



Vegteknologi

E6 Helgeland nord, hulromsmåling med georadar på parsell P2 og P3

Ev 6 Helgeland nord parsell P2 og P3

Ressursavdelingen





Statens vegvesen

Region midt

Ressursavdelingen

Lab- og vegteknologiseksjonen

Postadr. Postboks 2525

6404 MOLDE

Telefon 22073000

www.vegvesen.no



Oppdragsrapport

Nr.

Labsysnr. 5120214

Vegteknologi

E6 Helgeland nord, hulromsmåling med georadar på parsell P2 og P3

Hulromsmålinger med georadar på E6 Helgeland nord, parsell P2 og P3

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	473700 - 7364848	E6 Helgeland Nord, v/ Alf-Tore angelsen	29
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
1833	Rana	2018-11-09	0
		Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
		Trond Østen	
Prosjektnummer	Oppdragsnummer	Seksjonsleder (navn, sign.)	Kontrollert
		Wenche Hovin	Haris Brcic
Sammendrag			

Lab- og vegteknologiseksjonen i Region midt har utført hulromsmålinger med georadar (GPR) på parsellene P2 Fallheia-Sandheia (hp 12 og 13) og P3 Illhøllia-Tjæraskaret (hp 13 og 14) den 02.10.2018. Det ble i forbindelse med målingene tatt borkjerner på 8 pkt (4 pkt pr parsell, fordelt i begge felt), for kalibrering av målingene (kjerner tatt mellom hjulspor). GPR målingene ble gjennomført mellom og i høyre hjulspor.

Det er på strekningen benyttet Ab 11 med PmB (med nypol 64-28 bindemiddel). Toleranse for hulrommet ligger mellom 2 - 4,5% etter resepten (krav i prosesskode 1 fra 2015 er 2 - 5%, figur 65.8). Kravet i resepten er blitt benyttet som grunnlag. På parsell P2 er følgende registrert: I felt 1 er mellom 62,2 – 97,1% av hulrommet innenfor kravet, mens i felt 2 er mellom 0,5 - 21,8% av hulrommet innenfor krav. Følgende gjennomsnittlig hulrom er registrert: Felt 1 med 3,8 % og felt 2 med 6,1 %.

På parsell P3 er følgende registrert: I felt 1 er mellom 97,1 – 98,6 % av hulrommet innenfor krav, mens i felt 2 er mellom 90,2 – 95,4 % innenfor krav. Følgende gjennomsnittlig hulrom er registrert: Felt 1 med 3,2 % og felt 2 med 2,6 %.

Hulromsmålingene med georadar har en god korrelasjon med borepunktene (mindre enn 1 hulromsprosent avvik på kjente punkter). Det forventes derfor at målingene gir et godt bilde av tilstanden på strekningen, under forutsetning av at samme resept har blitt benyttet over hele strekningen.

Emneord

Hulromsmåling, georadar, E6 Helgeland nord



Statens vegvesen

Lab og Vegteknologiseksjon

Postadresse

Statens vegvesen

Vestre Rosten 78, 7075 Tiller

Telefon 815 44040

Sentrallaboratoriet Trondheim

Vestre Rosten 78, 7075 Tiller

Oppdragsgiver

E6 Helgeland Nord, prosjekt nord

Oppdragsgivers adresse

Ytterøra 22, 8656 Mosjøen

Oppdragsgivers referanse

Alf-Tore Angelsen

Labsysnummer 5120214/151-158	Utført dato 02.10.2018	Utført av Milos Duric og Trond Østen	
Ant. sider 29	Rapportert dato 07.11.2018	Rapportert av Trond Østen	Kontrollert av Haris Brcic

OPPDRAKS RAPPORT

HULROMSMÅLING MED GEORADAR PÅ PARSELL P2 FALLHEIA – SANDHEIA OG PARSELL P3 ILLHØLLIA - TJÆRASKARET

Kort sammendrag

Lab- og vegteknologiseksjonen i Region midt har utført hulromsmålinger med georadar (GPR) på parsellene P2 Fallheia-Sandheia (hp 12 og 13) og P3 Illhøllia-Tjæraskaret (hp 13 og 14) den 02.10.2018. Det ble i forbindelse med målingene tatt ut borkjerner på 8 pkt (4 pkt pr parsell, fordelt i begge felt), for kalibrering av målingene (kjerner tatt ut mellom hjulspor). GPR målingene ble gjennomført mellom og i høyre hjulspor.

Det er på strekningen benyttet Ab 11 med PmB (med nypol 64-28 bindemiddel). Toleranse for hulrommet ligger mellom 2 - 4,5% etter resepten (krav i prosesskode 1 fra 2015 er 2 - 5%, figur 65.8). Kravet i resepten er blitt benyttet som grunnlag. På parsell P2 er følgende registrert: I felt 1 er mellom 62,2 – 97,1% av hulrommet innenfor kravet, mens i felt 2 er mellom 0,5 - 21,8% av hulrommet innenfor krav. Følgende gjennomsnittlig hulrom er registrert: Felt 1 med 3,8 % og felt 2 med 6,1 %.

På parsell P3 er følgende registrert: I felt 1 er mellom 97,1 – 98,6 % av hulrommet innenfor krav, mens i felt 2 er mellom 90,2 – 95,4 % innenfor krav. Følgende gjennomsnittlig hulrom er registrert: Felt 1 med 3,2 % og felt 2 med 2,6 %.

Hulromsmålingene med georadar har en god korrelasjon med borepunktene (mindre enn 1 hulromsprosent avvik på kjente punkter). Det forventes derfor at målingene gir et godt bilde av tilstanden på strekningen, under forutsetning av at samme resept har blitt benyttet over hele strekningen.

INNHALD

1. GEORADAR.....	1
1.1 PRINSIPP	1
1.2 BRUKSOMRÅDER.....	1
1.3 UTSTYR.....	1
1.4 HULROMSMÅLINGER	2
2. GEORADARMÅLINGER	3
2.1 PROFIL.....	3
3. RESULTATER.....	4
3.1 LAB MÅLINGER.....	4
3.2 DEKKE.....	5
3.3 FORHOLD UNDER MÅLING	5
3.4 PARSELL P2 FALLHEIA – SANDHEIA.....	5
3.5 PARSELL P3 ILLHØLLIA – TJÆRASKARET	16
4. KONKLUSJON.....	28
5. REFERANSER.....	29

1. GEORADAR

1.1 Prinsipp

Georadar baseres på prinsippet om at det sendes elektromagnetiske bølger med en varierende sentral frekvens mellom 10 MHz til 3000 MHz ned i grunnen for å finne forandringer i de elektriske egenskapene til materialene. Hvert materiale har et unikt definert intervall som den dielektriske verdien (permittivitet) ligger mellom. Den dielektriske verdien til hvert materiale er basert på mineralsammensetning, vanninnhold og hulrom. Det er forandringer i de dielektriske verdiene som brukes til å se lagskiller og tolke lagtykkelser.

1.2 Bruksområder

Georadar kan brukes til å måle lagtykkelser, lokalisering av rør og kabler i en vegkonstruksjon, deteksjon av fuktighet, hulromsmålinger i slitelag, etc. Dette medfører at et kontinuerlig profil av den skannede konstruksjonen kan gis. Kvaliteten på profilet er avhengig av om det er foretatt boreprøver på strekningen, for å kalibrere nøyaktigheten på lagtykkelsene.

Fordelen med georadar er at det kan utføres målinger på steder som ikke er manuelt tilgjengelig, uten å foreta større inngrep i vegkonstruksjonen. Det må imidlertid påpekes at det er vanskelig å bestemme hvilke typer materialer som ligger i grunnen uten at det er utført fullstendige oppgravingsprøver.

1.3 Utstyr

Utstyret som benyttes ved Lab- og Vegteknologiseksjonen i Statens vegvesen Region midt er kjøpt av Ingegneria Dei Sistemi (IDS). Det blir benyttet tre antenner på standardiserte målinger. To jordkoblede antenner med frekvenser på 400 MHz og 900 MHz og en hornantenne (luftkoblet) med frekvens på 1000 MHz. Med dette utstyret kan lagskiller ned til dybder på ca 2,0-2,5 meter detekteres, avhengig av materialtypen, vanninnhold, etc.

1.4 Hulromsmålinger

I Norge utføres hulromsmålinger med georadar etter reglene som ble fremsatt i Mara Nord prosjektet i 2012 (2).

Følgende grunnforutsetninger settes til grunne, basert på retningslinjene gitt i Mara Nord prosjektet

- Målingene skal utføres senest 3 uker etter dekkelegging, og er kun anvendelig på nytt bituminøst dekke. Bruk av slagg kan medføre feil ved målinger, da stålrester kan forstyrre signalene.
- Vegbanen må være tørr under måling.
- Minimum 2 kjerneprøver må tas, for å kalibrere målingene.
- 1GHz eller større antennefrekvens skal benyttes under målingene.
- Anbefales 10 scann/meter (blir benyttet i målinger utført av Region midt).

Georadaren beregner hulrom basert på dielektriske verdier. Før og etter hver måling gjennomføres det en kalibrering på en metallplate. Basert på dette, beregnes den dielektriske verdien til overflaten, ved hjelp av følgende formel:

$$\epsilon_a = \frac{1 + \frac{A_a}{A_m}}{1 - \frac{A_a}{A_m}}, \text{ hvor } \frac{A_a = \text{amplituden fra overflaten}}{A_m = \text{Amplituden fra metallplaten}} \\ \epsilon_a = \text{Dielektriske veriden til overflaten}$$

Det arbeides også med å kunne benytte den dielektriske verdien til å fortelle om homogeniteten til dekket, men det er foreløpig ikke nok data til å kunne bestemme dette.

Basert på dette benyttes følgende formel, for å beregne hulrommet:

$$y = 272,93e^{-1,3012k\epsilon_x}, \text{ hvor } \frac{k \text{ er en kalibrasjonsfaktor basert på resultat fra kjerner}}{\epsilon_x \text{ er den målte dielektriske verdien til overflaten}}$$

Programmet Road Doctor, benyttes for å gjøre utregningene.

2. GEORADARMÅLINGER

Det blir benyttet to systemer for å finne start og slutt punkt, samt kontinuerlig registrere GPS punkter underveis i målingene.

En håndholdt Trimble Geoexplorer 6000 series, Global Navigation Satellite System (GNSS), med en nøyaktighet på XYZ koordinater på ± 10 cm, for kontrollmåling. Ellers blir det benyttet en Leica GG004 antenne, oppkoblet mot kartverkets CPOS system. CPOS gir signalet en nøyaktighet på 1-2 cm. Dette utstyret benyttes i hovedsak, for å finne start/slutt punkt, samt kontinuerlig underveis i målingene.

2.1 Profil

Følgende strekninger er blitt målt:

Parsell P2 Fallheia-Sandheia						
Veg	Hp	Felt	Hvor i feltet	Fra meter	Til meter	Lengde
Ea 6	12	1	MH	6206	9114	2908
Ea 6	12	1	HH	6206	9114	2908
Ea 6	12	2	MH	6206	9114	2908
Ea 6	12	2	HH	6206	9114	2908
Ea 6	13	1	MH	0	4745	4745
Ea 6	13	1	HH	0	4731	4731
Ea 6	13	2	MH	0	4745	4745
Ea 6	13	2	HH	0	4731	4731
Parsell P3 Illhøllia-Tjæraskaret						
Veg	Hp	Felt	Hvor i feltet	Fra meter	Til meter	Lengde
Ea 6	13	1	MH	6294	11615	5321
Ea 6	13	1	HH	6294	11847	5553
Ea 6	13	2	MH	6294	11847	5553
Ea 6	13	2	HH	6294	8483	2199
Ea 6	13	2	HH	8668	11847	3179
Ea 6	14	1	MH	0	2197	2197
Ea 6	14	1	HH	0	2197	2197
Ea 6	14	2	MH	0	2197	2197
Ea 6	14	2	HH	0	2197	2197

Tabell 1 Strekningsoversikt parsell P2 og P3

I Tabell 1 blir følgende forkortelser benyttet: MH for «Mellom hjulspor» og HH for «Høyre hjulspor».

NB! Under målingene måtte metrering refereres til Ea 6, og ikke Ev 6, da vegreferansen ikke hadde blitt oppdatert etter åpning av strekningene. Viktig å huske at Ea 6 metrering ikke direkte tilsvarer Ev 6 metrering på alle parseller!

3. RESULTATER

Her presenteres resultatene fra georadarmålingene, med oversiktsgrafer pr 1000 meter, gjennomsnittlig hulrom, og fordeling av hulrom pr hovedparsell. Resultatet fra laboratoriemålingene presenteres også i dette kapitlet. GPR resultatet blir presentert hver meter, basert på midling av 10 målinger pr meter.

3.1 Lab målinger

Det ble tatt ut kjerner i 8 pkt, fordelt på 4 pkt pr parsell (2 pkt i hvert felt). Kjernene ble tatt mellom hjulspor, og ett pkt består av gjennomsnittet av 2 kjerner. Følgende målinger ble gjennomført på kjernene:

- Hydrostatisk overflatetørr
- Skyvelær
- Maksimumsdensitet

Vegnr.	HP	Felt	Meter	Hulrom hydrostatisk [%]	Hulrom skyvelær [%]	Total asfalt tykkelse [cm]
Ea6	12	1	8419	4,06 %	4,95 %	19
Ea6	13	1	1944	2,92 %	3,82 %	18,55
Ea6	13	2	3874	4,67 %	5,57 %	17,9
Ea6	13	2	2541	4,75 %	6,68 %	19
Ea6	13	1	6856	2,30 %	3,69 %	20,45
Ea6	14	1	1668	2,03 %	2,14 %	18,95
Ea6	14	2	696	2,84 %	3,12 %	20,25
Ea6	13	2	9434	2,34 %	3,18 %	20,75

Tabell 2 Resultat lab

Dataene for hydrostatisk overflatetørr blir benyttet, for kalibrering av hulromsmålingene med GPR. Generelt benyttes hydrostatisk overflatetørr når både skyvelær og hydrostatisk overflatetørr målingene er under 10 %, og skyvelærsmetoden hvis en av metodene har hulrom over 10 %.

Resultatene er registrert på prosjektets Labsys nr, 5120214, prøve 151-158. For bilder av kjerner, utboring, registreringsskemaer, etc. ta kontakt med Sentrallaboratoriet i Trondheim, og oppgi prosjekt ID 844 og 855.

3.2 Dekke

Det er på strekningen benyttet asfaltbetong (Ab) 11, med PmB (Nypol 64-28 bindemiddel) i både slitelag og bindlag. Benyttet resept har reseptnummer 17303303. Toleransen for hulrommet etter resepten er 2 - 4,5%. Dette kravet er strengere enn det som blir benyttet i R761, som er 2 – 5 %. Resultatene blir sett opp mot hulromskravet som er oppgitt i resepten.

Alderen på slitelaget er noe usikker, da det ikke har blitt forelagt noen leggerapporter. Byggeleder oppgir imidlertid at siste strekning skulle være ferdig asfaltet innen 20.09.18. Deler av dekke er derfor mest sannsynlig eldre enn 3 uker, som produsenten av utstyret stiller som krav. Dette er prøvd å minimere innvirkningen av dette, ved at det er blitt målt både i høyre hjulspor og mellom hjulspor, og at kjerner er tatt mellom hjulspor. Dette for å minimere effekten av etterkomprimering fra kjøretøy.

3.3 Forhold under måling

Målingene ble gjennomført den 02.10.2018, fra klokken 16 – 20. Asfalten var tørr under målingene, men det hadde regnet i perioden før målingene. Det sto derfor vann i grøfter og sideterreng. Selv om overflaten på asfalten var tørr, kan det stå vann i porene i asfalten. Dette er faktorer som er del av usikkerhetsfaktoren, når det ikke blir gjennomført målinger rett bak utlegger.

3.4 Parsell P2 Fallheia – Sandheia

Som det kan sees i Tabell 4 så er det varierende hulrom i felt 1 og 2. Målingene i felt 2 indikerer noe høyere hulrom, enn det som blir registrert i felt 1. Hp 12 felt 2 ble kalibrert med de samme faktor som ble benyttet på Hp 13 felt 2, da det er antatt at disse parsellene er lagt under ett.

