



# Sandfraksjoners betydning med tanke på friksjon

Feltforsøk Bjorli

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 647



**Tittel**

Sandfraksjoners betydning med tanke på friksjon

**Undertittel**

Feltforsøk Bjorli

**Forfatter**

Inge Bolme, Veidekke industri

**Avdeling**

Vegavdelingen

**Seksjon**

Drift, vedlikehold og vegteknologi

**Prosjektnummer**

605089

**Rapportnummer**

Nr. 647

**Prosjektleder**

Bård Nonstad

**Godkjent av**

Bård Nonstad

**Emneord**

Sand, friksjon, varighet

**Sammendrag**

Sandingsforsøk er gjennomført ved Bjorli flyplass i Oppland. Fraksjonert 0/4 mm og ordinære strøsandkvaliteter ble lagt ut i felt for å studere fraksjoner og kvaliteters betydning med tanke på effekt (friksjonstilskudd) og varighet. Resultatene viser at finfraksjoner og materialer med noe fint samt høy andel små korn (< 1-2 mm), gir 3-4 gangen i effekt av det en oppnår med grovere fraksjoner/materialer under de forholdene testen foregikk under.

I forbindelse med forsøket ble det også gjort noe innledende arbeid med tanke på «gåfriksjon».

**Title**

The grain size of sand and the influence on the friction level

**Subtitle**

Field test at Bjorli

**Author**

Inge Bolme

**Department**

Roads Department

**Section**

Operation, Maintenance and Road Technology

**Project number**

605089

**Report number**

No. 647

**Project manager**

Bård Nonstad

**Approved by**

Bård Nonstad

**Key words**

Sand, friction, durability

**Summary**

A field test with different grain size of sand materials was completed. We wanted to see what influence the grain size had on the friction level and the durability. The results show that small grain size give up to 3-4 times the effect of coarser materials under the tested road conditions.



# RAPPORT

## Veidekke Industri Kompetansesenteret



**Feltforsøk – fraksjoners betydning med tanke på  
friksjonstilskudd**

**Bjorli 12.-13. desember 2017**



**Veidekke Industri**

**Trondheim: 22.08.2018**

# Innholdsfortegnelse

<b>1. Innledning</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Gjennomføring</b> .....	<b>4</b>
2.1 Metodikk.....	4
2.2 Teststrekning.....	4
2.3 Utstyr .....	5
2.4 Vær- og klimadata.....	5
2.5 Sandmaterialer.....	7
2.6 Prosedyre .....	9
2.6.1 Forberedelser.....	9
2.6.2 Prøvefelt – feltutlegging .....	13
2.6.3 Friksjonsmåling .....	15
2.6.4 Gåfriksjon .....	16
<b>3. Resultater og vurderinger</b> .....	<b>17</b>
3.1 Siktekurver .....	17
3.2 Bilder av sandtypene, inkl. visuelt resultat utlagt i felt .....	17
3.3 Utlagte mengder .....	23
3.4 Friksjon (effekt og varighet).....	24
3.5 Gåfriksjon.....	30
<b>4. Oppsummering – konklusjon</b> .....	<b>31</b>
<b>5. Videre arbeid</b> .....	<b>33</b>
<b>6. Referanser</b> .....	<b>34</b>
<b>Vedlegg 1 – friksjon bane 1 og 2 med forklaringer</b> .....	<b>35</b>
<b>Vedlegg 2 – feltvise friksjonsresultater (bane 1)</b> .....	<b>36</b>
<b>Vedlegg 3 – feltvise friksjonsresultater (bane 2)</b> .....	<b>41</b>

# 1. Innledning

Statens vegvesen (SVV) er aktive på forskning og utvikling (FOU) og har en god del aktivitet knyttet opp mot vinterdrift. I den forbindelse har Veidekke Industri over noen år vært engasjert av SVV Vegdirektoratet, for å bistå i forbindelse med gjennomføring og rapportering fra feltforsøk.

12.-13. desember 2017 ble det gjennomført et sandingsforsøk ved Bjorli flyplass i Oppland. Fraksjonert 0/4 mm (siktet på lab) og ordinære strøsandkvaliteter ble lagt ut i felt for å studere fraksjoner og kvaliteters betydning med tanke på effekt (og varighet). En ønsket å få svar på hvilke fraksjoner, finstoff eller stein, små eller store korn, som bidrar mest til å generere friksjonstilskudd.

Erfaringer fra sandtester i 2016 ligger i stor grad til grunn for gjennomføringen av forsøket, jfr. Bolme og Nonstad (2017). Sentrale utfordringer fra den gang knyttet til usikre og varierende utlagte mengder, ble adressert ved å endre gjennomføringen. I stedet for lastebil og tallerkenspreder ble det benyttet en Epoke «trillebårspreader». Bruk av «trillebårspreader» muliggjorde forsøk med fraksjonert materiale (laboratoriesiktede sandkvaliteter), samtidig som en fikk sikre mengdetall gjennom veiing av «trillebårspreaderen» før og etter feltutlegging. En lyktes også med å «eliminere» variasjon i utlagt mengde fra felt til felt. Resultatene blir med dette både langt sikrere og mer direkte sammenlignbare.

I forbindelse med forsøket ble resultatene fra nevnte sandtester i 2016 etterprøvd samtidig som nye aspekter ble undersøkt. Forsøket representerer derfor både en videreføring og utvidelse av arbeidet som ble påbegynt gjennom sandtestene i 2016. Resultatene fra testen gir ny og sikker kunnskap om fraksjoner og kornfordelings betydning med tanke på effekt (friksjonstilskudd).

Til sist nevnes også at det i forbindelse med forsøket ble gjort noe innledende arbeid med tanke på «gåfriksjon». Det er ønskelig å fremskaffe mer kunnskap om opplevd friksjonsnivå for gående vs. friksjon målt med standardisert måleutstyr. Rent konkret hadde to sko blitt forberedt (fylt med betong med mer) slik at en kunne måle friksjonskraft ved gitt påført belastning (vekt) og føreforhold/underlag.

Bård Nonstad har vært ansvarlig for gjennomføringen fra SVV sin side. Fra Veidekke Industri (VDI) har Tore Menne, Stein Hoseth og Inge Bolme stått for feltarbeid og bearbeidelse av data. Inge Bolme har stått for utarbeidelse av rapport, men Stein Hoseth, Tore Menne og Bjørn Ove Lurfald har bidratt med nyttig innspill her, samt i forbindelse med kvalitetssikring av rapporten.

Takk til Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU for lån av laboratoriefasiliteter i forbindelse med forberedelsene til feltforsøket.

## 2. Gjennomføring

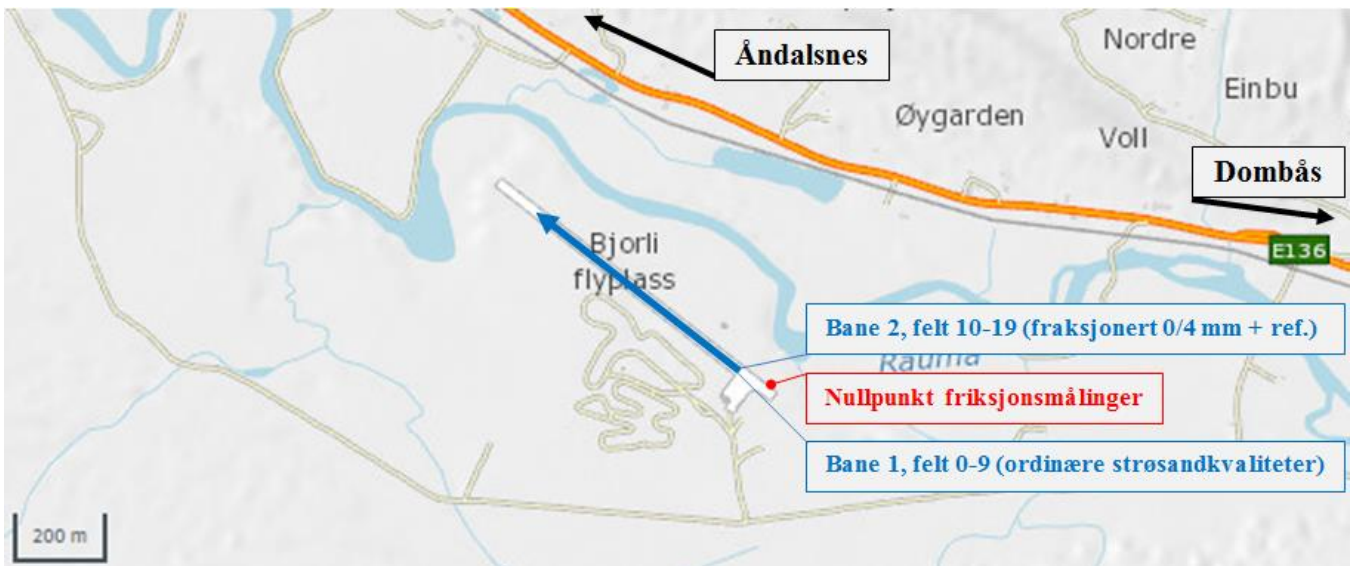
De påfølgende avsnitt gir en kort beskrivelse med tanke på lokalisering, forsøksbetingelser, forberedelser og gjennomføring av feltforsøket.

### 2.1 Metodikk

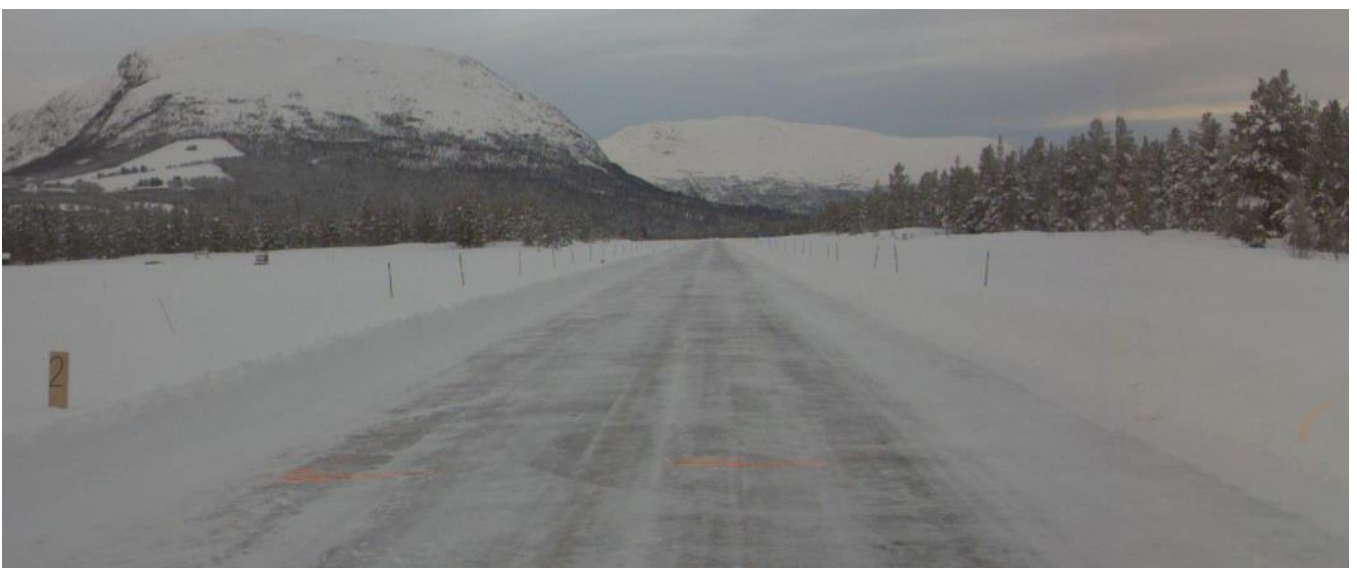
Feltforsøk på vei (flystripe) med «trillebårspreder» den 12.-13. desember 2017.

### 2.2 Teststrekning

Feltutleggingen ble gjennomført på flystripa ved Bjorli flyplass. Føreforholdene var hard snø/issåle. Ingen trafikk. Det vises til figur 1-3.



Figur 1: Feltstrekning og lokalisering i forbindelse med feltforsøket.



Figur 2: Føreforhold ved felt 2 og 12 før feltutlegging (felt 2 på venstre side (bane 1), felt 12 på høyre side (bane 2)).



Figur 3: Føreforhold ved felt 6 og 16, 7 og 17 før feltutlegging (felt 6 og 7 på venstre side, felt 16 og 17 på høyre side).

### 2.3 Utstyr

En Epoke Epomini 5 «trillebårspreader» ble benyttet i forbindelse med feltutleggingen av sand/fraksjoner, jfr. figur 4.

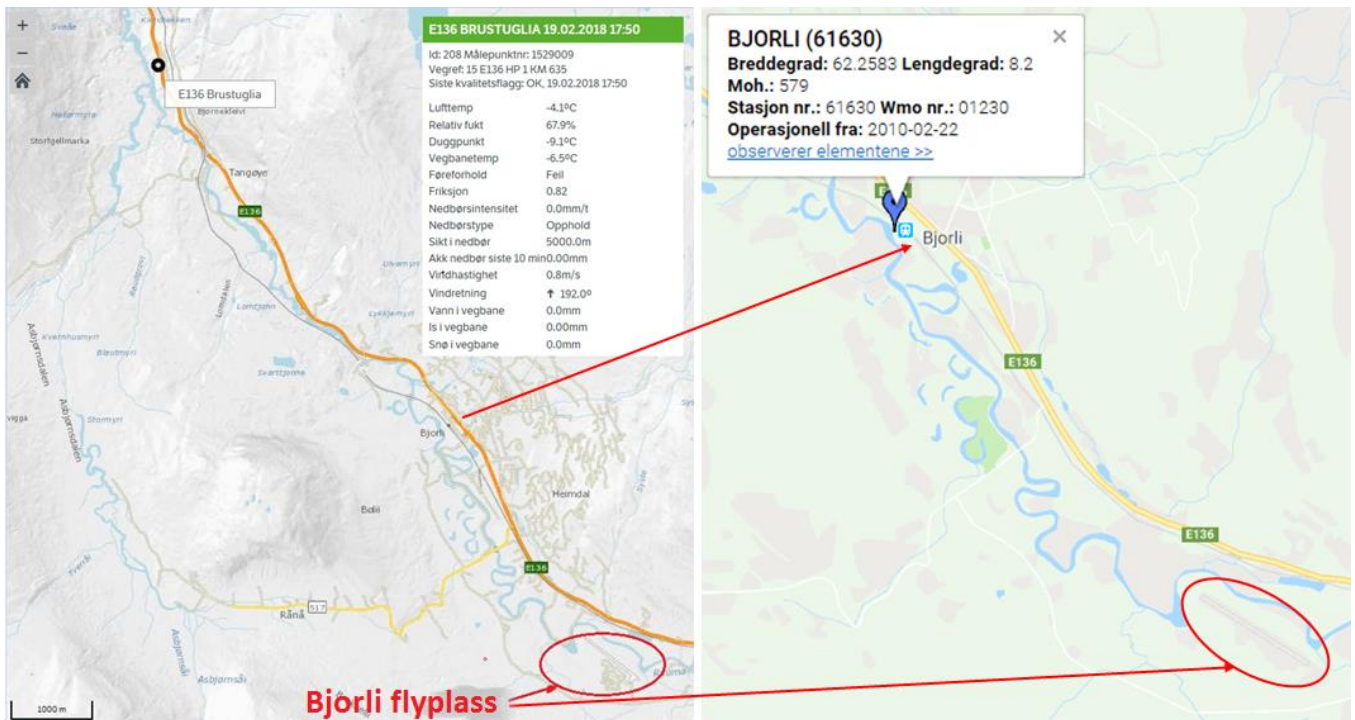
Utmatingsmekanisme og resultat i stor grad som for etterhengende spreader til lastebil fra samme produsent (hjuldrevet utmating, omrører og knastevals med gummibunn som strammes ved hjelp av fjærer).



Figur 4: Feltutlegging med «trillebårspreader» fra Epoke i forbindelse med testen.

### 2.4 Vær- og klimadata

Nærmeste værstasjon som tilhører Statens vegvesen er «E136 Brustuglia» øverst i Romsdalen. Denne ligger omkring ni kilometer i luftlinje fra flyplassen og noe lavere i terrenget. I tillegg har Meteorologisk institutt (Met) en værstasjon «Bjorli» som ligger rett ved Bjorli jernbanestasjon, knappe fire kilometer i luftlinje fra flyplassen, jfr. figur 5.



Figur 5: Lokalisering værstasjoner ifht Bjorli flyplass.

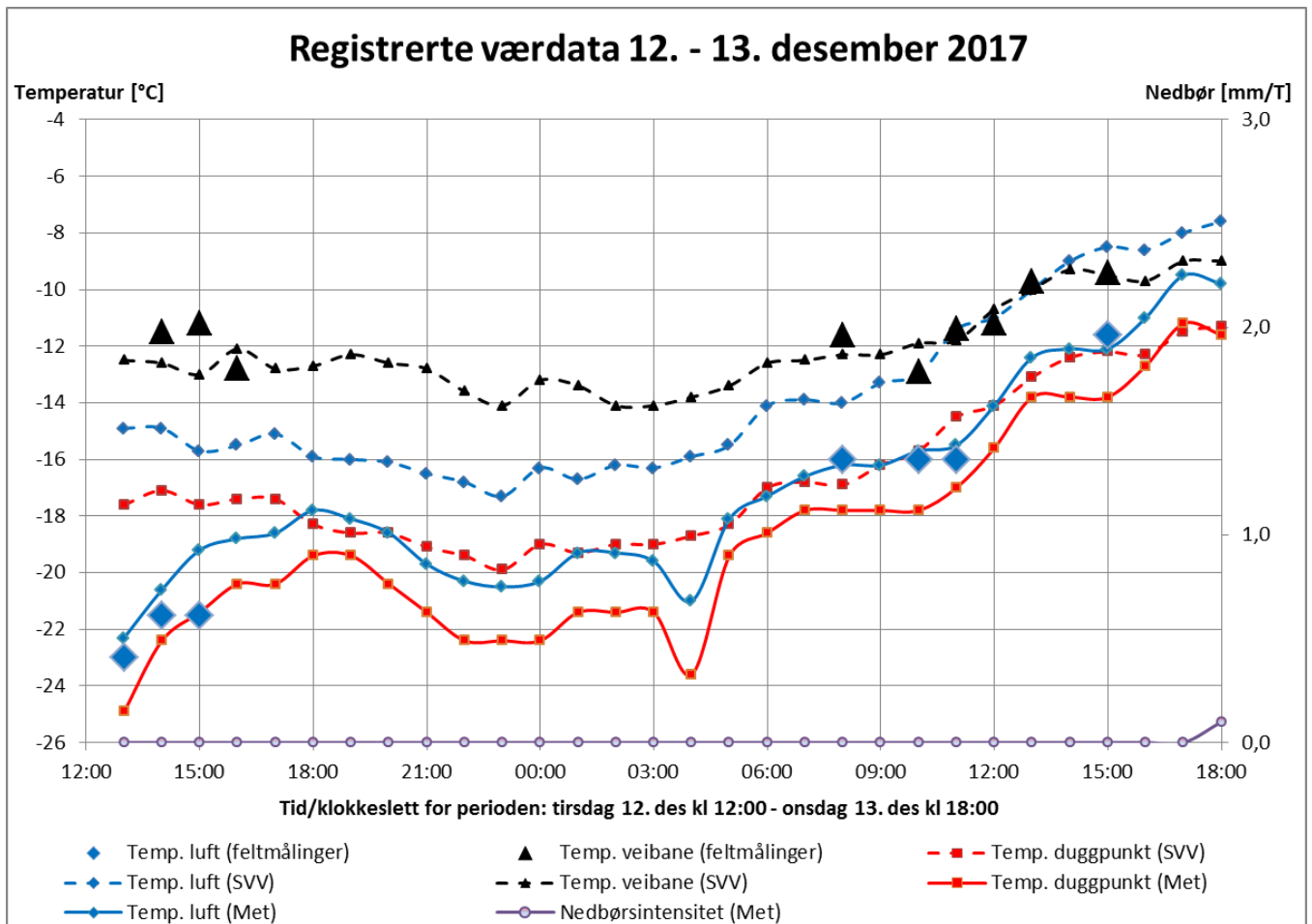
Data fra disse værstasjonene (timesdata), sammen med feltmålinger fra selve testområdet (termometere med probe), er benyttet som kilde til klimadata. Det vises til figur 6 og 7.

Av figur 7 ser en at det er godt samsvar mellom værstasjonene og feltmålingene med probe termometere. Økende temperatur utover dagen. Lufttemperatur opp fra  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  på morgenen til omkring  $\pm 12^{\circ}\text{C}$  i forbindelse med feltutleggingen og friksjonsmålingene. Veibanetemperatur i størrelsesorden  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  i forbindelse med selve testingen (opp fra omkring  $\pm 12^{\circ}\text{C}$  på morgenen). Ingen nedbør i forbindelse med testen.



