PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK
A ZEMNÍ TĚLESO

Mechanická stabilizace jako nástroj optimalizace konstrukcí vozovek, včetně nízkokapacitních komunikací

Ing. Karol France
Tensar, a division of CMC
Mgr. Václav Mráz, Ph.D.
Česká zemědělská univerzita v Praze; Ředitelství silnic a dálnic s.p.
Piotr Mazurowski, MSc. Eng., P.E.
Tensar, a division of CMC

Datum **25.11.2026**

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

Súčasné výzvy pri návrhu vozoviek

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Typické problémy nízkokapacitních vozoviek

- Rast cien kameniva
- Dostupnosť materiálov, použitie recyklátov
- Požiadavky na životnosť a účinnost konštrukcie

Časté a typické poruchy

- Vznik koľají a nerovností už v krátkom čase
- Strata únosnosti
- Lokálne sadania, nerovnomerné sadanie
- Vysoké náklady na údržbu
- Rovnaké chyby pri návrhu, pridávanie hrúbky a časté opravy



Dostupné metódy stabilizácie plôch a vozoviek

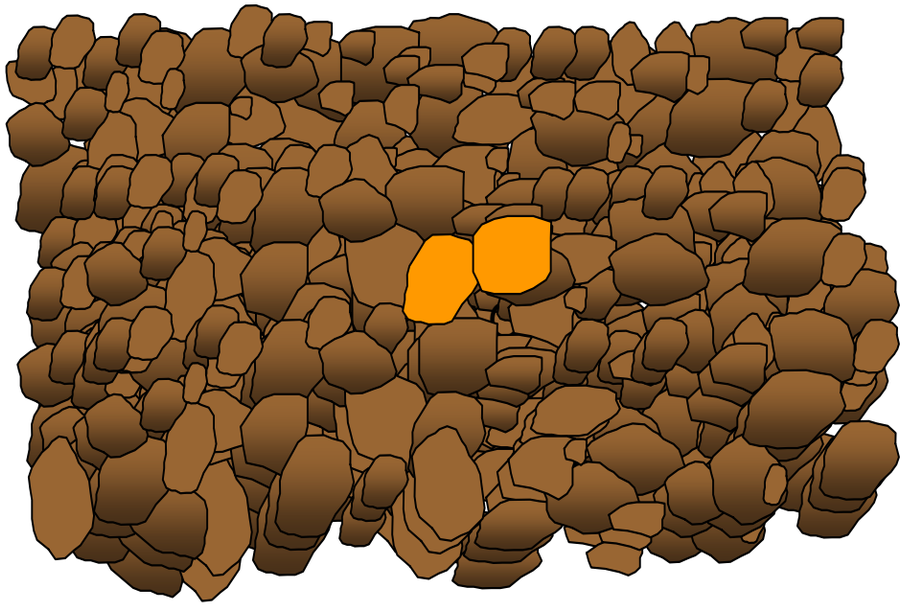
Projekty nízkokapacitných ciest sa často stretávajú s problematickým podložím.

K dispozícii sú mechanické a chemické resp. geosyntetické stabilizačné metódy.

V rôznych fázach životného cyklu projektu existujú rozdiely medzi jednotlivými prístupmi.

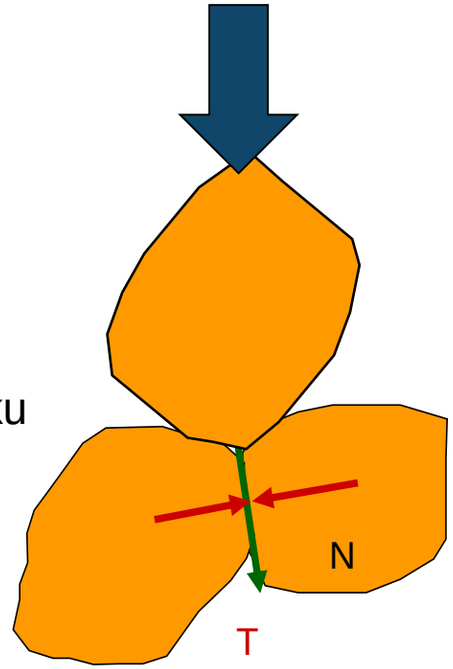


Kľúčom je mechanizmus kontaktu kameniva



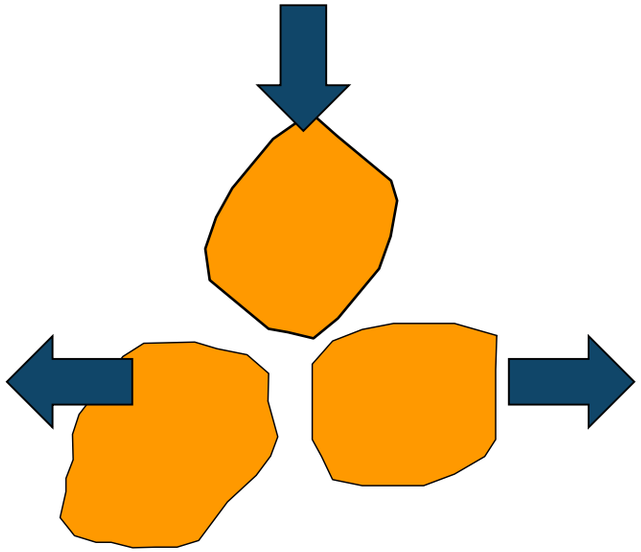
Mechanizmus zaklinenia

Kontaktné sily
riadia mechaniku
dislokácie zŕn



K dislokácii dochádza, ak je šmyková sila väčšia ako odporová sila.

