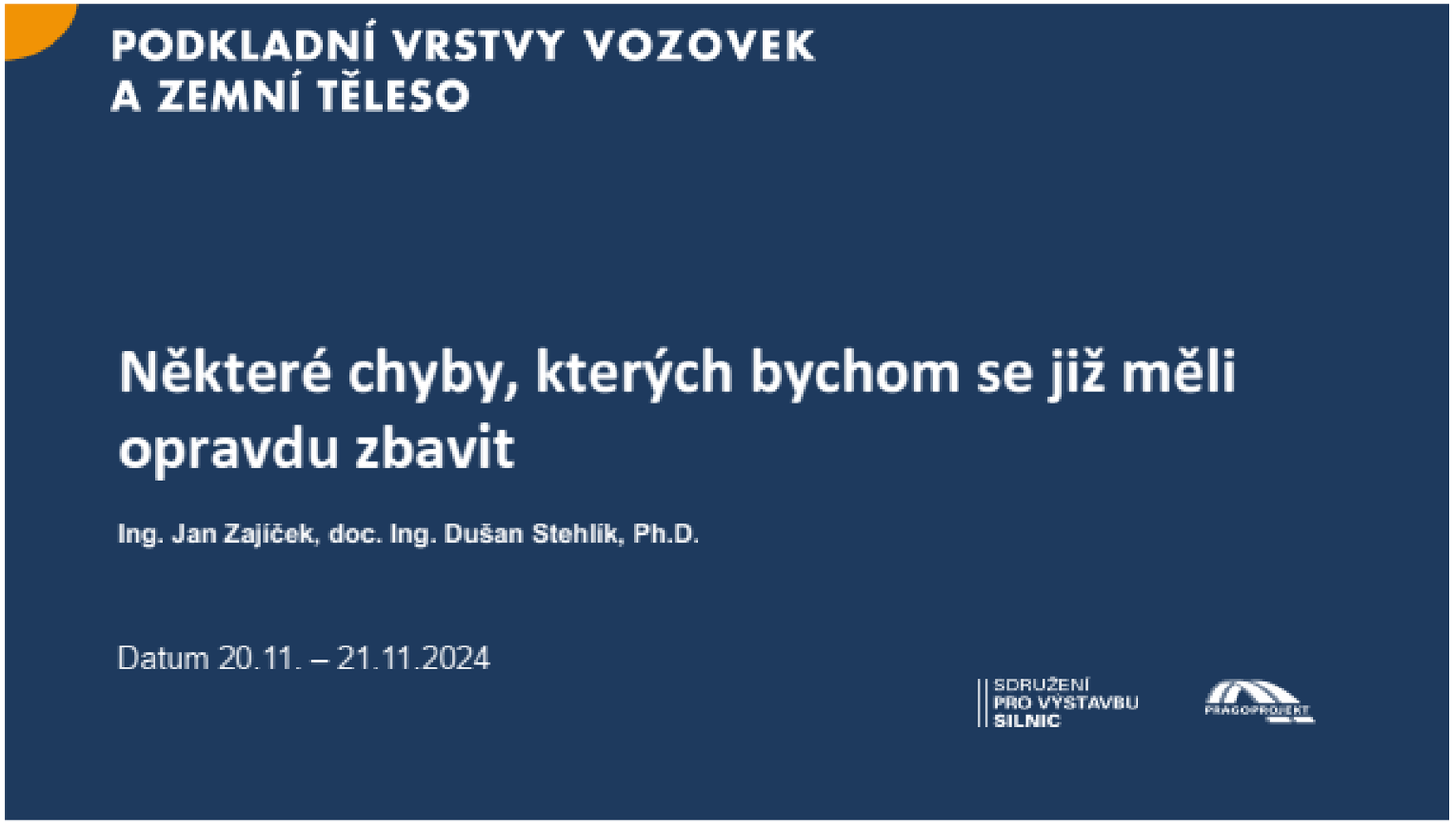
PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK
A ZEMNÍ TĚLESO

Vliv nízkého stupně zhutnění a zvýšené vlhkosti na deformační parametry nestmelených podkladních vrstev vozovek

Doc. Ing. Aleš Florian, CSc., Ing. Lenka Ševelová, PhD.
Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta

Datum

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC


PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK
A ZEMNÍ TĚLESO
Některé chyby, kterých bychom se již měli opravdu zbavit
Ing. Jan Zajíček, doc. Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Datum 20.11. – 21.11.2024
SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC
PRAGOPROJEKT