Figur 6: Temperaturmåling i felt.





Figur 7: Temperatur- og nedbørsregistreringer.

## 2.5 Sandmaterialer

Materiale av tre ulike opphav inngikk i forbindelse med testen. Følgende kvaliteter og fraksjoner ble lagt ut i felt:

- «Vassfjell» – knust fjell (Franzefoss, Trondheim)
  - Ordinær/sammensatt masse
    - 0/4 mm (ordinær 0/4 mm)
    - «Grense max» (0/4 mm oppveid og sammensatt av fraksjonert materiale for å få en variant som følger øvre grensekurve for tørrsand. Krav i kontraktsmal).
    - «Grense min» (0/4 mm oppveid og sammensatt av fraksjonert materiale for å få en variant som følger nedre grensekurve for tørrsand. Krav i kontraktsmal).
    - 1,5/4 mm (vasket strøsingel fra ordinær produksjon)
  - Fraksjoner (0/4 og 4/8 mm siktet/fraksjonert i lab)
    - 0/0,25 mm
    - 0,25/0,50 mm
    - 0,50/1,0 mm
    - 1,0/2,0 mm
    - 2,0/4,0 mm
    - 4,0/8,0 mm

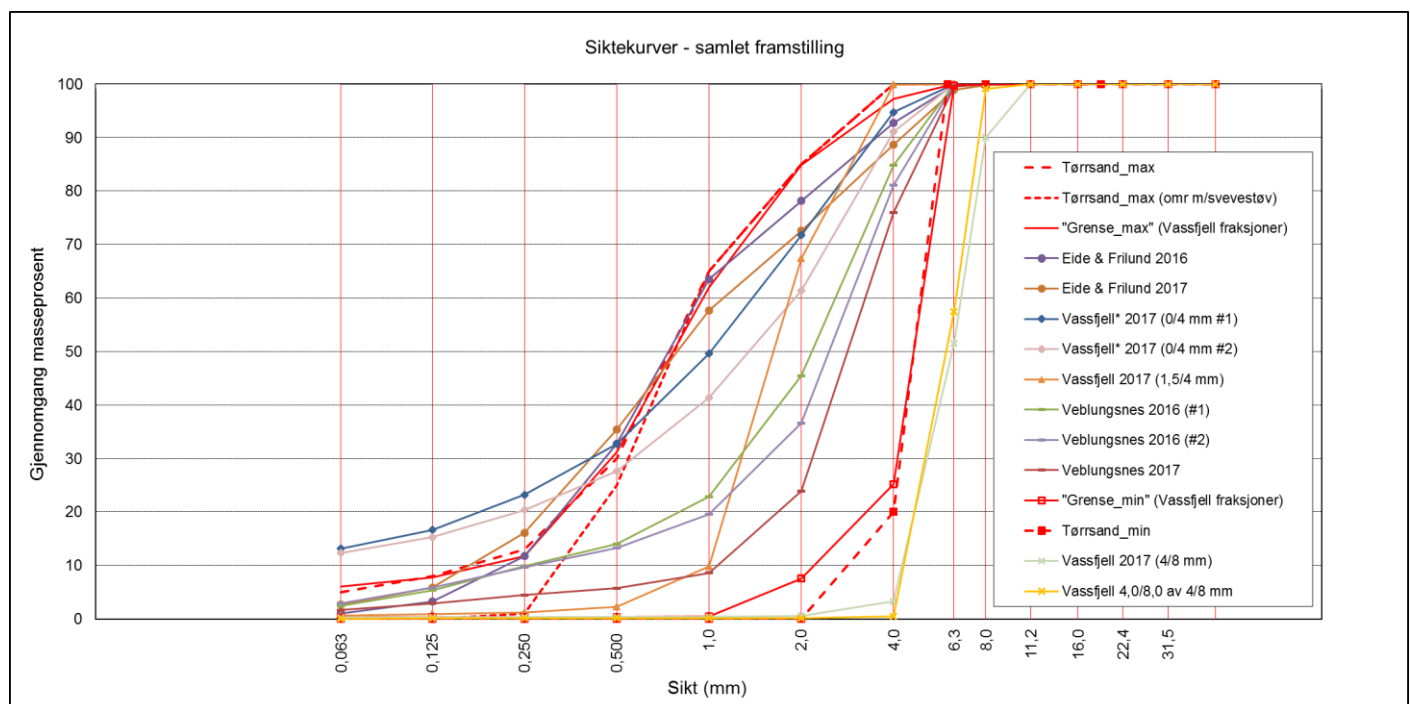
} (siktet i lab av 0/4 mm)

} (siktet i lab av 4/8 mm (fjerning av over- og understørrelse))

- «Eide & Frilund» – knust natur (Eide & Frilund Entreprenør, Isfjorden)
  - Ordinær/sammensatt masse
    - 0/4 mm (ordinær 0/4 mm strøsand)
  - Fraksjoner (0/4 mm siktet/fraksjonert i lab)
    - 0/0,25 mm (siktet av 0/4 mm)
- «Veblungsnes» – knust natur (Veblungsnes Sandtak, Veblungsnes)
  - Ordinær/sammensatt masse
    - 0/4 mm (ordinær 0/4 mm strøsand)

Figur 8 viser siktekurver for massetypene som inngikk i forbindelse med testen. Siktekurvene, slik de fremkommer i figur 8, representerer gjennomsnittet av to siktinger (to kurver). Kurvene er «slått sammen» for at ikke fremstillingen skal bli for kompleks.

Av figur 8 ser en at det er bra samsvar mellom siktekurvene for massetypen «Eide & Frilund» fra 2016 til 2017, mens 2017 versjonen av massetypen «Veblungsnes» ser ut til å være noe grovere enn hva tilfellet var i 2016. Disse massetypene inngikk som nevnt i forbindelse med sandtestene på Bjorli i 2016 og det var aktuelt å sammenligne resultatene fra den gang med nå.



Figur 8: Siktekurver for de testede massetypene (ordinære/sammensatte masser og utgangspunkt for fraksjoner).

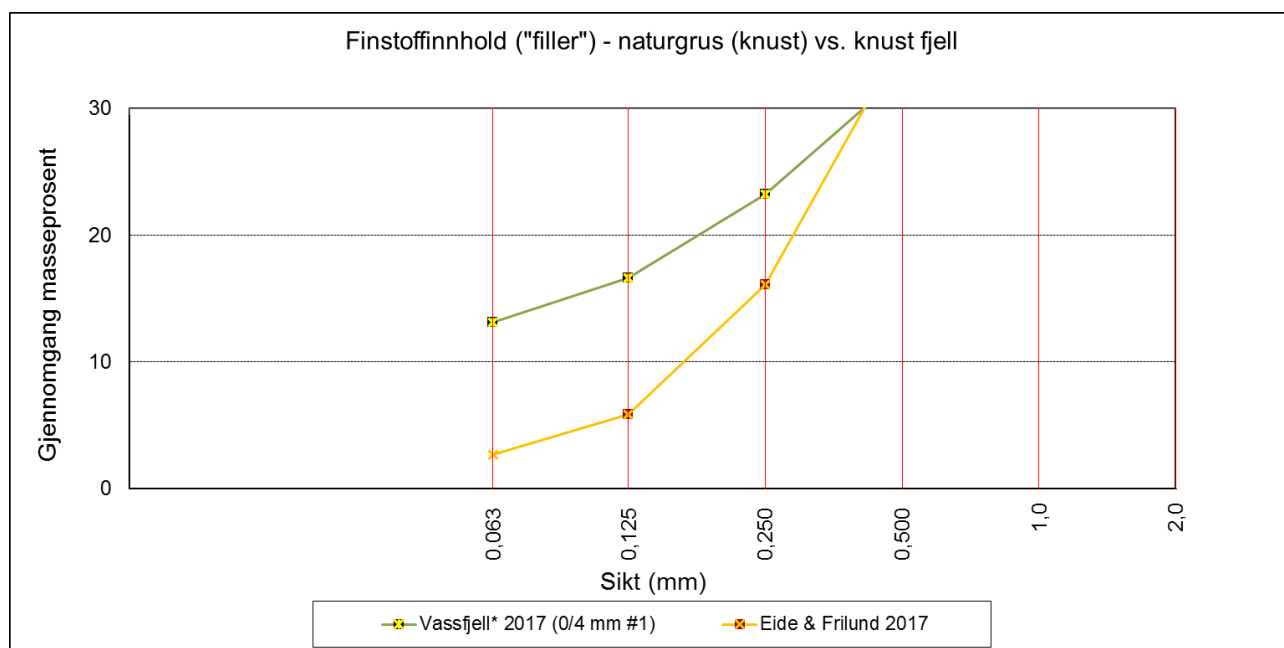
For massetypen «Vassfjell» ble det tatt ut materiale i to omganger. Det var materiale fra andre uttak («Vassfjell\* 2017 (0/4 mm #2)») som ble benyttet i forbindelse med feltutlegging av ordinær 0/4 mm (felt 3, 13, 8 og 18). Alt materiale fra første uttak, samt noe fra andre uttak, ble fraksjonert (siktet i lab).

Grensekurvene, slik de er satt i gjeldene mal for driftskontrakter, er benevnt «Tørrsand\_max» og «Tørrsand\_min» i siktediagrammet (stiplede linjer). To massetyper ble satt sammen av fraksjonert materiale (Vassfjell) slik at kornfordelingskurven skulle følge grensekurvene. Disse er benevnt

«Grense\_max» og «Grense\_min». Massetypen «Eide & Frilund» følger også øvre grensekurve bra, men «Grense\_max» har noe høyere andel av de to fineste fraksjonene samt mer materiale i mellomfraksjonene. «Grense\_max» er med andre ord noe «finere» enn «Eide & Frilund» massen.

De fineste fraksjonene ble ikke splittet i forbindelse med fraksjoneringen. En antok på forhånd at to varianter av 0/0,25 mm, henholdsvis en av naturgrus og en av knust fjell, ville gi svar på filler-/finstoffets (materiale < 0,063 mm) betydning med tanke på friksjonstilskudd. Splitting av 0/0,25 mm i fraksjoner ville medført (betydelig) mer sikting (liten andel 0,063/0,125 mm i ordinær 0/4 mm). En så også for seg at det ville kunne bli krevende å håndtere (legge ut) disse fineste fraksjonene i ren utsiktet variant.

Figur 9 illustrerer typisk forskjell i filler-/finstoffinnhold for en naturgrus kontra et materiale av knust fjell. Knust fjell vil typisk ha høyere finstoffinnhold samt en «flattere» siktekurve over de 2-3 fineste siktene. Av figur 9 ser en at finstoffandelen i 0/0,25 mm «Vassfjell» (knust fjell) utgjør omkring 50 prosent. For naturgrusvarianten (0/0,25 mm «Eide & Frilund») utgjør finstoffandelen omkring en tredjedel. En antok derfor på forhånd at forskjeller (resultatmessig) mellom disse to variantene av 0/0,25 mm ville kunne gis svar på filler-/finstoffets betydning med tanke på friksjonstilskudd.



Figur 9: Typisk forskjell i siktekurveforløp (filler-/finstoffinnhold) for naturgrus vs. knust fjell.

## 2.6 Prosedyre

### 2.6.1 Forberedelser

Forsøksmaterialer ble tatt ut i god tid før forsøkene. Samtlige varianter ble tørket og fraksjonering gjennomført for de to materialtypene dette var aktuelt for. Fraksjoneringen ble gjennomført ved laboratoriet til Institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU («veilaboratoriet»). Her finnes en Lippe «storsiktemaskin» (500 x 500 mm sikt) og det lettet arbeidet betraktelig at en fikk benytte denne.

Totalt ble det fraksjonert (siktet) omkring 375 kg materiale til forsøket. Figur 10-14 viser glimt fra arbeidet med sikting i fraksjoner (fraksjonering).



Figur 10: Lippe «storsiktemaskin» NTNU.



Figur 11: 0,50/1,0 mm på sikt etter sikting av 10 kg.



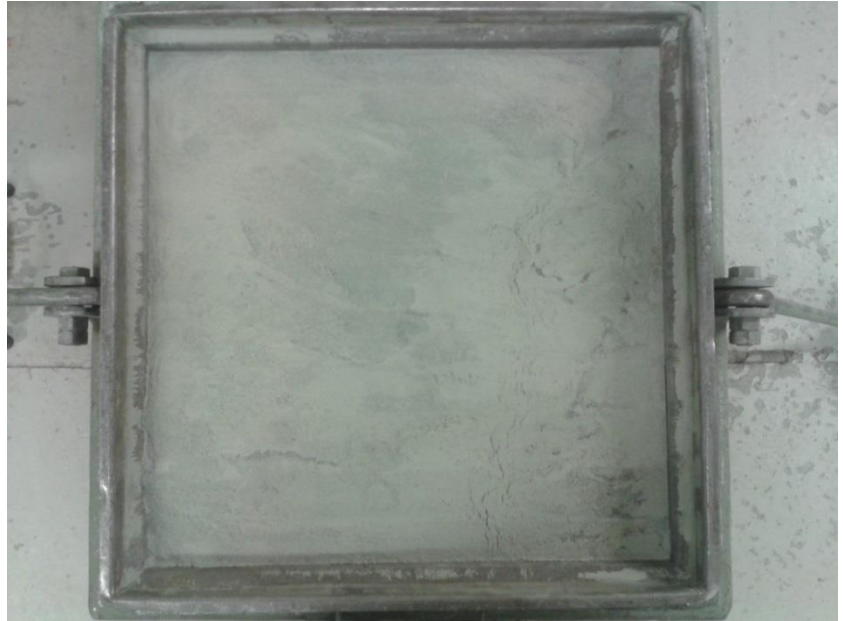
Figur 10: Tømming og «rengjøring» av sikt.

Det har ofte vist seg utfordrende å ha kontroll på utlagt mengde i forbindelse med feltforsøk ala dette. En av hovedårsakene til at en ønsket å benytte «trillebårspreder» var at en med det kunne veie (sikkert) utlagt mengde for forsøksfeltet. En hadde også god tro på at en skulle klare å redusere variasjonen fra felt til felt med å benytte en slik spreder.

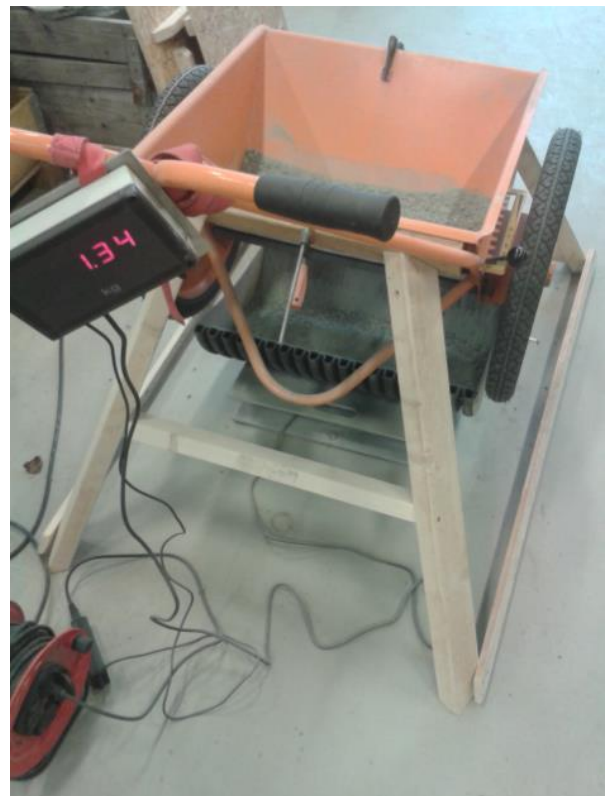
Dette fordi forberedelsene i langt større grad kunne gjennomføres (og repeteres) i lab forut for selve feltforsøket. Utlagt mengde med en slik spreder kan betraktes som en funksjon av spakposisjon (stramming av fjærbunn) og gå hastighet. Figur 15 illustrerer arbeidet med å finne den korrekte kombinasjon av spakposisjon og gå hastighet for hver av fraksjons- og massetyperne («kalibrering» av spreder) forut for feltforsøket.



Figur 11: Fraksjoner av 0/4 mm Vassfjell.



Figur 12: 0/0,25 mm Vassfjell i bunnpanne.



Figur 13: «Kalibrering» av strøvogn (utlagt mengde) for de ulike massetyper og fraksjoner på lab forut for feltforsøket.

Av forberedelser forøvrig kan nevnes at det ble bruk noe tid forut for forsøket med tanke på å kunne simulere/tilvirke alternative føreforhold, jfr. figur 16 og 17. Dersom mulig (temperaturmessig etc.) ville det vært ønskelig å gjennomføre feltforsøket slik at en fikk resultater (fraksjoners betydning med tanke på effekt) ved ulike føreforhold (eks våt is i tillegg til hard snø-/issåle).

Likedan ble det i forbindelse med forsøket initiert et arbeid mot «gåfriksjon». Mer spesifikt ønsket en å se litt på hvilken (reell) friksjonskraft som oppnås mellom sko og underlag ved en gitt friksjon, målt med standardisert måleutstyr (RoAR Mark 6). Det vises her til figur 18.



Figur 14: Vanningsutstyr (200 l fat og hullbom med veing(!)) for tilvirkning (simulering) av alternative føreforhold (våt is).



Figur 15: Vanningsutstyr (brannbil med hullbom) for preparering av bane og tilvirkning av alternative føreforhold.



Figur 16: Forberedelse av sko til måling av gåfriksjon. Vekter ble lagt på «plattformen» (perforert stålet) ifbm felttestingen.

## 2.6.2 Prøvefelt – feltutlegging

To teststrekker («Bane 1» og «Bane 2») a 10 felt (felt 0-9 og felt 10-19) ble merket opp på flystripa, jfr. figur 1 foran. Strøbredden med «trillebårsprederen» er begrenset (55 cm). For å forenkle friksjonsmålingen og ha god kontroll på mengder ble det derfor benyttet snor og målehjul i forbindelse med feltoppmerkingen, jfr. figur 19.

Forsøksfelt a 50 meter og 20 meters mellomrom mellom feltene. To referansefelt (friksjon) per bane (første og siste felt). I tillegg to felt med 0/4 mm Vassfjell (ordinær 0/4 mm) per bane i referanseøyemed. Feltinndeling med mer fremgår av tabell 1 og 2 lengre ned.

Friksjonsmåling før, deretter feltutlegging av samtlige felt før friksjonsmåling etter. Veiging av spredet på feltvekt før og etter feltutlegging, se figur 20, for å vite (eksakt) utlagt mengde per forsøksfelt.



Figur 17: Oppmerking av forsøksfelt.

Feltutlegging i tidsrommet 10:30-13:30 (ca.). Deretter friksjonsmåling. Mot tampen av dagen ble det kjørt med personbiler for om mulig å få varighetsdata på de ulike forsøksfeltene. Omkring 25

passeringer forut for friksjonsmålingene klokken 17:05 (ca.). Deretter nye 25 passeringer med tilhørende friksjonsmåling omkring klokken 17:40.



Figur 18: Ifylling av materiale med tilhørende veiing før feltutlegging. Strammespak (fjærbunn) med skala sees mellom hjul og materialkammer i nedre del av bildet.

**Tabell 1: Bane 1 – ordinære/sammensatte strøsandkvaliteter og fraksjonert 4/8 mm**

Felt nr	m-verdi*		Fraksjon	Materiale
	start	slutt		
0	50	100	-	Ref. friksjon
1	100	150	0/4	Eide & Frilund
2	170	220	"Grense_max"	Vassfjell
3	240	290	0/4	Vassfjell
4	310	360	1,5/4	Vassfjell
5	380	430	0/4	Veblungsnes
6	450	500	"Grense_min"	Vassfjell
7	520	570	4,0/8,0	Vassfjell
8	590	640	0/4	Vassfjell
9	660	710	-	Ref. friksjon

**Tabell 2: Bane 2 – fraksjonert 0/4 mm og ordinær 0/4 mm til referanse**

Felt nr	m-verdi*		Fraksjon	Materiale
	start	slutt		
10	50	100	-	Ref. friksjon
11	100	150	0/0,25	Eide & Frilund
12	170	220	0/0,25	Vassfjell
13	240	290	0/4	Vassfjell
14	310	360	0,25/0,50	Vassfjell
15	380	430	0,50/1,0	Vassfjell
16	450	500	1,0/2,0	Vassfjell
17	520	570	2,0/4,0	Vassfjell
18	590	640	0/4	Vassfjell
19	660	710	-	Ref. friksjon

i. \* relatert til nullpunkt friksjonsmålinger

Figur 21 viser teststrekene etter feltutlegging. Bane 1 til høyre i bildet. Bildet er tatt fra vest mot øst ved felt 7 og 17.





Figur 19: Teststrekken etter feltutlegging sett fra vest mot øst. Bane 1 til høyre i bildet.

