

Kalkstabiliseret lerjord i vejklassen

anvendelse og dimensionering

Dansk Geoteknisk Forening
28.02.2023
ml@sr-gruppen.dk &
hej@junh.dk

Fra noget en bæltmaskine ikke kan køre i,
til kørestabilt underlag for lastbiler





I 2020 byggede vi 3,5 km vej i Sønderborg med 50 cm kalkstabiliseret lerjord, 25 cm BSM og 5 cm SMA 11

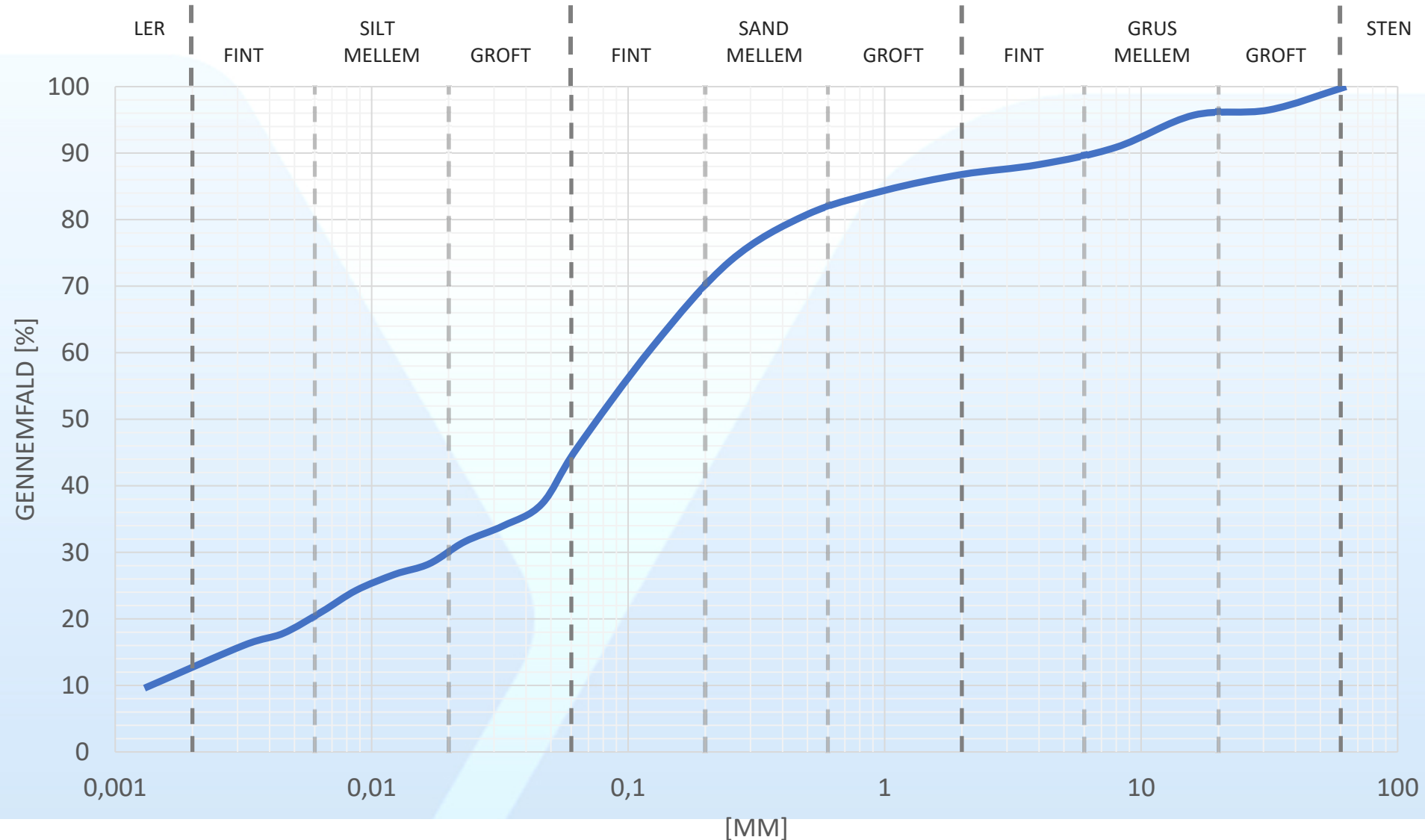
Påvisning af egenskaber for kalkstabiliseret lerjord