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Nedodržení základních technologických požadavků a postupů při realizaci podkladních vrstev a s tím související následné nedostatečné nebo nehomogenní hutnění má za následek nižší tuhost a únosnost

Důsledkem je

- **zvýšené dodatečné sedání (dohutnění) materiálu vlivem provozu vozidel a vznik nadměrných trvalých deformací**
- **vznik poruch projevujících se i v krytové vrstvě**
- **snížení předpokládané trvanlivosti a životnosti vozovky**
- **zvýšení nákladů na budoucí údržbu a opravy**

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Je evidentní, že ačkoliv se jedná o všeobecně známé souvislosti, navíc explicitně vyžadované normami a dalšími technickými předpisy, v praxi se bohužel stále v nadměrné míře vyskytují případy, kdy požadavky na správnou technologii pokládky a hutnění nebyly dodrženy

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Tento příspěvek si klade za cíl konkrétně číselně kvantifikovat, jak se sníží tuhost vrstvy kameniva a zvýší jeho náchylnost ke zvětšeným trvalým deformacím, pokud hutnění nebude mít požadovanou kvalitu a současně materiál bude vykazovat vlhkost vyšší, než je optimální hodnota

Náplň studie

- Testování se provádí pro štěrkodrť $ŠD_A$ 0/32 podle normy ČSN 73 6126-1 (2006)
- Laboratorně jsou stanovovány dvě veličiny
  - resilient modul (charakterizuje tuhost materiálu)
  - trvalé (plastické) deformace (charakterizují tendenci materiálu k ruttingu)
- Tyto parametry jsou stanovovány v závislosti na proměnlivé
  - kvalitě zhutnění
  - vlhkosti
  - úrovni zatížení
  - intenzitě provozu vozidel
- Pro jejich stanovení se používá modifikovaný cyklický CBR test

Resilient charakteristiky materiálu

- Popisují a charakterizují fyzikálně-mechanické vlastnosti materiálu při cyklickém nebo dynamickém zatížení
  - Resilient modul Mr – charakterizuje tuhost materiálu při cyklickém zatěžování (má tedy stejný význam jako modul pružnosti E u betonu, oceli apod.)
  - Resilient (pružná) deformace – charakterizuje schopnost materiálu při cyklickém zatěžování vracet se po odtížení do původního stavu
  - Nevratná (plastická) deformace – charakterizuje schopnost materiálu trvale absorbovat deformace akumulované během cyklického zatěžování (charakterizuje tendenci materiálu k ruttingu)
  - Poissonův součinitel – charakterizuje velikost napětí (a deformace) ve směru příčném k působícímu zatížení při cyklickém zatěžování materiálu

Resilient charakteristiky materiálu

- Pro všechny resilient charakteristiky je typické, že pro daný materiál nejsou v žádném případě konstantní, ale pohybují se v relativně širokém intervalu v závislosti na řadě faktorů
- Mezi nejdůležitější faktory patří
  - stav napjatosti
  - vlhkost
  - míra zhutnění
  - intenzita opakování zatížení
  - geneze a mineralogické složení materiálu atd.
- Problematika resilient charakteristik, tj. fyzikálně-mechanických vlastností materiálu při cyklickém zatěžování, se netýká pouze nestmelených materiálů a zemin, ale většiny materiálů používaných v konstrukcích vozovek

Cyklický CBR test

- Pro stanovení resilient modulu je standardní normovou zkouškou cyklický triaxiální test
- Cyklický CBR test využívá standardní zkušební zařízení pro stanovení kalifornského poměru únosnosti doplněné řídicí jednotkou s příslušným softwarem