### 2.6.3 Friksjonsmåling

Friksjonsmåler RoAR Mark 6 ble benyttet for å måle effekten av tiltakene (friksjonstilskudd per fraksjon/sandkvalitet). Målingene skjer ved at ett standardisert målehjul bremses kontinuerlig med 20 % i forhold til et fritt rullende hjul. Friksjonskoeffisienten beregnes ut fra de kreftene som virker på målehjulet under bremsing.

Ved ordinær friksjonsmåling på vinteren beregnes friksjonskoeffisienten for hver tiende meter. For å få flere datapunkter per forsøksfelt ble dette endret i forbindelse med testen. Friksjonen ble her beregnet for hver andre meter. I tillegg til friksjonsmåling tas bilder med valgt frekvens. Vegbane- og lufttemperatur registreres også.

Friksjonsmåleren var helt ny og hadde blitt tatt i bruk like før testen. Noen utfordringer med å få startet måling i forbindelse med testen. Av denne grunn har en ikke friksjonsdata fra referensfeltene i starten av hver bane (felt 0 og 10).



Figur 20: Friksjonsmåler RoAR Mark 6 i aksjon i forbindelse med testen.

#### 2.6.4 Gåfriksjon

«Gåfriksjon» ble forsøkt målt ved hjelp av digital «fiskevekt». Skoene som hadde blitt forberedt til forsøket, jfr. figur 18, ble pålagt belastning (vekt) og målinger av friksjonskraft gjennomført. For å oppnå jevnere pådrag av kraft ble det benyttet talje. Det vises til figur 23.

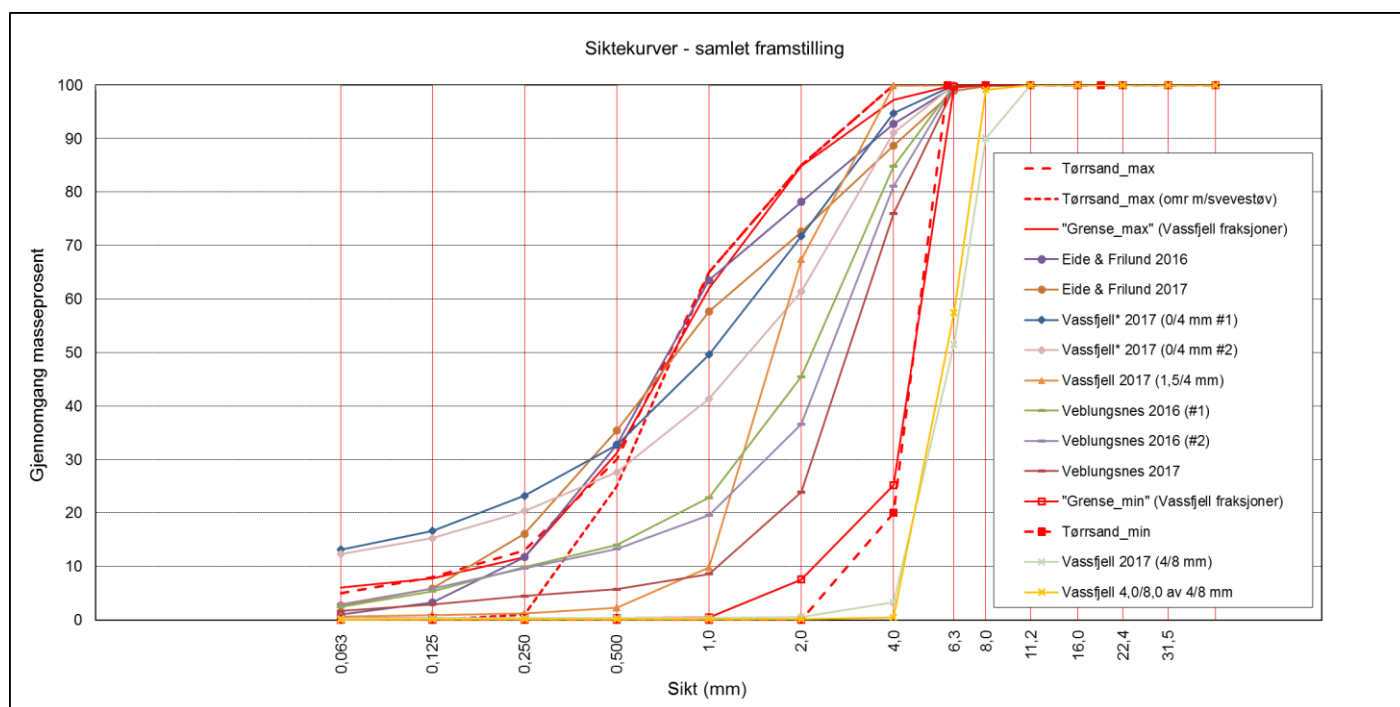


Figur 21: Sko påmontert vekt – forsøk på måling av «gåfriksjon» ved hjelp av digital fiskevekt og talje.

## 3. Resultater og vurderinger

### 3.1 Siktekurver

Figur 24 viser siktekurver for massetypene som inngikk i forbindelse med testen (identisk med figur 8 foran, men medtatt her da de fremstår som en naturlig del av resultatene). 2016 kurver («Eide & Frilund» og «Veblungsnes») er medtatt av sammenligningshensyn da en har data og resultater for disse materialene fra sandtestene i 2016.



Figur 22: Siktekurver for de testede massetypene (ordinære/sammensatte masser og utgangspunkt for fraksjoner).

«Grense\_max» og «Eide & Frilund» ligger tett opp til øvre grensekurve («Tørrsand\_max»). Basert på resultatene fra sandtestene i 2016 vil det være å forvente at disse gir høyest friksjonstilskudd av de ordinære/sammensatte strøsandkvalitetene (like/lignende føreforhold). Likedan vil det være å forvente at disse gir høyere friksjonstilskudd enn «Vassfjell\* 2017 (0/4 mm)». «Veblungsnes 2017» er noe grovere enn 2016 varianten av samme masse og i henhold til nevnte resultater vil en da forvente dårligere resultater for massetypen denne gang enn i forbindelse med sandtestene i 2016. «Grense\_min» og «Vassfjell 4,0/8,0 mm» forventes å gi de dårligste friksjonstilskuddene siden disse massetypene er de groveste (1).

### 3.2 Bilder av sandtypene, inkl. visuelt resultat utlagt i felt

Figur 25-40 viser de ulike materialene/fraksjonene og sprederesultatet etter utlegging i felt. Manglet i utgangspunktet bilder av sprederesultatet for felt 2, 11 og 18. For disse feltene har en hentet bilder fra målebilen tatt i forbindelse med friksjonsmåling etter feltutlegging. Felt 3 ble lagt ut først. Her skjedde det en feil i forbindelse med feltutlegging. For å få sikre data bestemte en seg derfor for å gjennomføre en ny feltutlegging her, derav to felt (dobbel bredde) i figur 27. Feltet til høyre i figur 27 er gjeldende felt for felt 3.



**Figur 23: Felt 1 – 0/4 mm Eide & Frilund**



**Figur 24: Felt 2 – «Grense max» Vassfjell**



**Figur 25: Felt 3 – 0/4 mm Vassfjell**





**Figur 26: Felt 4 – 1,5/4 mm Vassfjell (vasket)**



**Figur 27: Felt 5 – 0/4 mm Veblungsnes**



**Figur 28: Felt 6 – «Grense min» Vassfjell**





**Figur 29: Felt 7 – 4,0/8,0 mm Vassfjell**



**Figur 30: Felt 8 – 0/4 mm Vassfjell**



**Figur 31: Felt 11 – 0/0,25 mm Eide & Frilund**





**Figur 32: Felt 12 – 0/0,25 mm Vassfjell**



**Figur 33: Felt 13 – 0/4 mm Vassfjell**



**Figur 34: Felt 14 – 0,25/0,50 mm Vassfjell**





**Figur 35: Felt 15 – 0,50/1,0 mm Vassfjell**



**Figur 36: Felt 16 – 1,0/2,0 mm Vassfjell**



**Figur 37: Felt 17 – 2,0/4,0 mm Vassfjell**







Figur 38: Felt 18 – 0/4 mm Vassfjell



### 3.3 Utlagte mengder

Tabell 3 og 4 sammen med figur 41 og 42 oppsummerer resultatene med tanke på utlagt mengde per forsøksfelt. Figurene visualiserer resultatene (enhetlig utlagt mengde) i tabell 3 og 4. Samme data til grunn for figur 41 og 42, bare sortert basert på utlagt mengde (minst til størst) i stedet for feltnummer i figur 42.

Tabell 3: Utlagte mengder – Bane 1

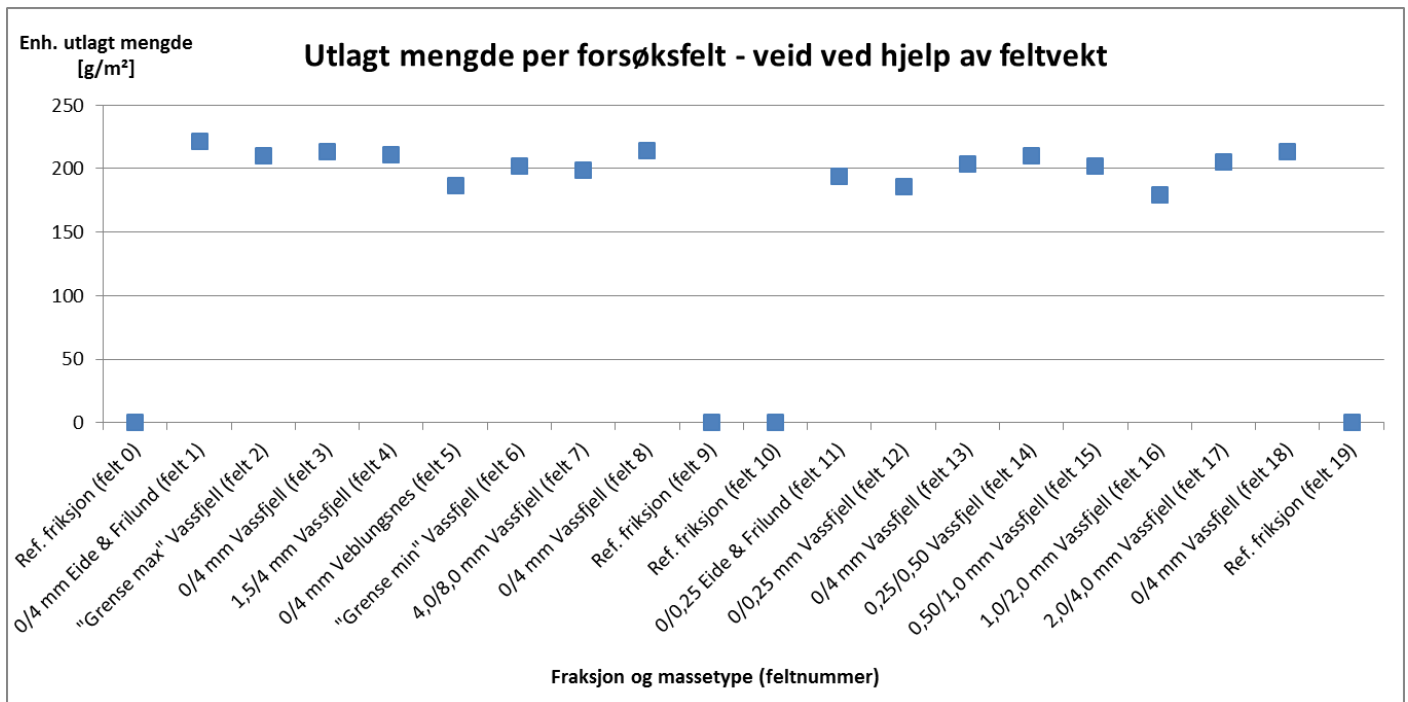
Felt nr	Fraksjon	Materiale	Enh. utlagt mengde	Avvik i % (fra 200 g/m <sup>2</sup> )
0	-	Ref. friksjon	-	-
1	0/4	Eide & Frilund	221,8	10,9
2	"Grense_max"	Vassfjell	209,8	4,9
3	0/4	Vassfjell	213,5	6,7
4	1,5/4	Vassfjell	211,3	5,6
5	0/4	Veblungsnes	186,9	-6,5
6	"Grense_min"	Vassfjell	201,8	0,9
7	4,0/8,0	Vassfjell	198,5	-0,7
8	0/4	Vassfjell	214,5	7,3
9	-	Ref. friksjon	-	-

Tabell 4: Utlagte mengder – Bane 2

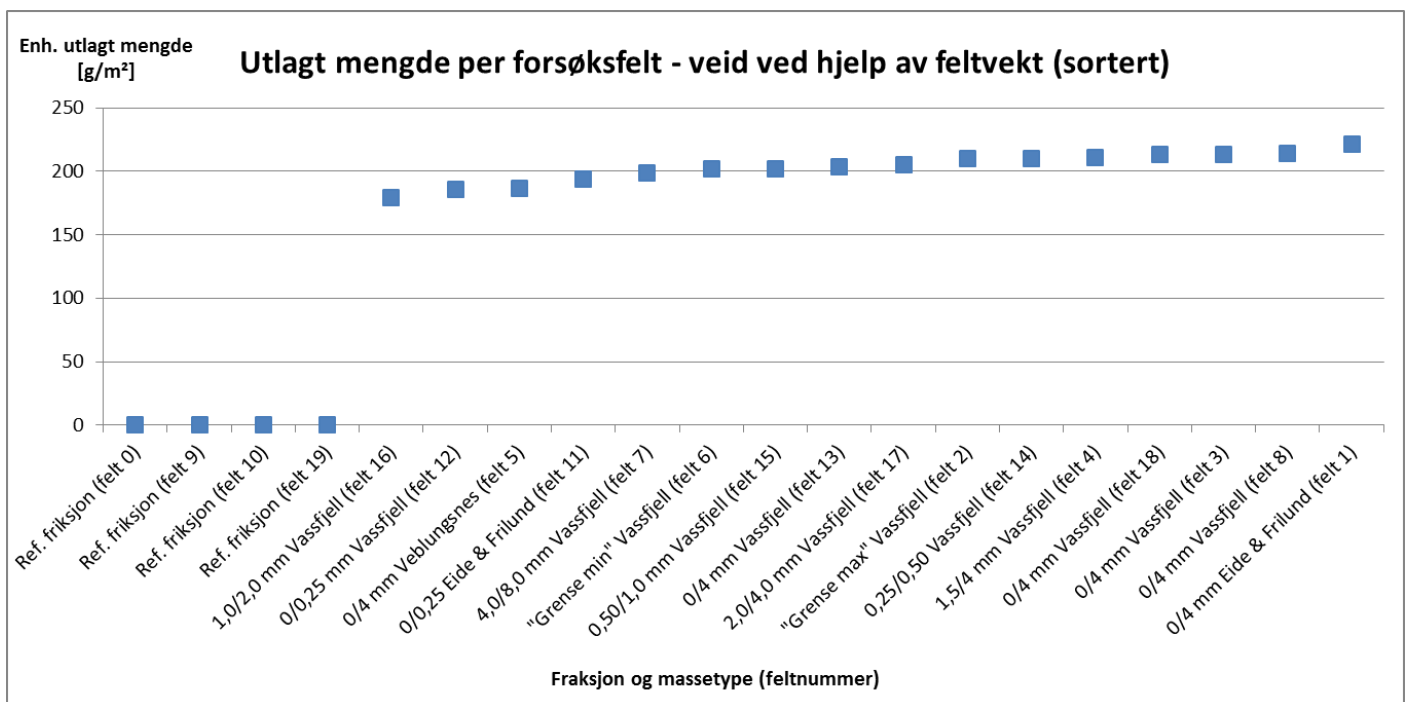
Felt nr	Fraksjon	Materiale	Enh. utlagt mengde	Avvik i % (fra 200 g/m <sup>2</sup> )
10	-	Ref. friksjon	-	-
11	0/0,25	Eide & Frilund	193,8	-3,1
12	0/0,25	Vassfjell	186,2	-6,9
13	0/4	Vassfjell	204,0	2,0
14	0,25/0,50	Vassfjell	209,8	4,9
15	0,50/1,0	Vassfjell	202,2	1,1
16	1,0/2,0	Vassfjell	179,3	-10,4
17	2,0/4,0	Vassfjell	205,1	2,5
18	0/4	Vassfjell	213,1	6,5
19	-	Ref. friksjon	-	-

Tilsiktet utlagt mengde var 200 g/m<sup>2</sup>. Av tabell 3 og 4 ser en at største og minste utlagte mengde (reelt) var henholdsvis 222 g/m<sup>2</sup> og 179 g/m<sup>2</sup>. Likedan ser en at avviket, fra tilsiktet mengde (200 g/m<sup>2</sup>), i samtlige tilfeller var innenfor ±11 %. For 14 av 16 felt er avviket innenfor ±7,5 %. Veiging av utlagt mengde sammen med begrensede forskjeller mellom feltene gjør resultatene langt sikrere og i større grad direkte sammenlignbare.

Av figur 42 ser en at utlagt mengde i snitt var noe over 200 g/m<sup>2</sup>, men at de aller fleste feltene ligger tett opp mot tilsiktet mengde.



Figur 39: Utlagt mengde per forsøksfelt veid (sikkert) ved hjelp av feltvekt og veiing av strøvgogn før og etter feltutlegging.



Figur 40: Utlagt mengde per forsøksfelt. Samme data som i figur 41 bare sortert etter utlagt mengde i stede for feltnummer.

### 3.4 Friksjon (effekt og varighet)

Figur 43-47 viser resultatene fra testen med tanke på effekt og varighet (friksjon). I figur 43 har en plottet friksjon rett før og rett etter feltutlegging. Lengden av søylen representerer dermed friksjonstilskuddet («absolutt» friksjonstilskudd), samtidig som forskjeller i utgangsfriksjon

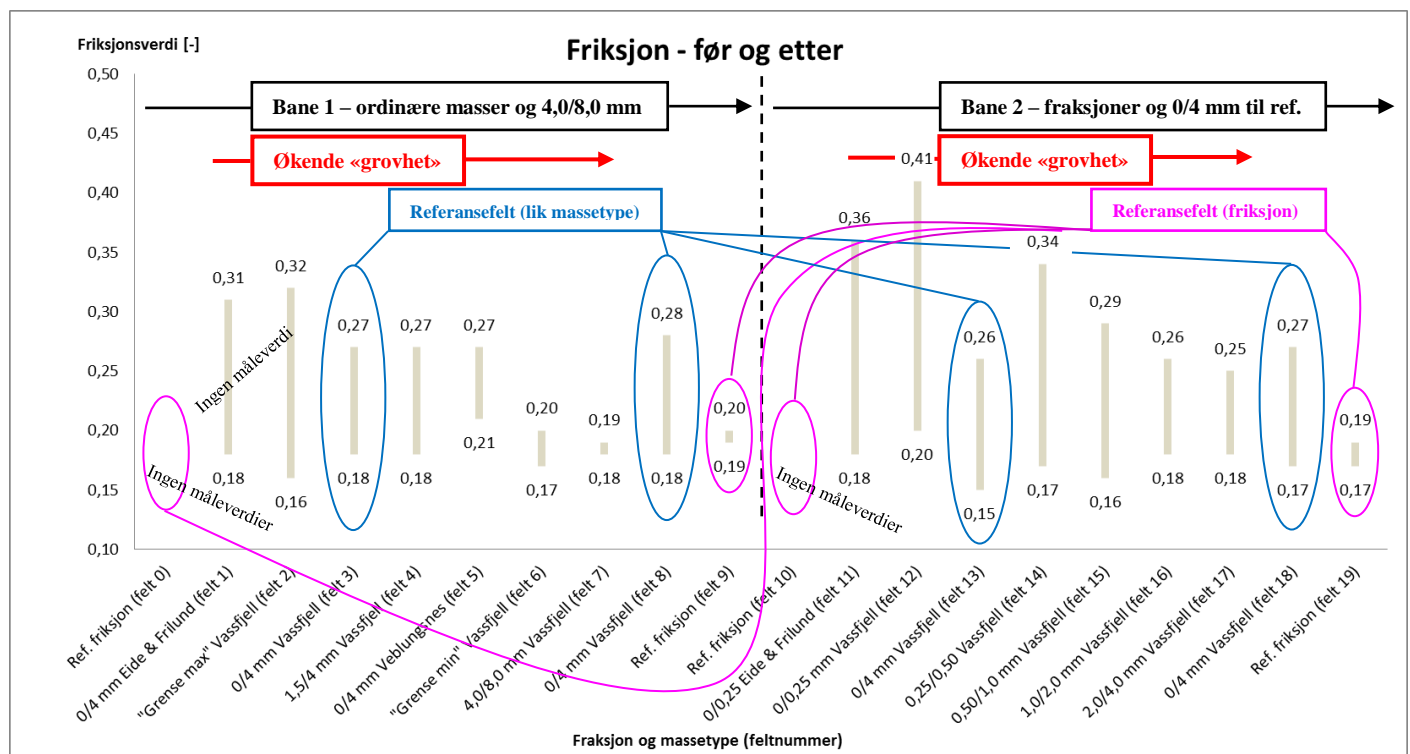
synliggjøres. Figur 44 viser i tillegg til friksjon før og etter også friksjon etter omkring 25 og 50 passeringer (ved 55-60 km/t) med personbil.

