



Statens vegvesen



Grunnvannstandens påvirkning på sporutvikling i ubundne materialer

NADim 2021 – Marit Fladvad

Bakgrunn

Klimaendringene gjør at vi kan forvente mer intens nedbør

- Større belastning på drenssystemene
- Mer flom?

Samtidig store forventninger til oppetid på vegnettet

Hvilken betydning har det for nedbrytningen av vegene?

Økt nedbør og mer ekstremvær innvirker ikke bare i form av skred og utglidninger, men også generell skadeutvikling på vegene

Oslo | E18

- Vi kan ikke dimensjonere veiene etter ekstremnedbør

Køene ble timelange på hovedveiene rundt Oslo da regnet bøttet ned . Dette blir det mer av i fremtiden.



Åpne vs. velgraderte forsterkningslag

I Norge bygger vi veldig mye veg med åpne graderinger i forsterkningslag – f.eks. 22/125 mm

Mens i Sverige er 0/90 mm veldig vanlig i forsterkningslag

Hvorfor så stor forskjell?

Åpne graderinger:

- Enkle å produsere
- Ikke vannømfintlig, ikke telefarlig – slipper å kontrollere finstoffinnhold
- Drenerende materiale
- Vanskeligere å komprimere
- Sorterer ut mye materiale – hva skjer med massebalansen?

Fullskalatest i heavy vehicle simulator (HVS) hos VTI i Linköping

Vegkonstruksjoner:

Like asfaltlag

Bærelag 0/32 mm

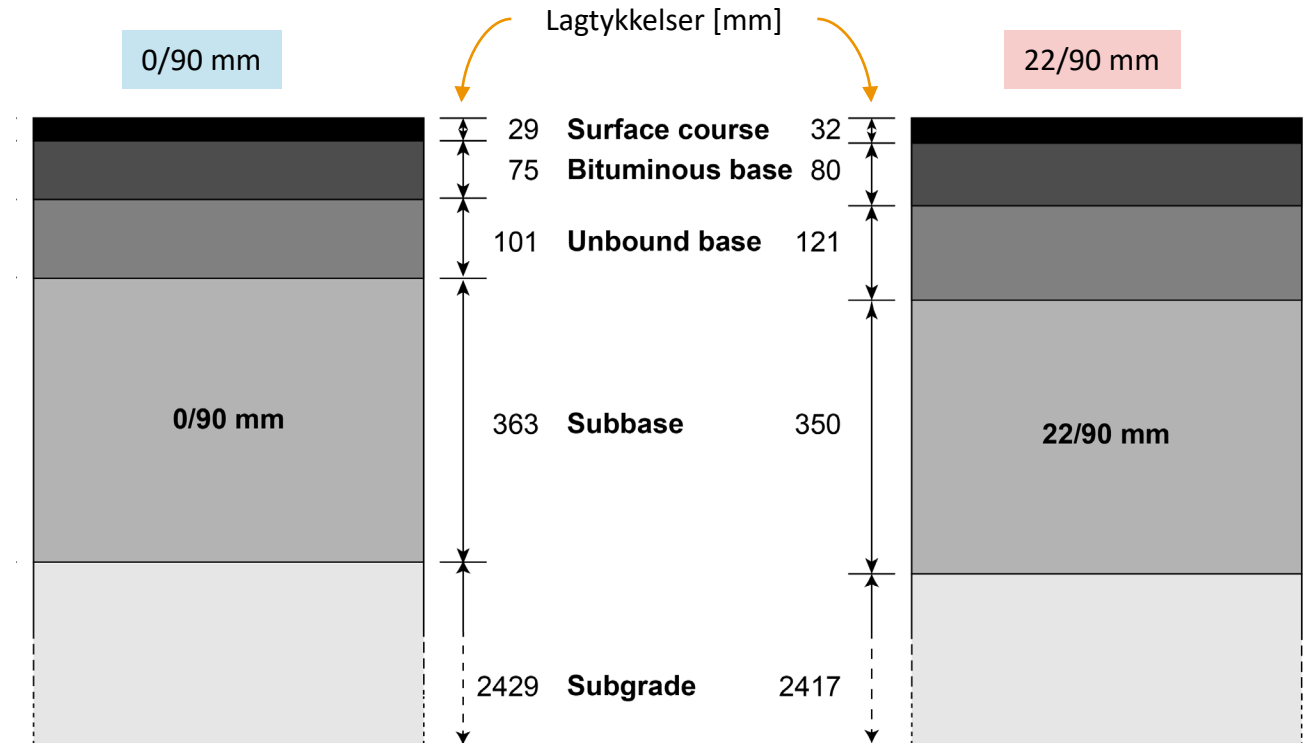
Undergrunn av siltig sand

Ulik sortering i forsterkningslag: 0/90 mm og 22/90 mm

Trafikk:

1.23 millioner passeringer med 12 tonns aksellast (tvillinghjul) fordelt på tre ulike grunnvannsnivåer

Trafikken tilsvarer 20 år med ÅDT 3000
(gitt $\text{ÅDT}_{\text{tunge}} = 10\%$)

