

16. SLOVENSKI
KONGRES

O PROMETU
IN PROMETNI
INFRASTRUKTURI



Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in
arhitekturo

Ustrezna nosilnost nevezanih nosilnih plasti kot osnova za načrtovanje trajnostne prometne infrastrukture

Damjan Želodec, mag. inž. prom.

DRI upravljanje investicij, Družba za razvoj infrastrukture, d. o. o.

Izr. prof. dr. **Marko Renčelj**, univ. dipl. inž. grad.

Red. prof. dr. **Bojan Žlender**, univ. dipl. inž. grad.

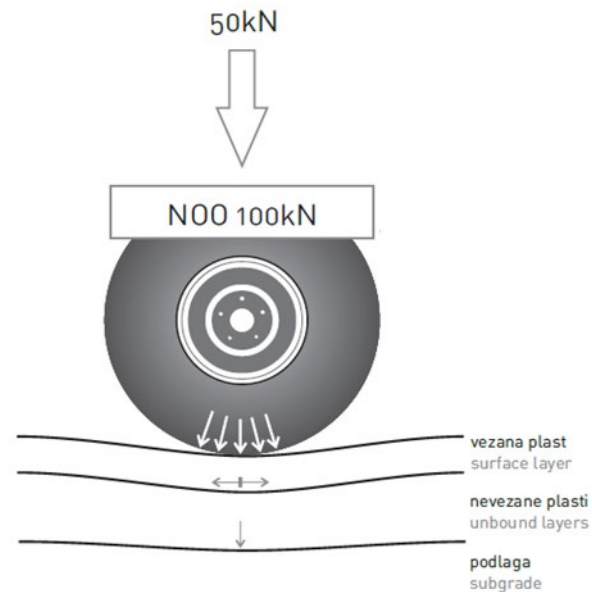
*Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno
inženirstvo in arhitekturo*

UVOD

- prometne obremenitve pogojujejo v voziščni konstrukciji časovno ponavljajoče se prostorsko napetostno stanje: normalne in strižne napetosti. Sposobnost voziščne konstrukcije, da jih prevzame, označujemo kot nosilnost,
- z naraščanjem prometnih obremenitev se povečujejo tudi zahteve glede nosilnosti vozniških površin. Zadostimo jih lahko z izboljšanjem kvalitete vgrajenih materialov, prilagoditvijo sestave zmesi in mešanic ter določitvijo primernih voziščnih konstrukcij,

UVOD

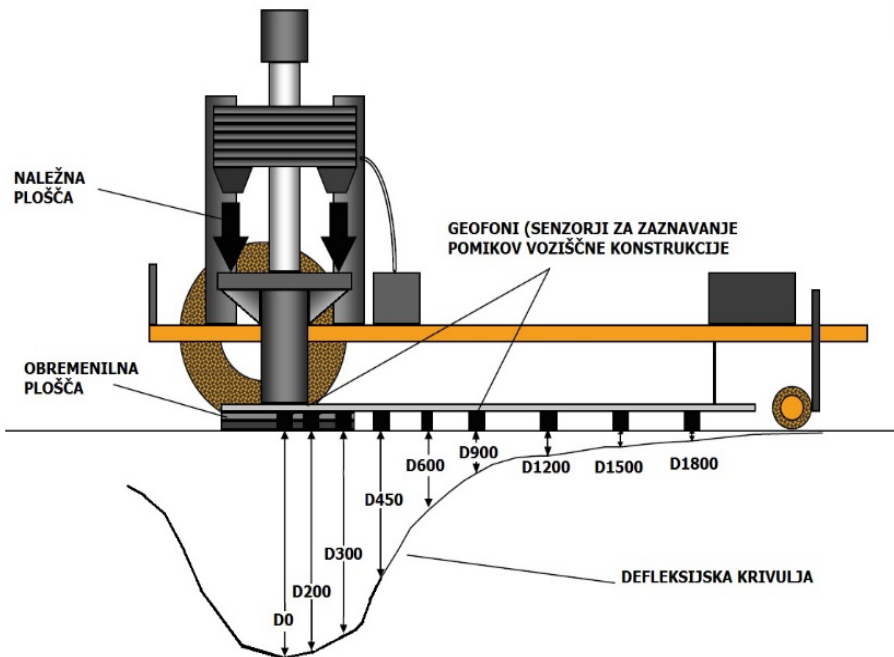
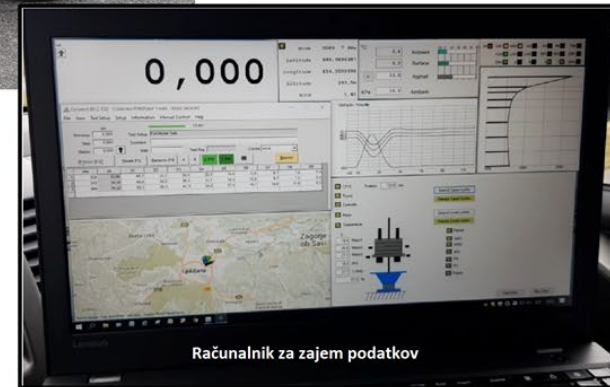
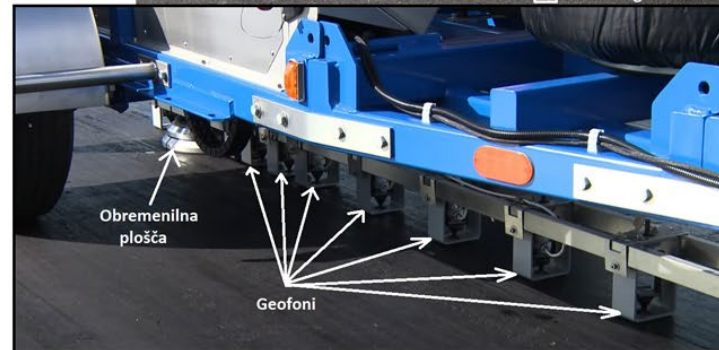
- nosilnost je v obratnem sorazmerju s podajnostjo vozne površine,
- optimalnost nosilnosti je zagotovljena le, če voziščna konstrukcija, kot celota lahko prevzame prometno obremenitev.