Žiadne zaklinenie – možné veľké dislokácie

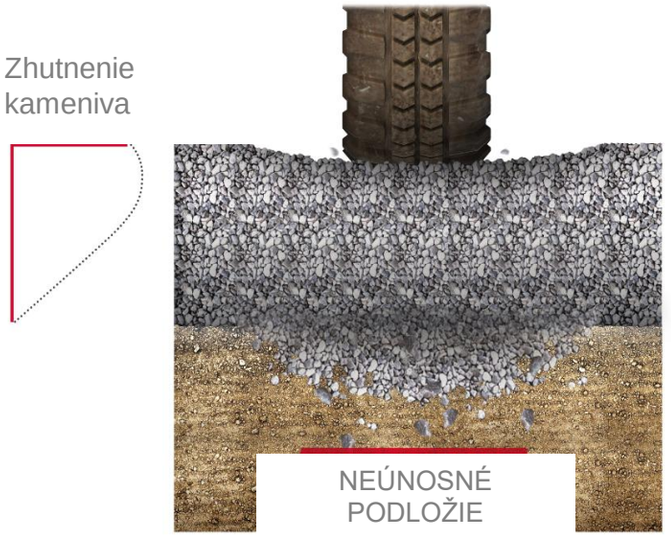


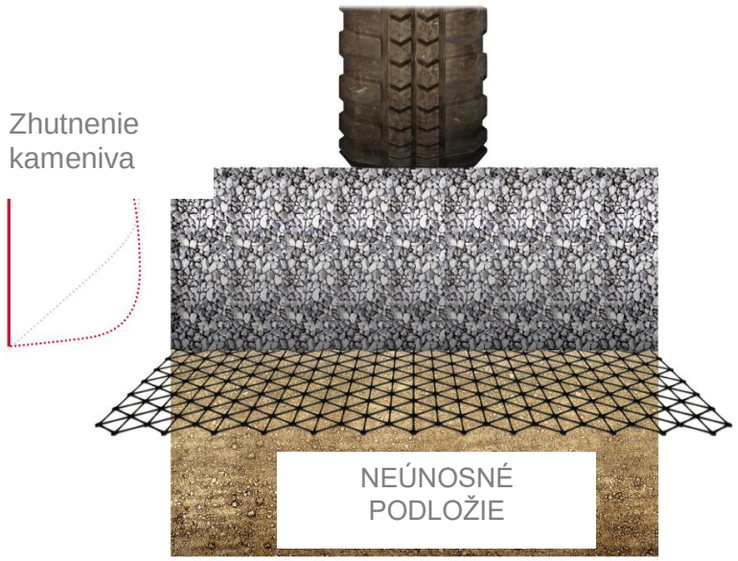
Ako zlepšiť a optimalizovať mechanickú stabilizáciu ?

Stabilizácia kameniva geomrežou

Účinok stabilizácie kameniva so stabilizačnou geomrežou:

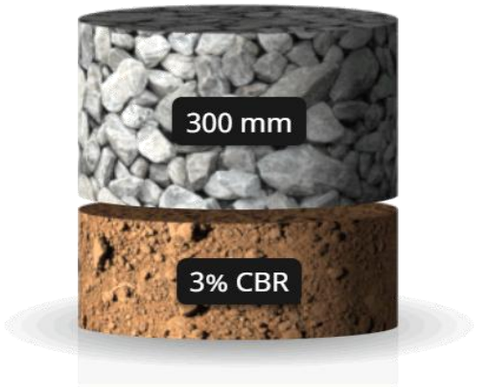
- správne zhutnenie kameniva na málo únosné podložie
- rovnomerné zhutnenie kameniva po celej výške vrstvy
- zastavenie „úniku“ kameniva do málo únosného podložia





