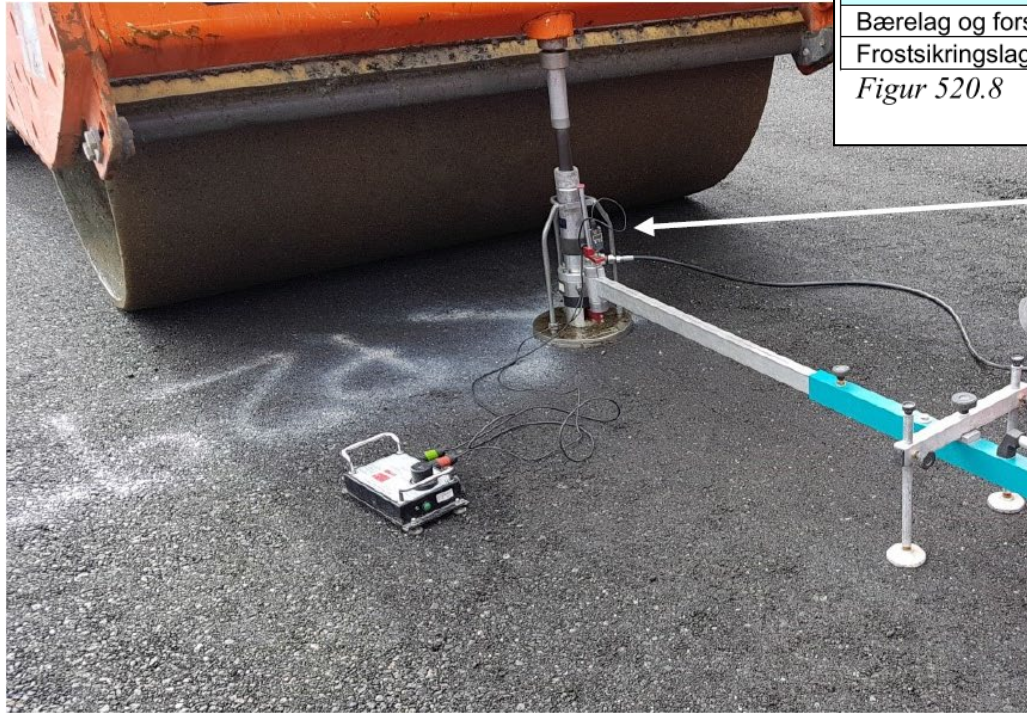


Kompakteringskontroll med platebelastningsutstyr

Betydning av feltforhold, forsøksmetode og beregningsmetode

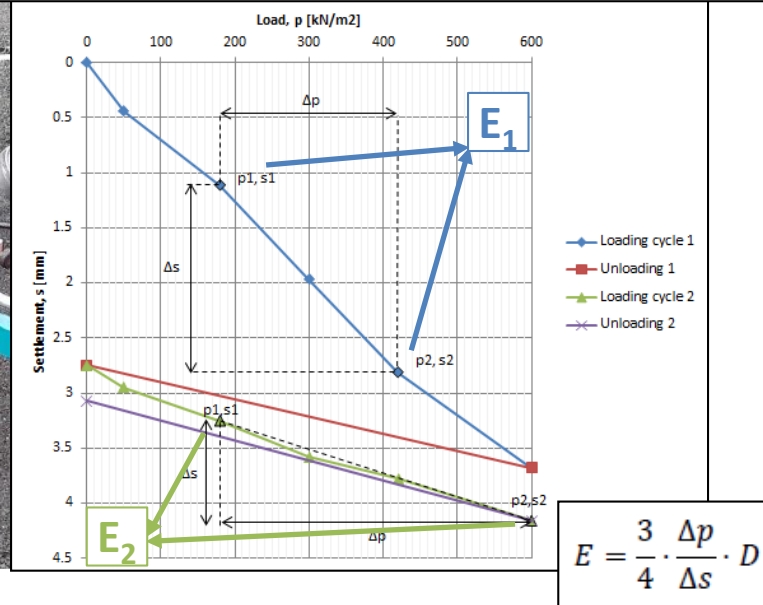
Herbjörg Andrésdóttir

Om Platebelastningsforsøk



Lag	E_2 / E_1	E_2 (MPa)
Bærelag og forsterkningslag	$\leq 2,5$	> 150
Frostsikringslag av sand, grus og stein	$\leq 3,5$	> 120

Figur 520.8 Krav til komprimering målt ved statisk platebelastning, 300 mm platediameter



Bakgrunn for oppgaven

- Krav om resultater fra platebelastningsforsøk (PBF) ganske like de siste tiårene
- Entreprenører i dag sliter med å oppfylle kravene
 - Hvorfor?

