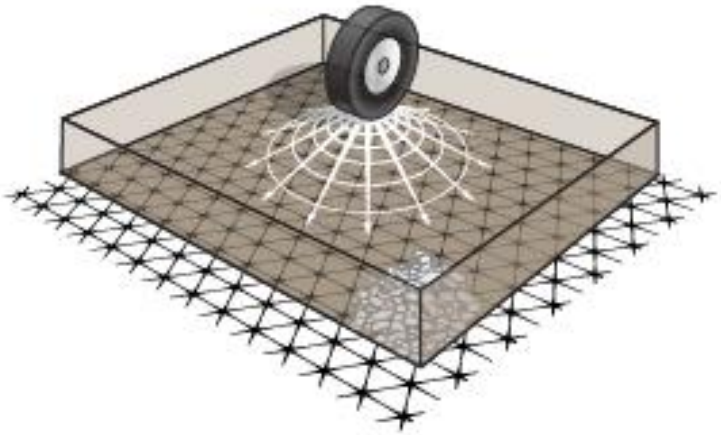
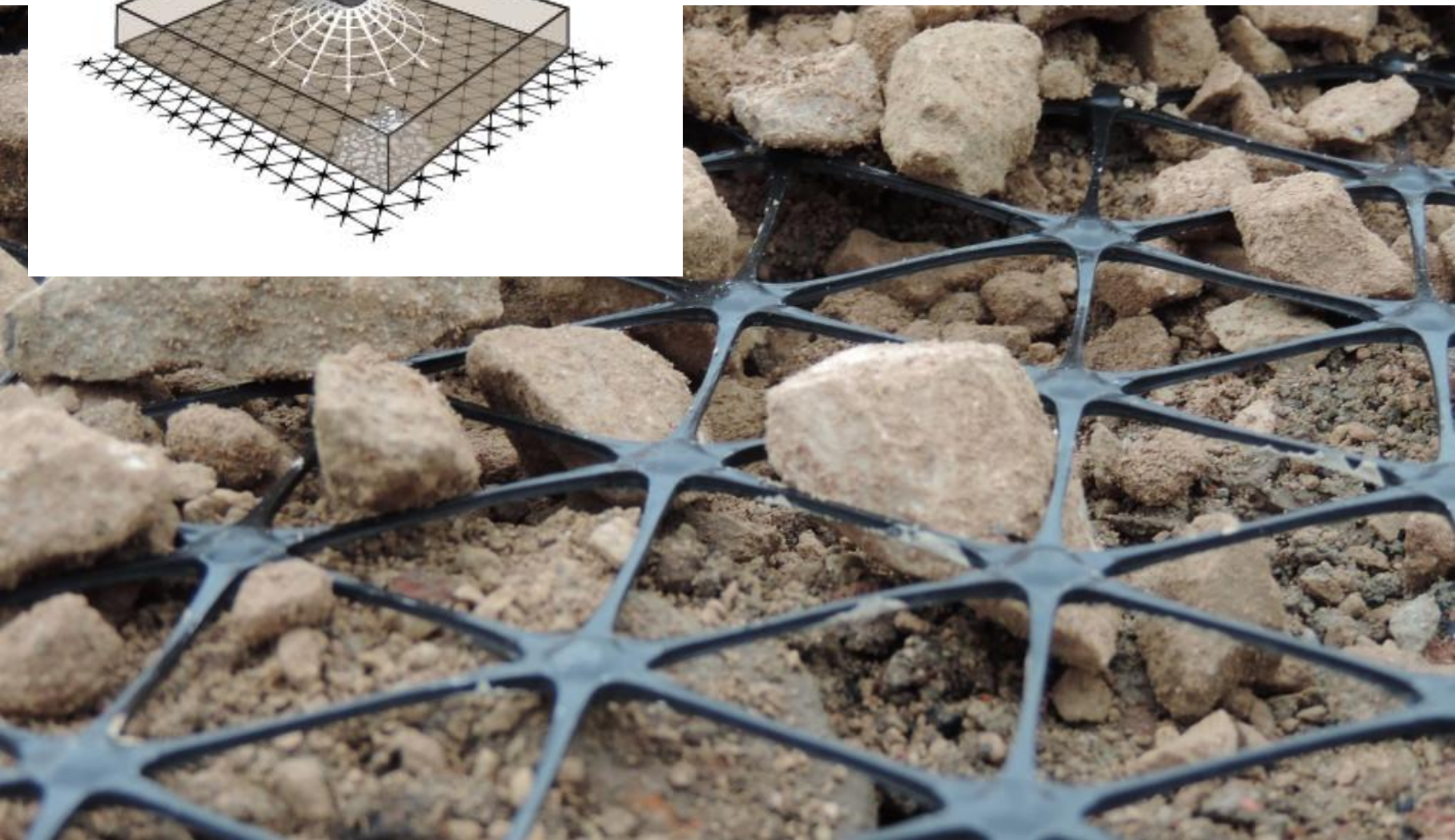
OPTYMALIZACJA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DZIĘKI STABILIZACJI PODBUDOWY GEORUSZTEM TRÓJOSIOWYM

Piotr Mazurowski
Menadżer ds. Technologii Optymalizacji Nawierzchni

Georuszt trójosiowy Tensar TriAx do stabilizacji warstw kruszywa





Georuszty trójosiowe w konstrukcji nawierzchni

Georuszty trójosiowe Tensar TriAx są z powodzeniem stosowane w budownictwie drogowym od ponad 10 lat.

Dotychczas stosowane były przede wszystkim w warstwach ulepszonego podłoża konstrukcji wykonywanych na gruncie o niskiej nośności

Brief History of Tensar

Amount of TriAx installed to date*

160,000,000m²

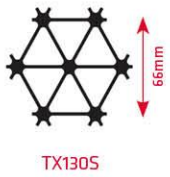
That's equivalent to:

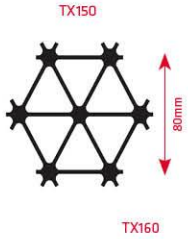
50
return journeys to the moon

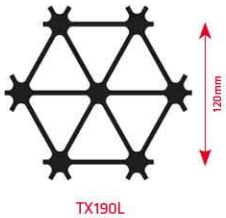
940
trips round the meridian equator

2017

TriAx®
10 years of TriAx geogrid







* EH Only. Based on a 4.0m wide roll

Nowe podejście:

Optymalizacja konstrukcji nawierzchni

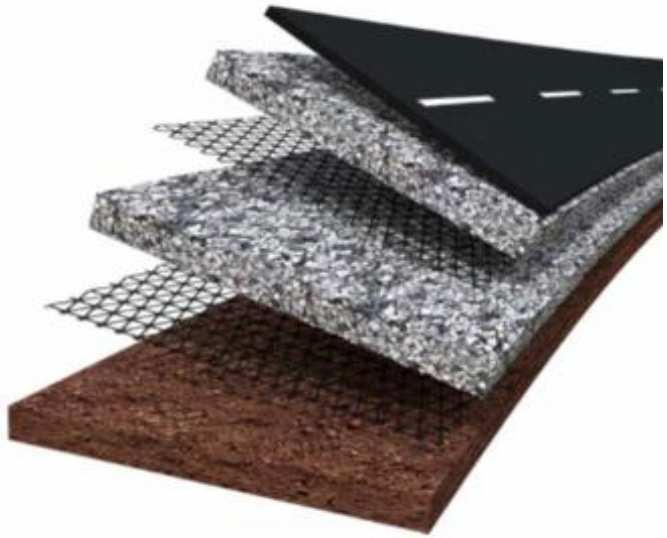
Optymalizacja konstrukcji nawierzchni

to wykorzystanie warstw **kruszywa stabilizowanego georusztem hexagonalnym** w celu zredukowania grubości konstrukcji (w tym warstw asfaltowych) przy zachowaniu wymaganej trwałości.

Alternatywnie: zwiększenie trwałości konstrukcji przy zachowaniu jej grubości lub kombinacja obu efektów.