Hp	Felt	Hvor i feltet	Hulrom			Kalibrasjons-faktor
			Gjennomsnitt	Min	Maks	
12	1	MH	4,2 %	0,9 %	7,4 %	0,5485
12	1	HH	3,9 %	0,9 %	6,0 %	
12	2	MH	6,9 %	3,0 %	12,6 %	0,4866
12	2	HH	5,7 %	1,6 %	8,7 %	
13	1	MH	3,3 %	1,2 %	5,8 %	0,5485
13	1	HH	3,8 %	1,3 %	6,5 %	
13	2	MH	6,7 %	2,2 %	10,2 %	0,4866
13	2	HH	5,2 %	1,3 %	8,5 %	

Tabell 3 Kalibrasjonsfaktor og gjennomsnittlig hulrom parsell P2

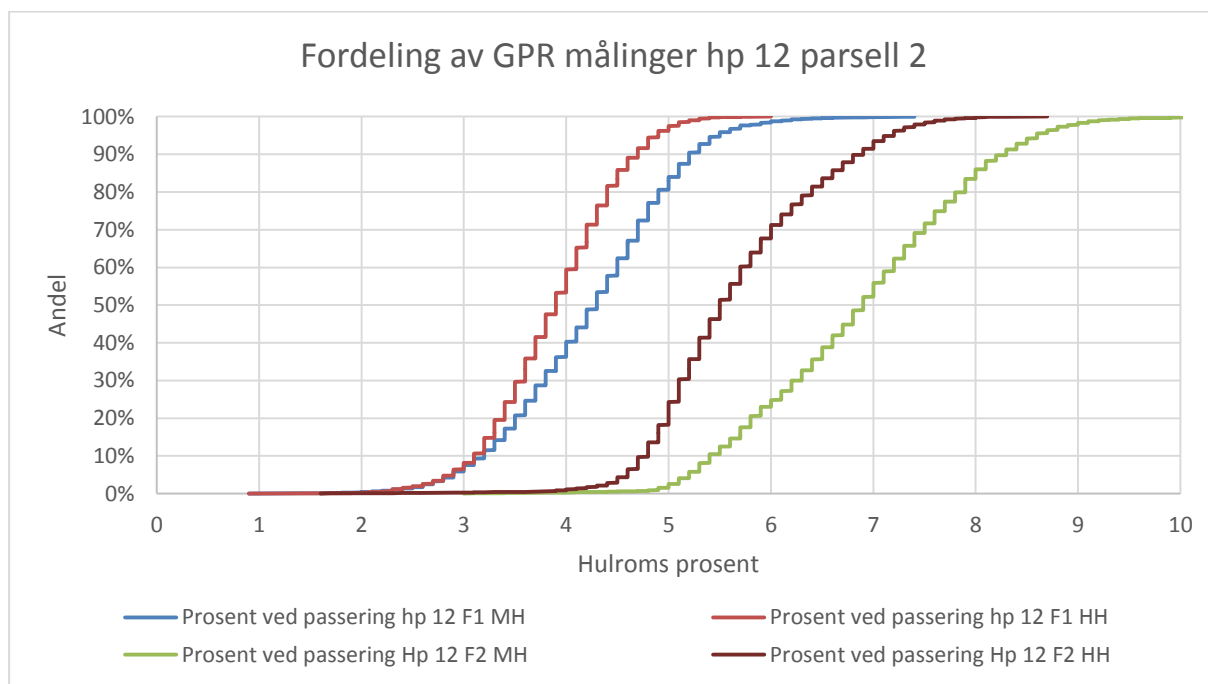
Krav ift resept: 2-4,5%	Hp 12 F1 MH	Hp 12 F1 HH	Hp 12 F2 MH	Hp 12 F2 HH	Hp 13 F1 MH	Hp 13 F1 HH	Hp 13 F2 MH	Hp 13 F2 HH
	Andel innenfor krav ift resept							
	62,2 %	85,8 %	0,6 %	4,3 %	97,1 %	90,1 %	1,9 %	21,9 %

Tabell 4 Andel innenfor krav på parsell P2

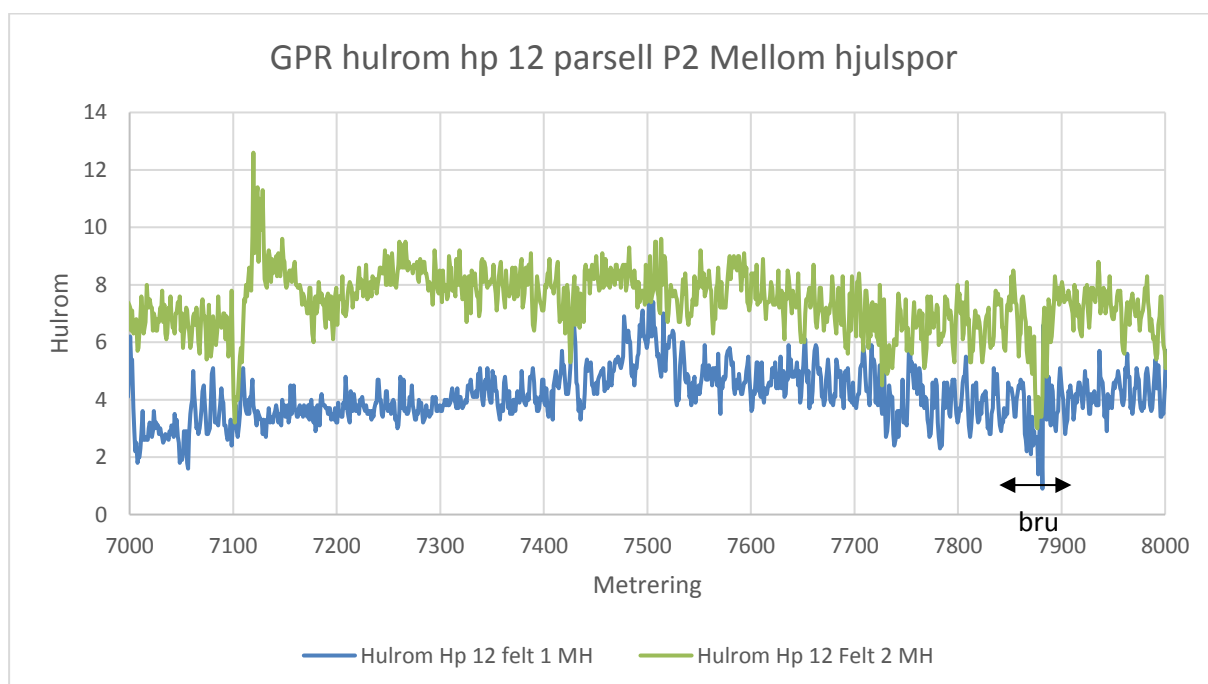
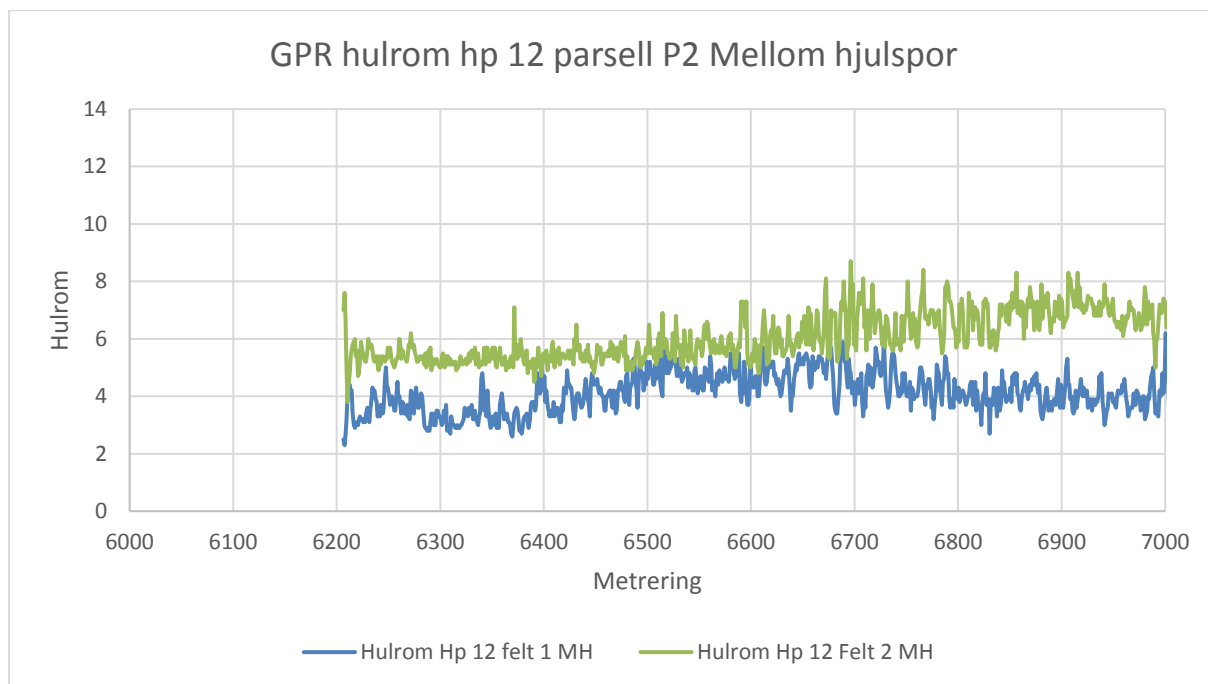
Hp	Meter	Felt	Skyvelær hulrom	Hydrostatisk hulrom	GPR hulrom	Hydrostatisk – GPR
12	8419	1	5,0 %	4,1 %	3,4 %	0,7 %
13	1944	1	3,8 %	2,9 %	2,9 %	0,0 %
13	3874	2	5,6 %	4,7 %	4,8 %	-0,1 %
13	2541	2	6,7 %	4,8 %	4,8 %	0,0 %

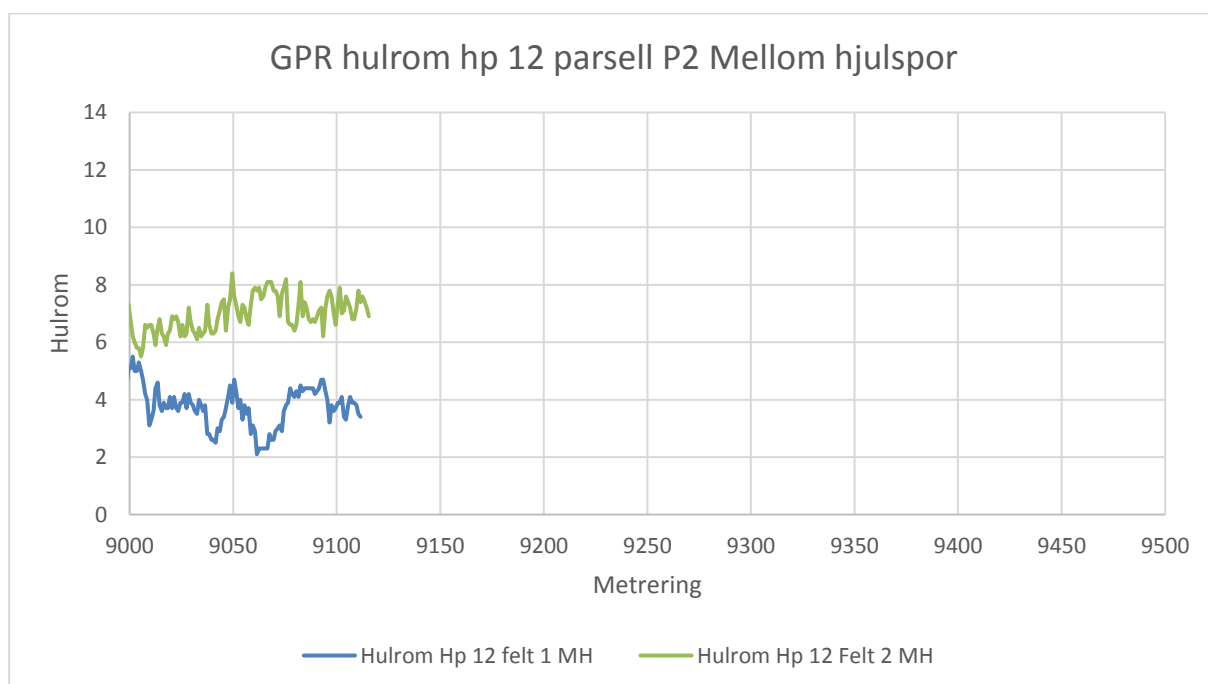
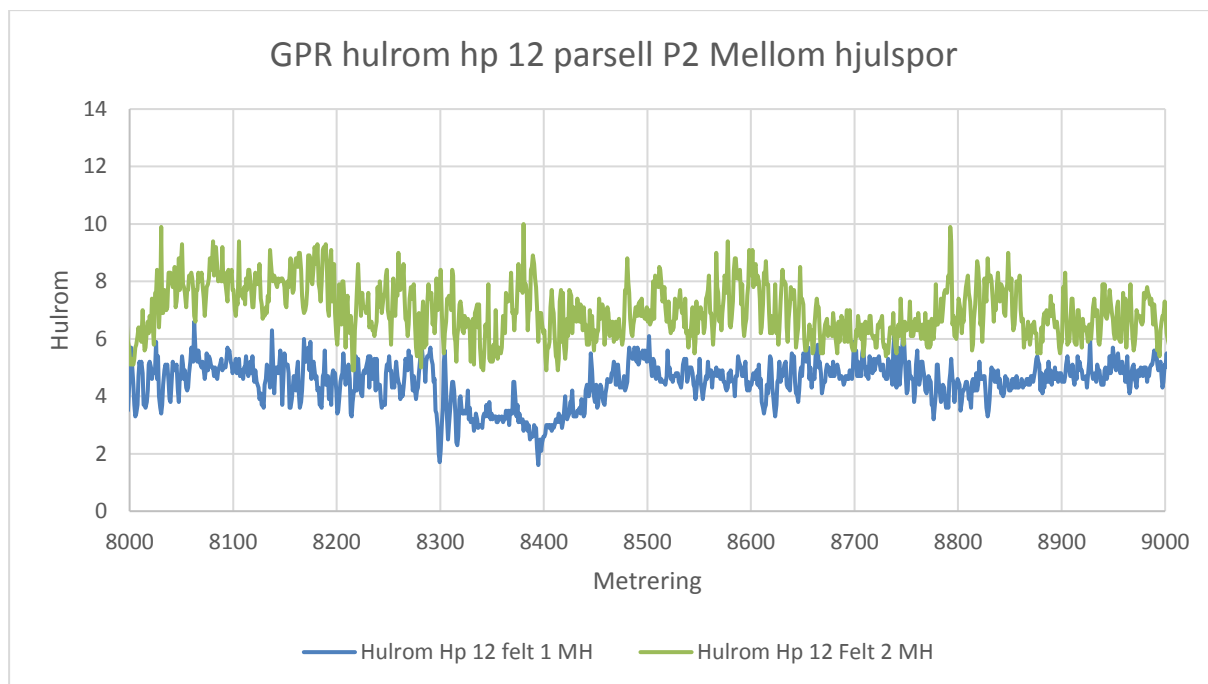
Tabell 5 Resultat GPR måling, sett opp mot lab resultat på parsell P2

