



Trøndelag
fylkeskommune



Utprøving og videre planer i Norge

Praktiske opplysninger om bruken av utstyr og metoder

Haris Brcic – NAMet 22.01.2020

Dagens tema er...



Gå gjennom



Bruken av GPR

også kjent som

Ground **P**enetrating **R**adar

Norsk erfaring

Historikk



- GPR målinger har lang historikk, over 100 år. Men var ikke brukt bredt
- Utvikling i IT, har bidratt i GPR sektor
- Pr. i dag mange utstørsleverandører tilbyr utstyr spesialtilpasset mange forskjellige formål, lagfordeling, armering, kabel deteksjon, hulrom/homogenitet, osv.
- Mara nord, nordisk samarbeidsprosjekt mellom vegmyndigheter, FoU institusjoner og næringsliv om kompetanseheving innen overvåking av infrastruktur ved hjelp av GPR-metoder

Mara Nord



- Målsettinger i prosjektet er å frembringe relevant utdanningsmaterieell for innkjøpsansvarlige og entreprenører, rapporter for harmonisering av nordiske retningslinjer, State of Art-eksamensarbeid og rapporter for forskning og analyse.
- Resultatet av prosjektet var flere rapporter om bruken av GPR
- Final rapport www.vegvesen.no >Fag>Avsluttede FoU>*GPR recommendations for guidelines*
- Kan finnes også på Interreg.no

GPR målinger – hulrom/homogenitet



- Det finnes flere utstyrsleverandører som kan levere utstyr for hulroms målinger
- Lite regelverk – mye frihet ved valg av utstyr og utførelse av målinger
- R211metode 4.2.8 Georadarundersøkelser på eksisterende veg, beskriver generell bruk av georadar
- Behov for **nasjonal** metode som skal gjelde for hulrom/homogenitet?

Mara Nord om hulrom



- Standardisert måte å utføre GPR målinger, delt i rapporter for asfalt, bærende konstruksjoner, bruer kvalitetskontroll, osv.
- Metal plate metode (reflection amplitude method) for hulromsberegninger
- ϵ_a - dielektrisk verdi
- A_a - refleksjon fra asfaltoverflate
- A_m - refleksjon fra metallplate

$$\epsilon_a = \left(\frac{1 + \frac{A_a}{A_m}}{1 - \frac{A_a}{A_m}} \right)^2$$

Andre litteratur



- PhD Anne Lalague
- Masteroppgave Geir Wivelstad
- PhD Timo Saarenketo
- Field Application of Ground-Penetrating Radar for Measurement of Asphalt Mixture Density – Paper
- Også mange flere relevante rapporter...

Erfaringer og utprøving



- Hvorfor bruke GPR hulromsmålinger?
- Hvordan utføres?
- Hva som er viktig med hulromsmålinger?
- Hvordan regnes hulrom?
- Hva med homogenitet?