Problemstilling

- Hvilke faktorer i felten påvirker resultatene av PBF?
- På hvilken måte påvirker materialene i overbygningen og deres tilstand resultatene av PBF?
- På hvilken måte påvirker testprosedyren og beregningsmetoden for E-verdien resultatene av PBF?

Metode

- Dokumentanalyse
 - Sammenligning av norske krav gjennom årene
 - Sammenligning med krav i andre land
- Case-studie
 - Dokumentinnsamling
 - Resultater fra PBF
 - Komprimeringsplan, o.l.
 - Intervjuer
 - Byggherre
 - Entreprenør
 - Andre med erfaring
 - Observasjoner i felt og feltmålinger
- Felttest
 - 300 mm plate
 - 600 mm plate
 - 3 forskjellige overbygninger

Dokumentanalyse:

Krav i norske håndbøker

Håndbok 018 / N200

Vegklasse		1980
III- IIId	IIc- Ia	
E_2/E_1	$\leq 3,5$	$\leq 2,5$

Figur 15 Det kan være aktuelt å kontrollere komprimeringen ved platebelastningsforsøk eller fallodd. Det kan være av arbeidet. Antall overfarter og lag-

Lag	E_2 / E_1	E_2 (MPa)	1999	2011
Forsterkningslag Fylling, øverste 3 m Fylling, under 3 m dybde	$\leq 2,5$	150		
Lag	E_2 / E_1	E_2 (MPa)		
Bærelag og forsterkningslag	$\leq 2,5$	> 150		
Frostsikringslag av sand, grus og stein	$\leq 3,5$	> 120		

Figur 522.4 Veiledende verdier for kompi

Figur 520.8 Krav til komprimering målt ved statisk platebelastning, 300 mm platediameter

Dokumentanalyse:

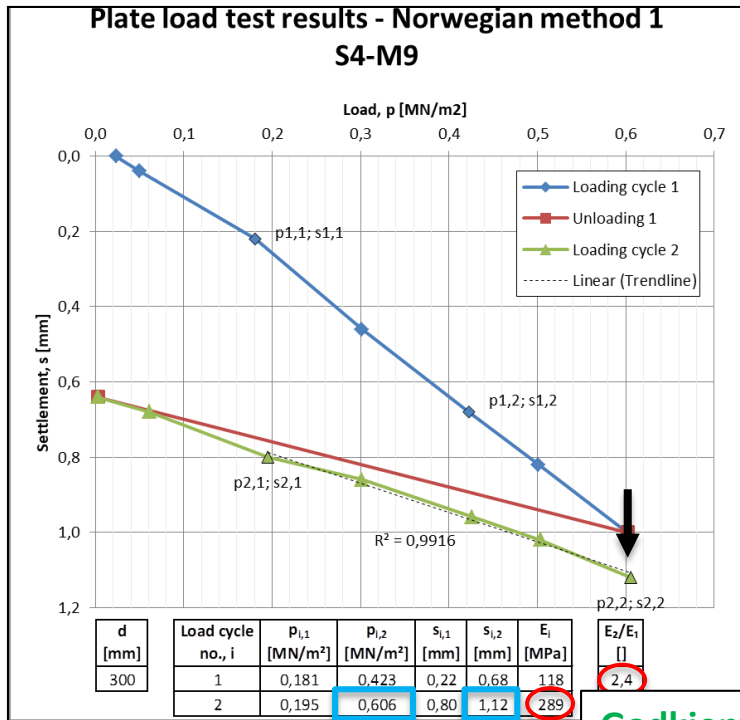
Krav i norske håndbøker

Håndbok 015 / R211

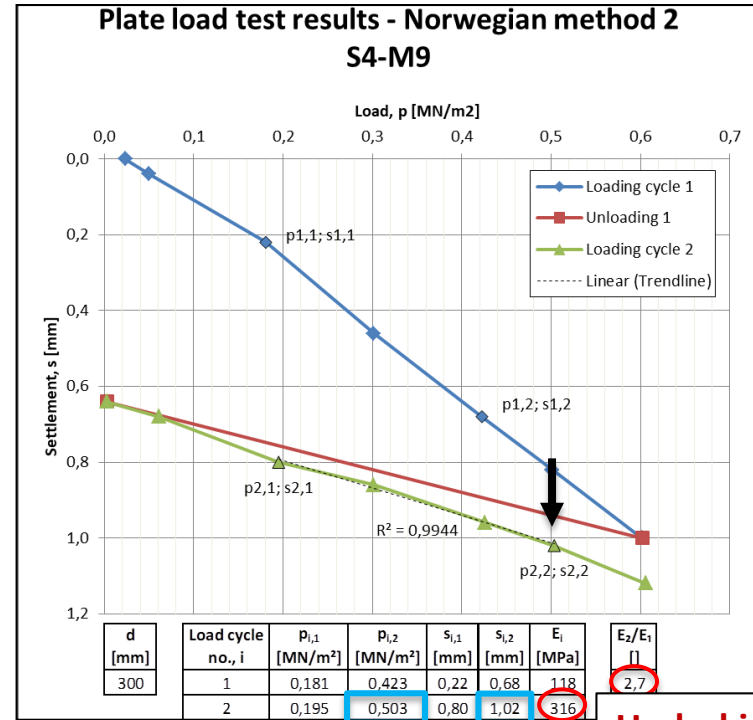
- Testprosedyren nesten uendret fra 1984
 - 300 mm plate
 - 5 lastetrinn
 - Gips brukt som avrettingslag
 - Siste referansepunkt for beregning av E_2 er høyeste lastetrinn der last-setnings kurven er tilnærmet lineær
- Endret i 2018
 - Gips ikke nødvendig lenger
 - 6 lastetrinn, 500 kPa lagt til

Dokumentanalyse:

Krav i norske håndbøker



Godkjent

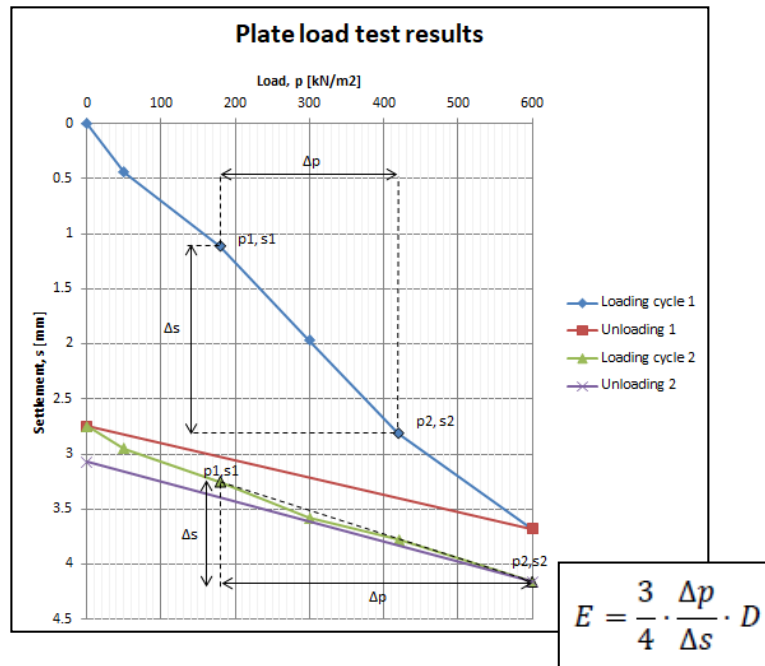


Underkjent

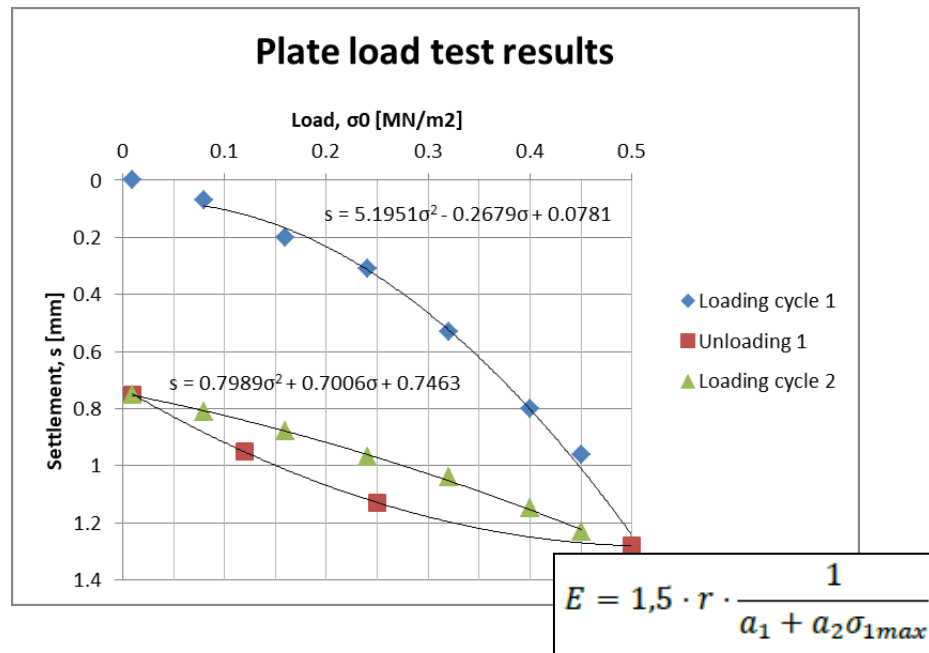
Dokumentanalyse:

Sammenligning av beregningsmetoder

Norsk metode



Tysk / Svensk metode



Dokumentanalyse:

Sammenligning av krav

Norske krav

- Alle målepunkt må oppfylle kravene
- Absolutte krav
 - Ingen feilmargin
- Kun 300 mm plate

Svenske krav

- Et sett av målinger med n punkter
 - $n = 5$ eller $n = 8$
 - $n-1$ må oppfylle krav for E_2/E_1
- Krav for E_2 definert for gjennomsnittet
 - Spesielle tiltak ved grove feil (minimumskrav for hvert enkelt punkt)
- 300 mm (600 mm og 762 mm)

Dokumentanalyse:

Sammenligning av krav

Norske krav

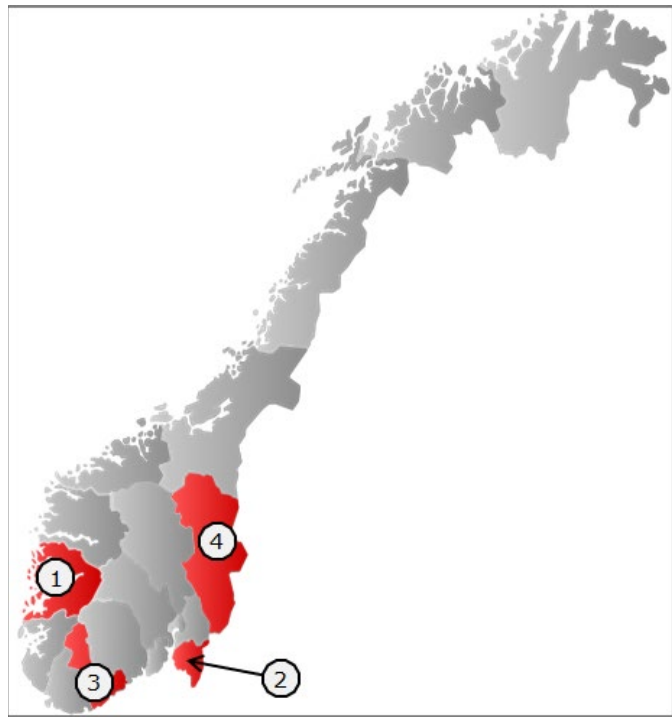
Layer	E_2/E_1	E_2 [MPa]
Subbase and base course	$\leq 2,5$	> 150
Frost protection layers of sand, gravel and rock	$\leq 3,5$	> 120

Svenske krav

Requirements for the base course (or the topmost unbound layer) in a flexible road structure	
Requirements for the set of measurements	$\bar{x}_{E_2}$
If number of measurements, $n = 8$	$\geq 140 + 0,96 \cdot S$
If number of measurements, $n = 5$	$\geq 140 + 0,83 \cdot S$
Requirements for every measured point*	E_2/E_1
If $E_2 \leq 140$ MPa	$\leq 2,8$
If $E_2 > 140$ MPa	$\leq 1 + 0,013 \cdot E_2$

