



# Test av sandingsmetoder og utstyr

Fastsand og varmsand

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 625



**Tittel**

Test av sandingsmetoder og utstyr :  
Fastsand og varmsand

**Undertittel**

Feltforsøk Bjorli 30.-31. januar 2018

**Forfatter**

Inge Bolme, Veidekke Industri

**Avdeling**

Vegavdelingen

**Seksjon**

Drift, vedlikehold og vegteknologi

**Prosjektnummer**

605089

**Rapportnummer**

Nr. 625

**Prosjektleder**

Bård Nonstad

**Godkjent av**

Bjørn Ove Lurfald, Veidekke Industri

**Emneord**

Sand, fastsand, varmsand, spredere

**Sammendrag**

30.-31. januar 2018 ble det gjennomført en test av fastsandutstyr (Falköping, Schmidt og Epoke), samt varmsandutstyr fra Polarmatic. Varmsand, benevnt som polarsand av leverandøren, er en alternativ metode til fastsand, men i motsetning til for fastsand tilsettes ikke oppvarmet vann. I stedet varmes steinmaterialet opp ved hjelp av varme fra forbrenning av diesel eller gass. Forsøket ble gjennomført på Bjorli i Oppland.

**Title**

Test of methods for sanding :  
Warm wetted sand and warm sand

**Subtitle**

Field test at Bjorli 30.-31. of January 2018

**Author**

Inge Bolme, Veidekke Industri

**Department**

Roads Department

**Section**

Operation, Maintenance and  
Road Technology

**Project number**

605089

**Report number**

No. 625

**Project manager**

Bård Nonstad

**Approved by**

Bjørn Ove Lurfald, Veidekke Industri

**Key words**

Gritting, warm-wetted sand, varmsand  
spreaders

**Summary**

A field test of current spreaders for warm-wetted sand and a new method called warm sand have been completed at Bjorli. This report contains the results from this test.

# RAPPORT

## Veidekke Industri Kompetansesenteret



**Test sandingsmetoder og utstyr – fastsand vs. varmsand**

**Feltforsøk Bjorli 30. – 31. januar 2018**



**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 Teststrekninger (forsøksfelt).....	4
2.3 Spredere.....	6
2.4 Vær- og klimadata.....	8
2.5 Sandmaterialer.....	9
2.6 Prosedyre .....	10
2.6.1 Forberedelser – klargjøring av spredemateriell .....	10
2.6.2 Prøvefelt - feltutlegging .....	11
2.6.3 Temperaturlogging (tilsatt vann) .....	12
2.6.4 Friksjonsmåling .....	13
<b>3. Resultater og vurderinger</b> .....	<b>14</b>
3.1 Siktekurver m.m. ....	14
3.2 Visuelt resultat.....	16
3.3 Utlagte mengder .....	22
3.4 Temperaturforløp (tilsatt vann).....	27
3.5 Friksjon.....	30
<b>4. Oppsummering – konklusjon</b> .....	<b>35</b>
<b>5. Videre arbeid</b> .....	<b>36</b>
<b>6. Referanser</b> .....	<b>37</b>
<b>Vedlegg 1 – data/resultater spredere- og mengdekontroll</b> .....	<b>38</b>
<b>Vedlegg 2 – data/resultater fra feltforsøket (samlet oversikt)</b> .....	<b>41</b>
<b>Vedlegg 3 – friksjonsforløp fastsand med økt spredeshastighet</b> .....	<b>43</b>

# 1. Innledning

Statens vegvesen (SVV) er aktive på forskning og utvikling (FOU) og har en god del aktivitet knyttet opp mot testing og videreutvikling av metoder og utstyr. 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.

30.-31. januar 2018 ble det gjennomført en test av dagens (siste) versjoner av fastsandutstyr (Falköping og Schmidt), en prototyp av fastsandspreder fra Epoke, samt varmsandutstyr fra Polarmatic. Varmsand, benevnt som polarsand av leverandøren, er en alternativ metode til fastsand, men i motsetning til for fastsand tilsettes ikke oppvarmet vann. I stedet varmes steinmaterialet opp ved hjelp av varme («eksos-/avgassvarme») fra forbrenning av diesel eller gass. Forsøket ble gjennomført på Bjorli i Oppland.

Feltforsøket ble gjennomført for å teste varmsand (metoden og utstyret) mot fastsand. Likedan for å teste yteevne, oppnådd resultat og mulige forskjeller mellom siste versjon av fastsandspredere. Blant annet ønsket en å teste spredernes kapasitet med tanke på opprettholdelse av vanntemperatur, samt se på hvordan økning av spredehastigheten påvirker resultatet. Anbefalt spredehastighet per i dag er 20-23 km/t med 25 km/t som en øvre grense (1). I forbindelse med testen ble det gjennomført feltutlegging ved henholdsvis 22-23, 27-28 og 32-33 km/t.

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

## 2. Gjennomføring

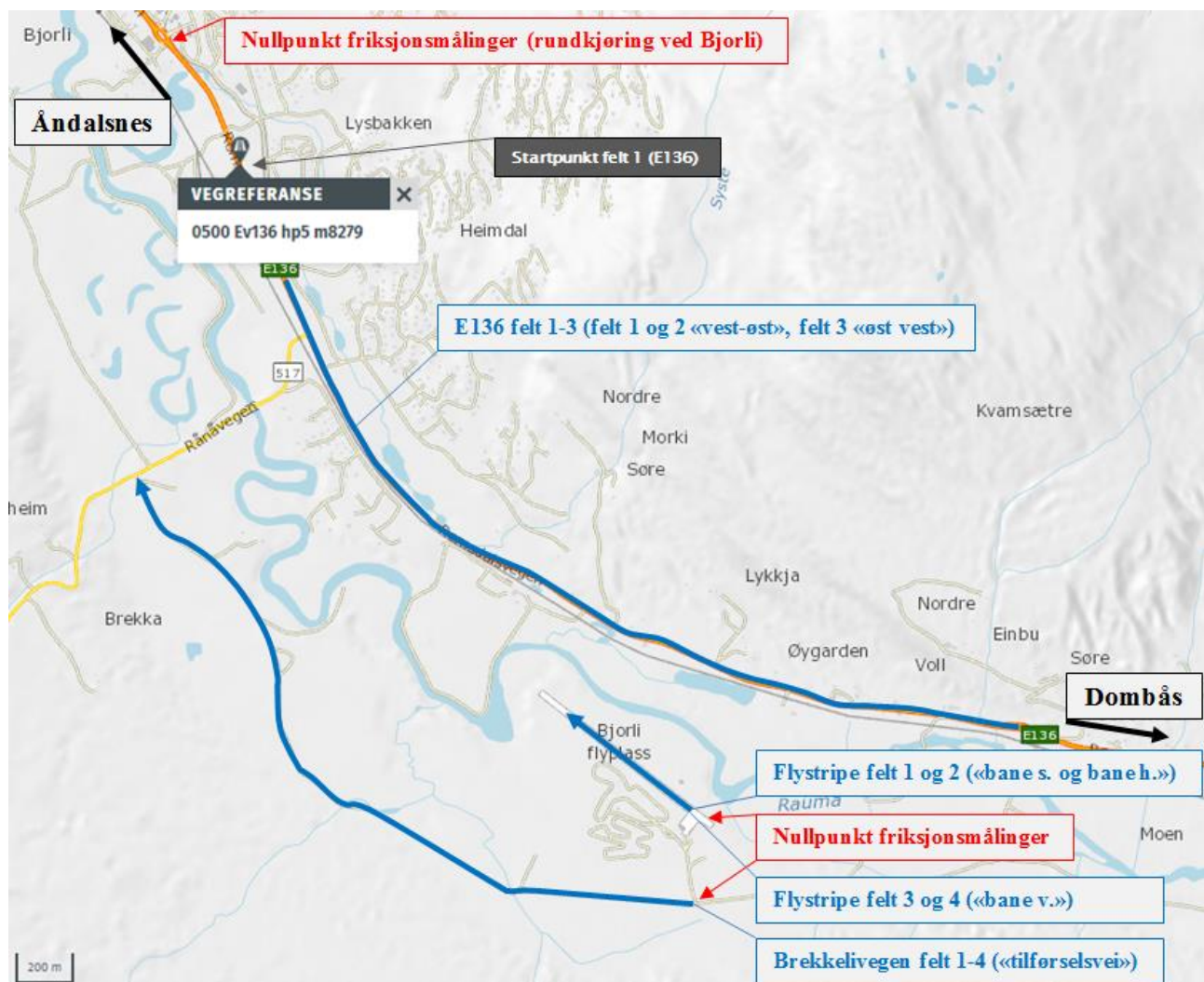
De påfølgende avsnitt gir en kort beskrivelse med tanke på lokalisering, forsøksbetingelser, deltakende utstyr og gjennomføring av selve feltforsøkene.

### 2.1 Metodikk

Feltforsøk på vei med lastebil og tallerkenspredere den 30.-31. januar 2018.

### 2.2 Teststrekninger (forsøksfelt)

Tirsdag 30. januar ble det på ettermiddagen/kvelden gjennomført feltutlegging på selve flystripa ved Bjorli flyplass. Det ble lagt ut tre felt med fastsand og ett med varmsand. Påfølgende dag ble det lagt ut tre felt med fastsand på E136 i tillegg til fire felt, henholdsvis ett med varmsand, ett med tørrsand og to med fastsand, på den kommunale veien (Brekkelivegen) som leder inn til flyplassen fra FV 517 Rånåveien. E136 har her en ÅDT på rundt 1900, mens det på Brekkelivegen er liten eller ingen trafikk på denne tiden av året (2). Det vises til figur 1.

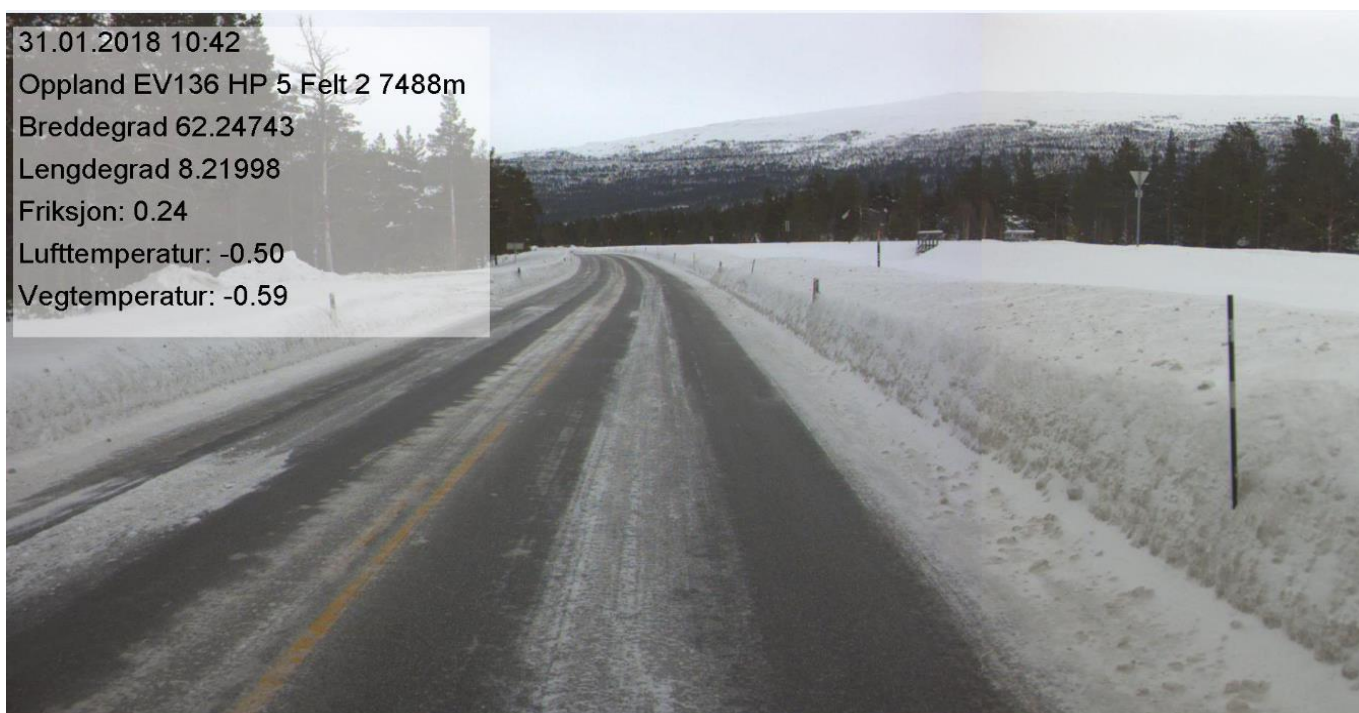


Figur 1: Feltstrekninger og lokalisering i forbindelse med feltforsøket.

Føreforholdene på flystripa den 30. januar var hard snø-/issåle. Det samme kan sies å gjelde for feltene som ble lagt ut på Brekkelivegen den 31. januar, men temperaturen var høyere denne dagen (økende utover dagen til omkring 0 °C da selve feltforsøkene ble gjennomført). Føreforholdene på E136 bestod av en blanding av tynn is og snø-/issåle (tynn). Her rakk en akkurat å gjennomføre feltutlegging med påfølgende friksjonsmåling før isen smeltet. Det vises til figur 2-5 med tanke på føreforhold på de ulike feltstrekningene.



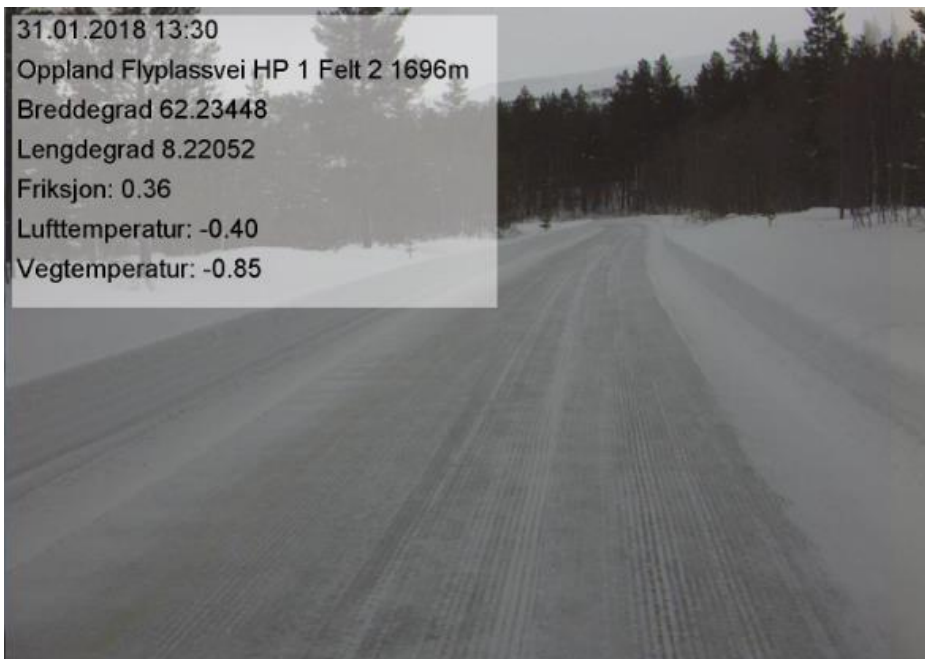
Figur 2: Føreforhold på flystripa (sett fra øst mot vest) før tiltak.



Figur 3: Føreforhold på E136 (fra vest mot øst), før tiltak (Falköping og Epoke).



Figur 4: Føreforhold på E136 (fra øst mot vest), før tiltak (Schmidt).



Figur 5: Føreforhold på Brekkelivegen (fra FV 517 mot Bjorli flyplass) før tiltak.

### 2.3 Spredere

Fire spredere deltok i forbindelse med testen. Tre fastsandspredere, hvorav en nyutviklet prototyp, samt en varmsandspreder. Fastsandsprederen fra Falköping var en 2014 modell mens Schmidt og Epoke spredere begge ble produsert i 2016. Varmsandsprederen var oppbygd med utgangspunkt i en Falköpingspreder, påmontert brennerenhet (diesel) fra finske Polarmatic. Denne sprederen ble også levert i 2016. Ingen vesentlige forskjeller mellom spredere som deltok og fabrikkny spredere slik de fremstår per i dag<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Falköpingspredere har dog siden 2014 fått en annen/videreutviklet omrører (en 3. skrue) som bedrer håndteringen av krevende masser («tunellproblematikk»). Brennerytelsen skal også være forbedret siden 2014.





Figur 6: Bil med Falköpingspreder (fastsand)



Figur 7: Bil med Epokespreder (prototyp fastsand)



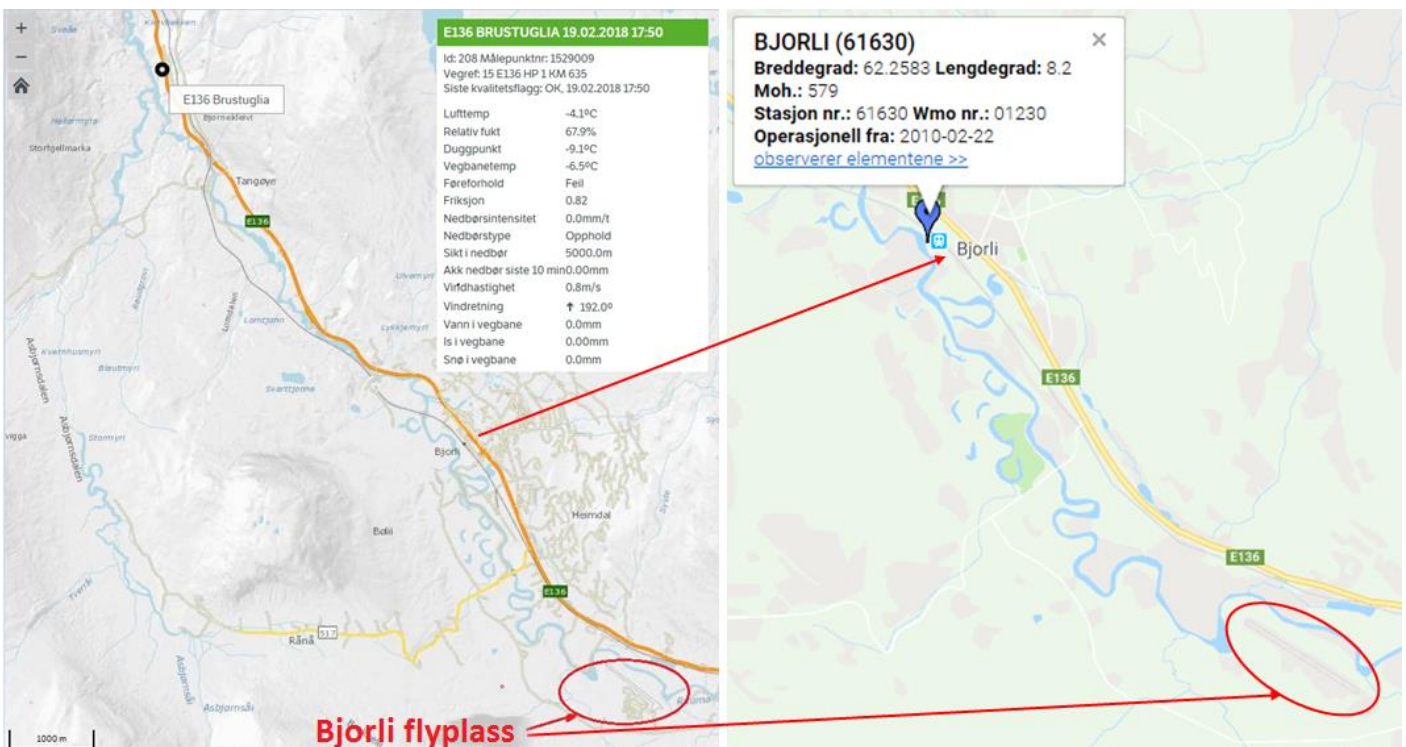
Figur 8: Bil med Schmidtspreder (fastsand)



Figur 9: Bil med Polarmatic-/Falköpingspreder (varmsand – steinmateriale varmes vha. avgassen fra forbrenning av diesel).