DEFLEKTOMETER S PADAJOČO UTEŽJO (*FWD – Falling Weight Deflectometer*)

- za meritve podajnosti voziščnih konstrukcij se uporablja naprava FWD danskega podjetja Dynatest,
- je testna aparatura, ki z neporušno metodo meri nosilnost voziščnih konstrukcij,
- sestavljata jo vlečno vozilo, prikolica in računalnik s programom za izvajanje ter zapisovanje rezultatov meritev v kabini vlečnega vozila,
- naprava FWD s pomočjo padajočih uteži na obremenilno ploščo, simulira obremenitev voziščne konstrukcije s 50 kN na kolo oz. 100 kN na os.

FWD



Računalnik za zajem podatkov

UPORABNOST NEPORUŠNIH METOD PRI NAČRTOVANJU PROMETNE INFRASTRUKTURE

Izvajanje meritev na ***asfaltnih voziščih***:

- izračun modulov elastičnosti (E-moduli) za posamezne plasti,
- izmerjene defleksije pod geofoni na različnih oddaljenostih od obremenilne plošče.

Izvajanje meritev na ***betonskih voziščih***:

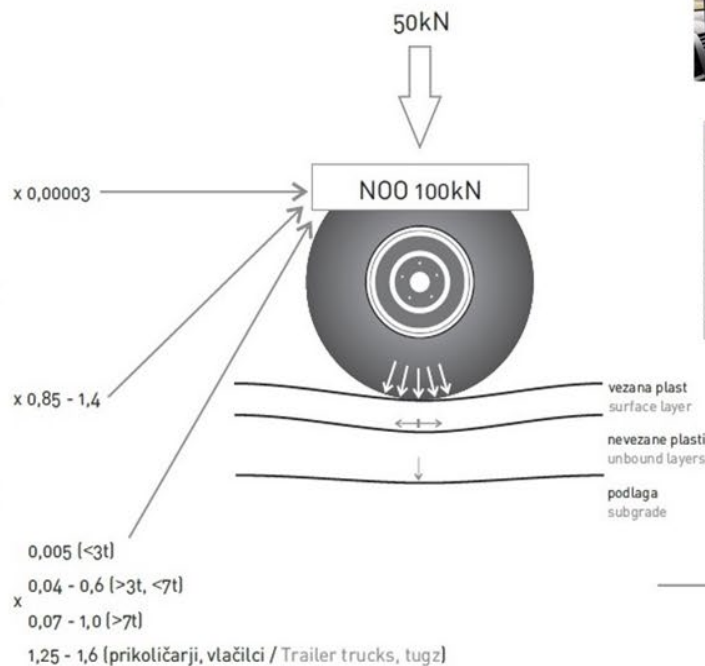
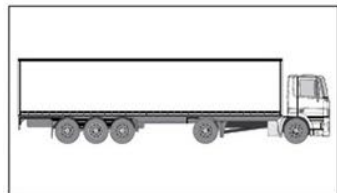
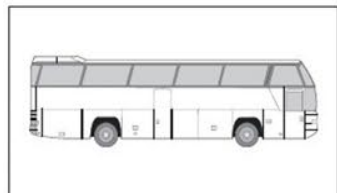
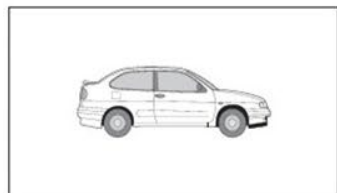
- učinkovitost prenosa obremenitev preko stika,
- odkrivanje votlih mest med stiki betonskih plošč,
- meritev podajnosti pod betonskimi ploščami.