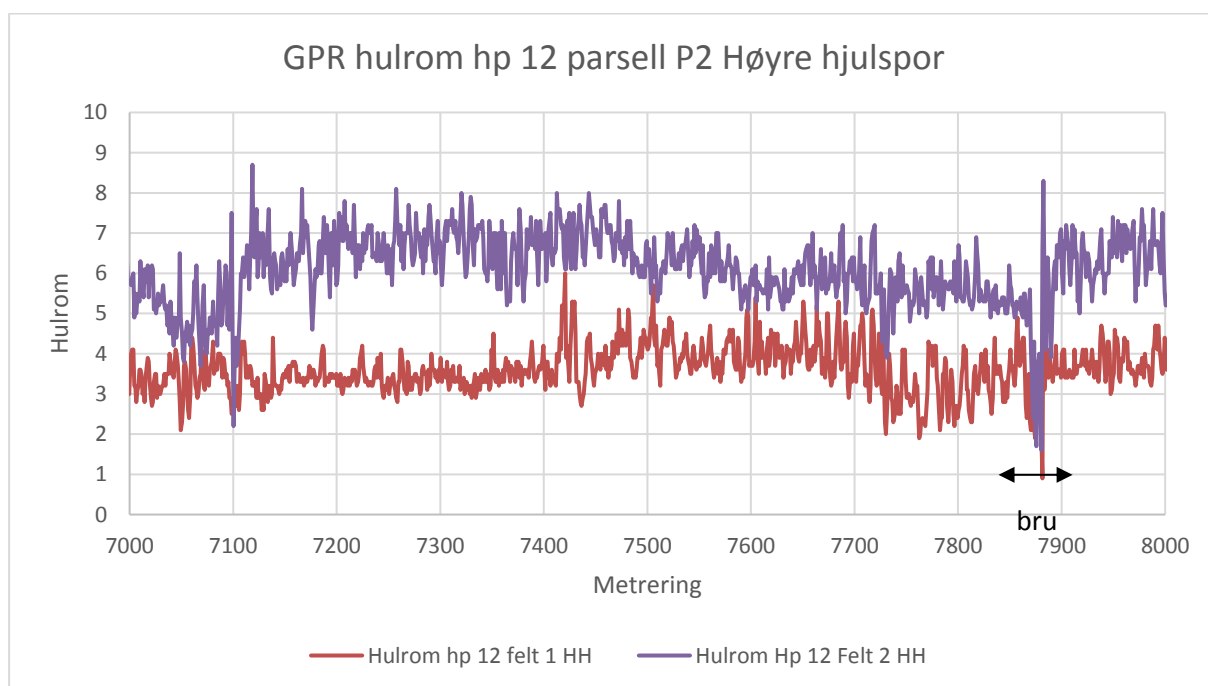
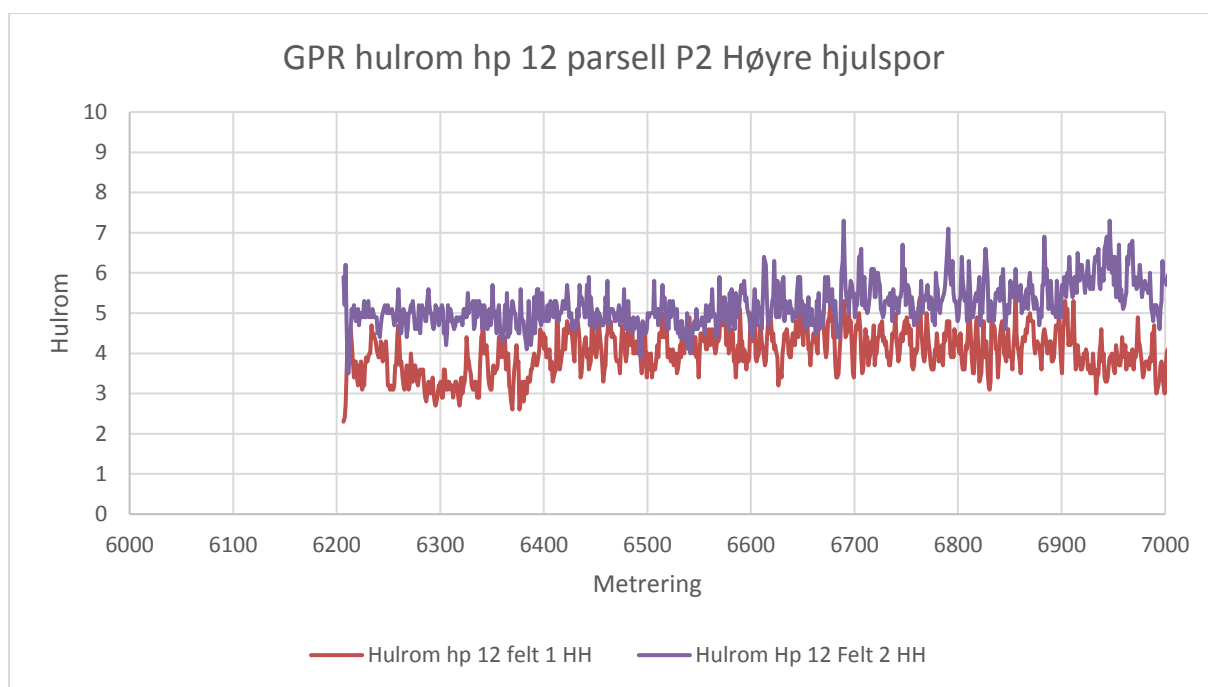
Hp 12

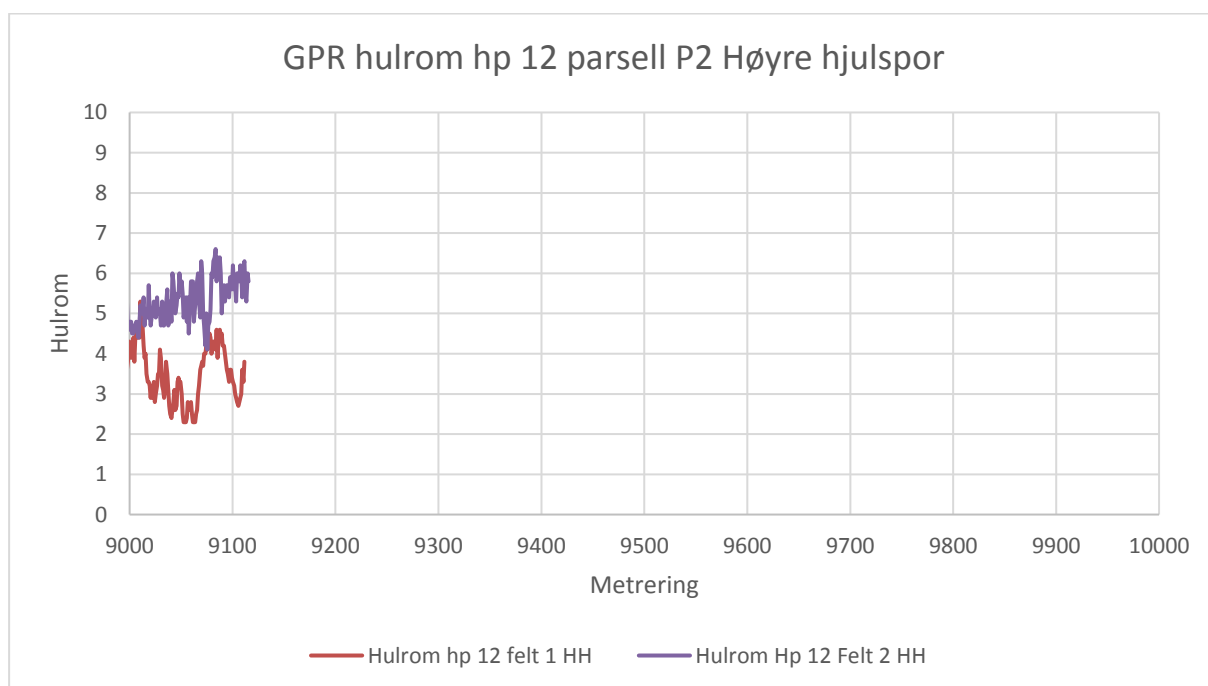
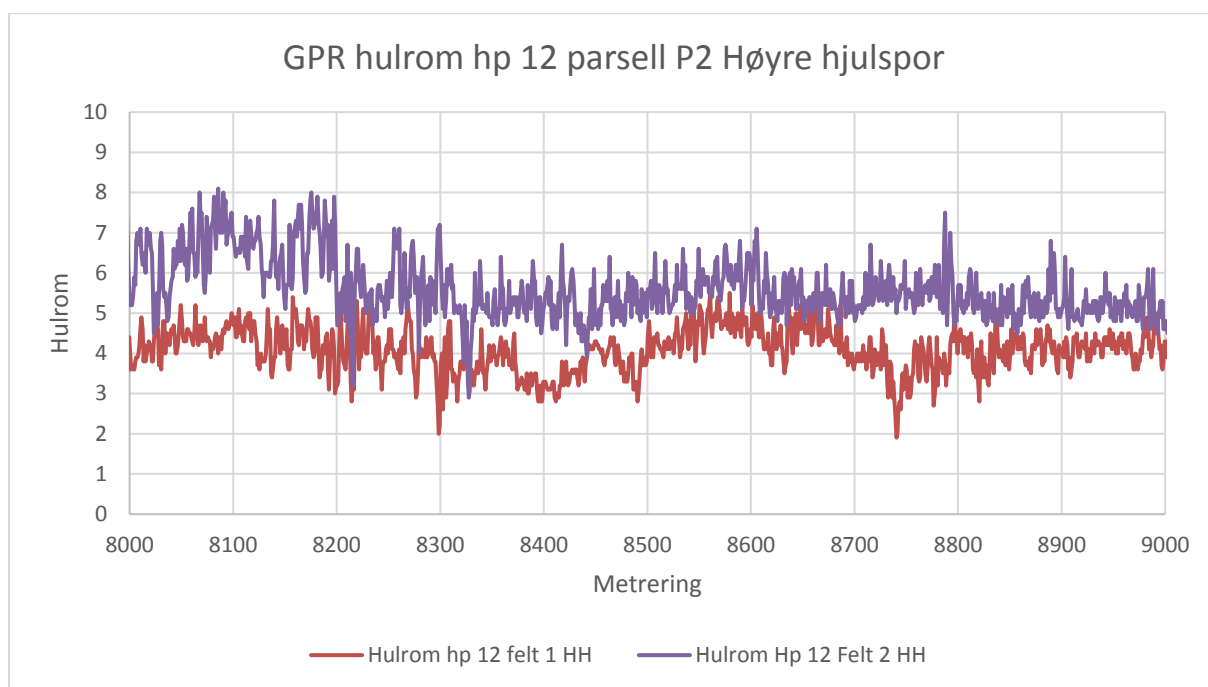