GPR hulromsmålinger

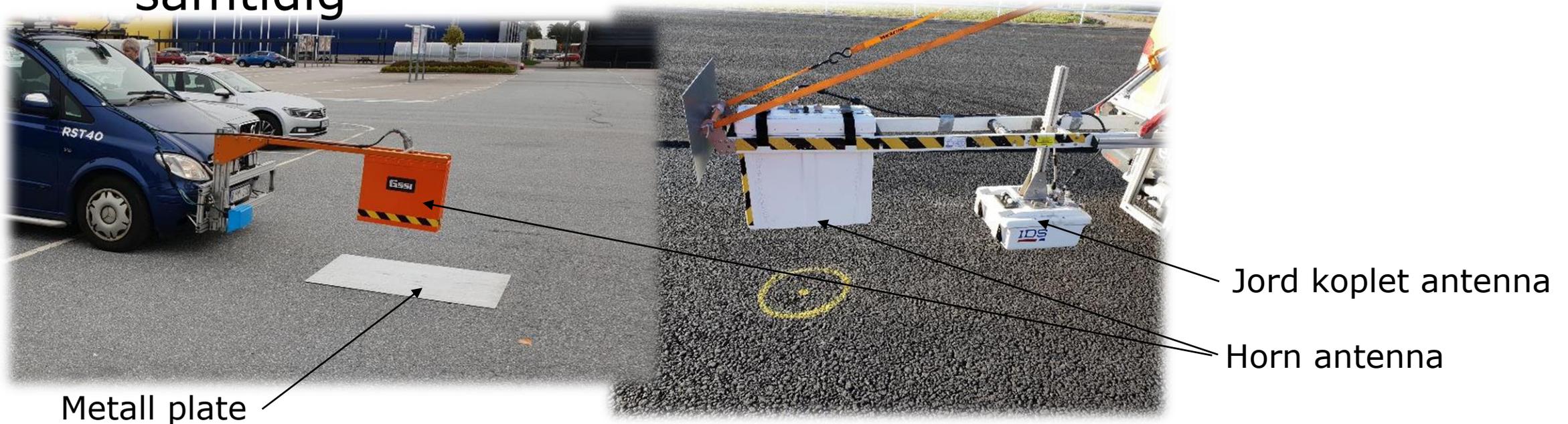


- Tilrettelagt metallplate metode
- Flere utstyrs produsenter som kan brukes (Horn konfigurasjon)
- GPR måler dielektrisitet (ϵ_r) som kan regnes om til hulrom
- Dielektrisitet, permittivitet eller dielektrisk permittivitet er et begrep som kan relateres til konduktivitet
- Hulrom utregning (borprøve uttak, densitets målinger)

GPR hulromsmåliger



- GPR målinger kan omtales også som homogenitetsmålinger
- Avhengig av utstyrs type kan måles fra 1 til 3 striper samtidig



Valg av utstyr



- Horn

vs.

Pavescan



Mulighet å måle flere striper samtidig



Målinger



Tralle vs. bil

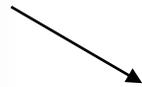


Viktig vet at...



- GPS posisjonering skal vare nøyaktig som mulig (cm presisjon), ikke alltid inkludert i utstyr
- «Footprint» (signal dekning) avhenger av utstyrs sentral frekvens
- Avhengig av produsent og utstyrs type kan vare behov for spesial programvare for bearbeiding av måledata, kalibrering mot metall plate, hulroms beregninger