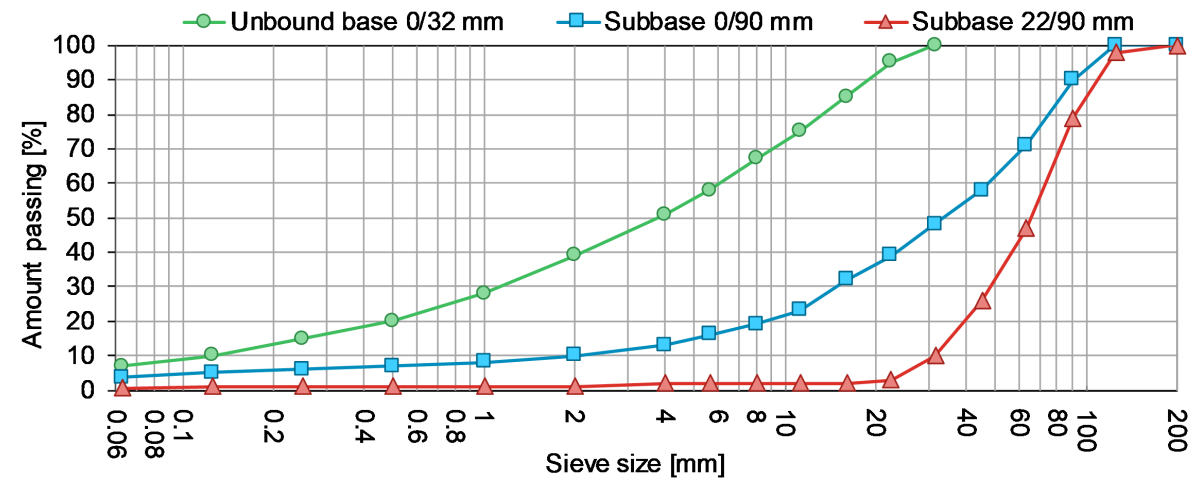


Forsterkningslagsmaterialer

Velgradert 0/90 mm



Åpent gradert 22/90 mm



Instrumentering av konstruksjonene

Instrumentering for måling av

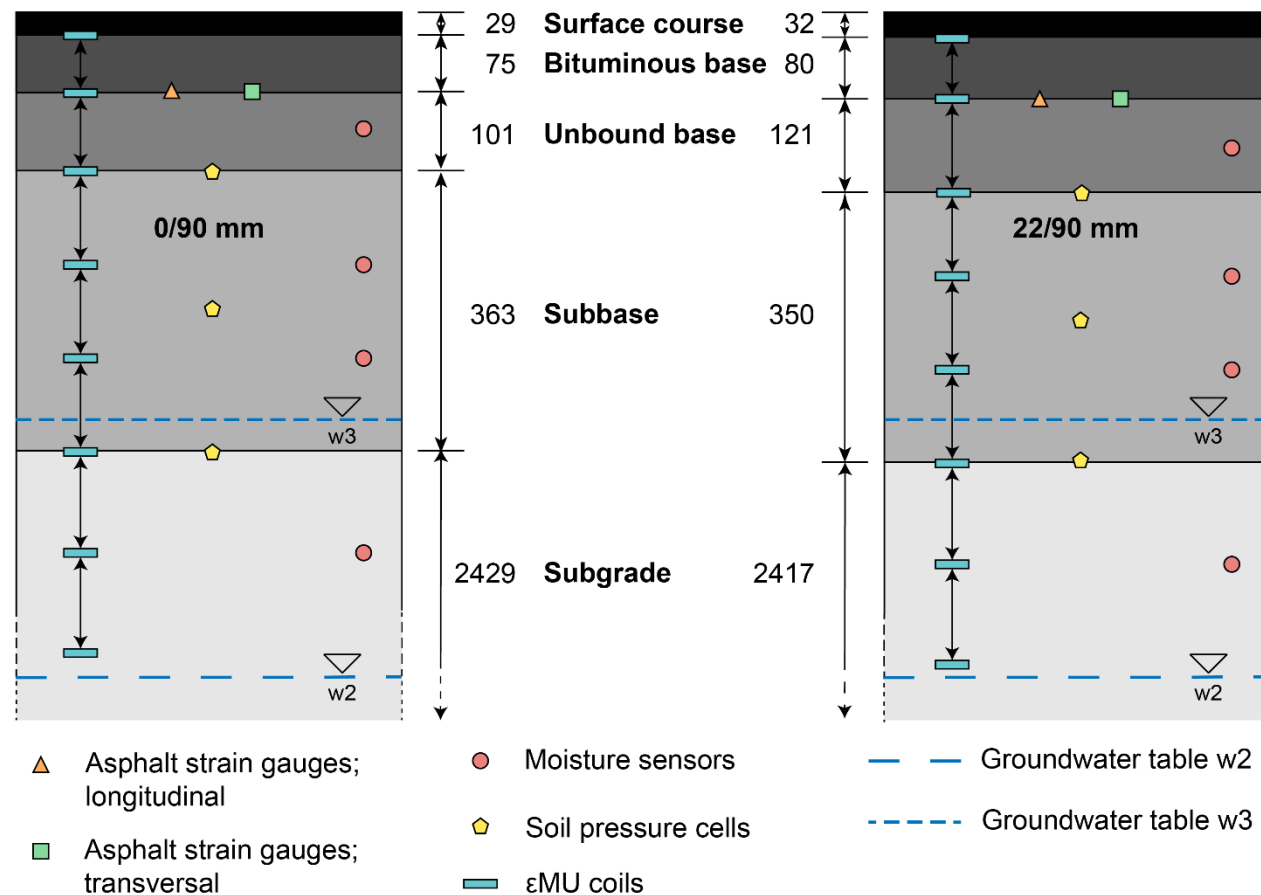
- Vanninnhold
- Tøyning
- Spenning i forsterkningslag