I påfølgende figurer (figur 45, 46 og 47) har en plottet «absolutte» friksjonstilskudd for feltene i stolpediagram for å forenkle direkte sammenligning av friksjonstilskuddene. Her har en samtidig også plottet «relative» friksjonstilskudd, en tilnærming som korrigerer for forskjeller i utlagt mengde (små forskjeller ifbm denne testen). Fremgangsmåten baserer seg på en viss grad av lineær sammenheng mellom utlagt mengde og oppnådd friksjonstilskudd, og er diskutert mer utførlig i Bolme og Nonstad (2017).

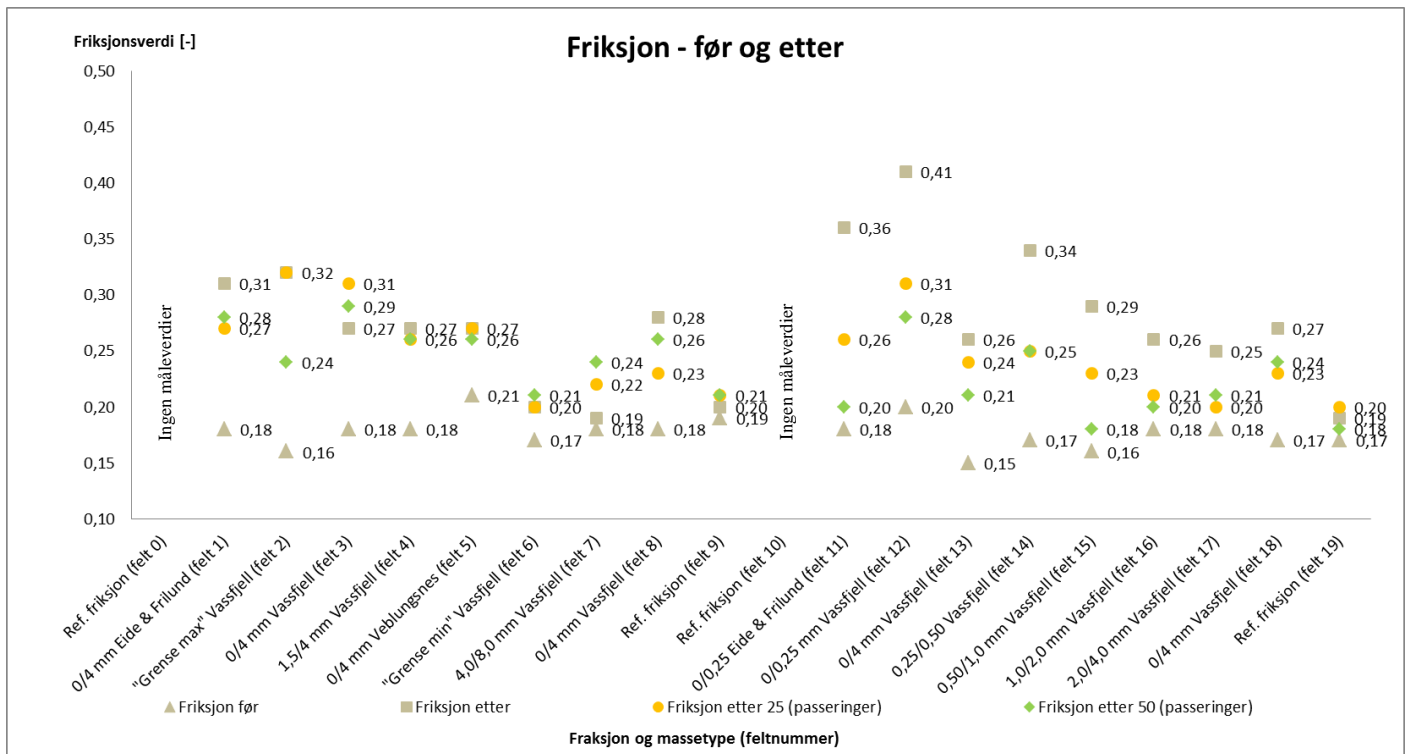
I figur 43-45 er resultatene presentert (sortert) etter feltnummer (og bane), mens de i figur 46 og 47 er sortert basert på oppnådd friksjonstilskudd etter (rett etter) samt etter 50 passeringer med personbil.

Av figur 43 ser en at det var noe variasjon i utgangsfriksjonen, men at forskjellene er forholdsvis små. Friksjon i størrelsesorden 0,17-0,19 før tiltak (0,18-0,19 for bane 1 og 0,17-0,18 for bane 2). Usikre friksjonsresultater for referansefeltene i starten av hver bane (felt 0 og 10). Resultater for disse feltene er derfor ikke medtatt.

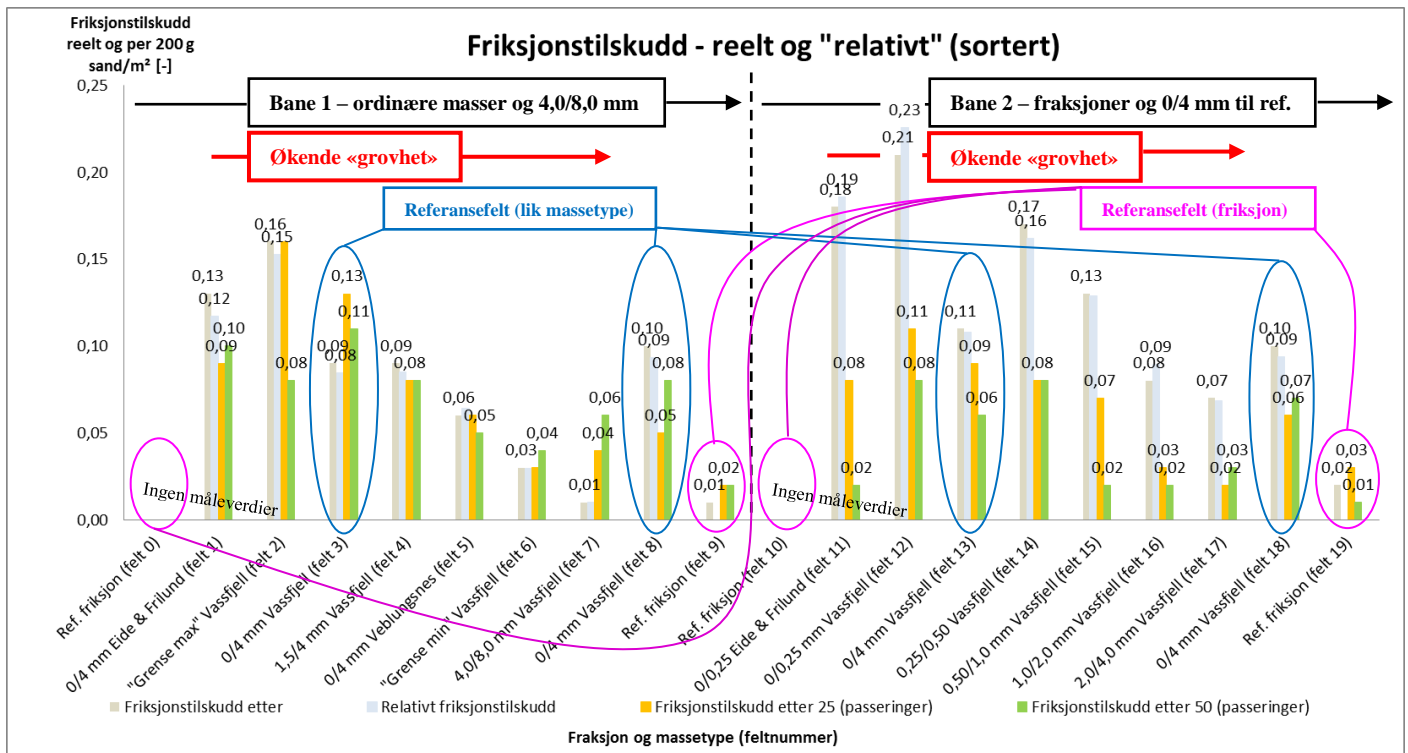
Store forskjeller i oppnådd friksjonstilskudd (effekt) for de ulike testede materialene/fraksjonene. Entydige resultater i den forstand at effekten avtar med økende materialgrovheter. Samsvarende resultater for referansefeltene med lik masse (ordinær 0/4 mm Vassfjell – felt 3, 8, 13 og 18). Friksjonstilskudd i størrelsesorden 0,10 (0,09-0,11) kan sies å være som forventet for et slikt materiale.



Figur 41: Friksjon før og etter (rett etter) feltutlegging.



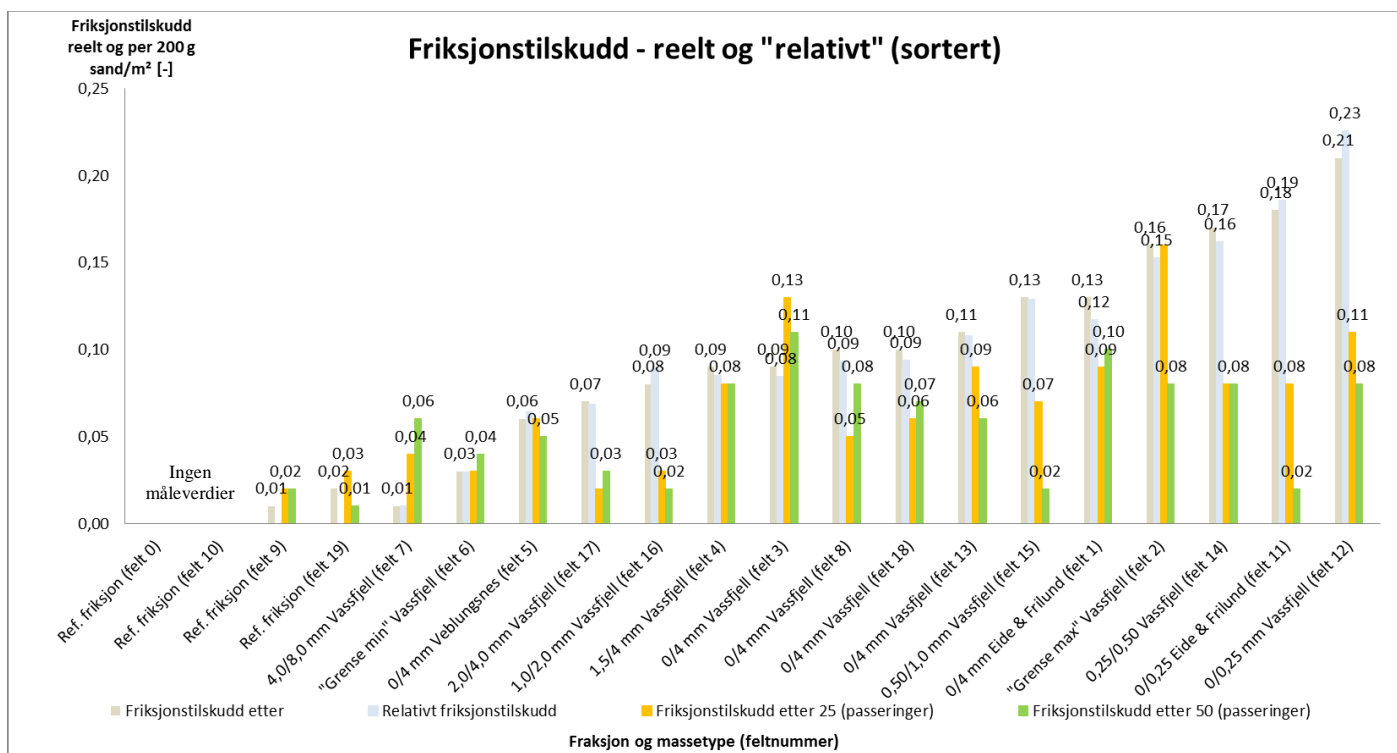
Figur 42: Frikasjon før og etter (rett etter) feltutlegging, samt etter 25 og 50 passeringer (ca.) med personbiler.



Figur 43: Frikjonstilskudd rett etter feltutlegging samt etter 25 og 50 (ca.) passeringer med personbil.

Begrenset variasjon i utgangsfrikasjonen sammen med god kontroll på utlagt mengde gjør det enkelt å sammenligne resultatene direkte slik som presentert i figur 45. Her ser en tydelig:

- Sammenheng mellom effekt (friksjonstilskudd) og materialgrovhet. Finfraksjoner og materialer med høy andel fint og små korn gir 3-4 gangen i effekt av det en oppnår med grovere fraksjoner/materialer («Grense max» vs. «Grense min», 0/0,25 mm og 0,25/0,50 mm vs. 2,0/4,0 mm og 4,0/8,0 mm).
- 0/0,25 mm av knust fjell (Vassfjell) gav bedre effekt enn 0/0,25 mm av knust natur (Eide & Frilund). Som nevnt i tilknytning til figur 9 foran (avsnitt 2.5) hadde varianten av knust fjell høyere finstoff-/fillerinnhold. En forventet å se forskjeller mellom variantene og at dette ville gi svar på finstoffets betydning med tanke på effekt. Resultatene viser tydelig at fraksjonen med høyest finstoffinnhold gav størst friksjonstilskudd, men her kan det tenkes at også kornform bidrar til effektforskjellen, da korn av knust fjell blir antatt å være mer «kantete» (i større grad) enn korn i naturgrus. Forskjeller i kornform kan også tenkes til å bidra til effektforskjellene mellom eksempelvis «0/4 mm Eide & Frilund» og «Grense max» (en viss effektforskjell på tross av forholdsvis like kornfordelingskurver).
- Samtidig er det viktig å ikke tolke resultatene slik at finstoff alene nødvendigvis gir best effekt. Ordinær 0/4 mm av knust fjell (Vassfjell) med omkring 13 % finstoff («velgradert»), jfr. figur 24, sees å gi dårligere effekt enn variantene som ligger opp mot øvre grensekurve («Grense max» og «0/4 mm Eide & Frilund»). Disse variantene har betydelig mindre finstoff (3-6 %), men høyere andel små korn. Materialene er mer «ensgraderte<sup>1</sup>» (stor endring over 2-3 av mellomstiktene). Dette innebærer at antallet tilgjengelige korn er stort samtidig som kornene i større grad er av omtrent lik størrelse. At disse materialene skulle gi størst effekt (av de ordinære massene) var å forvente iht. resultatene/konklusjonen fra sandtestene på Bjorli i 2016 (summen av bidrag fra mange små korn resulterer i et større generert friksjonstilskudd enn summen av bidra fra noen få store steiner, jfr. figur 48).



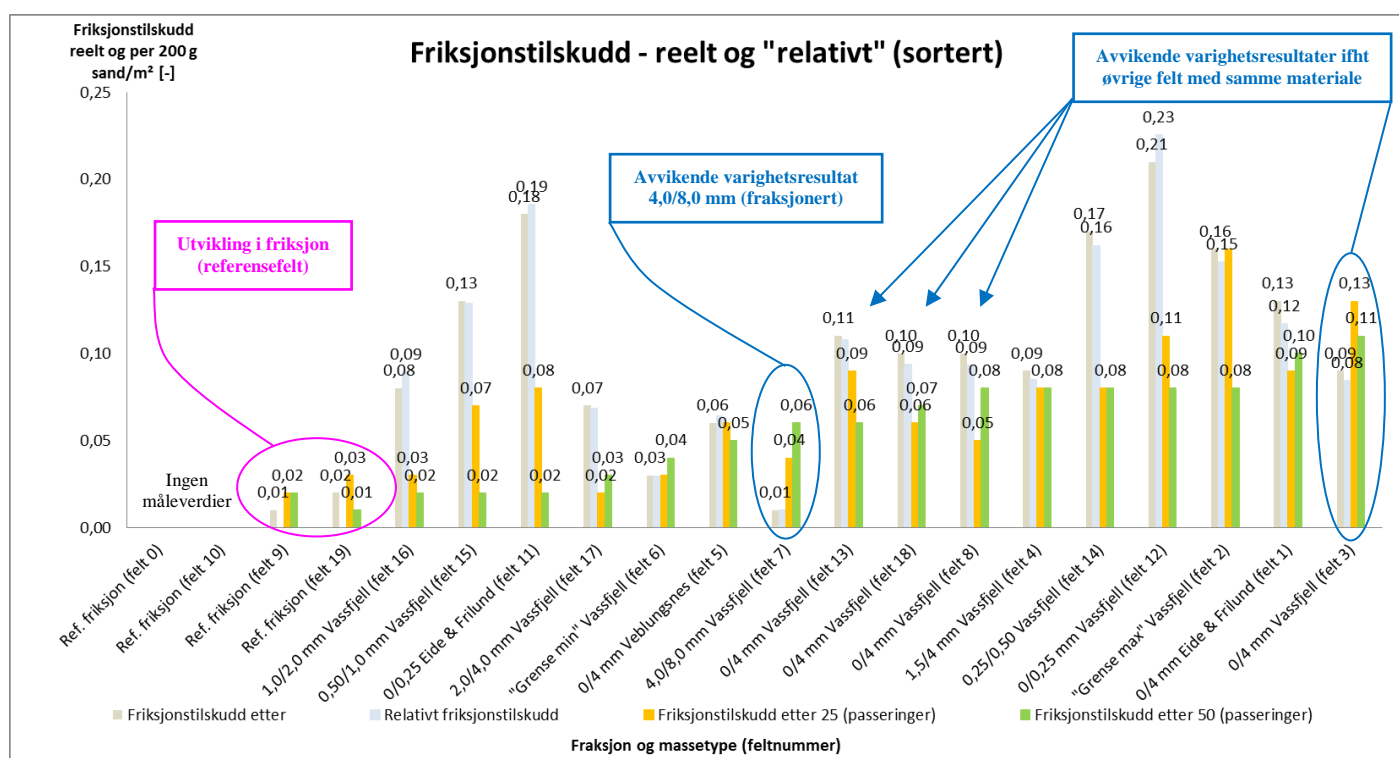
Figur 44: Friksjonstilskudd etter, etter 25 og etter 50 passeringer sortert basert på friksjonstilskudd etter (rett etter).

<sup>1</sup> Begrepet ensgradert (i anførselstegn) benyttes for å illustrere at materialet, i større grad enn øvrige materialer, inneholder en stor andel korn av omtrent lik størrelse (stor endring i kornfordelingskurven over 2-3 av (mellom) siktene). Begrepet er ikke brukt korrekt i forhold til definisjon i N200.

Figur 46 viser oppnådde friksjonstilskudd (rette etter feltutlegging) sortert i stigende rekkefølge. Store forskjeller i umiddelbar effekt. Mindre forskjeller (muligens/til dels) mellom de ulike tiltakene etter noe trafikk, jfr. her også figur 47 hvor en har sortert dataene i stigende rekkefølge basert på friksjonstilskudd (restfriksjon) etter omkring 50 kjøretøypasseringer (personbil).

Friksjonsmåleren (RoAR Mark 6) hadde blitt tatt i bruk like før feltforsøket. I forbindelse med testen hadde man til dels litt problemer med å få startet måling/måleserie. Forsøksfeltene var i tillegg bare 55 cm brede og 50 meter lange og en kan nok se for seg at «feil» eller «tilfeldigheter» knyttet til plassering i forbindelse varighetstrafikkingen (eller evt. friksjonsmålingene) har påvirket resultatene eller resultert i feil. En mener derfor det er riktig å bemerke at det kan være noe usikkerhet knyttet til friksjonsmålingene, kanskje særlig med tanke på varighet.

«Feil» i forbindelse med trafikking eller friksjonsmåling fremstår som en sannsynlig forklaring på resultatene etter 25 og 50 passeringer for felt 3 (0/4 mm Vassfjell), jfr. figur 47. Resultatene for de øvrige feltene med samme materiale (felt 8, 13 og 18) underbygger dette. Minner om at felt 3 ble lagt ut to ganger, jfr figur 27, grunnet en feil i forbindelse med første feltutlegging. Her kan det derfor tenkes at trafikking eller måling har skjedd på feil/ulike felt eller at materiale har forflyttet seg fra ett felt til det andre.



Figur 45: Friksjonstilskudd etter, etter 25 og etter 50 passeringer sortert basert på friksjonstilskudd etter 50 passeringer.

Følgende anføres med tanke på varighetsresultatene fra testen, jfr. figur 47:

- Varighetsdataene oppleves som mer usikre enn målingene utført før og etter (rett etter) tiltak, og bør derfor anvendes med forsiktighet til de eventuelt kan understøttes. Eksempelvis har det trolig skjedd en feil i forbindelse med varighetstesting for felt 3, jfr. det som er skrevet over. Likedan ser en at målingene i noen tilfeller (felt 1, 7, 8, 17 og 18) har resultert i høyere friksjon etter 50 passeringer enn etter 25 passeringer. Her kan det tenkes at plassering/ sporvalg (delvis utenfor

smalt felt) i forbindelse med friksjonsmålingen etter 25 passeringer har resultert i feil (lavere) friksjonsverdi. Ved stor forskjell mellom friksjon etter 25 og 50 passeringer kan det tenkes at så har skjedd i forbindelse med siste måling (etter 50 passeringer).