Pilotprojekt udført i 2022

- Kapillær stighøjde
- Frostfarlighed
- E-modul

- ca. 13 % ler
- ca. 32 % silt
- Samlet 45 % filler
- ca. 25 % fint sand
- Samlet 57 % silt og fint sand
- $I_p = 9 \%$
- Farve: brun
- Moræneler siltet/sandet eller moræneler stærkt siltet/sandet (kalkudvasket)

Kornkurve



Frosthævningsrisiko		Mindste koblingshøjde		
		Frostsikker	Frosttvivlsom	Frostfarlig
Materiale-typer	Trafik-klasse	Sand og grus uden betydende partier af silt og siltholdigt ler	Moræneler, ler og stabiliseret underbund ²⁾	Silt og meget siltholdige jordarter med mulighed for vandtilførsel, forbrændingsslagge og flyveaske ¹⁾ og stabiliseret underbund ²⁾
		T0, T1	Som bestemt ud fra Analytisk-Empirisk Dimensionering	400 mm
T2	500 mm	700 mm		
T3	600 mm	800 mm		
T4, T5, T6, T7	700 mm	900 mm		
1) Aktuel frosthævningsrisiko bør fastlægges ved laboratorieundersøgelse.				
2) Se afsnit 5.4.				

Figur 5.3 Mindste koblingshøjder under hensyn til frosthævningsrisiko og trafikklasse.

Stabilisering og fremstilling af prøveemner

- Naturligt vandindhold 15,2 %
- 1 % kalk
- Materiale udtaget efter fræsning i marken
- Prøveemner indbygget med vibrationshammer
- Prøveemner lagret ved 20°C i 90 døgn pakket ind i plast



Kapillærestighøjde

- Bulletin No. 5, Ellen Louise Mertz, Geoteknisk institut , 1959
- "Siltsedimenterne ... Permeabiliteten er kendeligt ringere end for sand og grus, og stærkt aftagende indenfor selve gruppen. Den kapillærestighøjde er relativt stor, og vandopsugningen relativt hurtig, hvorfor siltjordarterne er særdeles opfrysningssfarlige"
- "Lersedimenterne er kohæsions jordarter med så ringe permeabilitet, at jorden snarest må kaldes vandstandsende. Den kapillære stighøjde er overordentlig stor, men vandopsugningen sker så langsomt gennem de fine porer, at ler kun under ugunstige forhold (såsom lange frostperioder og højt grundvandsspejl) er opfrysningssfarlig."

Kapillærestighøjde

- 70 mm inden for 1 døgn
- 70 mm efter 11 døgn
- Vasket sand 30 - 210 mm
- Vasket grus < 30 mm
- Coated Leca 100 mm
- Opskummet glas 120 mm