Grunnvannsnivåer:

- w1 – Langt (> 3 m) under overflaten
- w2 – 30 cm under bunn forsterkninglag
- w3 – Ca 5 cm opp i forsterkningslaget

Fase w2 tilsvarer normalt drens nivå

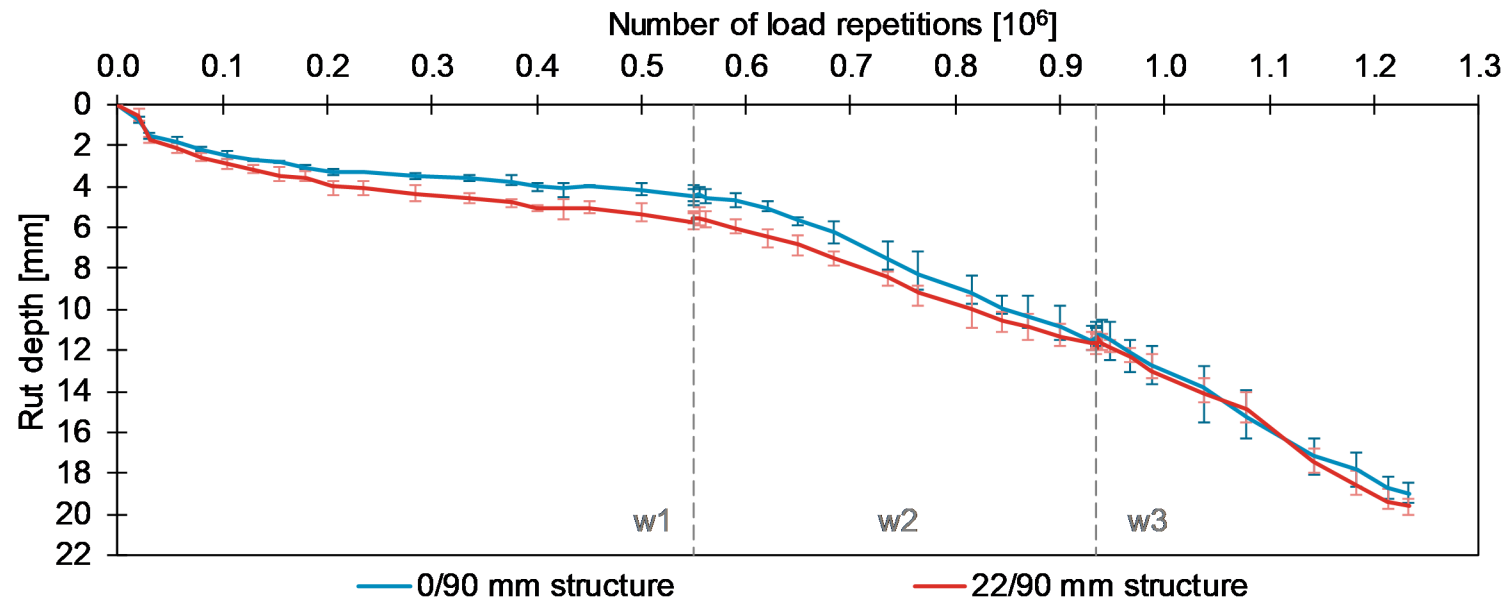
Fase w3 kan oppstå når drens systemer overbelastet eller i teleløsningsperioden hvis vegkonstruksjonen tiner før drens systemet



Sporutvikling

Spordybde målt med laser gjennom hele testperioden

Total spordybde etter 1.23 millioner overfarter var ca. 20 mm – for begge vegkonstruksjonene

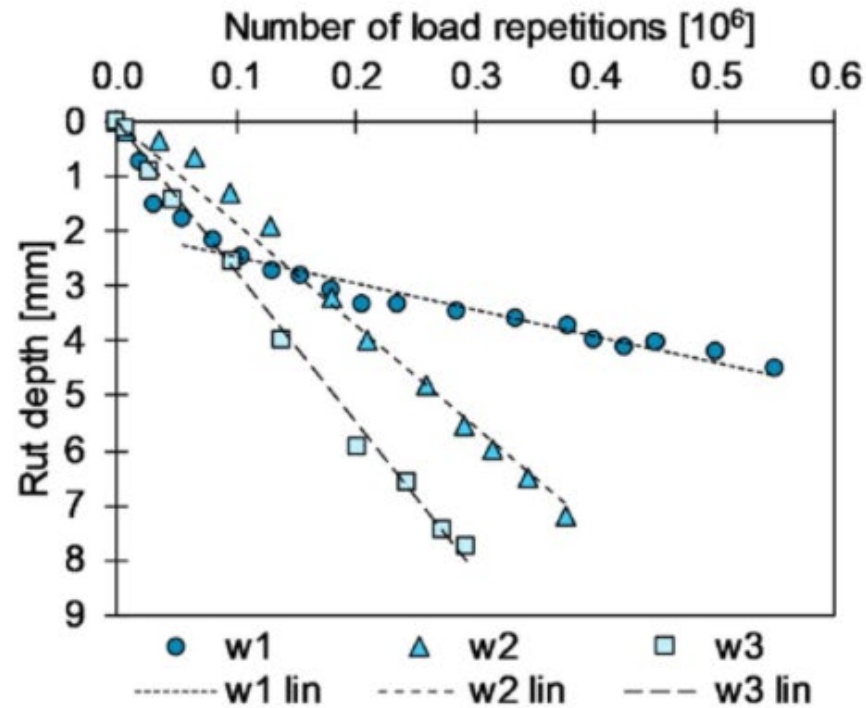


Faste forutsetninger:

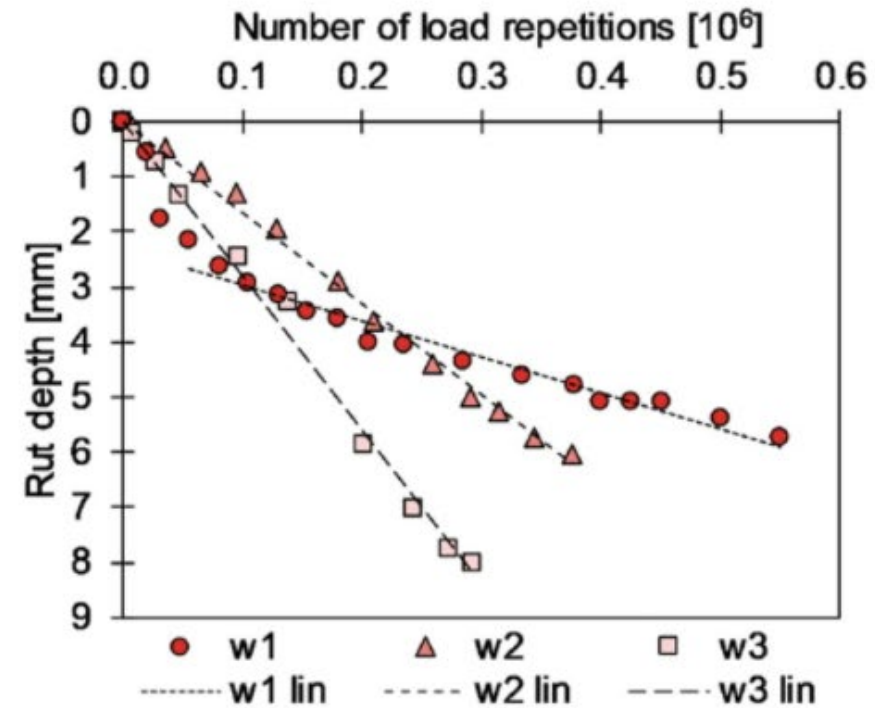
- Temperatur 10 °C
- Ingen frost, ingen piggdekkslitasje

Sporutviklingen i hver enkelt fase

For hver økning av grunnvannsnivået blir sporutviklingen brattere:



(a) 0/90 mm structure. Trend line w1: $r^2 = 0.933$; trend line w2: $r^2 = 0.988$; trend line w3: $r^2 = 0.996$



(b) 22/90 mm structure. Trend line w1: $r^2 = 0.960$; trend line w2: $r^2 = 0.996$; trend line w3: $r^2 = 0.994$

Det var ikke forventet at sporutviklingen skulle bli lineær

Utvikling i vanninnhold når grunnvannstanden øker

Bærelag:

Til tross for liten forskjell i vanninnhold i forsterkningslaget i fase w2 øker vanninnholdet i bærelaget – må være transport av fuktighet gjennom forsterkningslaget 0/90 mm. For 22/90-konstruksjonen merkes først forskjell godt ute i fase w3.

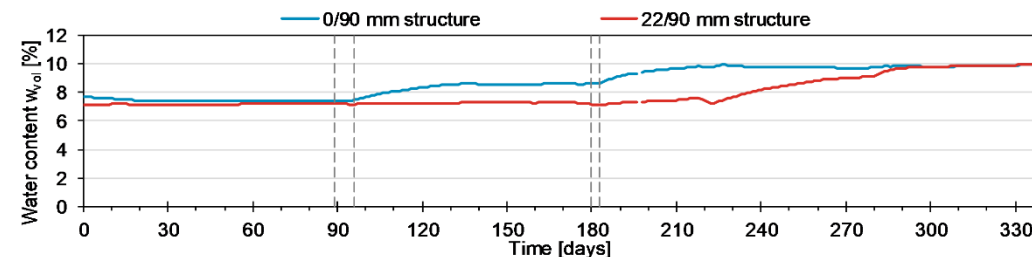
Forsterkningslag.

De åpne materialet har veldig lavt vanninnhold og beholder samme gjennom hele testen. Det velgraderte har noe høyere vanninnhold fra start, observerer økning i fase w3

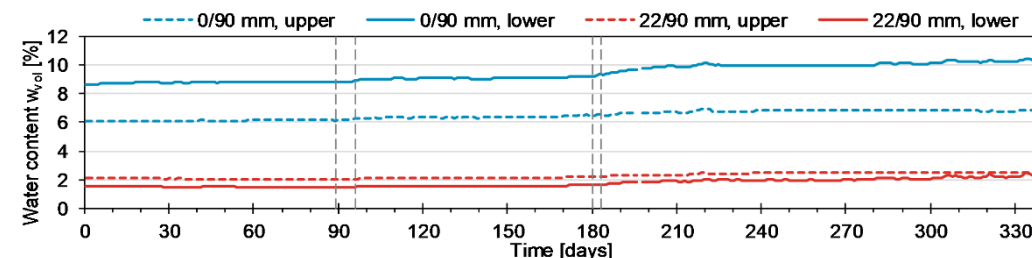
Undergrunn:

Ingen synlig overgang mellom fase w2 og w3: Materialet er nesten vannmettet allerede i fase w2 – selv om sensoren ligger over grunnvannsnivået.