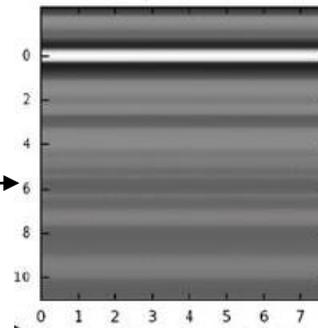
Prinsippet om hulromsmålinger



$$\epsilon_r = \left(\frac{1 + A/A_m}{1 - A/A_m} \right)^2$$

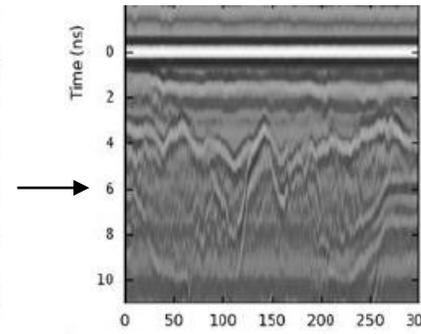


Am



Metallplate

A



Måling



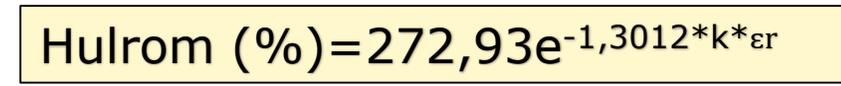
Borprøve

(1) $y = ae^{bx}$
(2) $y = a + bx$

Road doctor

Hulrom (%) = $272,93e^{-1,3012 * k * \epsilon_r}$

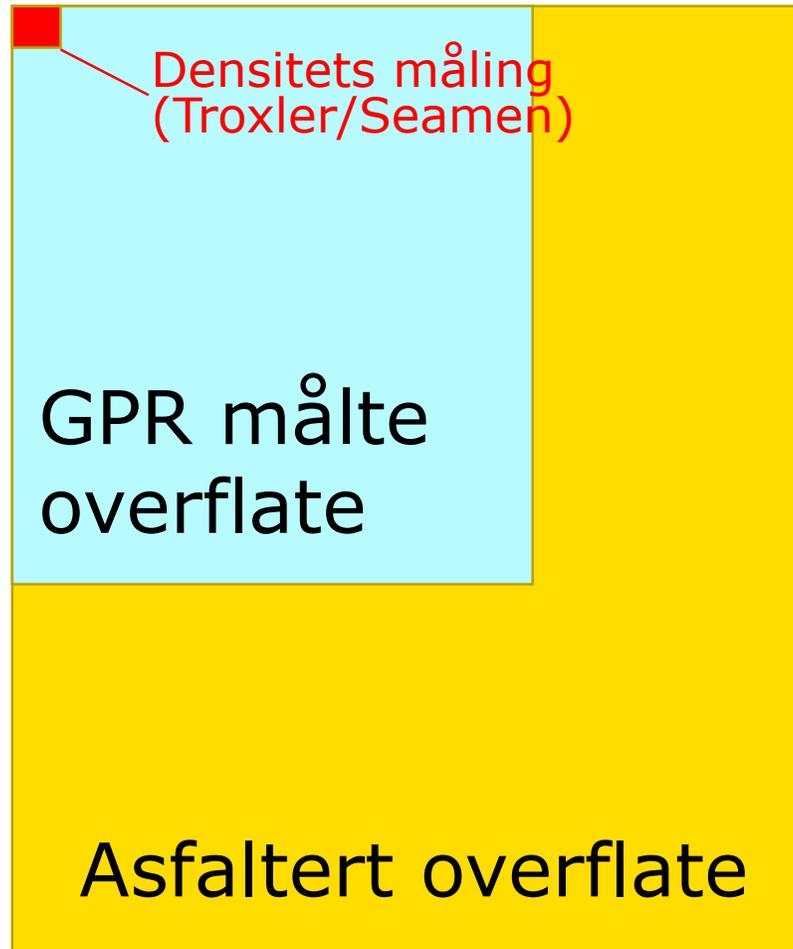
k-faktor



Hva er nytte med GPR målinger?



Hva er nytte med GPR målinger?



GPR dekning

- Sammenlignet med standard målinger GPR system med 3 antenna dekker ca. 35%
- Densitetsmåling (Troxler/Seamen) 0,00026%

Valg av sentral frekvens



- Med hensyn til penetrerings dybde
- Bidrag fra underlag

$$h = \frac{\tau \cdot c}{2 \cdot \sqrt{\epsilon_r}}$$

c = the speed of light in vacuum (0.3 m/ns)
 τ = the pulse length (ns)
 ϵ_r = medium's relative dielectricity