Fra: Bulletin No. 5, Ellen Louise Mertz, Geoteknisk institut, 1959

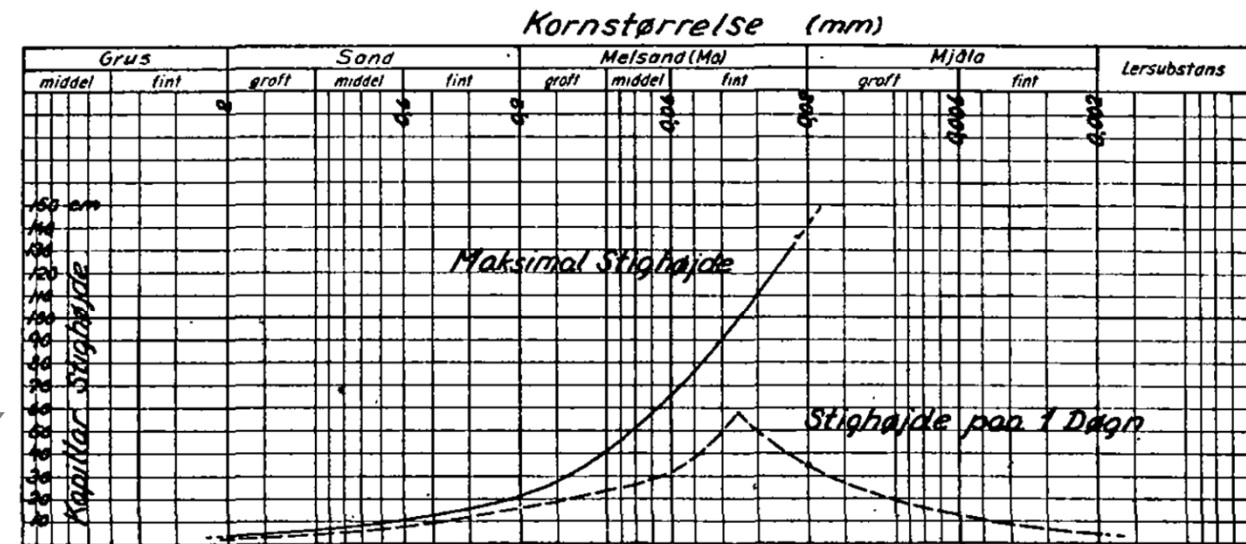
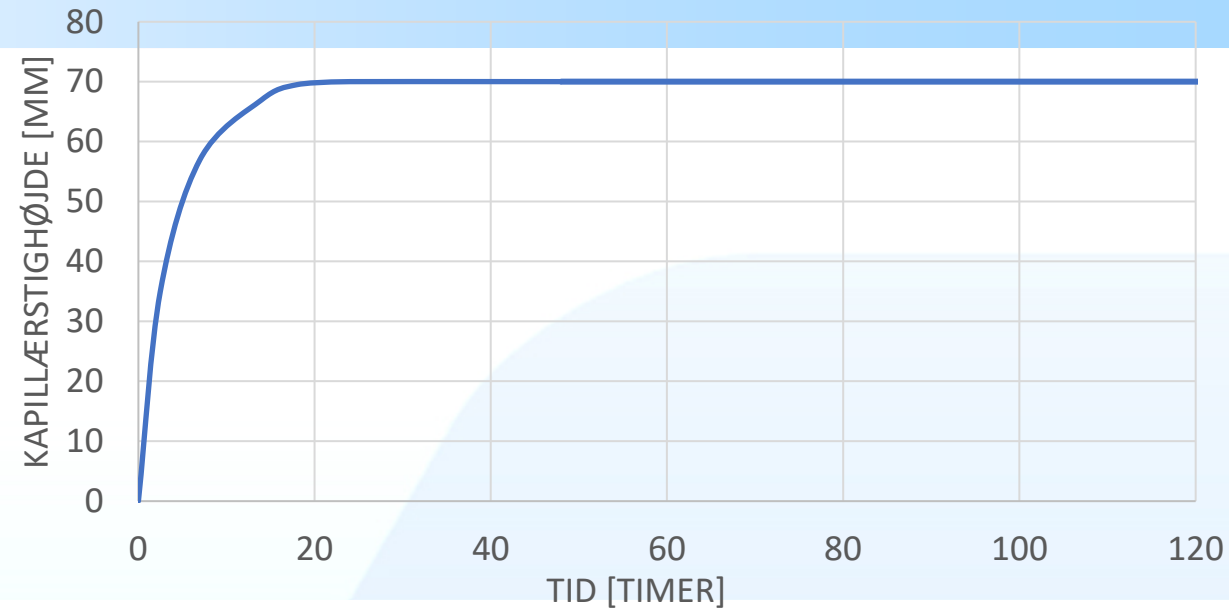