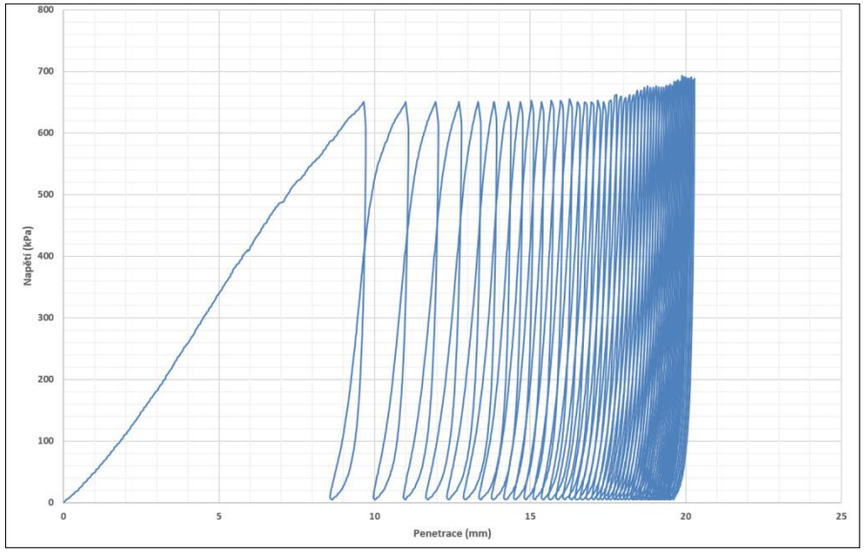






Cyklický CBR test

- Ve srovnání se standardní zkouškou CBR se používá cyklické zatěžování



- Aplikace cyklického zatížení na zkušební vzorek simuluje účinek pohybujících se vozidel
- Postup cyklického zatěžování a odtěžování je automatizovaný a řízený řídicí jednotkou

Cyklický CBR test

- Působící zatěžovací síla pro opakované zatěžování se neurčuje podle proniknutí trnu do předepsané hloubky, ale podle hodnoty napětí, která se očekává v reálné konstrukci vozovky
