



---

# FFI-RAPPORT

---

21/01079

## Storskalatester av baneavvisingsmidler ved Ørland flystasjon

Jorunn Aaneby  
Ida Vaa Johnsen



# **Storskalatester av baneavisingsmidler ved Ørland flystasjon**

Jorunn Aaneby  
Ida Vaa Johnsen

---

---

## **Emneord**

Friksjon  
Rullebaner  
Vinter  
Is

## **FFI-rapport**

21/01079

## **Prosjektnummer**

555701

## **Elektronisk ISBN**

978-82-464-3354-7

## **Engelsk tittel**

Large-scale tests of runway deicing agents at Ørland airport

## **Godkjenner**

Øyvind Voie, *forskningsleder*  
Janet M. Blatny, *forskningsdirektør*

*Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.*

## **Opphavsrett**

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

---

---

## Sammen drag

Baneavisingmidler benyttes for å sikre tilstrekkelig høy friksjon på rullebaner ved vinterforhold. Friksjon angis som et forholdstall mellom 0 og 1. Jo lavere friksjonstall, jo glattere er underlaget. Kravene for friksjon på rullebaner ligger normalt på 0,3 til 0,4. Baneavisingmiddel som inneholder sukkerproduktet betain kan være et alternativ til formiat/acetat og urea. Betain er mindre korrosivt enn formiater og acetater, og utslipp av betain er mindre miljøbelastende enn utslipp av urea. En studie utført av FFI viste at betainbaserte baneavisingmidler hadde like god smeltekapasitet som urea, men dårligere enn Aviform i laboratorietester. For å få mer kunnskap om hvordan betainbaserte baneavisingmidler fungerer i praksis, er det nødvendig å utføre storskalatester under reelle betingelser.

Denne studien omfatter storskalatester av de betainbaserte baneavisingmidlene Betafrost L Plus, Betafrost G og Nutristim. Effekten av baneavisingmidlene ble sammenliknet med effekten av det formiatbaserte baneavisingmiddelet Aviform L50 og urea. Det ble utført totalt sju tester i løpet av vintrene 2020 og 2021. Effekten av baneavisingmidlene ble vurdert ut fra hvor mye friksjonen økte på testfeltene som var påført baneavisingmiddel. I tillegg ble det lagt vekk på hvordan baneavisingmidlene innvirket på mekanisk fjerning av snø og is. Testene ble utført av ansatte ved brann-, rednings- og plasstjenesten ved Ørland flystasjon.

Begge typene flytende avisingmiddel (Aviform L50 og Betafrost L Plus) fungerte godt ved rundt 0 °C, men fungerte relativt dårlig ved < -5 °C. I kombinasjon med mekanisk behandling ble det allikevel i alle tilfeller oppnådd friksjon på > 0,35. Tester med faste avisingmidler ble utført ved < -5 °C og viste generelt dårlig effekt for alle midlene (urea, Nutristim og Betafrost G). Betafrost G (fast stoff) ble også testet ved 3 °C, og viste bedre effekt enn ved de andre testene ved < -5 °C. Testene viste at det var liten eller ingen forskjell i evnen til å øke friksjonen på testfeltet for de flytende avisingmidlene Aviform L50 og Betafrost L Plus, og for betain- og ureaagranulat.

Det ble utført et begrenset antall tester i denne studien, men resultatene indikerte at betainbaserte baneavisingmidler er et godt alternativ til Aviform og urea. Ingen av avisingmidlene fungerer godt nok alene, og for å oppnå høy nok friksjon på rullebaner er det helt nødvendig å utføre tilstrekkelig mekanisk behandling til riktig tid.

Det anbefales å utføre flere tester for å få mer kunnskap om hvordan betain fungerer under reelle betingelser, og hva som kan gjøres for å optimalisere bruken.

---

---

## Summary

Runway deicing agents are used to ensure sufficiently high friction on runways in winter conditions. The friction coefficient is a number between 0 and 1. The lower the friction coefficient, the smoother the surface. The requirements for friction on runways are normally 0.3 to 0.4. Runway deicing agents containing the sugar product betaine may be an alternative to using formates/acetates or urea. Betaine is less corrosive than formates and acetates, and emissions of betaine have a lower environmental impact than urea. A study conducted by FFI showed that betaine-based deicing agents had similar melting capacity to urea, but less than Aviform, in laboratory tests. In order to gain more knowledge about how betaine-based deicing agents works in practice, it is necessary to perform large-scale tests under real conditions.

The present study includes large-scale tests of the betaine-based runway deicing agents Betafrost L Plus, Betafrost G and Nutristim at Ørland Airport. The effect of the runway deicing agents was compared to the effect of the formate-based runway deicing agent Aviform L50 and urea. Seven tests were performed during the winters of 2020 and 2021. The effect of the runway deicing agents were determined by how much the friction on the test fields increased after application of the runway deicing agents. In addition, how the runway deicing agents affected the mechanical removal of snow and ice was also taken into account. Employees at the Fire and Rescue Service at Ørland Airport performed the tests.

Both types of liquid deicing agent (Aviform L50 and Betafrost L Plus) worked well at around 0°C, but worked relatively poorly at <-5°C, but in combination with mechanical treatment, friction of >0.35 was achieved in all cases. Tests with solid deicing agents were performed at <-5 ° C, and generally showed poor effect for all the deicing agents tested (urea, Nutristim and Betafrost G). Betafrost G (solid) was also tested at 3°C, and showed better effect than the other tests. The tests showed that there was little or no difference in the ability of Aviform L50 and Betafrost L Plus, and betaine and urea granules, to increase the friction on the test field.

A limited number of tests were performed in this study, but the results indicated that betaine-based runway deicing agents are good alternatives to Aviform and urea. None of the deicing agents work well enough on their own, and in order to achieve high enough friction on runways, it is necessary to carry out sufficient mechanical treatment at the right time.

It is recommended to perform additional tests to gain more knowledge about how betaine works under real conditions, and what can be done to optimize its use.

---

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>Forord</b>	<b>7</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Formål	9
<b>2 Materialer og metoder</b>	<b>10</b>
2.1 Ørland flystasjon	10
2.2 Baneavisingmidler	11
2.3 Oversikt tester	11
2.4 Gjennomføring av testene	12
2.4.1 Testfelt	12
2.4.2 Utlegg av avisingmiddel	12
2.4.3 Friksjonsmåling	13
2.4.4 Mekanisk behandling	16
<b>3 Resultater</b>	<b>19</b>
3.1 Test 0, 2020 – Flytende Aviform og Betafrost ved -1 °C	19
3.2 Test 1 og 2, 2021 – Faste stoffer med og uten befukning ved -5 °C	20
3.3 Test 3 og 4, 2021 – Flytende Aviform og Betafrost ved -7,5 og -6 °C	23
3.4 Test 5, 2021 – Flytende Aviform og Betafrost ved 0 °C	26
3.5 Test 6, 2021 – Faste stoffer ved -7 °C	27
3.6 Test 7, 2021 – Betafrost G ved 3 °C	29
<b>4 Diskusjon</b>	<b>32</b>
4.1 Avisingsmidler i flytende form	32
4.2 Avisingsmidler i fast form	33
4.3 Temperatur og effekt av baneavisingmidler	35

---

<b>5</b>	<b>Oppsummering og konklusjon</b>	<b>36</b>
	<b>Referanser</b>	<b>37</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>38</b>
<b>A</b>	<b>Testrapporter fra Ørland flystasjon</b>	<b>38</b>
A.1	Test 0, 2020	38
A.2	Test 1, 2021	39
A.3	Test 2, 2021	41
A.4	Test 3, 2021	43
A.5	Test 4, 2021	45
A.6	Test 5, 2021	47
A.7	Test 6, 2021	49
A.8	Test 7, 2021	51



---

---

## Forord

Denne studien er et samarbeid mellom Forsvaret ved Ørland hovedflystasjon og FFI. Studien er en del av oppdraget «Alternative baneavisingmidler», finansiert av Forsvarsdepartementet (FD). Oppdraget er gjort i samråd med en prosjektrådsgruppe med representanter fra Avinor, Luftforsvaret, Forsvarsmateriell (FMA), Forsvarsbygg (FB), Forsvarsstaben (FST) og Forsvarsdepartementet (FD), i tillegg har Forsvarets laboratorietjeneste (FOLAT) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) bidratt med kunnskap.

Formålet med oppdraget har vært å:

- Kartlegge alternative baneavisingmidler og -metoder, med hensikt å finne en løsning som hverken skader miljø eller korroderer fly
- Gjennomføre praktiske tester av baneavisingmidler i laboratoriet og i storskala
- Helhetlig vurdering og kostnadsanalyse av aktuelle løsninger/metoder

Denne rapporten omhandler resultater fra storskala testene av baneavisingmidler som har blitt utført ved Ørland flystasjon. Testene har blitt utført av Terje Eriksen, Jan Arild Rødsjø, Steinar Kristiansen og Per Roar Olden ved Brann, redning og plasstjenesten ved Ørland flystasjon. Testene ble utført i vintersesongene 2019-2020 og 2020-2021. Rapporten er utarbeidet av FFI på bakgrunn av resultatene fra testene.

Ida Vaa Johnsen, 11.05.21, Kjeller

---

---

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

I 2012 vedtok Stortinget at Evenes flystasjon skulle etableres som fremskutt base for kampfly (QRA) og i 2016 ble det vedtatt at Evenes flystasjon skulle være hovedbase for maritime patruljefly (MPA) (Forsvarsdepartementet, 2018). Etableringen av Evenes flystasjon som fremskutt base og hovedbase for Forsvarets fly har aktualisert problematikken rundt bruken av baneavisingmidler. Ved Evenes, og ved de fleste andre flyplasser i Norge og i andre land, benyttes det i dag hovedsakelig baneavisingmidler basert på salter av formiater (eller acetater). Salter av formiater er korrosive og bruk av baneavisingmidler basert på formiater kan føre til korrosjonsskader på flymateriell (Huttunen-Saarivirta et al., 2011). Urea ble brukt som baneavisingmiddel på mange flyplasser tidligere, men urea har en gjødslande effekt på grunn av høyt nitrogeninnhold og krever i tillegg mye oksygen ved nedbrytning (Shi, 2008). Utslipp av urea til vann er derfor uheldig, derfor har de fleste flyplasser gått over til å bruke formiat- eller acetatbaserte avisingmidler. Betain er et relativt nytt baneavisingmiddel som er mindre korrosivt enn formiat, og har lavere miljøbelastning enn urea (Shi, 2008). Betain kan være et alternativt baneavisingmiddel til formiat og urea. Studier i Finland har vist at betain har gitt tilstrekkelig høy friksjon på rullebaner og antall korrosjonstilfeller på fly har blitt redusert etter at flyplasser gikk over til å benytte betain (Alatypö og Jutila, 2010a, Alatypö og Jutila, 2010b).