Optymalizacja konstrukcji nawierzchni

Optymalizacja nawierzchni jest możliwa zarówno dla konstrukcji wykonywanych na **słabym podłożu**, jak i dla konstrukcji wykonywanych na **nośnym podłożu**

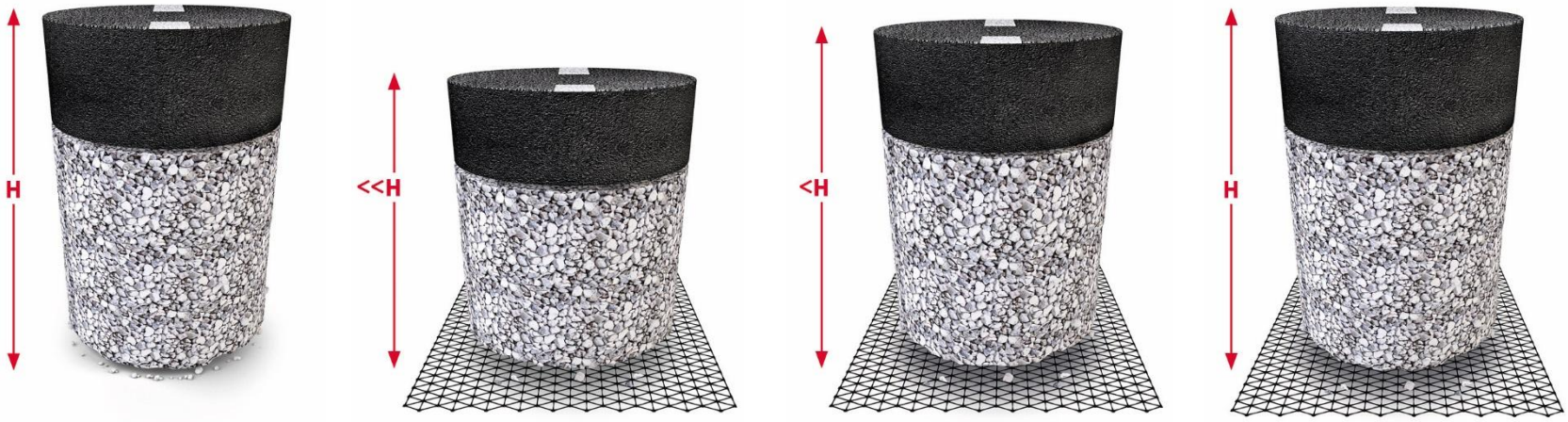


Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu

OPCJA PIERWSZA

OPCJA DRUGA

OPCJA TRZECIA



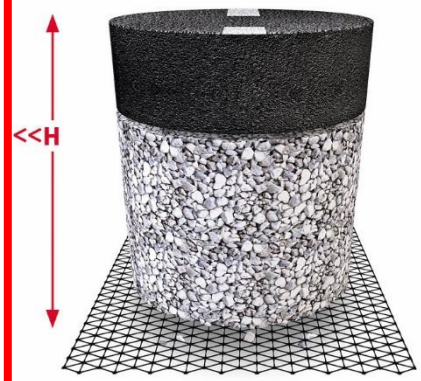
1,000,000 OSI	1,000,000 OSI	DO 3,000,000 OSI	DO 6,000,000 OSI
Projekt wyjściowy	Taka sama trwałość NAJNIŻSZE KOSZTY	Do 3 x trwałość wyjściowa TEN SAM KOSZT	Do 6 x trwałość wyjściowa NAJNIŻSZE KOSZTY BUDOWY I EKSPLOATACJI

Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu

1,000,000 OSI

Projekt wyjściowy

OPCJA PIERWSZA



1,000,000 OSI

Taka sama trwałość
NAJNIŻSZE KOSZTY

OPCJA DRUGA

DO 3,000,000 OSI

Do 3 x trwałość wyjściowa
TEN SAM KOSZT

OPCJA TRZECIA

DO 6,000,000 OSI

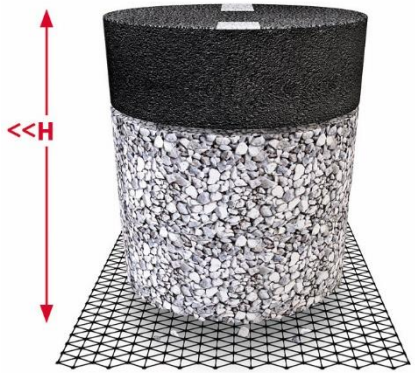
Do 6 x trwałość wyjściowa
NAJNIŻSZE KOSZTY
BUDOWY I EKSPLOATACJI

Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu

1,000,000 OSI

Projekt wyjściowy

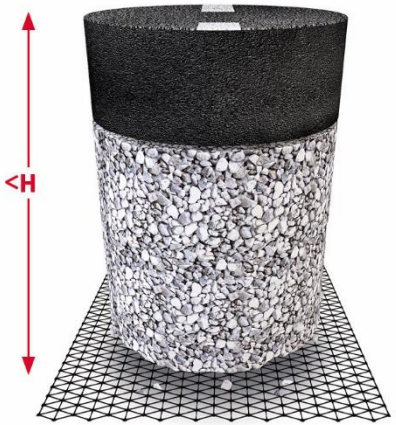
OPCJA PIERWSZA



1,000,000 OSI

Taka sama trwałość
NAJNIŻSZE KOSZTY

OPCJA DRUGA



DO 3,000,000 OSI

Do 3 x trwałość wyjściowa
TEN SAM KOSZT

OPCJA TRZECIA

DO 6,000,000 OSI

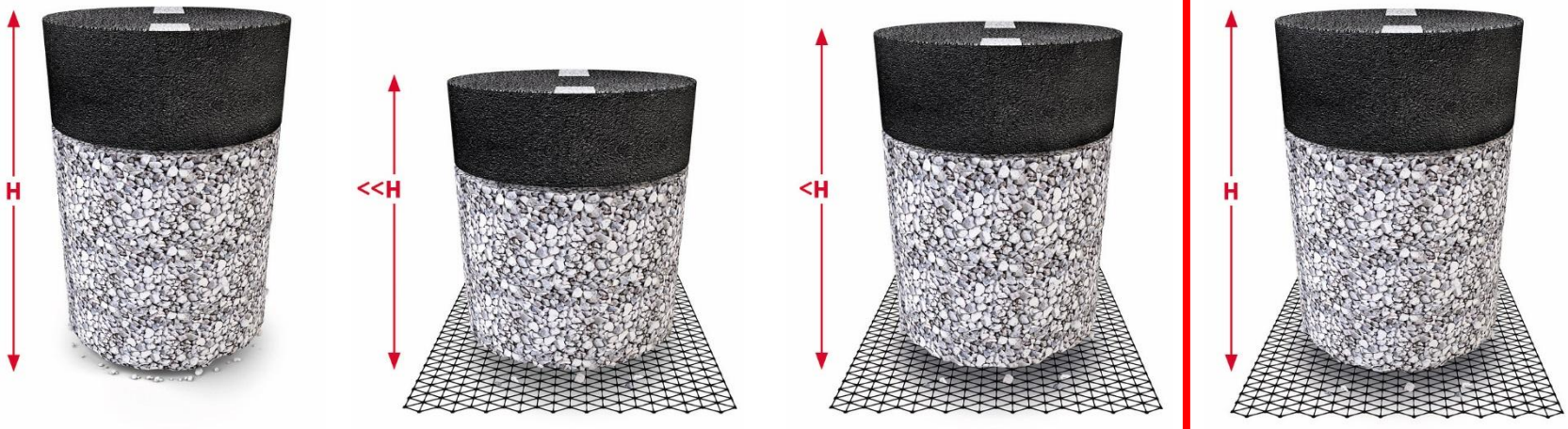
Do 6 x trwałość wyjściowa
NAJNIŻSZE KOSZTY
BUDOWY I EKSPLOATACJI

Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni i/lub zredukowanie jej kosztu

OPCJA PIERWSZA

OPCJA DRUGA

OPCJA TRZECIA



1,000,000 OSI	1,000,000 OSI	DO 3,000,000 OSI	DO 6,000,000 OSI
Projekt wyjściowy	Taka sama trwałość NAJNIŻSZE KOSZTY	Do 3 x trwałość wyjściowa TEN SAM KOSZT	Do 6 x trwałość wyjściowa NAJNIŻSZE KOSZTY BUDOWY I EKSPLOATACJI

Amerykańska norma AASHTO R 50-09 „Wzmocnienie geosyntetykami podbudowy z kruszywa w nawierzchniach podatnych

Standard Practice for

Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures

AASHTO Designation: R 50-09[1]

1. SCOPE

1.1. This standard practice provides guidance to pavement designers interested in incorporating geosynthetics for the purpose of reinforcing the aggregate base course of flexible pavement structures. Geosynthetic reinforcement is intended to provide structural support of traffic loads over the life of the pavement.

1.1.1. For the purpose of this guide, base reinforcement is the use of a geosynthetic within, or directly beneath, the granular base course.