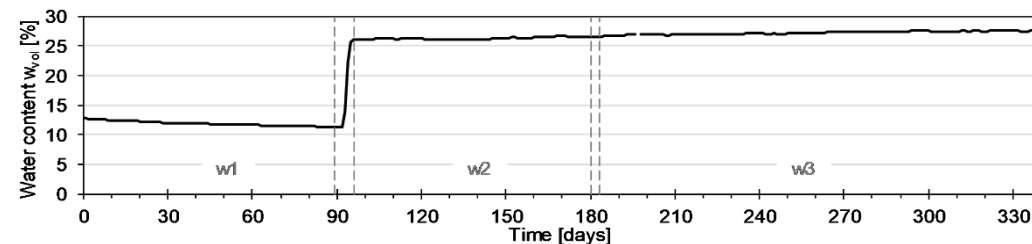
Bærelag



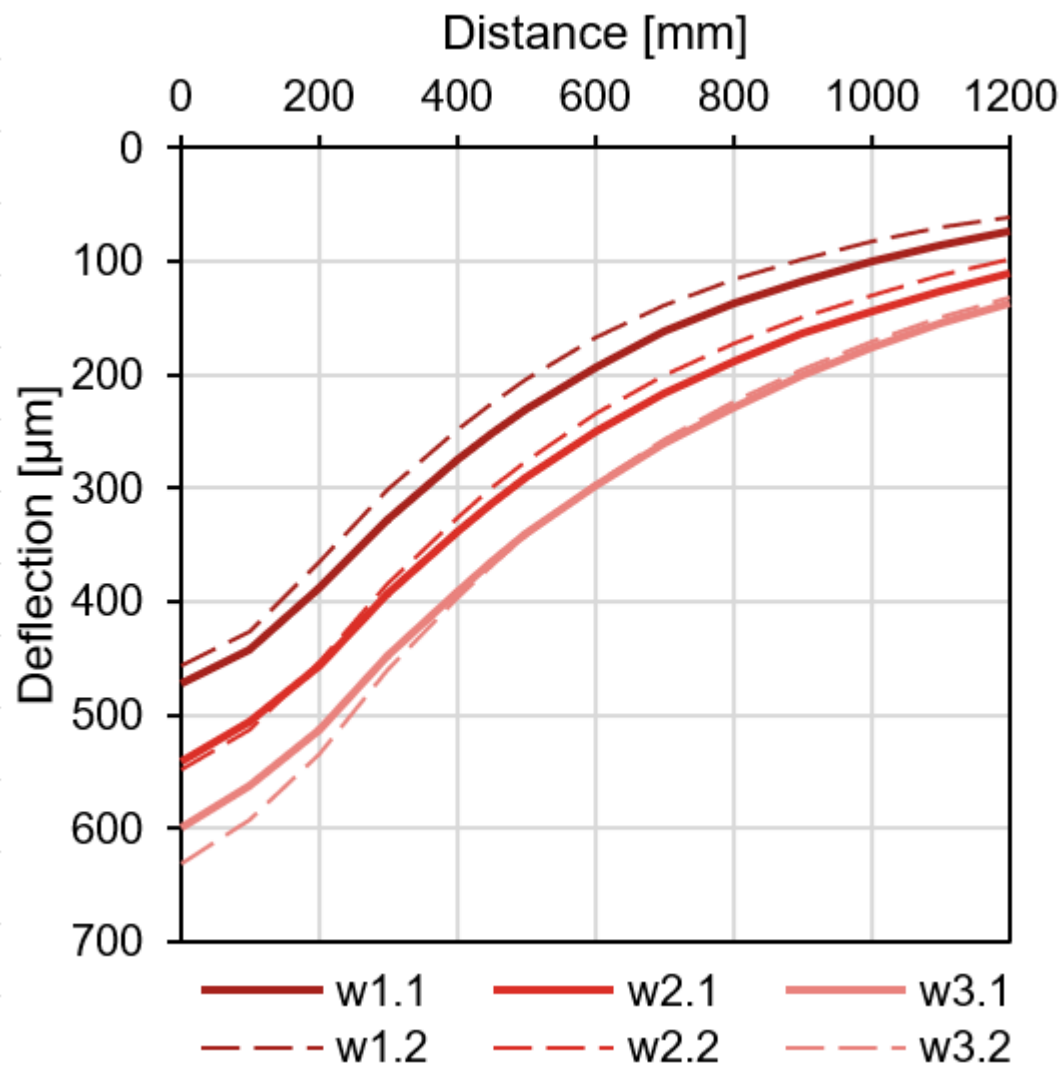
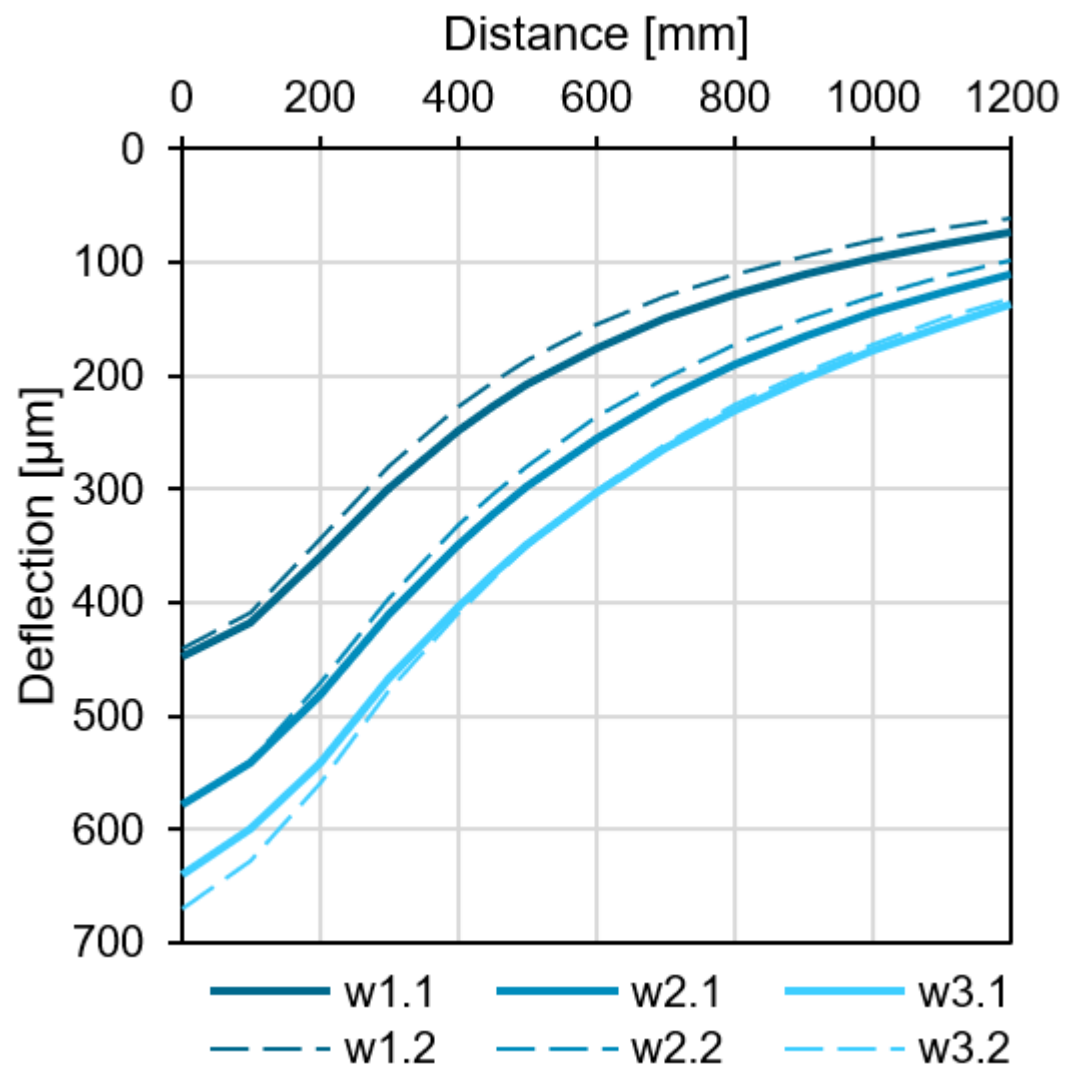
Forsterkningslag