Det er ønskelig med mer kunnskap om betain dersom det skal innføres som baneavisingmiddel på flyplasser i Norge. Ulike laboratorietester kan brukes til å måle smelteegenskapene til avisingmidler, men resultatene er ikke nødvendigvis sammenliknbare med felttester. En viktig forskjell på laboratorietester og felttester, er at laboratorietester normalt involverer å måle smelteegenskapene til avisingmidlene i form av mengde is et avisingmiddel kan smelte ved en gitt temperatur over et gitt tidsrom, mens felttester involver måling av friksjon på rullebanen etter at den har blitt tilført baneavisingmiddel. En sammenlikning av avisingsegenskapene til betain og kaliumformiat i en finsk studie viste at betain fungerte dårligere enn formiat i laboratorietester, men i feltstudier ble det ikke observert noen signifikant forskjell mellom avisingmidlene (Alatypö og Jutila, 2010b). FFI har kartlagt smelteegenskapene til betain og andre baneavisingmidler i laboratorietester. Testene viste at betain hadde like gode smelteegenskaper som urea, men dårligere smelteegenskaper enn formiat (Aaneby og Johnsen, 2021).

For mer informasjon om baneavisingmidler og alternative metoder til baneavising, både generelt og ved Evenes flystasjon spesielt, vises det til litteraturstudien «Alternative baneavisingmidler og –metoder» utarbeidet av FFI (Johnsen og Aaneby, 2021).

---

---

## 1.2 Formål

Laboratorietester, og tester og bruk i andre land, har vist at betain kan være et alternativ til baneavisingmidlene formiat og urea. Utslipp av betain innebærer en lavere miljøbelastning enn utslipp av urea, og betain er mindre korrosivt enn formiat. Storskala tester av betain på rullebaner under reelle betingelser vi gi mer kunnskap om hvordan dette baneavisingmiddelet fungerer i praksis.

Formålet med denne studien har vært å finne ut hvordan betainbaserte baneavisingmidler virker sammenliknet med avisingmidlene formiat og urea. Testene har blant annet omfattet:

- Sammenlikning av friksjonen som oppnås på rullebaner (testfelt) påført betain, formiat og urea i flytende og fast form.
- Undersøkelse av hvordan baneavisingmidler i fast form smelter is fra overflaten og hvordan smeltevann fryser på igjen.
- Undersøkelse av hvilke baneavisingmidler i fast form som gir best forhold for mekanisk fjerning av snø og is (forebyggende effekt).
- Sammenlikning av utlegging av befuktete faste, tørre avisingmidler med kun faste, tørre avisingmidler.
- Undersøkelse av hvordan ulike doseringer av avisingmidler og ulike værforhold påvirker effekten av avisingmidlene.

Felttestene har blitt utført ved Ørland flystasjon. Ørland flystasjon driftes og eies av Forsvaret som har gjort det lettere å organisere og utføre tester ved denne flystasjonen, sammenliknet med Evenes flystasjon som eies og driftes av Avinor.

---

## 2 Materialer og metoder

### 2.1 Ørland flystasjon

Storskala tester av baneavisingmidler ble utført ved Ørland hovedflystasjon som ligger i Ørland kommune i Trøndelag fylkeskommune. Beliggenheten er vist Figur 2.1. Flystasjonen ble anlagt i perioden 1941-1944, og ble utbygget til NATO-standard i 1952. Siden 1955 har Ørland flystasjon hatt kontinuerlig og variert aktivitet med skvadroner, fly og helikoptre knyttet til norsk og internasjonal virksomhet innen overvåking, redningsarbeid, luftvern og transport. I 2011 ble flystasjonen utpekt som framtidig base for Forsvarets nye jagerfly (Forsvarsbygg, 2018).



Figur 2.1 Beliggenhet av Ørland flystasjon

Ørland hovedflystasjon har tillatelse til å benytte både baneavisingmiddel basert på formiat (Aviform) og urea, i tillegg til glykol fra flyavising (Fylkesmannen i Trøndelag, 2020). Tillatelsen innebærer at det kan slippes ut inntil 30 000 liter Aviform og 130 tonn urea i forbindelse med baneavising per år. Maksimalt tillatt utslipp av organisk stoff, fra både fly- og baneavising, er 300 tonn KOF (kjemisk oksygenforbruk) per år. Forsvarsbygg har vært i dialog med Fylkesmannen i Trøndelag i forbindelse med testene av alternative baneavisingmidler ved Ørland flystasjon. For testing av små mengder alternative baneavisingmidler, har det ikke vært

nødvendig med en egen tillatelse. Utslippet fra baneavisingmidlene som benyttes på Ørland flystasjon skjer via overvannsnett til kanaler som munner ut i Grandefjøra, via grøfter til kanalene eller infiltrasjon i grunnen.

## 2.2 Baneavisingmidler

Formiat- og betainbaserte baneavisingmidler finnes både i fast og flytende form. Ved Ørland flystasjon lages det vannfortynnet urea i et blandeverk direkte på flyplassen. Normalt benyttes avisingmidler i flytende form for å smelte is fra overflaten, mens avisingmiddel i fast form benyttes til å penetrere isen eller snøen slik at den slipper fra underlaget (Schweigert og Poissonier, 2016).

En oversikt over baneavisingmidlene som har blitt testet i denne studien er gitt i Tabell 2.1. En nærmere beskrivelse av baneavisingmidlene er gitt i laboratorie- og litteraturstudiene utarbeidet av FFI (Aaneby og Johnsen, 2021, Johnsen og Aaneby, 2021).

Tabell 2.1 Oversikt baneavisingmidler

	Produsent	Form	Kjemisk sammensetning
<b>Produkter med betain:</b>			
Nutristim 800	Danisco	Fast, pulver	Betain/trimetylglysin
Betafrost G	Finnfeeds (Danisco)	Fast, granulat	Betain/trimetylglysin
Betafrost L Plus	Genencor (Danisco)	Flytende	Ca. 50 % betain/trimetylglysin i vann
<b>Produkter med urea:</b>			
Vannfortynnet urea	Ørland flystasjon*	Flytende	Ca. 50 % urea granulat i vann
Urea granulat	Yara	Fast, granulat	Teknisk kondisjonert urea
<b>Produkter med formiat:</b>			
Aviform L50	Addcon	Flytende	Ca. 50 % kaliumformiat i vann

\*Med utgangspunkt i urea granulat fra Yara

## 2.3 Oversikt tester

Det ble utført en test i februar 2020, mens de resterende testene ble utført i januar og februar 2021. Testen i 2020 ble utført i forbindelse med et besøk fra FFI. En oversikt over testene som har blitt gjennomført er gitt i Tabell 2.2. Mer detaljer rundt værforholdene ved testene er gitt sammen med resultatene for testene i kapittel 3.

Tabell 2.2 Oversikt over tester.

År	Test	Dato og tid	Avisingsmiddel	Dosering	Lufttemp.	Bakketemp.	Baneforhold
2020	0	28.02.2020, kl. 12	Aviform L50, Betafrost L Plus	20 g/m <sup>2</sup>	-1 °C	-1,5 °C	3 mm is
	1	07.01.2021, kl. 10	Betafrost G, Nutristim, ureagranulat	20 g/m <sup>2</sup>	-5,2 °C	-7,5 °C	5-6 mm is
2021	2	07.01.2021, kl. 13	Betafrost G befukta med Betafrost L Plus  Nutristim befukta med Betafrost L Plus  Ureagranulat befukta med vannfortynnet urea	Fast: 30 g/m <sup>2</sup>  Flytende: + 15 g/m <sup>2</sup>	-5,2 °C	-7,5 °C	5-6 mm is
	3	14.01.2021, kl. 10	Aviform L50, Betafrost L Plus	30 g/m <sup>2</sup>	-7,5 °C	-10 °C	Kompakt snø, is og hjulspor
	4	15.01.2021, kl. 15	Aviform L50, Betafrost L Plus	30 g/m <sup>2</sup>	-6 °C	-7,5 °C	Kompakt snø, is og hjulspor
	5	19.01.2021, kl. 13	Aviform L50, Betafrost L Plus	30 g/m <sup>2</sup>	0 °C	-4,5 °C	Rim, is og hjulspor
	6	02.02.21, kl. 14	Ureagranulat Betafrost G	30 g/m <sup>2</sup>	-7,3 °C	-8 °C	Kompakt snø, is og hjulspor
	7	18.02.21, kl. 11:35	Betafrost G	90 g/m <sup>2</sup>	3 °C	-0,1 °C	1,5-2 cm is

## 2.4 Gjennomføring av testene

### 2.4.1 Testfelt

Testene av baneavisingsmiddel ble utført på et takseområde på flyplassen. Hver test ble gjennomført på et område på omtrent 3 x 200 m.

### 2.4.2 Utlegg av avisingsmiddel

Det finnes ulike typer utstyr å legge ut avisingsmiddel med. For testen som ble utført i 2020 ble avisingsmiddel lagt ut med ATV, og for testene som ble utført i 2021 ble avisingsmiddel lagt ut med en utlegger montert på traktor. Utleggeren kan legge ut både flytende og fast avisingsmiddel samtidig. Utlegg av avisingsmiddel er vist Figur 2.2.



*Figur 2.2 Utlegg av avisingsmiddel med ATV for testen i 2020 (øverst) og utstyr som ble brukt for testene i 2021(nederst).*

### **2.4.3 Friksjonsmåling**

#### **2.4.3.1 Teori om friksjon**

Friksjon angis som et friksjonstall som avhenger av overflaten på de to legemene som er i kontakt, men ikke av arealet som er i kontakt. Friksjonstallet bestemmes ved empiriske målinger og kan ikke beregnes teoretisk. Jo lavere friksjonstallet er, jo glattere er underlaget (Statens vegvesen, 2005). For F-35 er minimumskravet at friksjonen på rullebanen er  $>0,35$ . I Finland er det et krav at friksjonstallet på rullebaner er  $>0,4$  (Alatypö og Jutila, 2010b).