- Muligens en liten økning i friksjonsnivået (0,01-0,02) fra før til etter (utover dagen) feltutlegging, jfr. referensfelt friksjon (felt 9 og 19) til høyre i figur 47. Økningen kan skyldes tilfeldig variasjon (måleusikkerhet), trafikkering med piggdekk etc.
- Massetypene som ligger nært opptil øvre grensekurve (0/4 mm Eide & Frilund og «Grense max») gir fortsatt best effekt etter 50 passeringer. 1,5/4 mm Vassfjell gir også god effekt samtidig som denne er blant de som har tappt minst av den opprinnelig oppnådde effekten (rett etter).
- For fraksjonene mellom 0,50-4,0 mm (0,50/1,0 mm, 1,0/2,0 mm og 2,0/4,0 mm) ser en at effekten er borte etter 50 passeringer (gitt en generell økning i friksjonsnivået omkring 0,02). Det samme gjelder for 0/0,25 mm Eide & Frilund (knust natur), men ikke for 0/0,25 mm Vassfjell (knust fjell). 0/0,25 mm Eide & Frilund inneholdt mindre filler og mer materiale mellom 0,063-0,25 mm. Muligens kan det se ut til at filleren derfor i større grad blir liggende («fester seg») enn de ørsmå kornene (0,063-0,25 mm).
- Samtidig ser en at fraksjonen 0,25/0,50 mm Vassfjell (felt 14) fremdeles gir bra effekt etter 50 passeringer. Kanskje kan det tenkes at materiale i denne størrelsesorden (0,25/0,50 mm) er tilstrekkelig tungt til at det ikke «fyker bort» som følge av turbulens/drasug fra trafikken, samtidig som kornene er såpass små at de i mindre grade spretter (mindre energi) eller følger («dras») med hjulene ved passering («store nok og tilstrekkelig små»)?
- Fraksjonen 4,0/8,0 mm skiller seg klart fra de øvrige ved at friksjonene på dette feltet har økt (betydelig) fra rett etter, til etter 25 og 50 passeringer. Ingen sikker forklaring med tanke på årsak her. Ingen lignende utvikling for massetypene som ligger nært/nærmest opp til fraksjonen (0/4 mm Veblungsnes og «Grense min»), men det kan ikke utelukkes at det er aspekter knyttet til grov masse («store steiner») og varighet som er gunstige. Dette bør følges opp ved eventuelle fremtidige forsøk.



**Figur 46:** Få korn vs. mange å generere ett samlet friksjonstilskudd fra – felt 5 (0/4 mm Veblungsnes) til venstre og felt 15 (0,50/1,0 mm av 0/4 mm Vassfjell (fraksjonert)) til høyre.

- 0/4 mm Vassfjell (ordinært «velgradert» materiale) gav i størrelsesorden 0,10 i umiddelbart friksjonstilskudd (rett etter). Etter 25-50 passeringer med personbil var friksjonstilskuddet omkring halvert (i størrelsesorden 0,05-0,06 korrigert for mulig generell økning i friksjonsnivået).

0/4 mm Eide & Frilund har for øvrig høyere andel 0,25/0,50 mm enn «Grense max», jfr. siktekurver i figur 24 og foregående kulepunkt, men det er uvisst om dette kan være forklaringen/medvirkende til at massetypen (0/4 mm Eide & Frilund) kommer bedre ut enn «Grense max» (små forskjeller!) etter 50 passeringer. Det kan likevel være aktuelt å merke seg dette med tanke på fremtidige forsøk.

### **3.5 Gåfriksjon**

Ingen suksess i tilknytning til forsøket på måling av gåfriksjon. Arbeidet ble utført som en innledende aktivitet, med begrenset ressursbruk, for å lære samt samle erfaring.

Det var vanskelig, selv med talje og svært forsiktig pådrag, å få «sikre» verdier med fiskevekt og manuell avlesing. For å få gjennomført målinger med akseptabel sikkerhet trenger en utstyr som logger kraftverdier fortløpende (kraftcelle med loggerenhet). I tillegg må forsøksutstyret modifiseres (håndtak etc. til å støtte ifbm måling for å unngå at skoen velter). Alternativt kan det tenkes at en bør forsøke å få gjennomført forsøkene eller målingene på en annen måte. Enten gjennom å flytte forsøket inn på lab eller ved eksempelvis å tilvirke en sele som festes/strammes rundt en sko (med fot/person i).



## 4. Oppsummering – konklusjon

12.-13. desember 2017 ble det gjennomført sandingsforsøk ved Bjorli flyplass i Oppland. Fraksjonert 0/4 mm (siktet på lab) og ordinære strøsandkvaliteter ble lagt ut i felt for å studere fraksjoner og kvaliteters betydning med tanke på effekt (og varighet). Forsøket ble gjennomført for å få svar på hvilke fraksjoner, finstoff eller stein, små eller store korn, som bidrar mest til å generere friksjonstilskudd.

Stor variasjon (fra felt til felt) samt usikkerhet knyttet til (reell) utlagt mengde har vært en utfordring i forbindelse med tidligere sandtester og feltforsøk. Dette ble adressert ved å benytte en «trillebårspreader» i stedet for lastebil med tallerkenspreder. Ved å benytte «trillebårspreader» kunne en veie utlagt mengde (veiing av sprederen på feltvekt før og etter feltutlegging). Dette gir sikre resultater med tanke på reell utlagt mengde, mot tidligere hvor mengdetall (reell utlagt mengde) ble fremskaffet ved hjelp av oppsamling på duk. Variasjonen i utlagt mengde, fra felt til felt, ble også tilnærmevis eliminert.

Summen av dette gjør resultatene både sikre og direkte sammenlignbare. Resultatene er entydige og gir ny og verdifull kunnskap om fraksjoner og kornfordelings betydning med tanke på effekt (friksjonstilskudd). Med tanke på varighet vil en si at resultatene er mer usikre. Strø-/feltbredden var begrenset (55 cm). Det samme var feltlengden (50 m). Det kan nok derfor i større grad tenkes at varighetsresultatene er påvirket av «tilfeldigheter/feil» som følge av eksempelvis plassering i forbindelse med varighetskjøring og friksjonsmåling. Varighetsresultatene bør derfor anvendes med forsiktighet til de eventuelt kan understøttes av ytterligere forsøk.

Feltforsøket oppsummeres etter dette resultatmessig som følger:

1. Resultatene er gyldige for føreforholdene hard snø-/issåle. Temperaturer (luft og veibane) omkring  $\pm 10$  °C i forbindelse med feltutleggingen og friksjonsmålingene. Mulig at forskjellene (grove vs. finere materialer/fraksjoner) ville vært mindre ved temperaturer nærmere 0 °C ( $\pm 2-3$  °C). Likedan mulig (trolig) at resultatene ville blitt annerledes ved andre føreforhold (vår is, løsere snøåle etc.).
2. Tilsiktet utlagt mengde var 200 g/m<sup>2</sup>. Reell utlagt mengde var for samtlige felt innenfor  $\pm 11$  %. For 14 av de 16 forsøksfeltene var avvikt (reell utlagt vs. tilsiktet utlagt) mindre enn  $\pm 7,5$  %.
3. Friksjon før tiltak (utgangsfriksjon) i størrelsesorden 0,17-0,19. Noe variasjon, men forholdsvis små forskjeller.
4. Sammenheng mellom effekt (friksjonstilskudd) og materialgrovhet. Finfraksjoner og materialer med noe fint samt høy andel små korn (< 1-2 mm), gir 3-4 gangen i effekt av det en oppnår med grovere fraksjoner/materialer (materiale nært øvre grensekurve vil gi omkring tre gangen i effekt av et materiale med nært nedre grensekurve). Friksjonstilskudd (rett etter tiltak) som grovt sett varierer mellom 0,05-0,20 (0,01-0,23).
5. Isolert sett gir filler/finstoffet (materiale < 0,063 mm) høyest effekt. Samtidig viser forsøket at høyt finstoffinnhold alene ikke er avgjørende med tanke på effekt. Materialets kornfordeling for øvrig er også av betydning for effekten som oppnås. Et «velgradert» materiale med høyt finstoffinnhold (typisk en ordinær 0/4 mm av knust fjell) vil gi dårligere friksjonstilskudd enn et materiale med lite (betydelig mindre) finstoff, men der kurven forøvrig følger øvre grensekurve (mer «ensgradert» og med høy (høyest mulig) andel korn mindre enn 1-2 mm).
6. Med andre ord gir materialer med høy andel små korn (stor endring i kornfordelingskurven («ensgradert») over 2-3 av mellomsiktene (kanskje særlig i området 0,25-1,0 mm)) best effekt. Mange korn gir et større antall kontaktpunkter å generere ett samlet friksjonstilskudd fra. Summen av bidrag fra mange små korn resulterer i et større generert friksjonstilskudd enn summen av bidrag fra noen få store steiner (grovere materiale). Mer usikre resultater og vanskeligere å konkludere når det kommer til varighet. Materialer med høy andel små korn gir fortsatt bedre effekt enn grove etter 50

passeringer, men forskjellene er muligens mindre. Ytterligere forsøk, med fokus på varighet, bør gjennomføres dersom en ønsker å konkludere med tanke på fraksjoner og varighet.

7. Forsøket på måling av «gåfriksjon» ble ingen suksess i denne omgang. Forsøksutstyret må endres eller modifiseres før det eventuelt gjøres nye forsøk. Likedan vil en måtte ha måleutstyr som kan logge kraftverdier fortløpende i forbindelse med måling. Alternativt kan en kanskje vurdere å flytte testingen inn på lab, men da kan en nok se for seg at det vil bli mer utfordrende å få gjennomført referansemåling med standardisert måler (RoAR) i sammenligning øyemed.

## 5. Videre arbeid

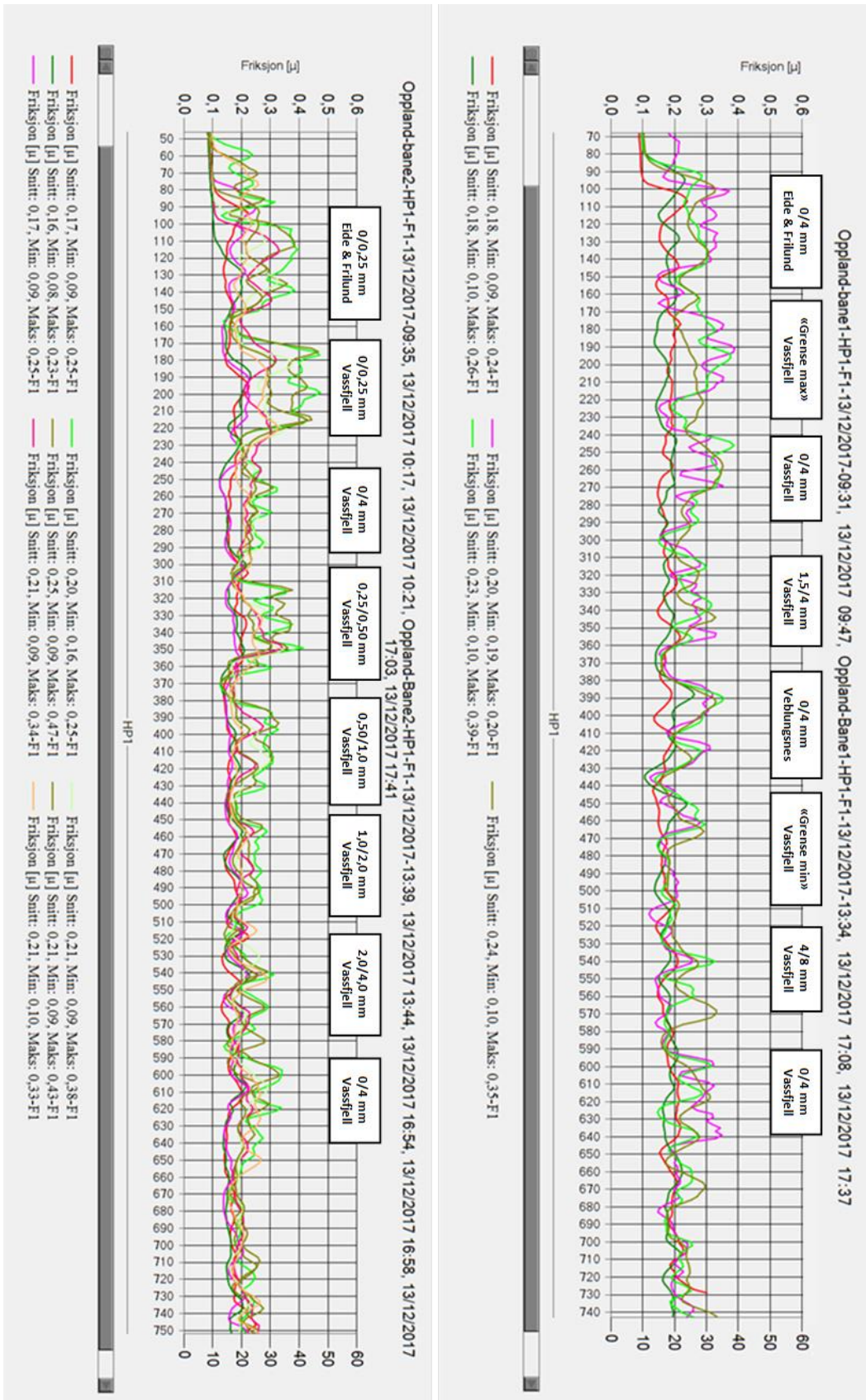
Basert på erfaringene og resultatene fra dette feltforsøket har en følgende innspill til videre arbeid i tilknytning til effekt og varighet for ulike sandfraksjoner/sandmaterialer:

- Repetere det arbeid som ble gjort i forbindelse med dette forsøket for å undersøke om resultatene blir like eller lignende ved føreforhold så som:
  - Våt is
  - Hardpakket snødekke, for eksempel gang- og sykkelvei?
  - Materialer til dette (fraksjoner og ordinære kvaliteter) har en om det skulle bli aktuelt.
- Gjennomføre mer utførlig varighetstesting. Her bør forsøket skaleres opp om en skal oppnå sikre resultater, herunder:
  - Benytte lastebil med *etterhengende spreder* (ikke tallerken) av typen Epoke.
  - Teste «ekstremversjoner» av materialer, dvs. materialer som tenderer mot «Grense max» og «Grense min» samt en mer velgradert variant av 0/4 mm knust fjell (gjørne/helst Vassfjell som en har resultater for). Siden en fikk «såpass» avvikende varighetsresultater for 4/8 mm i forbindelse med denne testen mener en at fraksjonen bør inkluderes i forbindelse med en eventuell fremtidig varighetstest. Likedan kan en vurdere å inkludere en 0/16 mm variant for å verifisere om det er en varighetseffekt knyttet til (veldig) grovt materiale.
  - Bevisste valg knyttet til feltinndeling og plassering.
    - Ett/flere felt per massetype – avhengig av værprognoser, utgangsfriksjon mm?
    - Fordeling av felt (massetyper) og feltinndeling basert på friksjonsmålinger før (om mulig) for å sikre mest mulig lik utgangsfriksjon?
  - Lokalisere forsøket slik at veiing av reell utlagt mengde kan gjennomføres ved hjelp av bruvekt (veie hele kjøretøyet før og etter feltutlegging). I tillegg bør også mengdedata fremskaffes ved hjelp av oppsamling på duk.
  - Lav spredehastighet
  - God tid til forberedelser og klargjøring, for eksempel med tanke på kalibrering av spreder forut for selve forsøket.
  - Friksjonsmåling med Oscar og RoAR (Oscar i tillegg ved grovt materiale siden denne kan kjøres med alternativt (bredere) målehjul(?)). Billedtagning på faste punkter (merke opp eller benytte en ramme på eksakt samme sted) for hver passering (evt. med noen få passerings mellomrom) for om mulig å dokumentere hva som forsvinner først av finstoff/finfraksjoner og grovere materiale (store steiner). Bremselengdemåling med lastebil kan inkluderes for å se på mulig effekt av store steiner (0/4 mm og «Grense max» varianter vs. 4/8 og 0/16 mm) i tilknytning til storbil/tungtrafikk (større hjul, større tyngde).
- Bruk av «trillebårsprederen» muliggjør sammenligning av knust fjell vs. knust og/eller siktet natur ved å sette sammen identiske kurver av fraksjonert materiale og teste over noen felt.

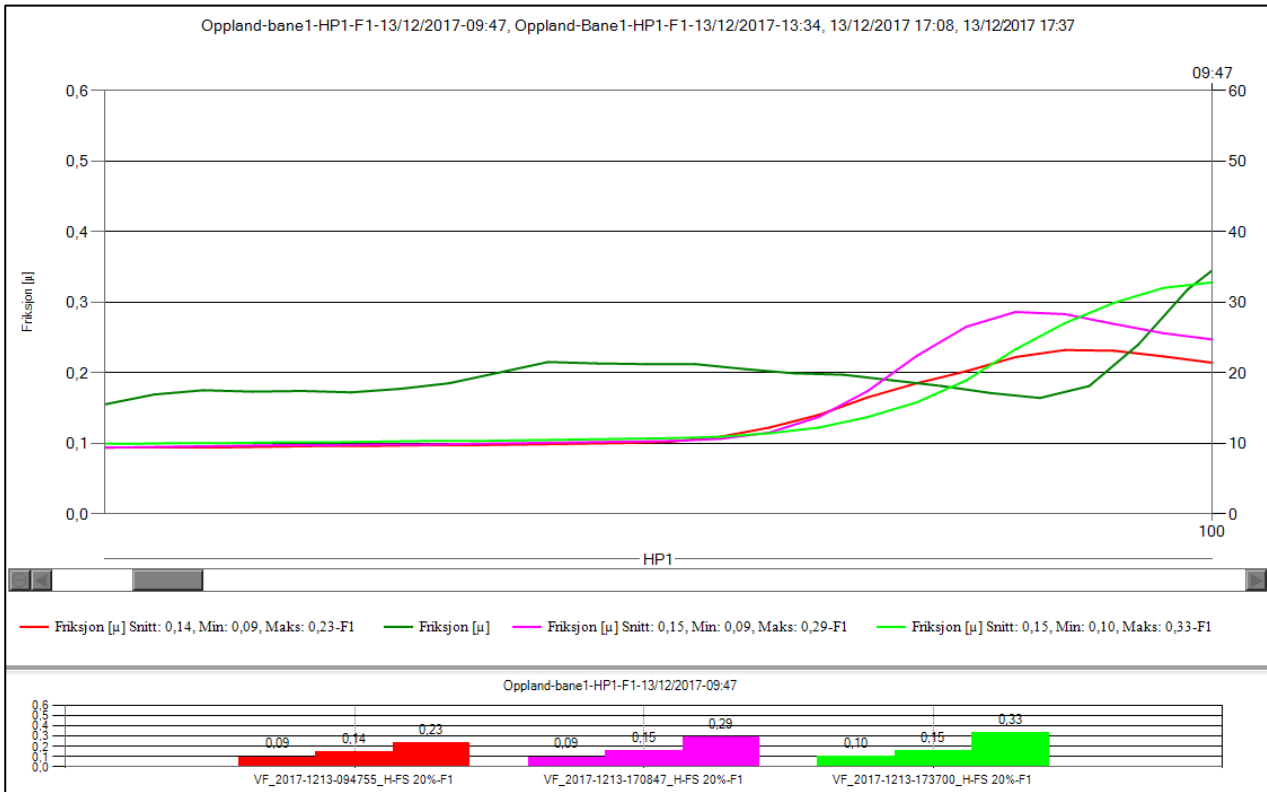
## 6. Referanser

- (1) Bolme, I. Nonstad, B., 2017, «Feltforsøk med ulik strøsandkvalitet», STATENS VEGVESEN RAPORTER NR. 550, 2017.
- (2) Statens vegvesen, 2014, «Håndbok N200 Vegbygging».