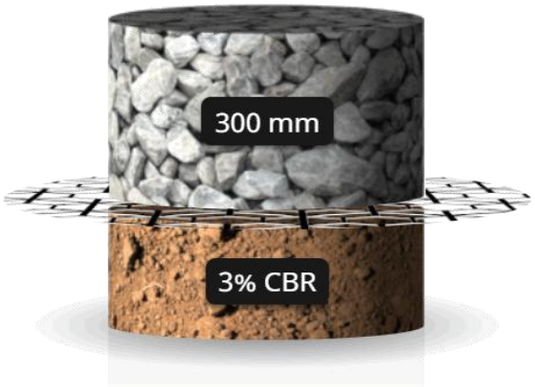
Stabilizácia kameniva geomrežou

Bez geomreže



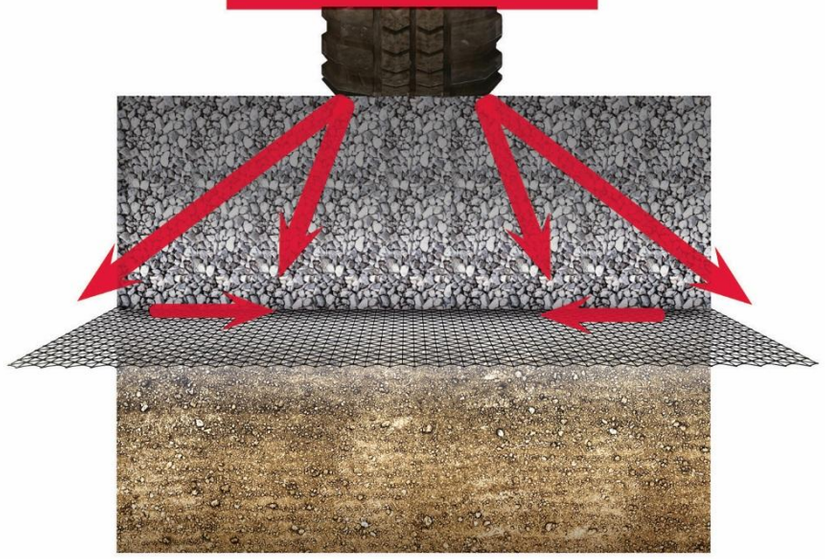


MSL s geomrežou



Zásadný rozdiel: výstuž ≠ stabilizácia

STABILIZÁCIA



Rôznotvarové Geomreže

Mechanizmus zazubenia a zadržania kameniva

Funkcia: stabilizačná

VYSTUŽOVANIE



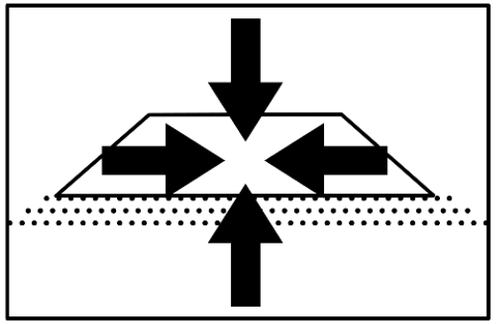
Geotextílie, Geomreže

Mechanizmus napnutej membrány

Funkcia: výstužná

Stabilizačná funkcia

Stabilizačnú funkciu geosyntetík uznala ISO (Medzinárodná organizácia pre normalizáciu) ako jednu zo samostatných funkcií, ktorú môže geosyntetika v konštrukcii plniť (spolu napríklad s výstužnými, separačnými, drenážnymi alebo filtračnými funkciami).



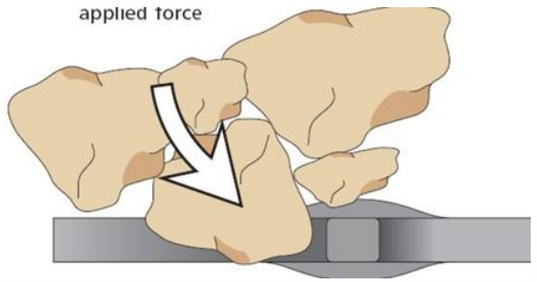
Stabilizačná funkcia je definovaná v norme
ČSN EN ISO 10318-1:2015/A1 Geosyntetika – Část 1: Termíny a definice

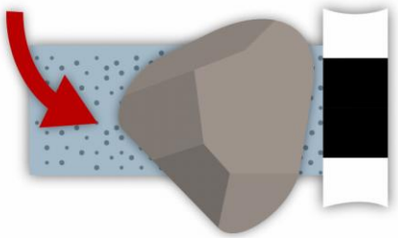
2.1.9 **Stabilizácia:** zlepšenie mechanických vlastností nestmeleného zrnitého materiálu vložením jedného alebo viacerých geosyntetických vrstiev, pričom dochádza k minimalizácii pohybu nestmeleného zrnitého materiálu a pri aplikovanom zaťažení je redukovaná jeho deformácia

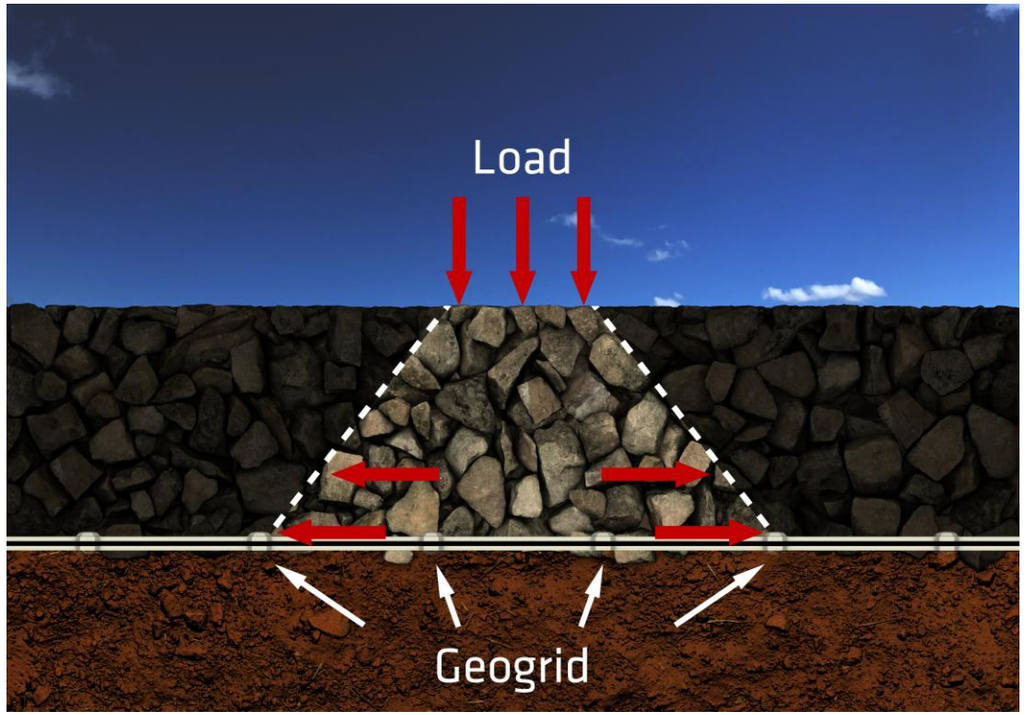
Mechanicky stabilizovaná vrstva MSL

Princípy fungovania stabilizácie MSL (geomreža + kamenivo)