1.1.2. When referring to geosynthetics, the discussion is limited to geotextiles, geogrids, or geogrid/geotextile composites.

2. REFERENCED DOCUMENTS

2.1. *AASHTO Standard*:

- M 288, Geotextile Specification for Highway Applications

2.2. *Other References*:

- Geosynthetics Materials Association (GMA) White Paper I—"Geosynthetics in Pavement Systems Applications," May 1999. Available at bookstore@ifai.com.
- Geosynthetic Materials Association (GMA) White Paper II—"Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures," June 2000. Available at bookstore@ifai.com.
- National Highway Institute (NHI) Participant Notebook—*Geosynthetic Design and Construction Guidelines*, April 1999. Available at www.nhi.fhwa.dot.gov.

3. INTRODUCTION

3.1. Because the benefits of geosynthetic reinforced pavement structures may not be derived theoretically, test sections are necessary to obtain benefit quantification. Studies have been done that demonstrate the value added by a geosynthetic in a pavement structure. These studies, necessarily limited in scope, remain the basis for design in this field.

3.2. This standard practice is very empirical in nature and restricted to applications already demonstrated to be useful. The practitioner will need to consult the references and locate a tested

Norma AASHTO R 50-09

6.1. Geosynthetics are used in the pavement structure for structural support of traffic loads over the design life of the pavement. The geosynthetic is expected to provide one or both of these benefits: (1) improved or extended service life of the pavement, or (2) reduced thickness of the structural section.

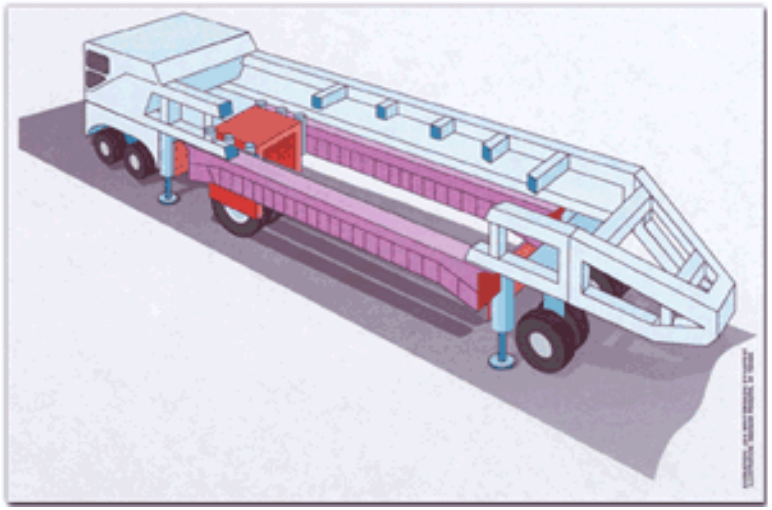
Geosyntetyk powinien zapewnić uzyskanie jednej lub obu następujących korzyści: (1) zwiększenie okresu eksploatacji nawierzchni, lub (2) zredukowanie grubości konstrukcji.

3.1. Because the benefits of geosynthetic reinforced pavement structures may not be derived theoretically, test sections are necessary to obtain benefit quantification. Studies have been done that demonstrate the value added by a geosynthetic in a pavement structure. These studies, necessarily limited in scope, remain the basis for design in this field.

Ponieważ nie można określić teoretycznie korzyści z zastosowania geosyntetyku w konstrukcji nawierzchni, niezbędne jest wykonanie odcinków testowych w celu określenia wpływu geosyntetyku.

Program badawczy USACOE - badania HVS w pełnej skali

USACOE – United States Army Corps Of Engineers



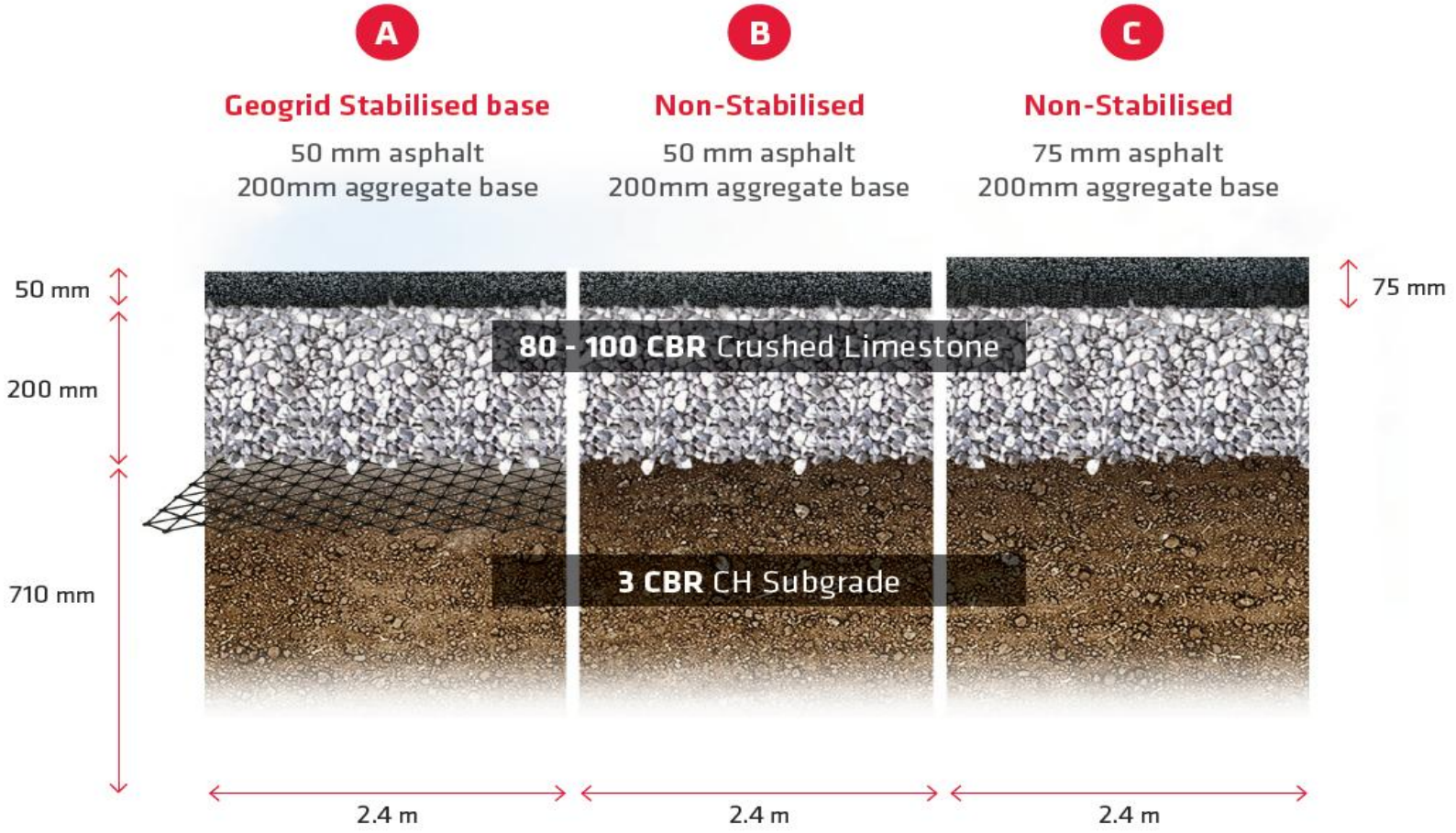
CEL

- Uzyskanie danych z testu w pełnej skali dla georusztów TriAx do wykorzystania w projektowaniu nawierzchni zgodnie z AASHTO '93 i/lub metodami mechanistyczno-empirycznymi.
- Analiza uzyskanych wyników w połączeniu z wszystkim wcześniejszymi badaniami georusztów Tensar.
- Wykorzystanie bazy danych do potwierdzenia prawidłowości metody projektowej.