Forhold som virker inn på friksjonen inkluderer egenskaper ved banedekket som materialtype, tekstur, temperatur og slitasje, egenskaper ved hjulene som typen gummi, mønster, trykk og størrelse, målebetingelser som fart, utstyr og operatør, og sesongvariasjoner som vann, is og snø på dekket (Statens vegvesen, 2005). Den viktigste faktoren som påvirker friksjonen på et vegdekke er om overflaten er våt eller tørr. Vått dekke gjør at det blir vanskeligere å oppnå kontakt mellom vegdekket og hjulet dersom ruheten er lav og hastigheten er høy (Statens vegvesen, 2005).

Typiske friksjonskoeffisienter mellom et gummihjul og ulike underlag ved ulike forhold er gitt i Tabell 2.3.

Tabell 2.3 Typiske friksjonskoeffisienter mellom et gummihjul og ulike underlag, ved ulike forhold (Statens vegvesen, 2005).

Underlag og forhold	Typisk friksjonskoeffisient
Bar asfalt, tørr	0,9-1,0
Bar asfalt, våt	0,4-0,9
Is, tørr	0,15-0,3
Is, våt	0,05-0,15

Det er stor usikkerhet knyttet til måling av friksjon på rullebaner, og det har vært en utfordring at friksjonstallene har blitt ansett som sannheter, når de i realiteten må ses i sammenheng med værforholdene (AIBN, 2011). Snø, og spesielt nysnø, har et relativt høyt innhold av vann og kan gjøre at rullebanen er glatt, selv om temperaturen er under 0 °C. Det er ikke lenger tillatt å rapportere friksjonstall for våte rullebaner (AIBN, 2011).

Friksjon måles normalt ved hjelp av et ekstra hjul installert på eller festet bak et kjøretøy. Ut fra hastigheten til målehjulet og hastigheten til kjøretøyet bestemmes slipp hastigheten,  $V_{slipp}$ :

$$V_{slipp} = V_{kjoretøy} - V_{målehjul}$$

Slippprosenten,  $Slipp\%$ , beregnes ut fra andelen slipp hastigheten utgjør av hastigheten til kjøretøyet:

$$Slipp\% = \frac{V_{slipp}}{V_{kjoretøy}}$$

Friksjonen vil variere med slipp hastigheten. Ved en variabel slippmåling blir friksjonen målt i hele bremsperioden, fra fritt rullende målehjul (0 % slipp) til låst målehjul (100 % slipp). Den maksimale friksjonen vil måles rundt 10-30 % slipp (Statens vegvesen, 2005).



---

### 2.4.3.2 Måling av friksjon i testene

For å måle effekten av avisingsmidlene, ble friksjon på områdene der avisingsmidlene var lagt ut målt. Friksjonen ble målt før avisingsmiddel ble lagt, og flere ganger etter at avisingsmiddel var lagt ut, både før og etter mekanisk fjerning av snø og is.

Friksjonen ble målt ved hjelp av et målehjul montert på et kjøretøy. For at målingen av friksjon skal være gyldig må kjøretøyhastigheten være mellom 45 og 96 km/t. På Ørland flystasjon er friksjonsmåleren kalibrert for en fart på 65 km/t. Kjøretøy med påmontert målehjul bak som ble benyttet til målingene er vist i Figur 2.3.



Figur 2.3 Kjøretøy med målehjul for måling av friksjon.

---

---

#### 2.4.4 Mekanisk behandling

Mekaniske metoder for fjerning av is og snø på rullebaner inkluderer brøyting, fresing, høvling, kosting og blåsing (Vaa og Sakshaug, 2007). Mekaniske metoder brukes i kombinasjon med avisingsmidler. Det er vanlig å utføre ulike typer mekanisk behandling på rullebaner, både før og etter at avisingsmidlene har blitt lagt ut.

Isen kan høvles vekk med stål- eller fiberskjær. Dette omtales også som bukskjær. Ved bruk av fiberskjær må det brukes avisingsmidler for å løse opp isen først. Fiberskjær er mer skånsomt når det gjelder utstyr, som for eksempel lys, på rullebanen som kan ødelegges.

Feiing/børsting kan gjøres både med stål- og plastbørster. Ved bruk av stålbørste kan det havne små rester av stål på rullebanen som kan skade fly om de ikke fjernes. Stårestene samles opp med magnetbil og banene feies hver dag, også om sommeren. Plastbørster kan gi rester av plast på rullebanen. Bruk av plastbørster kan også føre til at overflaten poleres slik at den blir glattere. På Ørland flystasjon benyttes derfor hovedsakelig stålbørste ved vinterforhold.

Ulike typer mekanisk behandling som ble utført under testene på Ørland flystasjon er vist i Figur 2.4 - Figur 2.6.



*Figur 2.4 Brøyting av rullebanen med plog ved ulike forhold.*



*Figur 2.5 Feiing/børsting av rullebanen med stålbørste.*



*Figur 2.6 Høvling av is på rullebanen med isskjær/bukskjær.*

---

---

## 3 Resultater

Dette kapitlet er basert på resultatene og observasjonene som er gitt i testskjemaene utarbeidet ved Ørland flystasjon. Testrapportene er gitt i vedlegg A.

### 3.1 Test 0, 2020 – Flytende Aviform og Betafrost ved -1 °C

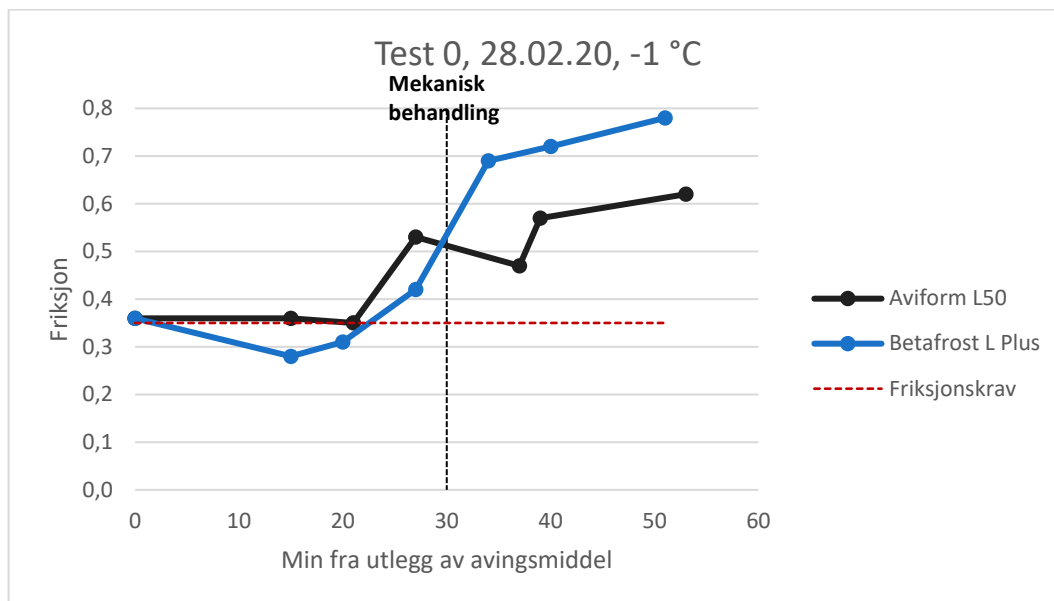
Det ble utført en test i forbindelse med et besøk fra FFI 28. februar 2020. Flytende Aviform L og Betafrost L Plus ble sammenliknet i testen. Avisingsmidlene ble lagt ut med ATV som vist i Figur 2.2. Det ble lagt ut 20 g avisingsmiddel per m<sup>2</sup>. For å oppnå is på testfeltet ble det lagt ut vann med brannbil i forkant av testen.

Værforholdene ved test 0, 2020 er gitt i Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Værforhold ved Test 0, 2020.

Parameter	Innledende test
Luftrykk	993 hPa
Duggpunkt	-5 °C
Luftfuktighet	74 %
Lufttemperatur	-1 °C
Bakketemperatur	-1,5 °C
Nedbør	Ingen
Vind	-
Baneforhold	3 mm is

Friksjonene som ble målt på testområdene med Aviform L50 og Betafrost L Plus på ulike tidspunkt etter utlegg av avisingsmidlene er vist i Figur 3.1. Friksjonen på testfeltene ble målt første gang omtrent 15 minutter etter avisingsmidlene var lagt ut. Etter omtrent 30 minutter ble banen mekanisk behandlet med fiberskjær og feiing med kost med stålbust. Friksjonen ble målt tre ganger etter at banen var feid, sist gang omtrent 50 minutter etter avisingsmidlene var lagt ut.



Figur 3.1 Friksjon på testfelt påført Aviform L50 og Betafrost L Plus. Mekanisk behandling omfattet høvling av is og feiing/børsting.

Friksjonen på testfeltene som var påført Aviform L50 og Betafrost L Plus økte gradvis i løpet av testen. Før mekanisk behandling var friksjonen noe høyere på testfeltet påført Aviform L50. Etter mekanisk behandling var friksjonen noe høyere på testfeltet påført Betafrost L Plus. Begge avisingsmidlene fungerte godt for å fjerne is og øke friksjonen på rullebanen ved testbetingelsene under den innledende testen. Lavere friksjon på testfeltet påført Aviform L50 kan skyldes at Aviform L50 tørker sakte, slik at testfeltet fortsatt var fuktig da friksjonen ble målt.

### 3.2 Test 1 og 2, 2021 – Faste stoffer med og uten befruktning ved -5 °C

Test 1 og 2 ble gjennomført 7. januar 2021. Test 1 og 2 involverte avisingsmidlene Betafrost G, Nutristim og ureagranulat, påført som tørre og befukta stoffer. Påføring av befukta stoffer innebar at de tørre stoffene ble befukta med avisingsmiddel i væske av samme type som det tørre stoffet.

I forkant av test 1 og test 2 hadde det vært en langvarig kuldeperiode. Baneforholdene ved testene var ren, tykk is, som er ansett som vanskelige forhold og er sjeldent ved Ørland flystasjon. Ved slike forhold er det vanlig å høvle vekk isen med isskjær/bukskjær før det legges ut baneavisingsmidler, men dette ble ikke gjort i disse testene fordi det var ønskelig å se hvor godt avisingsmidlene fungerte uten en slik forbehandling. Hensikten med testen var å teste ut hvor godt de faste stoffene Betafrost G, Nutristim og ureagranulat smeltet isen, og hvor lang tid det tok før smeltevannet frøys på igjen.