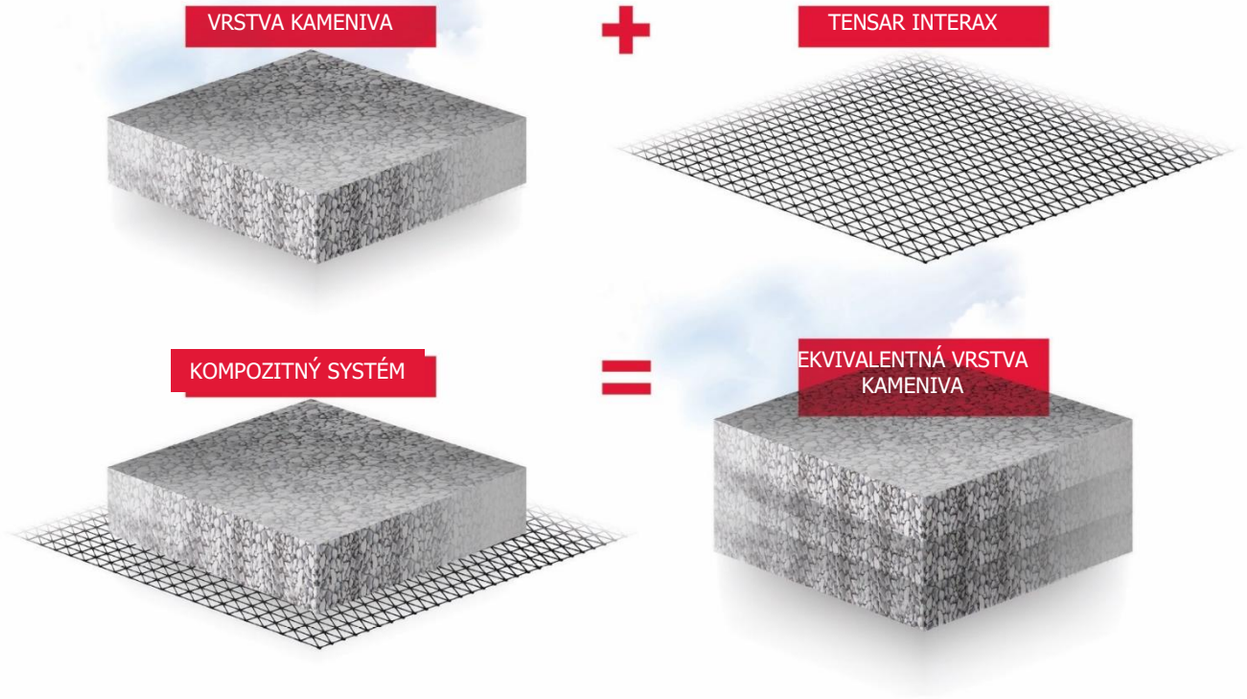
- mechanické blokovanie zŕn kameniva v pevnej sieti geomreže
- obmedzenie alebo vylúčenie možnosti pohybu kameniva do strán
- Rovnomerné zaťaženie podložia







Koncept mechanicky stabilizovanej zeminy (MSL)