Przyspieszony test w pełnej skali w USACOE (US Army Corps of Engineers)

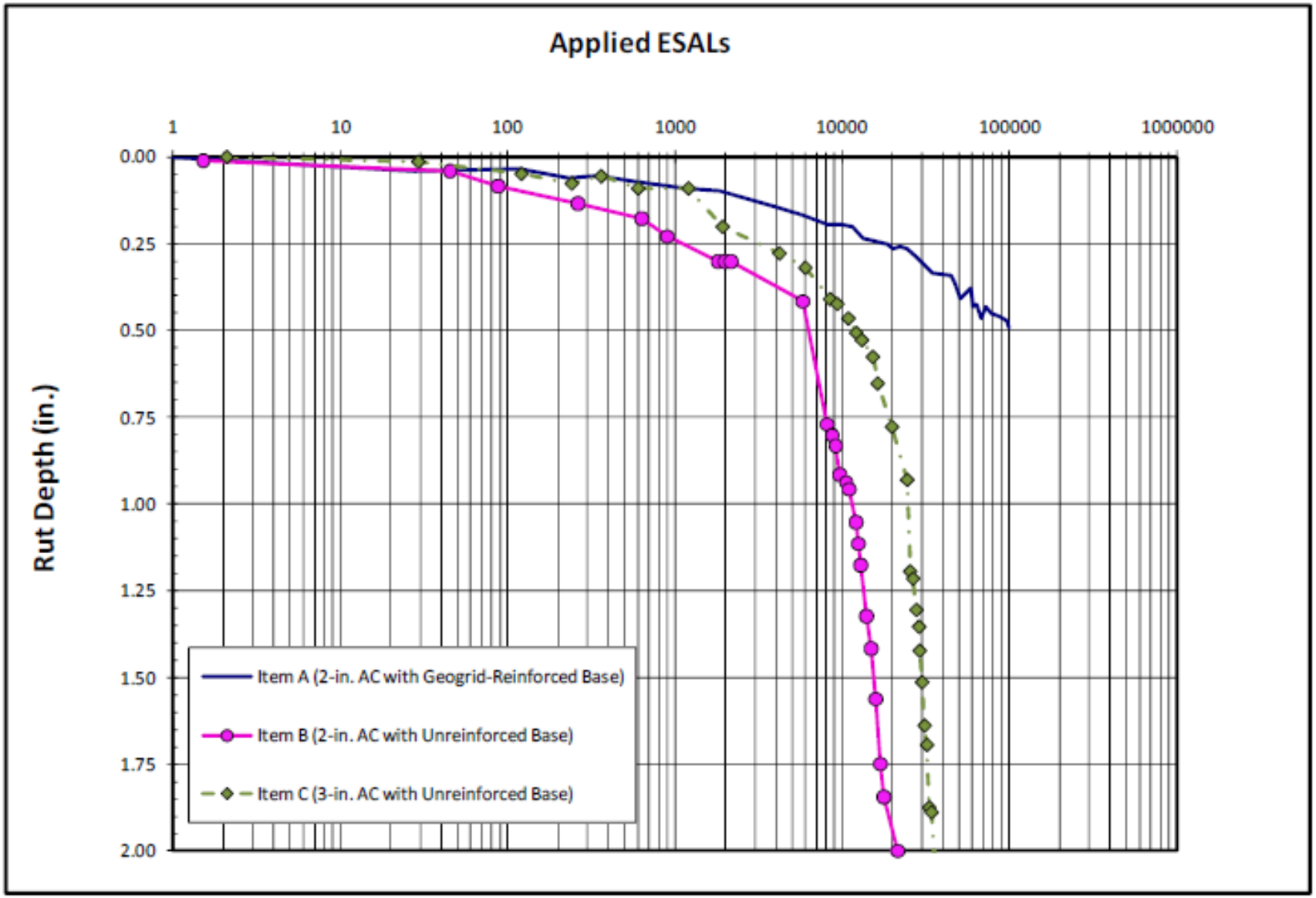
Przyspieszony test w pełnej skali w USACOE (US Army Corps of Engineers)

Test US Army Corps of Engineers – faza 1 (2010)

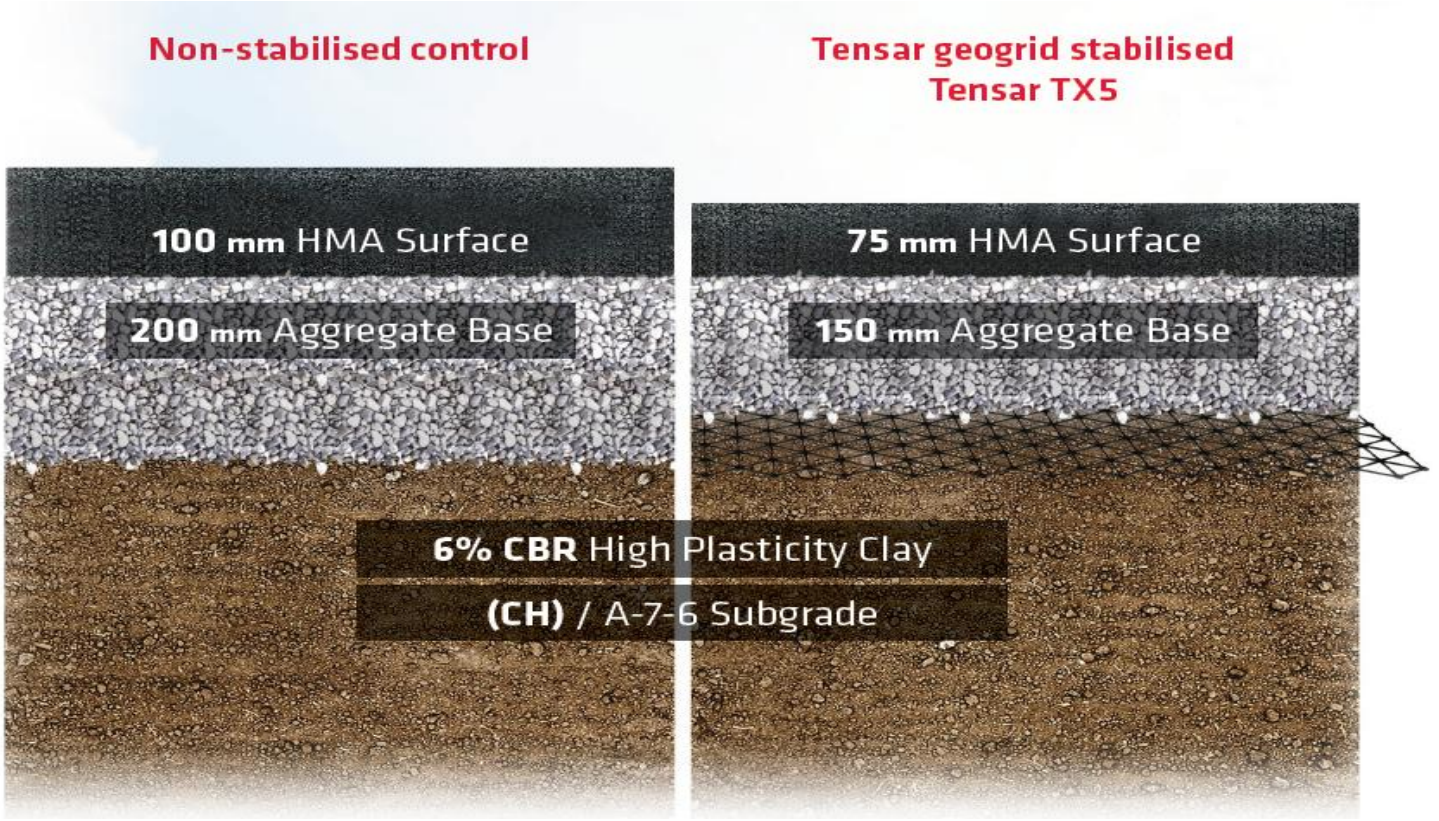


100 000 przejść osi standardowej

Test US Army Corps of Engineers – faza 1 (2010)



Test US Army Corps of Engineers – faza 2 (2012)