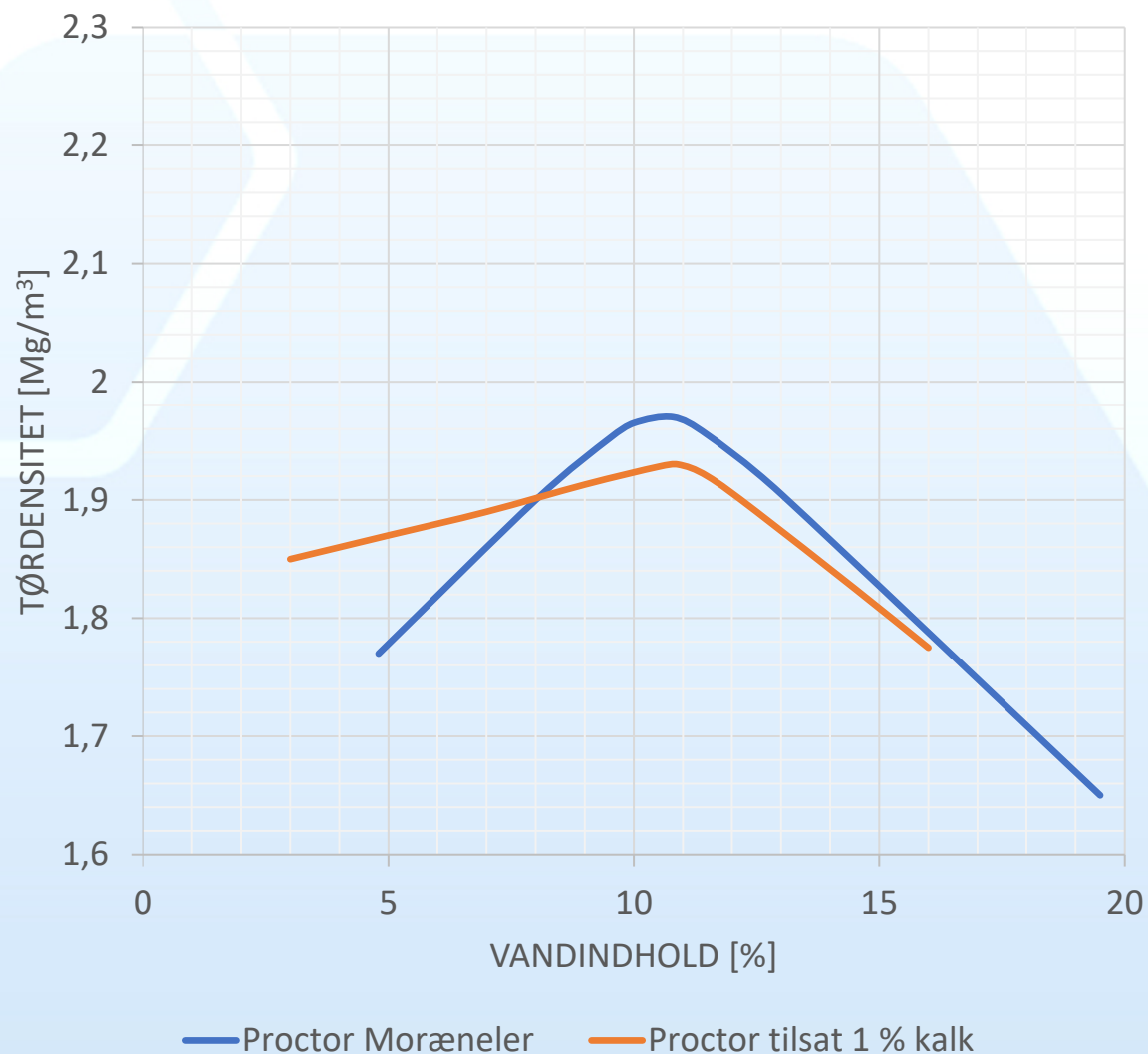
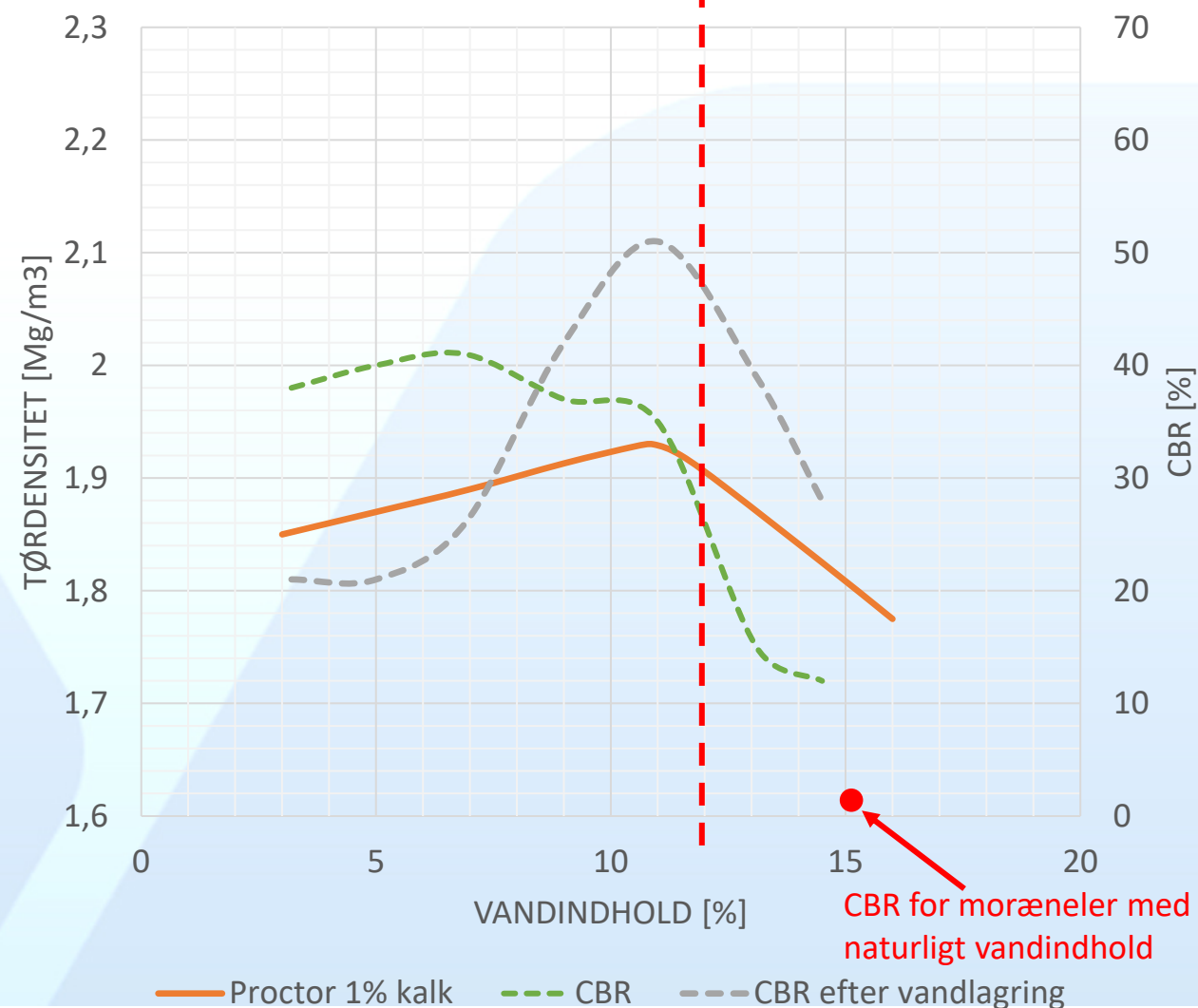


