpečnost účastníků silničního provozu a osádky měřicího zařízení během měření. Další výhodou je rovněž rozsah měření, který umožňuje měřit až několik set kilometrů vozovek denně.

Zařízení tvoří jízdní souprava těžkého nákladního vozidla skládající se ze standardního tahače návěsů a z modifikovaného návěsu. Uvnitř jednonápravového návěsu je umístěn měřicí systém pro účely snímání odezvy vozovky na zatížení. Standardní zatížení na nápravu je 10 tun. Z tohoto důvodu je na podvozku návěsu nainstalována odpovídající zátěž. V klimatizovaném návěsu je umístěn tuhý nosník s příslušným počtem laserových snímačů pracujících na bázi

Dopplerova jevu (dále jen Doppler-laser snímače), které snímají povrch vozovky pravé stopy vozidla v ose dvojmontáže návěsu. Měření nelze provádět za deště nebo na mokré vozovce.



**Obr. 3:** Schéma návěsu zařízení TSD s tuhým nosníkem a Doppler-laser snímači [1]

### 3.2 Popis postupu měření

Pohybující se kolo zařízení TSD způsobuje deformaci povrchu vozovky v okolí zatížení od nápravy návěsu. Uvnitř návěsu je umístěn tuhý servo-hydraulický nosník s příslušným počtem snímačů, instalovaných v různých vzdálenostech od osy zatížení (obr. 4), využívajících Dopplerův jev v laserovém paprsku k měření rychlosti, kterou je deformován povrch vozovky („rychlost průhybu“ – z angl. deflection velocity).

Snímač měří rychlost krátkodobé vertikální deformace namáhaného povrchu vozovky ve směru vyslaného laserového paprsku, který se odrazí od povrchu vozovky (obr. 5).



**Obr. 4:** Tuhý nosník s Doppler-laser snímači uvnitř návěsu zařízení TSD, foto: archiv CDV



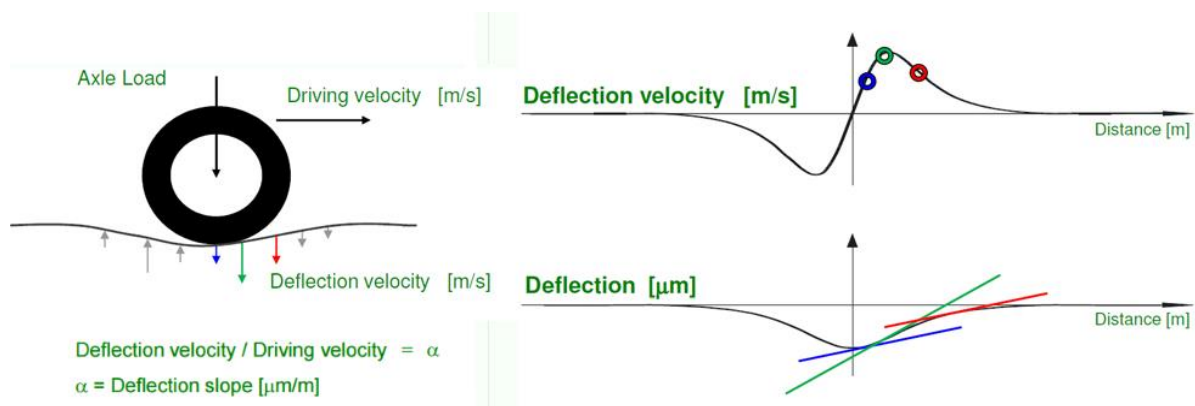
**Obr. 5:** Laserové paprsky 3 snímačů na povrchu měřené vozovky, foto: archiv CDV

Ze znalosti rychlostí deformace povrchu vozovky na různých pozicích Doppler-laser snímačů je možné získat představu o tvaru průhybu. Obr. 6 znázorňuje vektory rychlosti průhybu (deflection velocity) pod zatížením způsobeným odvalujícím se kolem. Společně s rychlostí

průhybu je znázorněna odpovídající průhybová křivka, kde jsou rovněž zobrazeny hodnoty „deflection slope“.

Hodnota „deflection slope“ se určí z poměru rychlosti deformace povrchu vozovky a rychlosti jízdy TSD zařízení. Poměrný přírůstek průhybu je roven směrnici tečny k průhybové křivce. Díky tomu, že směrnice (sklon) tečny průhybové křivky odpovídá derivaci průhybové křivky (sklon, respektive směrnice tečny odpovídá derivaci funkce v bodě), je možné vypočítat svislý posun povrchu vozovky (průhyb). To znamená, že z hodnoty „deflection slope“ je možné vypočítat průhyb.