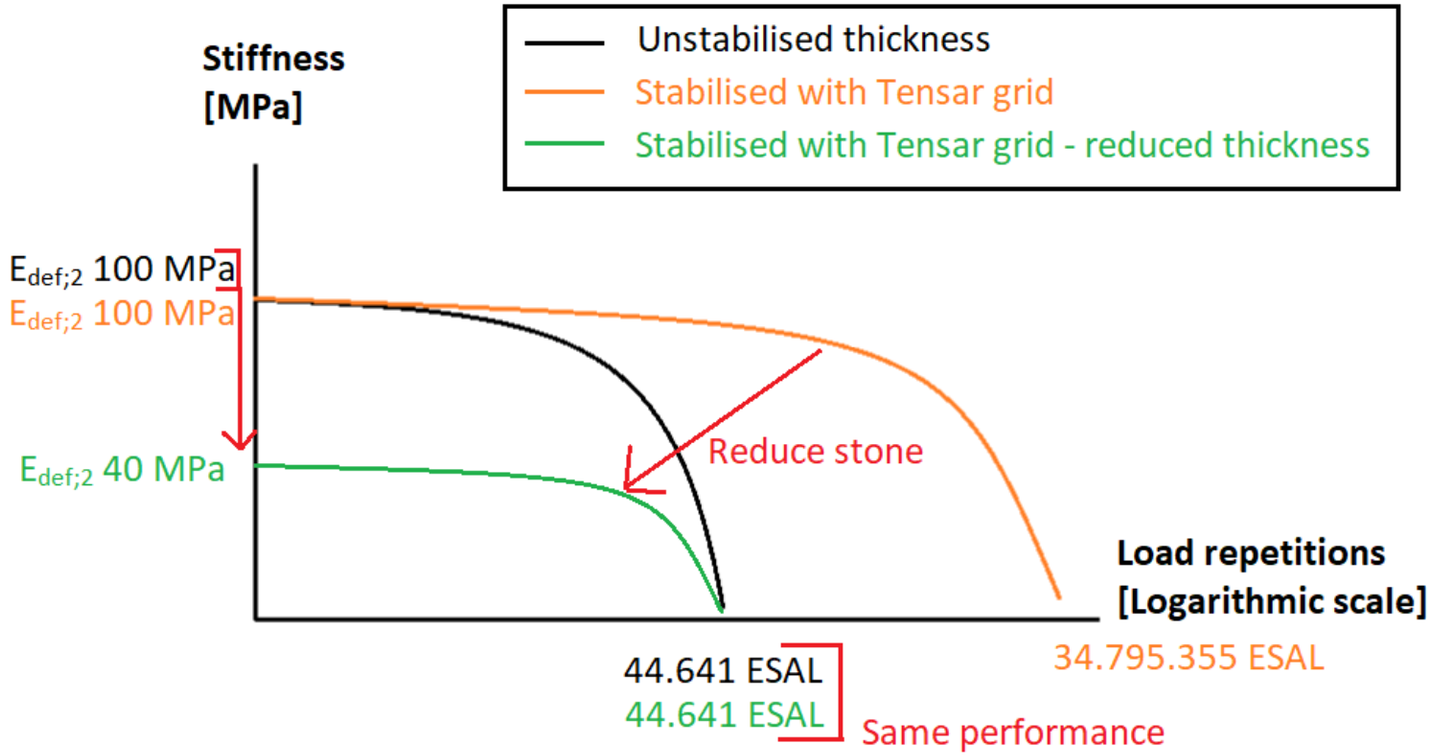


Kamenivo s jednou alebo viacerými vrstvami geomreže tvoria kompozit – mechanicky stabilizivanú vrstvu. (MSL). Vrstva kameniva stabilizovaná geomrežou môže byť z hľadiska únosnosti ekvivalentná samotnej vrstve kameniva, ktorá je o 50 až 100 % hrubšia.

Čo máme na mysli ak ide o málo únosné podložie?



Graf účinnosti stabilizácie pomocou geomreže



Príklad optimalizácie nízkokapacitnej vozovky v TP



Obr. 5 Katalogová konstrukce D1-A-2 V PIII: 4cm ACO11 / 9 cm ACP 22+ / 20cm SD / 15 cm SD



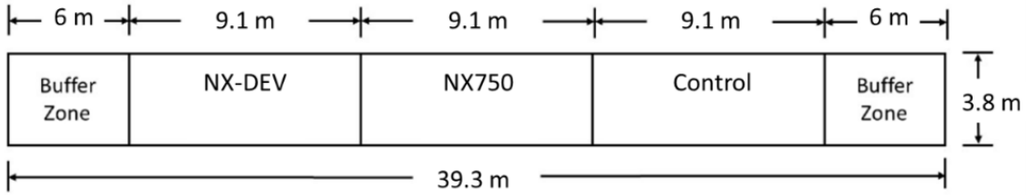
Obr. 6 Optimalizovaná struktura za použití geomříže Tensar® InterAx® NX750

Prevádzkové overenie a výskum

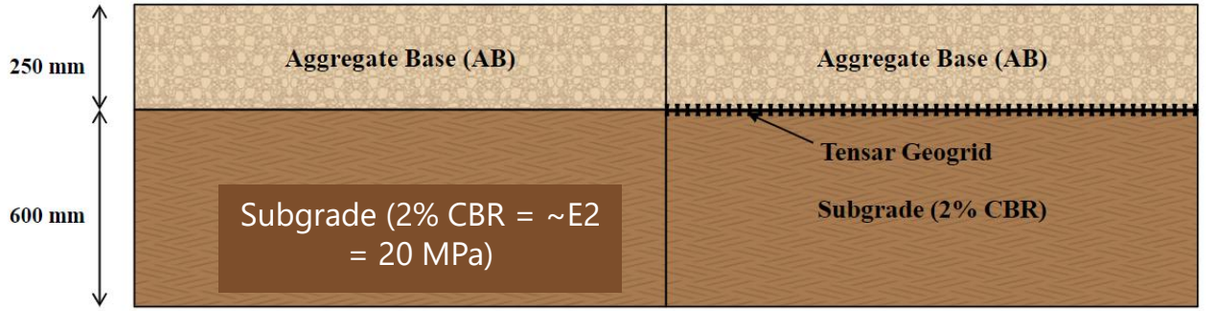
Skúšky geomreží so stabilizačnou funkciou v reálnych nespevnených vozovkách vo Výskumnom a vývojovom centre