---

---

I test 1 ble avisingsegenskapene til de faste stoffene Betafrost G, Nutristim og ureagranulat sammenliknet. Doseringen var 20 g fast stoff per m<sup>2</sup>. Utlegg av tørre stoffer kan være utfordrende pga. avdrift av stoffene grunnet krossvind. Ved å befukte stoffene kan avdrift av stoffene unngås. I test 2 ble de tørre stoffene befukta med flytende avisingsmiddel; Betafrost og Nutristim ble begge befukta med Betafrost L Plus, ureagranulat ble befukta med vannfortynnet urea. Doseringen i test 2 var 30 g fast stoff befuktet med 15 g flytende avisingsmiddel per m<sup>2</sup>.

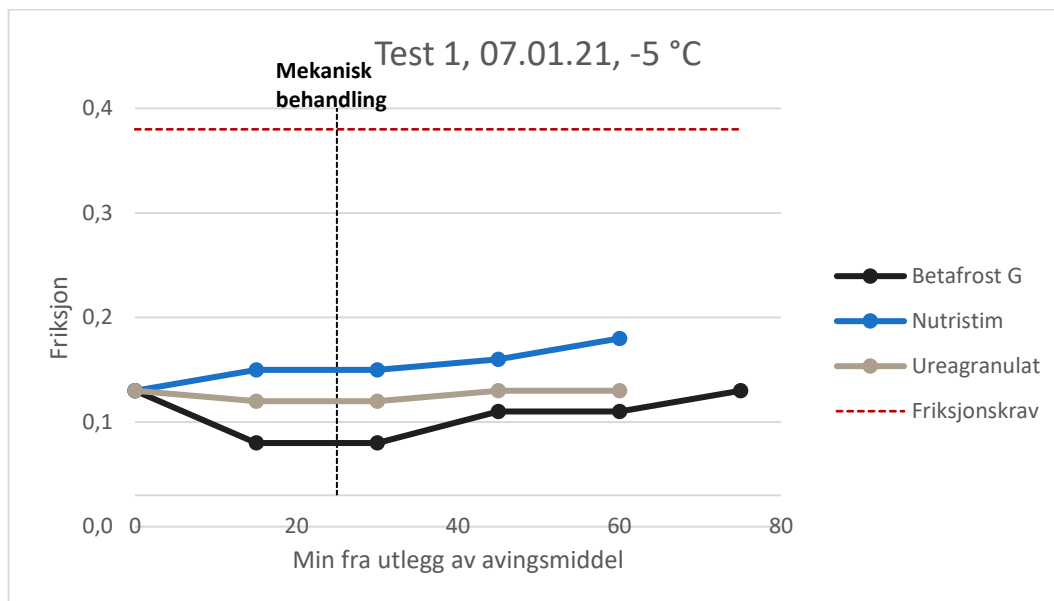
Stoffene ble lagt ut på hvert sitt testfelt som alle var 3 x 200 m. Det ble brukt de samme testfeltene i test 1 og i test 2, ett felt for hvert avisingsmiddel.

Værforholdene ved test 1 og 2, 2021 gitt i Tabell 3.2.

*Tabell 3.2 Værforhold ved test 1 og 2, 2021.*

<b>Parameter</b>	<b>Test 1 og 2</b>
Lufttrykk	1014,9 hPa
Duggpunkt	-10,2 °C
Luftfuktighet	67 %
Lufttemperatur	-5,2 °C
Bakketemperatur	-7,5 °C
Nedbør	Ingen
Vind	130 grader, 16-29 m/s
Baneforhold	5-6 mm is

Friksjonene som ble målt på testfeltene påført tørr Betafrost G, Nutristim og ureagranulat er vist i Figur 3.2.



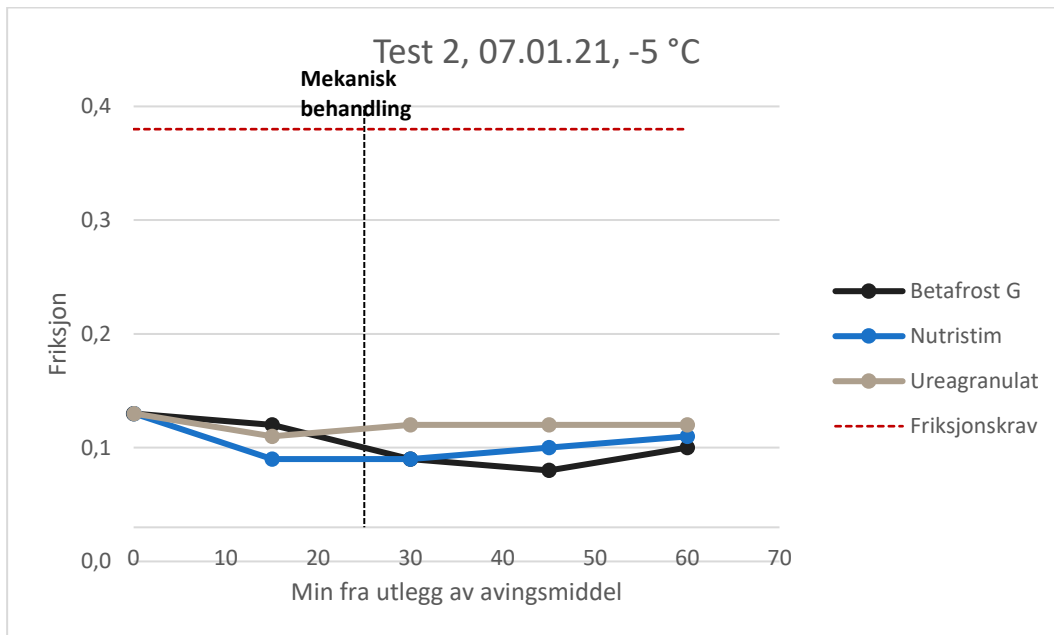
Figur 3.2 Friksjon målt ved ulike tidsintervaller på områder påført de tørre stoffene Betafrost G, Nutristim og ureagranulat. Mekanisk behandling omfattet feiing.

Ingen av stoffene fungerte spesielt godt på de vanskelige forholdene med tykk is og kaldt vær. Nutristim smeltet mest vann i test 1, men ga dårlig friksjon på grunn av dannelse av vannfilm på isen. Mekanisk behandling fjerner noe av vannfilmen, men det gir ikke nødvendigvis resultat i form av bedre friksjon. Stoffene som virka noe dårligere smelta ikke like mye overflatevann. Når smeltevannet frøys på igjen, var det tilnærmet lik friksjon på alle testfeltene. Noe høyere friksjon på testfeltet påført Nutristim forklares med at Nutristim ga en noe ruere isoverflate med litt høyere friksjon. Nutristim foreligger som et pulver mens Betafrost G og ureagranulat foreligger som granulat. Granulatene penetrerte isen i noen grad og isen viste en indikasjon på å løsne fra asfalten. Dette vil være en fordel ved fjerning av isen.

Testen illustrerer at det er viktig med tilstrekkelig mekanisk behandling før smeltevannet begynner å fryse på igjen. Men at det også er viktig å la avisingsmiddelet, spesielt i fast form, ligge lenge nok til at det rekker å fungere.

Friksjonen som ble målt på testfeltene påført fuktete stoffer er vist i Figur 3.3.





Figur 3.3 Friksjon målt ved ulike tidsintervaller på områder påført tørt Betafrost G, Nutristim og ureagranulat fuktet med avisingsmiddel i væskeform.

Utlegg av tørre stoffer fuktet med væske gjør at avisingsmidlene fester seg til underlaget og det er enklere å legge ut enn kun tørre stoffer.

Det ble målt lav friksjon på alle testfeltene og det var små forskjeller mellom de like avisingsmidlene.

Det ble observert at smeltevannet på områdene påført befukta Betafrost G og Nutristim ikke frøys på igjen like fort som området påført fuktet urea. Dersom området forblir fuktig, kan det føre til ekstra arbeid dersom det kommer nedbør og snøen legger seg i de fuktige områdene.

### 3.3 Test 3 og 4, 2021 – Flytende Aviform og Betafrost ved -7,5 og -6 °C

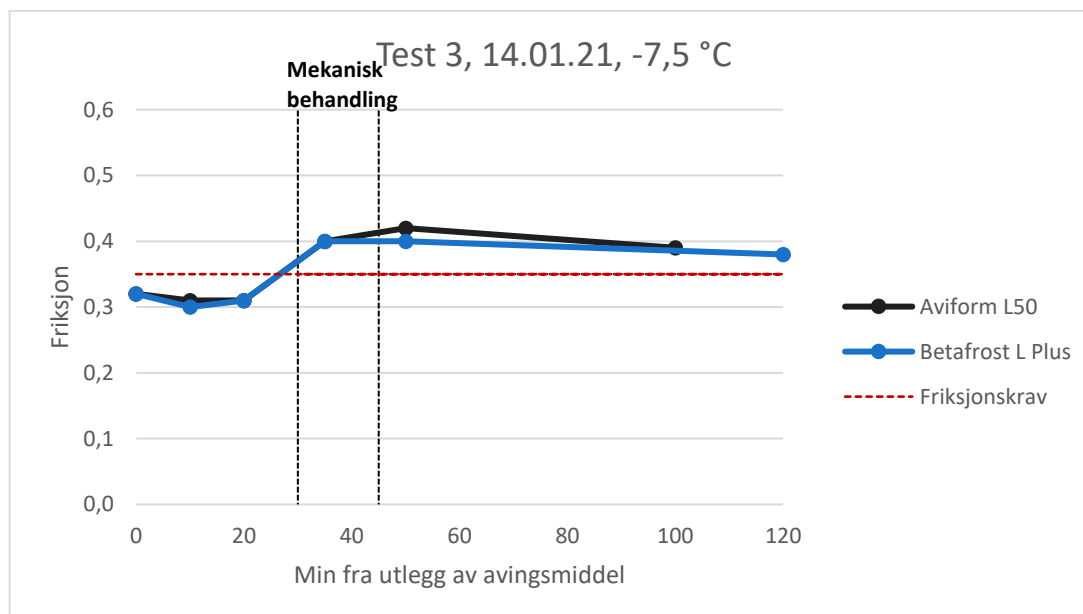
Test 3 og 4 ble gjennomført 14. og 15. januar 2021. Avisingsegenskapene til de flytende avisingsmidlene Aviform L50 og Betafrost L Plus ble sammenliknet i test 3 og 4. Det ble påført 30 g stoff per m<sup>2</sup> i begge testene. Hvert avisingsmiddel ble påført et testfelt på 3 x 200 m. Det ble benyttet samme testfelt i test 3 og test 4.