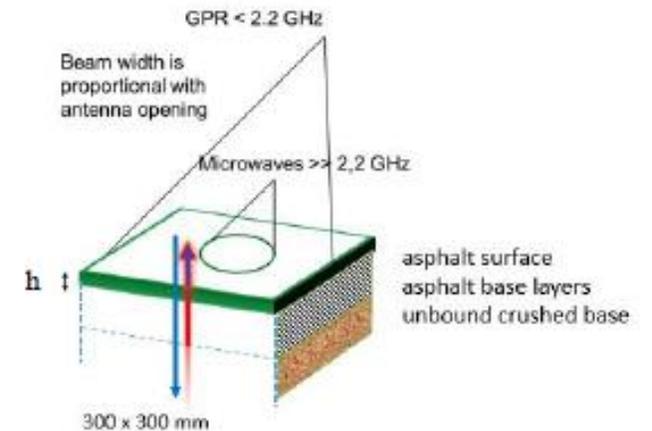
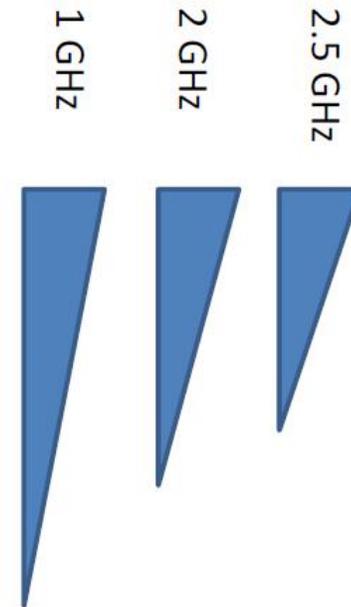
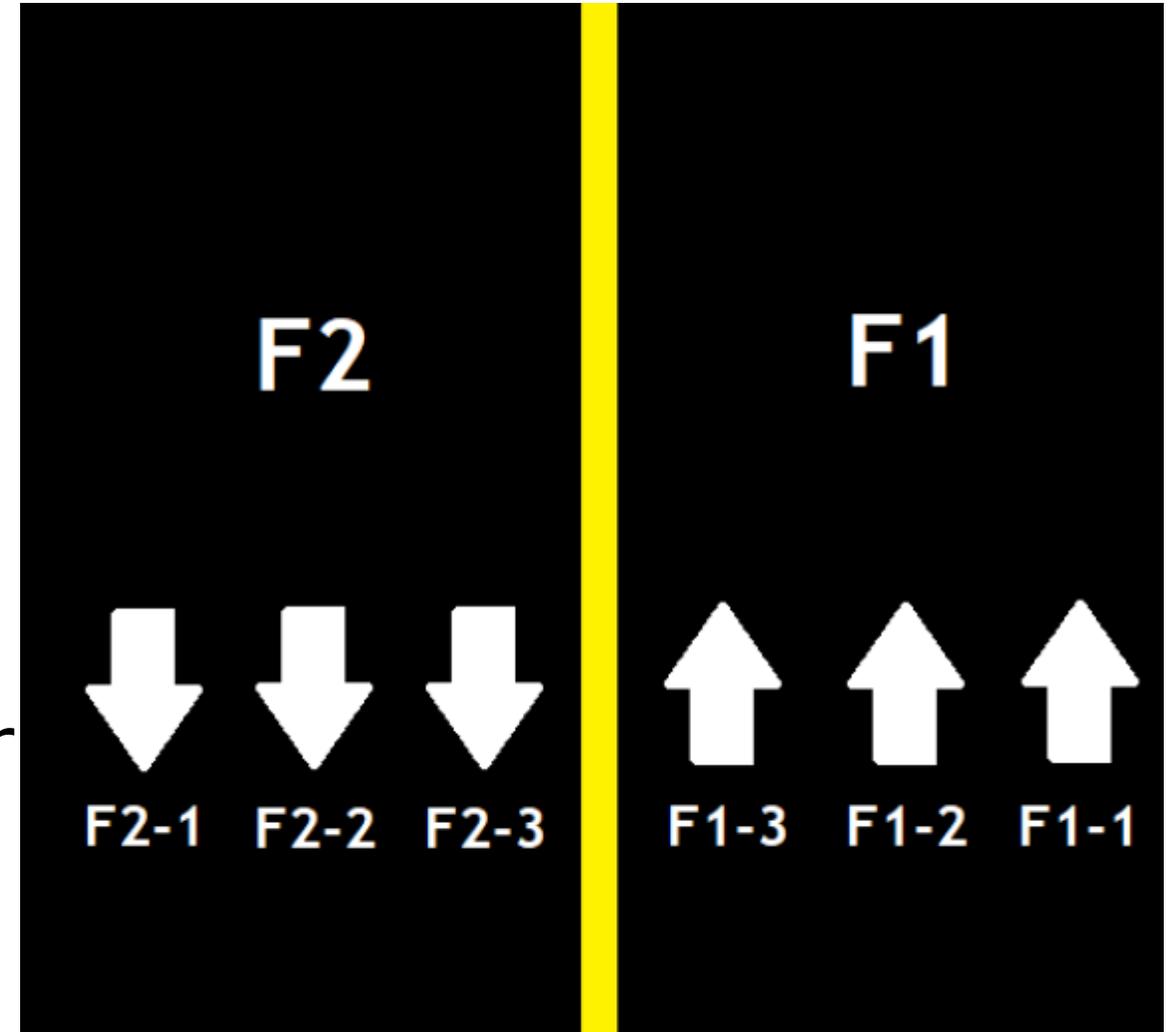


Figure 1. The radar wavelength should be shorter than the thickness of the surface layer to prevent multiple reflections.