Figur 1 Fordeling av GPR målinger hp 12 parsell 2

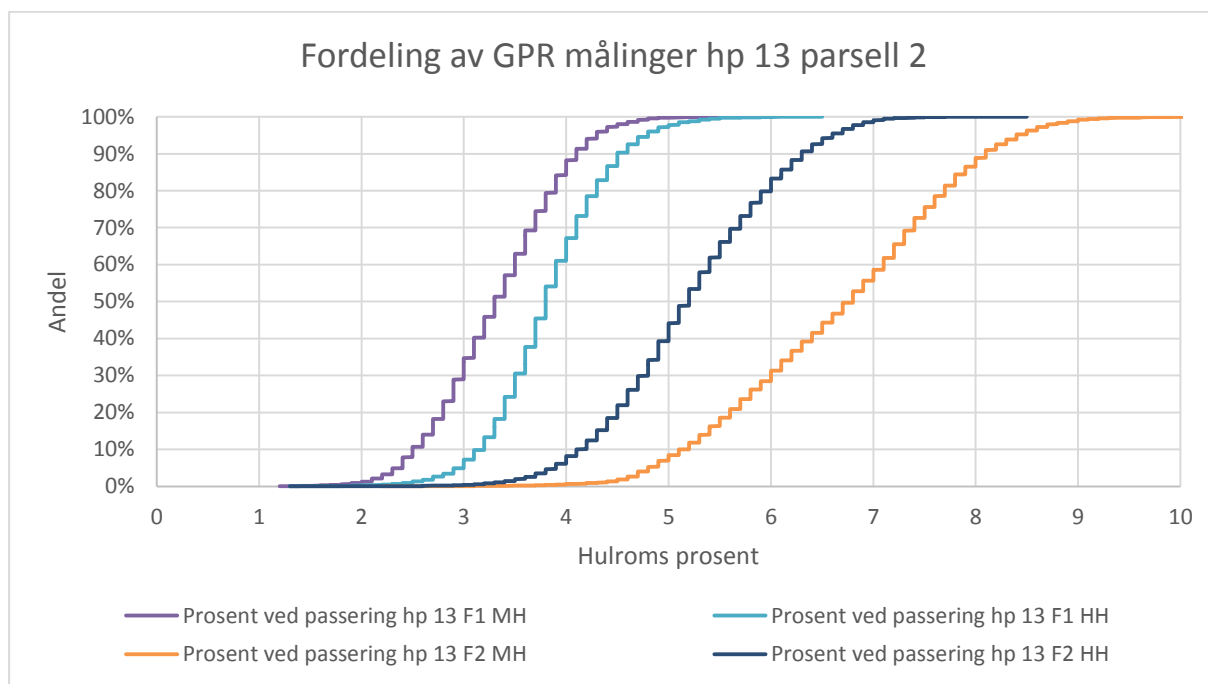




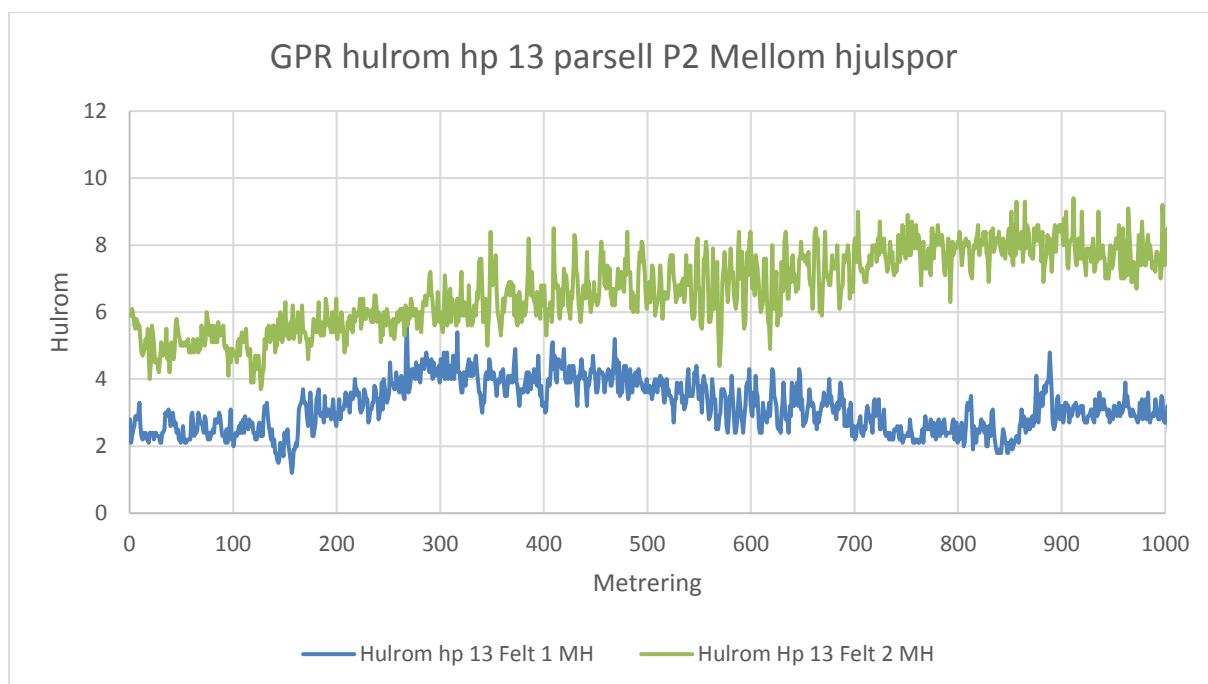


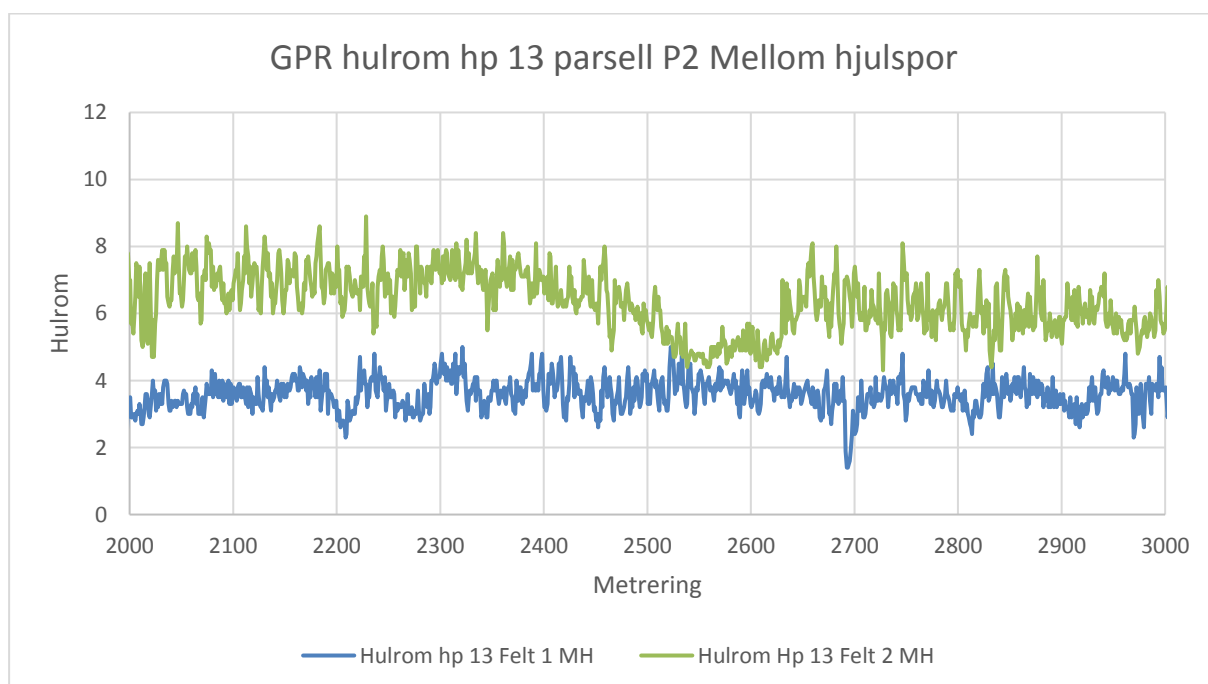
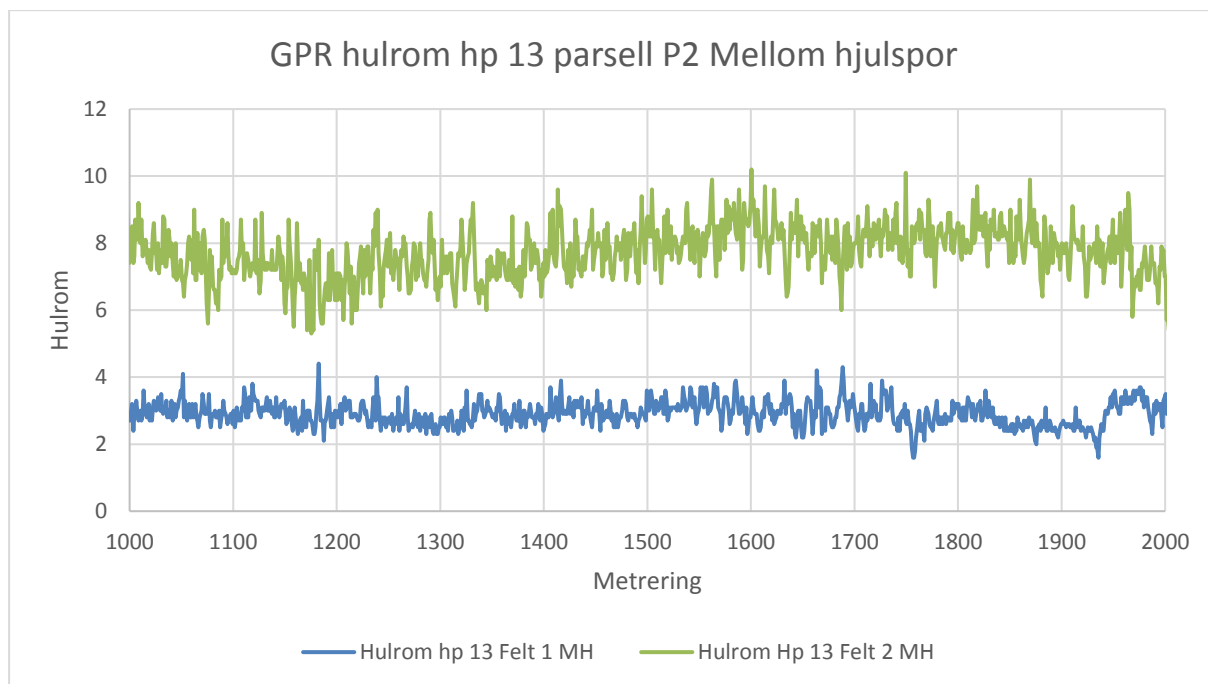


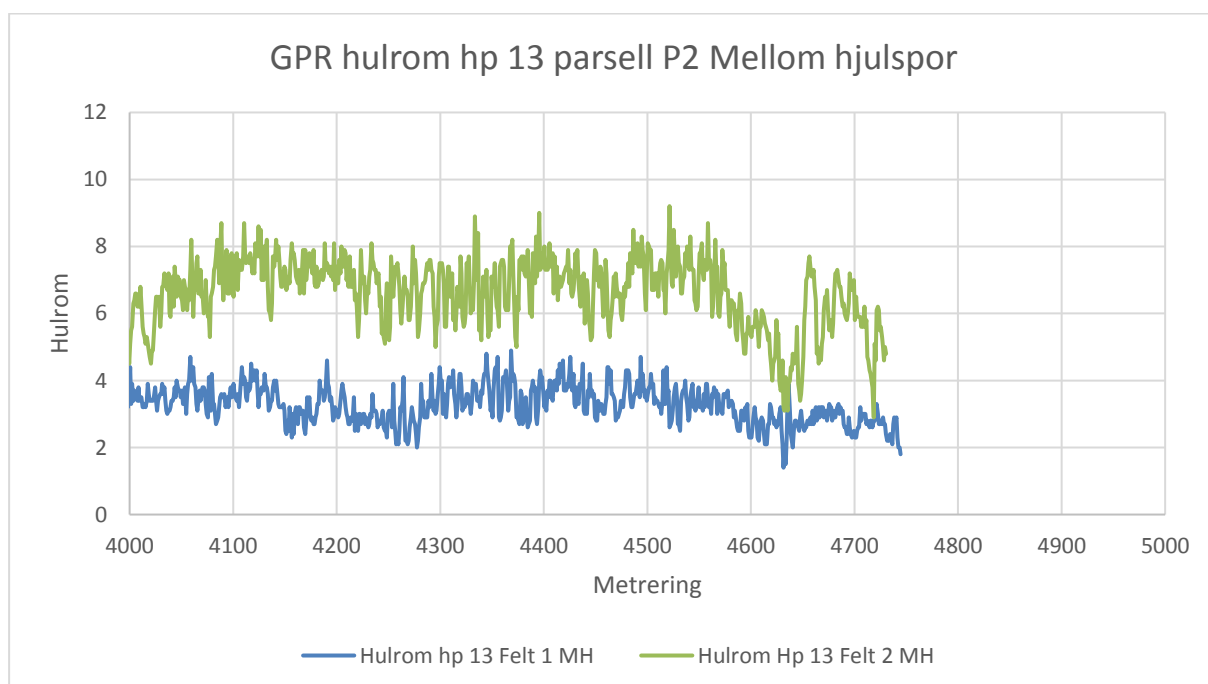
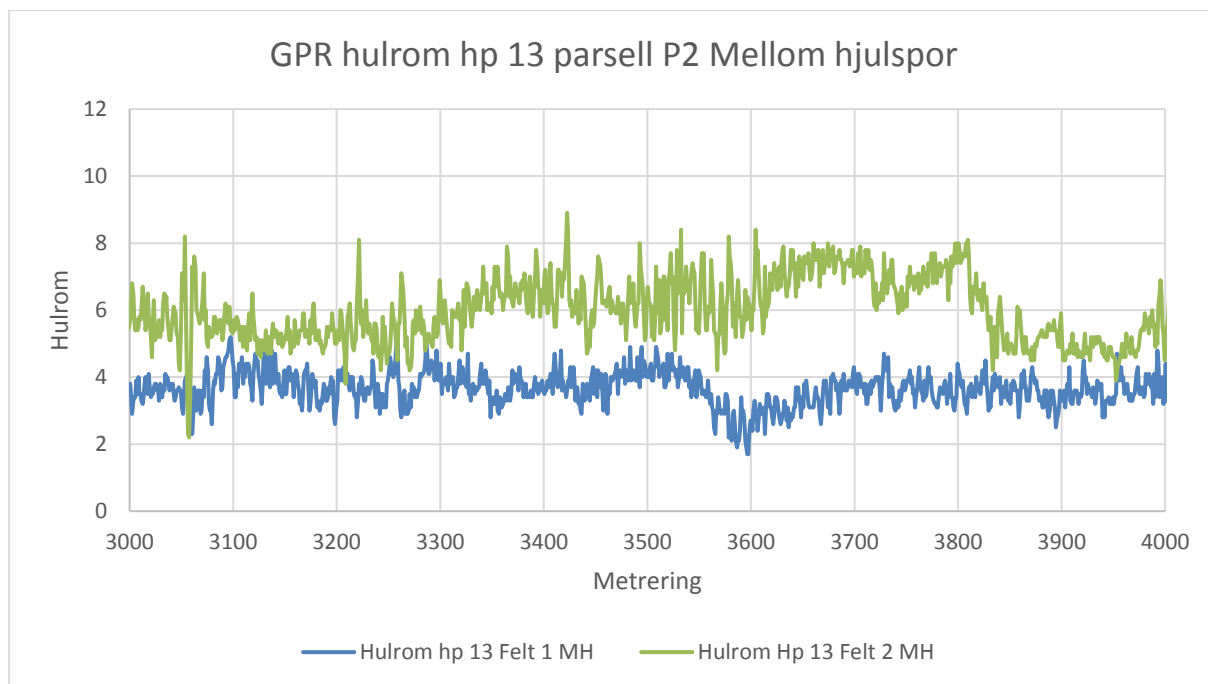
Hp 13

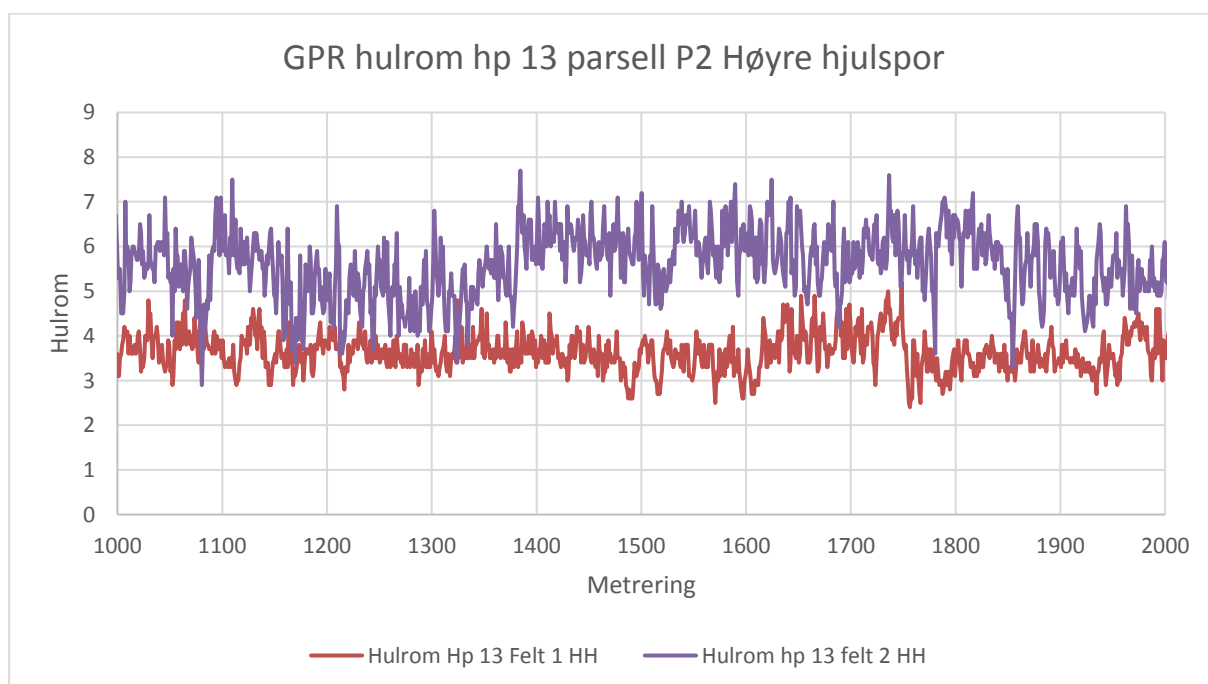
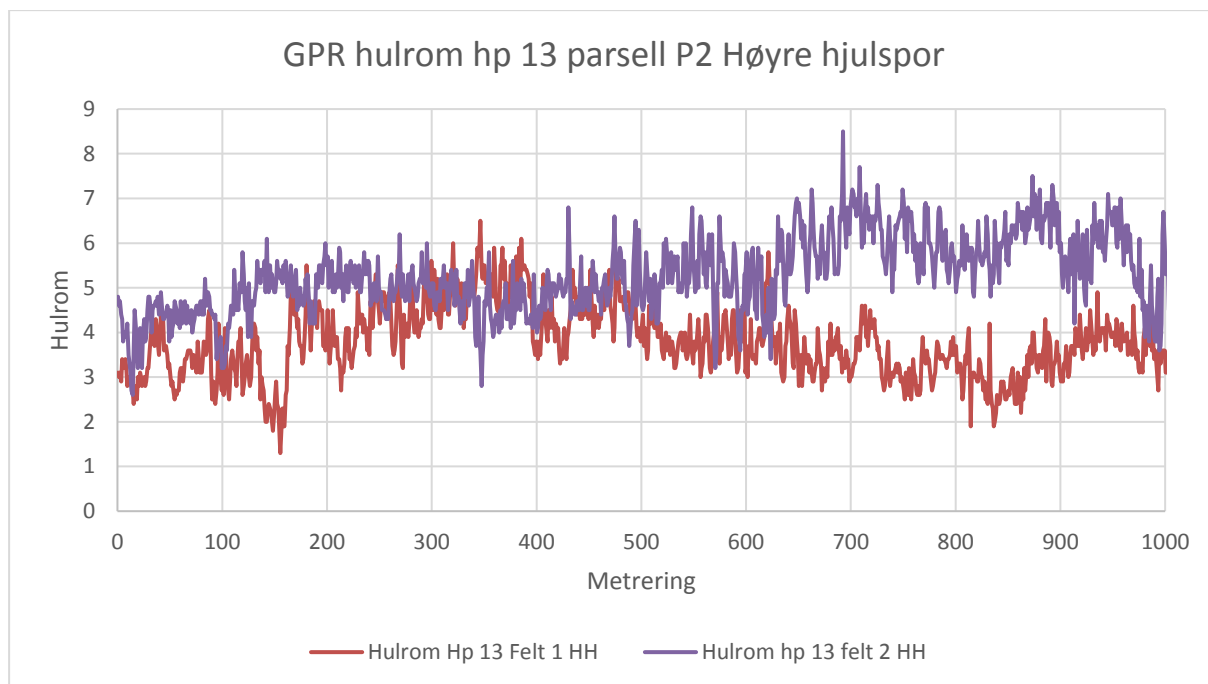