200 000 przejść osi standardowej

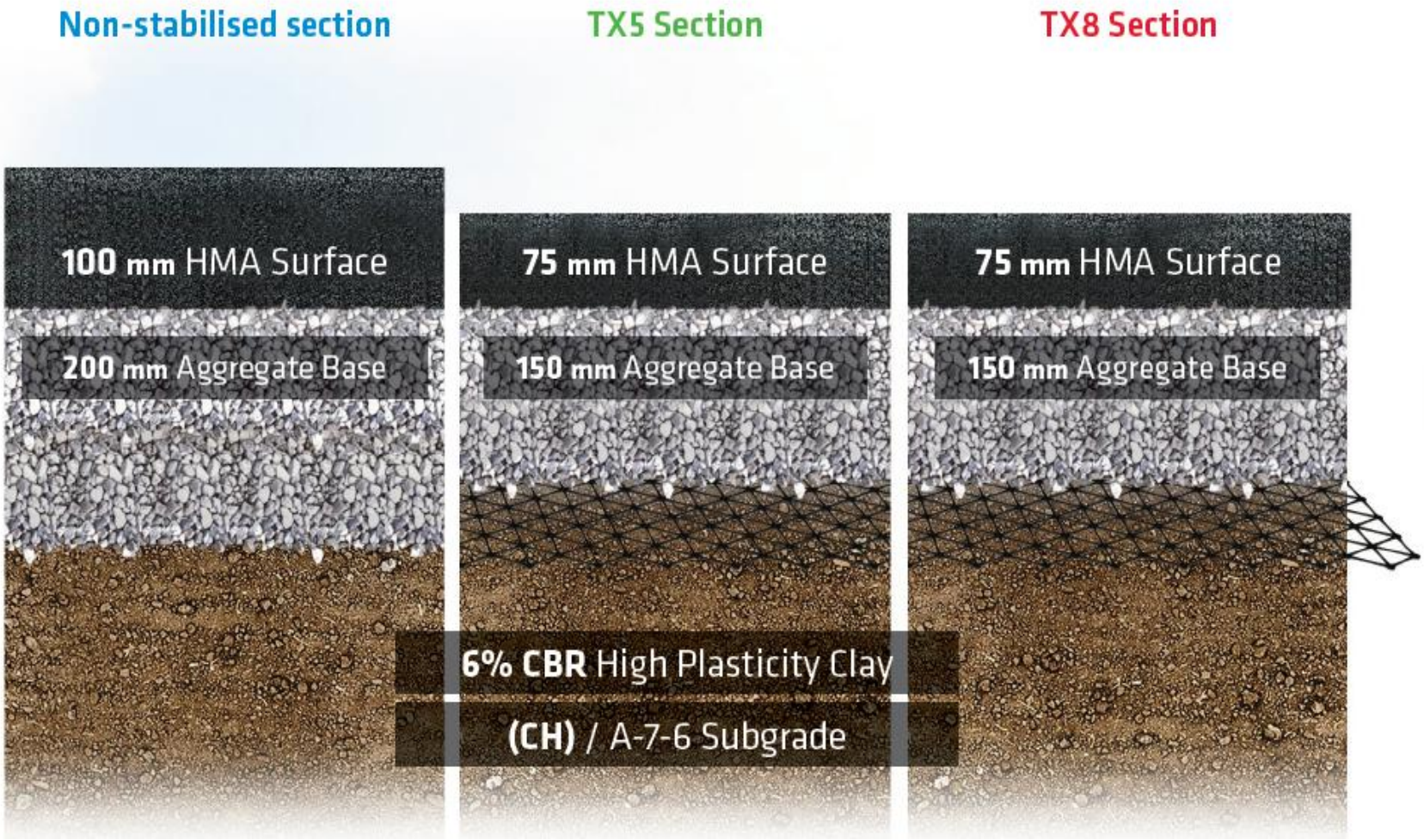
Test US Army Corps of Engineers – faza 2 (2012)

Test Item	Pavement Structure	Permanent Surface Deformation (in.)				
		832 ESAL	5,200 ESAL	52,000 ESAL	104,000 ESAL	200,000 ESAL
Item 1	Control	0.00	0.05	0.09	0.17	0.25
Item 2	Stabilized	0.00	0.00	0.13	0.21	0.28

Table 1. Permanent surface deformation measurements.

200 000 przejść osi standardowej

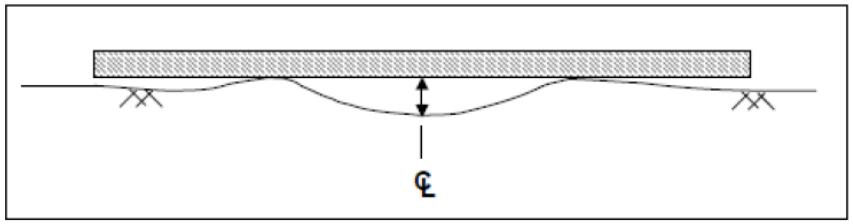
Test US Army Corps of Engineers – faza 3 (2016)

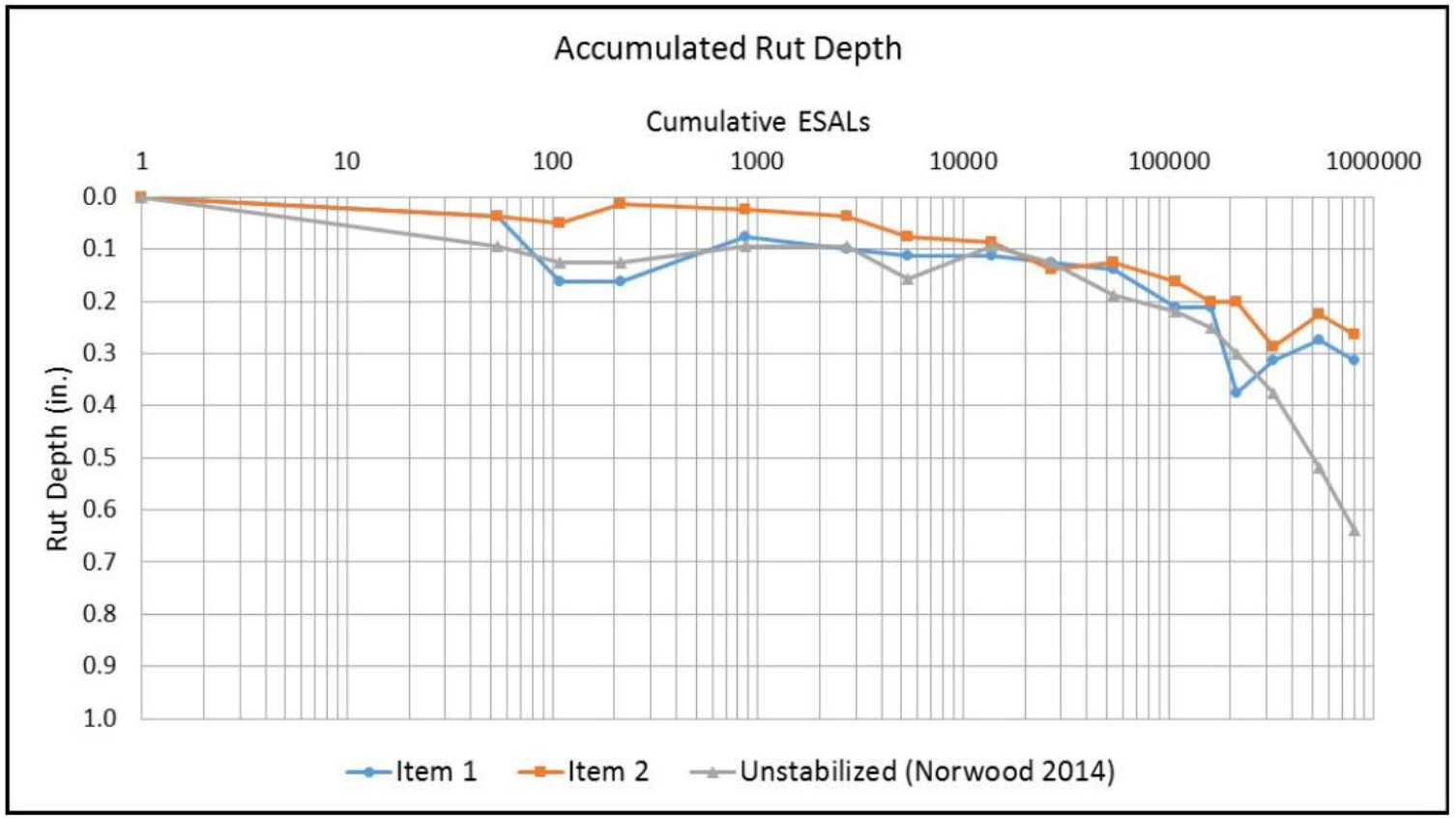


800 000 przejść osi standardowej

Obciążenie ruchem – do 800 000 przejść osi
Pomiar głębokości koleiny

Figure 18. Measurement of maximum rut depth.