Værforholdene ved testene er gitt i Tabell 3.3. Forholdene under test 3 og 4 var uvanlig kalde for kystklimaet ved Ørland flystasjon.

Tabell 3.3 Værforhold ved test 3 og 4.

Parameter	Test 3	Test 4
Lufttrykk	1025 hPa	1030 hPa
Duggpunkt	-9,1 °C	-8 °C
Luftfuktighet	88 %	92 %
Lufttemperatur	-7,5 °C	-6 °C
Bakketemperatur	-10 °C	-7,5 °C
Nedbør	Ingen	Ingen
Vind	125 grader, 4 m/s	120 grader, 5 m/s
Baneforhold	Kompakt snø, is og hjulspor	Kompakt snø, is og hjulspor

Friksjonen som ble målt på testfeltene påført Aviform L50 og Betafrost L Plus i test 3 er vist i Figur 3.4.



Figur 3.4 Friksjon på testfelt påført flytende Aviform L50 og flytende Betafrost L Plus. Mekanisk behandling omfattet feiing/blåsing.

Aviform L50 og Betafrost L Plus viste veldig like egenskaper i test 3. De som utførte testene så en antydning til at Betafrost L Plus virket noe raskere enn Aviform L50, men forskjellene var små og kan ikke dokumenteres ut fra testresultatene. Testfeltene ble feid med stålborste og blåst to ganger i løpet av testene. Spesielt den første runden med mekanisk behandling økte friksjonen på testfeltet. Smeltingen av is på overflaten etter andre runde med mekanisk behandling førte til at friksjonen ble noe dårligere, men endringen var liten.

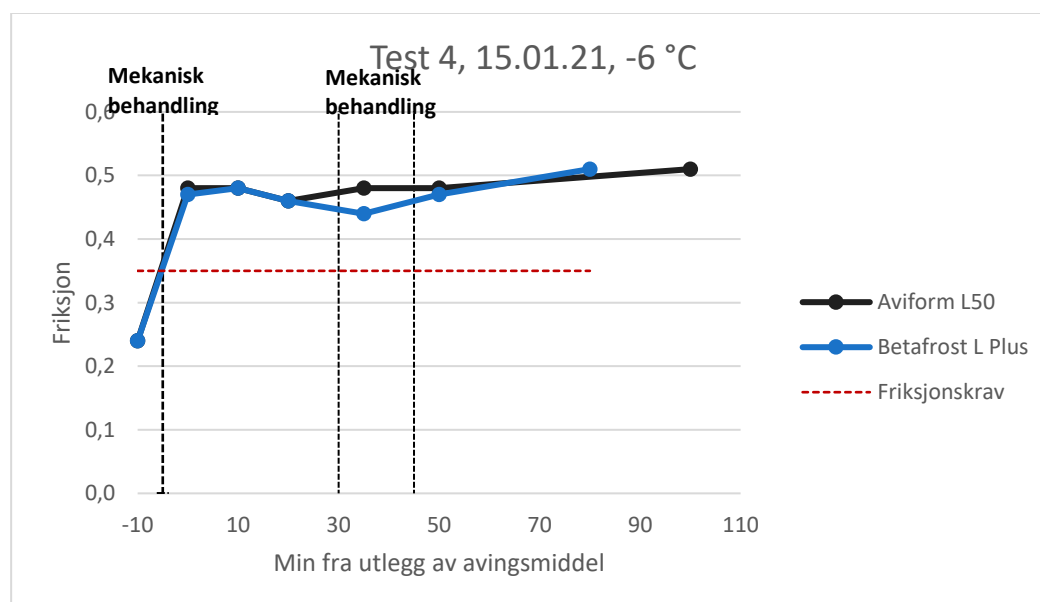
Test 4 ble utført dagen etter test 3. Før testfeltene ble påført avisingsmidler i test 4, ble feltene brøytta, børsta og blåst for å se om avisingsmidlene som hadde blitt påført feltene dagene før fortsatt hadde virkning. Friksjonen på feltene ved avslutning av test 3, og før og etter mekanisk behandling av feltene før test 4, er vist i Tabell 3.4.

Tabell 3.4 Friksjon på felter påført Aviform L50 og Betafrost L Plus. Mekanisk behandling omfattet brøyting, feiing/børsting og blåsing.

	Aviform L50	Betafrost L Plus
Siste måling test 3	0,39	0,38
Ca. ett døgn etter siste måling test 3:		
Før mekanisk behandling	0,24	0,24
Etter mekanisk behandling	0,48	0,47

Friksjonen på testfeltene var redusert ett døgn etter at test 3 var avsluttet. Mekanisk behandling av testfeltene indikerte at avisingsmidlene som var lagt på dagen før fortsatt hadde virkning. Friksjonen på feltene var nesten doblet etter at feltene var brøytet, børstet og blåst. Det var ingen forskjell mellom feltene påført Aviform L50 og Betafrost L Plus.

Etter at feltene var brøytet, børstet og blåst, ble det påført Aviform L50 og Betafrost L Plus på feltene. Friksjonen som ble målt på testfeltene i test 4 er vist i Figur 3.5.



Figur 3.5 Friksjon på testfelt påført flytende Aviform L50 og flytende Betafrost L Plus. Mekanisk behandling omfattet feiing og blåsing.

---

Den mekaniske behandlingen i forkant av test 4 fjernet en del rim og snø på rullebanene som økte friksjonen og bidro til at det var mindre is/snø igjen som det var nødvendig å fjerne. Som for test 3, virket Aviform L50 og Betafrost L Plus veldig likt i test 4. De som utførte testene så en antydning til at Betafrost L Plus løsnet kompakt snø noe lettere enn Aviform L50, men forskjellene var små og kan ikke ses ut fra resultatene. Selv om snø og is ble fjernet fra testfeltene ved mekanisk behandling, økte ikke friksjonen betraktelig. Dette kan skyldes at det danner seg et tynt islag på overflatene eller at overflaten fortsatt er fuktig pga. avisingsmiddelet. Friksjonen var allerede forholdsvis høy for utlegging av avisingsmiddel i test 4, og dette kan også være en årsak til at det ble sett liten effekt av avisingsmidlene i test 4.

### 3.4 Test 5, 2021 – Flytende Aviform og Betafrost ved 0 °C

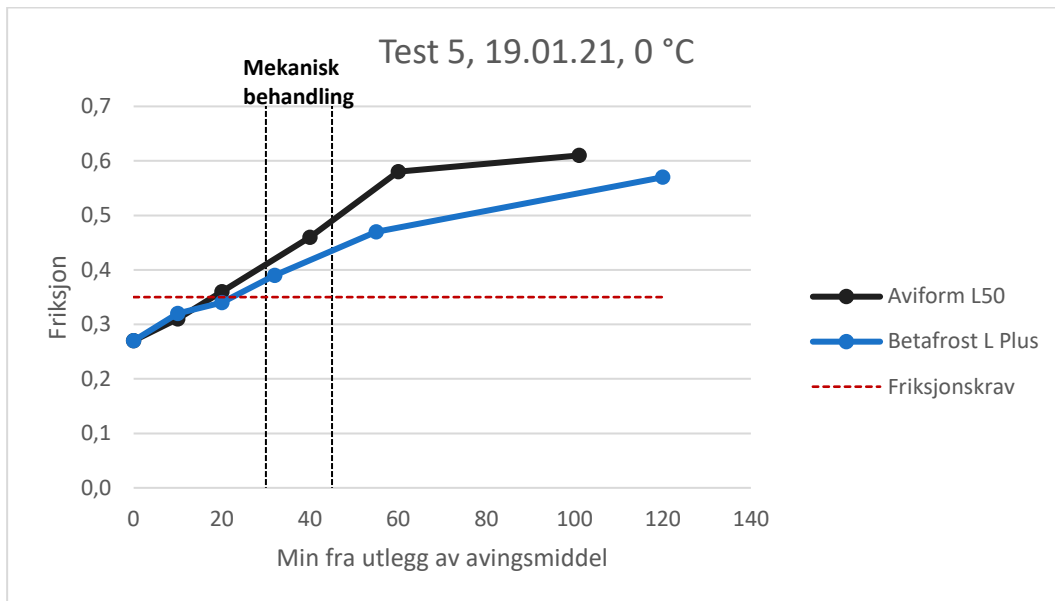
Test 5 ble utført 19. januar 2021. Aviform L50 og Betafrost L Plus ble sammenliknet i testen.

Værforholdene ved test 5, 2021 er gitt i Tabell 3.5.

Tabell 3.5 Værforhold ved Test 5, 2020.

Parameter	Test 5
Luftrykk	998 hPa
Duggpunkt	-4 °C
Luftfuktighet	74 %
Lufttemperatur	-0 °C
Bakketemperatur	-4,5 °C
Nedbør	Ingen
Vind	120 grader, 7 m/s
Baneforhold	Rim, is og hjulspørt

Friksjonen som ble målt på testfeltene påført Aviform L50 og Betafrost L Plus i test 3 er vist i Figur 3.6.



Figur 3.6 Friksjon på testfelt påført flytende Aviform L50 og flytende Betafrost L Plus. Mekanisk behandling omfattet feiing og blåsing.

Aviform L50 og Betafrost L Plus viste ganske like egenskaper i test 5. Det ble observert at Betafrost L Plus smeltet isen noe raskere enn Aviform L50, men forskjellene mellom avisingsmidlene var små og kunne ikke dokumenteres. Det så ut som at Aviform L50 fungerte noe bedre enn Betafrost L Plus over tid. Testfeltene ble feid og blåst to ganger i løpet av testene. Spesielt den andre runden med mekanisk behandling økte friksjonen på testfeltet.

### 3.5 Test 6, 2021 – Faste stoffer ved -7 °C

Test 6 ble utført 2. - 3. februar 2021. Hovedformålet med testen var å sammenlikne urea og Betafrost G, begge granulater, for å se hvilket av stoffene som ga de beste forholdene for fjerning av is med isskjær. Det ble lagt ut 30 g avisingsmiddel per m<sup>2</sup> på testfeltene, som var 3 x 200 m.