Hvordan utføres GPR målinger



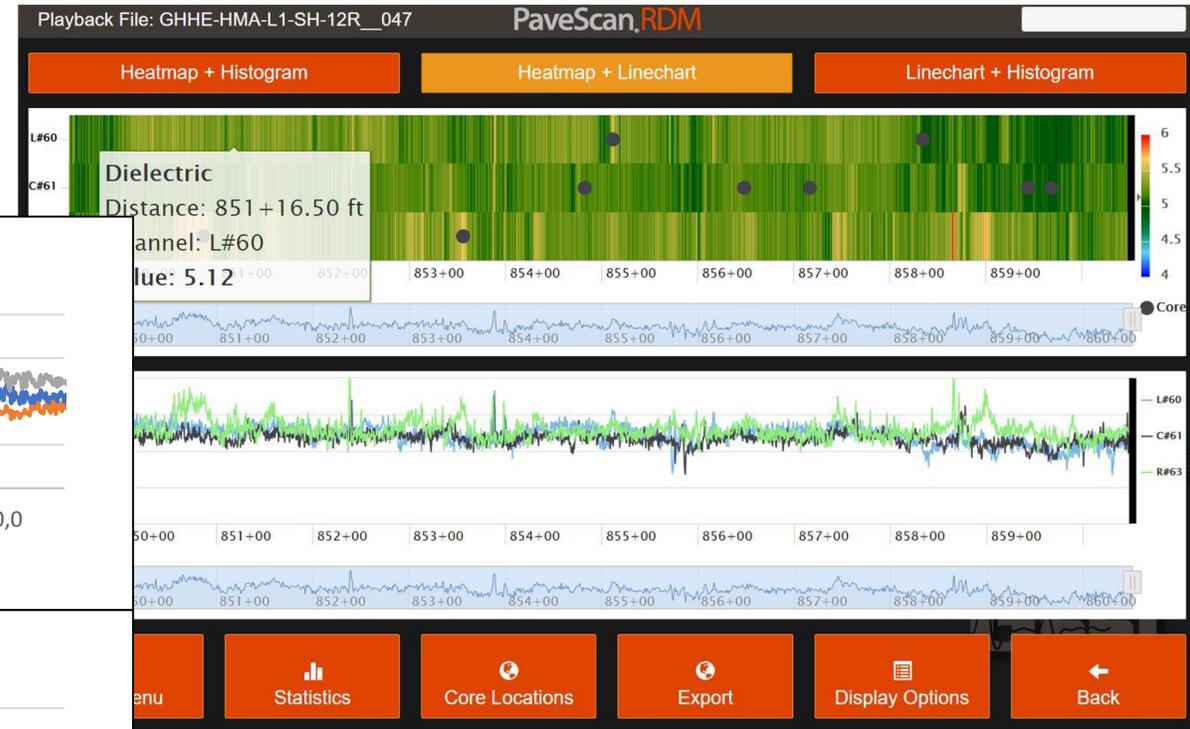
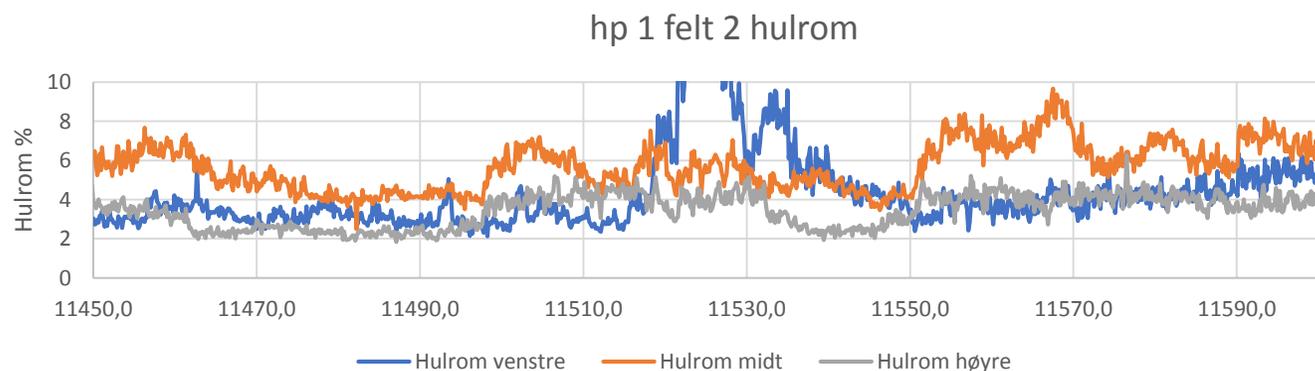
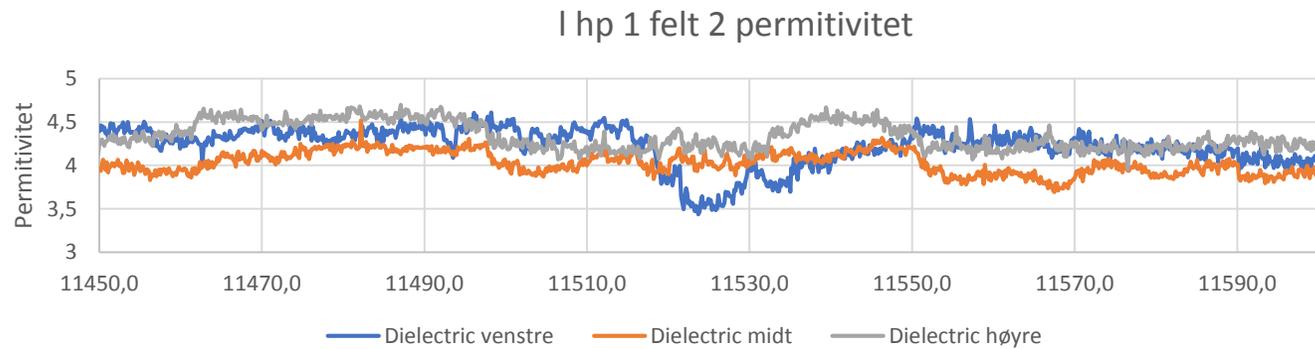
- Siste årene målinger var bestilt og utført for høyre, venstre hjulspor og mellom hjulspor.
- Det var satt som mål utføre målinger snart etter dekkelegging (innen 2 uker)
- Noen dekkeleggings prosjekter gikk over flere enn 2 uker
- Asfalt skal være tørr ved GPR målinger