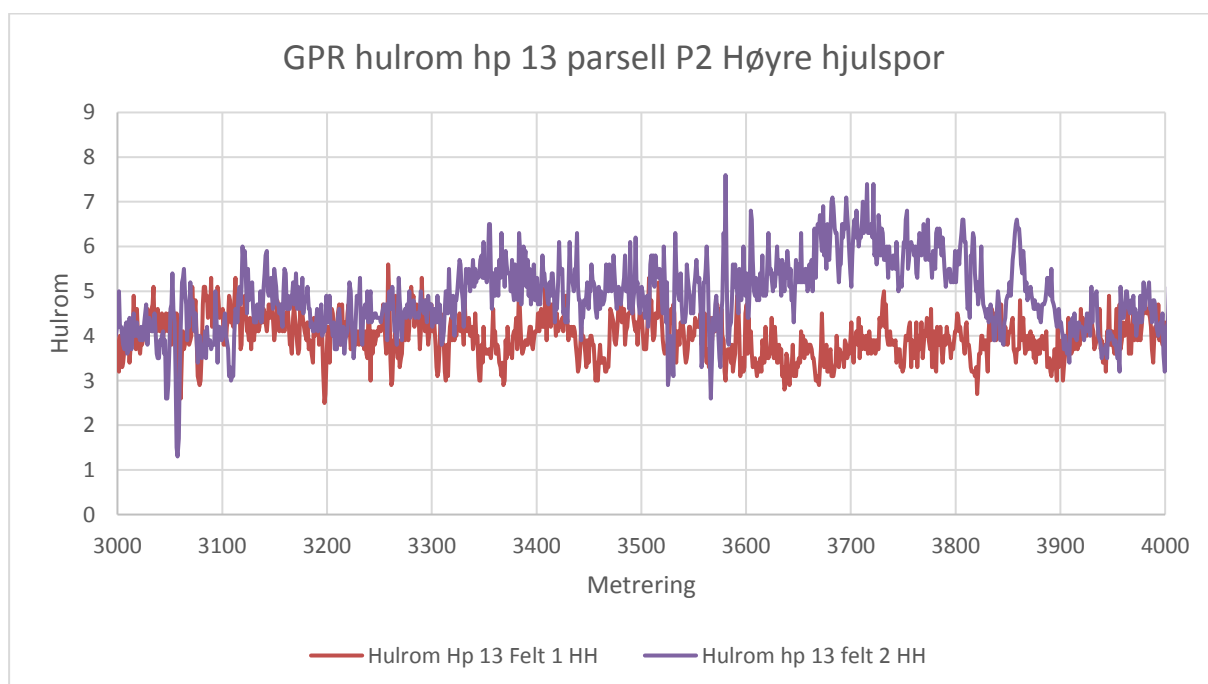
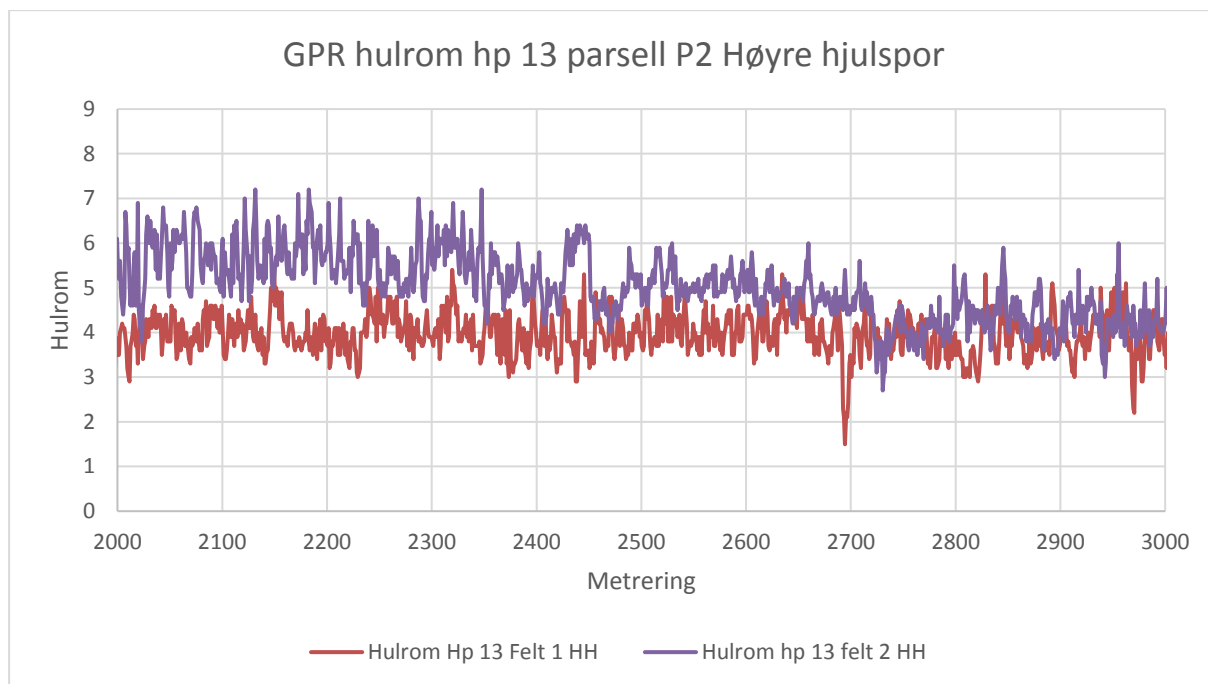
Figur 2 Fordeling av GPR hulrom, Hp 13 parsell P2

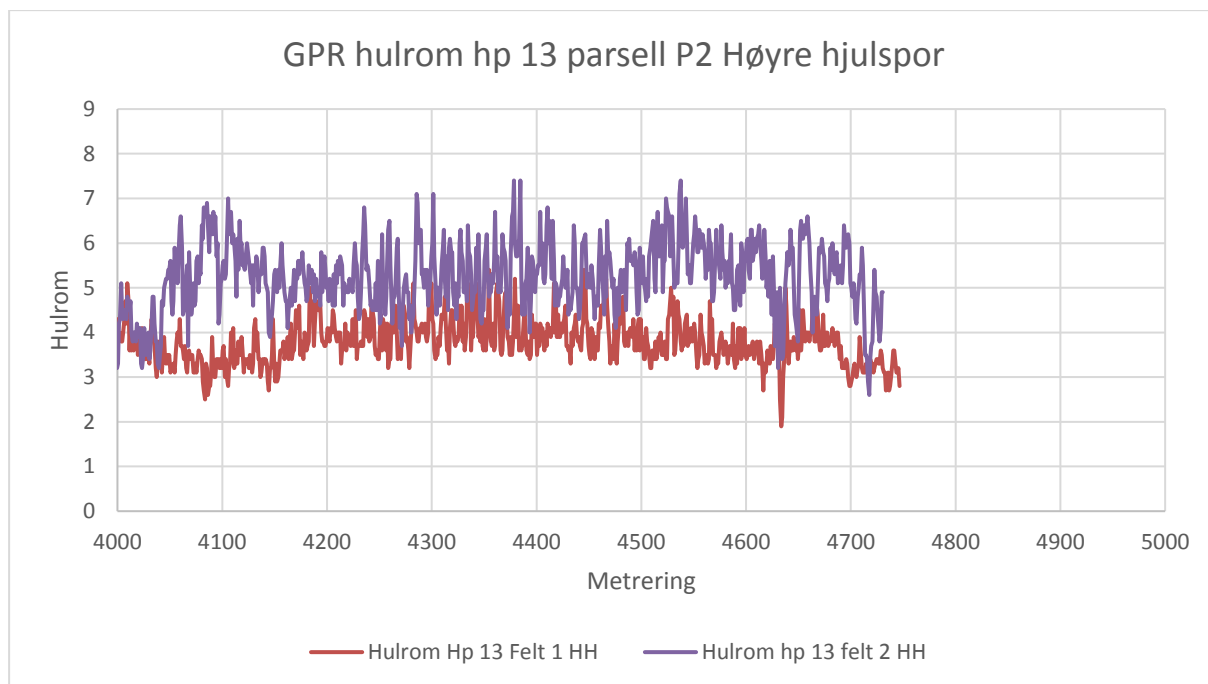












3.5 Parsell P3 Illhøllia – Tjæraskaret

Som det kan sees i Tabell 7 så er over 90% av målingene innenfor kravet som stilles i resepten.

Hp	Felt	Hvor i feltet	Hulrom			Kalibrasjons-faktor
			Gjennomsnitt	Min	Maks	
13	1	MH	3,3 %	0,7 %	5,0 %	0,6271
13	1	HH	3,3 %	0,7 %	4,8 %	
13	2	MH	2,6 %	0,6 %	4,2 %	0,6554
13	2	HH	2,8 %	0,6 %	4,7 %	
14	1	MH	3,1 %	0,9 %	4,6 %	0,6271
14	1	HH	3,1 %	1,3 %	4,6 %	
14	2	MH	2,5 %	0,6 %	4,0 %	0,6554
14	2	HH	2,5 %	1,2 %	4,2 %	

Tabell 6 Kalibrasjonsfaktor, gjennomsnittlig hulrom parsell P3

	Hp 13 F1 MH	Hp 13 F1 HH	Hp 13 F2 MH	Hp 13 F2 HH	Hp 14 F1 MH	Hp 14 F1 HH	Hp 14 F2 MH	Hp 14 F2 HH
Krav ift resept: 2–4,5%	Andel innenfor krav ift resept							
	98,6 %	98,8 %	95,4 %	92,9 %	97,1 %	97,5 %	92,5 %	90,2 %

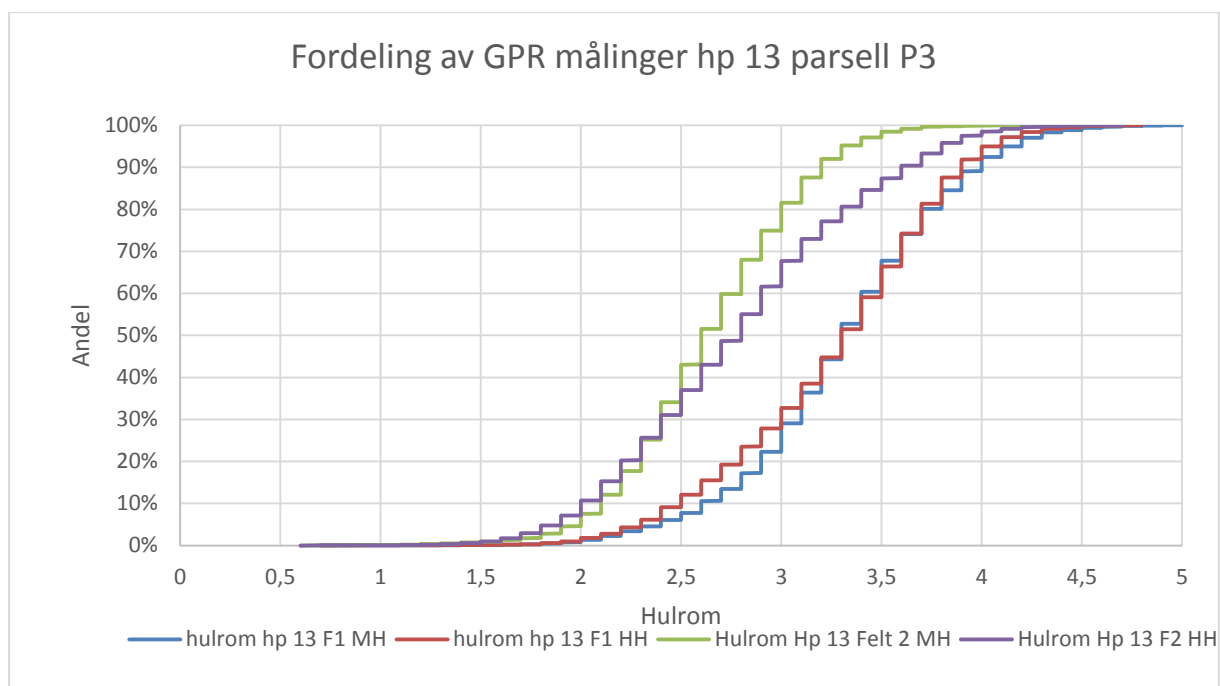
Tabell 7 Andel innenfor krav parsell P3

Hp	Meter	Felt	Hvor i feltet	Skyvelær hulrom	Hydrostatisk hulrom	GPR hulrom	Hydrostatisk – GPR
13	6856	1	MH	3,7 %	2,3 %	2,1 %	0,2 %
13	9434	2	MH	3,2 %	2,3 %	2,7 %	-0,3 %
14	1668	1	MH	2,1 %	2,0 %	2,5 %	-0,4 %
14	696	2	MH	3,1 %	2,8 %	2,7 %	0,2 %

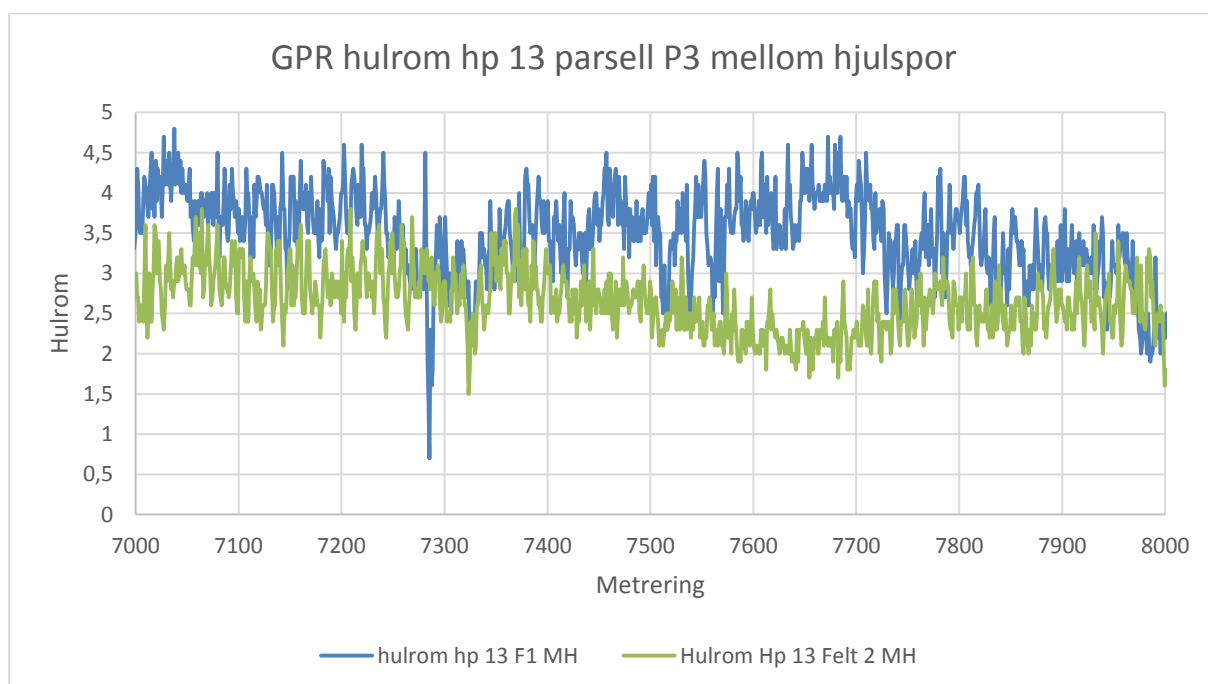
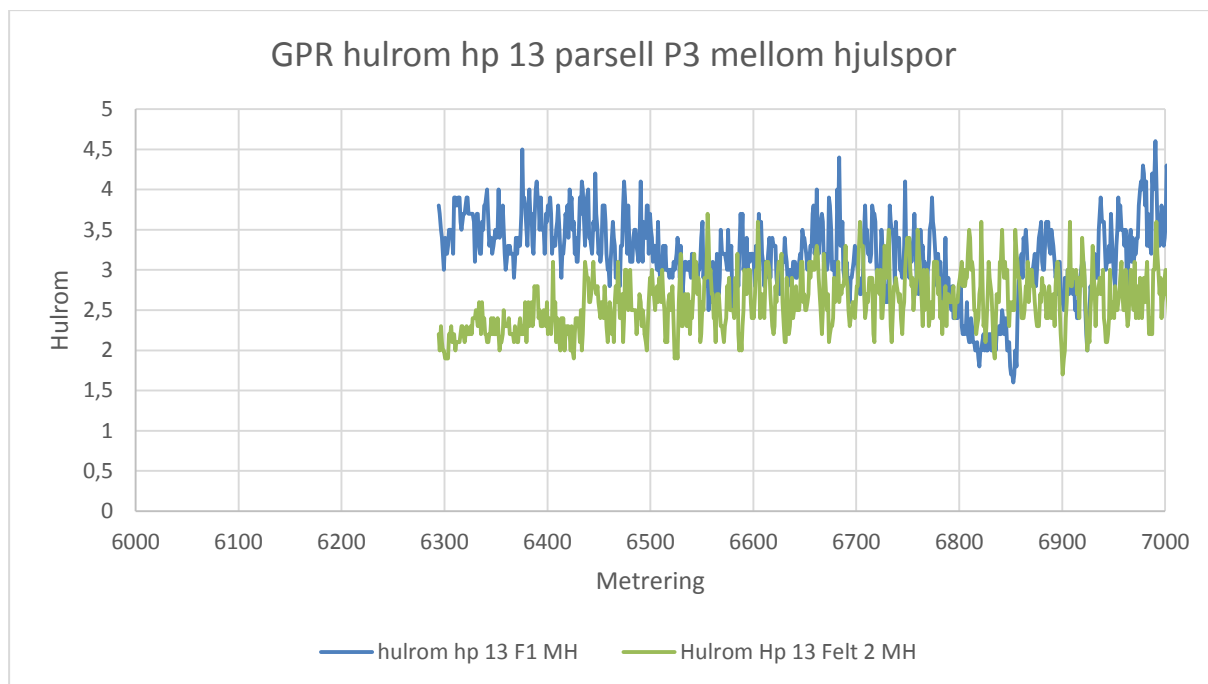
Tabell 8 Georadarmålinger sett opp mot lab målt hulrom parsell P3