## 2.4 Vær- og klimadata

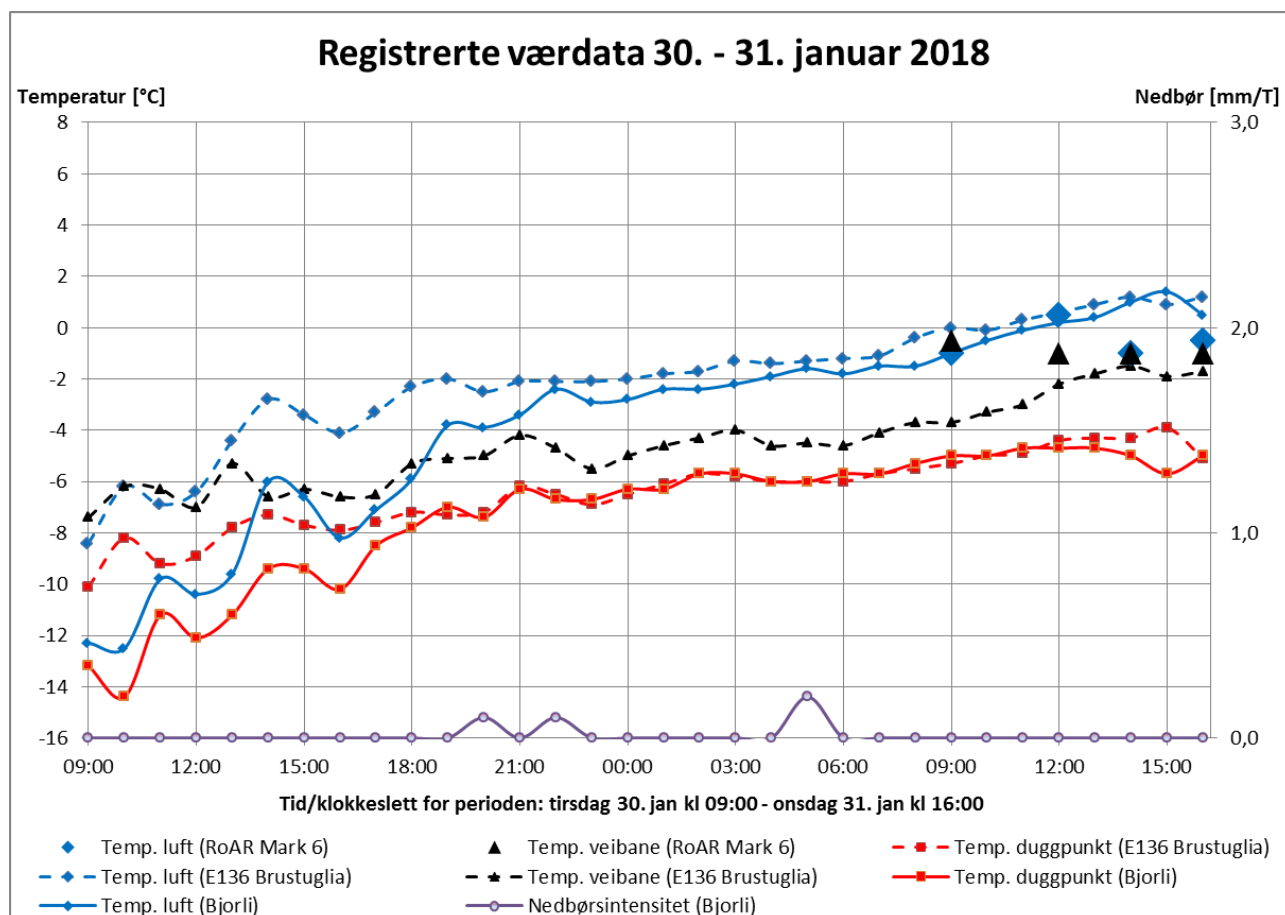
Nærmeste værstasjon som tilhører Statens vegvesen er «E136 Brustuglia» øverst i Romsdalen. Denne ligger omkring ni kilometer i luftlinje fra flyplassen og noe lavere i terrenget. I tillegg har Meteorologisk institutt en værstasjon «Bjorli» som ligger rett ved Bjorli jernbanestasjon, knappe fire kilometer i luftlinje fra flyplassen. Data fra disse værstasjonene (timesdata), sammen med registreringer fra selve testområdet, hentet fra friksjonsmålebilen (RoAR Mark 6), er benyttet som kilde til klimadata. Det vises til figur 10 og 11 nedenfor med tanke på henholdsvis lokalisering av værstasjonene og klimadata fra testen.



Figur 10: Lokalisering værstasjoner ifht Bjorli flyplass.

Bra samsvar mellom værstasjonene og temperaturregistreringer fra målebilen. Noe høyere temperatur i omegn Brustuglia enn i omegn Bjorli og flyplassen på dag en av testen. Dette er ikke uvanlig da denne målestasjonen ligger lengre nede i dalen og noe lavere i terrenget.

Økende lufttemperatur utover dagen på dag en fra  $\pm 10-12$  °C på formiddagen til  $\pm 4-6$  °C i forbindelse med selve feltutleggingen og friksjonsmålingene. Veibanetemperatur i størrelsesorden  $\pm 5-6$  °C. Ytterligere temperaturøkning gjennom dag to. Lufttemperatur omkring 0 °C da feltutlegging og målinger ble gjennomført denne dagen. Veibanetemperatur i størrelsesorden  $\pm 1$  °C. Ingen nedbør i forbindelse med testen. Det vises igjen til figur 11.



Figur 11: Temperatur- og nedbørsregistreringer.

## 2.5 Sandmaterialer

Det ble benyttet tre ulike sandkvaliteter i forbindelse med testen:

- «Lora» – 0/4 mm knust natur (overskudd fra tidligere asfaltproduksjon, muligens siktet av 0/6 eller 0/8 mm for å kunne benyttes som strøsand), lastet ved Stian Brenden Maskinservice AS sitt strøsandlager på Dombås. Denne massetypen ble benyttet i samtlige feltutlegginger med fastsandspredere.
- «Evje» – 0/4 mm siktet natur. Masse medbrakt av varmsandrepresentant og av den type som har vært benyttet i forbindelse med legging av varmsand/polarsand i driftskontrakten hvor sprederen inngår til vanlig. Massen og metoden har gitt tilsynelatende gode resultater lokalt og en anså det for fornuftig å

benytte en kjent masse for ikke å introdusere et usikkerhetsmoment i forbindelse med testene (unngå tvil knyttet til resultatene på grunn av ukjent masse-metode kombinasjon).

- «Visnes» – 2/7 mm knust strøsingel, lastet ved Mesta sitt lager på Åndalsnes. På forhånd hadde en sett for seg at «Evje» massen var forholdsvis ensgradert (antatt at metoden, oppvarming av steinmateriale, fungerte best med forholdsvis ensgradert strøsand), men så var ikke tilfelle. Det ble derfor ansett for interessant å teste metoden med en ensgradert strøsingel på dag to av testene. «Visnes» massen inngikk for øvrig i forbindelse med sandtestene som ble gjennomført på Bjorli i 2016 (3).

## 2.6 Prosedyre

### 2.6.1 Forberedelser – klargjøring av spredermateriell

For i størst mulig grad å få «direkte sammenlignbare» resultater må en ved feltforsøk med slikt utstyr (tallerkenspredere) foreta en gjennomgang av det deltakende utstyret. Spredere har etter hvert blitt ganske avanserte samtidig som de utsettes for tøffe påkjenninger fra bruk og miljø (salt, slag, rystelser, temperatursvingninger, med mer).

Erfaring fra en lang rekke feltforsøk har vist at det er nødvendig med en gjennomgang for å «sikre» at utstyret virker som tiltenkt i forbindelse med forsøket. Følgende ble kontrollert og rettet/justert (ved behov) forut for og i forbindelse med dette feltforsøket:

- Levert vannmengde og vanntilsetningsprosent.
  - *Reell (veid) vannmengde vs. beregnet/sprederregistrert vannmengde.* Kontrollert ved hjelp av bruekt der så var tilgjengelig (utlegging som vanlig for fastsand, men med tom spredere (sand) og veiing av kjøretøy (utlagt mengde vann) før og etter). Kontrollert ved hjelp av feltvekt (0-200 kg) og oppsamling i dunk/tønne i motsatt fall, jfr. figur 11.
  - *Reell og teoretisk vanntilsetningsprosent* ble beregnet basert på veieresultat og sprederegistreringer for utlagt mengde sand og vann.
  - Justert på kalibreringsfaktorer og vanntilsetningsprosent slik at det ble samsvar mellom sprederepanel og reelle (veide) mengder, og slik at vanntilsetningsprosenten ble korrekt.
- Kontrollert *vanntemperatur og yteevnen til brennerne* (virker, tilstrekkelig høy temperatur, kapasitet til å opprettholde temperaturen over tid).
- Kontrollert *tallerken, nedløp, utmating* (generell tilstand, behov for vedlikehold)
- Kontrollert puls-/hastighetssignal og grunnleggende innstillinger/parametere i spredernes styringsenheter.
- *Kalibrert spredere* med aktuell massetype før feltutlegging. Gjennomført *sjekk av mengder* (kalibreringsprosedyre, «stortest» mengder), men ikke justert, før feltutlegging *igjen på dag to*. Dette for å ha mer data og kontroll med tanke på mengdenøyaktighet og eventuelle avvik i så måte.
- Kontrollert og *justert sprederebredde* (tallerkenhastighet) slik at denne ble så nær lik for samtlige spredere som praktisk mulig. Viktig med mest mulig lik/korrekt sprederebredde for å minimere variasjonen og usikkerheten knyttet til resultatene (mer direkte sammenlignbare resultater).
- Gjennomført *«prøveutlegging»* for å verifisere at sprederebredde og resultat så ut til å være tilfredsstillende. Fornuftig å gjennomføre slik prøveutlegging. Eksempelvis ble dette dessverre uteglemt for varmsandspredere ved bytte av masse fra dag en til dag to, med det til følge at reell sprederebredde ble omkring det dobbelte av innstilt sprederebredde! Utlagt mengde vil da bli fordelt over et mye større areal noe som klart vanskeliggjør vurderingen av resultatene (i mindre grad direkte sammenlignbare).

Nytt denne gang var at deler av klargjøringen ble gjennomført uka før feltforsøket. Det er viktig at tilstand kontrolleres tilstrekkelig lenge før forsøket til at eventuelt nødvendige vedlikehold kan finne sted. I motsatt fall vil en fint kunne måtte regne med at forsøket må avlyses eller gjennomføre med suboptimalt utstyr/resultater.

Klargjøringen tar mye tid, men er særdeles viktig med tanke på å oppnå sikre og gode resultater. For fremtiden bør en vurdere å sette av dagen før selve forsøksdagen til den endelige klargjøringen for å kunne utnytte tiden bedre den dagen en har et samlet «forsøkskorps» til stede.



Figur 12: Sjekk av vannmengder

## 2.6.2 Prøvefelt - feltutlegging

Sand ble lagt ut på tre ulike strekninger/områder slik det fremgikk av figur 1 foran. Figur 1 sammen med påfølgende beskrivelse ansees for tilstrekkelig med tanke på feltinndeling og testprosedyre.

- Flystripe (felt 1 – 4)
  - Test av dagens utstyr (siste versjon) med mengde, bredde og kjøre-/spreddehastighet ala det som er typisk innen vinterdrift per i dag.
  - Utlegging med bilen stående i ro i 5 min (simulering av ordinær drift for å initiere brennerstart (få i gang vannoppvarmingssystemet) og få miks av sand og vann som ved reell drift) med direkte overgang til veiavhengig spredning (uten stans av sprederen), jfr. figur 13.
  - Fastsand felt 1-3, varmsand felt 4, samtlige felt lagt ut i retning øst-vest
  - Felt a 250 meter
  - Kjøre-/spreddehastighet 22-23 km/t
  - 180 g/m<sup>2</sup> – 3,0 m bredde
  - Oppsamling på duker – 6 duker per felt
  - Datafangst vanntemperatur (temperaturlogging)
  
- E136 (felt 1 – 3)
  - Test for (på nytt) å se på om/hvordan økning i kjøre-/spreddehastigheten påvirker oppnådd resultat. Likedan for å utfordre utstyret med tanke på blant annet brennerkapasitet (varmtvann).
  - Fastsand samtlige felt (kun fastsand, ikke varmsand)
  - Felt a 3500 meter (1500 + 1000 + 1000 meter – tre ulike kjøre-/spreddehastigheter)
  - Kjøre-/spreddehastighet 22-23, 27-28 og 32-33 km/t
  - 180 g/m<sup>2</sup> – 3,0 m bredde
  - Ingen oppsamling på duker (av naturlige årsaker)
  - Datafangst vanntemperatur (temperaturlogging)



Figur 13: Utmåling med bilen i ro (manuell/simulert modus) før ordinær feltutlegging.

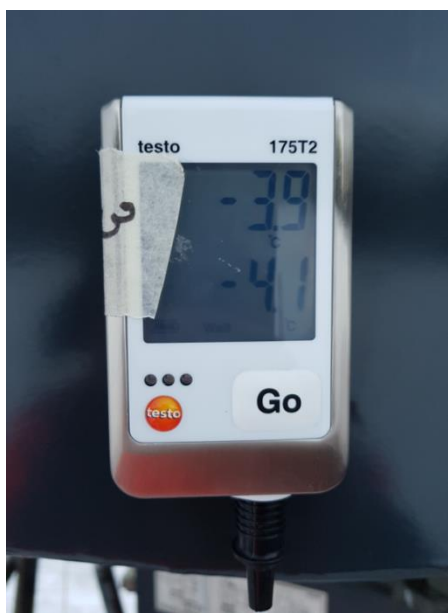
- Brekkelivegen (felt 1 – 4)
  - Også benevnt som «kommunalvei, tilførselsvei, flyplassvei»
  - Feltutlegging for å utnytte tilgjengelig kapasitet og fremskaffe mer data fra forsøket
  - Varmsand felt 1, tørrsand felt 2 og fastsand felt 3 og 4
  - Varierende feltlengde (600, 350, 900 og 700 meter)
  - Kjøre-/spredehastighet som normalt for metodene (25-26, 30-31 og 22-23 km/t)
  - 180 g/m<sup>2</sup> – 3,0 m bredde
  - Oppsamling på duker – 6 duker per felt
  - Ingen datafangst vanntemperatur (for korte felt/tidsrom feltutlegging til at dette ville gitt særlig mening )

### 2.6.3 Temperaturlogging (tilsatt vann)

Det ble montert utstyr for fangst/logging av temperatur på tilsatt vann i forbindelse med testen. En sonde ble montert slik at den var i kontakt med vannet umiddelbart før det ble tilsatt sanden. For Falköping og Schmidt var dette kurant, mens det for Epokesprederen var noe mer problematisk da Epoke har løst vanntilsetningen annerledes (vanntilsetning via dyser i nedløpsrøret). Sonden ble her lagt på dysen og stukket inn i nedløpsrøret, men det er noe usikkert (tvilsomt) om sonden ble utsatt for direkte vannsprut.

Alternativ montering av sonden hadde blitt vurdert, men ikke ansett for særlig aktuelt, da dette ville fordret noe «ombygging» (brakett eller lignende) av nedløpsrøret (varig deformasjon). Innstilling for temperaturloggerne slik at en fikk en måling/registrering per ti sekunder. I tillegg til sonde (ekstern) temperatur registrerer loggerne også luft (intern) temperatur.

Figur 14 viser temperaturloggerenhet montert i forbindelse med testen. Figur 15 viser dysene, montert bak og pekende inn i nedløpsrøret, som besørger tilsetning av vann på Epokesprederen.



Figur 14: Temperaturloggerenhet



Figur 15: Dyser i nedfallsrør for tilsetning av vann (Epoke spreder).

#### 2.6.4 Friksjonsmåling

Friksjon ble målt med friksjonsmåler RoAR Mark 6 like før og like etter feltutlegging av sand, i tillegg til øvrige måleserier fra både før og etter tiltak. RoAR Mark 6 er utstyrt med to måleenheter hvilket muliggjør friksjonsmåling i både indre og ytre hjulspor, jfr. figur 16.