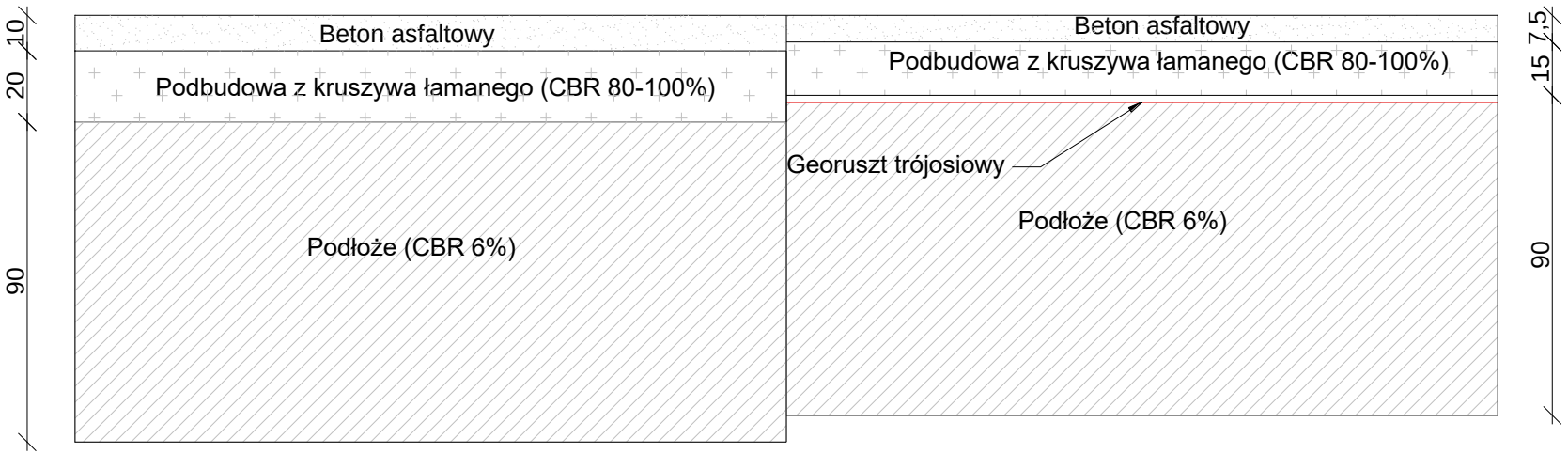




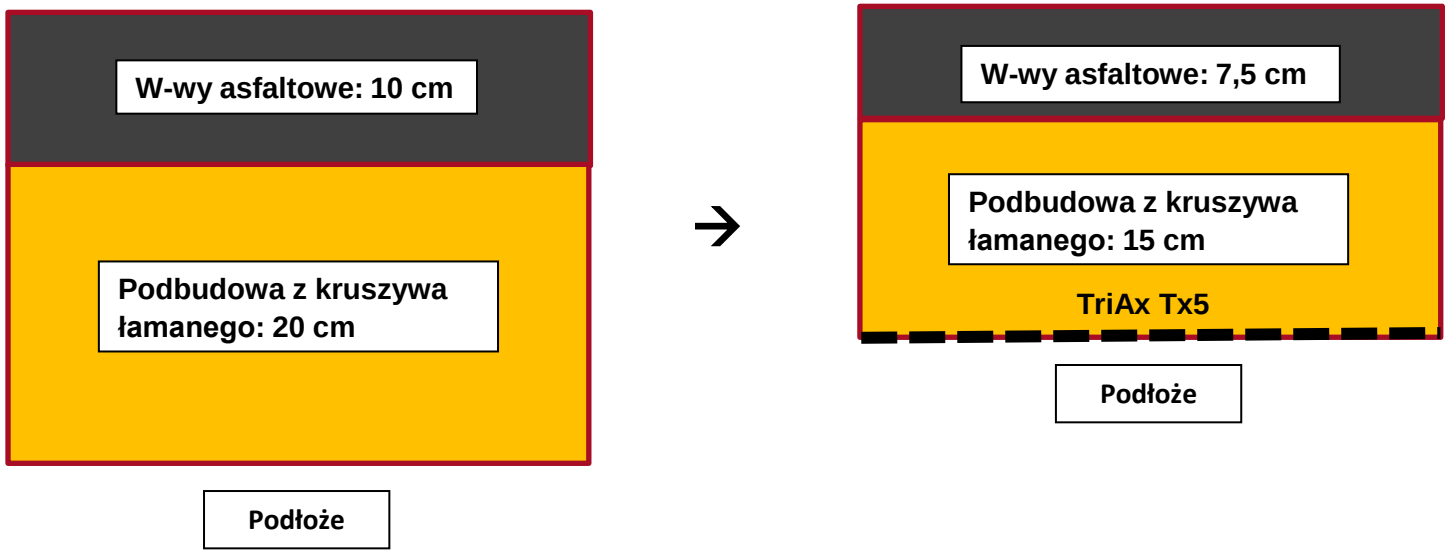
Wnioski z badania USACOE

Konstrukcje z podbudową stabilizowaną georusztem trójosiowym Tensar TriAx zachowały się co najmniej tak samo dobrze, jak konstrukcja kontrolna bez georusztu, pomimo zmniejszenia grubości:

- warstw asfaltowych o 2,5 cm
- podbudowy z kruszywa o 5 cm



Wnioski praktyczne:



2,5 cm warstw asfaltowych: - ok. 15 zł/m2

5 cm podbudowy z kruszywa łamanego: - ok. 8 zł/m2

Tensar TriAx Tx5: + ok 10 zł/m2 (z kosztem zakładów i ułożenia)

OSZCZĘDNOŚCI: OK 13 ZŁ/M2 NAWIERZCHNI

Modyfikacja metody mechanistyczno-empirycznej

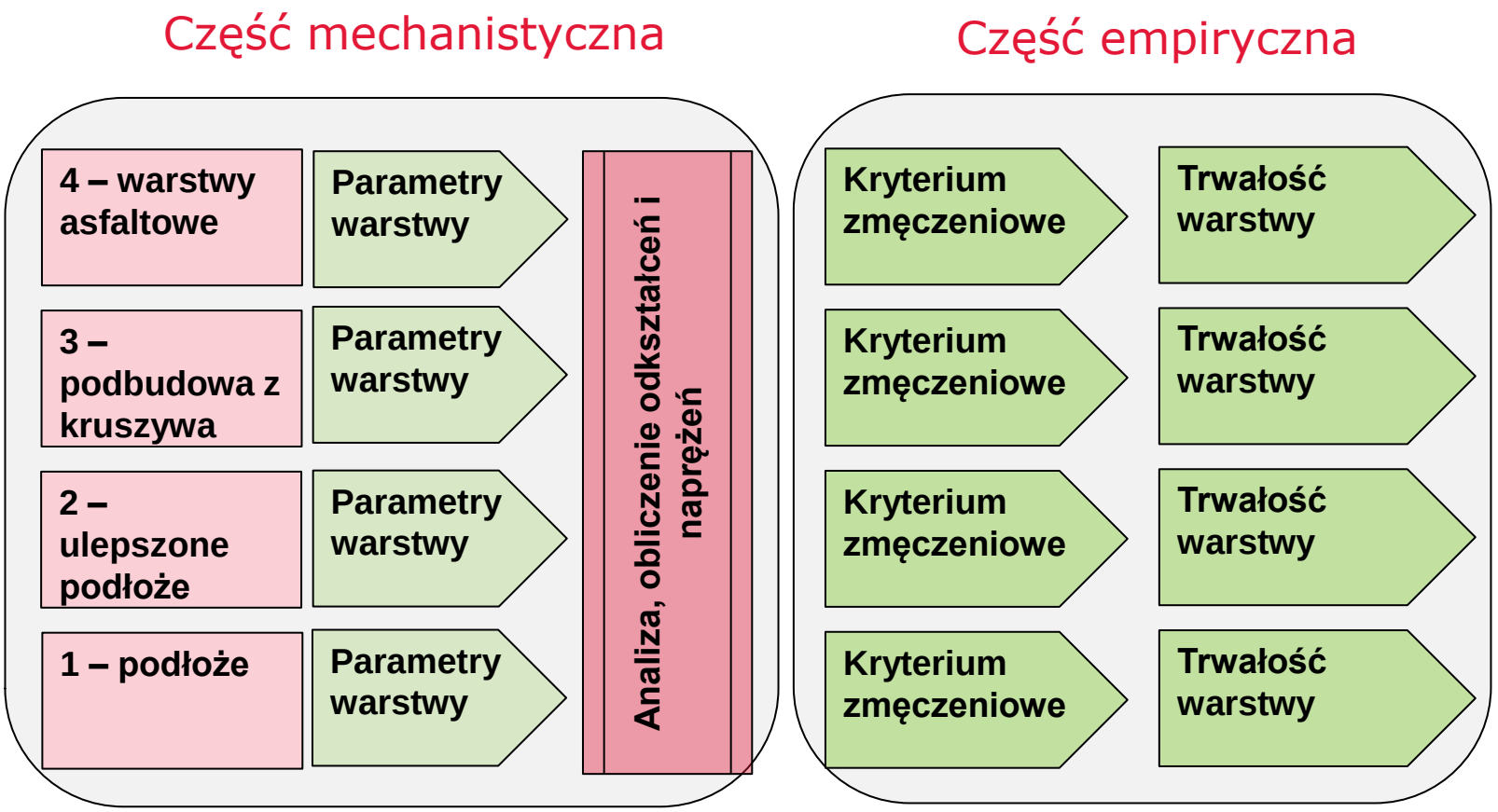
Uwzględnienie wpływu stabilizacji podbudowy georusztem Tensar TriAx w projektowaniu nawierzchni:

Wykorzystujemy „Model wpływu georusztu” opracowany w firmie Tensar na podstawie analizy wyników badań odcinków próbnych w USACoE i wielu innych wcześniejszych testów

„Model wpływu georusztu” wykorzystuje dwa elementy:

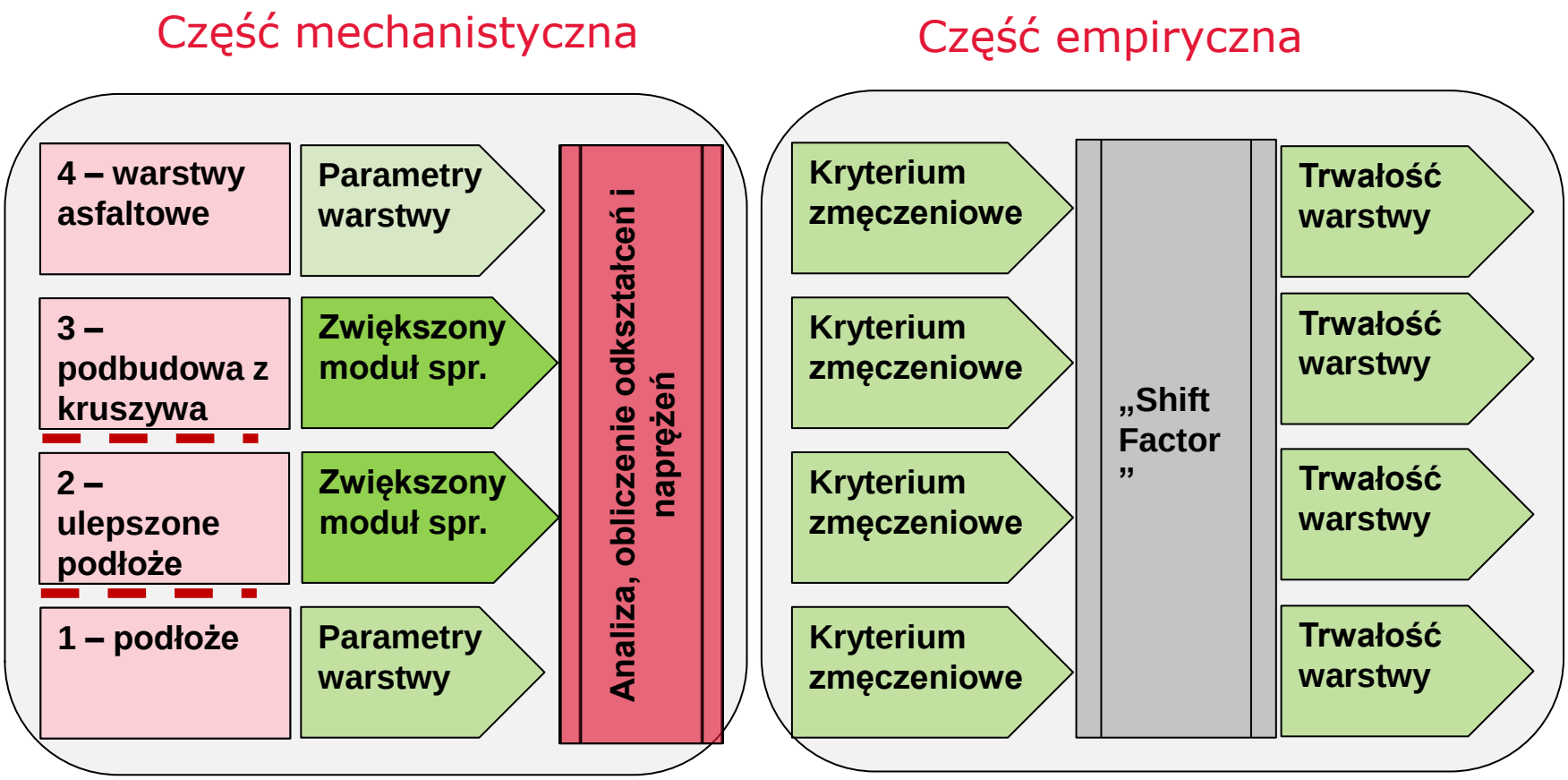
- Zwiększenie modułu sprężystości warstwy kruszywa niezwiązanego
- Zwiększenie obliczonej trwałości nawierzchni – „Shift Factors”

Modyfikacja metody mechanistyczno-empirycznej



Tradycyjna metoda M-E

Modyfikacja metody mechanistyczno-empirycznej



Zmodyfikowana metoda M-E

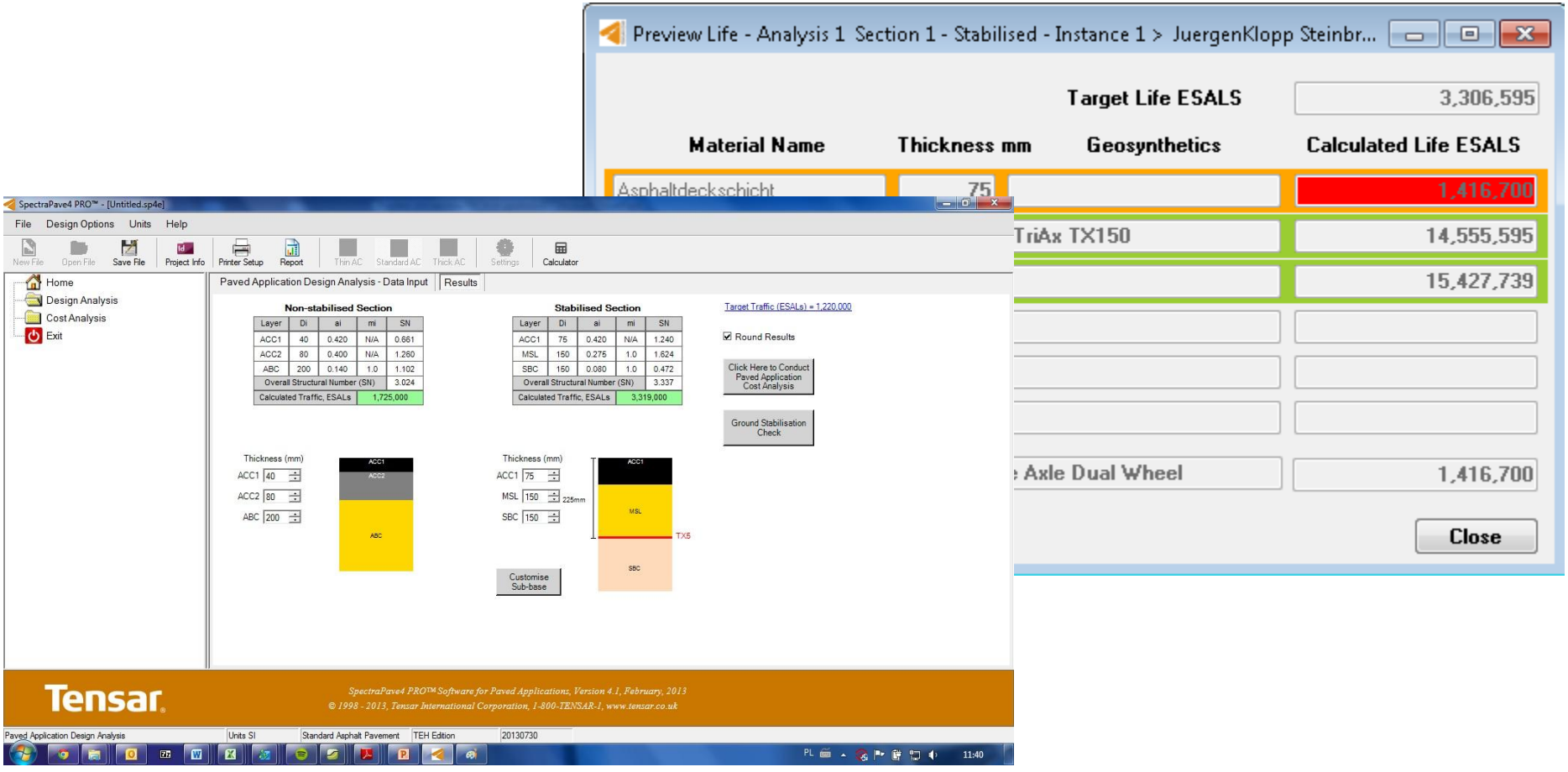
Modyfikacja metody mechanistyczno-empirycznej