MERITVE NA ASFALTNIH VOZIŠČIH

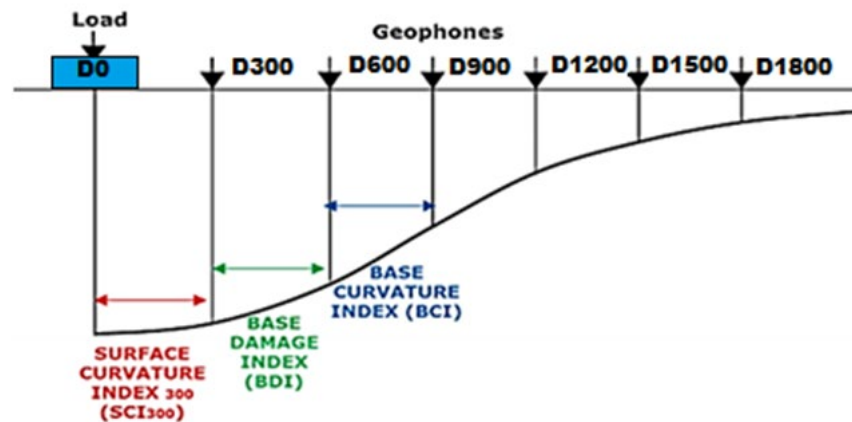
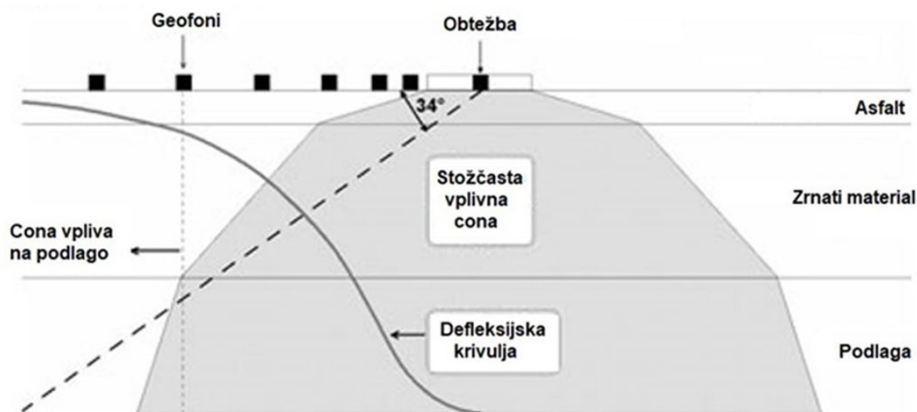
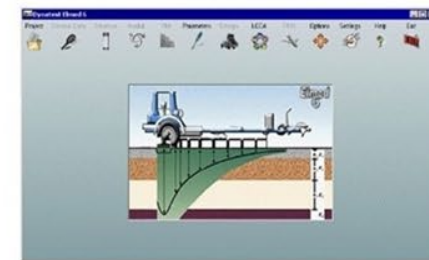
Glavni kazalniki stanja vozišča oziroma parametri krivulj podajnosti so:

- stanje celotne voziščne konstrukcije ali posedek pod obremenilno ploščo (D_0),
- površinski indeks ukrivljenosti SCI_{200} oziroma SCI_{300} (angl. *Surface Curvature Index*) in je kazalnik togosti asfaltnih plasti,
- indeks ukrivljenosti vmesnih plasti MLI/BDI ($D_{300}-D_{600}$, angl. *Middle Layer Index/Base Damage Index*), ki je kazalnik togosti nevezanih nosilnih plasti in posteljice,
- LLI/BCI ($D_{600}-D_{900}$, angl. *Lower Layer Indeks/Base Curvature Index*), je kazalnik togosti temeljnih tal/nasipa,
- podajnost pod geofonom D_{1800} , ki je kazalnik togosti podlage.