- Je nutné explicitně zdůraznit, že cyklický CBR test a standardní test pro stanovení kalifornského poměru únosnosti jsou dva ZCELA odlišné testy, které pouze používají stejné zkušební zařízení
- Detailní informace byly prezentovány na konferenci Asfaltové vozovky 2025 v Českých Budějovicích

Testované vzorky materiálu

- Materiál byl rozdělen do 5 samostatných dávek – A, B…E

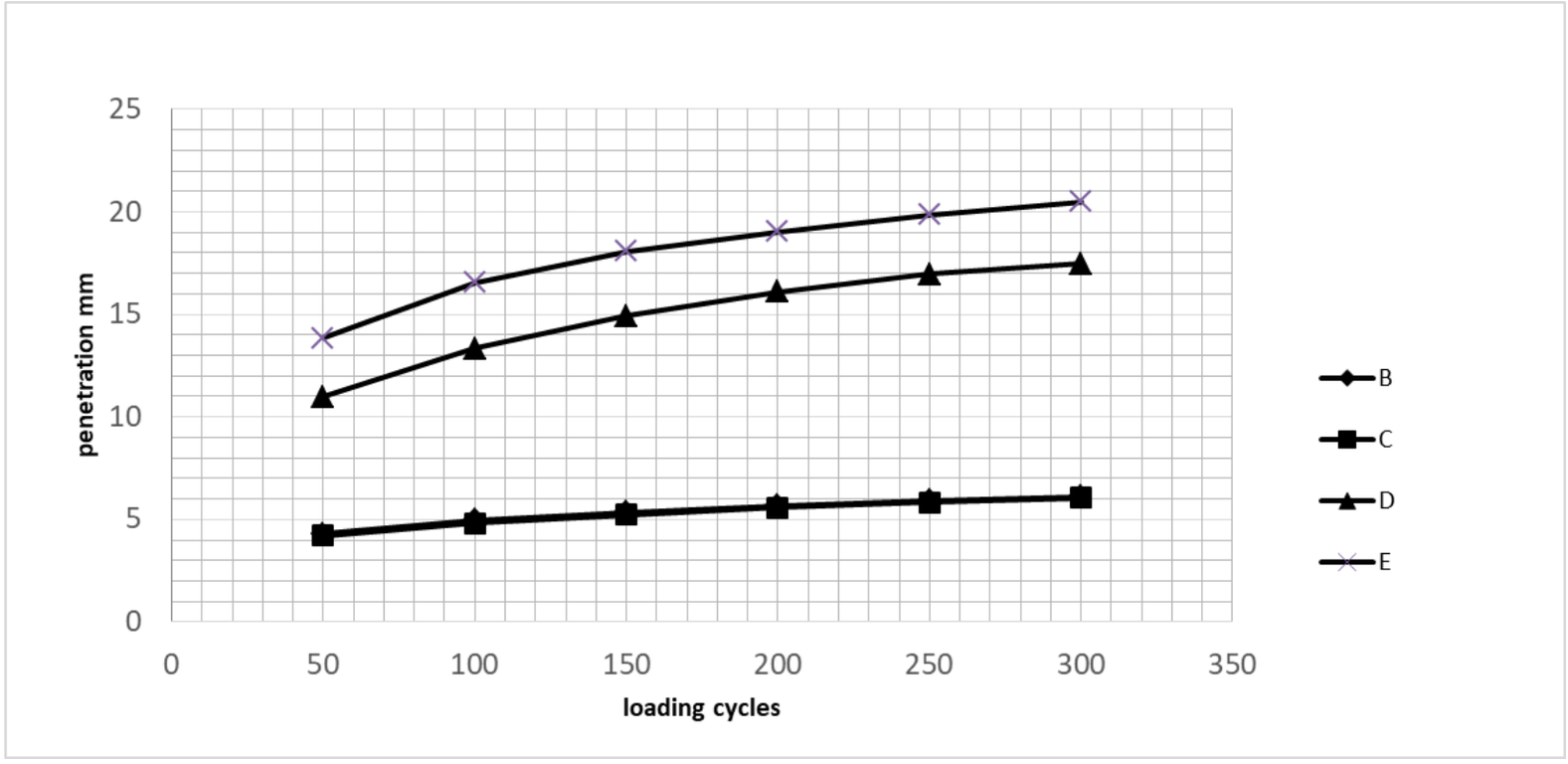
Dávka	Proctor energie	Vlhkost	Napětí na hrotu (kPa)
A	modifikovaná	optimum	800
B	standardní	optimum + 3 %	450
C	standardní	optimum + 3 %	800
D	standardní	optimum + 5 %	450
E	standardní	optimum + 5 %	650