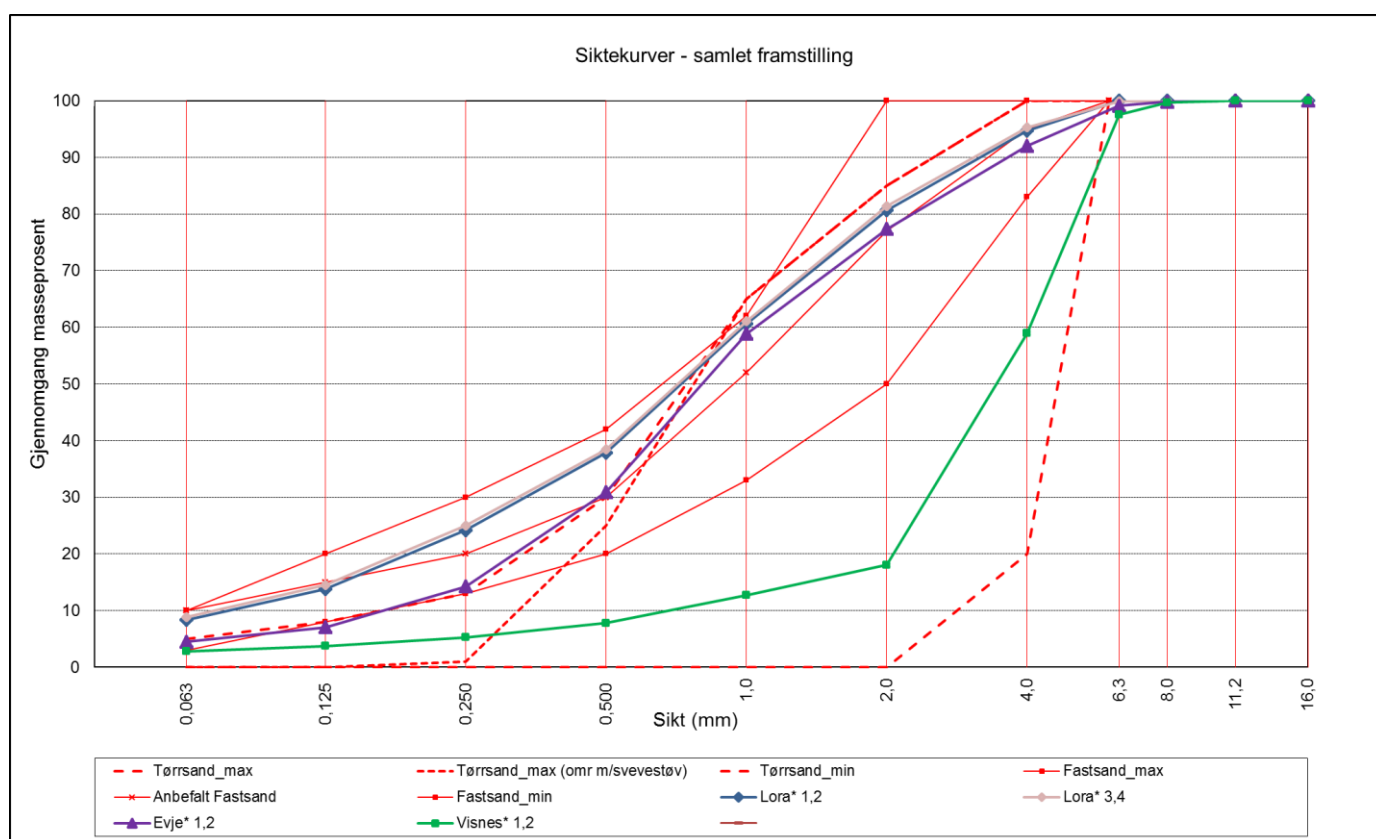


Figur 16: Friksjonsmåler RoAR Mark 6 i aksjon i forbindelse med testen.

### 3. Resultater og vurderinger

#### 3.1 Siktekurver m.m.

Siktekurver for sandmaterialene som inngikk i forbindelse med testen er inntatt i figur 17. For «Lora» massen ble det tatt ut prøve også forut for testen for bedre/sikrere å kunne vurdere egnethet med tanke på fastsand, derav to kurver for denne massetypen. Kurvene i figur 17 representerer gjennomsnittet av to siktinger (to kurver). Det er standard å sikte to prøver per prøveuttak. Antallet tilgjengelige kurver er derfor det dobbelte av det som fremgår av figur 17. Kurvene er «slått sammen» for at ikke figuren skal bli for «uryddig».



Figur 17: Siktekurver for de benyttede sandtyper i forbindelse med testen.

Av figur 17 ser en at «Lora» massen følger anbefalt kurve for fastsand rimelig bra. Finstoffinnhold omtrent som anbefalt, men noe mer materiale i mellomfraksjonene enn det som følger av anbefalt kurve. Vanninnhold i størrelsesorden 3-4 prosent.

«Evje» massen følger grensekurven for tørrsand («Tørrsand\_max»). Kunnskap fra tidligere feltforsøk (sandtester mm) tilsier at massen vil kunne gi godt friksjonstilskudd ved tørrsanding (øvre sjikt av mulig oppnåelig friksjonstilskudd) (2). Omkring fire prosents finstoffinnhold. Vanninnhold i størrelsesorden fem prosent.

Strøsingelen «Visnes» skiller seg klart fra de to andre sandtypene. Den er grovere og nærmer seg nedre grensekurve («Tørrsand\_min»). Tidligere tester med massen har ikke gitt særlig bra resultater med tanke på friksjonstilskudd (nedre sjikt av oppnådde friksjonstilskudd). Massen ble inkludert for



å teste varmsandutstyret med en ensgradert og grovere masse. Omkring to prosent vann i denne massen.

Figur 18-20 viser de ulike massetyperne som ble benyttet i forbindelse med testen. Et bilde per massetype viser massen før tørking på lab, Det andre viser massen etter vasking (vekkvasking av finstoff før ny tørking og sikting).



**Figur 18:** Fastsandmateriale – «Lora» 0/4 mm knust natur. Prøve etter vasking (før sikting) på bildet til høyre.



**Figur 19:** Varmsandmateriale – «Evje» 0/4 mm siktet natur. Prøve etter vasking (før sikting) på bildet til høyre.



Figur 20: Varmsandmateriale – «Visnes» 2/7 mm knust strøsingel. Prøve etter vasking (før sikting) på bildet til høyre.

### 3.2 Visuelt resultat

I det påfølgende er inntatt en del bilder som dokumenterer sprederesultatene fra testen. Figur 21-24 viser fastsand- og varmsandresultatene fra feltutleggingen på flystripa den 30. januar. Hektisk i forbindelse med testen så billedutvalget er noe begrenset.



Figur 21: Fastsand Falköping flystripa (med 0/4 mm Lora). Bilde tatt ifbm friksjonsmåling på morgenen dagen etter feltutlegging.



Figur 22: Fastsand Schmidt flystripa (med 0/4 mm Lora).



**Figur 23: Fastsand Epoke flystripe (med 0/4 mm Lora).**



**Figur 24: Varmsand Polarmatic flystripe (med 0/4 mm Evje).  
Bilde tatt ifbm friksjonsmåling på morgenen dagen etter feltutlegging.**

Figur 25-27 viser «ringavstand» for de tre fastsandsprederene ved 22-23 km/t. Figur 26 og 27 eksemplifiserer også fastsandresultat med overskudd av vann (korrekt mengde vann, for lite sand). Friksjonsresultater omtrent som for felt med vanntilsetning iht. anbefalt (omkring 30 vekt-% vann for tilfellene avbildet i figur 26 og 27) for feltene med «for mye» tilsatt vann.



**Figur 25: Falköping E136**

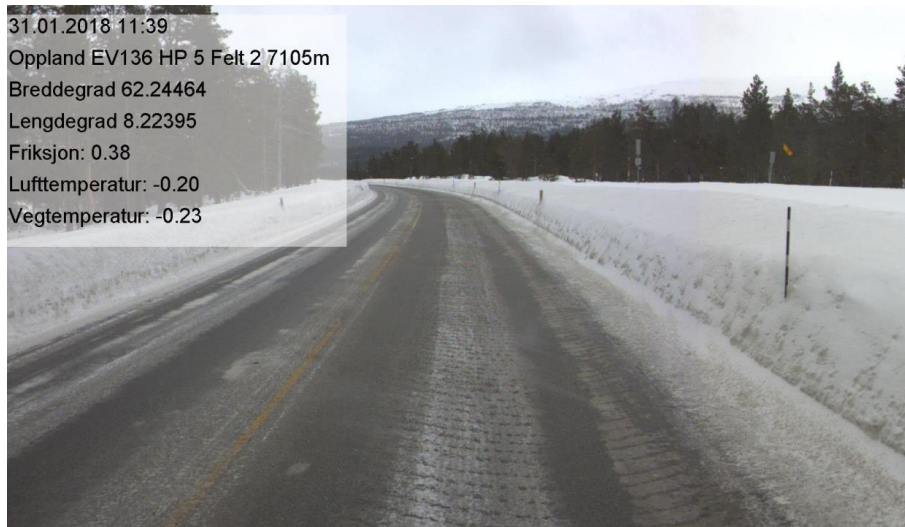


**Figur 26: Epoke Brekkelivegen**

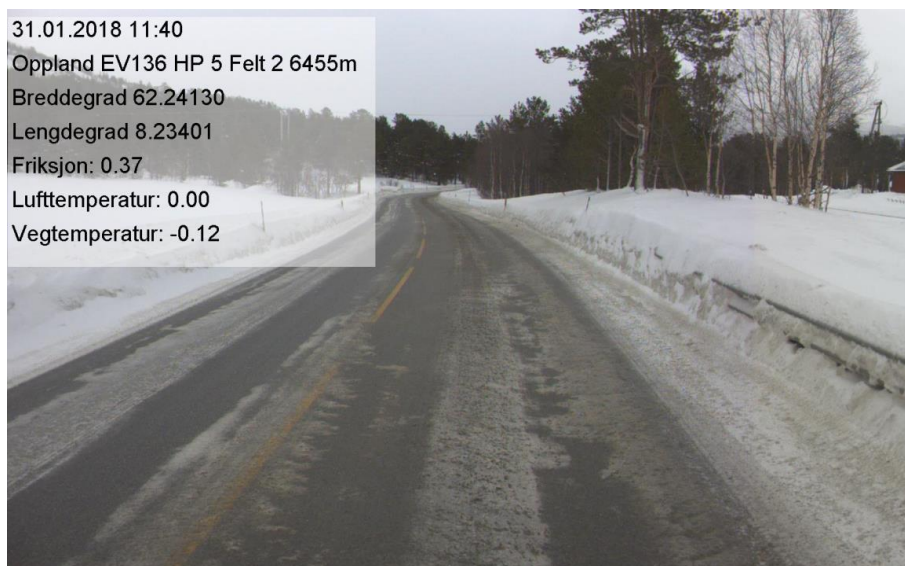


**Figur 27: Schmidt Brekkelivegen**

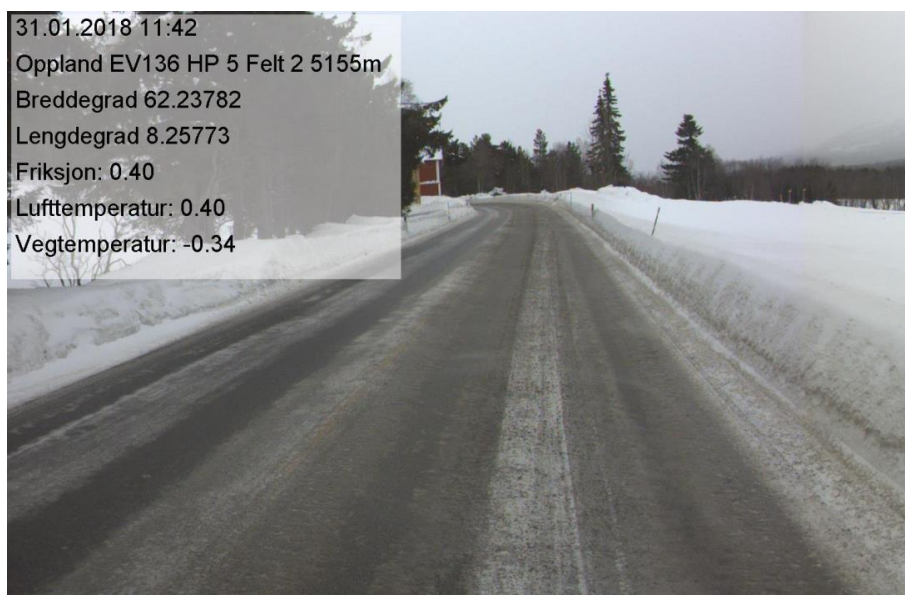
Figur 28-36 viser fastsandresultat ved ulike (økende) spredeshastighet på E136. Ett bilde per spredeshastighet er medtatt for hver av de tre sprederne. Av bildene kan en se at spredemønstret («fastsandringene») ser ut til å bli mindre karakteristisk (mer uryddig) når spredeshastigheten øker, hvilket samsvarer med observasjoner i felt. Friksjonsforbedringen rett etter utlegging, jfr. avsnitt 3.5, økte med økende spredeshastighet, men en har ingen målinger med tanke på varighet. Basert på det en så i felt, og ser av bildene her, tror en likevel at varigheten vil være dårligere (mer uryddig spredebilde, mindre karakteristisk fastsandmønster) for tiltakene som ble utført ved hastigheter utover det som er gjeldende anbefaling per i dag.



**Figur 28: Falköping, spredehastighet 22-23 km/t.**

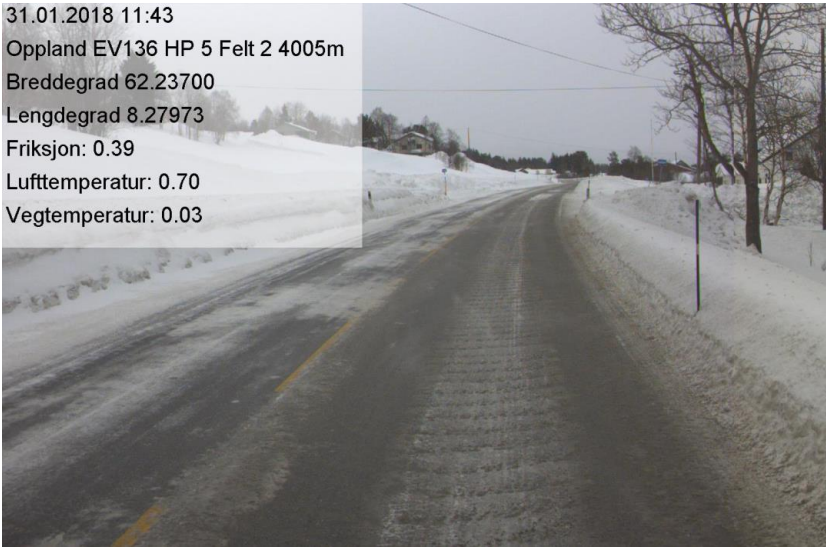


**Figur 29: Falköping, spredehastighet 27-28 km/t.**



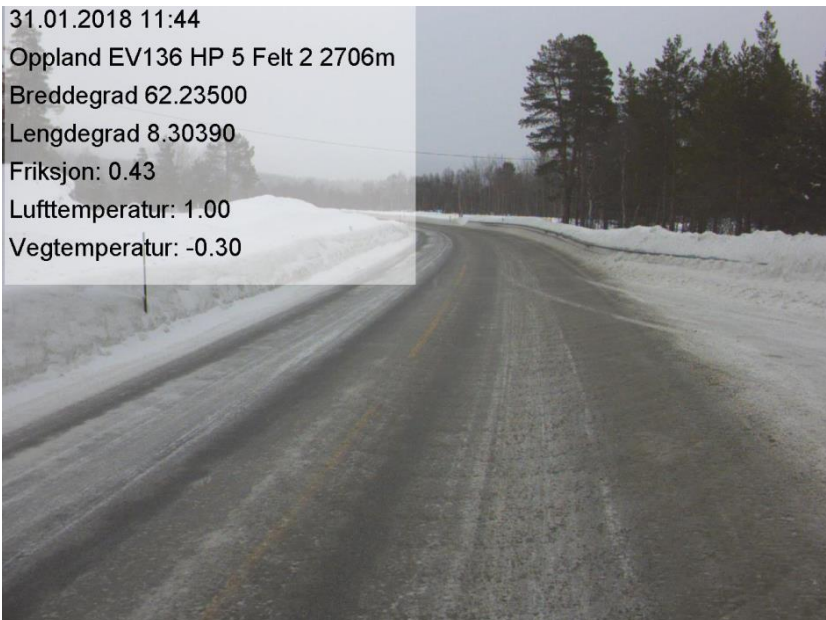
**Figur 30: Falköping, spredehastighet 32-33 km/t.**

31.01.2018 11:43  
Oppland EV136 HP 5 Felt 2 4005m  
Breddegrad 62.23700  
Lengdegrad 8.27973  
Friksjon: 0.39  
Lufttemperatur: 0.70  
Vegtemperatur: 0.03



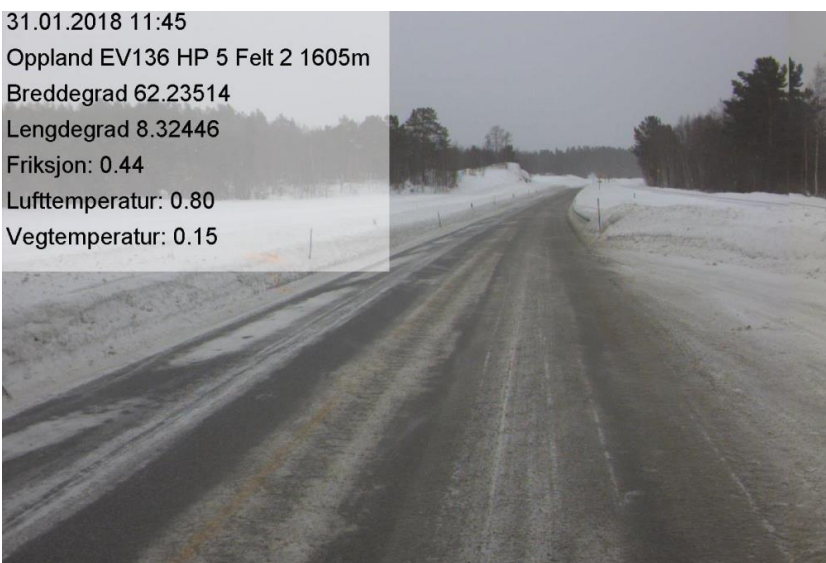
**Figur 31: Epoke, spredehastighet 23-33 km/t.**

31.01.2018 11:44  
Oppland EV136 HP 5 Felt 2 2706m  
Breddegrad 62.23500  
Lengdegrad 8.30390  
Friksjon: 0.43  
Lufttemperatur: 1.00  
Vegtemperatur: -0.30



**Figur 32: Epoke, spredehastighet 27-28 km/t.**

31.01.2018 11:45  
Oppland EV136 HP 5 Felt 2 1605m  
Breddegrad 62.23514  
Lengdegrad 8.32446  
Friksjon: 0.44  
Lufttemperatur: 0.80  
Vegtemperatur: 0.15



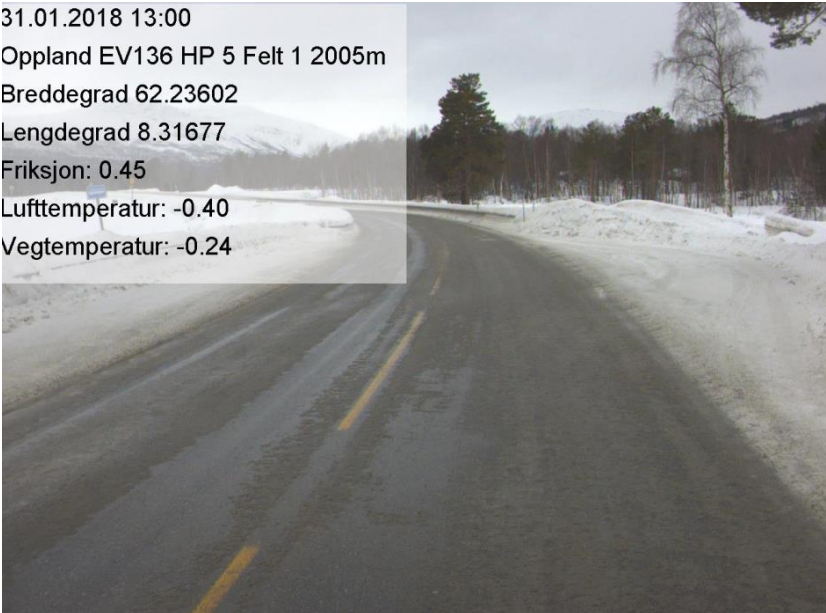
**Figur 33: Epoke, spredehastighet 32-33 km/t.**