MERITVE NA ASFALTNIH VOZIŠČIH



Station	Time	Speed	Temp
0	0,000	0,0	10,0
1	0,001	0,0	10,0
2	0,002	0,0	10,0
3	0,003	0,0	10,0
4	0,004	0,0	10,0
5	0,005	0,0	10,0
6	0,006	0,0	10,0
7	0,007	0,0	10,0
8	0,008	0,0	10,0
9	0,009	0,0	10,0
10	0,010	0,0	10,0



IZRAČUN VREDNOSTI PARAMETRA *CBR* GLEDE NA VREDNOSTI KRIVULJ PODAJNOSTI

Izvedba nosilnosti podlage voziščnih konstrukcij z ostalimi metodami:



Terenske meritve



Laboratorijske meritve

REZULTATI MERITEV NA IZBRANIH ODSEKIH PROMETNE INFRASTRUKTURE

- **R3-656/3651 Kočevska Reka–Borovec od km 0,000 do km 6,000**

Lokacija meritev	$D_0(T)$ [μm]	CBR [%] (JAMESON, 1993)	CBR [%] (AASHTO, 1993)	CBR [%] (AASHTO, 2002)	CBR [%] (ROBERTS, 2006)	CBR [%] (TMR, 1993)
Od km 0,000 do km 6,000	131	53	52	47	26	96

- **R2-418/1199 Mokronog–Zbure od km 0,400 do km 2,600**

Lokacija meritev	$D_0(T)$ [μm]	CBR [%] (JAMESON, 1993)	CBR [%] (AASHTO, 1993)	CBR [%] (AASHTO, 2002)	CBR [%] (ROBERTS, 2006)	CBR [%] (TMR, 1993)
Od km 0,400 do km 2,600	362	127	579	531	60	713

- **R3-670/1244 Bizeljsko–Orešje od km 0,000 do km 5,240**

Lokacija meritev	$D_0(T)$ [μm]	CBR [%] (JAMESON, 1993)	CBR [%] (AASHTO, 1993)	CBR [%] (AASHTO, 2002)	CBR [%] (ROBERTS, 2006)	CBR [%] (TMR, 1993)
Od km 0,000 do km 5,240	905	16	21	19	8	18

ANALIZA PRIDOBLENIH REZULTATOV

R3-656/3651 Kočevska Reka–Borovec od km 0,000 do km 6,000

Izračunan CBR podlage je bil na splošno med 5 % in 10 %, kar kaže na ustrezno kakovost podlage. Po rekonstrukciji omenjenega odseka je razvidno, da so se vrednosti bistveno izboljšale (reciklaža s penjenim bitumnom).

R2-418/1199 Mokronog–Zbure od km 0,400 do km 2,600

Glede na dobljene rezultate meritev in posledično izračune vrednosti parametrov CBR lahko trdimo, da so povprečne vrednosti izredno visoke. Vzrok za to so meritve, narejene na mestih z mrežastimi razpokami, deformacijami, krpami itd.

R3-670/1244 Bizeljsko–Orešje od km 0,000 do km 5,240

Izračuni povprečnih vrednosti CBR in s tem tudi podajnosti pod obremenilno ploščo so pri omenjenem odseku ceste bližje realnemu stanju (v primerjavi s preostalima obravnavanima odsekoma), vendar še vedno previsoki.

ZAKLJUČEK

- Z izračunanimi vrednostmi CBR iz meritev FWD lahko dobimo dobro oceno dejanskega stanja nosilnih plasti. Težave se lahko pojavijo le pri voziščnih konstrukcijah, ki imajo debele asfaltne plasti in tako le-te prevzamejo določen del podajnosti,
- pri obravnavanih odsekih, vrednosti CBR izračunov precej odstopajo od realnega stanja. Razlog za to je, da na določenih merilnih mestih dobimo rezultate meritev, ki niso veljavni, predvsem zaradi meritev na razpokah, krpah, kolesnicah itd.,
- tuji avtorji so razvili enačbo za izboljšanje izračunov vrednosti CBR pri obravnavi tankih voziščnih konstrukcij z debelino asfaltne plasti manjšo od 50 mm. Le-ta temelji na podajnosti na razdalji 450 mm (D450) od obremenilne plošče (D900) (v našem primeru so debeline asfalta več kot 50 mm), zato enačbe ne moremo uporabiti,
- smiselno bi bilo narediti nove preračune oziroma prilagoditve zgoraj navedenih enačb z vplivnim območjem bližje obremenilni plošči (za enačbe uporabiti podatek podajnosti (μm) na oddaljenosti 450 mm (D450) namesto 900 mm (D900) od obremenilne plošče) in vse skupaj primerjati tudi s porušnimi preiskavami.

HVALA ZA POZORNOST