USACOE

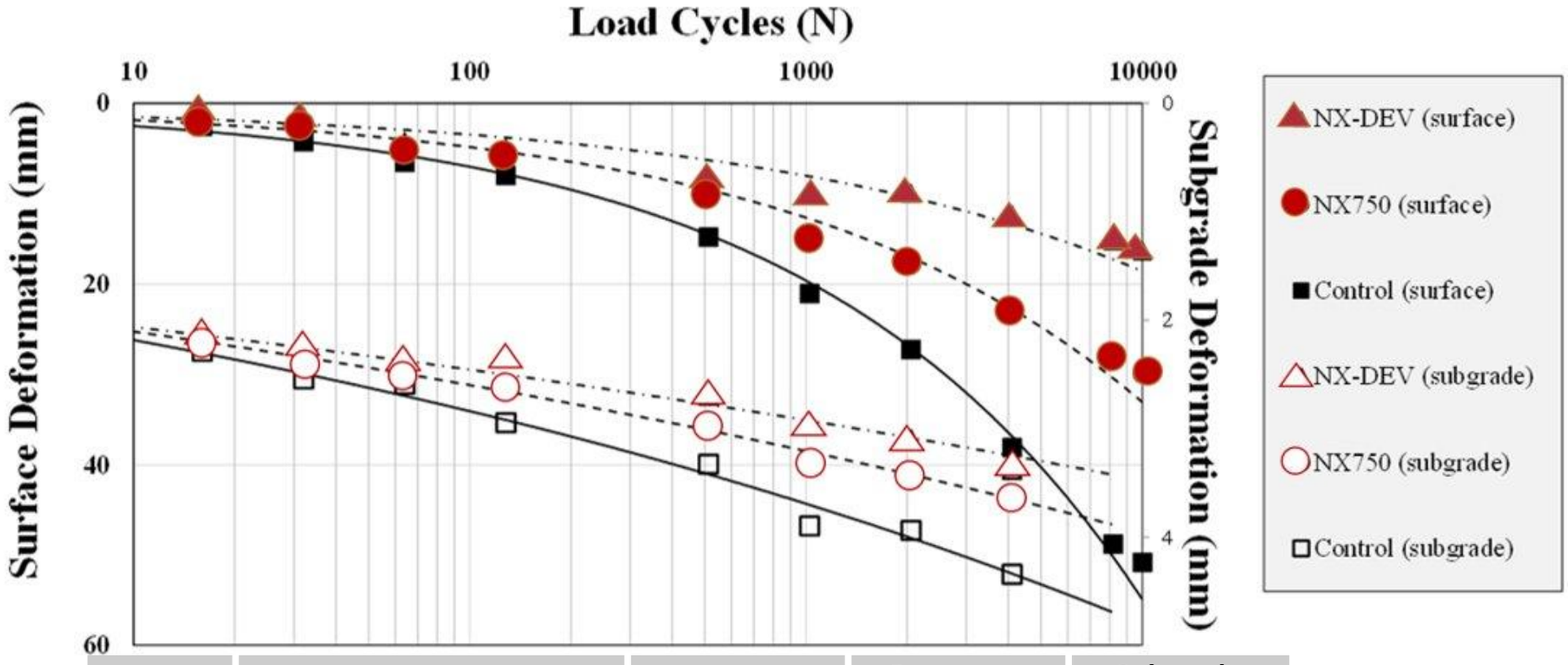
- Zariadenie na zber údajov o napätiach a deformáciách v rôznych hĺbkach.
- Meranie vyjazdených koľají a deformácií na povrchu podkladovej vrstvy a podložia.
- Zariadenie na zber údajov o napätiach a deformáciách v rôznych hĺbkach.
- Prejazdy nápravy so zdvojeným kolesom, 15.000 ESALs - ekvivalentný počet návrhových náprav



Skúšobné úseky v pôdoryse



Výsledky meraní testu ERDC 2021



	Inrease vs control section:	Rut depth reduction	Pavement deformation reduction	Subgrade deformation reduction
NX750	6 x no of passes	64%	49%	20%
NX-DEV	14 x no of passes	81%	75%	29%

Referencie a využitie mechanickej stabilizácii v nízkokapacitných komunikáciách

Referencia: Areleoch & Kilgallioch Wind Farm, Škótsko, 2009

- Zníženie/eliminácia podkopávania a násypov
- Zníženie požadovaného množstva kameniva
- Vegetácia poskytuje lepšiu „zdanlivú“ únosnosť podložia
- Rýchlejšia výstavba





Hrad Velhartice, Nespevnená komunikácia na prístupovej ceste

Problém a požadavky investora

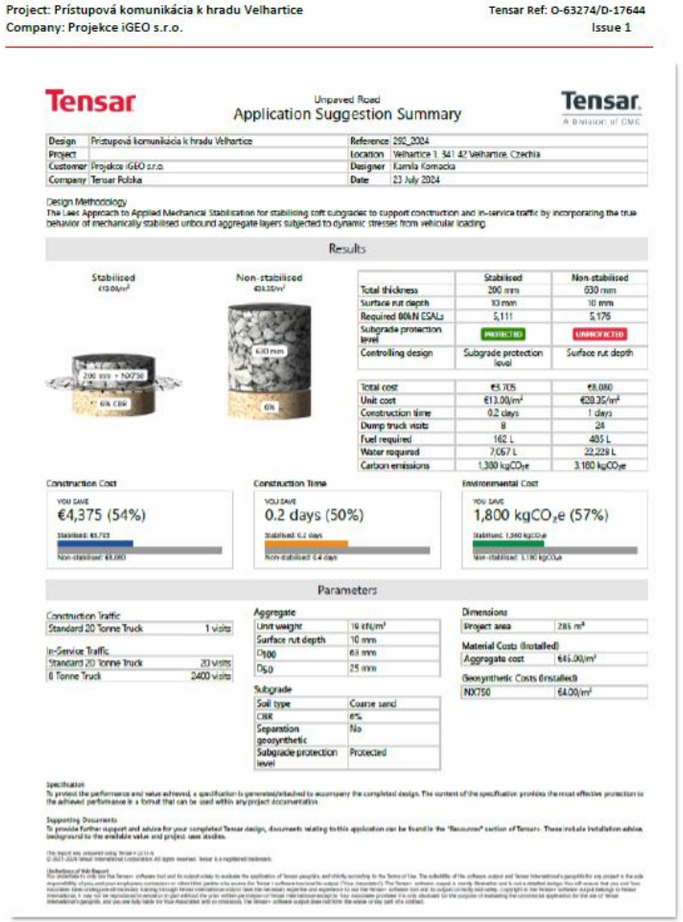
- Výstavba prístupovej komunikácie, v zlých podmienkach
- Predpokladaná vyššia záťaž na vozovku v budúcnosti kvoli prejazdu tazkou technikou.
- Dosiahnutie efektívnej únosnosi na povrchu s pouzitim menšej vrstvy štrkodrvi
- Udržateľnosť a uhlíková stopa ako požiadavka