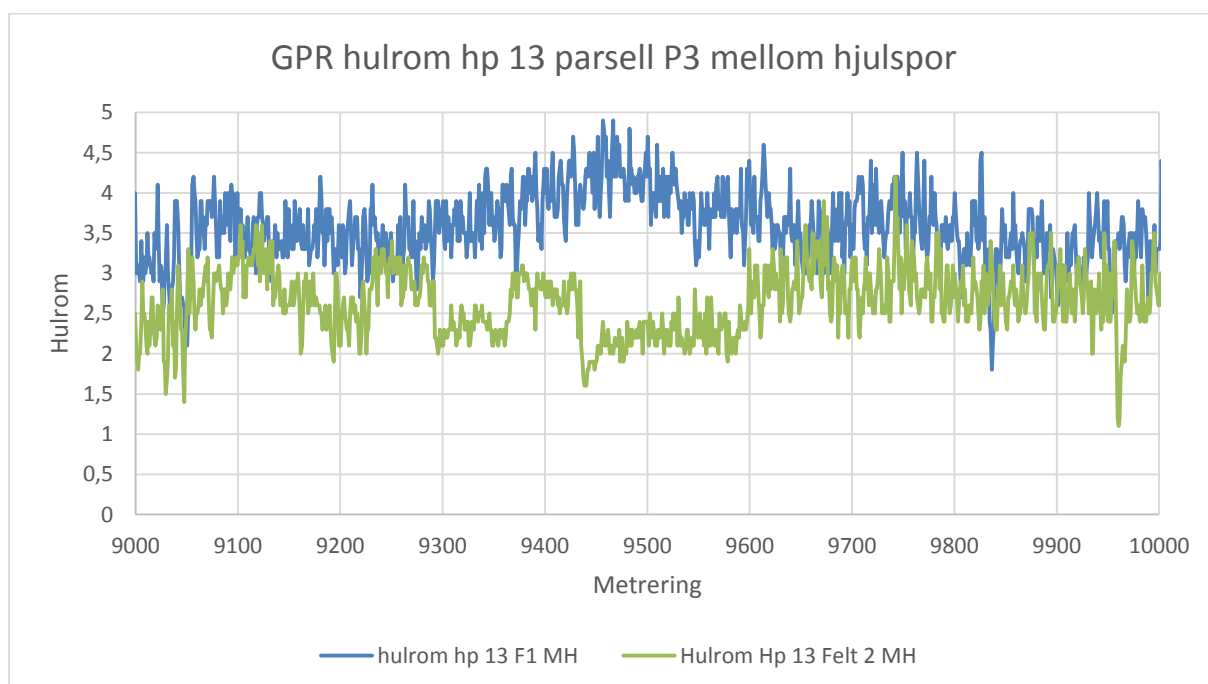
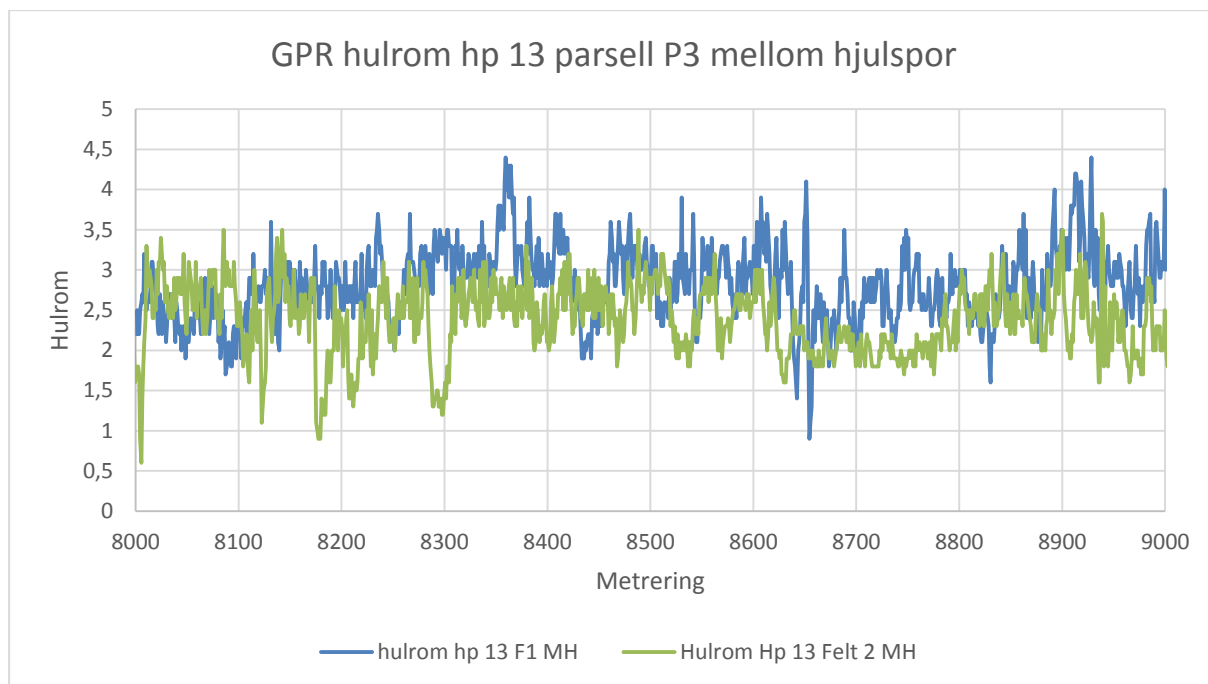
Hp 13

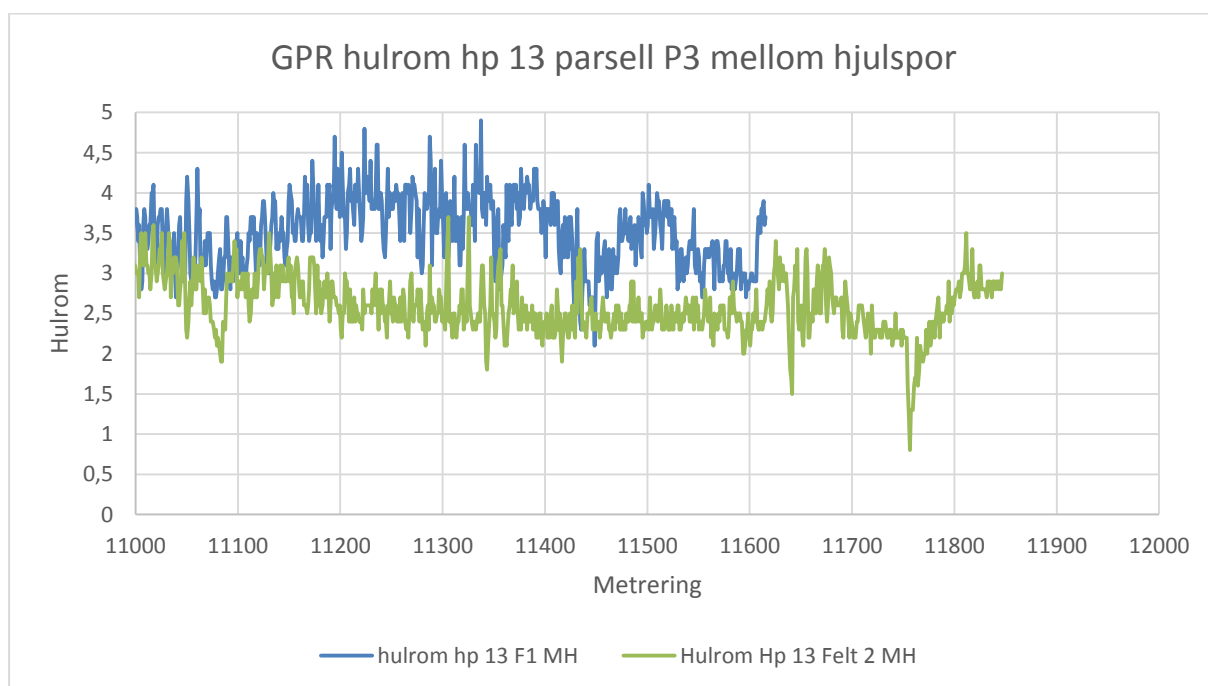
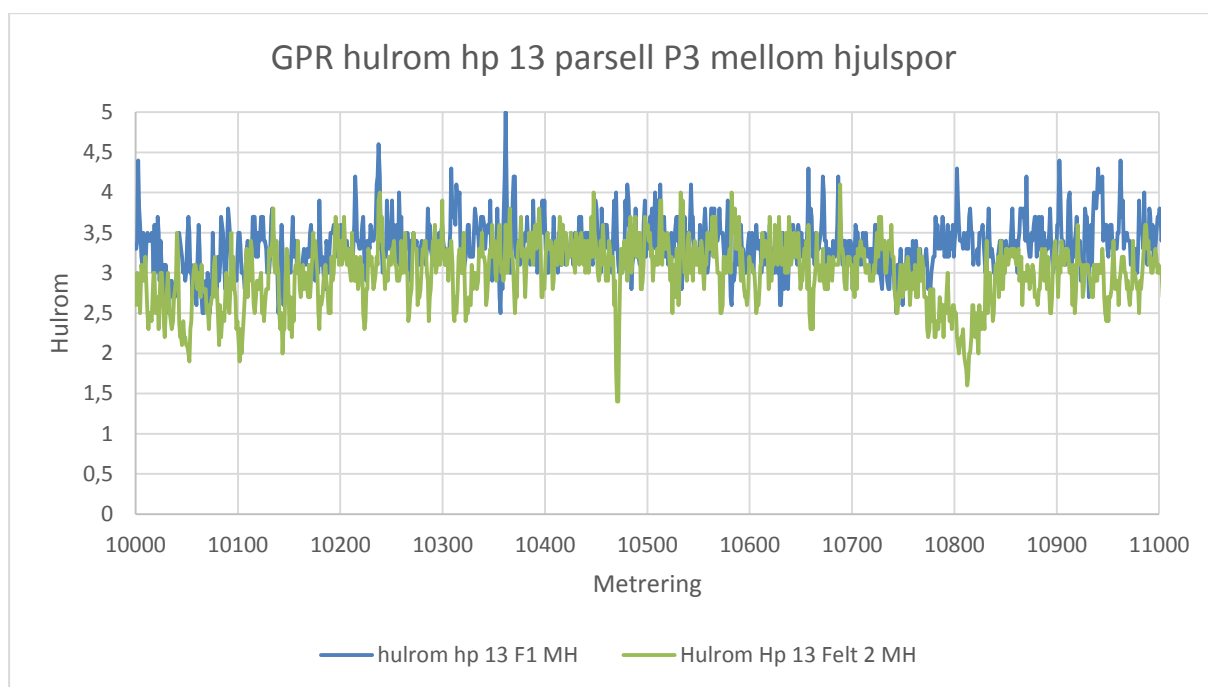
Målingene mellom hjulspor på hp 13 felt 1 ble noe forkortet, på grunn av pågående anleggstrafikk. Målingene i høyre hjulspor på hp 13 felt 2 ble oppstykket midt inne i strekningen, da det foregikk anleggsarbeid her også.

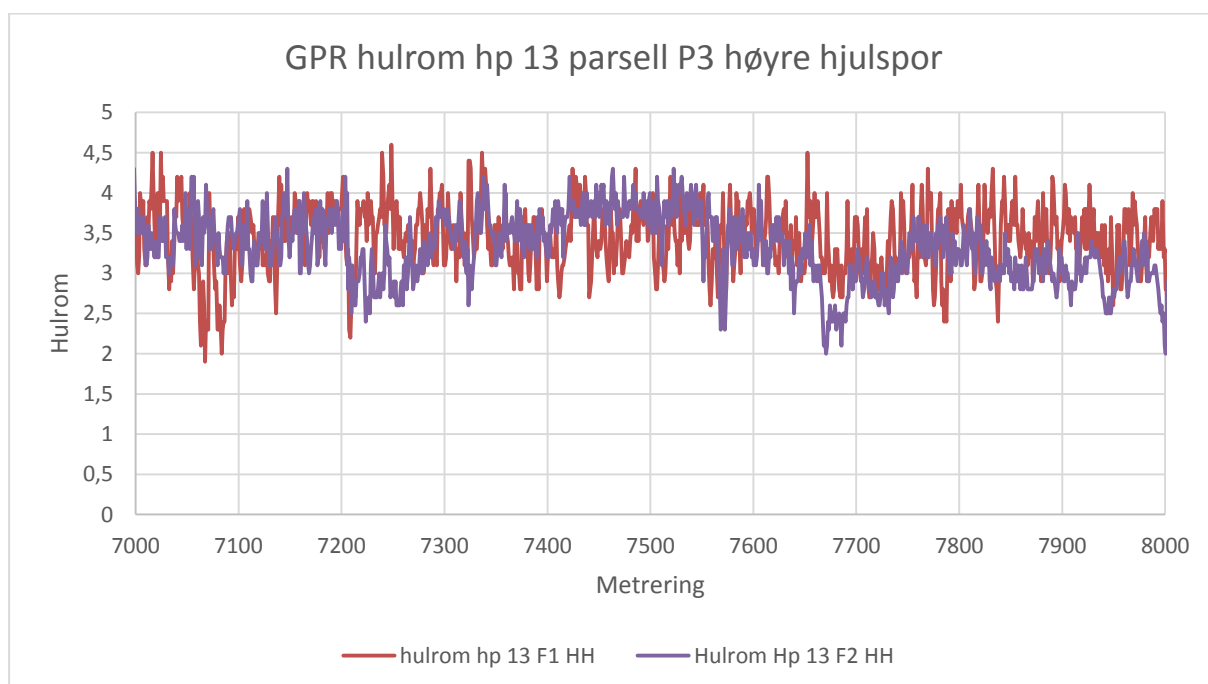
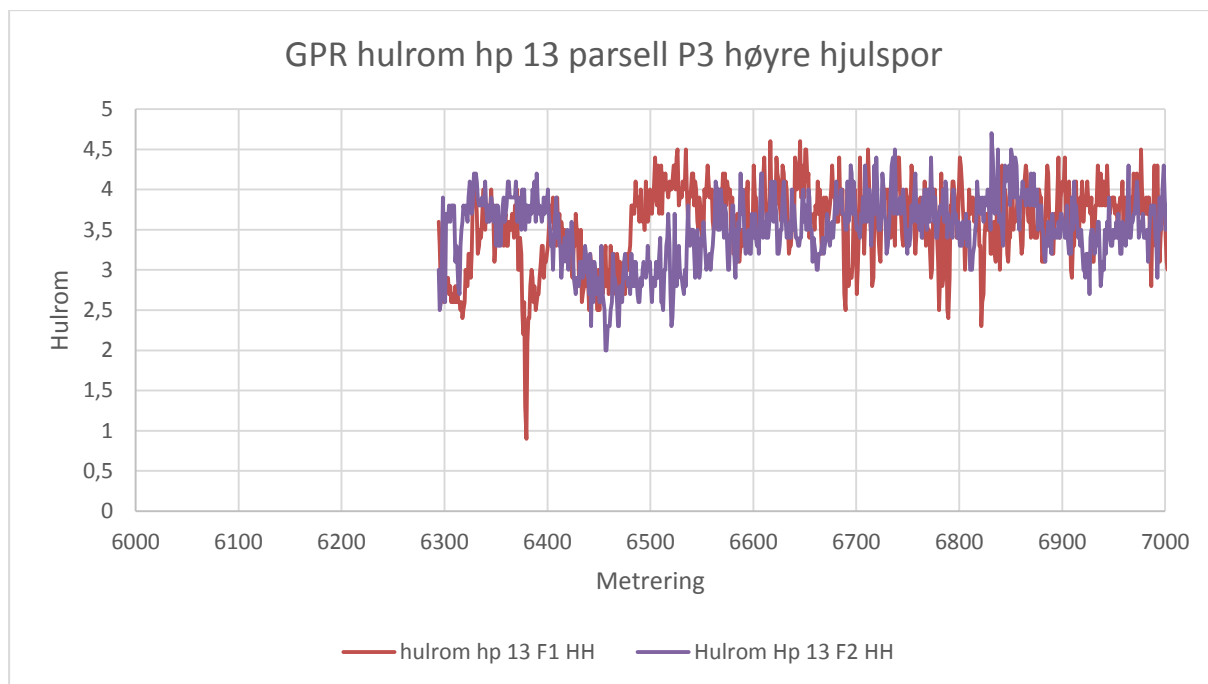