*At least $n-1$ of the tested points must fulfil these requirements. A single measurement is considered unacceptable if $E_2 < 125$ MPa

Case-studie



1) Tunnelprosjekt (Hordaland)

2) Prosjekt i urbant strøk (Østfold)

3) Ny motorveg (Aust-Agder)

4) Motorveg oppgradering (Hedmark)

Case-studie:

Intervjuer og observasjoner

- PBF blir utført på flere ulike måter i feltet
 - Ofte en blandning mellom norsk og svensk prosedyre og beregningsmetode
 - Vanskelig å sammenligne resultater
- Avrettingslag vanligvis ikke brukt, selv om krav i R211 (2014)
- E-verdier beregnes automatisk av datamaskiner
 - Utførende ofte usikre på hva ligger bak beregnet E-verdi
- Valseprogram kalibreres sjelden med PBF
 - Usikkert om valgt valseprogram oppnår godkjente PBF resultater

Case-studie:

Intervjuer og observasjoner

- Spesielt utfordrende faktorer:
 - Knust asfalt (Ak) i overbygning
 - Lite kunnskap om asfalten som brukes
 - Forskjellig asfalt = forskjellige egenskaper
 - Bitumen har temperaturavhengige egenskaper
 - Høyt fuktinnhold
 - Spesielt utfordrende med Ak
 - Kort tid fra komprimering til måling
 - Lette fyllmasser/isolasjonsmaterialer
 - Konsekvent dårligere resultater og CMV verdier
 - Lite finstoff i forkilingslag

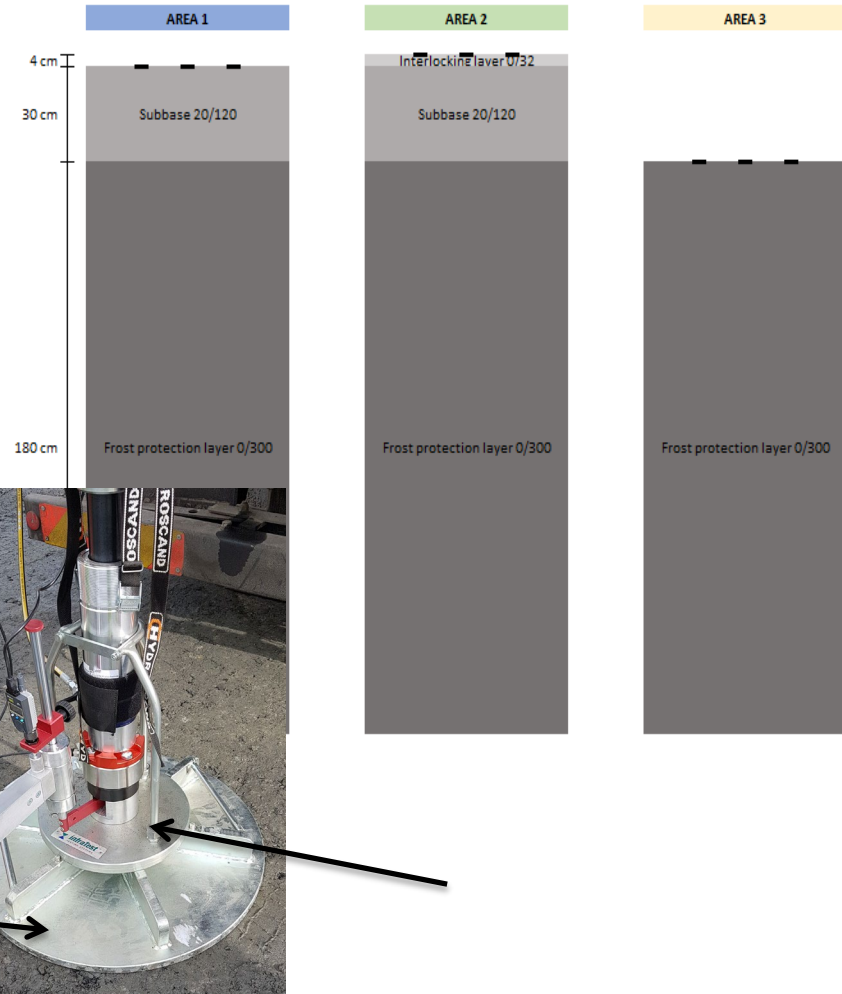
Case-studie:

Intervjuer og observasjoner

- Flere synes Norske krav er for strenge og urealistiske
 - Alle målepunkt skal ha godkjent PBF, men visse avvik tillates i andre krav til materialer og utførelse
 - Fare for underrapportering av underkjente resultater
 - Forfalskning av måledata for enkelt
 - BH og E avtaler akseptable grenser for godkjenning
 - F.eks. 9 av 10 PBF må være innenfor krav
 - Ulike aksepteringsnivå fra prosjekt til prosjekt
- Vanligvis ikke konsekvenser for underkjente resultater
 - Fremdriftsplan og tidspress styrer over dårlige PBF resultater

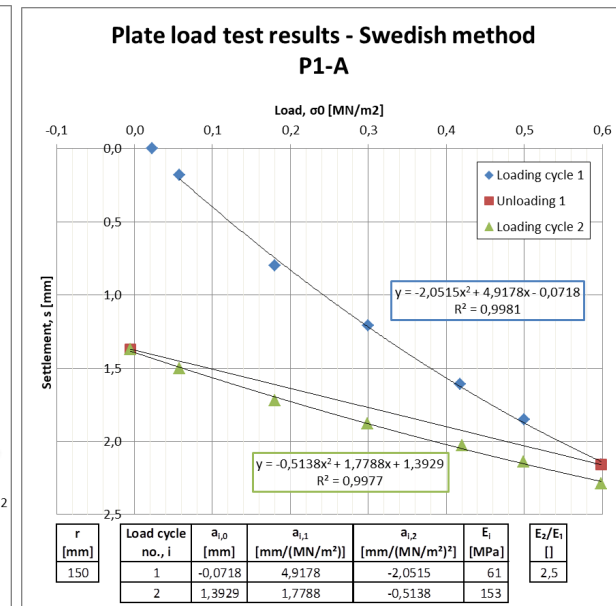
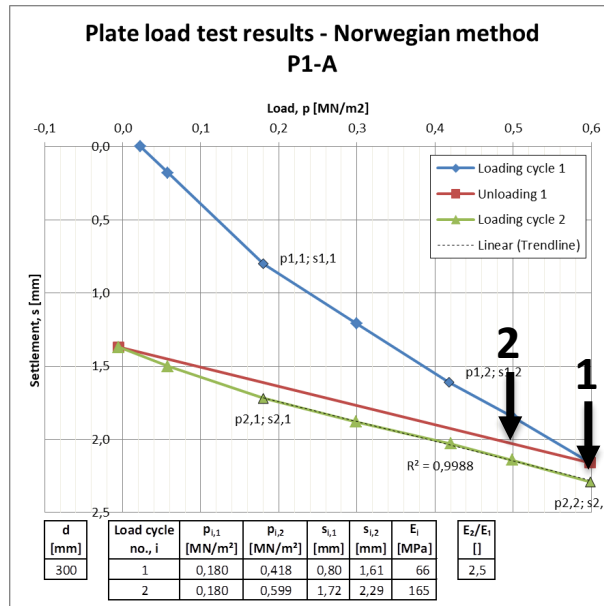
Felttest

- 24 PBF
 - 3 forskjellige overbygninger
 - 2 platestørrelser
 - 600 mm (Tysk metode)
 - 300 mm (Norsk metode)