„Model wpływu georusztu” zawiera opracowane przez Tensar formuły służące do obliczenia zarówno wielkości wzrostu modułu sprężystości warstwy kruszywa stabilizowanej georusztami TriAx, jak i współczynników zwiększających obliczoną trwałość nawierzchni („Shift Factors”). Formuły te uwzględniają:

- Grubość warstwy stabilizowanego kruszywa
- Grubość warstw asfaltowych
- Nośność podłoża
- Odległość pomiędzy georusztem a warstwami asfaltowymi oraz pomiędzy georusztem a podłożem
- Odmianę georusztu TriAx

Oprogramowanie do projektowania konstrukcji nawierzchni

TensarPave – metoda empiryczna (modyfikacja metody AASHTO'93)
Spectra M-E – metoda mechanistyczno-empiryczna



Weryfikacja metod projektowych wykonana przez ARA

- Weryfikacja metod projektowych: empirycznej – program TensarPave, oraz mechanistyczno-empirycznej – program Spectra M-E, wykonana przez niezależną instytucję

ARA (Applied Research Associates, Inc.) – firma inżynieryjno-konsultingowa działająca na zlecenie inwestorów publicznych i prywatnych, z siedzibą w Albuquerque w stanie Nowy Meksyk oraz licznymi biurami na terenie USA i Kanady. Zatrudnia ponad 1000 specjalistów z różnych branż i zajmuje się przede wszystkim projektami z zakresu bezpieczeństwa i obronności, infrastruktury, energii i środowiska oraz geotechniki.

Podsumowanie korzyści wynikających z optymalizacji nawierzchni

Optymalizacja nawierzchni z wykorzystaniem georusztów TriAx pozwala na:

- Redukcję grubości konstrukcji nawierzchni
- Skrócenie czasu realizacji
- Zmniejszenie ruchu budowlanego
- Zmniejszenie uszkodzeń dróg dojazdowych
- Wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni
- Zmniejszenie nakładów na utrzymanie
- Zmniejszenie ilości okresów wyłączeń nawierzchni z ruchu na czas prac utrzymaniowych
- Redukcję emisji zanieczyszczeń do atmosfery

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA OPTYMALIZACJI KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI W POLSCE

Obwodnica Rzepina w ciągu DW134 i DW139 – dojazd do węzła A2 (2017)

Zwiększenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni bez zwiększania jej grubości

GPR2015 wykazał istotne zwiększenie ruchu w stosunku do założeń projektowych (projekt opracowany w r. 2010). Zamawiający zdecydował się na zastosowanie georusztów trójosiowych w celu uzyskania wymaganej trwałości bez konieczności pogrubiana konstrukcji.

Długość odcinka: 2,3 km

Obwodnica Rzepina w ciągu DW134 i DW139 – dojazd do węzła A2 (2017)

Zaprojektowana konstrukcja:

- Warstwa ścieralna z SMA11: 4 cm
- Warstwa wiążąca z AC16W: 9 cm
- Podbudowa zasadnicza z AC22P: 10 cm
- Podbudowa pomocnicza (dolna warstwa pod. zasadniczej) z MN C90/3 0/31,5 stabilizowanej georusztem **Tensar TriAx TX5**: 20 cm
- Warstwa technologiczna: grunt stabilizowany cementem Rm = 1,5 MPa: 10 cm
- Podłoże G1

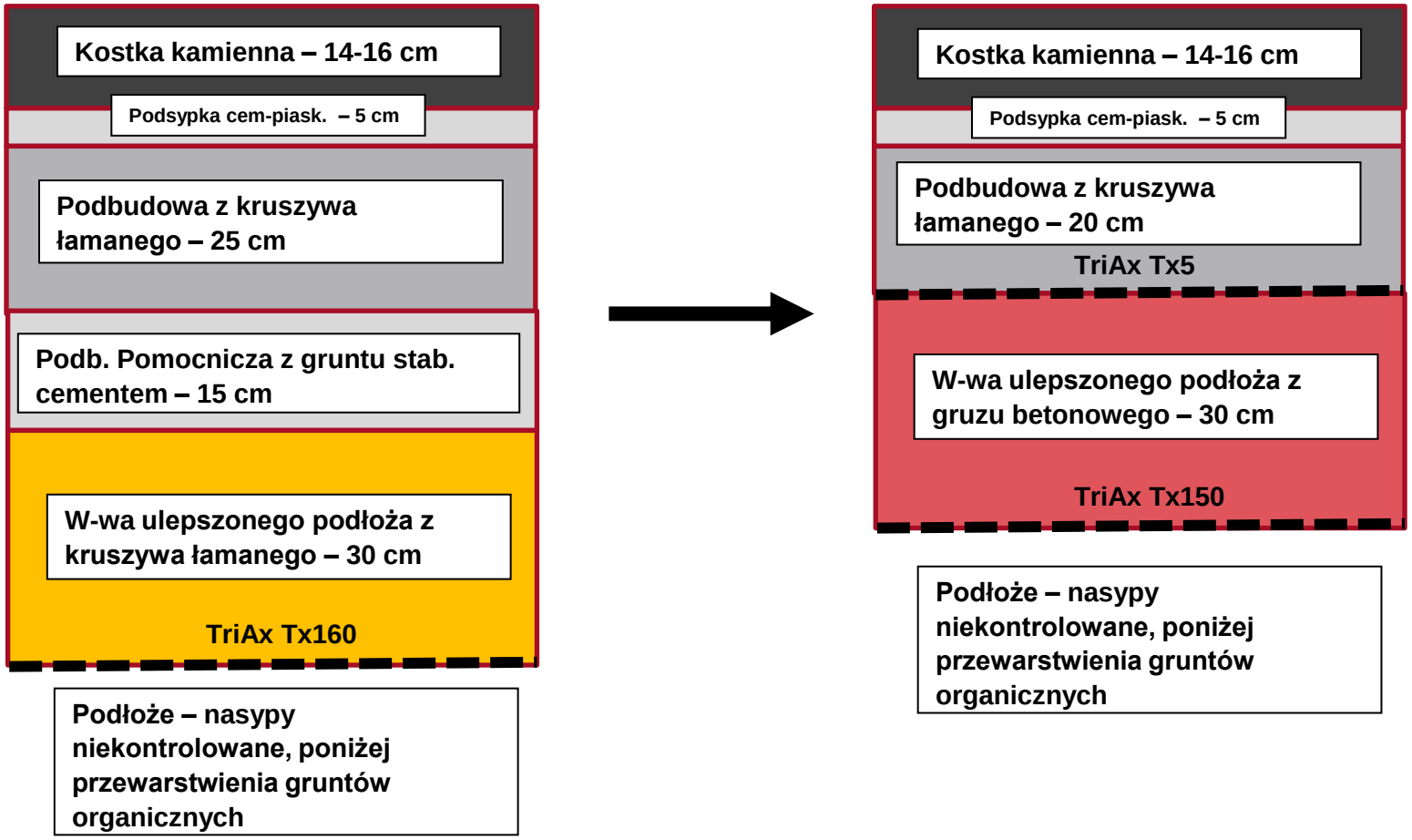
Obwodnica Rzepina w ciągu DW134 i DW139 – dojazd do węzła A2 (2017)

Obwodnica Rzepina w ciągu DW134 i DW139 – dojazd do węzła A2 (2017)

Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)

Ulica na Starym Mieście w Gdańsku

Wykonawca poszukiwał możliwości odchudzenia konstrukcji i zastosowania tańszego kruszywa.



Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)

Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)

Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)

Przebudowa ulicy Św. Ducha w Gdańsku (2017)

Dziękuję za uwagę
Pytania?