31.01.2018 12:59  
Oppland EV136 HP 5 Felt 1 471m  
Breddegrad 62.23091  
Lengdegrad 8.34369  
Friksjon: 0.37  
Lufttemperatur: 0.20  
Vegtemperatur: -0.85



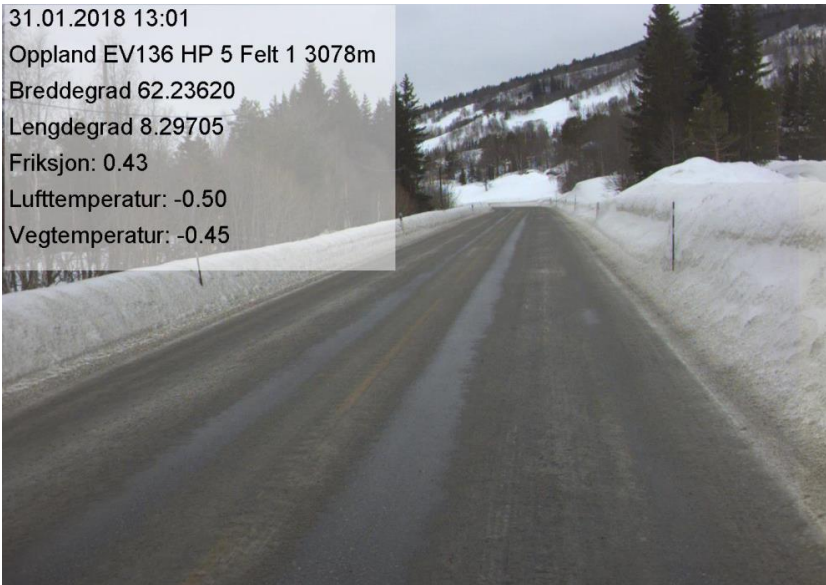
**Figur 34: Schmidt, spredehastighet 22-23 km/t. Mildvær og restsalt gjør at det er bart i ytre hjulspor.**

31.01.2018 13:00  
Oppland EV136 HP 5 Felt 1 2005m  
Breddegrad 62.23602  
Lengdegrad 8.31677  
Friksjon: 0.45  
Lufttemperatur: -0.40  
Vegtemperatur: -0.24



**Figur 35: Schmidt, spredehastighet 27-28 km/t. Bare flekker gjør det vanskeligere å sammenlikne friksjon med andre spredere.**

31.01.2018 13:01  
Oppland EV136 HP 5 Felt 1 3078m  
Breddegrad 62.23620  
Lengdegrad 8.29705  
Friksjon: 0.43  
Lufttemperatur: -0.50  
Vegtemperatur: -0.45



**Figur 36: Schmidt, spredehastighet 32-33 km/t. Bare flekker gjør det vanskeligere å sammenlikne friksjon med andre spredere.**

Figur 37-41 eksemplifiserer sprederesultatene fra feltutleggingen av varmsand, tørrsand og fastsand på Brekkelivegen den 31. januar 2018. Denne feltutleggingen ble gjennomført etter utleggingen på E136 og inkluderte test av varmsandutstyret med et helt annet materiale (2/7 mm strøsingel) enn det som ble testet på flystripa dagen før.



Figur 37: Varmsand Brekkelivegen (2/7 mm Visnes)



Figur 38: Varmsand Brekkelivegen (2/7 mm Visnes).



Figur 39: Tørrsand Epoke Brekkelivegen (0/4 mm Lora).



Figur 40: Fastsand Epoke Brekkelivegen (0/4 mm Lora).



Figur 41: Fastsand Schmidt Brekkelivegen (0/4 mm Lora).

### 3.3 Utlagte mengder

Tabell 1 og 2, med utfyllende kommentarer, sammen med figur 42 oppsummerer resultatene med tanke på utlagte mengder. En mer komplett oversikt over (bearbejdede) data/registreringer fra feltforsøket, herunder sjekk spredere, kalibrering, tidspunkt, feltinndeling, mengder, friksjonsdata med mer, er inntatt i vedlegg 1 og 2, men utelatt her for at ikke fremstillingen skal bli for kompleks.

Kjennskap til dataene (vedlegg 1 og 2) sammen med kunnskap om mengdekontroll generelt (fra en lang rekke feltforsøk) ligger til grunn for de påfølgende kommentarer og vurderinger knyttet til mengde- og mengdekontrollresultatene. Det vises til nevnte vedlegg 1 og 2.

Før en går videre bør nok følgende forklares/bemerkes:

- *Innstilt mengde og bredde* lik henholdsvis  $180 \text{ g/m}^2$  og  $3,0 \text{ m}$  for samtlige felt. Spredene ble *dog justert slik (tallerkenhastighet) at reell spredbredde skulle være omkring  $2,8 \text{ m}$  («target bredde»)*, dvs. levere  $2,8$  meters bredde i felt når spredpanelet var innstilt på  $3,0$  meter. Økende spredbredde påvirker gjerne fastsandresultatet negativt. Spredbredden ble derfor begrenset noe (optimalisert!) for å redusere muligheten for at «ufornuftig/unødig» stor spredbredde skulle påvirke resultatene (utilsiktet eller uønsket).
- Gitt samsvar mellom innstilt og reell utlagt mengde (korrekt spredere) vil det være å *forvente at dukoppsamlet mengde overstiger innstilt mengde noe (10-15 %)*. Dette fordi utlagt mengde varierer over spredetverrsnittet (3). Med andre ord bør en forvente i størrelsesorden  $200 \text{ g/m}^2$  på dukene gitt korrekt spredere (alt i mellom  $180\text{-}210 \text{ g/m}^2$  må kunne betraktes som bra).
- *Reell spredbredde* er den bredden en har målt i felt etter feltutleggingen.



- *Korrigert mengde* er viktig for å vurdere resultatene med tanke på spredernøyaktighet ved avvik mellom innstilt (her: innjustert) og reell spreddebredde (reell bredde for forsøksfeltet). Reell bredde større enn innstilt vil medføre mindre mengder sand per duk og tilsynelatende mengdeavvik/sprederunøyaktighet, og visa versa.
- Min ~ minste mengde (sand, vann) per felt. Max ~største mengde (sand, vann) per felt.
- Gj.snitt ~ snittmengde basert på seks målinger (duker). SD ~ standardavvik for serien (seks duker).
- Ønsket (innjustert) vanntilsetning ~ 19 vekt-% («target verdi» vanntilsetning).
- Tils. vann\* ~ vanntilsetningsprosent gitt «korrekt» mengde på duk, her beregnet med 200 g/m<sup>2</sup> som «korrekt» mengde sand (på duken).
- *Tilsatt vann/Tils. vann\** (vanntilsetningsprosenten) påvirkes av vanninnholdet i sanden. Minner om at vanninnholdet i massene var 3-4, 5 og 2 prosent for henholdsvis «Lora», «Evje» og «Visnes». Det kan også tenkes at noe snø/is fester seg til dukene i forbindelse med feltutleggingen. Dette vil i så tilfelle resultere i vanntilsetningsprosent høyere enn reelt (som følge av sprederens vanntilsetning).

**Tabell 1: Resultater – oppsamling på duk, feltutlegging flystripe 30. januar 2018**

<b>Falköping - fastsand Lora, flystripe felt 1</b>						Reell bredde: 2,50 – 2,60 m Korrigert mengde: 183 g/m <sup>2</sup> Kommentar: Reell bredde noe smalere enn innjustert bredde. Korrigert mengde derfor noe mindre enn gjennomsnittet på duker. Bra resultat, men grunn til å anta at utlagt mengde var noe lavere enn innstilt. Vanntilsetning (spreder) i størrelsesorden 22 vekt-% (korrigert for vanninnhold i masse).	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Gj.snitt</b>	<b>SD</b>	<b>Tils. vann*</b>		
<b>Utlagt sand</b>	173	227	201	19	-		[g/m <sup>2</sup> ]
<b>Utlagt vann</b>	43	63	54	7	-		
<b>Tilsatt vann</b>	24	28	27	2	27	[vekt-%]	
<b>Schmidt - fastsand Lora, flystripe felt 2</b>						Reell bredde: 2,80 – 2,90 m Korrigert mengde: 125 g/m <sup>2</sup> Kommentar: Spreddebredde og vanntilsetning «spot on». Betydelig avvik med tanke på utlagt mengde (sand). Årsak uviss, resultatene fra kalibrering/sjekk mengder tilsier ikke at en skulle fått avvik som her. Vanntilsetning (spreder) i størrelsesorden 20 vekt-% (korrigert for vanninnhold i masse).	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Gj.snitt</b>	<b>SD</b>	<b>Tils. vann*</b>		
<b>Utlagt sand</b>	103	145	123	17	-		[g/m <sup>2</sup> ]
<b>Utlagt vann</b>	41	60	48	7	-		
<b>Tilsatt vann</b>	34	45	42	4	24	[vekt-%]	
<b>Epoke - fastsand Lora, flystripe felt 3</b>						Reell bredde: 2,70 – 2,80 m Korrigert mengde: 200 g/m <sup>2</sup> Kommentar: Spreddebredde og mengder (sand og vann) helt iht. ønsket/innstilt. Vanntilsetning (spreder) i størrelsesorden 21 vekt-% (korrigert for vanninnhold i masse).	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Gj.snitt</b>	<b>SD</b>	<b>Tils. vann*</b>		
<b>Utlagt sand</b>	169	229	204	23	-		[g/m <sup>2</sup> ]
<b>Utlagt vann</b>	46	57	51	4	-		
<b>Tilsatt vann</b>	23	27	25	2	25	[vekt-%]	
<b>Polatmatic/Falköping - varmsand Evje, flystripe felt 4</b>						Reell bredde: 2,70 – 2,80 m Korrigert mengde: 101 g/m <sup>2</sup> Kommentar: Spreddebredde «spot on». Betydelig avvik med tanke på utlagt mengde (sand). Årsak uviss og intet slikt avvik påfølgende dag. Total utlagt mengde ifbm feltutlegging var rundt 800 kg, mens en skulle forventet omkring 1200 kg. «Tilsatt vann» omtrent lik massens vanninnhold (5 %).	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Gj.snitt</b>	<b>SD</b>	<b>"Tils. vann*"</b>		
<b>Utlagt sand</b>	93	115	103	9	-		[g/m <sup>2</sup> ]
<b>"Utlagt vann"</b>	4	9	6	2	-		
<b>"Tilsatt vann"</b>	3	9	6	2	-	[vekt-%]	

**Tabell 2: Resultater – oppsamling på duk, feltutlegging Brekkelivegen 31. januar 2018**

<b>Polarmatic/Falköping - varmsand Visnes, tilførselsvei felt 1</b>					
	Min	Max	Gj.snitt	SD	"Tils. vann*"
Utlagt sand	79	146	113	23	-
"Utlagt vann"	2	6	4	2	-
"Tilsatt vann"	2	6	4	2	-
					[g/m <sup>2</sup> ]
					[vekt-%]

Reell bredde: 5,0 – 5,5 m  
Korrigert mengde: 212 g/m<sup>2</sup>  
Kommentar: «Prøveutlegging» ikke gjennomført. Store avvik mtp spredebredde ikke avslørt før utlegging av prøvefelt. Korrigert mengde omtrent som en skulle forvente gitt korrekt spredning. Ok samsvar mellom «Tilsatt vann» og vanninnhold i massen iht. labanalyse (2 %).

<b>Epoke - tørrsand Lora, tilførselsvei felt 2</b>					
	Min	Max	Gj.snitt	SD	"Tils. vann*"
Utlagt sand	98	134	123	13	-
"Utlagt vann"	6	16	10	3	-
"Tilsatt vann"	5	12	9	2	-
					[g/m <sup>2</sup> ]
					[vekt-%]

Reell bredde: 3,8 – 4,0 m  
Korrigert mengde: 171 g/m<sup>2</sup>  
Kommentar: Avvik mtp spredebredde som vil være typisk om ikke spredebredden tilpasses/optimaliseres før forsøket (ikke gjort her). Korrigert mengde ok, (lite sand igjen i spredningen). Høy «Tilsatt vann» prosent kan skyldes tilfeldigheter eller tap av masse fra felt til tørking (dårlig pakke duker).

<b>Epoke - fastsand Lora, tilførselsvei felt 3</b>					
	Min	Max	Gj.snitt	SD	Tils. vann*
Utlagt sand	115	145	131	12	-
Utlagt vann	31	40	37	3	-
Tilsatt vann	26	30	28	2	18
					[g/m <sup>2</sup> ]
					[vekt-%]

Reell bredde: 2,8 -3,0 m  
Korrigert mengde: 136 g/m<sup>2</sup>  
Kommentar: Spredebredde ok. Noe bredere og mer variabel enn på flystripa, hvilket kan skyldes begynnende tomgang i spredningen. Avviket mtp utlagt mengde sand skyldes nok det samme. Noe for lav vanninnsetning (spredningen) dersom resultatene fra oppsamling på duk legges til grunn.

<b>Schmidt - fastsand Lora, tilførselsvei felt 4</b>					
	Min	Max	Gj.snitt	SD	Tils. vann*
Utlagt sand	89	146	114	21	-
Utlagt vann	25	41	34	6	-
Tilsatt vann	25	40	30	5	17
					[g/m <sup>2</sup> ]
					[vekt-%]

Reell bredde: 2,7 – 2,8 m  
Korrigert mengde: 112 g/m<sup>2</sup>  
Kommentar: Spredebredde «spot on». Avvik mtp utlagt mengde (sand) omtrent som på flystripa. Tilsynelatende (?) noe lav (og mer varierende) vanninnsetningsprosent. Uvisst om dette er reelt, skyldes naturlig (tilfeldig) variasjon eller forhold knyttet til f.eks. gjennomføringen/målemetoden.

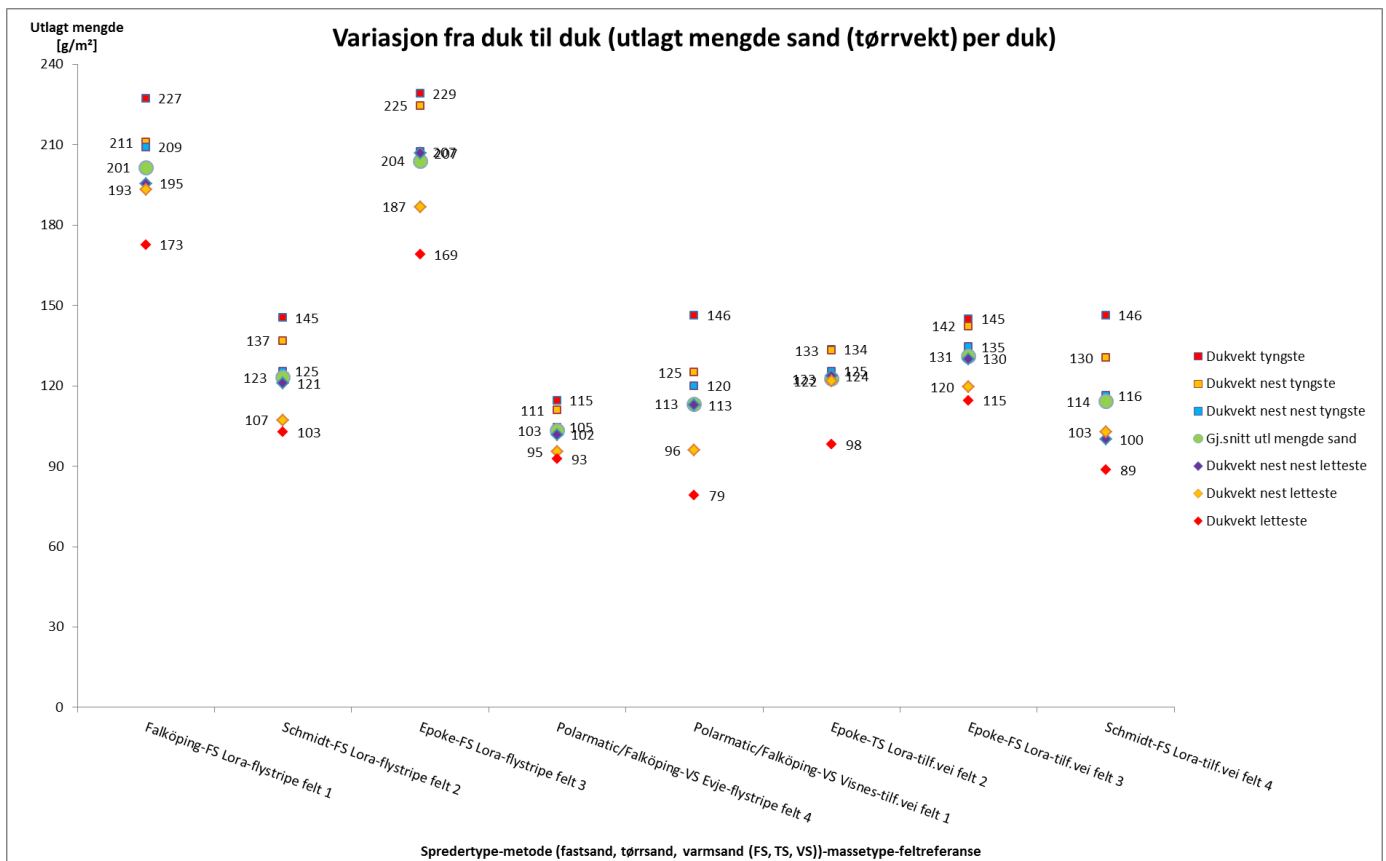
Figur 42 viser et plott av utlagt mengde sand (per duk). Seks duker per felt resulterer i seks punkter i diagrammet. Gjennomsnittet av serien (seks duker) er også plottet. Mye arbeid når en skal legge ut seks duker per felt, men nyttig i ettertid når resultater skal vurderes. Likedan behagelig å ha flere målinger dersom variasjonen/spredningen skulle være stor.

Noe spredning, men ikke avskrekkende variasjon i forbindelse med dette feltforsøket. De fleste målingene ligger innenfor ±15 % av seriens gjennomsnittsverdi. Hadde Schmidt spredningen levert mengde opp i mot innstilt (unngått det «systematiske» avviket) ville dette vært meget bra resultater. De øvrige avvikene (med unntak for første utlegging med varmsandsprederen) kan forklares med basis i forskjeller mellom innstilt og reell spredebredde samt begynnende tomgang (tomt for sand) i spredning.