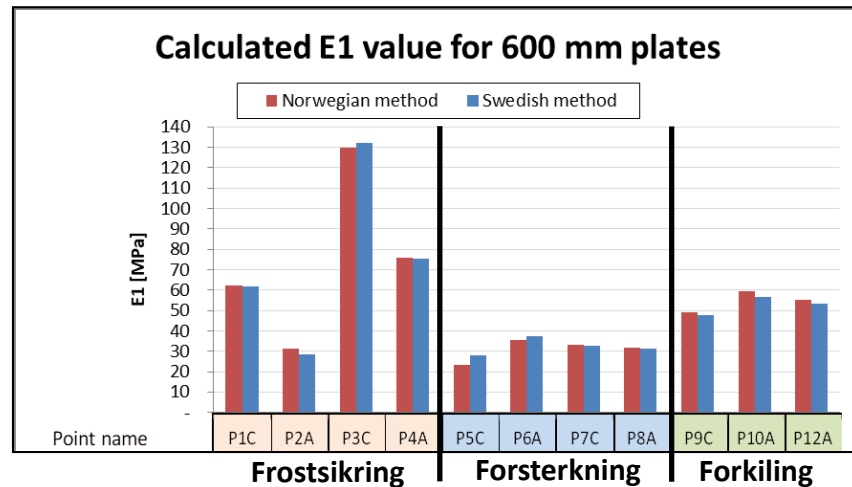
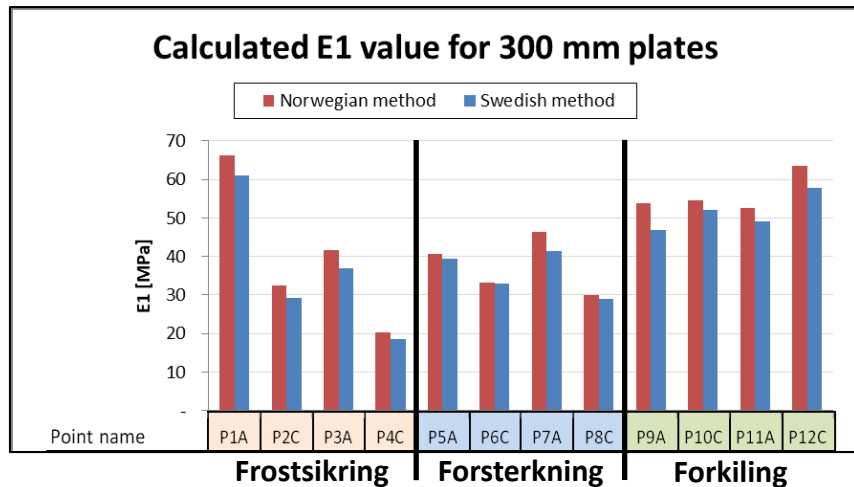
Felttest

- E-verdi beregnet etter 2 metoder og sammenlignet
 - Norsk metode
 - 2 versjoner
 - Svensk metode



Felttest

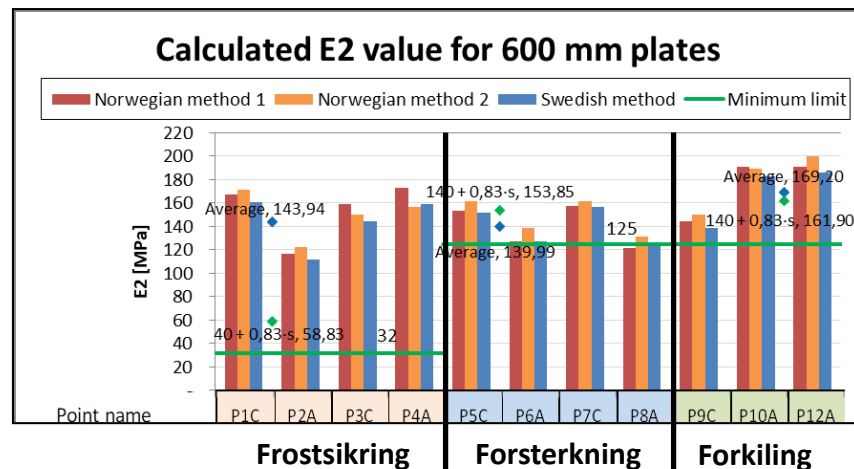
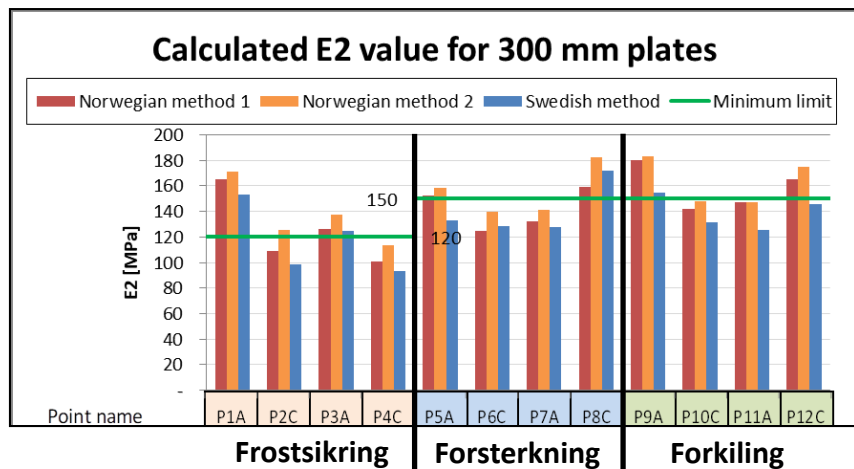
Resultater E_1