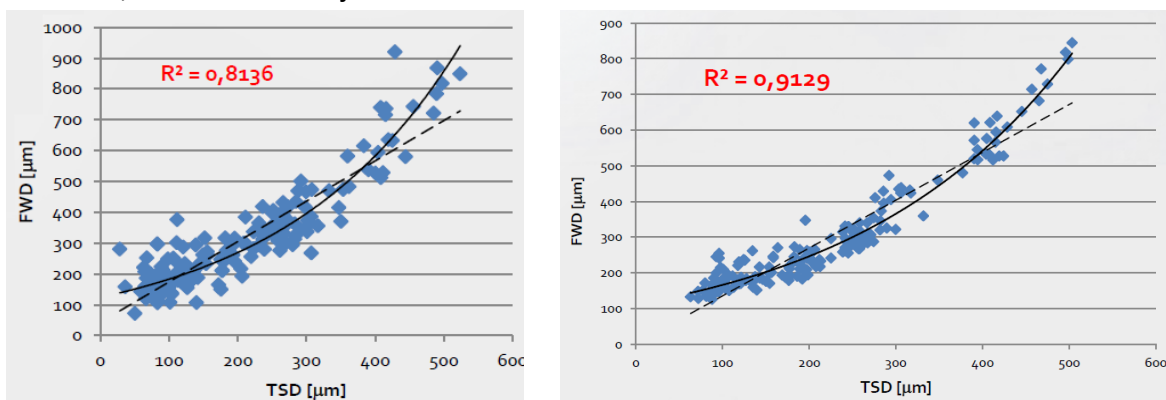
Pro hodnocení únosnosti se používají tradiční parametry jako je průhyb v ose zatížení  $d_0$  a index křivosti povrchu  $SCI_{300}$  ( $SCI_{300} = d_0 - d_{300}$ ), kde  $d_{300}$  je průhyb ve vzdálenosti 300 mm od osy zatížení.



**Obr. 6:** Tvar průhybu a vektory rychlosti průhybu pod kolem TSD (vlevo), rychlost deformace povrchu vozovky (rychlost průhybu) a průhybová křivka s tečnami (vpravo) [2]

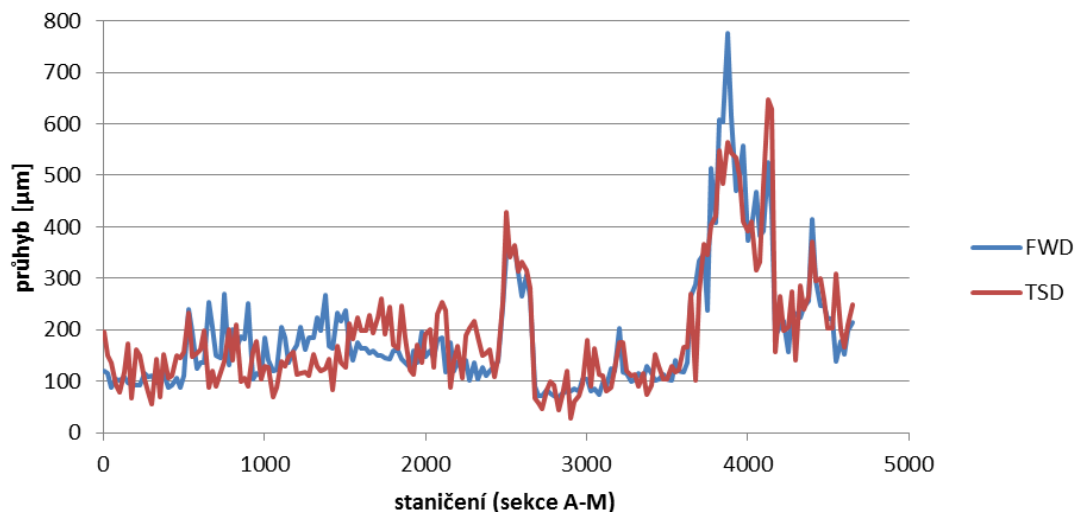
#### 4. Výsledek diagnostiky a vyhodnocení

Korelací mezi výsledky FWD a TSD bez jakýchkoliv korekcí byl stanoven koeficient determinace  $R^2 = 0,81$ . Po korekci průhybů na srovnávací teplotu a sílu se zvýšil koeficient determinace na hodnotu 0,91. Vliv korekce je uveden na obr. 7 a 8.



**Obr. 7 a 8:** Vliv korekce teploty - vlevo: před korekcí, vpravo: po korekci [3]

Vyhodnocení výsledků prokázalo stejnou tendenci průhybů, tj. nárůst hodnot změřených zařízením FWD odpovídal nárůstu hodnot zjištěných zařízením TSD (obr. 9). To znamená, že tendence (směrování) rozdílů je stejná, jako při výsledcích diagnostiky FWD. To je důležité z hlediska využitelnosti TSD pro hodnocení únosnosti na síťové úrovni.



**Obr. 9:** Srovnání výsledků mezi zařízením FWD a TSD, vytvořeno na základě poskytnutých dat a [3]

## 5. Závěr

Provedené měření prokázalo, že zařízení TSD je schopno produkovat výsledky, které dobře korelují s výsledky rázového zařízení FWD. To potvrzuje vhodnost využití vysokorychlostního deflektometru pro hodnocení únosnosti vozovek s asfaltovým krytem na síťové úrovni, za účelem tvorby homogenních úseků a lokalizace slabých míst na vozovce.

## 6. Literatura

- [1] BECKEDAHL, H. J. – KRARUP, J. – FERNE, B. 2015. Optimierung der Erhaltungsplanung durch den Einsatz des Tragfähigkeitsmesssystems Traffic Speed Deflectometer (TSD) für die Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnoberflächen von Straßen (ZEB). In *Straße und Autobahn*. 2015, no. 3, p. 202-209.
- [2] KRARUP, J. 2016. TSD Basics, and Latest Software Update. In *ERPUG forum (European Road Profile Users' Group), DaRTS6 group (Deflection at Road Traffic Speed)*. Praha, 2016.
- [3] SUDYKA, J., HARASIM, P. 2013. Traffic Speed Deflectometer – a Modern Tool in Road Network Evaluation of Bearing Capacity. Presentation of Project SPID (System for Pavement Infrastructure Diagnosis).