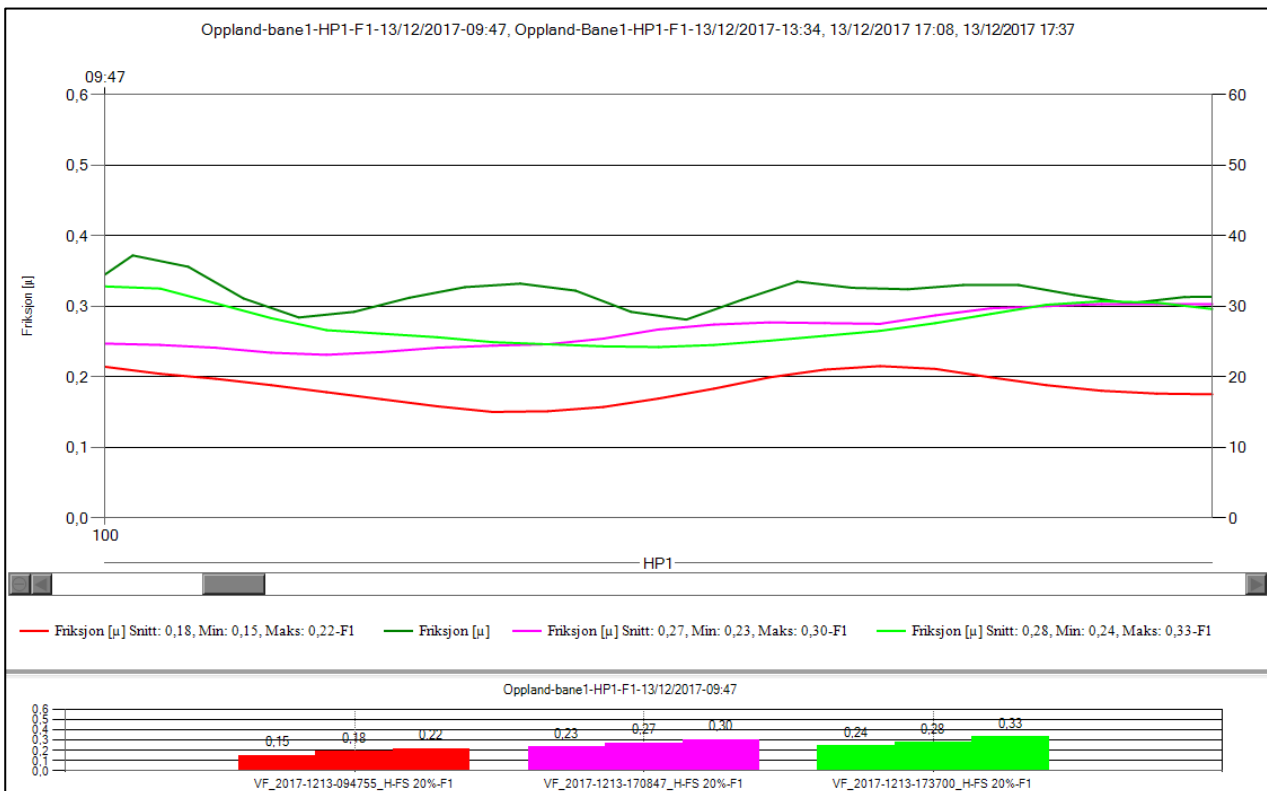
# Vedlegg 1 – friksjon bane 1 og 2 med forklaringer



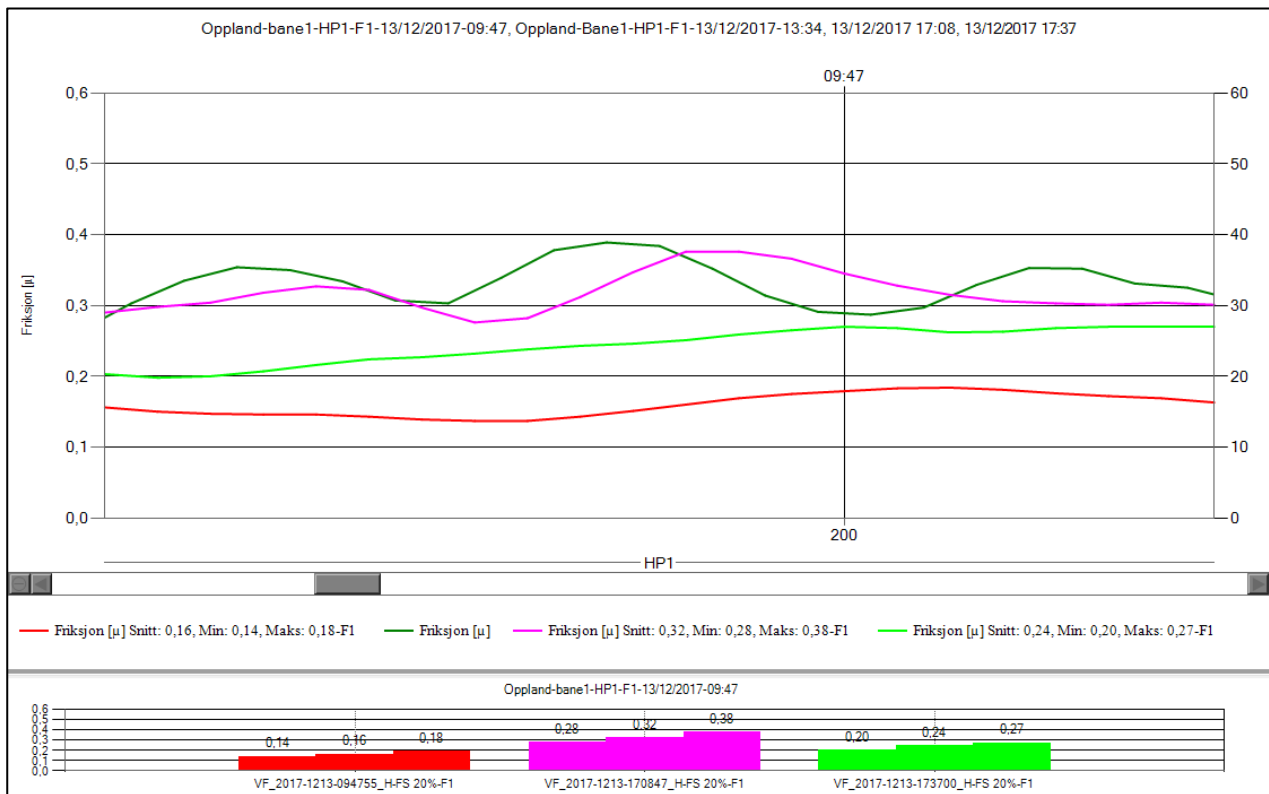
## Vedlegg 2 – feltvise friksjonsresultater (bane 1)



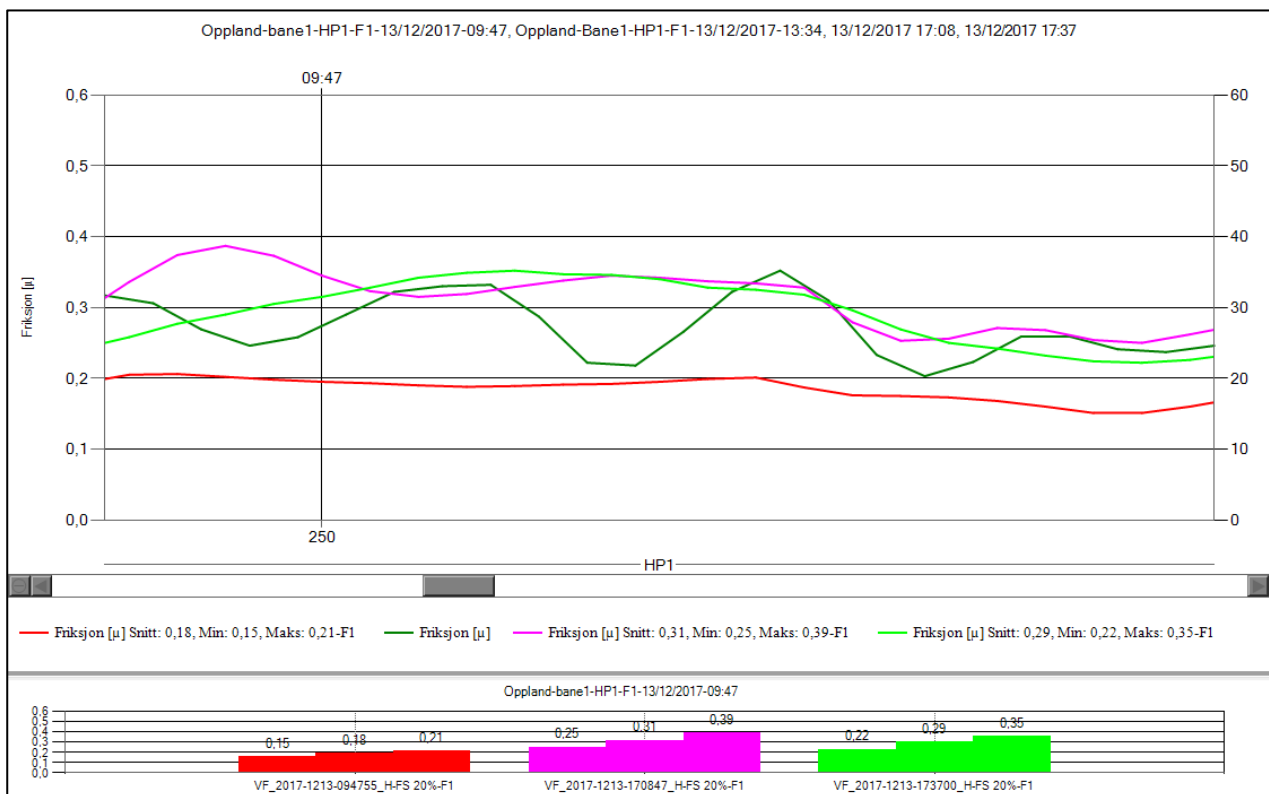
Bane 1, felt 0 (ref. friksjon) m<sub>55-100</sub>.



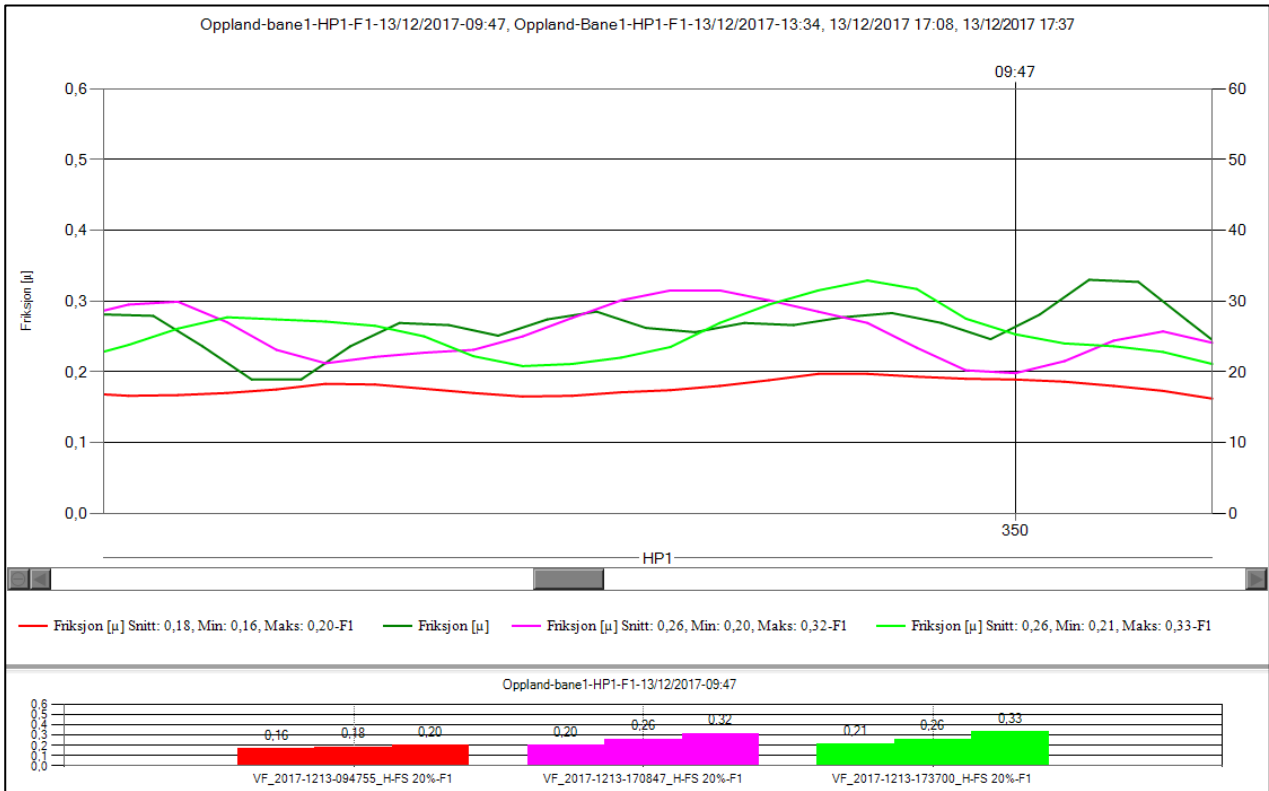
Bane 1, felt 1 (0/4 mm Eide og Frilund) m<sub>100-140</sub>.



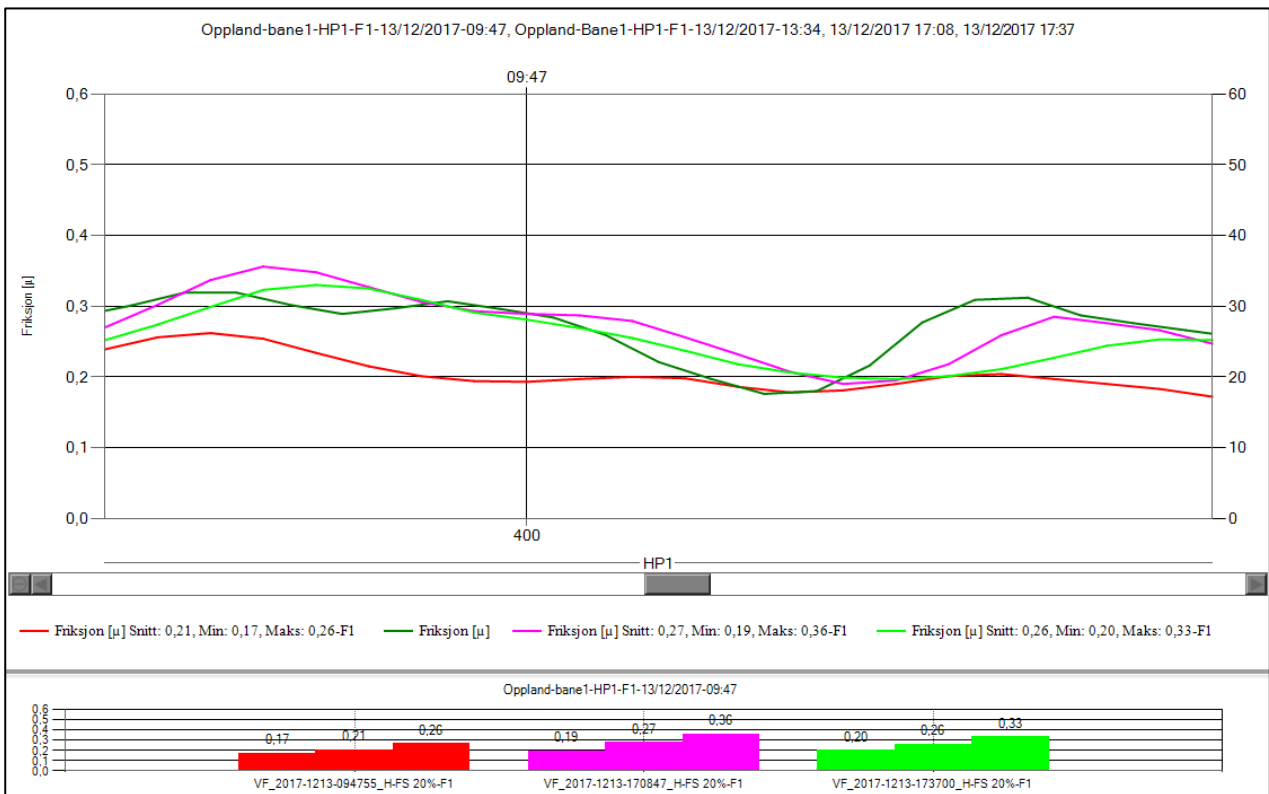
Bane 1, felt 2 («Grense max») m\_170-215.



Bane 1, felt 3(0/4mm Vassfjell) m\_240-285.

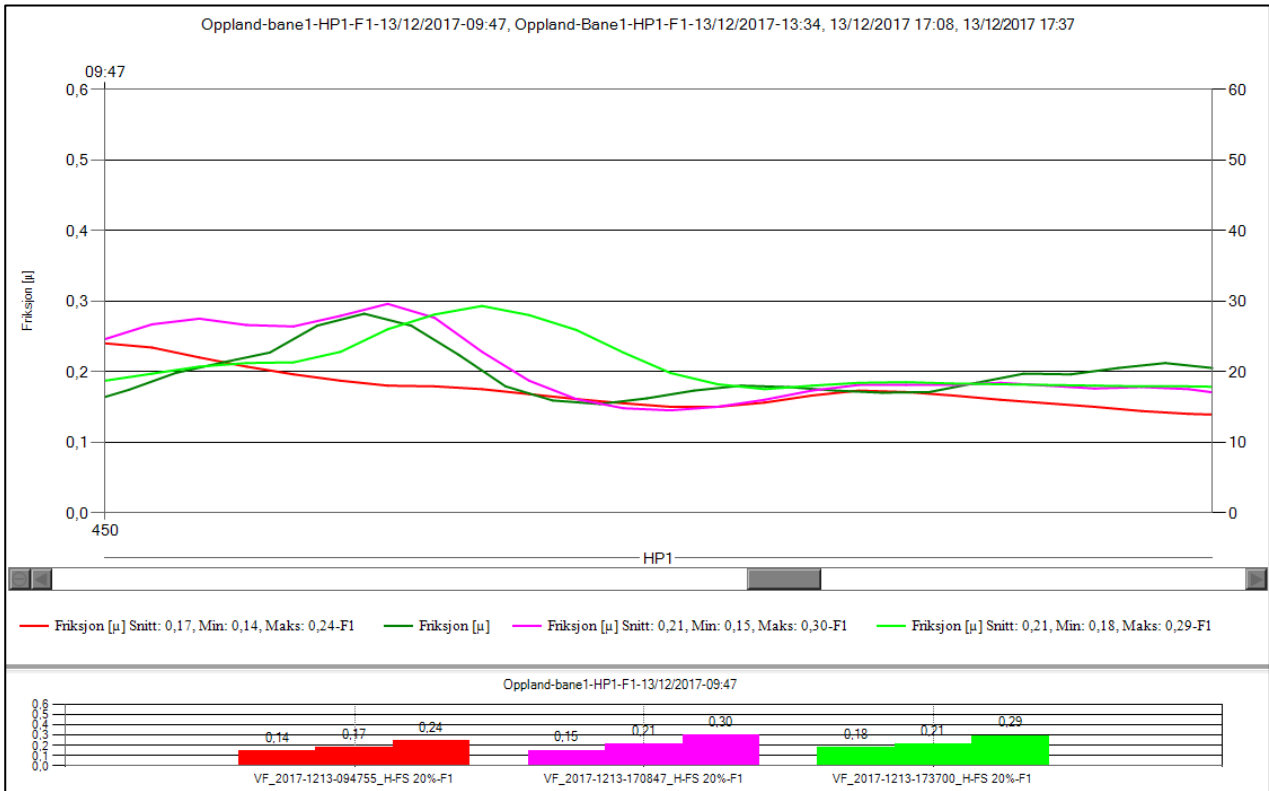


Bane 1, felt 4 (1,5/4 mm Vassfjell) m\_310-355.

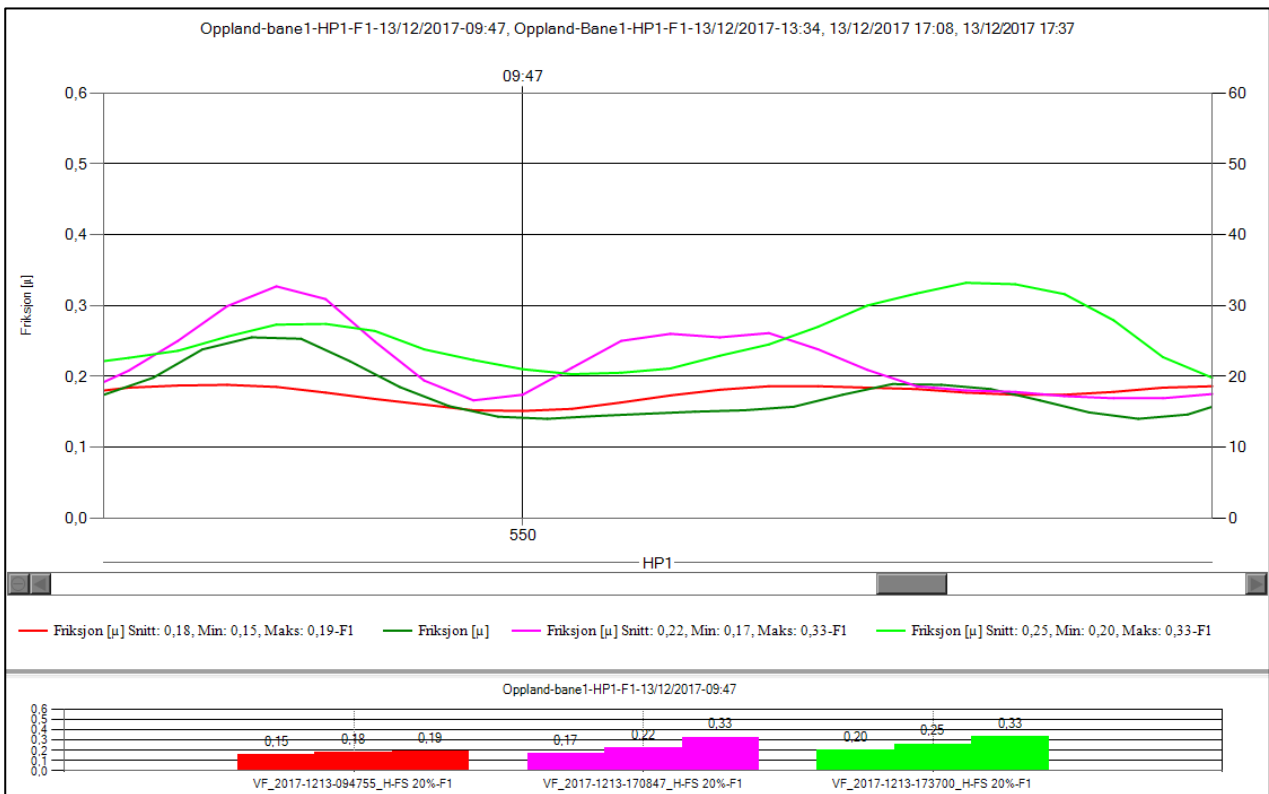


Bane 1, felt 5 (0/4 mm Veblungsnes) m\_385-425.