- Z každé dávky připraveno 6 zkušebních vzorků umožňujících jejich statistické vyhodnocení
- Každý vzorek testován na 50, 100, 150….300 zatěžovacích cyklů

Trvalé plastické deformace

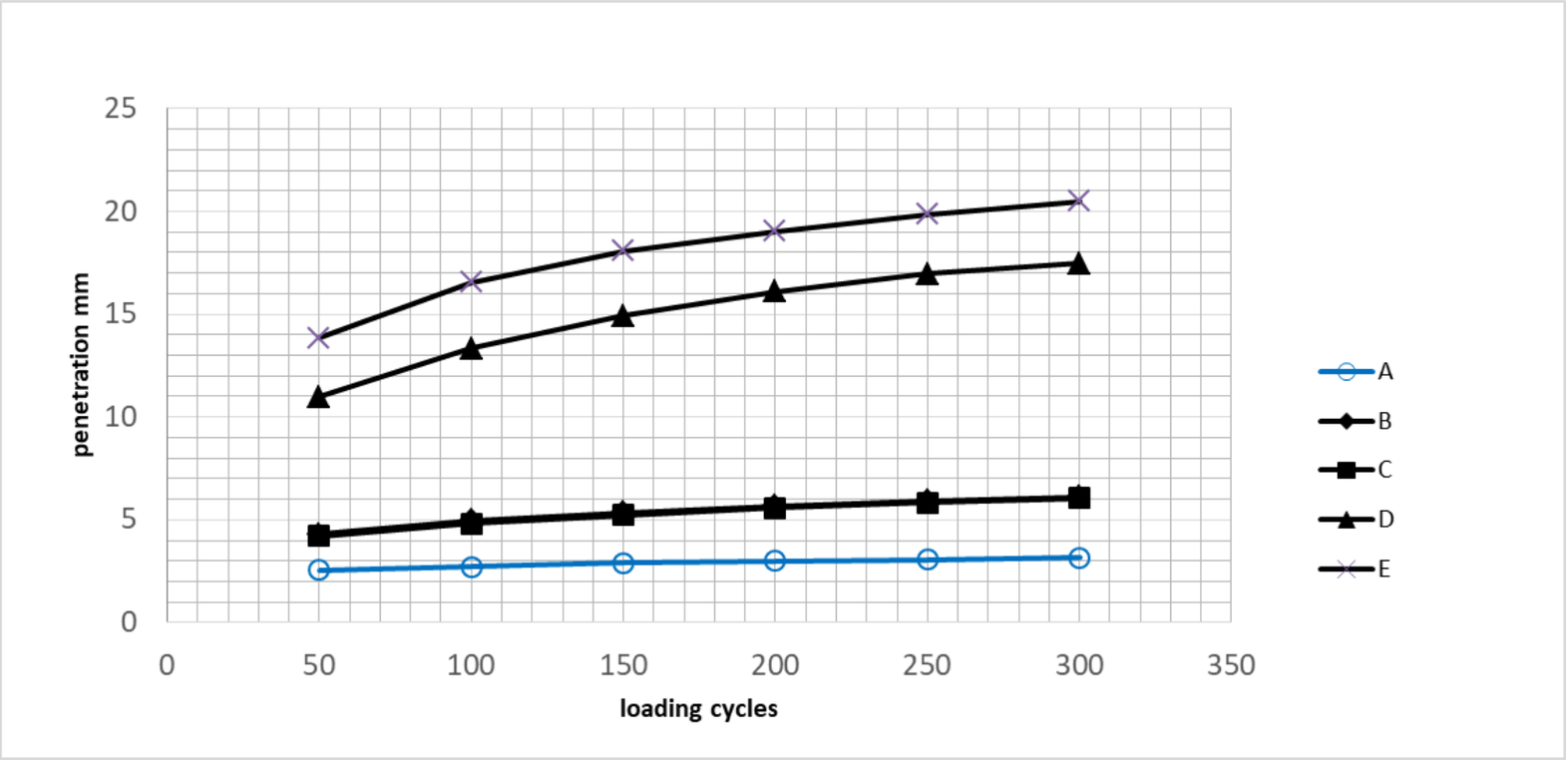
- Velikost trvalých deformací roste
  - se snižující se kvalitou technologických procesů a postupů
  - se zvyšující se vlhkostí
  - se zvyšujícím se zatížením
  - se zvyšujícím se opakováním zatížení, tj. zvyšující se intenzitou dopravy