Hrad Velhartice, Nespevnená komunikácia na prístupovej ceste

Riešenie a výsledok

- Použitie mechanicky stabilizovanej vrstvy s multiaxiálnou geomrežou
- Zníženie objemu zemných prác
- Realizácia bez potreby prerušenia inžinierskych sietí
- Optimalizácia navážky a šetrenie kameniva
- Zvýšenie životnosti a únosnosti



Project: Prístupová komunikácia k hradu Velhartice
Company: Projekce iGEO s.r.o.
Tensar Ref: O-63274/D-17644
Issue 1

Tensar

Unpaved Road
Application Suggestion Summary

Tensar
A Division of CMC

Design	Prístupová komunikácia k hradu Velhartice	Reference	292_2024
Project		Location	Velhartice 1, 341 42 Velhartice, Czechia
Customer	Projekce iGEO s.r.o.	Designer	Kamila Komacka
Company	Tensar Polska	Date	23 July 2024

Design Methodology
The Lees Approach to Applied Mechanical Stabilization for stabilising soft subgrades to support construction and in-service traffic by incorporating the true behavior of mechanically stabilised unbound aggregate layers subjected to dynamic stresses from vehicular loading.

Results

Stabilised
Non-stabilised

	Stabilised	Non-stabilised
Total thickness	200 mm	630 mm
Surface rut depth	10 mm	10 mm
Required 80kN ESALs	5,111	5,176
Subgrade protection level	PROTECTED	UNPROTECTED
Controlling design	Subgrade protection level	Surface rut depth
Total cost	€4,705	€8,080
Unit cost	€13.00/m²	€20.35/m²
Construction time	0.2 days	1 days
Dump truck visits	8	28
Fuel required	162 L	485 L
Water required	7,067 L	22,228 L
Carbon emissions	1,380 kgCO2e	3,180 kgCO2e

Construction Cost
YOU SAVE €4,375 (54%)

Construction Time
YOU SAVE 0.2 days (50%)

Environmental Cost
YOU SAVE 1,800 kgCO2e (57%)

Parameters

Construction Traffic

Standard 20 Tonne Truck	1 visits

In-Service Traffic

Standard 20 Tonne Truck	20 visits
6 Tonne Truck	2400 visits

Aggregate

Unit weight	19 kN/m³
Surface rut depth	10 mm
D_{100}	63 mm
D_{50}	25 mm

Subgrade

Soil type	Coarse sand
CBR	6%
Separation geosynthetic	No
Subgrade protection level	Protected

Dimensions

Project area	285 m²

Material Costs (Installed)

Aggregate cost	€45.00/m³

Geosynthetic Costs (Installed)

NX750	€4.00/m²

Specification
To protect the performance and value achieved, a specification is generated/attached to accompany the completed design. The content of the specification provides the most effective protection to the achieved performance in a format that can be used within any project documentation.

Supporting Documents
To provide further support and advice for your completed Tensar design, documents relating to this application can be found in the "Resources" section of Tensar+. These include installation advice, background to the available value and project case studies.

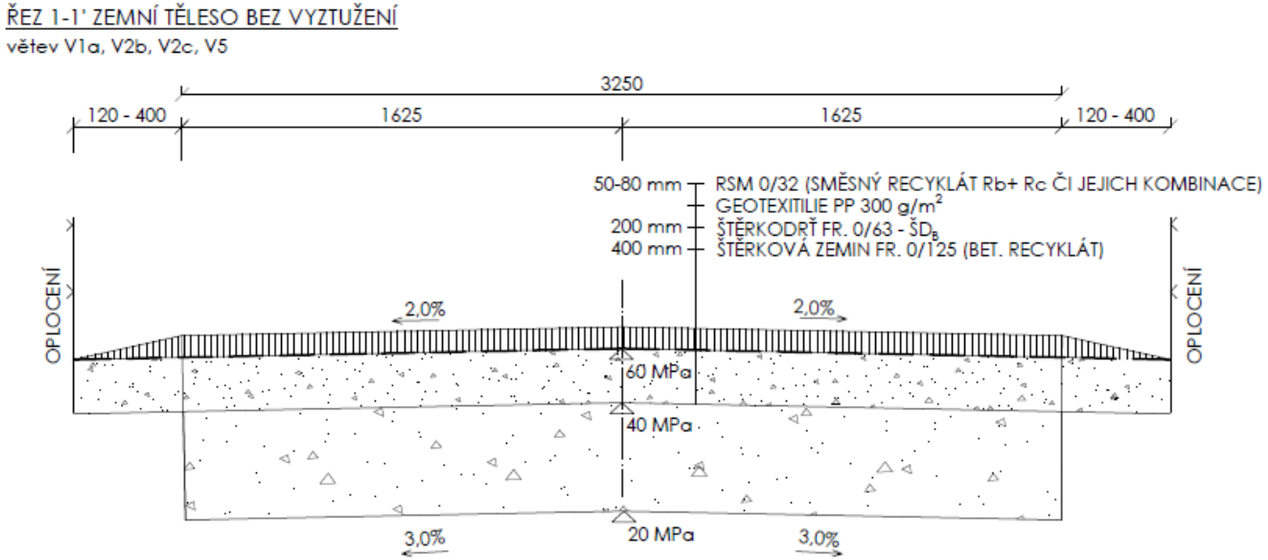
The report was prepared using Tensar+ v2.11.0
© 2021-2024 Tensar International Corporation. All rights reserved. Tensar is a registered trademark.