Undergrunn



Falloddsmålinger på tre grunnvannsnivåer



Permanente deformasjoner i den instrumenterte konstruksjonen

Målt og beregnet permanent deformasjon i de ubundne materialene underveis i testen

Sammenligner beregning med to ulike modeller:

- MEPDG fra USA (øverst)
- En ny modell fra VTI (nederst)

Begge modellene baserer seg på målt tøyning

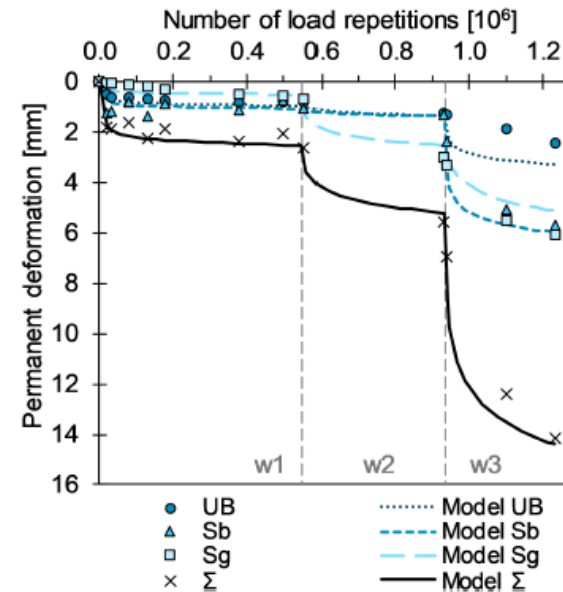
I figurene:

UB – Bærelag

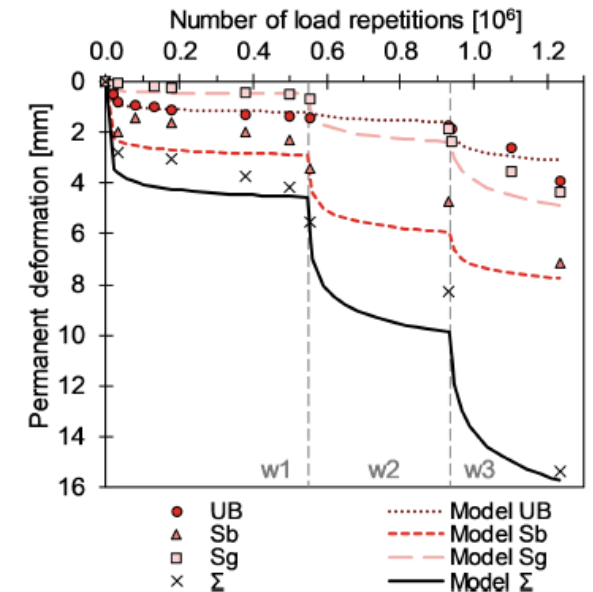
Sb – Forsterkningslag

Sg – Undergrunn

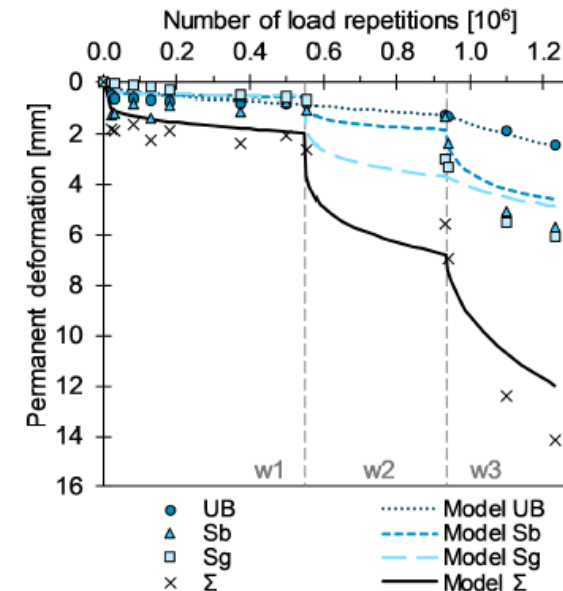
Svart linje er summen av de tre linjene over