Trvalé plastické deformace



- U Dávky B a C se průměrné hodnoty trvalé deformace pohybují v intervalu 4,2 – 6,2 mm
- U Dávky D a E se průměrné hodnoty trvalé deformace pohybují v intervalu 11,0 – 20,5 mm
- U Dávky D a E průměrné hodnoty deformace oproti dávce B a C vzrostly cca 2,6x – 3,4x

Trvalé plastické deformace



- U Dávky A se průměrné hodnoty trvalé deformace pohybují v intervalu 2,5 – 3,2 mm
- U Dávky B a C průměrné hodnoty deformace oproti dávce A vzrostly o cca 80 – 95 %
- U Dávky D a E průměrné hodnoty deformace oproti dávce A vzrostly cca 4,4x – 6,5x

Trvalé plastické deformace



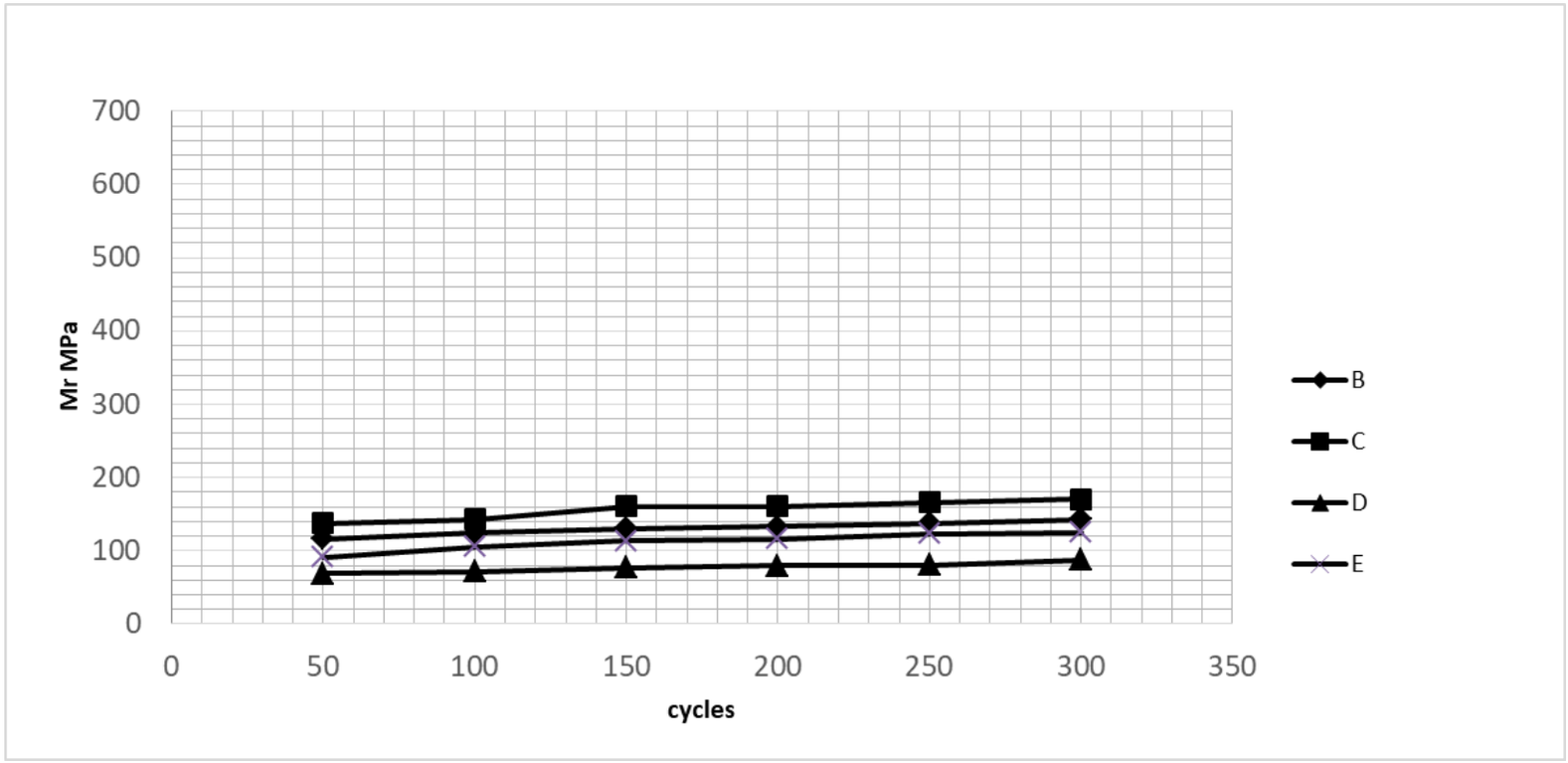


Resilient modul

- Velikost resilient modulu - tj. tuhosti - materiálu roste
  - se zvyšující se kvalitou technologických procesů a postupů
  - se snižující se vlhkostí
  - se zvyšujícím se zatížením
  - se zvyšujícím se opakováním zatížení, tj. zvyšující se intenzitou dopravy