- Signifikant forskjell mellom forsterkningslag og forkilingslag

Felttest

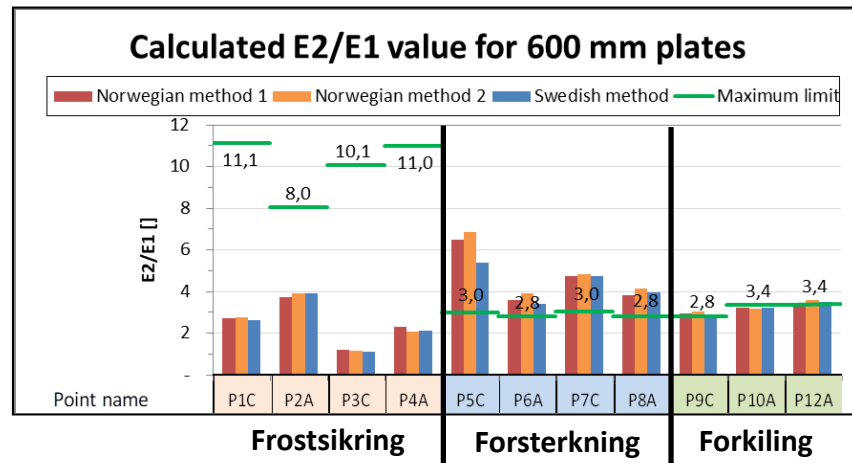
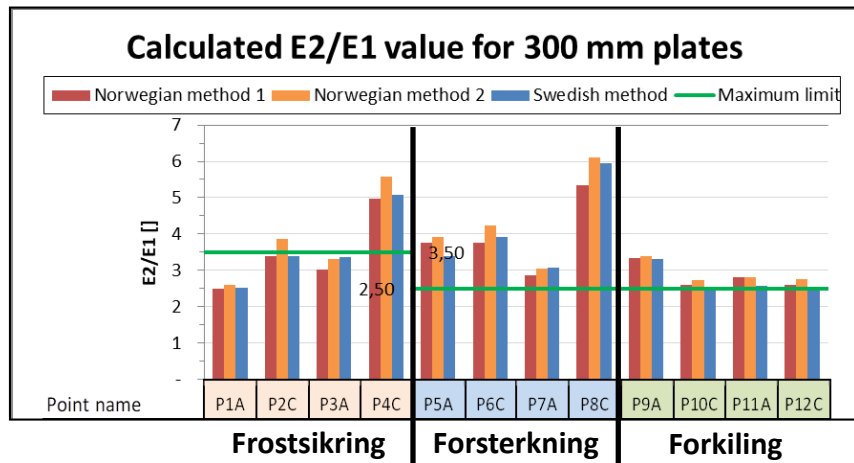
Resultater E_2



- Signifikant forskjell mellom beregningsmetoder

Felttest

Resultater E_2 / E_1



- De fleste målingene oppfyller ikke norske krav til E_2 / E_1

Konklusjon

- Flere faktorer kan påvirke resultatene av PBF
 - Knust asfalt (Ak) i overbygning
 - Høyt fukttinnhold
 - Kort tid fra komprimering til måling
 - Lette fyllmasser/isolasjonsmaterialer
 - Lite finstoff i forkilingslag
 - **Mer forskning nødvendig!**
- Norske krav er strenge og uten feilmarginer
 - Anses som urealistisk å oppfylle krav i hvert enkelt målepunkt
 - Forutsetningene for opprinnelige krav er endret uten at krav-verdiene er endret

Konklusjon

- Innsamlet data gir for lite datagrunnlag
 - For få like målinger til å trekke konkrete konklusjoner
 - Forkilingslaget kan være en viktig del av å oppnå tilstrekkelige verdier for E_2/E_1
 - Forskjellige beregningsmetoder kan gi forskjellige resultater
- PBF utføres forskjellig fra person til person
 - Kan ha stor påvirkning på resultatene
- **Mer forskning er nødvendig!**

Takk!