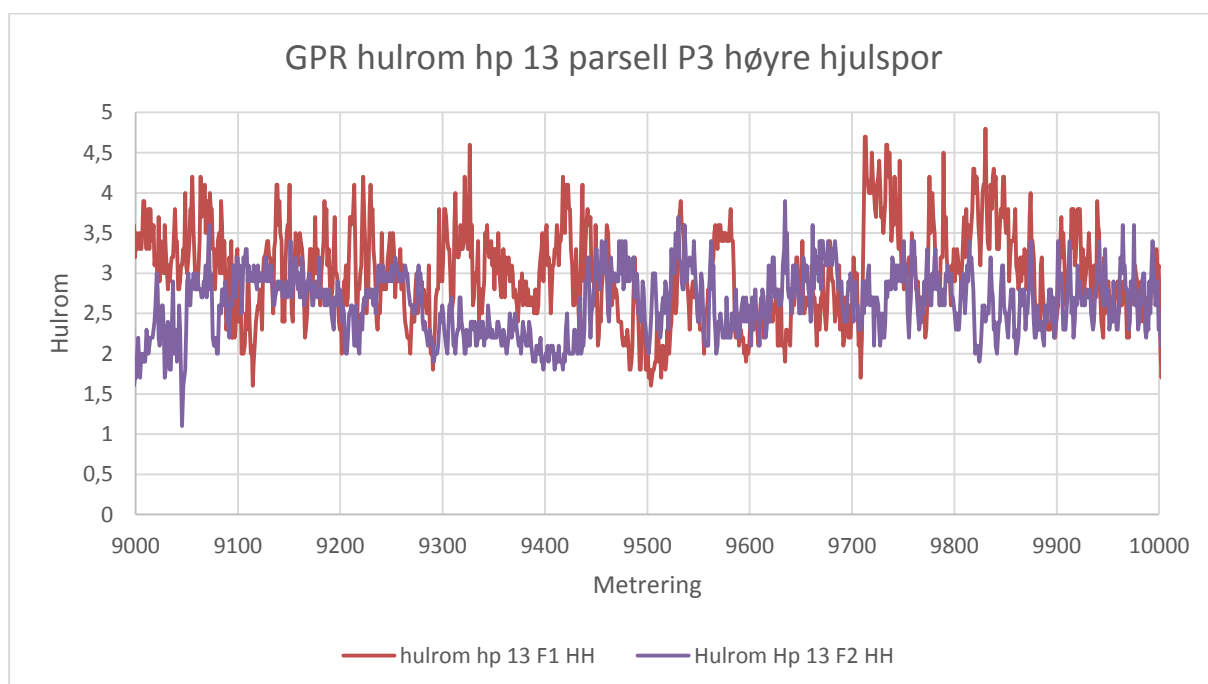
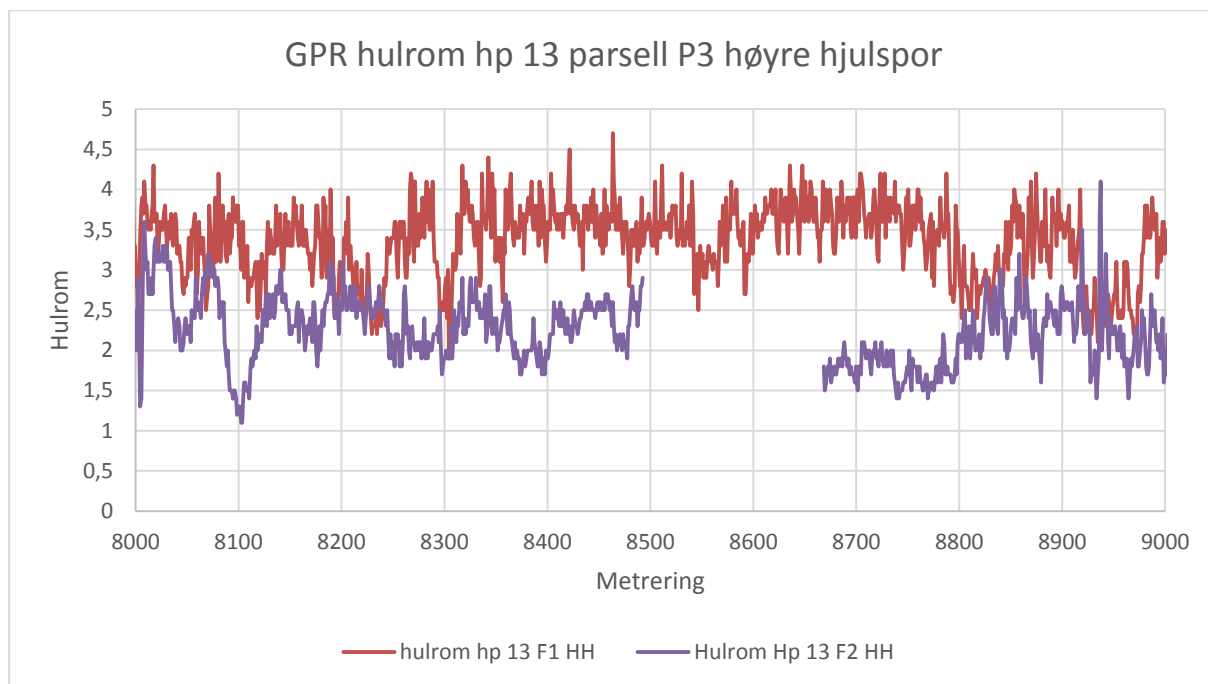
Figur 3 Fordeling av GPR målinger hp 13 parsell P3

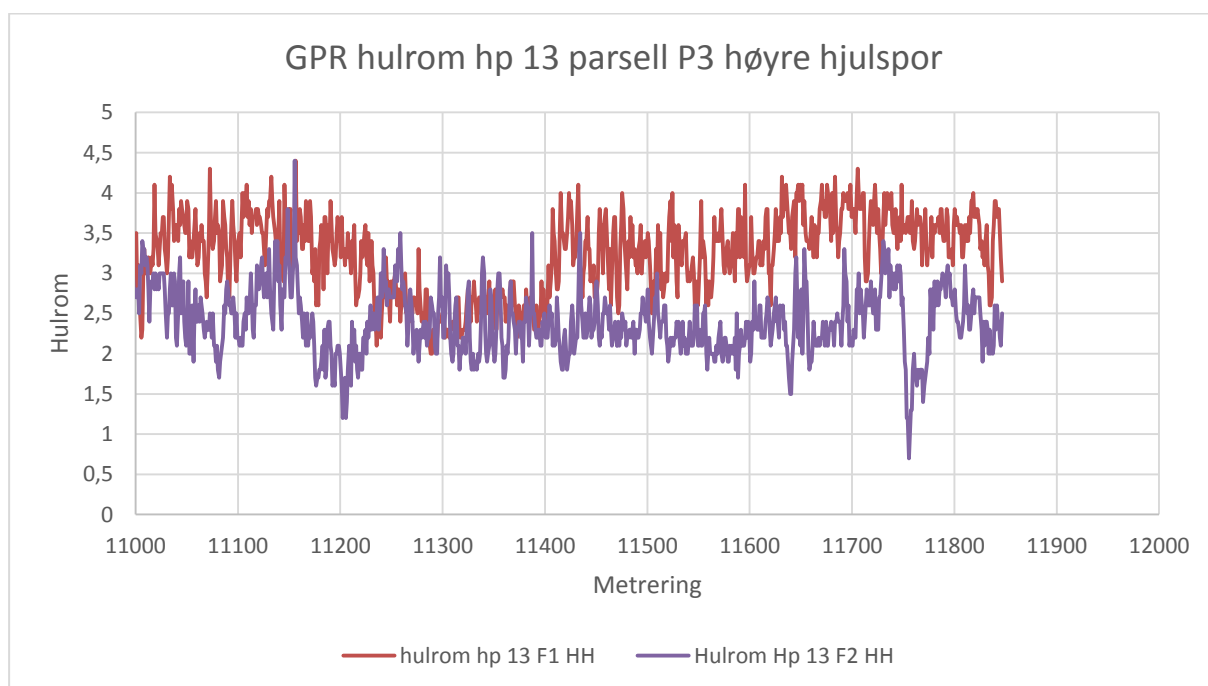
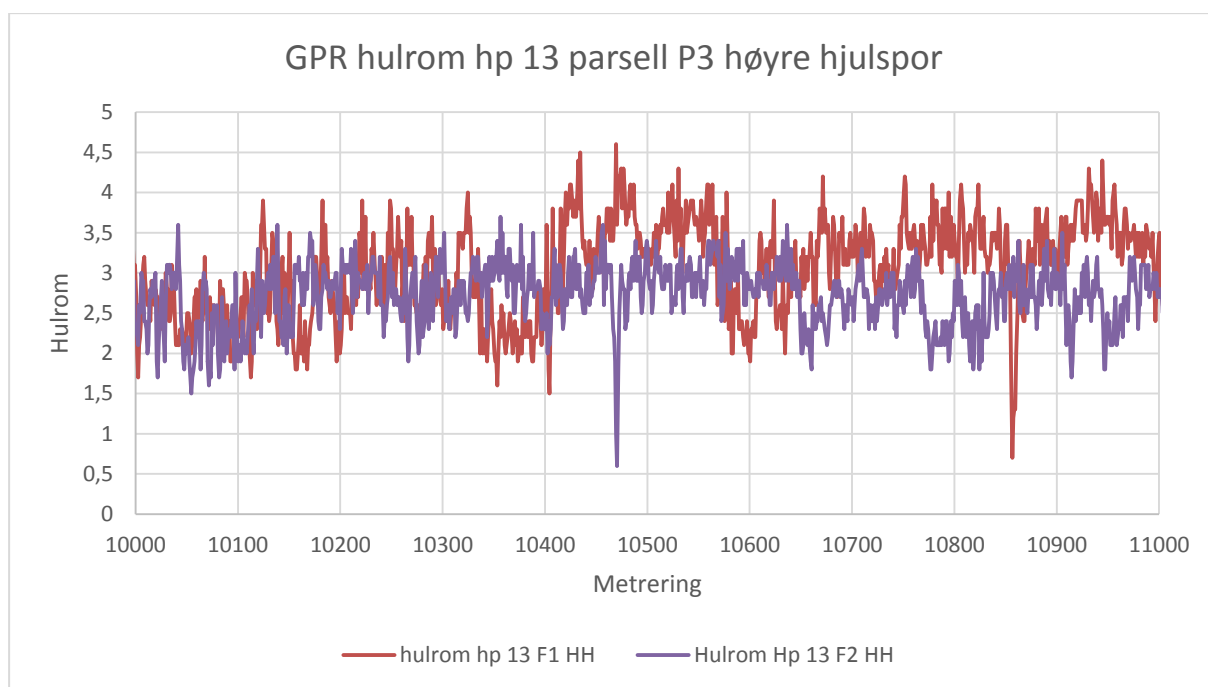