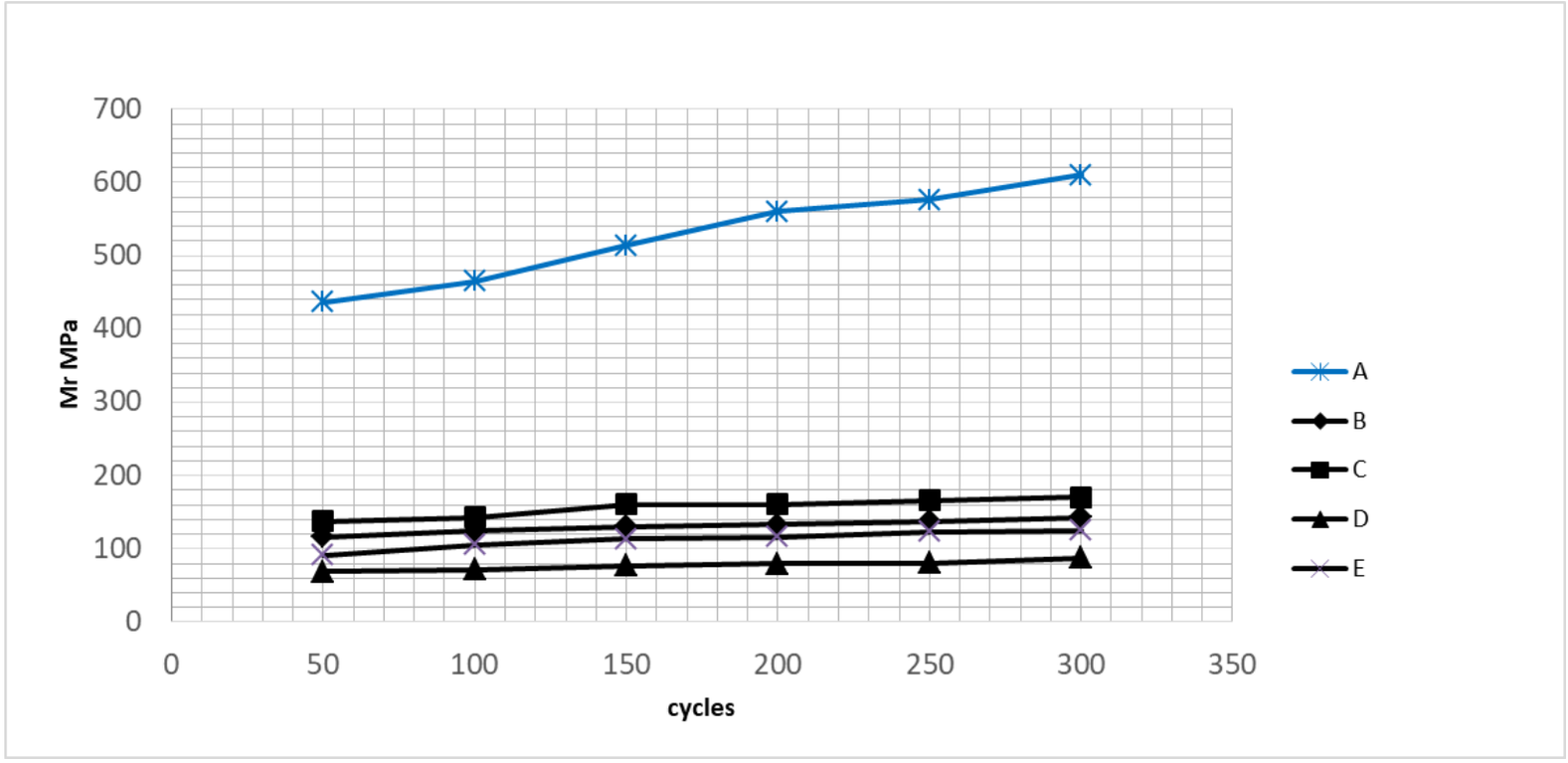
- V důsledku cyklického zatěžování dochází k dodatečnému dohutnění materiálu
- Větší zatížení a větší počet zatěžovacích cyklů znamená vyšší hutnící energii
- Vyšší hutnící energie znamená větší míru dohutnění
- Větší dohutnění znamená vyšší tuhost materiálu
- Důsledkem je vyšší hodnota resilient modulu

Resilient modul



- U Dávky B a C se průměrné hodnoty modulu pohybují v intervalu 116 – 143 MPa resp. 137 – 171 MPa
- U Dávky D a E se průměrné hodnoty modulu pohybují v intervalu 68 – 88 MPa resp. 91 – 125 MPa
- Porovnáme-li Dávky B a D zatěžované stejným zatížením, ale s rozdílnou vlhkostí, vykazuje Dávka B s nižší vlhkostí průměrné hodnoty modulu vyšší cca 1,6x – 1,7x