Basert på kjennskap til resultatene (vedlegg 1 og 2), samt det som er skrevet over, vil en oppsummere som følger:

- Bra resultater med tanke på tilsatte vannmengder. Schmidt og Epoke spredningen lot seg enkelt kalibrere i så måte, noe mer utfordrende for Falköpingen, jfr. neste kulepunkt.

- Falköping har ingen pulsgeber på vanntilsetningspumpa<sup>2</sup>. Pumpa er derimot seriekoblet med skruene hvilket innebærer at pumpas hastighet (omdr/min) avtar med økende sandfaktor/kalibreringsverdi (utmatet mengde sand per skruedreining) og omvendt<sup>3</sup>. PWM-verdi<sup>4</sup> lik 70 % ved sandfaktor omkring 6,0 kan være ok, men verdien vil måtte økes med økende sandfaktor/kalibreringsverdi. Et viktig spørsmål blir om pumpe/sprederen leverer tilstrekkelig med vann i tilfeller hvor det benyttes sand med høy kalibreringsverdi, eksempelvis 0/4 mm av knust fjell. Resultatene fra denne testen tyder på at pumpe/sprederen kan ha problemer med å levere tilstrekkelig med vann når kalibreringsverdien nærmer seg 7,0.



Figur 42: Utlagte mengder på duk – flystripe og Brekkelivegen (tilf.vei).

- For å kunne kontrollere og eventuelt justere vanntilsetningen på en Falköping fastsandspreder må en kjenne (kalibrere) eller ha en formening om typisk kalibreringsverdi for massen en bruker, veie oppsamlet vann fra en simulert utlegging (med eller uten sand), beregne vanntilsetningsprosent ( $(\text{kg vann (veid)} / \text{kg sand (i følge sprederpanel)}) \cdot 100 \%$ ) og så justere på PWM-verdien til en oppnår samsvar mellom reell og ønsket vanntilsetningsprosent (ca. 19 vekt-%).
- Meget bra samsvar mellom innstilt/innjustert spredebredde og reell spredebredde i de tilfeller hvor dette ble gjort (noe avvik for Falköping sprederen, men akseptabelt (ca. 10 % smalere ifbm feltutlegging enn ifbm innjustering)). Betydelige avvik mellom innstilt og reell spredebredde i de

<sup>2</sup> Gjelder bare Falköpings «tradisjonelle» fastsandspreder (den tradisjonelle befruktningssprederen med brennerenhet) og ikke den nyere/videreutviklede varianten spreder benevnt kombispreder (Falköping fastsands-kombispreder).

<sup>3</sup> Utlagt mengde skal være den samme uavhengig av sandfaktor/kalibreringsverdi ved ellers like forutsetninger (lik innstilt mengde og bredde, kjørehastighet og strekning). Skruene, og dermed også pumpe, vil derfor måtte rotere saktere når utmatet mengde per skruedreining (kalibreringsverdien) øker.

<sup>4</sup> PWM er den parameteren i sprederens styringsenhet (Falköping) som bestemmer og muliggjør endring av vanntilsetningen (vanntilsetningsprosenten).

tilfeller hvor feltutlegging ble gjennomført uten sjekk/innjustering. Tilfredsstillende å se at spredere- og spredbredeoptimalisering gir resultater.

- Falköping og Epoke leverte godt (iht. innstilt) med tanke på utlagt sandmengde. For Schmidt sprederen hadde en betydelige avvik på tross av kalibrering. Verifisering av kalibreringen før oppstart på dag to gav heller ingen indikasjon på feil med kalibreringen (samsvar mellom vekt og spredpanel). Betydelig mengdeavvik også for varmsandsprederen på dag en (flystripa), mens resultatene for denne sprederen på dag to (Brekkelivegen) tyder på bra samsvar mellom innstilt og reell utlagt mengde (korrigert mengde). Ingen sikker forklaring med tanke på årsak til avvikene<sup>5</sup>.
- Ingen vanntilsetning for varmsand og tørrsand. Ser av resultatene i tabell 1 og 2 at det er bra samsvar mellom vanninnhold i massen (iht. sikteanalysen) og «Tilsatt vann» (vekt av duk med masse før vs. etter tørking). Avviket for tørrsand (9 % «Tilsatt vann» iht. dukresultater mot 3-4 % iht. tørking av prøver på lab) kan skyldes tilfeldigheter eller tap av masse fra felt til tørking.

Likedan vil en, med tanke på feltutleggingen på E136 hvor en ikke har mengdedata fra oppsamling på duker, anta følgende:

- Vanntilsetning i størrelsesorden 20-25 vekt-% for Epoke og Falköping spredere i forbindelse med feltutleggingen på E136. Trolig noe høyere for Schmidt sprederen på grunn av for liten utmatet sandmengde. Usikkert, men vanntilsetning i størrelsesorden 33-38 vekt-% kan benyttes som et estimat.
- Minner om at vanntilsetningsprosentene slik de fremkommer her representerer summen av tilsatt vann (sprederen) og vann (fuktighet) i sanden.
- Utlagt mengde for Falköping og Epoke i samme størrelsesorden som på flystripa dag en, dvs. omkring 200 g/m<sup>2</sup> rett bak sprederen. Utlagt mengde for Schmidt sprederen som for de øvrige felt i forbindelse med forsøket, dvs. omkring 120 g/m<sup>2</sup> rett bak sprederen.



Figur 43: «Tunellproblematikk» i spredere.



Figur 44: Teleklump (og øvrig «klumping») i massen.

<sup>5</sup> Trolig relatert til feil på sensor/giver på bil eller spredere. Feil på puls-/hastighetssignalet vil kunne gi slike avvik. Dette (pulssignalet) ble kontrollert for samtlige bil/spredere forut for feltutleggingen (sjekk hastighetssamsvar bil vs. spredere (lik hastighet i spredpanel som i bilens ferdsskriver/speedometer)). Likedan ble det holdt øye med hastighet både i spredpanel og ferdsskriver ifbm selve feltutleggingen. Tilfredsstillende samsvar og ingen indikasjon på feil i så måte, men det kan nok like fullt tenkes at feil på hastighetssignalet er årsaken til avviket (varierende signal eller feil på signal (reell hastighet en annen enn det signalet skulle tilsi) inn til både bil og spredere.

Til slutt nevnes at det var frost/tele i «Lora» massen. Massen ble «løst opp» ved hjelp av hjullaster i forbindelse med lasting, men en opplevde tilfeller av «tunellproblematikk» (massen ryr ikke og blir stående i sprederen). Likedan var det som følge av tele en del klumper i massen. Slik problematikk kan resultere i mengdeavvik, men det er uvisst/tvilsomt om så har skjedd her. Uvisst også om tele i massen påvirker fastsandresultatet (negativt eller eventuelt positivt). Figur 43 og 44 viser «tunell i spreder» og klumper i massen.

### 3.4 Temperaturforløp (tilsatt vann)

Vanntemperatur (brennerytelse/-funksjon) ble kontrollert forut for feltforsøket. I tillegg ble det som allerede nevnt montert utstyr for fangst av vanntemperaturdata i forbindelse med feltutleggingen. Tabell 3 viser resultatene fra kontroll av vanntemperatur med termometer og probe, mens figurene 45-48 viser temperaturforløp for ulike feltutlegginger (data fra temperaturloggere).

**Tabell 3: Kontroll av vanntemperatur (manuelt – forut for og i forbindelse med feltforsøket)**

Spreder	Epoke	Falköping	Schmidt	
Maks.temp (brennerstopp)	102	96	106	°C
Min.temp	84	87	82	
Vanntemp, t = 5 min	-	93	-	

- i. Vanntemp for Epoke og Schmidt pendler såpass mye (mellom maks og min) at det ikke gir mening å angi en vanntemperatur etter 5 min (t = 5 min).

Gjeldende anbefaling, iht. SVV Rapporter nr. 369 Opplæring i vinterdrift for operatører, er vanntemperatur «på ca. 95 °C» (1). Schmidt og Epoke har forvarming av vannet (på tankene) til omkring 65 °C og tre brennere a 100 kW. Falköping forvarmer ikke vannet (på tankene) og har en større brenner a 300 kW. Når fastsandutlegging igangsettes vil temperaturen avta til brenneren(e) starter igjen. Deretter vil temperaturen (normalt) øke.

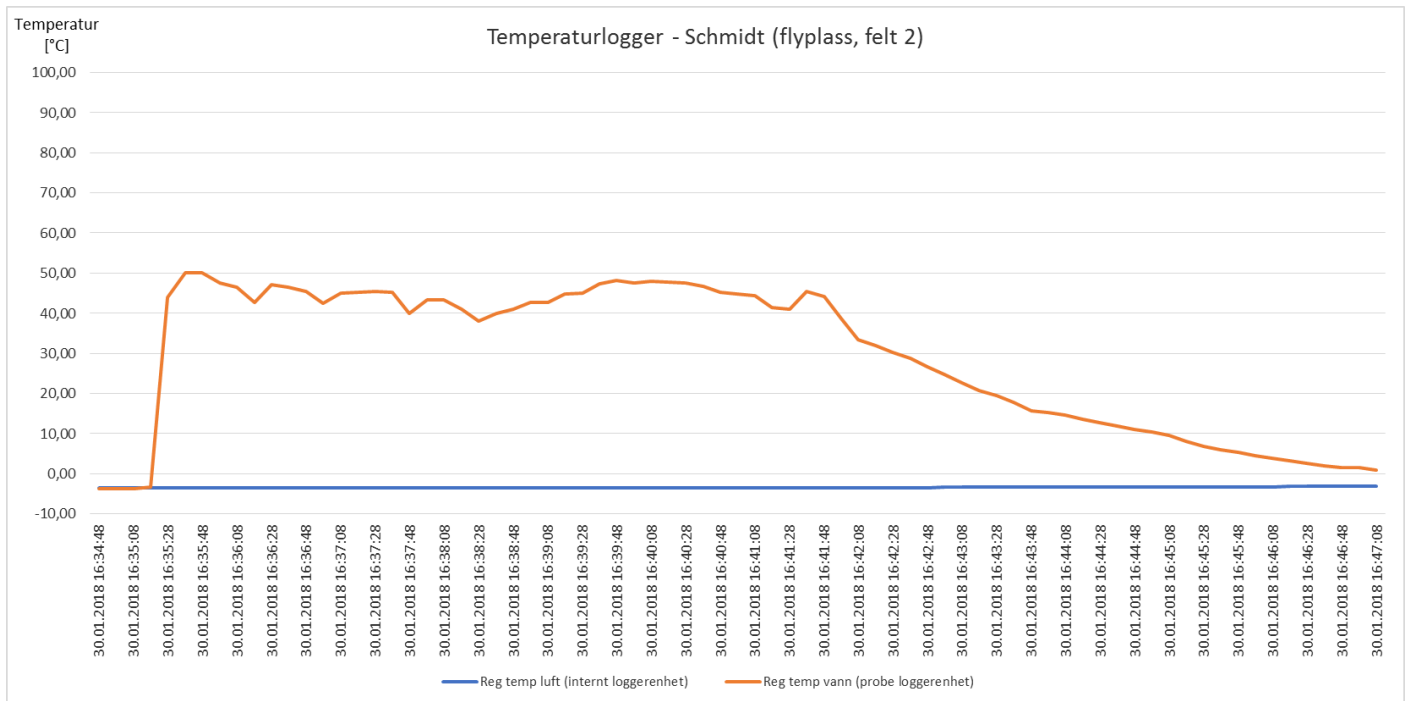
Noe høyere maksimumstemperatur for Schmidt og Epoke sprederen, men også noe lavere minimumstemperatur. Falköping leverer godkjent temperatur etter fem minutters drift (ca. 95 °C), mens det for Schmidt og Epoke sprederen ikke gir mening i å snakke om en vanntemperatur etter fem minutter, siden temperaturen her pendler forholdsvis mye/raskt mellom maks og min.

Figur 45 viser registrert/loggført vanntemperatur for Schmidt sprederen i forbindelse med feltutleggingen på flystripa den 30. januar. Her hadde brenneren slått seg av slik at det ble lagt ut fastsand med kun forvarmet vann. Vanntemperatur i størrelsesorden 40-50 °C på tilsatt vann. Ingen registreringer fra de øvrige sprederne (tap av data i forbindelse med nedlasting).

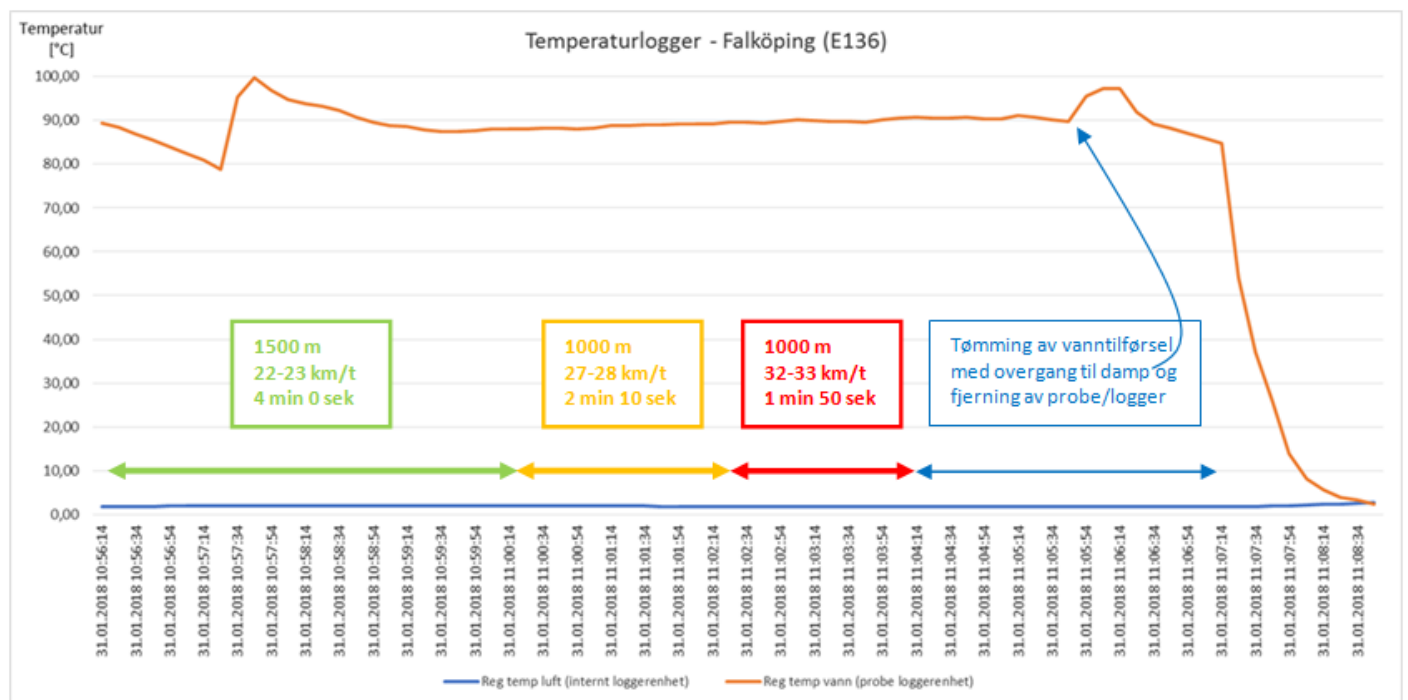
Friksjonsmessig oppnår Schmidt sprederen en del dårligere resultat for denne feltutleggingen enn de øvrige hvor brennerne var aktive (temperatur iht. anbefalt), jfr. avsnitt 3.5. Resultatene samsvarer i så måte med tidligere kunnskap og det en skulle forvente.

Figur 46-48 viser temperaturforløp for feltutleggingene på E136. Her ble det lagt ut fastsand ved ulike hastigheter, blant annet for å teste spredernes kapasitet med tanke på opprettholdelse av vanntemperatur. Ved 32-33 km/t vil utmatet mengde per tidsenhet være mer enn førti prosent

høyere enn ved 22-23 km/t. På forhånd hadde en derfor forventet å kunne se et dropp i temperaturforløpet.



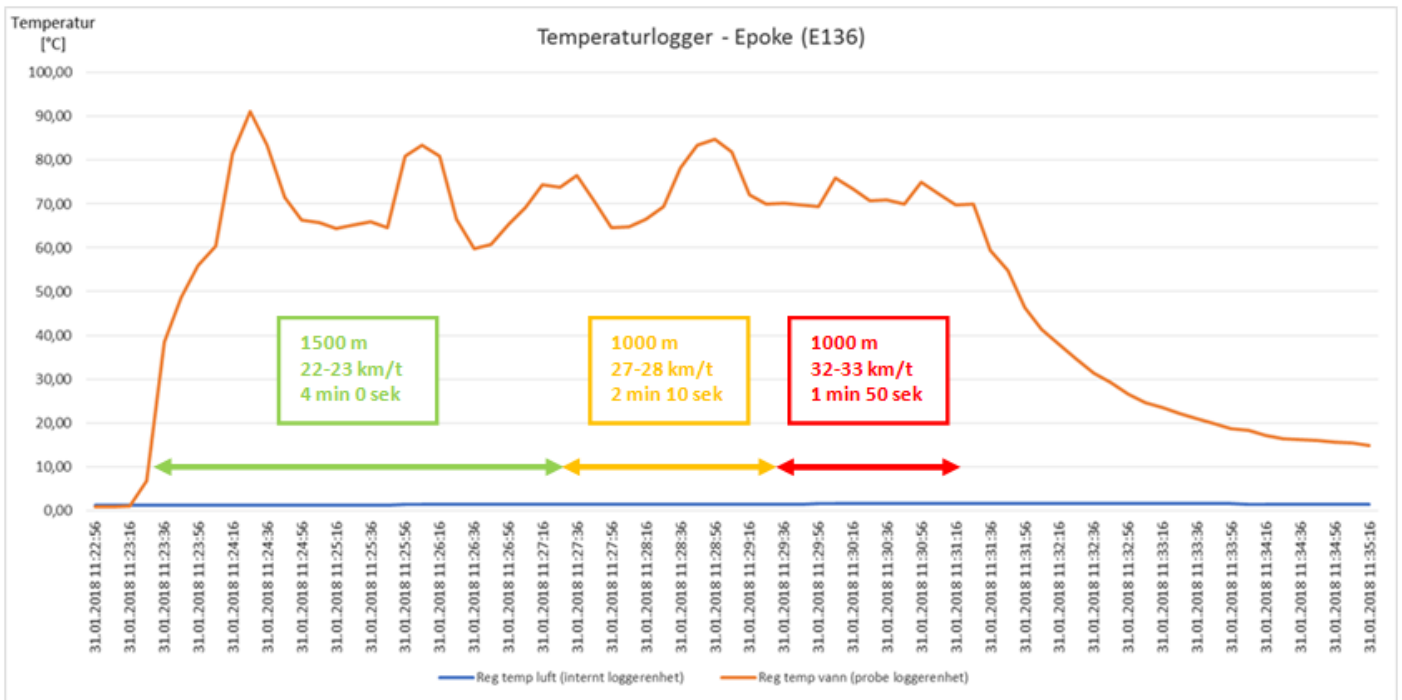
Figur 45: Registrert temperaturforløp Schmidt spreder, feltutlegging på flystripe 30. januar 2018.