Limitations of this Report
This report is only valid for Tensar+ software tool and its output solely to evaluate the application of Tensar geogrids, and strictly according to the Terms of Use. The suitability of the software output and Tensar International's geogrid(s) for any project is the sole responsibility of you and your engineer(s). Tensar International accepts no liability whatsoever upon the use of Tensar+ software output and Tensar International's geogrid(s) by third parties. Tensar International's liability is limited to the extent of the Tensar+ software output and Tensar International's geogrid(s) as detailed in the Terms of Use. Copyright in the Tensar+ software output belongs to Tensar International. It may not be reproduced or extracted or in part without the prior written permission of Tensar International Limited. Tensar International's geogrids are sold subject to the terms and conditions of Tensar International's standard terms and conditions of sale, which are available upon request. Tensar International does not warrant the fitness or any part of its contract.

Kolín: Návrh účelovej cesty

Problém a požadavky investora

- Návrh prístupovej komunikacie
- Predpokladaná vyššia záťaž pre túto účelovú komunikáciu.
- Potreba vysokých výkopov a zrýchlenia výstavby
- Použitie recyklovaného zásypového materiálu



Kolín: Návrh účelovej cesty

Riešenie a výsledok

- Použitie mechanicky stabilizovanej vrstvy s multiaxiálnou geomrežou
- Zníženie objemu zemných prác
- Optimalizácia vrstiev a návrh presne podľa IGP
- Optimalizácia navážky a šetrenie kameniva, použitie recyklátu
- Zvýšenie životnosti a únosnosti

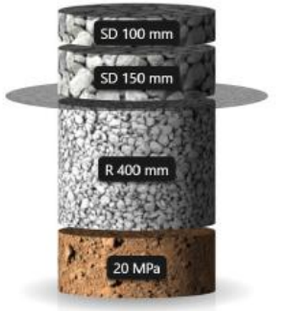
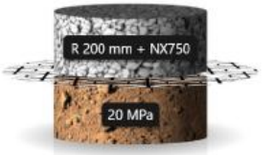


PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC



Zásypový materiál – 0-63

Reference 2-2 $E_{def,2}$ = 20 MPa	Tensar proposal 2-2 $E_{def,2}$ = 20 MPa	Value compared to Reference 2-2
		
>>308.000 ESAL (100kN) Traffic category >>IV SD $E_{def,2}$ > 60 MPa ✓ SD 100 mm SD 150 mm geotextile R 400 mm Subsoil $E_{def,2}$ = 20 MPa ✓	308.000 ESAL (100kN) Traffic category V-IV R $E_{def,2}$ > 60 MPa ✓ R 200 mm Subsoil $E_{def,2}$ = 20 MPa ✓ 1 layer NX750 ✓	Based on: ○ 940 m2 100% less SD 50% less R Total less **€ 5.800**

Statický návrh konštrukcie podľa vstupov od projektanta

6.Závery a odporúčania pre prax

Návrhové odporúčania pre projektantov

- Kvalitná diagnostika a vstupy pred návrhom podložných vrstiev
- Presné definovanie charakteristiky podložia, aktívnej zóny, jej úpravu, hrúbku a typ použitého zásypového materiálu
- Požadovaná funkcia a poloha geomreže, návrh celkovej vrstvy a definovanie spolupôsobenia kameniva a geomreže.
- Účinok a použitie geomreže spolu s kamenivom, musí byť preukázaná prostredníctvom deklarovaných mechanických a výkonnostných vlastností relevantných pre mechanizmus stabilizácie.
- Návrhové dopravné zaťaženie a životnosť, prípadne určenie povolených deformácii alebo iné výkonnostne kritérium
- Urcenie spravneho sposobu kontroly pri realizácii

Pre návrh účelových komunikácií je dôsledok praktický: geomreža nie je náhradou geotechnického prieskumu ani riešením všetkých neúnosných zemín. Je technologickým prvkom, ktorým možno zvýšiť účinnosť vhodne zvoleného kameniva nad daným podložím.

Menej kameniva. Vyššia účinnosť. Dlhšia životnosť.

Stabilizačná geomreža v mechanickej stabilizácii nie je len doplnkom konštrukcie. Je nástrojom na riadenie jej výkonnosti.

Ďakujem Vám za pozornosť.

www.tensarplus.com
karol.france@cmc.com
vaclav.mraz@rsd.cz