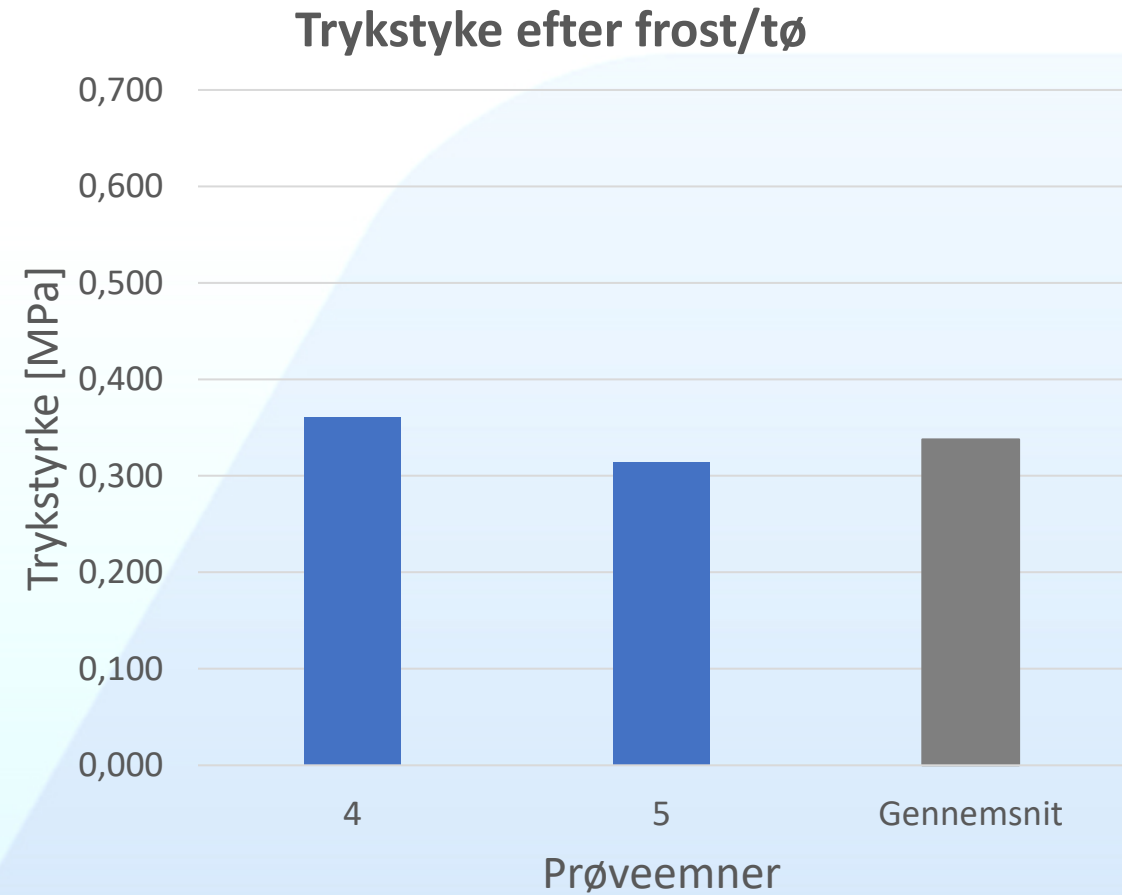
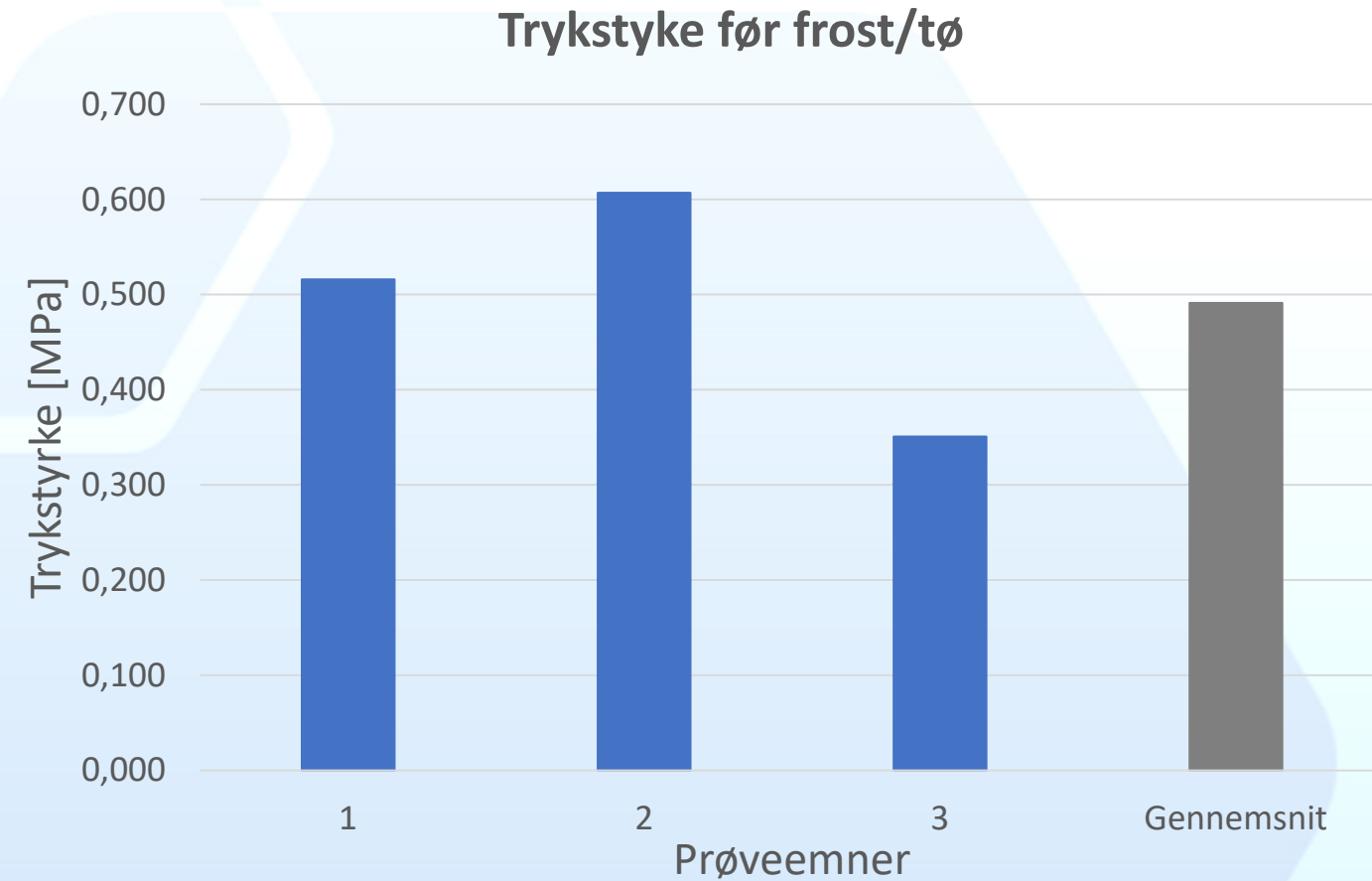
Fig. 3. Kurver for kapillaritet samt kapillær stighøjde for et døgn (efter G. Ekstrøm).