Hvordan utføres målinger



- GPR måler dielektrisitet, mens krav er basert på hulrom



Dielektrisitet blir omvendt til hulrom, Lav diel. Høy hulrom

Hva er lav dielektrisitet?



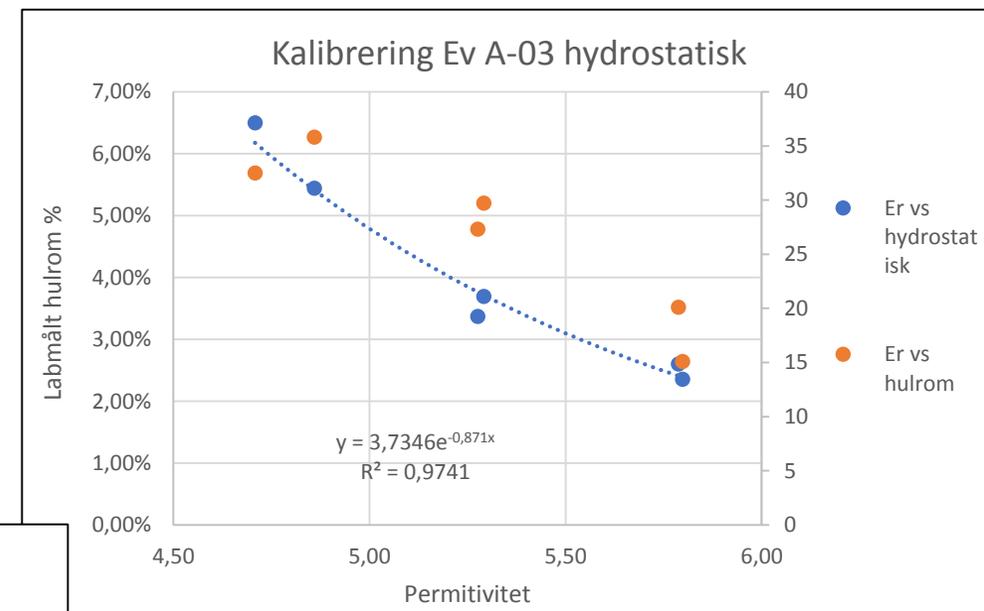
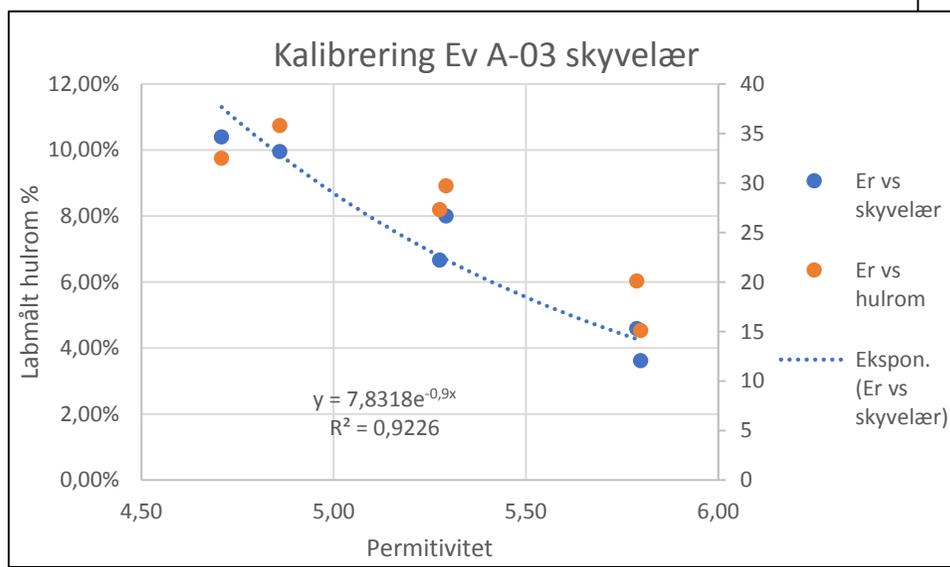
- Etter et strekning måles med GPR resultatene bedømmes for å merke til borpunkter (hulromsbestemmelse)
- Borpunktene i område med lav, middels og høy dielektrisitet brukes for kalibrering av målingene
 - Middels dielektrisitet – snitt
 - Lav og høy dielektrisitet = 2*standard avvik, ikke absolutt verdi
- Det tas ut borprøver (borkjerner) for hulromsbestemmelse, snart etter målinger som mulig
- Hulrom bestemmes på lab