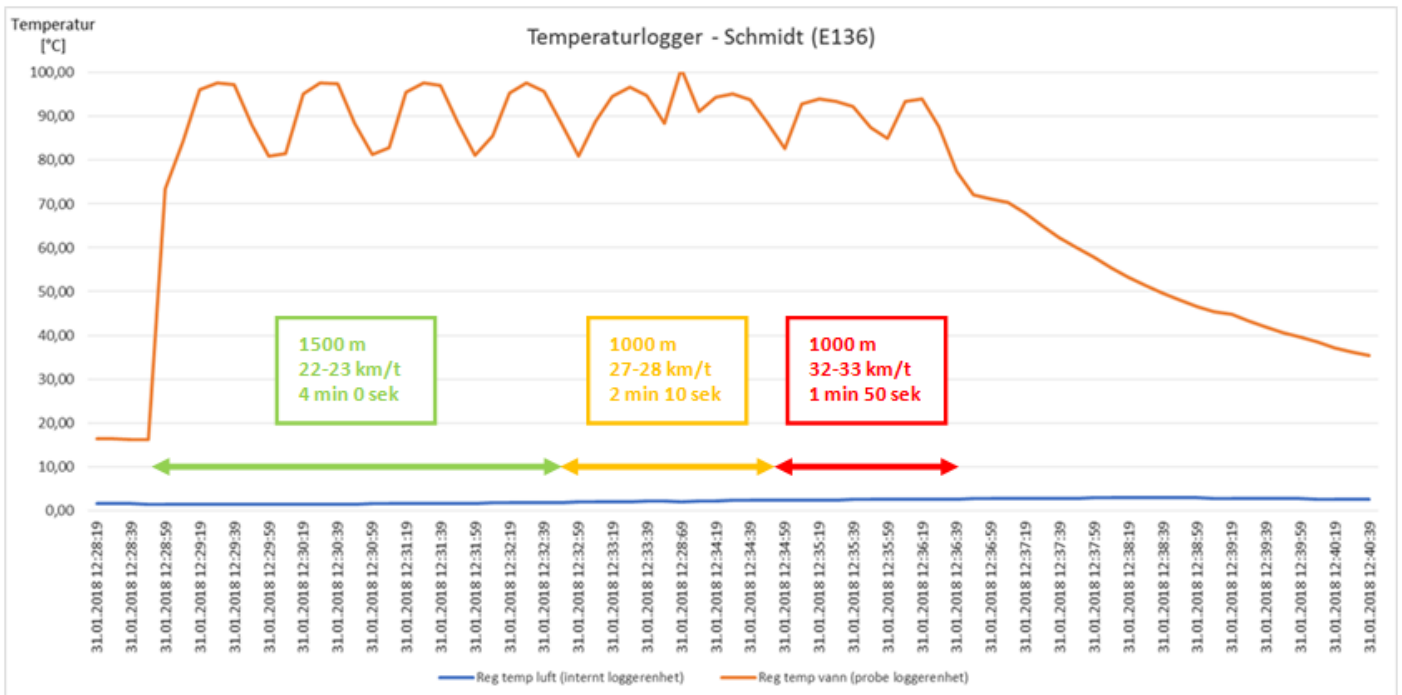
Figur 46: Registrert temperaturforløp Falköping spreder, feltutlegging på E136 31. januar 2018.

Jevn og stabil høy temperatur omkring 90 °C for Falköpingsprederen ved samtlige hastigheter. Temperaturforløpet for Schmidt- og Epokesprederen pendler mer. Forvarming av vannet (på

tankene) medfører at disse sprederne har en betydelig «overkapasitet» med tanke på leveranse av varmtvann. Når spredehastighet øker økes vannforbruket, brennerne jobber da mer kontinuerlig og pendlingen avtar, jfr. figur 47 og 48.



Figur 47: Registrert temperaturforløp Epoke spreder, feltutlegging på E136 31. januar 2018.



Figur 48: Registrert temperaturforløp Schmidt spreder, feltutlegging på E136 31. januar 2018.

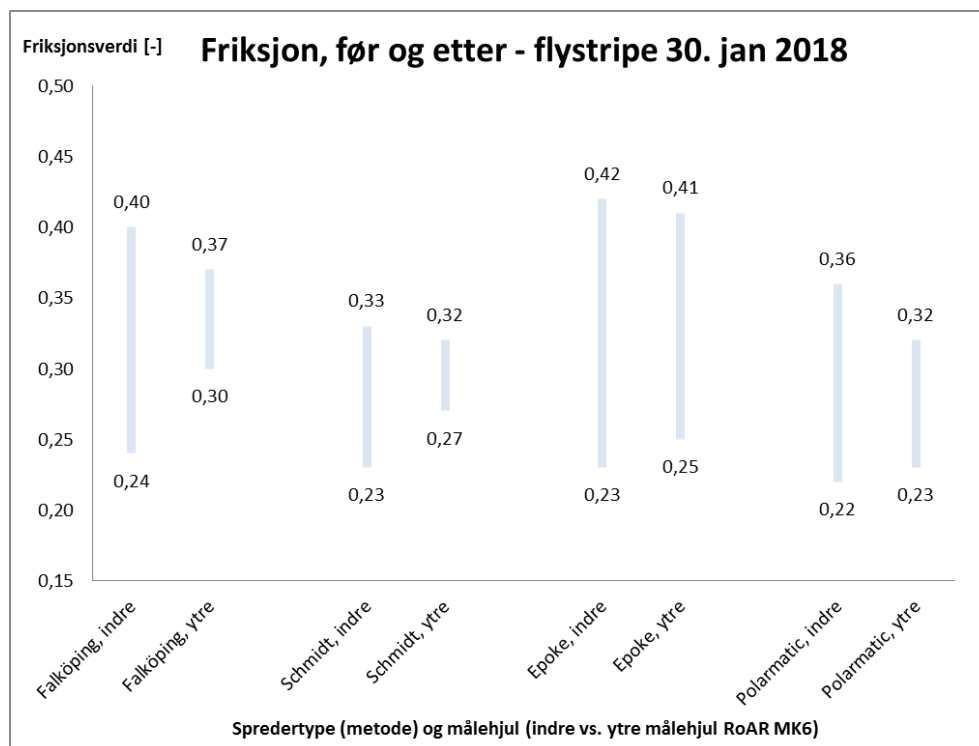
Vanntemperaturen pendler mellom 80-100 °C for Schmidtsprederen. Temperatur mellom 60-80 °C for Epoke. Den tilsynelatende lave vanntemperaturen for Epokesprederen skyldes høyst trolig at måleutstyret (sonden) ikke lot seg montere direkte i vannspruten, jfr. avsnitt 2.6.3 og tabell 3 over.

### 3.5 Friksjon

Figur 49-54 viser friksjonsresultatene fra testen. To ulike plott presenteres for hver feltstrekning. Først en figur (figur 49, 51 og 53) hvor en har plottet friksjon rett før og rett etter feltutlegging. Lengden av søylen representerer dermed friksjonstilskuddet («absolutt» friksjonstilskudd), samtidig som forskjeller i utgangsfriksjon synliggjøres.

I påfølgende figur (figur 50, 52 og 54) har en plottet «absolutte» friksjonstilskudd for strekningen i stolpediagram for å forenkle direkte sammenligning av friksjonstilskuddene. I disse figurene har en samtidig plottet «relativt» friksjonstilskudd, en tilnærming som korjterer for forskjeller i utlagt mengde. 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).

Ved store avvik mellom innstilt og utlagt mengde (på duker) vil «relativt» friksjonstilskudd overestimere i tilfeller der utlagt mengde er lavere enn innstilt. Motsatt, men mindre estimatfeil, i tilfeller hvor utlagt mengde overstiger innstilt mengde.

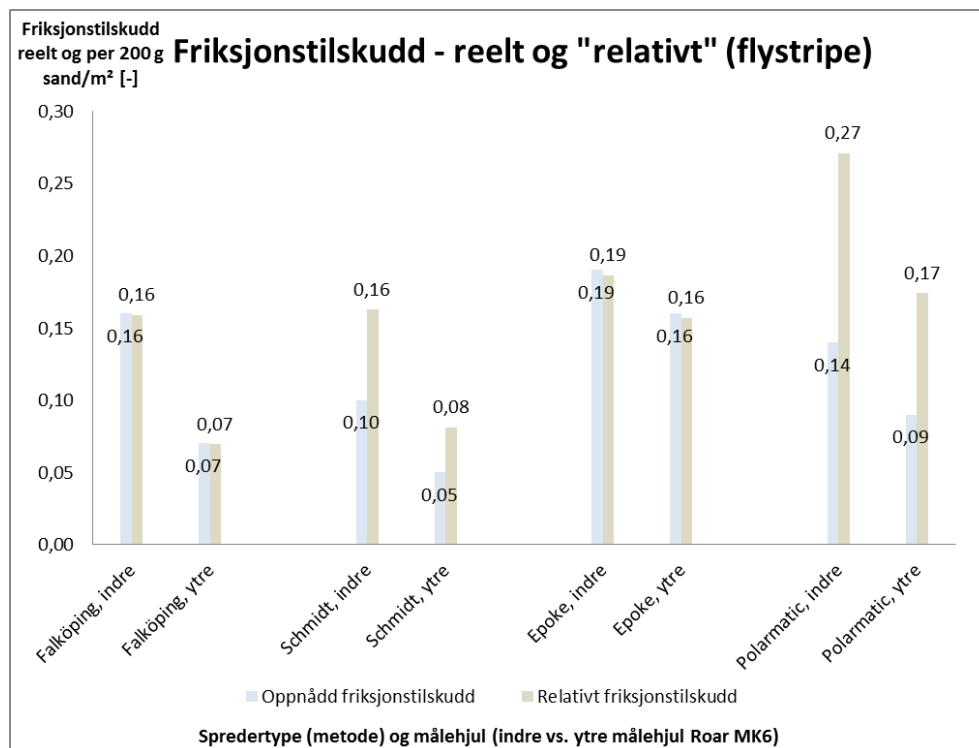


Figur 49: Friksjonsverdier før og etter feltutlegging på flystripa den 30. januar 2018.

Små forskjeller mellom de ulike sprederne i forbindelse med feltutleggingen på flystripa den 30. januar 2018. Schmidt og Polarmatic (varmsand) kommer tilsynelatende dårligere ut enn Falköping og Epoke, men ikke når en korjterer for forskjeller i utlagt mengde. Interessante resultater for varmsand (Polarmatic) når en korjterer for liten utlagt sandmengde. Reelt vil nok resultatet ligge et



sted mellom «absolutt» og «relativt» friksjonstilskudd, men resultatet må uansett kunne beskrive som bra. Epoke må kunne sies å komme best ut av fastsandsprederene her. Det vises til figur 49 og 50.

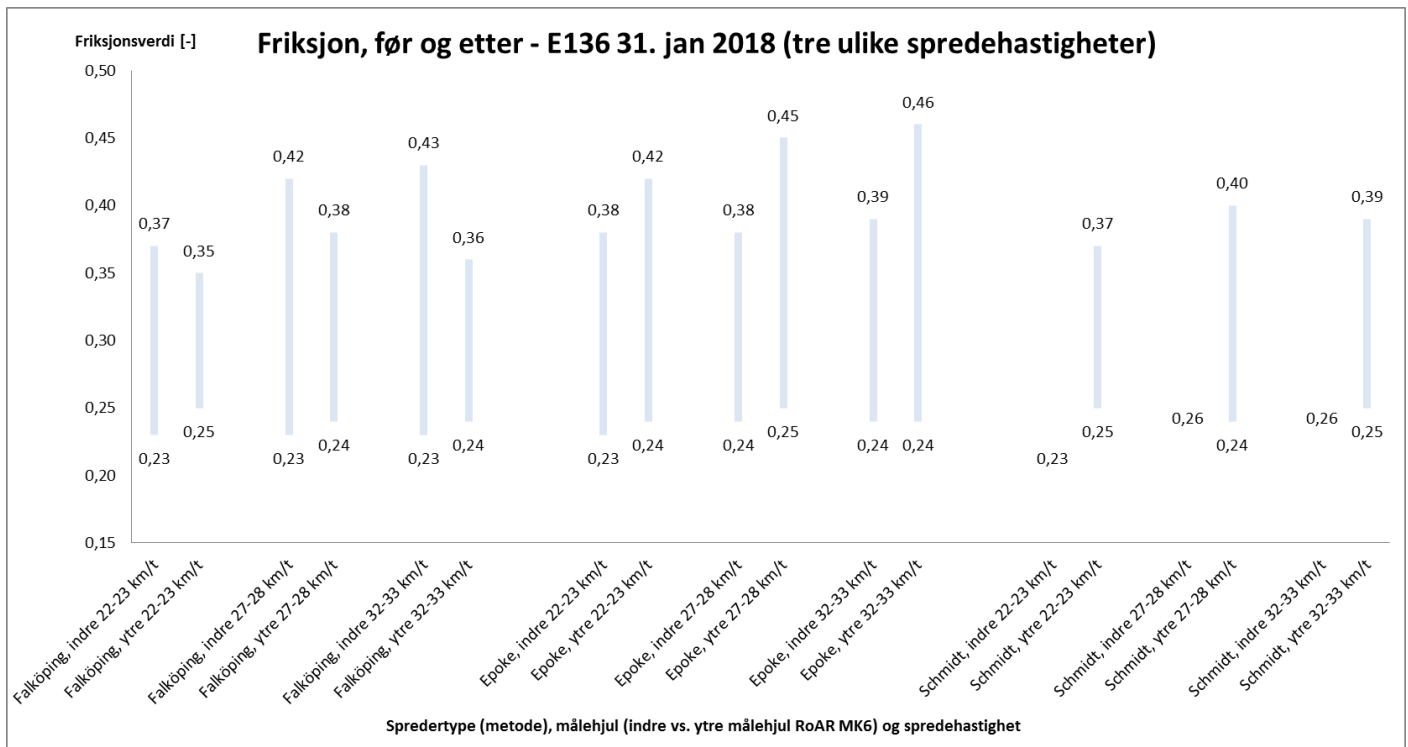


Figur 50: Oppnådd friksjonstilskudd («absolutt») og friksjonstilskudd per 200 g/m<sup>2</sup> utlagt sand («relativt»).

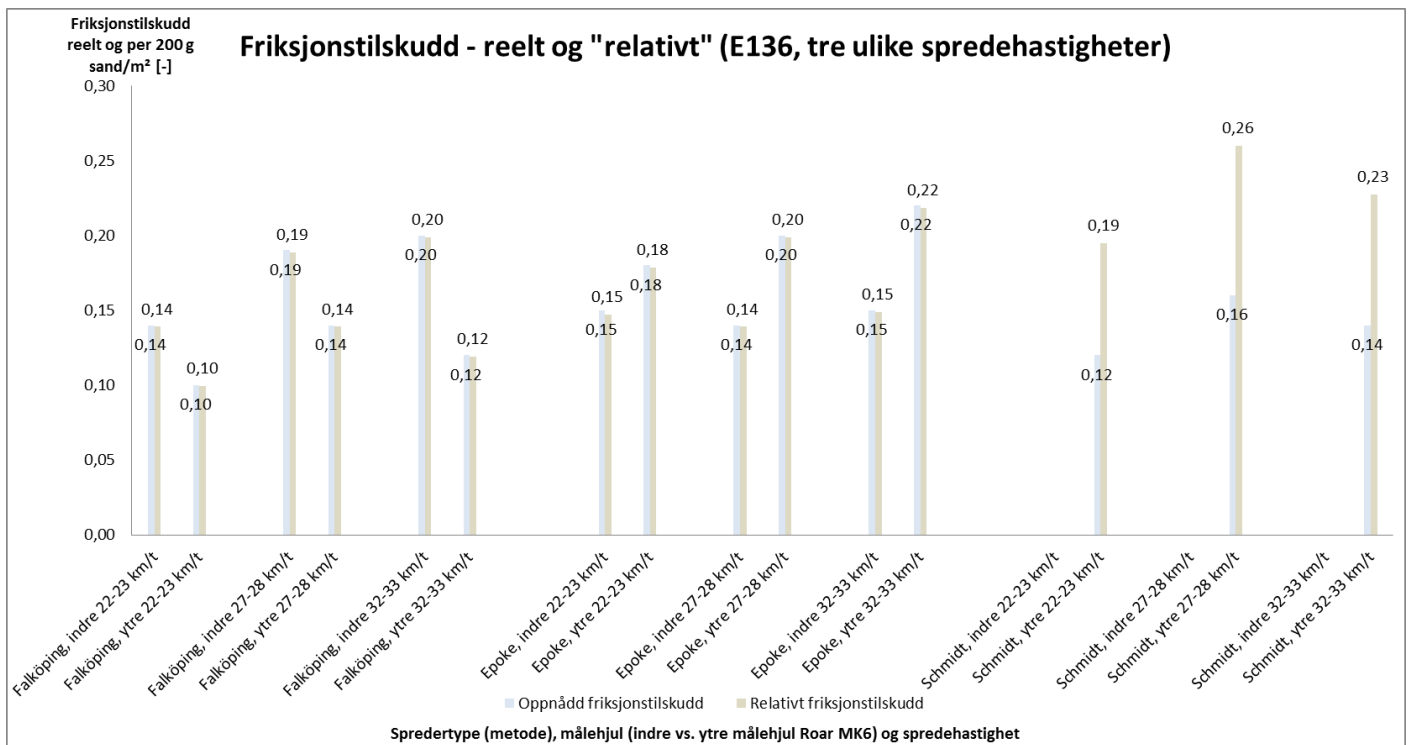
Små forskjeller i utgangsfriksjon for feltutleggingen på E136, jfr. figur 51. Økt spredehastighet gav ikke redusert friksjonstilskudd slik som forventet i henhold til tidligere tester. Tvert i mot sees tilskuddene å øke med økende hastighet. For Falköping og Schmidt kan det muligens se ut som om resultatene begynner å avta igjen et sted mellom 27-28 og 32-33 km/t, mens resultatene for Epoke ikke indikerer dette i samme grad. Dessverre fikk en ikke data med tanke på varighet av tiltakene, da mildvær og restsalt resulterte i at sålen/ ishinnen gikk i oppløsning. Dette er også årsaken til at en kun har friksjonsresultater for Schmidt sprederer fra ytre hjulspor.