Proctor



Proctor og CBR





Trykstyrker

- Gennemsnit før frost/tø: 0,491 MPa
- Forst/tø-cykler udført på naturfugtige prøver (opbevaret i plastposer)
- Gennemsnit efter frost/tø: 0,338 MPa
- Reststyrkeforhold: 69 %



E-modul og dimensionering

- $E = 17,6 \cdot \text{CBR}^{0,64}$ (MPa) eller $E = 10 \cdot \text{CBR}$ (MPa)
- CBR før vandlagring = 26 $\Rightarrow$ E-modul $\approx$ 142 - 260 MPa
- CBR efter vandlagring = 47 $\Rightarrow$ E-modul $\approx$ 207 - 470 MPa
 - Trykstyrke $\approx$ vingestyrke og $E_{oed} = \frac{1000 \cdot c_u}{w}$ eller $E_{oed} = \frac{4000 \cdot c_u}{w}$ og $E = 3 \cdot E_{oed}$
- Trykstyrke før frost/tø = 0,491 $\Rightarrow$ E $\approx$ 123 - 491 MPa
- Trykstyrke efter frost/tø = 0,338 $\Rightarrow$ E $\approx$ 85 - 338 MPa
- Dimensionering:
 - Bundsikring af sand og grus E-modul = 100 - 150 MPa
 - Stabilt grus ved dimensionering: 300 - 350 MPa

Hvad så herfra?

- VD har er V&D-project i 2023
- Flere forsøg med kalkstabiliseret lerjord, som bekræfter:
 - Kapillærestighøjde lille
 - Trykstyrke før frost/tø ca. 0,5 MPa
 - Reststyrkeforhold efter frost/tø ca. 70%
 - E-modul svarer til bundsikring (selv ved lave kalk mængder)
- Fremtiden
 1. Kalkstabiliseret lerjord kan erstatte bundsikring af sand og grus
 2. Kalkstabiliseret lerjord kan erstatte bærelag af stabilt grus

Tak for jeres
opmærksomhed

Spørgsmål