Hulroms bestemmelse



- Flere metoder som kan henvendes til hulromsbestemmelse (skyvelær, hydrostatisk overløse tørr...)
- Korrelasjon (R^2) skal være over 0,8?
- Hvordan regne ut hulrom?



- Antall borprøver?
- Borkjerne diameter?
- 1. kjerne = 1. prøve?

Hulroms bestemmelse

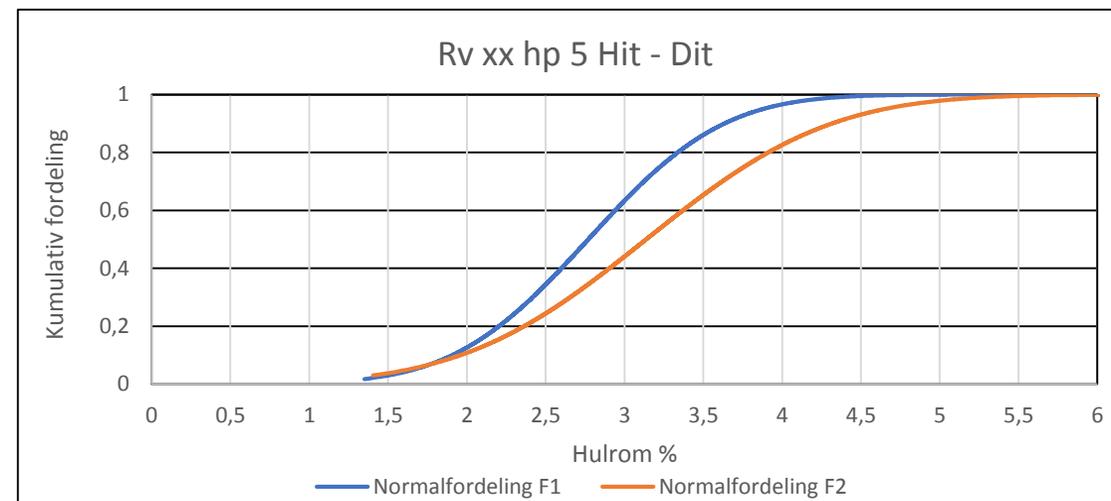
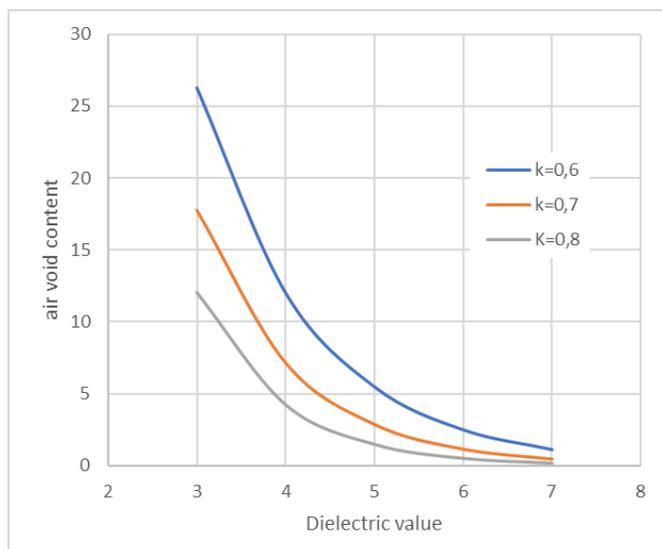


- Hvilken regnemåte skal brukes for hulromsbestemmelse?
- Antall borkjerner som skal tas?
- Borkjerne diameter?
- Andre begrensninger? (gammel dekke)
- Fungerer metoden?