Værforholdene for test 6 er vist i Tabell 3.6. Værforholdene var like på de to dagene testen gikk over. Forholdene på testfeltene før start er vist i Figur 3.7.

Tabell 3.6 Værforhold ved test 6

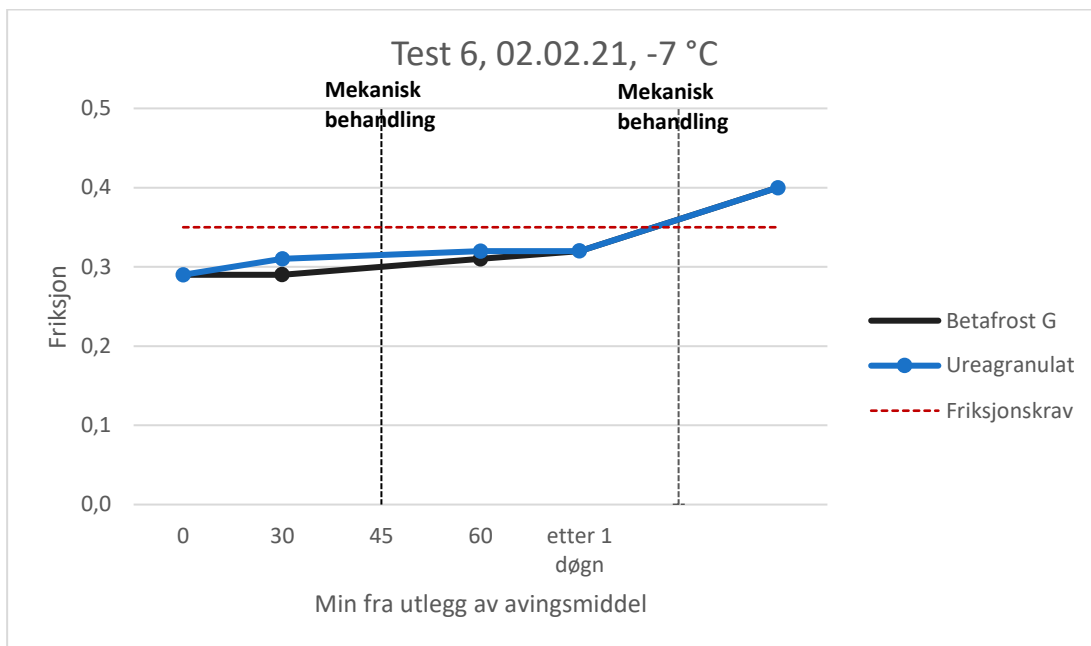
Parameter	Test 6
Lufttrykk	1008 hPa
Duggpunkt	-9,7 °C
Luftfuktighet	83 %
Lufttemperatur	-7,3 °C
Bakketemperatur	-8,0 °C
Nedbør	Ingen
Vind	125 grader, 8 m/s
Baneforhold	Kompakt snø, is og hjulspor



Figur 3.7 Forholdene på testfeltene før test 6. Snøen/isen ble ikke fjernet i forkant av testen for å utfordre avisingsmidlene mest mulig.

Som for test 1-4, var det kalde værforhold under test 6. Ved forhold som vist i Figur 3.7 er det vanlig å skrape vekk mest mulig snø og is før stoffer påføres. I test 6 var det ønskelig å se om påføring av Betafrost G og ureagranulat kunne gjøre fjerningen av is lettere.

Friksjonen ble målt på testfeltene før påføring av avisingsmiddel, en halvtime og en time etter påføring av Betafrost G og ureagranulat, og ett døgn etter påføring av stoffene. Resultatene er vist i Figur 3.8.



Figur 3.8 Friksjon på testfelt påført tørr betafrost G og Ureagranulat. Mekanisk behandling omfattet skraping, feiing og blåsing. Testen ble utført over to dager, for å se på effekten av å la tørrt avisingsmiddel virke over natten.

Det ble ikke målt noen endring i friksjonen på testfeltene før mekanisk behandling av feltene. Mekanisk behandling etter 45 minutter ga en veldig svak økning i friksjonen på begge testfeltene.

Testfeltet som var påført ureagranulat hadde litt grovere overflate enn testfeltet som var påført Betafrost G. Dette kan komme av at Betafrost G smelter isen noe bedre enn ureagranulat og derfor gir mer smeltevann som fryser på igjen. Det var derimot ingen forskjell i friksjonsmålingene på feltene påført ureagranulat og Betafrost G. Etter mekanisk behandling 24 timer etter påføring viste avisingsmidlene en bedre effekt enn etter 45 og 60 minutter, og friksjonen oversteg friksjonskravet.

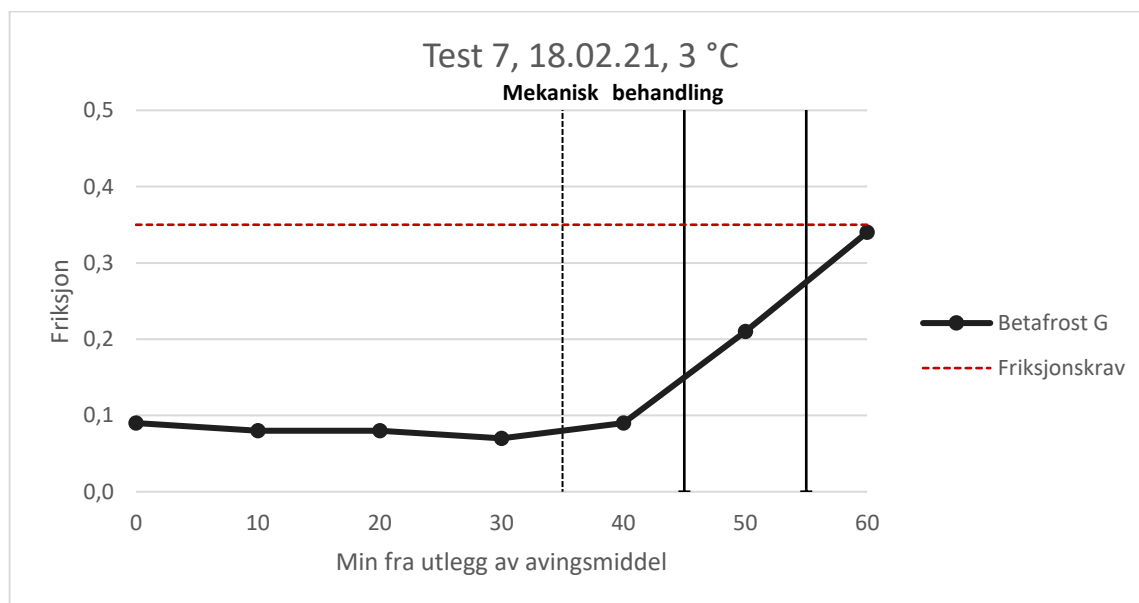
### 3.6 Test 7, 2021 – Betafrost G ved 3 °C

Test 7 ble utført 18. februar 2021. Værforholdene for test 7 er vist i Tabell 3.7. Det var mildere værforhold under test 7 enn det var under de andre testene i 2021. Hovedformålet med test 7 var å undersøke om Betafrost G klarte å penetrere tykk is. Det ble lagt ut 90 g avisingsmiddel per m<sup>2</sup> på testfeltet, som var 3 x 200 m. Doseringen var betydelig høyere enn i de foregående testene.

Tabell 3.7 Værforhold ved test 7

Parameter	Test 6
Luftrykk	1007 hPa
Duggpunkt	-6 °C
Luftfuktighet	59 %
Lufttemperatur	3 °C
Bakketemperatur	-0,7 °C
Nedbør	Ingen
Vind	125 grader, 10 m/s
Baneforhold	1,5-2 cm is

Friksjonen som ble målt på testfeltet påført Betafrost G i løpet av test 7 er vist i Figur 3.9.



Figur 3.9 Friksjon på testfelt påført Betafrost G. Den første mekaniske behandlingen omfattet kun feiing og blåsing, den andre mekaniske behandlingene omfattet skraping av is i tillegg til feiing og blåsing, og den siste mekaniske behandlingen omfattet to runder med skraping av is i tillegg til feiing og blåsing.

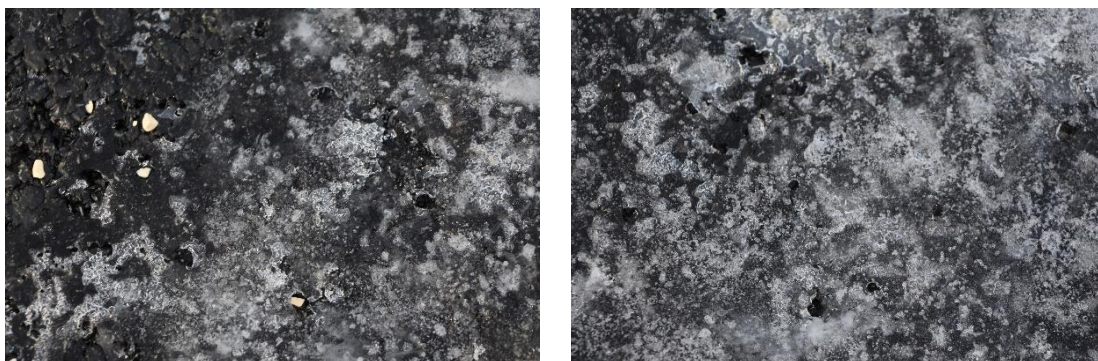
Det ble utført mekanisk behandling på feltet tre ganger i løpet av test 7. Den første behandlingen ble utført etter 35 minutter og involverte feiing og blåsing. Den behandlingen ga ingen vesentlig endring av friksjonen på testfeltet. Etter 45 minutter ble isen skrapet vekk med bukskjær som vist i Figur 2.6, i tillegg ble feltet feid og blåst. Denne behandlingene gjorde at is ble fjernet fra feltet og friksjonsmåling utført i etterkant av behandlingen viste at friksjonen økte. Etter 55 minutter ble det utført to runder med isskrapping med bukskjær i tillegg til feiing og blåsing. Denne



---

behandlingen hadde også god effekt på fjerning av isen og det ble målt friksjon på 0,34 i etterkant av behandlingen.