Dersom en tar hensyn til forskjeller i utlagt mengde («relativt» friksjonstilskudd) ser en at forskjellene mellom sprederne er små. Epokesprederen leverer muligens noe bedre enn Falköping sprederer (hårfint), mens Schmidtsprederen leverer bra tilskudd med betydelig mindre mengde. Vanskelig å konkludere sikkert, men grunn til å hevde/anta at Schmidtsprederen ikke ville kommet noe dårligere ut enn Epokesprederen gitt omtrentlig lik utlagt mengde, jfr. figur 52.

Ellers ser en at det for Epoke sprederer i dette tilfellet måles høyest friksjon i ytre spor. Dette virker i grunn rimelig da tallerkenen roterer motsatt vei av hva tilfellet er for Falköping og Schmidt. Det virker ikke urimelig om rotasjonsretningen er av betydning for hvor den største andelen av utlagte mengde blir plassert. Av resultatene for øvrig (figur 49 og 53) ser en samtidig at så ikke var tilfelle i forbindelse med de øvrige feltutleggingene. Det er derfor uvisst om forskjellene skyldes forskjellig rotasjonsretning. Bra at en i forbindelse med dette forsøket hadde måleutstyr (friksjonsmåler) med kapasitet til å måle både indre og ytre hjulspor.



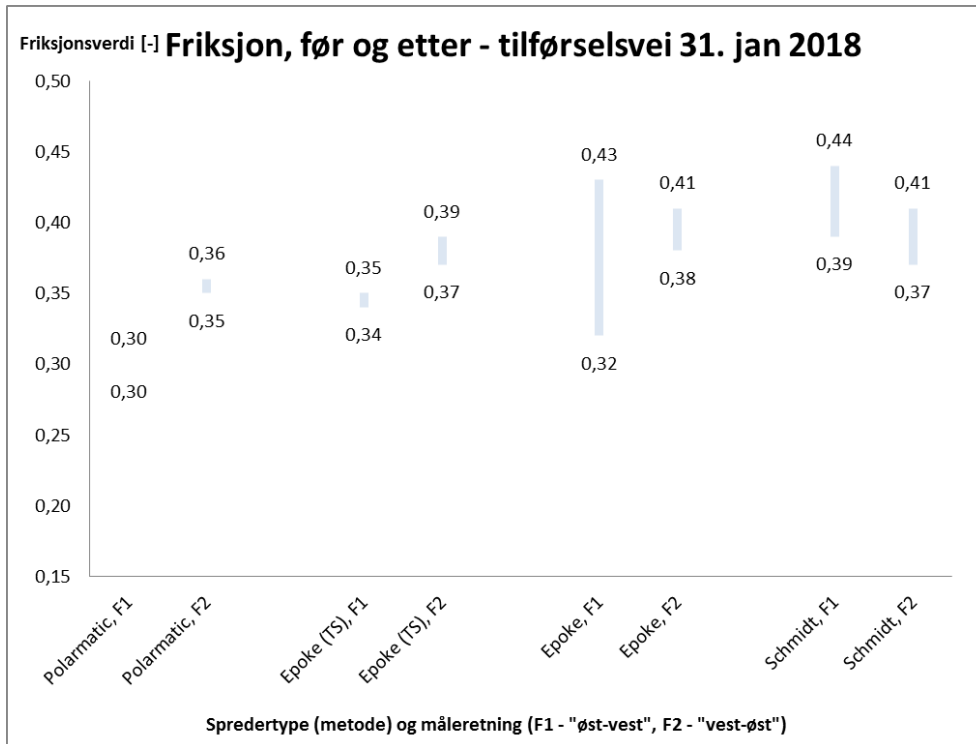
Figur 51: Friksjonsverdier før og etter feltutlegging på E136 den 31. januar 2018.



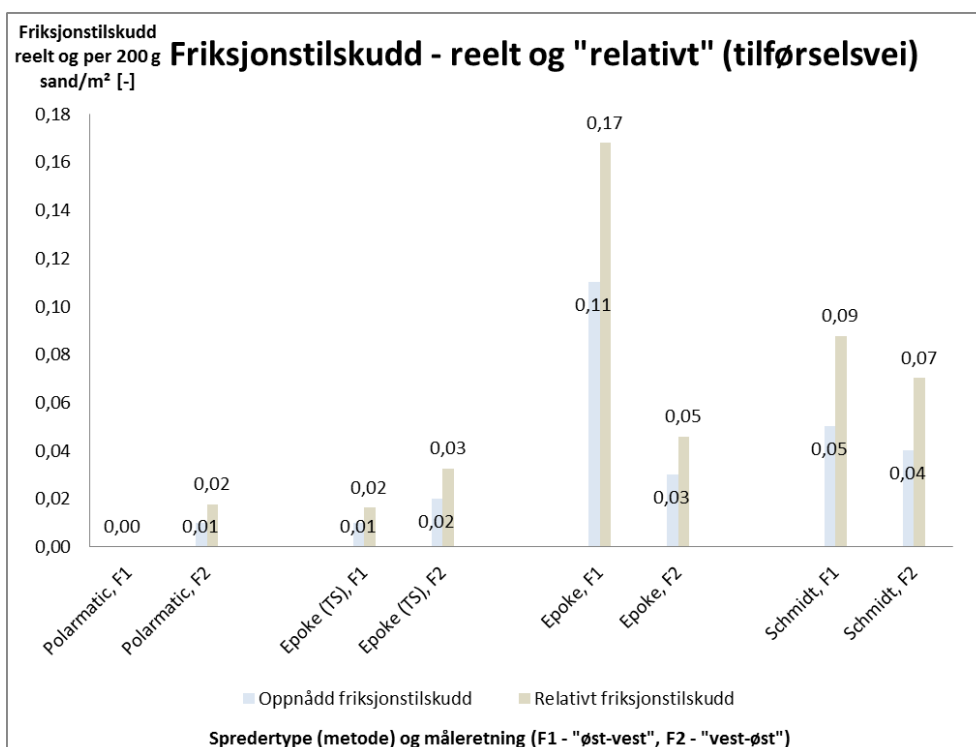
Figur 52: Oppnådd friksjonstilskudd («absolutt») og friksjonstilskudd per 200 g/m² utlagt sand («relativt»).

Forholdvis høy og varierende utgangsfriksjon i forbindelse med feltutleggingen på Brekkelivegen den 31. januar, jfr. figur 53. Varmsand med grovt materiale (2/7 mm) ga intet friksjonstilskudd på tross av at materialet så ut til å feste seg noe til underlaget. Reell spredebredde omkring det dobbelte

av innstilt med det til følge at utlagt mengde (per flateenhet) ble halvert, jfr. tabell 2 eller figur 42. Kombinasjonen av liten mengde og grovt materiale resulterer i få punkter å generere et samlet friksjonstilskudd fra. Høy utgangsfriksjon gjør det nok heller ikke enklere å generere et tilskudd.



Figur 53: Frikasjonsverdier før og etter feltutlegging på Brekkelivegen den 31. januar 2018.



Figur 54: Oppnådd friksjonstilskudd («absolutt») og friksjonstilskudd per 200 g/m² utlagt sand («relativt»).

Tørrsand (TS) utlagt med Epoke sprederen ble medtatt som en referanse her. Tørrsanden (0/4 mm Lora) genererte et lite tilskudd fra enda høyere utgangsfriksjon enn hva tilfellet var for feltet med varmsand (2/7 mm Visnes). Med såpass høy utgangsfriksjon kan en nok ikke forvente særlig høyere friksjonsverdi etter tiltak med tørrsand.

Like resultater for fastsandfeltene lagt ut med Schmidt og Epoke. Høyere utgangsfriksjon på feltet utlagt med Schmidt sprederen resulterer i at tilskuddet ser tilsynelatende lavere ut. «Relativt» friksjonstilskudd for Epokesprederen er noe usikkert i dette tilfellet på grunn av mulig begynnende tomgang. Reell utlagt mengde (før dukene) kan være høyere enn dukresultatene tilsier. I så fall vil friksjonstilskuddet være generert av en større mengde enn det som er lagt til grunn i forbindelse med beregningen av «relativt» friksjonstilskudd her.

## 4. Oppsummering – konklusjon

Feltforsøket oppsummeres som følger:

1. Mye arbeid å klargjøre spredemateriellet forut for selve testingen (testing iht. hensikten med forsøket). For å kunne sammenligne resultater må en minimere variasjon i den grad det lar seg gjøre. Generelt kan en nok ikke forvente presisjon i normal vinterdrift ala det en ønsker/krever i forbindelse med feltforsøk, men skal en oppnå korrekte mengder, bredder, plassering etc. fordres en viss innsats og oppfølging. Enkelte feil/avvik lar seg heller ikke avsløre foruten funksjonstesting eller oppfølging i daglig drift ved hjelp av eksempelvis bruvekt. Erfaringer fra tidligere feltforsøk og oppfølging av utstyr rundt om i landet, har vist at mengdeavvik ala det en opplevde for to av sprederne i forbindelse med dette forsøket, på tross av grundig gjennomgang og kalibrering, slettes ikke er uvanlig.
2. Viktig å være klar over at vannpumpa på de ordinære/tradisjonelle Falköping fastsandsprederene (tradisjonell befuktningsspreder med brennerenhet) er seriekoblet med skruene. Vanntilsetningen er med andre ord ikke styrt av pulsgiver og separat oljekrets. Seriekoblingen innebærer at levert vannmengde vil avta (pumpa roterer saktere) med økende sandfaktor/kalibreringsverdi og visa versa. For kombispredevarianter (nyere versjon spreder for væske og tørt sammen eller hver for seg) fra samme leverandør (Falköping fastsand kombispreder) vil ikke dette være tilfelle da væskemengden her reguleres uavhengig av tørrstoffdelen (pulsgiver på væskepumpen(e) med mer).
3. Av dette følger at sandfaktoren/kalibreringsverdien må være kjent før en kan gjennomføre kontroll av vanntilsetningen på en Falköping fastsandspreder. Likedan kan en se for seg at pumpa ikke vil levere nok vann ved høye kalibreringsverdier på grunn av for lav rotasjonshastighet. Resultatene fra dette feltforsøket tyder på at så kan være tilfelle når kalibreringsverdien nærmer seg 7,0.
4. Enkelt å verifisere/kalibrere vannmengden på Schmidt og Epoke sprederne.
5. Vanntilsetning i størrelsesorden 20-25 vektprosent for forsøksfeltene lagt ut med Falköping og Epoke. Høyere vanntilsetningsprosent (30-40 vektprosent) for feltene utlagt med Schmidtsprederen grunnet avvik i utmatet sandmengde (riktig mengde vann, for lite sand).
6. Falköpingsprederen opprettholdt jevn og stabil høy vanntemperatur omkring 90 °C ved samtlige spredehastigheter, mens temperaturforløpet for Schmidt- og Epokesprederen viste seg å være mere pendlende (80-100 °C) som følge av «overkapasitet» (forvarming av vannet på tankene) eller annen type brennerteknologi.
7. Varmsandutstyret (Polarmatic/Falköping) leverte interessante resultater med massetypen «Evje» (0/4 mm siktet natur). Små utlagte mengder vanskeliggjør direkte sammenligning med fastsand, men dersom en legger korrigerende resultater («relativt» friksjonstilskudd) til grunn er resultatene på høyde med fastsand. Samme metode med massetypen «Visnes» (2/7 mm knust strøsingel) gav intet friksjonstilskudd. Her gav til sammenligning vanlig tørrsand med fastsandmateriale («Lora») et lite friksjonstilskudd (0,01-0,02) fra enda høyere utgangsfriksjon enn for varmsandmetoden med «Visnes» materialet.
8. Fastsand med vanntemperatur mellom 40-50 °C (utilsiktet brennestopp) resulterte i 0,05-0,10 lavere friksjon enn ved normal temperatur (80-100 °C)
9. Små forskjeller mellom de ulike fastsandsprederene. Friksjonsnivået løftes til omkring 0,40-0,45 etter tiltak. Epoke kommer muligens noe bedre ut enn Falköping (hårfint), mens Schmidt oppnår resultater på høyde med Epoke, men med betydelig mindre sandmengde (120 vs. 200 g/m<sup>2</sup> eller ca. 40 % mindre sand).
10. Økt spredehastighet resulterte ikke redusert friksjonstilskudd slik som forventet. Tvert i mot økte friksjonstilskuddene med økende kjøre-/spredehastighet. For Falköping og Schmidt så resultatene ut til å avta igjen et sted mellom 27-28 og 32-33 km/t, mens resultatene for Epoke ikke kan sies å indikere dette i samme grad. Her kan en nok likevel anta at «toppen» snar vil være passert.
11. Ingen resultater med tanke på varighet av tiltakene. Grunnet mildvær og restsalt gikk sålen i oppløsning kort tid etter feltutlegging. En tror, basert på visuell bedømmelse av sprederesultatene, at varigheten vil være dårligere for tiltakene som ble utført i hastigheter utover det som er gjeldene anbefaling per i dag. Resultatene i foregående kulepunkt må derfor anvendes med forsiktighet til de eventuelt kan understøttes av ytterligere forsøk.

## 5. Videre arbeid

Sett i lys av resultatene fra dette feltforsøket mener en det bør vurderes å gjennomføre:

- Ytterligere tester med varmsand vs. fastsand for å fremskaffe friksjonsdata ved mer lik utlagt mengde.
- Ytterligere tester av fastsand lagt ut i hastigheter utover gjeldene anbefaling for å se dette gir resultater som i forbindelse med denne testen.
- Teste varmsand med ulike sandkvaliteter (fraksjoner) for å se på forskjeller i resultat med velgradert vs. ensgradert, med og uten finstoff med mer. Gitt tilfredsstillende resultater for metoden med strømateriale uten finstoff, eksempelvis en ½ - 2 mm, vil varmsandteknologien kunne være et godt alternativ til fastsand i bynære områder, samt på gang- og sykkelvei.
- I forbindelse med eventuelle fremtidige forsøk bør en vektlegge fremskaffelse av resultater med tanke på varighet for de ulike tiltak og metoder.

## 6. Referanser

- (1) Leland, T., Gryteselv, D., Thomassen, R., Nonstad, B. m.fl., 2015, «Opplæring i vinterdrift for operatører, Driftskontrakter med oppstart i 2016», STATENS VEGVESEN RAPORTER NR. 369, 2015.
- (2) [https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:\(~\(id:540,filter:\(~\),farge:'0\\_0\).\(id:798,filter:\(~\),farge:'1\\_1\)\)/@154785,6918428,11/vegobjekt:90354960:58b02c:540](https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:(~(id:540,filter:(~),farge:'0_0).(id:798,filter:(~),farge:'1_1))/@154785,6918428,11/vegobjekt:90354960:58b02c:540)
- (3) Bolme, I. Nonstad, B., 2017, «Feltforsøk med ulik strøsandkvalitet», STATENS VEGVESEN RAPORTER NR. 550, 2017.

## Vedlegg 1 – data/resultater spreder- og mengdekontroll

### Kontroll og innjustering vannmengder (vanntilsetningsprosent):

#### Epoke

Dato	23.01.18		30.01.18		
	1	n	n+4	n+5	
Forsøk/veiing nr.	1	n	n+4	n+5	
Registrert mengde, spreder (sand)	4981	-	244	240	[kg]
Registrert mengde, spreder (vann)	-	-	-	-	
Oppveid mengde (vann)	825	-	46,3	44,4	
Teoretisk tilsatt mengde vann	-	-	-	-	[vekt-%]
Reell tilsatt mengde vann	17	-	19	19	

Følgende kommentarer tilhørende resultatene i oversikten (tabellen) ble registrert:

1. Forsøk nr. 1: Lagt ut kun vann og veid reelt vannforbruk ved hjelp av bruvekt i pukkverk Sivildalen.
2. Forsøk nr. n - n+5: Justert på parameter ("pumpefaktor") i fastsandstyringsenheten (Mectec) for å øke vanntilsetningen noe.

#### Falköping

Dato	23.01.18		30.01.18				
	1	2	3	4	5	6	
Forsøk/veiing nr.	1	2	3	4	5	6	
Registrert mengde, spreder (sand)	1109	1109	584	400	430	490	[kg]
Registrert mengde, spreder (vann)	145	145	87	75	80	91	
Oppveid mengde (vann)	143	146	65,3	66,8	70,8	77,6	
Teoretisk tilsatt mengde vann	13	13	15	19	19	19	[vekt-%]
Reell tilsatt mengde vann	13	13	11	17	16	16	

Følgende kommentarer tilhørende resultatene i oversikten (tabellen) ble registrert:

1. Forsøk nr. 1 - 2: Sandfaktor på 6,5 - PWM på 70 %. **Lurt av samsvaret mellom sprederpanel og vekt. Antok feilaktig at samsvar her indikerte korrekt vanntilsetning. Oppdaget/innså ifbm bearbeidingen av data at reell vanntilsetningsprosent var for lav. Registrert mengde, spreder (vann) kun en teoretisk beregnet mengde (ingen pulsgiver på vannpumpe!). Reell vanntilsetning avhengig av både kalibreringsfaktor sand og PWM verdi! Vannpumpe "seriekoblet" med skruene => høy sandfaktor -> mindre vann (PWM må økes), lav sandfaktor -> mer vann (skruene går fortere).**
2. Forsøk nr. 3: Sandfaktor på 7,1 - PWM på 80 %.
3. Forsøk nr. 4 - 6: Sandfaktor på 7,1 - PWM på 100 %.

#### Schmidt

Dato	29.01.18		30.01.18				
	1	2	3	4	5	6	
Forsøk/veiing nr.	1	2	3	4	5	6	
Registrert mengde, spreder (sand)	220	364	206	221	290	240	[kg]
Registrert mengde, spreder (vann)	58	96	55	51	59	49	
Oppveid mengde, feltvekt (vann)	50	81	47,6	47,2	59,4	48,6	
Teoretisk tilsatt mengde vann	26	26	27	23	20	20	[vekt-%]
Reell tilsatt mengde vann	23	22	23	21	20	20	

Følgende kommentarer tilhørende resultatene i oversikten (tabellen) ble registrert:

1. Justert befuktninggrad ("prewettet") og kalibreringsfaktor pumpe etter forsøk nr. 3 (befuktning fra 21 - 19 %, pumpefaktor fra 163 - 175).
2. Ytterligere justeringer av befuktninggrad og pumpefaktor etter forsøk nr. 4 (befuktning fra 19 - 17 %, pumpefaktor fra 175 - 185).
3. Godt samsvar mellom teoretiske og reelle verdier i forsøk nr 5 og 6.