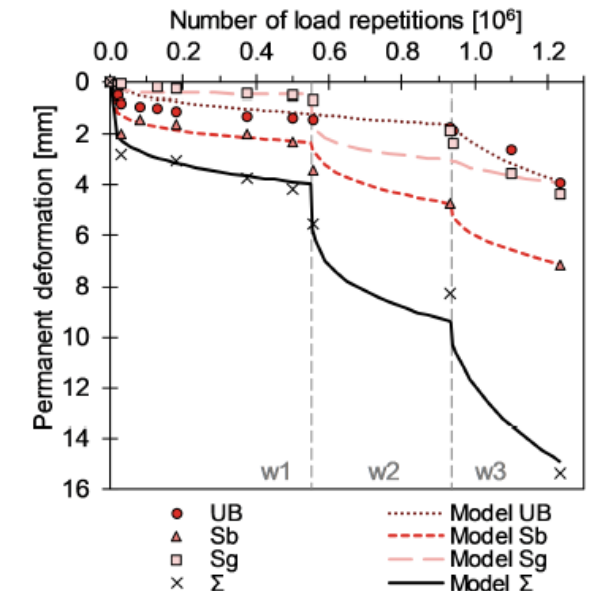
(a) 0/90 mm structure, MEPDG model



(b) 22/90 mm structure, MEPDG model



(c) 0/90 mm structure, RE model

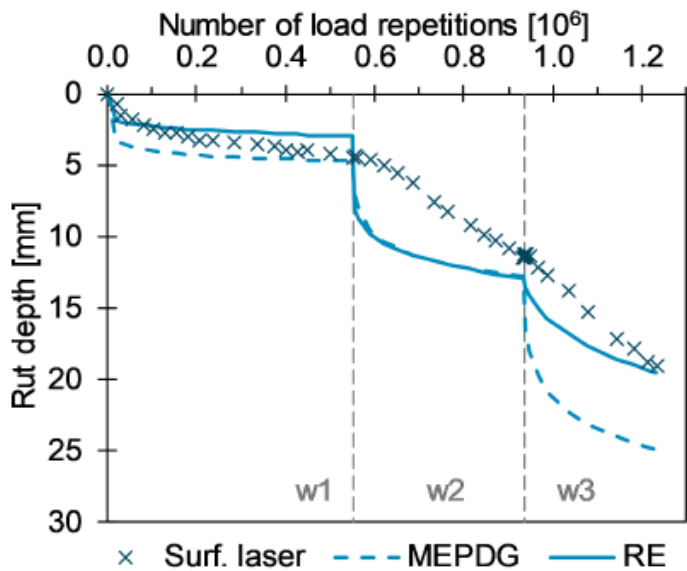


(d) 22/90 mm structure, RE-model

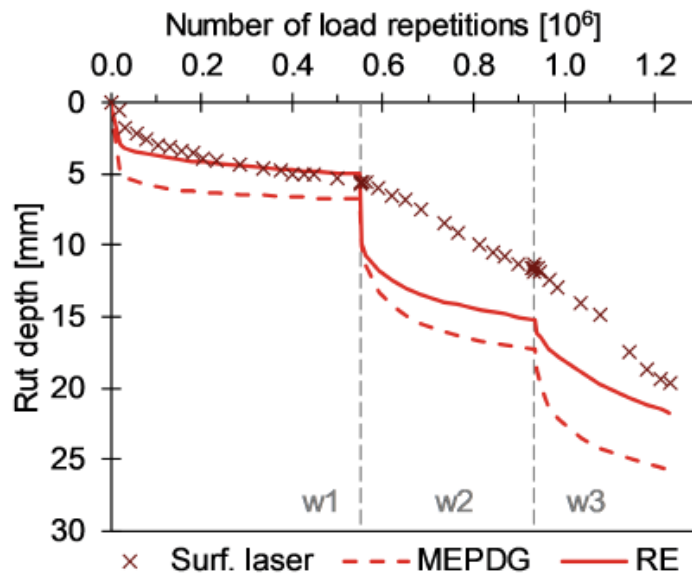
Modellert spor sammenlignet med spor målt med laser

Sporutviklingen ble beregnet med to ulike modeller, begge basert på den målte tøyningen

Ingen av modellene klarte å gjenskape den lineære sporutviklingen vi målte på toppen



(a) 0/90 mm structure



(b) 22/90 mm structure

Hva fant vi ut?

Økt grunnvannsnivå får tydelig utslag både på sporutvikling og falloddsmålinger

- utviklingen i fase w2 må forventes i en normalsituasjon
- utviklingen i fase w3 i unntakstilfeller – men unntakene skjer kanskje oftere enn vi tror?

Til tross for ulik gradering i forsterkningslag – overraskende lik sporutvikling i de to konstruksjonene

Modellene klarer ikke å gjenskape den lineære sporutviklingen. Mulig forklaringer:

- God komprimering – mindre etterkomprimering fra trafikk enn modellene forventer?
- Sterke steinmaterialer – mindre nedknusing enn modellene forventer?
- Grove steinmaterialer – veldig ulikt fra det modellene er bygd på

Det er nødvendig å kalibrere modellene til våre forhold

Vi trenger ikke være så redd for å bruke samfengte materialer – ja til flere forsterkningslag av 0/90 mm!

Men vi må ha kontroll på finstoffinnholdet, det krever litt mer av produksjonsprosessen

Presentasjonen er basert på to artikler:

Permanent deformation modelling of large-size unbound pavement materials tested in a heavy vehicle simulator under different moisture conditions

<https://doi.org/10.1080/14680629.2021.1883464>

Unbound pavement materials' response to varying groundwater table analysed by falling weight deflectometer

<https://doi.org/10.1201/9781003222880-37>

For de spesielt interesserte 😊

ROAD MATERIALS AND PAVEMENT DESIGN
<https://doi.org/10.1080/14680629.2021.1883464>

 Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

 OPEN ACCESS  Check for updates

Permanent deformation modelling of large-size unbound pavement materials tested in a heavy vehicle simulator under different moisture conditions

Marit Fladvad ^{a,b} and Sigurdur Erlingsson ^{c,d}

^aDepartment of Geoscience and Petroleum, NTNU – Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway; ^bNorwegian Public Roads Administration, Trondheim, Norway; ^cSwedish National Road and Transport Research Institute (VTI), Linköping, Sweden; ^dFaculty of Civil and Environmental Engineering, University of Iceland, Reykjavik, Iceland

ABSTRACT
Climate changes alter the environmental conditions which pavement design is based on, invalidating empirical design methods. Transition to mechanistic design requires the ability to model the behaviour of pavement materials under relevant environmental conditions. An accelerated pavement test (APT) is designed to test two instrumented pavement structures under moisture conditions which are altered by raising the groundwater table (GWT). Open-graded and well-graded sub-base materials are used to investigate the effect of gradation on moisture dependency. Pavement response behaviour is modelled using a non-linear elastic (NLE) approach. Accumulation of permanent deformation under different moisture conditions is calculated by two models and compared to measured surface rutting. Moisture transport through the structures differs due to the subbase gradation. Increased GWT accelerates the accumulation of permanent deformations in both structures, identified by both models. One model provides a significantly better fit to the subgrade deformations and the width of the rutting profile.

ARTICLE HISTORY
Received 20 April 2020
Accepted 25 January 2021

KEYWORDS
Unbound granular materials; permanent deformation modelling; accelerated pavement test; heavy vehicle simulator; performance predictions

1. Introduction

Environmental conditions are important inputs to pavement design, combined with traffic load, material choice and layer thicknesses (Yoder & Witczak, 1975; Zapata et al., 2007). Climate changes are in many areas expected to lead to increased precipitation and more intense rainfall events (Seneviratne et al., 2012). Such changes will lead to increased moisture within road structures and possible overloading of road drainage systems. As the moisture content increases, the friction between aggregate particles becomes lower, and the resistance to differential particle deformation is reduced, leading to a reduced resilient modulus of unbound aggregates (ARA Inc, 2004; Erlingsson, 2010; Lekarp & Dawson, 1998). Pavement saturation during flooding is one of the key deterioration processes that result in degradation of pavement materials (Lu et al., 2020). When unbound materials are saturated, pavement structures observe a significant loss of structural capacity (Elshaer et al., 2019).

CONTACT Marit Fladvad  marit.fladvad@vegvesen.no

© 2021 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.