Resilient modul



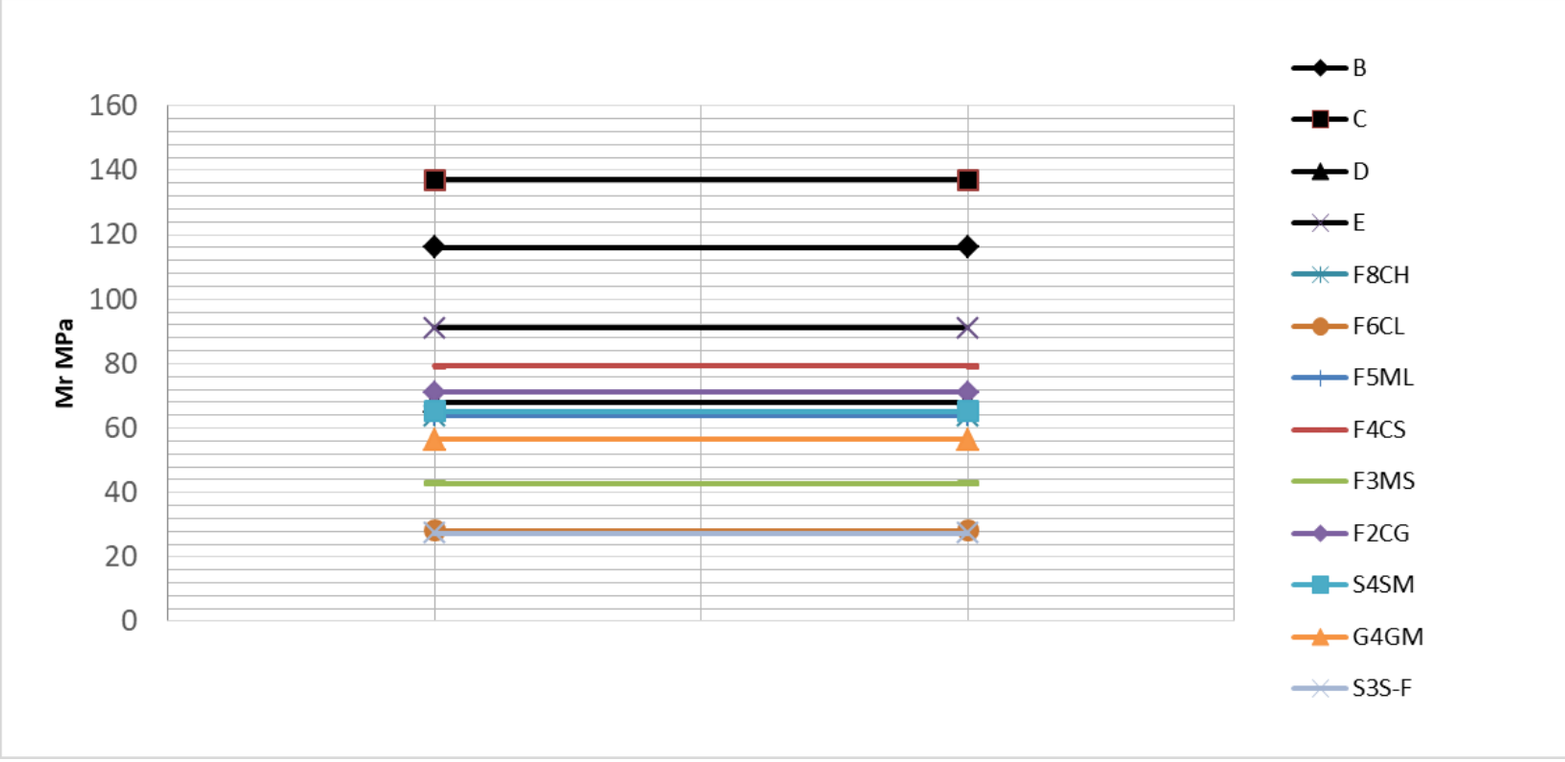
- U Dávky A se průměrné hodnoty modulu pohybují v intervalu 436 – 611 MPa
- U Dávky A jsou průměrné hodnoty modulu oproti dávce B a C vyšší cca 3,2x – 4,3x
- U Dávky A jsou průměrné hodnoty modulu oproti dávce D a E vyšší cca 4,8x – 6,7x

Závěry

- Výsledky provedené studie potvrzují obecně prakticky i teoreticky známé předpoklady
- Nedodržení základních technologických požadavků a postupů při realizaci podkladních vrstev a s tím související následné nedostatečné nebo nehomogenní hutnění má za následek nižší tuhost a únosnost a vyšší náchylnost ke zvýšeným trvalým (plastickým) deformacím
- Průměrné hodnoty trvalých (plastických) deformací v důsledku nižší kvality hutnění a vyšší vlhkosti rostou až na 6,5násobek oproti optimálnímu stavu
- Průměrné hodnoty resilient modulu (tuhosti) v důsledku nižší kvality hutnění a vyšší vlhkosti klesají až o 6,7násobek oproti optimálnímu stavu
- Důsledkem je
  - zvýšené dodatečné sedání (dohutnění) materiálu vlivem provozu vozidel a vznik nadměrných trvalých deformací
  - vznik poruch projevujících se i v krytové vrstvě
  - snížení předpokládané trvanlivosti a životnosti vozovky
  - zvýšení nákladů na budoucí údržbu a opravy

Závěry

- Nižší kvalita technologických procesů a postupů a vyšší vlhkost vedou k tomu, že parametry kameniva degradují až na úroveň zemin



Poděkování

Děkujeme za pozornost