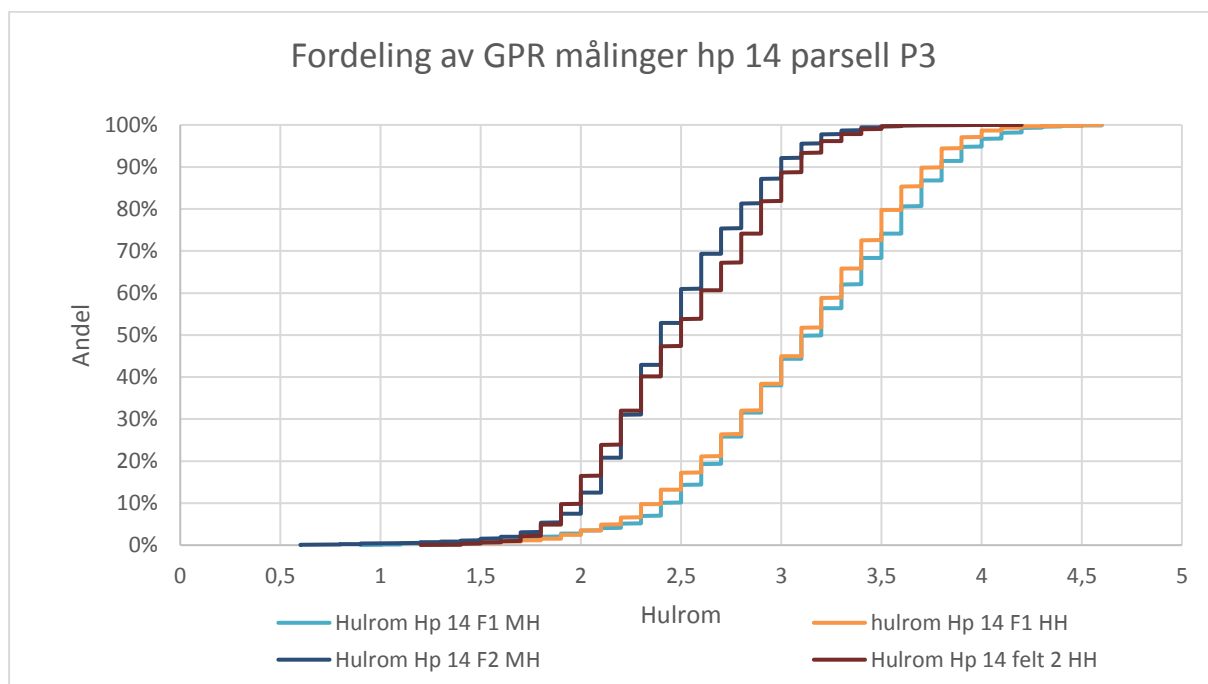




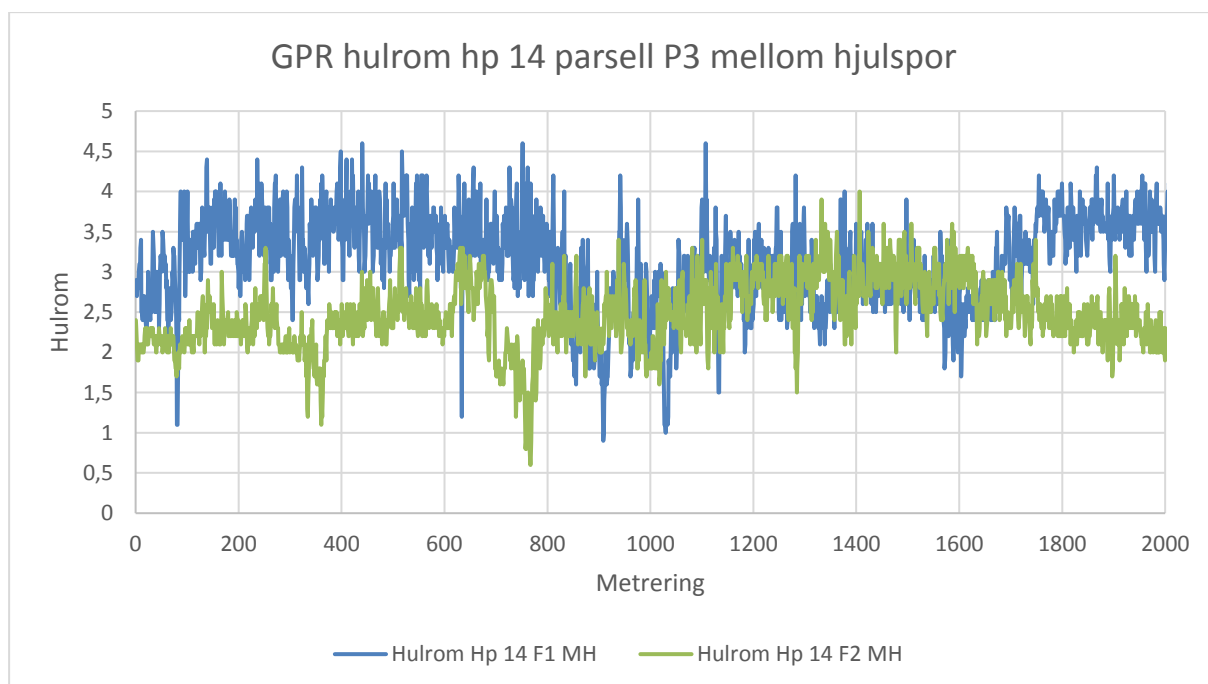


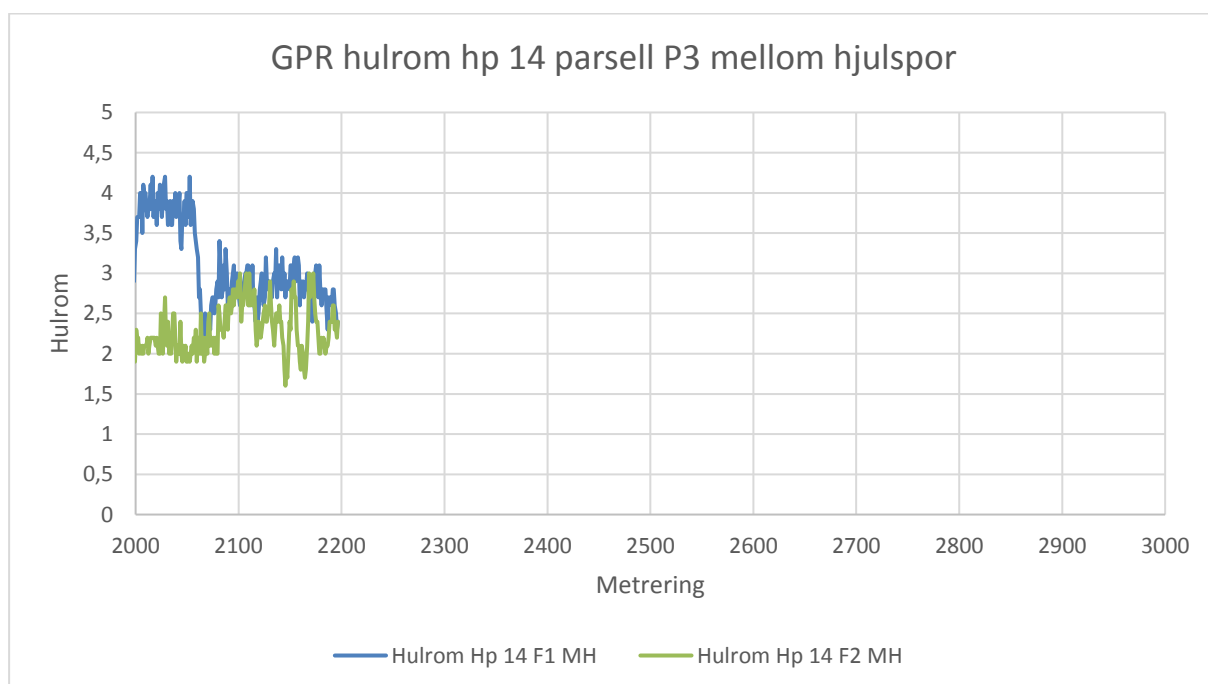
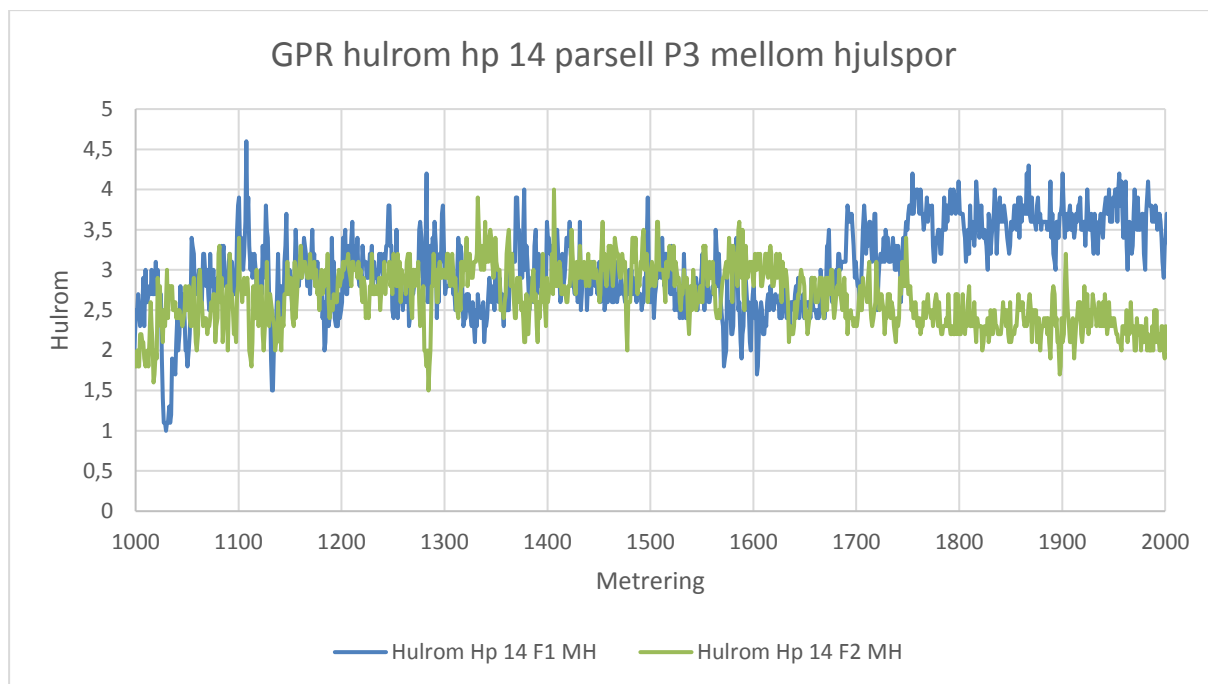


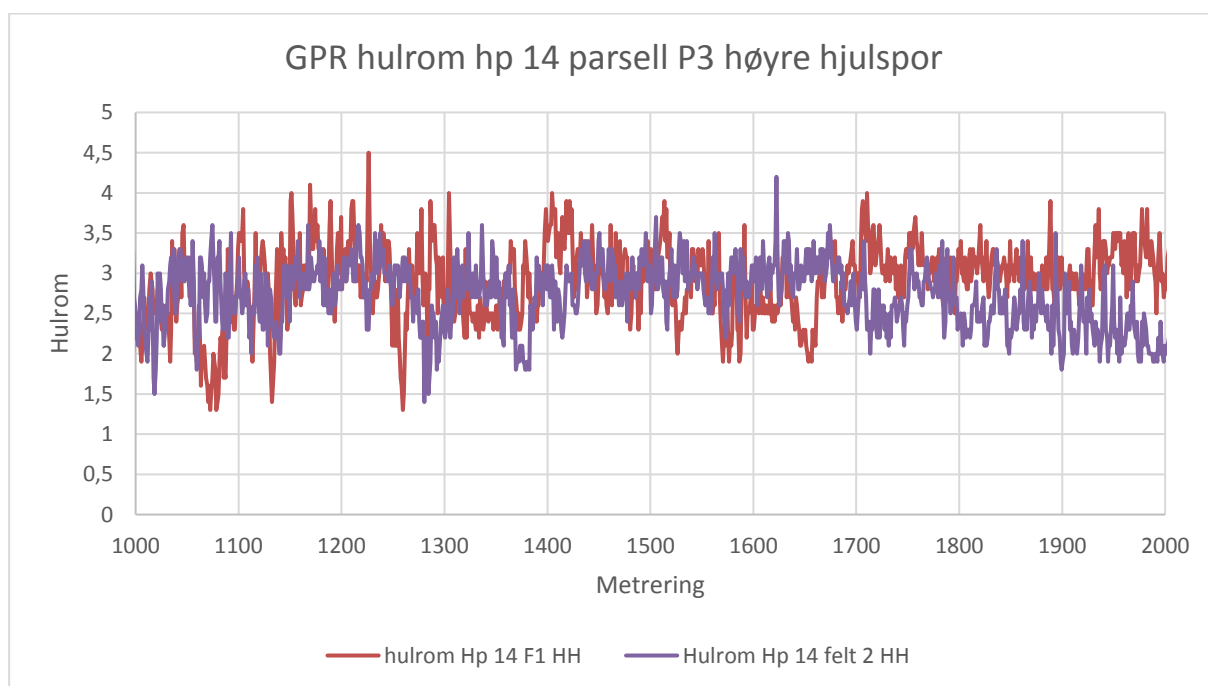
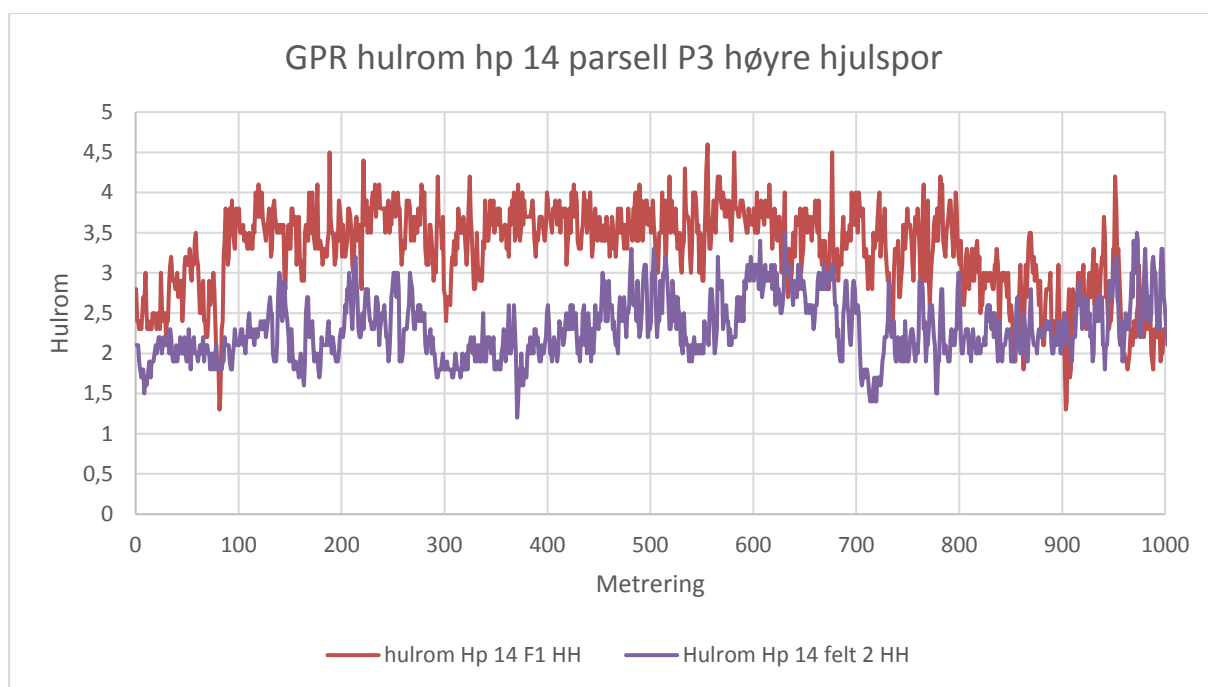
Hp 14

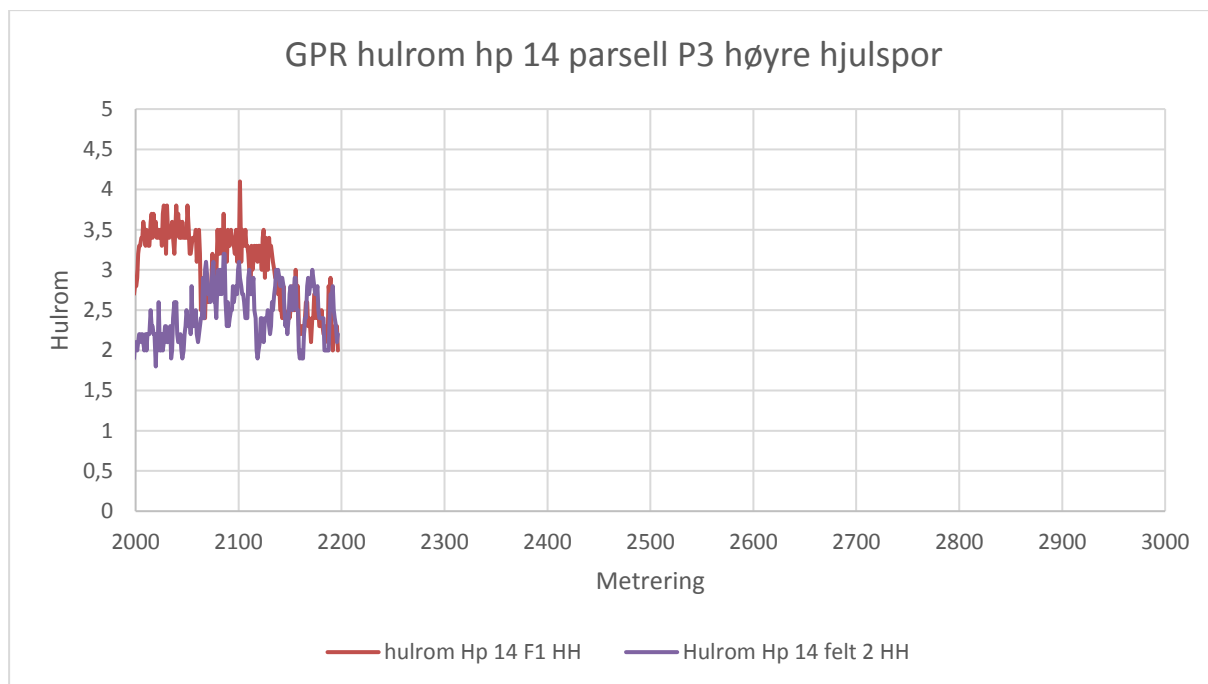


Figur 4 Fordeling av GPR målinger Hp 14 parsell P3









4. KONKLUSJON

Resultatet blir presentert både for mellom hjulspor og i høyre hjulspor. Det er imidlertid kun gjennomført målinger mellom hjulspor. Resultatet for høyre hjulspor er derfor kun en indikasjon. Det har imidlertid ikke gått trafikk på strekningene i lang tid før målingene, så effekten av etter komprimering i hjulspor antas å ha liten effekt så lang, og at resultatene derfor er representative.

Georadarmålingene viser god korrelasjon sett opp mot borkjernene. Avviket mellom GPR og lab målt hulrom er maksimalt 0,7 hulromsprosent. Siden metoden har en usikkerhet på $\pm 0,9$ hulromsprosent, så ansees dette som et veldig godt resultat. Det er viktig å påpeke at særlig på parsell P2, så blir gjennomsnittlig kalibrasjonsfaktor benyttet i felt 2. Dette medfører at man er avhengig av at samme resept, med tilslag med lik ledeevne (dielektrisk verdi) blir benyttet. Basert på målingene så virker dette å være en grei antagelse.

Som det kan sees av grafene er det noen steder veldig korte kraftige fall/topper på målingene (f.eks over kun 1 meter). Det er mest sannsynlig kommet inn noen interferens på disse punktene. Dette kan være ytre faktorer som nedgravde kabler, støy fra møtende lastebil, etc. Ved veldig korte topper/bunn bør det vurderes å se bort fra den verdien.

Det er blitt benyttet GPS, for å kalibrere målingene. På parsell P2 hp 12 var ikke dette mulig, da det er en tunnel på strekningen. Det er derfor noe større usikkerhet med lengdene her, enn på de resterende strekningene.

Hulrommet er blitt vurdert opp mot kravene som stilles i resepten og ikke det som står i prosesskoden. Vi har ikke hatt tilgang til hva som står i kontrakten, derfor ble reseptens krav som er strengere enn prosesskodens benyttet.

5. REFERANSER

- (1) Accuracy of Ground Penetrating Radar in Bituminous Pavement Thickness Evaluation, Anne Lalague, Inge Hoff, Transport Research Arena Europe, Brussels - 2010
- (2) Mara Nord – Recommendations for guidelines for the use of GPR in Asphalt air voids content measurements – Timo Saarenketo 2012



Statens vegvesen
Region midt
Ressursavdelingen
Postboks 2525, 6404 MOLDE
Tlf: 22073000
firmapost-midt@vegvesen.no

vegvesen.no

Trygt fram sammen