Homogenitet



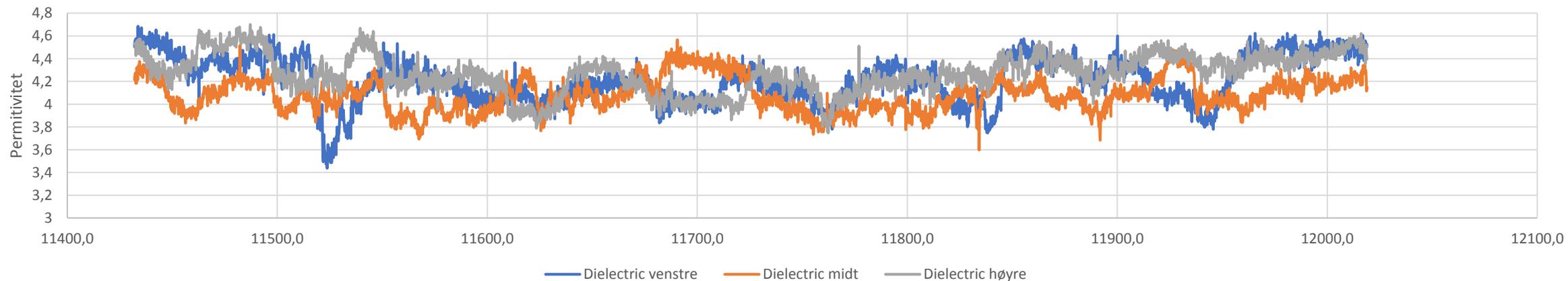
- Dielektrisitet i rapporter av Trafikkverket omtales også som homogenitet
- God sammenlignbarhet med IR scanning
- korreksjons «k» – faktor veldig kritisert av Finske vegmyndigheter og en del av forsknings miljø



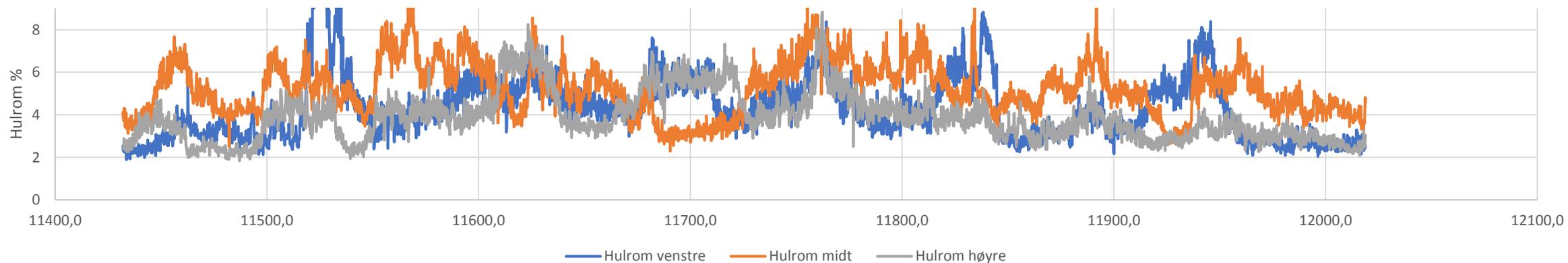
Homogenitet/hulrom



Fv xy hp 1 felt 2 permitivitet



Fv xy hp 1 felt 2 hulrom



Foreløpig konklusjon om GPR målinger



- GPR homogenitets/hulromsmålinger gir kontinuerlig målinger av nylagt asfaltdekker
- Ofte god samsvar med densitetsmålinger (isotop)
- Viktig med «fasit» metode for hulromsbestemmelse på lab



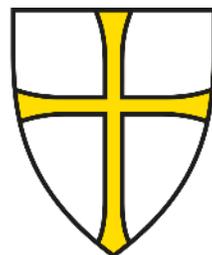


Chelsea-Charlton on boxing day 1937 was interrupted at the 60th minute due to intense fog.



The Charlton keeper stayed on the pitch for 20 more minutes without knowing anything.

Takk for oppmerksomheten



**Trøndelag
fylkeskommune**

trondelagfylke.no | [fb.com/trondelagfylke](https://www.facebook.com/trondelagfylke)

haris.brcic@trfk.no