Det ble observert umiddelbar tining av isen etter at Betafrost G var lagt ut og det dannet seg mye overflatevann på isen. Figur 3.10 viser et bilde av isen der Betafrost G er lagt ut, og etter at Betafrost G har smeltet seg ned i isen. Bildet til høyre i Figur 3.10 viser at isen krakelerte etter at Betafrost G virket.



*Figur 3.10 Utlegging av Betafrost G på is. Bildet til venstre viser isen kort tid etter at Betafrost G var lagt ut. Bildet til høyre viser isen etter at granulatet hadde smeltet seg ned til asfalten.*

Konklusjonen fra test 7 var at Betafrost G kunne penetrere den tykke isen. Doseringen var høyere enn normalt, og også høyere enn hva som kan anses forsvarlig med tanke på kost-nytte og utslipp. Det er viktig å finne ut hva som er optimal dosering og når mekanisk behandling skal gjøres for å gi best mulig effekt.

---

---

## 4 Diskusjon

### 4.1 Avisingsmidler i flytende form

Aviform L50 og Betafrost L Plus ble sammenliknet i fire tester, test 0 i 2020 og test 3, 4 og 5 i 2021. De to avisingsmidlene viste generelt ganske lik trend i testene. Temperaturen i test 0 og test 5 lå rundt 0 °C, mens temperaturen i test 3 og 4 var betydelig kaldere, hhv. -7,5 og -6°C. Temperaturen på bakken var generelt kaldere enn temperaturen i lufta. Begge avisingsmidlene fungerte relativt dårlig i testene ved de laveste temperaturene, men i kombinasjon med mekanisk behandling på testfeltene økte friksjonen på testfeltene til over friksjonskravet (0,35) ved alle testene med flytende avisingsmidler. I test 0 ble det oppnådd høyest friksjon på testfeltet påført Betafrost L Plus, mens det i test 5 ble oppnådd høyest friksjon på testfeltet påført Aviform L50. Forskjellene var imidlertid små. Lavere friksjon på testfeltet påført Aviform L50 i test 0 kan komme av at det var fuktigere på feltet påført Aviform L50. Det ble observert at det tok lenger tid for feltet påført Aviform L50 å tørke, sammenliknet med Betafrost L Plus. Både Betafrost L Plus og Aviform L50 viste god effekt i test 0 og test 5, det ble oppnådd friksjon >0,5 på begge testfeltene i begge testene. Resultatene samsvarer med en studie i Finland som viste betain og kaliumformiat ga tilstrekkelig høy friksjon (>0,4) på rullebanen etter børsting (Alatypö og Jutila, 2010b). Temperaturene i testene utført i Finland var mellom -5 og -7 °C, en del lavere enn test 0 og test 5.

I test 3 og test 4 var det ingen forskjell mellom friksjonen som ble oppnådd på testfeltene påført Aviform L50 og Betafrost L Plus, men effekten var generelt lav for begge avisingsmidlene. I test 3 økte friksjonen fra ca. 0,3 til 0,4 etter mekanisk behandling. Dagen etter ble det målt friksjon på ca. 0,25 på testfeltene, og etter mekanisk behandling økte friksjonen til ca. 0,5. Dette viste at begge avisingsmidlene hadde effekt ett døgn etter at de var påført. Det ble ikke oppnådd noen ytterligere økning i friksjonen på testfeltene ved å påføre mer avisingsmiddel etter dette (test 4). Dette kan komme av at friksjonen allerede var forholdsvis høy på testfeltene ved oppstart av testen.

I test 5 ble det oppnådd noe høyere friksjon på testfeltet påført Aviform L50 enn Betafrost L Plus, motsatt trend av hva som ble observert i test 0. Temperaturen var noe høyere i test 5 enn i test 0, og det ble brukt en høyere dosering av avisingsmiddel i test 5 (30 g/m<sup>2</sup>) enn i test 0 (20 g/m<sup>2</sup>). Det er ikke mulig å konkludere med hva som var årsaken til forskjellene mellom friksjonen som ble oppnådd i for testfeltene påført Aviform L50 og Betafrost L Plus i test 0 og test 5, men testene viser at begge avisingsmidlene fungerer godt ved temperatur rundt 0°C. Resultatene indikerer at det ikke er nødvendig å påføre 30 g/m<sup>2</sup>, men at det kan benyttes en lavere dosering av avisingsmiddel ved slike betingelser. Det bør utføres flere tester for å undersøke hvordan doseringen av avisingsmiddel kan optimaliseres ut fra værforhold, slik at det ikke brukes mer avisingsmiddel enn nødvendig.

---

---

Da det kun ble utført fire storskala tester av Aviform L50 og Betafrost L Plus, er det vanskelig å dra noen sikre slutninger fra testene. Resultatene som foreligger indikerer at Betafrost L Plus fungerer like godt som Aviform L50 når det gjelder å øke friksjonen på rullebaner.

## 4.2 Avisingsmidler i fast form

De faste stoffene Betafrost G, Nutristim og ureagranulat ble sammenliknet i test 1 og test 2 i 2021. Lufttemperaturen i begge testene var  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mens bakketemperaturer var ca.  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  lavere. I test 1 ble avisingsmidlene påført som tørre stoffer, mens de i test 2 ble påført som befukta stoffer, dvs. at de var fuktet med avisingsmiddel i flytende form av samme type som avisingsmiddelet i fast form. Effekten av avisingsmidlene som ble påført som tørre stoffer i test 1 var generelt lav. Det ble kun målt en liten økning i friksjonen (ca. 0,05) på testfeltet påført Nutristim, mens testfeltet påført Betafrost G viste lavere friksjon etter påføring av avisingsmiddel enn før. Testfeltet påført ureagranulat viste generelt ingen endring i friksjon i løpet av testen. Lavere friksjon etter påføring av avisingsmiddel kan komme av at isen smelter, som fører til at overflaten blir fuktig og friksjonen blir dårligere. Friksjonskoeffisientene i Tabell 2.3 viser at friksjonen på våt isoverflate kan være mye lavere enn for tørr isoverflate. For alle avisingsmidlene ble det observert en liten økning i friksjonen i den første målingen etter at mekanisk behandling var utført, som indikerte at den mekaniske behandlingen var effektiv for å fjerne fukt fra overflaten. Dårlig effekt av avisingsmidlene har sannsynligvis sammenheng med den forholdsvis lave temperaturen. Temperaturen var likevel ikke kaldere enn hva som kan forventes for en norsk vinter og det er behov for å ha avisingsmidler som fungerer godt ved slike temperaturer.

I test 2 i 2021 ble de faste avisingsmidlene befukta med avisingsmiddel av samme type i flytende form. Befukting av avisingsmidler gjør at de er enklere å legge ut og fordele på rullebanen, siden de fester seg lettere til overflaten og i mindre grad påvirkes av vind. Det ble derimot ikke observert høyere friksjon i testen med befukta stoffer enn i testen med tørre stoffer. Tvert imot var friksjonen generelt lavere i test 2 enn i test 1, selv om temperaturen i de to testene var lik. Friksjonen var generelt lav i både test 1 og test 2, og det kan ikke ut fra disse to testene konkluderes om befukting av tørre stoffer har effekt på friksjonen som oppnås. Varigheten på test 1 og test 2 var kun ca. 1 time, og det kan tenkes at dette var for kort tid for de tørre stoffene til å fungere optimalt.

Avisingsmidler i fast form benyttes først og fremst for å penetrere isen slik at den slipper fra underlaget og lettere kan fjernes mekanisk. En stor andel av baneavisingsmidlene benyttes preventivt ved at det legges ut før nedbør for å unngå eller forsinke dannelsen av is og snø på rullebanen, og for å lettere kunne fjerne is og snø som legger seg (Schweigert og Poissonier, 2016, Gerbino-Bevins et al., 2012). Sammenlikning av granulater Betafrost G og ureagranulat i test 6 viste at stoffene hadde svært liten effekt når det gjaldt å øke friksjonen på rullebanen i løpet av en time etter de var lagt ut. Når feltene ble skrapet, feid og blåst ett døgn etter at stoffene var lagt ut, ble det derimot observert en økning i friksjonen, fra ca. 0,3 til 0,4. Testen ble utført ved  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , og lav effekt har sannsynligvis sammenheng med lav temperatur.

---

---

I test 7 ble effekten av Betafrost G testet ved  $-1^{\circ}\text{C}$ . Det ble brukt en dosering på  $90\text{ g/m}^2$ , betydelig høyere enn hva som er vanlig, men testforholdene var også vanskelige med tykk is på banen. Betafrost G viste forholdsvis god effekt i testen. Etter flere runder med mekanisk behandling hadde friksjonen økt fra ca. 0,1 til 0,35. Doseringen på  $90\text{ g/m}^2$  var betydelig høyere enn maksimal dosering for de fleste utleggere som er  $50\text{ g/m}^2$  (Alatypö og Jutila, 2010b, Schweigert og Poissonier, 2016). Det er heller ikke realistisk å bruke en så høy dosering av Betafrost G med tanke på kostnader eller miljøbelastning. Det er ikke kjent hva som er anbefalt dosering av Betafrost G, men ifølge Addcon, produsenten av Aviform, er anbefalt dosering av granulatet Aviform S-Solid ved snø eller tykke islag (1-3 mm) ved  $-0$  til  $-6^{\circ}\text{C}$ , som var tilfelle i test 7,  $25\text{-}40\text{ g/m}^2$  (Addcon, 2019). Ved frost eller tynt lag med is ( $<1\text{ mm}$ ), er det anbefalt en noe lavere dosering,  $10\text{-}20\text{ g/m}^2$ . Ved lavere temperatur,  $-5$  til  $-10^{\circ}\text{C}$ , anbefales det å tilføre  $20\text{-}30\text{ g/m}^2$  ved frost eller tynn is og  $40\text{-}50\text{ g/m}^2$  ved snø eller tykkere lag med is.