## Kalibrering og verifisering sandfaktor (utlagt sandmengde)

### Epoke

Dato	30.01.18						31.01.18					Enh
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	
Forsøk/veing nr.												
Registrert mengde, spreder	20,29	19,49	18,96	-	-	-	-	-	-	-	-	[kg]
Oppveid mengde, feltvekt	22,18	22,81	21,95	27,69	27,35	27,43	18,91	18,45	18,74	19,38	19,21	[kg]
Avvik "Oppveid" vs. "Registrert"	9	17	16	-	-	-	-	-	-	-	-	[%]

Følgende kommentarer tilhørende resultatene i oversikten (tabellen) ble registrert:

1. Kalibreringsfaktor (sandfaktor) satt til ?? etter forsøk/veing nr. ?-??.
2. Innjustert spredebredde ("Reg spr.br") før feltutlegging dag 1 (30.01): 2,8-2,9 m (innstilt på 3,0 m i sprederpanel, justert tallerkenhastighet for å oppnå en reell spr.bredde omkring 2,8 m (så nær som "praktisk" mulig).
3. Sjekk av (verifisering) av spredebredde før feltutlegging dag 2 (31.01): Reg spr.br lik 2,8 m.
4. Ikke foretatt justeringer på sandfaktor etter opprinnelig kalibrering dag 1 (30.01). Dette for i større grad å kunne ha en formening om utlagt mengde på felt hvor en ikke la ut duker (E136).
5. Samme sandtype begge dager ("Lora")

### Falköping

Dato	30.01.18												31.01.18							
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	
Forsøk/veing nr.																				
Registrert mengde, spreder	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	74	68	60	53	-	-	-	-	-
Oppveid mengde, feltvekt	7,55	2,03	2,03	6,29	5,57	5,50	5,75	5,82	5,54	6,04	85,57	76,40	75,74	66,23	58,12	6,43	6,44	6,54	6,46	
Avvik "Oppveid" vs. "Registrert"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	11	10	10	-	-	-	-	

Følgende kommentarer tilhørende resultatene i oversikten (tabellen) ble registrert:

1. Kalibreringsfaktor (sandfaktor) satt til 5,9 etter forsøk/veing nr. 1-10.
2. Innjustert spredebredde ("Reg spr.br") før feltutlegging dag 1 (30.01): 2,7-2,8 m (innstilt på 3,0 m i sprederpanel, justert tallerkenhastighet (fra 42-50 rpm) for å oppnå en reell spr.bredde omkring 2,80 m (så nær som "praktisk" mulig).
3. Sjekk av (verifisering) av spredebredde før feltutlegging dag 2 (31.01): Reg spr.br lik 2,9-3,0 m.
4. Ikke foretatt justeringer på sandfaktor etter opprinnelig kalibrering dag 1 (30.01). Dette for i større grad å kunne ha en formening om utlagt mengde på felt hvor en ikke la ut duker (E136).
5. Samme sandtype begge dager ("Lora")

### Schmidt

Dato	30.01.18							31.01.18		Enh
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	2-1	2-2	
Forsøk/veing nr.										
Registrert mengde, spreder	26,49	29,99	27,98	21,00	23,99	22,50	53,98	33,99	-	[kg]
Oppveid mengde, feltvekt	23,29	29,81	26,90	24,39	23,07	22,64	51,65	33,75	43,63	[kg]
Avvik "Oppveid" vs. "Registrert"	-12	-1	-4	16	-4	1	-4	-1	-	[%]

Følgende kommentarer tilhørende resultatene i oversikten (tabellen) ble registrert:

1. Kalibreringsfaktor (sandfaktor) satt til ?? etter forsøk/veing nr. ?-??.
2. Innjustert spredebredde ("Reg spr.br") før feltutlegging dag 1 (30.01): 2,8 m (innstilt på 3,0 m i sprederpanel, justert tallerkenhastighet for å oppnå en reell spr.bredde omkring 2,8 m (så nær som "praktisk" mulig).
3. Sjekk av (verifisering) av spredebredde før feltutlegging dag 2 (31.01): Reg spr.br lik 2,8 m.
4. Ikke foretatt justeringer på sandfaktor etter opprinnelig kalibrering dag 1 (30.01). Dette for i større grad å kunne ha en formening om utlagt mengde på felt hvor en ikke la ut duker (E136).
5. Samme sandtype begge dager ("Lora")

**Polarmatic/Falköping**

Dato	30.01.18							31.01.18							Enh	
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7		2-8
Forsøk/veiing nr.	-	-	-	-	-	56	60	-	-	-	-	-	-	54	53	[kg]
Registrert mengde, spreder	-	-	-	-	-	56	60	-	-	-	-	-	-	54	53	[kg]
Oppveid mengde, feltvekt	5,70	5,82	5,55	5,66	5,49	53,45	61,90	4,21	4,46	4,40	4,56	4,69	4,58	64,81	66,15	[kg]
Avvik "Oppveid" vs. "Registrert"	-	-	-	-	-	-5	3	-	-	-	-	-	-	20	25	[%]

Følgende kommentarer tilhørende resultatene i oversikten (tabellen) ble registrert:

1. Kalibreringsfaktor (sandfaktor) satt til 5,6 etter forsøk/veiing nr 1-5. Sandtype dag 1 (30.01): "Evje".
2. Kalibreringsfaktor (sandfaktor) satt til 4,5 etter forsøk/veiing nr 2-6. Sandtype dag 2 (31.01): "Visnes".
3. Innjustert spredebredde ("Reg spr.br") før feltutlegging dag 1 (30.01): 2,7-2,8 m (innstilt på 3,0 m i sprederpanel, justert tallerkenhastighet for å oppnå en reell spr.bredde omkring 2,8 m (så nær som "praktisk" mulig).
4. Spredebredde dag 2 (31.01) med sandtype "Visnes": Reg spr.br lik 3,2 m (ikke justert på spr.bredden eller foretatt testutlegging før feltutlegging med denne massen (dessverre)).

**Kontroll vanntemperatur forut for (og verifisert i forbindelse med) feltforsøket:**

Spreder	Epoke	Falköping	Schmidt	
Vanntemp (brennerstopp)	102	96	106	°C
Minimumstemperatur	84	87	82	
Vanntemp (etter 5 min)	-	93	-	

- ii. Vanntemp for Epoke og Schmidt pendler såpass mye (mellom maks og min) at det ikke gir mening å angi en vanntemperatur etter 5 min.

## Vedlegg 2 – data/resultater fra feltforsøket (samlet oversikt)

### Oversikt feltutlegging flystripe 30. januar 2018

Flystripe - 30. januar 2018	Felt 1 "bane senter"		Felt 2 "bane høyre"		Felt 3 "bane venstre"		Felt 4 "bane venstre"	
Tidsrom feltutlegging (omtrentlig)	1757-1802		1635-1642		1702-1709		1731-1738	
m-verdi, start*	50		350		350		50	
m-verdi, slutt*	300 (225)		600		600		300	
Spreader	Falköping		Schmidt		Epoke		Polarmatic	
Metode	Fastsand		Fastsand		Fastsand		Varmsand	
Masse	Lora		Lora		Lora		Evje	
Innst mengde	140	180	180	180	180	180	140	180
Innst bredde	3,0		3,0		3,0		3,0	
Reell bredde (målt i felt)	2,50-2,60		2,80-2,90		2,70-2,80		2,70-2,80	
Spreddehastighet (simulert   veiavh.)	30	22-23	23	22-23	23	22-23	30	22-23
Spr.reg utlagt mengde, sand	806		1167		1227		787	
Spr.reg utlagt mengde, vann	128		222		-		-	
Gj.snittlig tilsatt mengde vann	27		39		25		-	
Gj.snittlig utlagt mengde sand	201		123		204		103	
Korr mengde (innst vs. reell bredde)	183		125		200		101	
Målehjul	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre
Friksjon før	0,24	0,30	0,23	0,27	0,23	0,25	0,22	0,23
Friksjon rett etter	0,40	0,37	0,33	0,32	0,42	0,41	0,36	0,32
Oppnådd friksjonstilskudd	0,16	0,07	0,10	0,05	0,19	0,16	0,14	0,09
Relativt friksjonstilskudd	0,16	0,07	0,16	0,08	0,19	0,16	0,27	0,17
Friksjon før (gj.snitt)	0,27		0,25		0,24		0,23	
Friksjon rett etter (gj.snitt)	0,39		0,33		0,42		0,34	
Oppnådd friksjonstilskudd (gj.snitt)	0,12		0,08		0,18		0,12	
Relativt friksjonstilskudd (gj.snitt)	0,11		0,12		0,17		0,22	

g/m<sup>2</sup>  
m  
km/t  
kg  
vekt-%  
g/m<sup>2</sup>

Følgende noter/kommentarer tilhørende resultatene i tabellen over ble registrert:

- i. \* relatert til nullpunkt friksjonsmålinger
1. OBS! Kortere simulert tid for Falköpingsprederen, derav lavere spr.reg utlagt mengde (tunellproblematikk ifbm første forsøk => simulert kjørehastighet med bilen i bevegelse andre gang for å unngå dette)
2. Reg mengder Falköping første forsøk: 1454 kg sand, 231 kg vann.
3. Sandfaktor på 5,9 og PWM på 85 % for Falköping sprederen
4. Brenner slått seg av på Schmidt forut for denne feltutlegging (ikke obs på dette før forsøket ble i gangkjørt)
5. Spreaderpanel på 3,0 meter, men vi justerte og hadde 2,8 meter som "targetverdi" for bredde (verdien 2,8 er derfor benyttet ifbm beregning av korrigeret mengde)

### Oversikt feltutlegging Ev 136 31. januar 2018

E136 - 31. januar 2018	Felt 1 EV 136-HP5-F2 ("fra Bjorli retning Dombås")						Felt 2 EV 136-HP5-F2 (forts. fra felt 1)						Felt 3 EV 136-HP5-F1 ("mot Bjorli")														
Tidsrom feltutlegging (omtrentlig)	kl 1057-1108												kl 1120-1130						kl 1228-1237								
m-verdi, start	8275			6755			5745			4700			3185			1580			2560			3560					
m-verdi, slutt	6755			5745			4765			3185			2175			1160			701			1148			1621		
Spreader	Falköping												Epoke						Schmidt								
Metode	Fastsand												Fastsand						Fastsand								
Masse	Lora												Lora						Lora								
Innst mengde	180												180						180								
Innst bredde	3,0												3,0						3,0								
Spreddehastighet (veiavh.)	22-23		27-28		32-33		22-23		27-28		32-33		22-23		27-28		32-33		22-23		27-28		32-33				
Spr.reg utlagt mengde, sand	866			1420			1970			883			1383			1931			701			1148			1621		
Spr.reg utlagt mengde, vann	-			-			340			-			-			-			133			222			308		
Målehjul	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre	Indre	Ytre			
Friksjon før	0,23	0,25	0,23	0,24	0,23	0,24	0,23	0,24	0,24	0,25	0,24	0,24	0,23	0,25	0,26	0,24	0,26	0,24	0,26	0,25	0,26	0,24	0,26	0,25			
Friksjon rett etter	0,37	0,35	0,42	0,38	0,43	0,36	0,38	0,42	0,38	0,45	0,39	0,46	-	0,37	-	0,40	-	0,37	-	0,40	-	0,39	-	0,39			
Oppnådd friksjonstilskudd	0,14	0,10	0,19	0,14	0,20	0,12	0,15	0,18	0,14	0,20	0,15	0,22	-	0,12	-	0,16	-	0,12	-	0,16	-	0,14	-	0,14			
Friksjon før (gj.snitt)	0,24		0,24		0,24		0,24		0,25		0,24		0,24		0,25		0,24		0,25		0,26		0,26				
Friksjon rett etter (gj.snitt)	0,36		0,40		0,40		0,40		0,42		0,43		0,37		0,40		0,37		0,40		0,39		0,39				
Oppnådd friksjonstilskudd (gj.snitt)	0,12		0,17		0,16		0,17		0,17		0,19		0,12		0,16		0,12		0,16		0,14		0,14				

Følgende noter/kommentarer tilhørende resultatene i tabellen over ble registrert:

1. Nullpunkt friksjonsmåling - rundkjøring Bjorli sentrum (EV 136-HP5-m8800 (ca.))
2. Ingen målinger for "Indre" (målehjul) for Schmidt sprederen (felt 3). Bar vei i dette sporet før friksjonsmåling kunne gjennomføres.

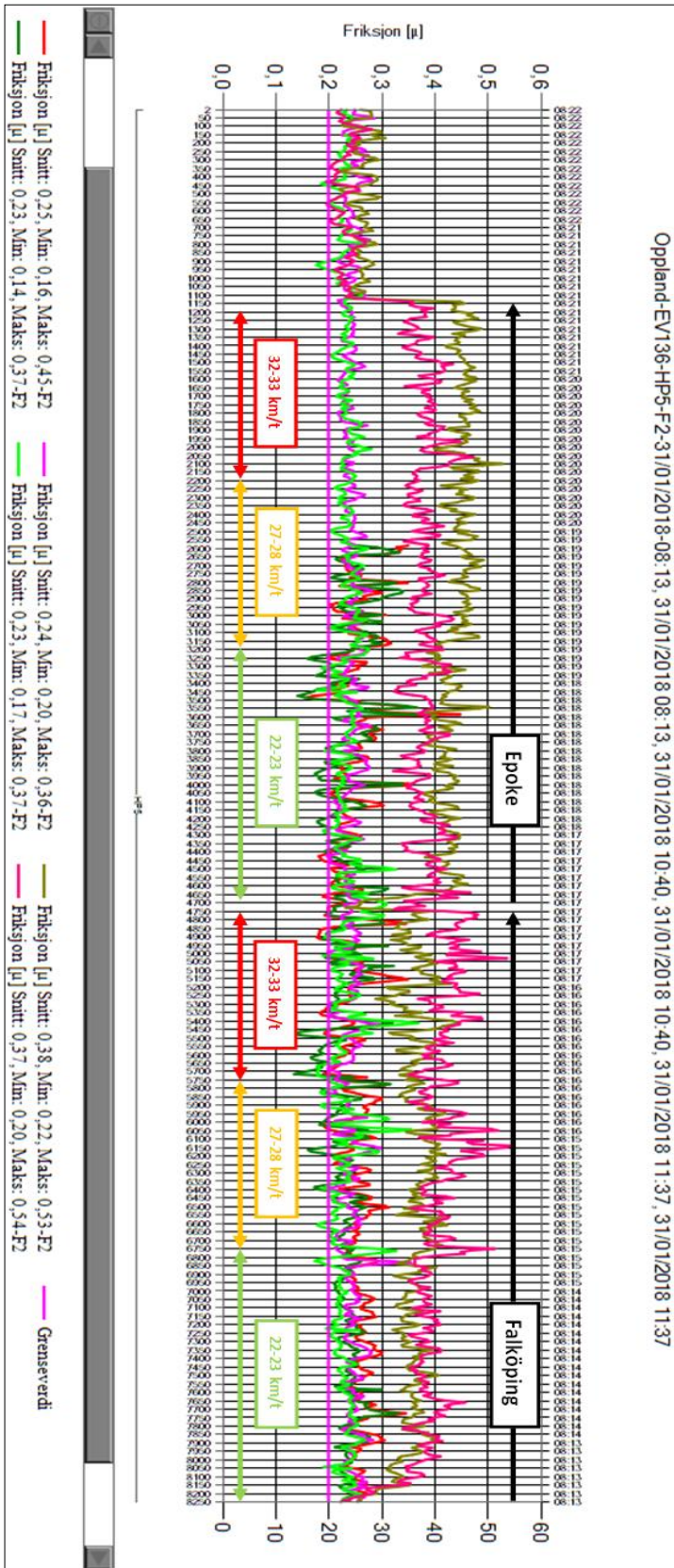
### Oversikt feltutlegging Brekkelivegen (tilførselsvei) (31. januar 2018)

Brekkelivegen - 31. januar 2018	Felt 1 "tilførselsvei"		Felt 2 "tilførselsvei"		Felt 3 "tilførselsvei"		Felt 4 "tilførselsvei"		
Tidsrom feltutlegging (omtrentlig)	1400-1405		1425-1430		1445-1450		1520-1525		
m-verdi, start*	0		700		1200		2250		
m-verdi, måling* (duker)	350		900		1850		2800		
m-verdi, slutt*	600		1050		2100		2950		
Spreder	Polarmatic		Epoke		Epoke		Schmidt		
Metode	Varmsand		Tørrsand		Fastsand		Fastsand		
Masse	Visnes		Lora		Lora		Lora		
Innst mengde	180		180		180		180		g/m <sup>2</sup>
Innst bredde	3,0		3,0		3,0		3,0		m
Reell bredde (målt i felt)	5,0-5,5		3,8-4,0		2,8-3,0		2,7-2,8		km/t
Spredehastighet (veiavh.)	25-26		30-31		22-23		22-23		km/t
Spr.reg utlagt mengde, sand	-		-		-		-		kg
Spr.reg utlagt mengde, vann	-		-		-		-		kg
Gj.snittlig tilsatt mengde vann	-		-		28		30		vekt-%
Gj.snittlig utlagt mengde sand	113		123		131		114		g/m <sup>2</sup>
Korr mengde (innst vs. reell bredde)	212		171		136		112		g/m <sup>2</sup>
Måleretning	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	
Friksjon før	0,30	0,35	0,34	0,37	0,32	0,38	0,39	0,37	
Friksjon rett etter	0,30	0,36	0,35	0,39	0,43	0,41	0,44	0,41	
Oppnådd friksjonstilskudd	0,00	0,01	0,01	0,02	0,11	0,03	0,05	0,04	
Relativt friksjonstilskudd	0,00	0,02	0,02	0,03	0,17	0,05	0,09	0,07	
Oppnådd friksjonstilskudd (gj.snitt)	0,01		0,02		0,07		0,05		
Relativt friksjonstilskudd (gj.snitt)	0,01		0,02		0,11		0,08		

Følgende noter/kommentarer tilhørende resultatene i tabellen over ble registrert:

- i. \* relatert til nullpunkt friksjonsmålinger (kryss kommunal vei (Brekkelivegen) - avkjøring/innkjøring til flyplass)
  1. F1 - friksjonsmåling i retning fra flyplass mot Rånåveien, F2 - friksjonsmåling i retning fra Rånåveien mot flyplass
  2. Lite masse igjen i Epokesprederen. Utlagt mengde trolig påvirket av dette (særlig tydelig på slutten av felt 3 (fastsandutleggingen)).
  3. Sprederpanel på 3,0 meter, men vi justerte og hadde 2,8 meter som "targetverdi" for bredde (verdien 2,8 er derfor benyttet ifbm beregning av korrigert mengde)
  4. Sprederpanel på 3,0 meter, men vi justerte og hadde 2,8 meter som "targetverdi" for bredde (verdien 2,8 er derfor benyttet ifbm beregning av korrigert mengde)

### Vedlegg 3 – friksjonsforløp fastsand med økt spredehastighet



Oppland-EV136-HP5-F2-31/01/2018-08:13, 31/01/2018 08:13, 31/01/2018 10:40, 31/01/2018 10:40, 31/01/2018 11:37, 31/01/2018 11:37



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

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**