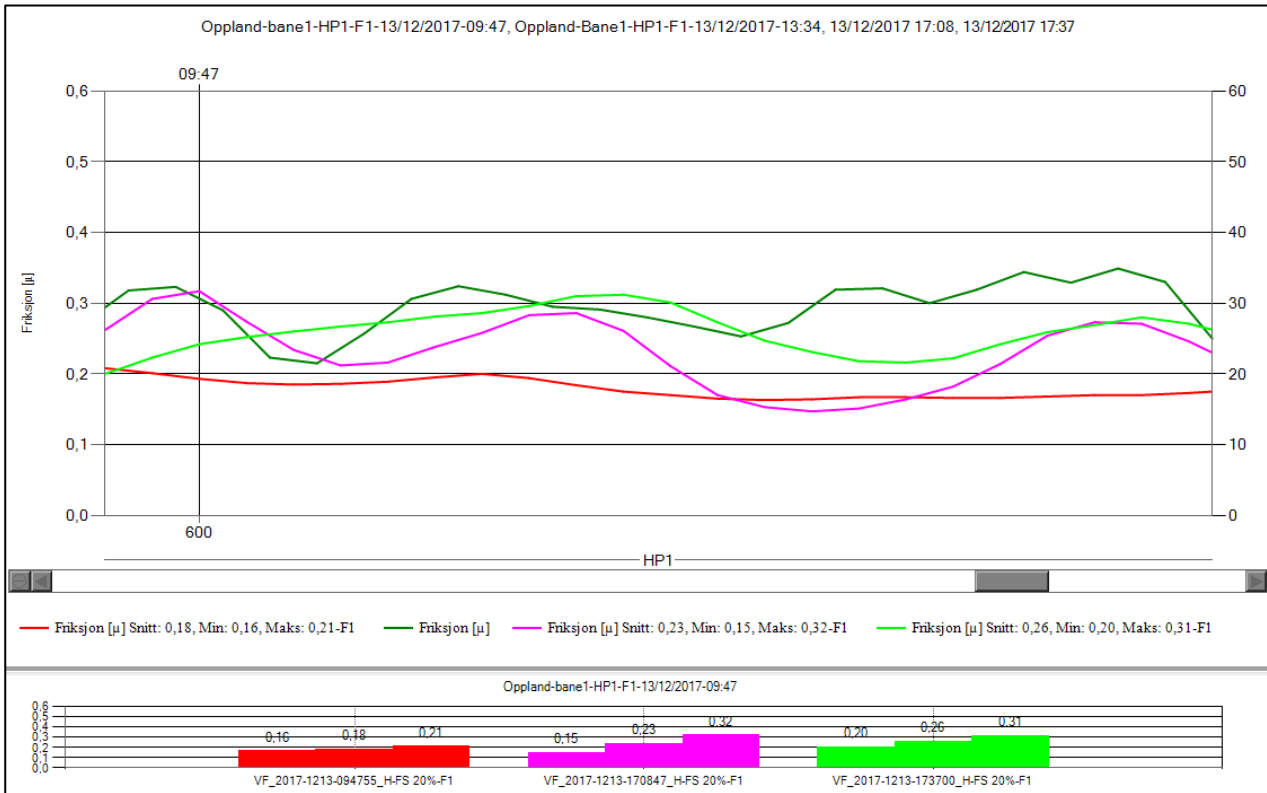




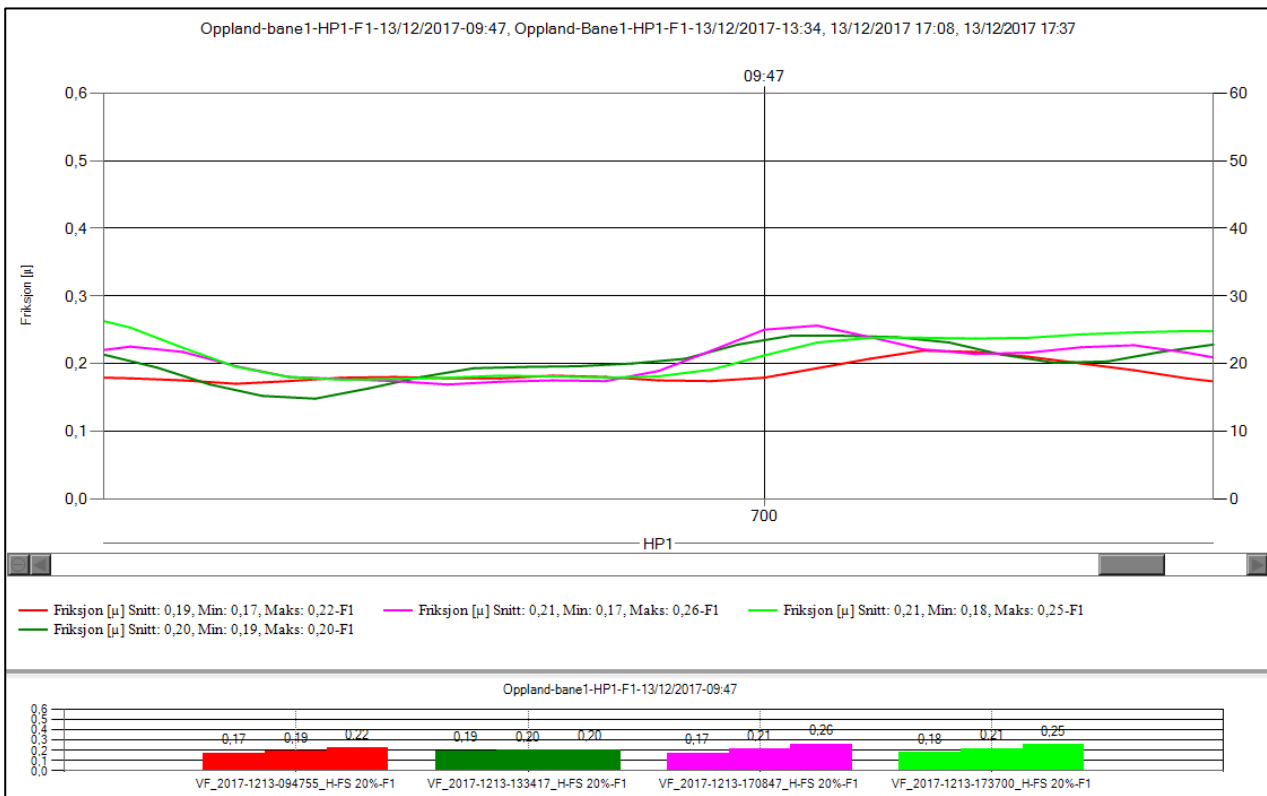
Bane 1, felt 6 («Grense min») m\_450-495.



Bane 1, felt 7 (4,0/8,0 mm Vassfjell) m\_530-575.

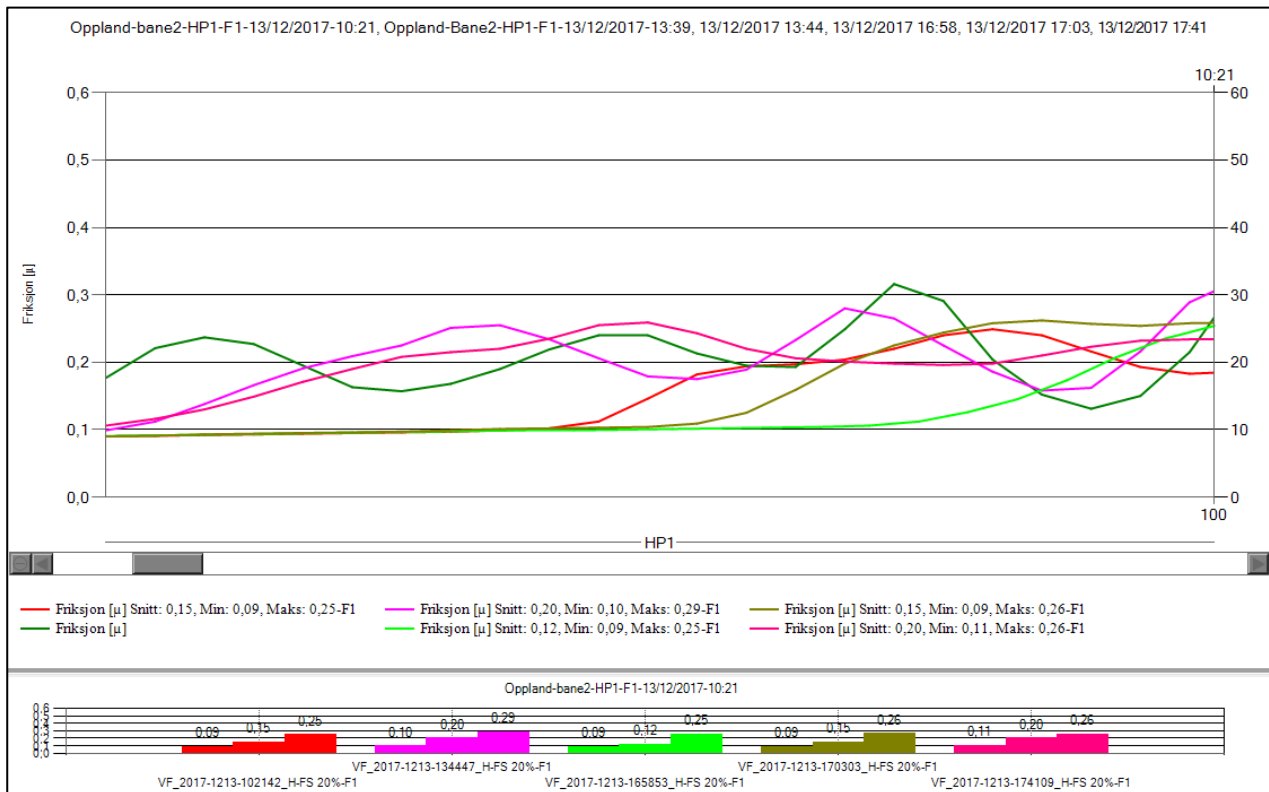


Bane 1, felt 8 (0/4 mm Vassfjell) m\_595-640.

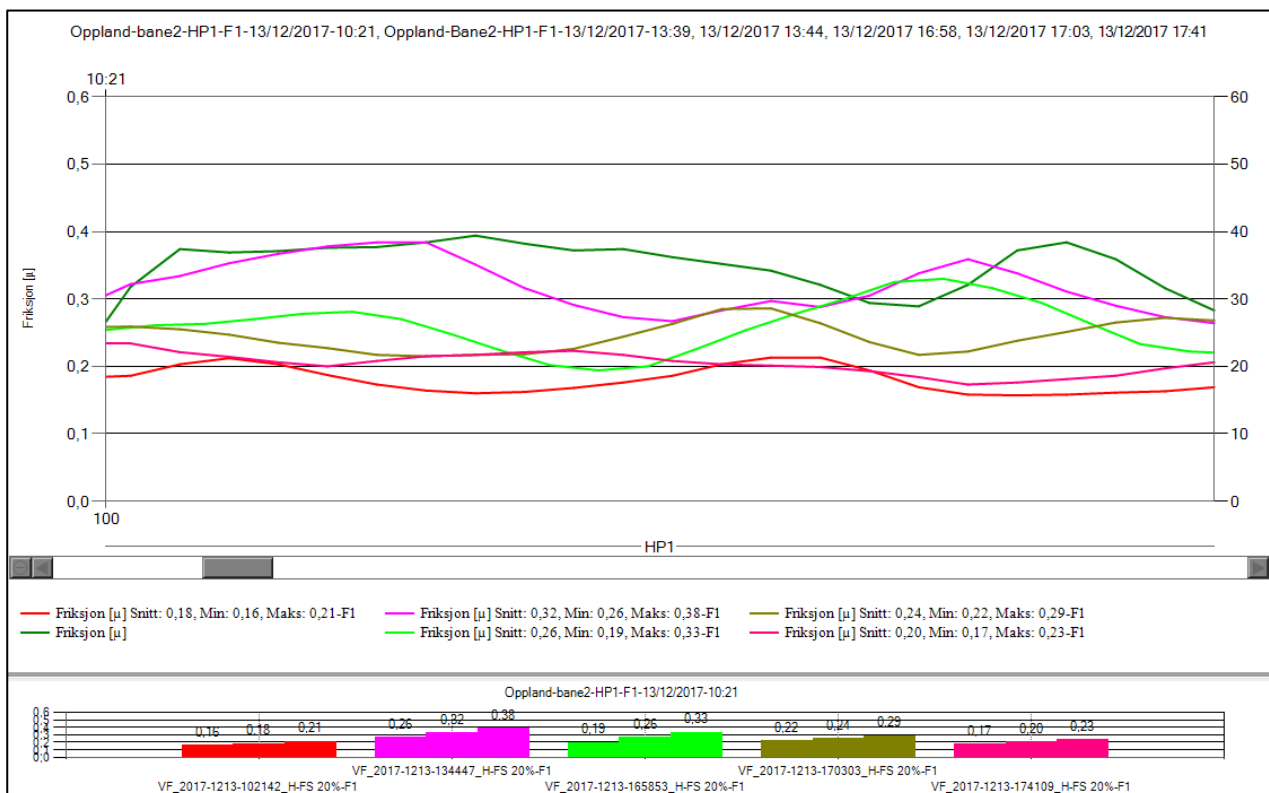


Bane 1, felt 9 (ref. friksjon) m\_675-715.

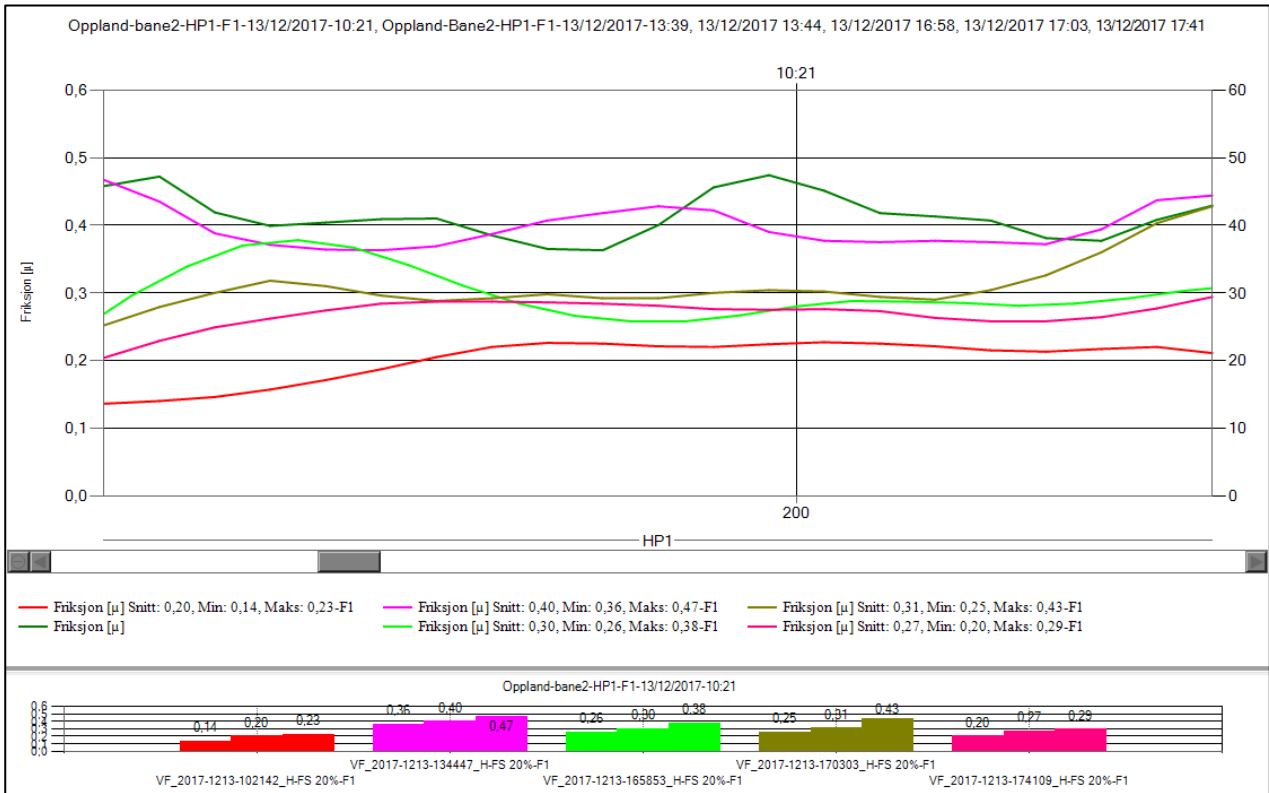
## Vedlegg 3 – feltvise friksjonsresultater (bane 2)



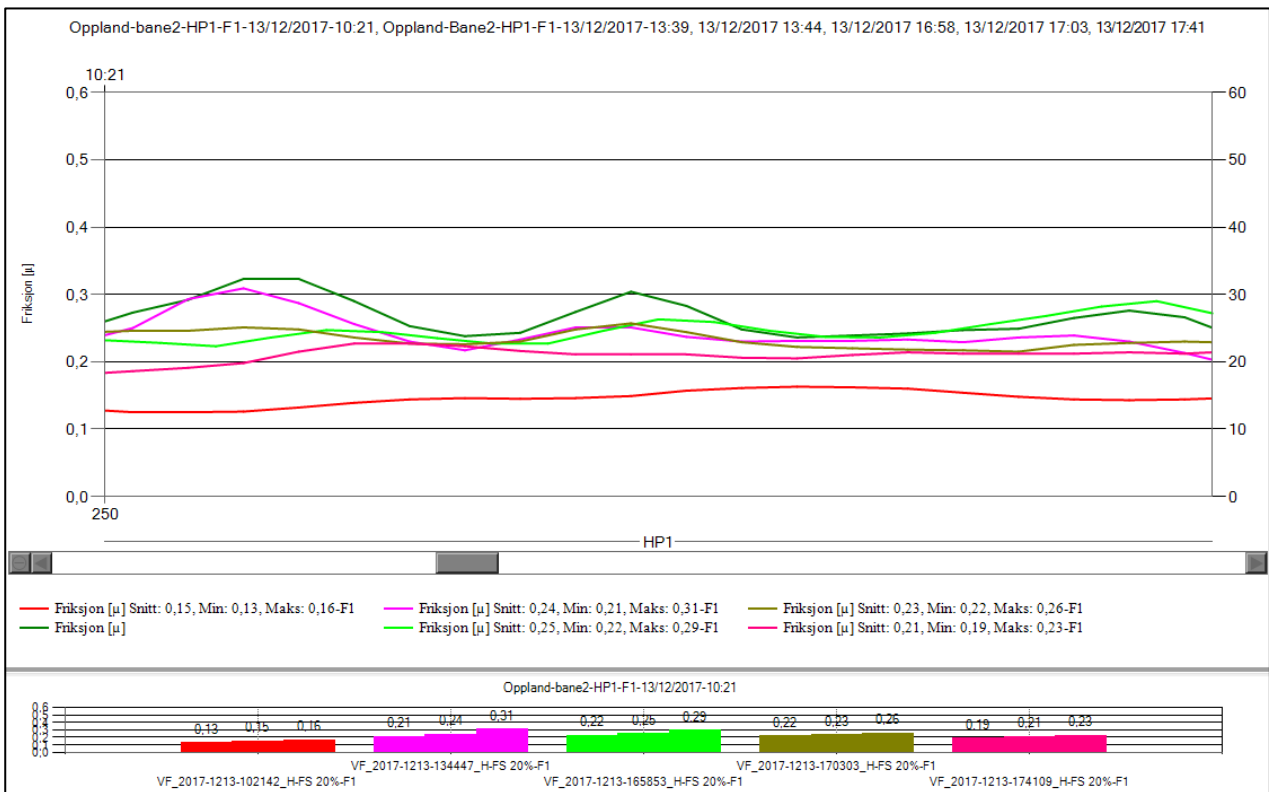
Bane 2, felt 10 (ref. friksjon) m<sub>55-100</sub>.



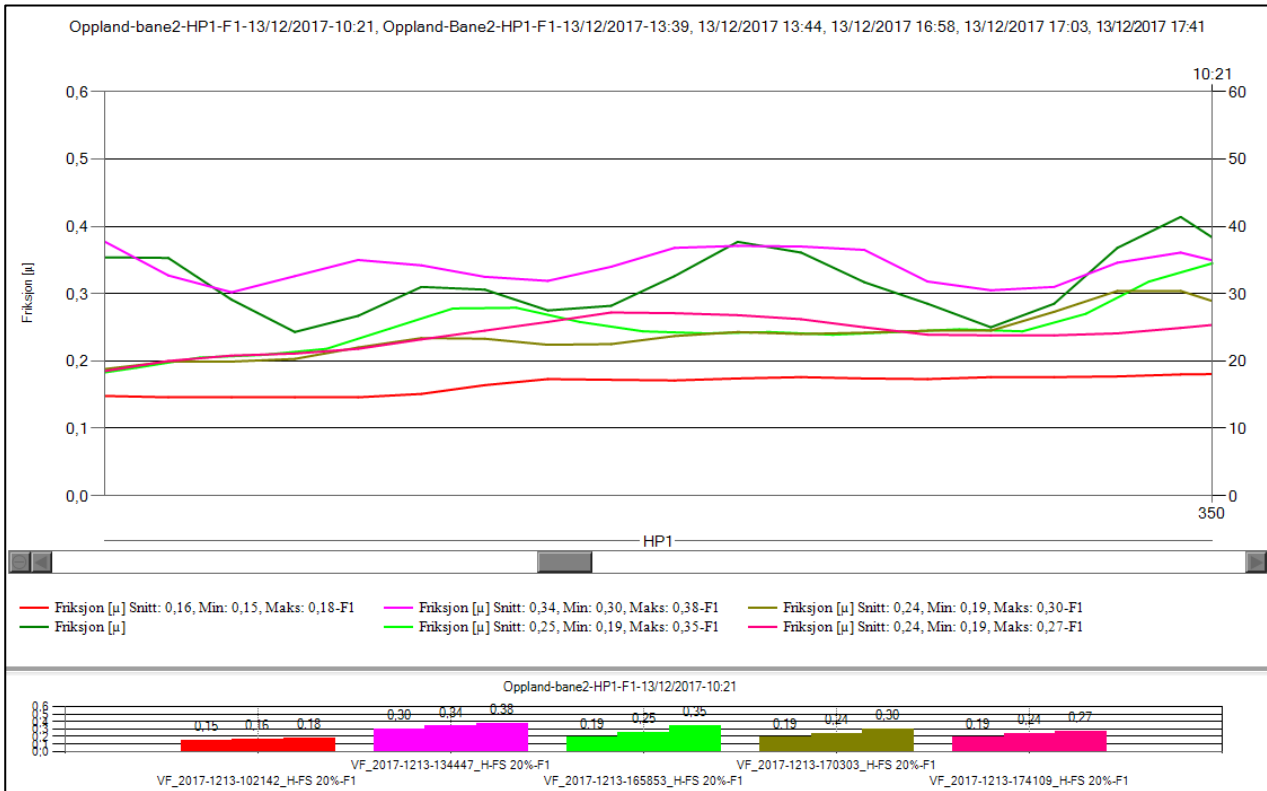
Bane 2, felt 11 (0/0,25 mm Eide & Frilund) m<sub>100-145</sub>.



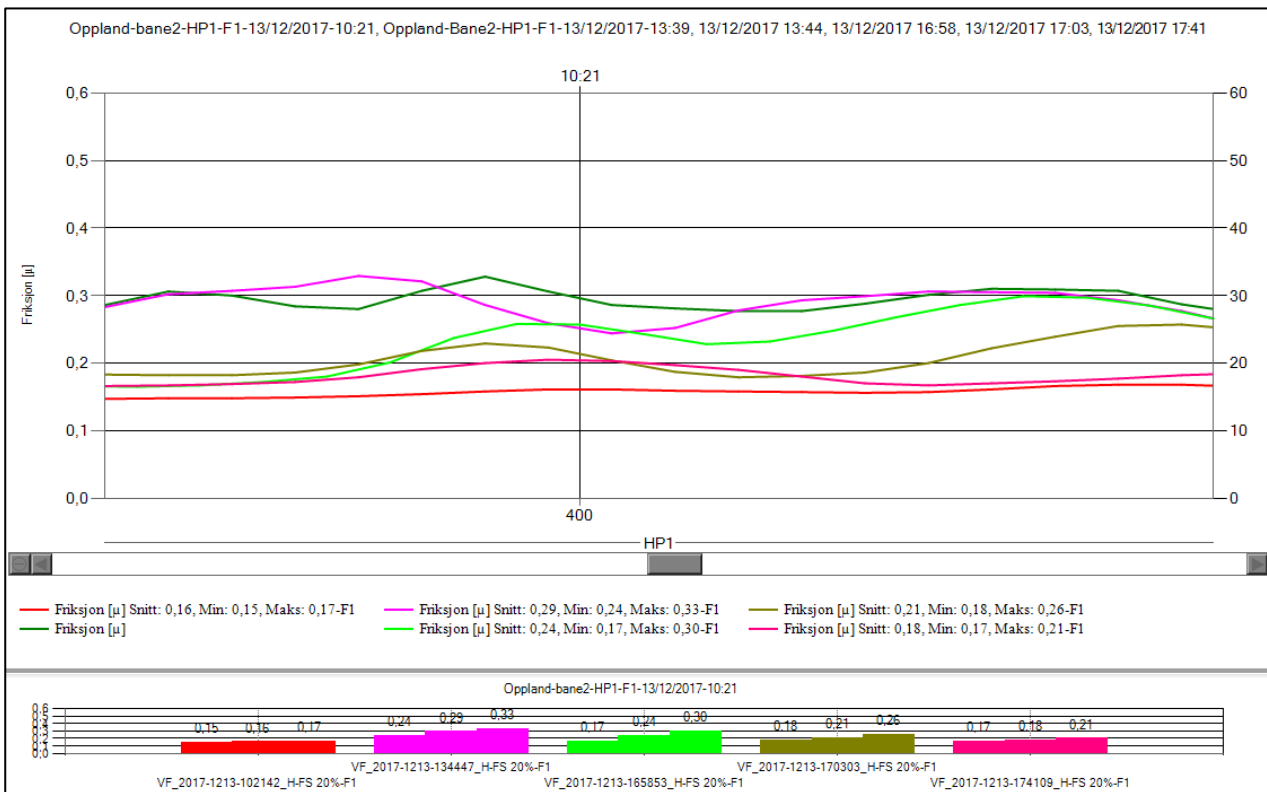
Bane 2, felt 12 (0/0,25 mm Vassfjell) m\_175-215.



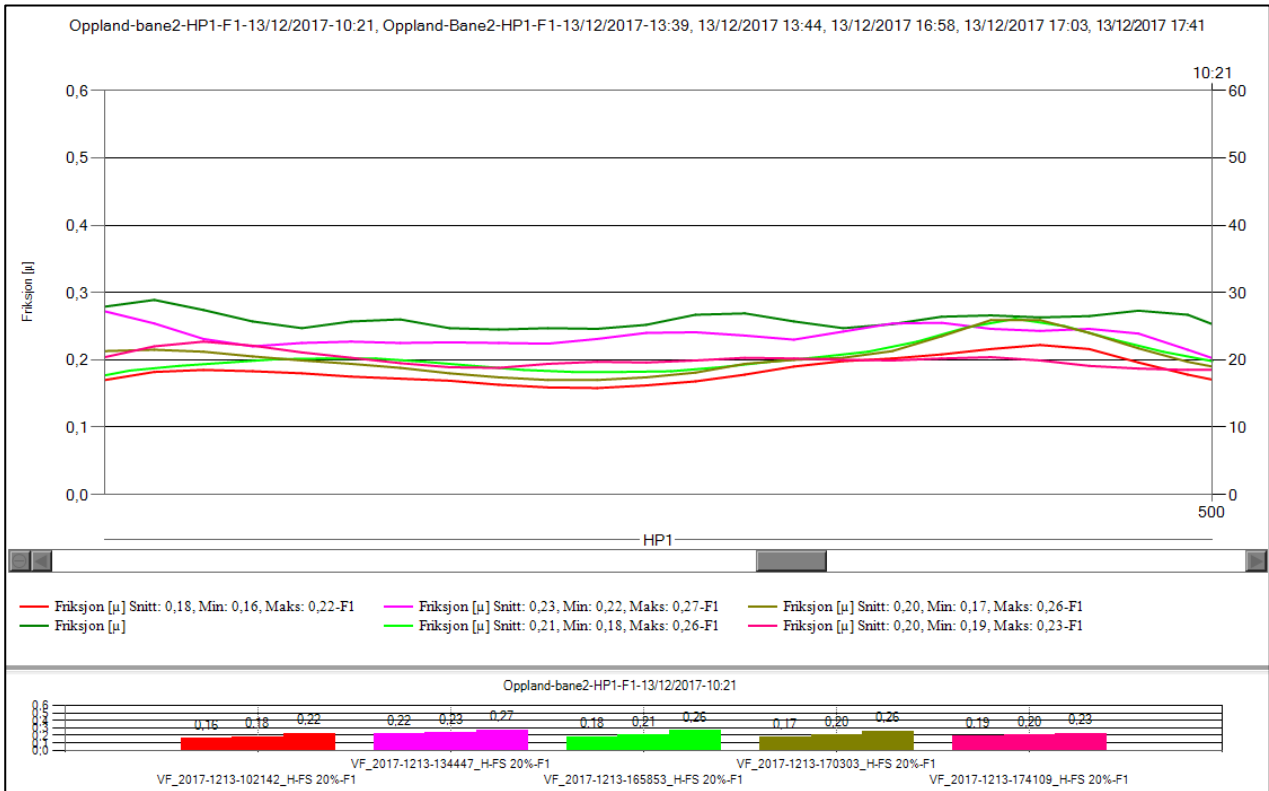
Bane 2, felt 13 (0/4 mm Vassfjell) m\_250-290.



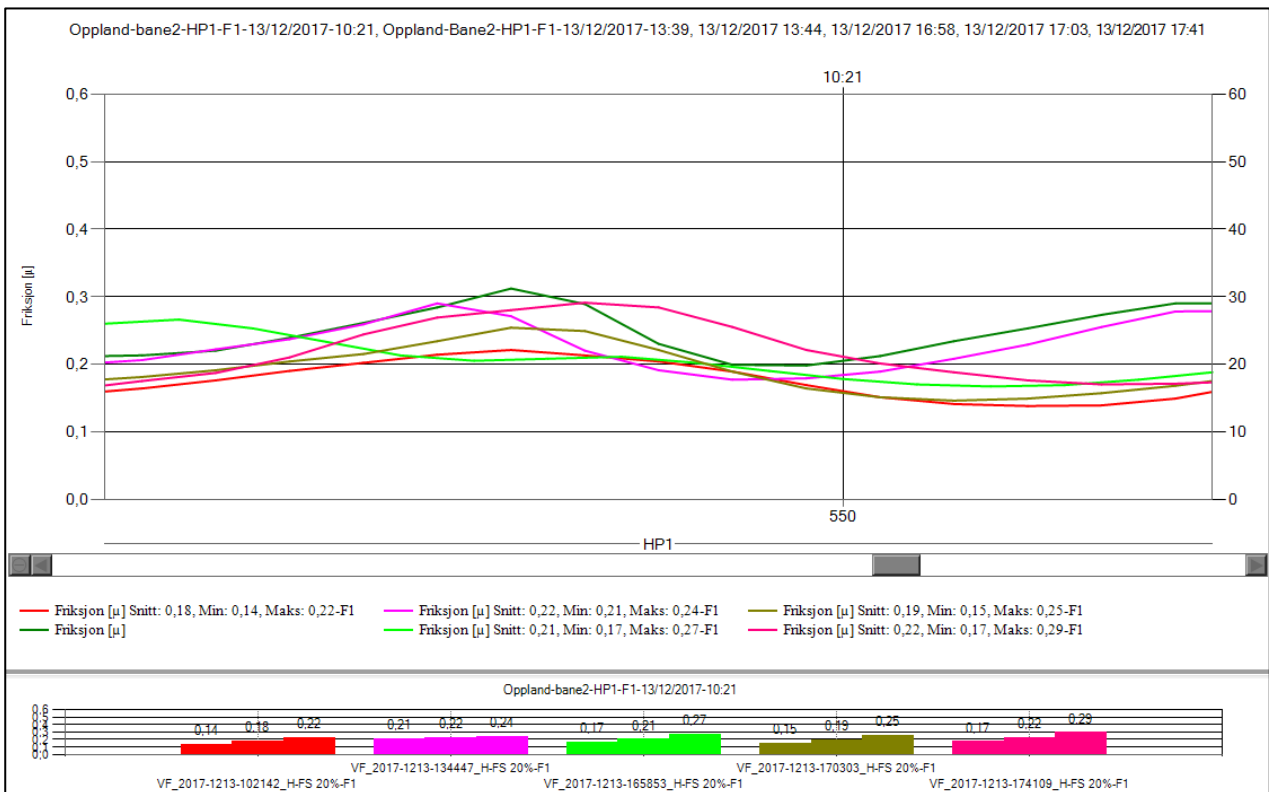
Bane 2, felt 14 (0,25/0,50 mm Vassfjell) m\_315-350.



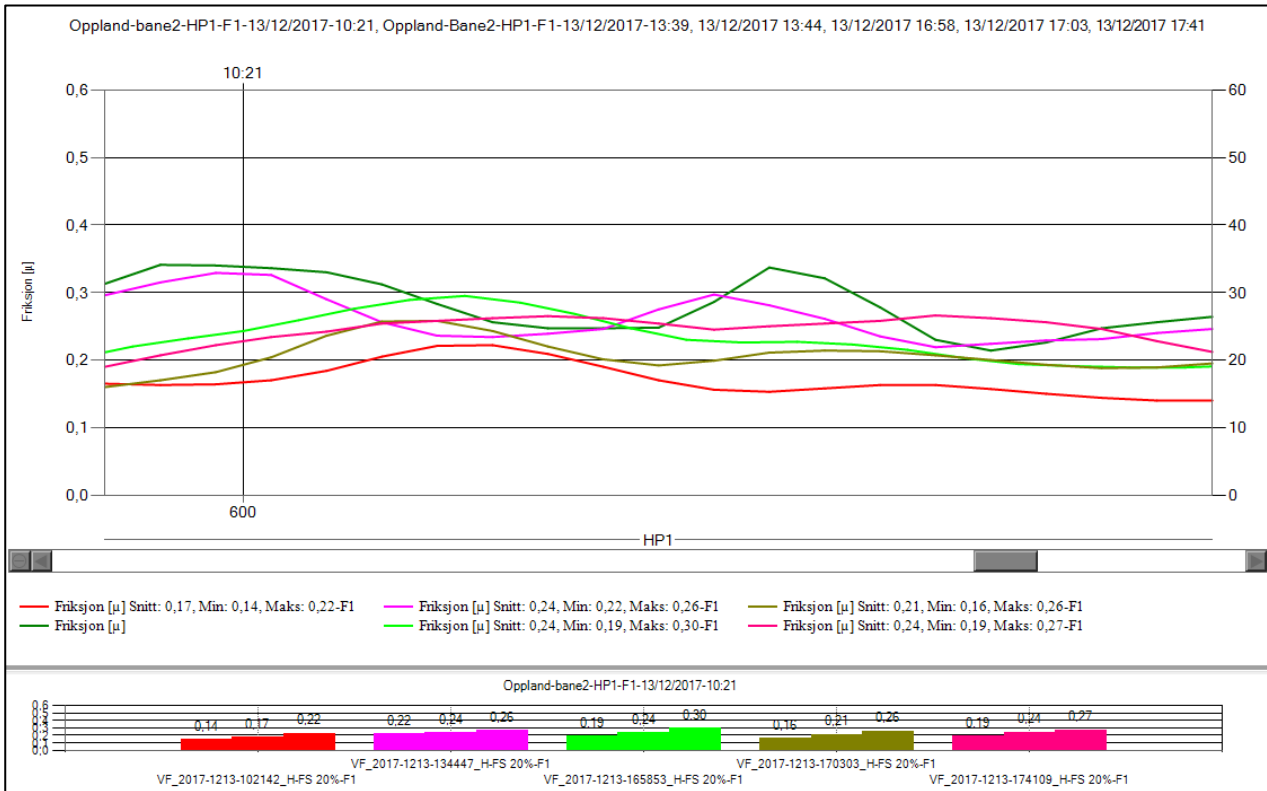
Bane 2, felt 15 (0,50/1,0 mm Vassfjell) m\_385-420.



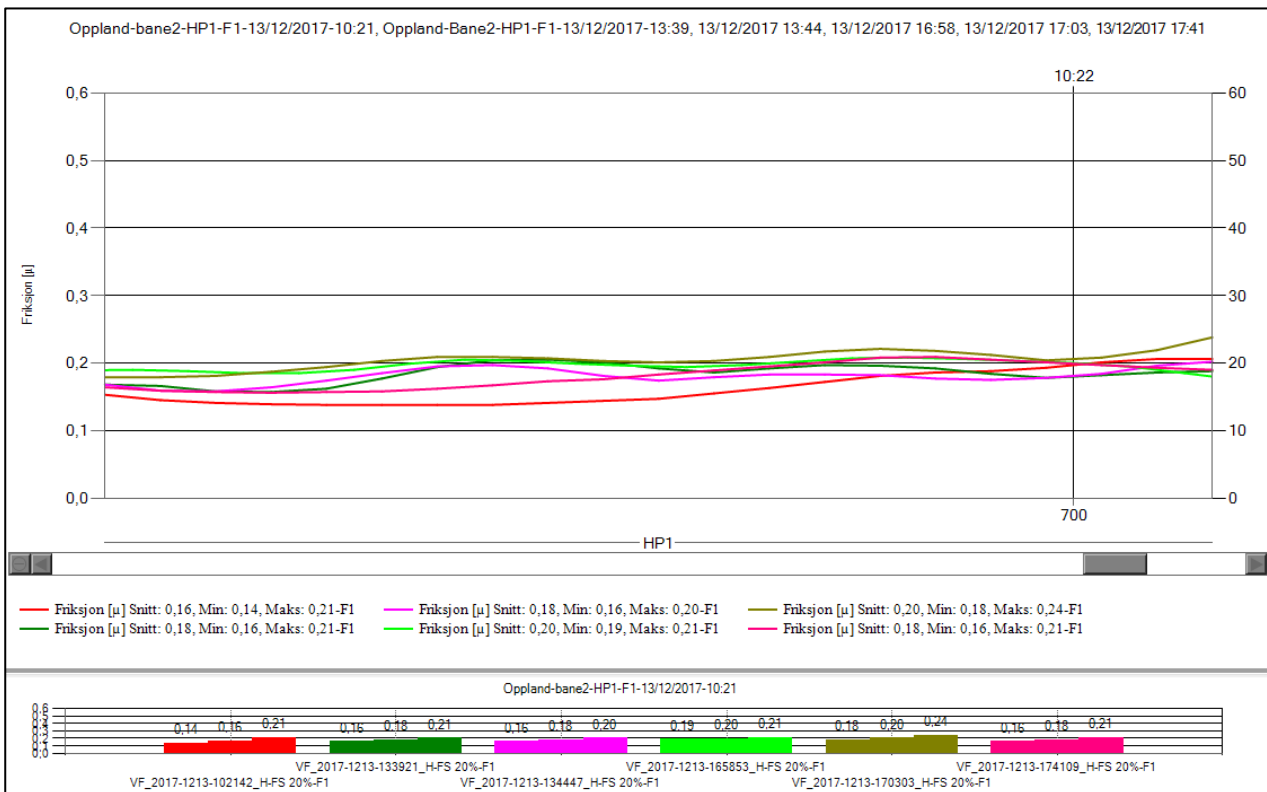
Bane 2, felt 16 (1,0/2,0 mm Vassfjell) m\_455-500.



Bane 2, felt 17 (2,0/4,0 mm Vassfjell) m\_530-560.



Bane 2, felt 18 (0/4 mm Vassfjell) m\_595-635.



Bane 2, felt 19 (ref. friksjon) m\_665-705.



Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 6706 Etterstad 0609 OSLO  
Tlf: (+47) 22073000  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**