#### 4.3 Feltforsøk sammenliknet med laboratoriestudier

Laboratorietestene av Aviform L50 og Betafrost L Plus utført av FFI viste at Aviform L50 generelt smeltet mer is enn Betafrost L Plus. Forskjellen var større ved  $-6^{\circ}\text{C}$  enn ved  $-2^{\circ}\text{C}$ . Resultatene står i kontrast til resultatene fra felttestene som viste at Betafrost L Plus fungerte bedre enn Aviform L50 ved  $-1^{\circ}\text{C}$ , mens effekten ved  $-7,5$  og  $-6^{\circ}\text{C}$  var ganske lik for Aviform og Betafrost L plus. Bedre effekt av Betafrost L Plus i felttestene ble observert etter mekanisk behandling. I laboratorietestene tas det kun hensyn til is som smeltes til vann slik at det kan måles opp, og ikke at isen gjøres lettere å fjerne mekanisk. Ved testene som ble utført ved de laveste temperaturene, spesielt  $-6^{\circ}\text{C}$ , var det lite smeltevann i skålene tilført betainbaserte avisingsmidler, men i flere av testene ble det observert en del slaps. Da det kun var volum smeltevann som ble målt, framkommer ikke mengden slaps i skålene i resultatene. Resultatene fra laboratorietestene indikerte at smeltevannet med Aviform L50 frøys på igjen i løpet av siste halvdel av testen ved  $-6^{\circ}\text{C}$ . I felttestene ble smeltevannet fjernet ved mekanisk behandling av testfeltet, slik at denne effekten ikke gjør seg gjeldende.

Resultatene fra felttestene indikerer at Betafrost L Plus fungerer like godt som Aviform L50 når det gjelder å øke friksjonen på rullebaner. Resultatene står i kontrast til laboratorietestene som viste at Aviform L50 til dels smeltet mer is enn Betafrost L Plus. Alatypö og Jutila (2010b) sammenliknet betain og kaliumformiat (tilsvarer Aviform L50) i laboratorie- og felttester. De fant ingen signifikant forskjell på effekten av produktene i felttestene, mens effekten av betain var betydelig dårligere enn effekten av kaliumformiat i laboratorietestene. Dette samsvarer med resultatene i testene utført av FFI og ved Ørland flystasjon. Det er kjent at resultater fra laboratorie- og felttester kan avvike fra hverandre fordi laboratorietestene ikke tar hensyn til parametere som variasjoner i meteorologiske forhold som temperatur og vind, trafikkmengde, og typen og tilstanden til underlaget (Muthumani et al., 2014).

Laboratorietestene utført av FFI viste at Nutristim hadde best effekt av avisingsmidlene i fast form. Dette ble forklart med at Nutristim, i motsetning til urea og Betafrost G, foreligger som pulver som gjør at det lettere kan spres utover isen og vil løses raskere opp enn avisingsmidlene som foreligger som granulat. Avisingsmidler i fast form må hydreres før de kan smelte is, og

---

---

smelteprosessen begynner først når avisingsmiddelet har blitt løst (Schweigert og Poissonier, 2016). Laboratorietestene viste at Nutristim virket raskere enn urea og Betafrost G, men forskjellene ble mindre utover testen. Det ble også utført en test der det kun ble sett på hvor mye smeltevann avisingsmidlene ga i løpet av 1 og 2 timer, og denne testen viste at Nutristim ikke smeltet mer is totalt enn urea og Betafrost G. Feltestene (test 1) viste også at Nutristim smeltet mer is enn urea og Betafrost G. De som utførte feltestene observerte at testfeltet påført Nutristim hadde en ruere overflate enn testfeltet påført urea og Betafrost G. Høyere friksjon på testfeltet med Nutristim ble forklart med at isoverflaten var ruere, og ikke at Nutristim smeltet mer is enn de andre avisingsmidlene. Det kan være at en ruere isoverflate kom som følge av at de små partiklene av Nutristim førte til dannelse av små hull i isen som ga en ruere isoverflate. Det er behov for å utføre flere tester for å undersøke effekten av Nutristim nærmere.

#### **4.4 Temperatur og effekt av baneavisingsmidler**

Som ventet viste testene av baneavisingsmidlene ved Ørland flystasjon at temperatur hadde stor påvirkning på effekten av avisingsmidlene. Det ble generelt observert dårlig effekt av alle avisingsmidlene, også Aviform L50, ved temperaturer lavere enn -5 °C.

Analyser av bruk av baneavisingsmidler på rullebaner ved to flyplasser i Finland viste at det kun var ved få tilfeller (14 av totalt 134) at temperaturene var lavere enn -4 °C (Alatypö og Jutila, 2010b). Alatypö og Jutila (2010b) viste til at den vanligste temperaturen der det er behov for å benytte baneavisingsmidler er ved temperatur rundt 0 °C. Fordi nedbør er tørrere og luftfuktigheten lavere ved lavere temperaturer, vil det være mindre bruk for avisingsmidler ved svært lave temperaturer enn ved temperaturer rundt 0 °C. Både testene fra Finland, og testene fra Ørland flystasjon, viste at både betain og formiat fungerte godt ved slike betingelser. Ved testene i Finland økte friksjonen på testfeltene påført formiat/acetat generelt noe mer (fra ca. 0,28 til ca. 0,71) enn for feltene påført betain (fra ca. 0,29 til 0,6), mens urea økte friksjonen minst (ca. 0,25 til ca. 0,53).

---

---

## 5 Oppsummering og konklusjon

Denne studien omfattet sju tester av baneavisingmidler på Ørland flystasjon. Lufttemperaturen i testene varierte fra ca. +3 til -7,5 °C, mens bakketemperaturen typisk lå 2-3 °C lavere enn lufttemperaturen. Temperatur hadde en tydelig innvirkning på effekten av avisingmidler, alle avisingmidlene som ble testet fungerte bedre rundt 0 °C enn < -5 °C.

Resultatene fra testene gjennomført indikerer at Betafrost L Plus fungerer like godt som Aviform L50 til å øke friksjonen på rullebaner. Det er ikke utført mange nok tester til å konkludere med at dette er tilfellet ved alle temperaturer og klimatiske forhold. Men liknende resultater fra Finland støtter funnene. Disse testene indikerer også at man kan forvente liknende effekt ved lik dosering av Betafrost L Plus og Aviform L50.

Fuktighet på banen gjør at friksjonen blir lavere, det er derfor optimalt at avisingmidler bidrar til minst mulig fuktige forhold. I følge personell som utførte testene, kunne det se ut som om Aviform L50 tørket noe saktere enn Betafrost L Plus. Dette kan i noen tilfeller føre til høyere friksjon ved bruk av Betafrost L Plus enn ved bruk av Aviform L50.

Ingen av avisingmidlene er gode nok i seg selv for å nå kravene for friksjon på rullebaner, det er også viktig med mekanisk behandling. Det er ikke bare viktig at mekanisk behandling utføres, men at det utføres riktig behandling til riktig tid. Det er derfor svært viktig med nok og riktig utstyr, nok personell og ikke minst, god opplæring og gode rutiner. Det er en balansegang med å la avisingmidlene virke lenge nok, men ikke la smeltevann ligge så lenge at det fortynnes tilstrekkelig til å fryse på igjen. Det kan tenkes at beslutningssystemer/intelligente rullebaner kan optimalisere dette.

Det anbefales at det utføres flere storskala tester. Gjerne flere tester ved like betingelser, for å få et mer robust datagrunnlag. Det vil også være en fordel å teste betain ved flere lokasjoner med forskjellig klima. Det bør vurderes å utføre liknende tester som på Ørlandet på flyplasser som vurderer å bruke betain som avisingmiddel.

---

---

## Referanser

- Addcon. 2019. *Aviform S-Solid* [Online]. Tilgjengelig: <https://www.addcon.com/index.php/en/de-icing/aviform/aviform-s-solid> [Lest 25.03.21].
- AIBN 2011. Winter operations, friction measurements and conditions for friction predictions. Volume II - Main report. SL 2011/10. Accident Investigation Board Norway.
- Alatypö, V. og Jutila, K. 2010a. Betafrost - A natural de-icing agent. *Finnish Road & Traffic 2009-2010*.
- Alatypö, V. og Jutila, K. 2010b. Efficiency of runway de-icing chemicals in practice. Paper presented at XIII International Winter Road Congress, Feb. 7-11th, Quebec City, Canada: WSP Finland Ltd.
- Forsvarsbygg. 2018. *Ørland hovedflystasjon* [Online]. Tilgjengelig: <https://www.forsvarsbygg.no/no/verneplaner/landsverneplan-for-forsvaret/trondelag/orland-hovedflystasjon/> [Lest 03.03.21].
- Forsvarsdepartementet 2018. Konseptutvalgutredning Evenes flystasjon (ugradert versjon). Fremskutt operasjonsbase for kampfly og hovedbase for maritime patruljefly.
- Fylkesmannen i Trøndelag 2020. Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Ørland flystasjon.
- Gerbino-Bevins, B., Tuan, C. Y. og Mattison, M. 2012. Evaluation of ice-melting capacities of deicing chemicals. *Journal of Testing and Evaluation*, 40, 952-960.
- Huttunen-Saarivirta, E., Kuokkala, V.-T., Kokkonen, J. og Paajanen, H. 2011. Corrosion effects of runway de-icing chemicals on aircraft alloys and coatings. *Materials Chemistry and Physics*, 126, 138-151.
- Johnsen, I. V. og Aaneby, J. 2021. Alternative baneavisingmidler og -metoder - en litteraturstudie. *FFI-rapport 21/00552*.
- Muthumani, A., Fay, L., Akin, M., Wang, S., Gong, J. og Shi, X. 2014. Correlating lab and field tests for evaluation of deicing and anti-icing chemicals: A review of potential approaches. *Cold Regions Science and Technology*, 97, 21-32.
- Schweigert, N. og Poissonier, S. 2016. Charactersization of runway deicers. Study report. French civil aviation authority. Civil aviation technical center.
- Shi, X. 2008. Impact of airport pavement deicing products on aircraft and airfield infrastructure. A synthesis of airport practice.: Transportation research board.
- Statens vegvesen 2005. Friksjonsmåling på veger. *Intern rapport nr. 2376*.
- Vaa, T. og Sakshaug, K. 2007. Salting av veger. En kunnskapsoversikt. *SFT50 A1685*. SINTEF på oppdrag fra Statens vegvesen.
- Aaneby, J. og Johnsen, I. V. 2021. Laboratorietester av betain og andre baneavisingmidler - smelteegenskaper og infiltrasjonsforsøk. *FFI-rapport 21/00487*.

---

---

## Vedlegg

### A Testrapporter fra Ørland flystasjon

#### A.1 Test 0, 2020

Dato: 28.02.20

Værforholdene under testen er tatt ut fra Metaren som flyplassen sender ut:

HPA 993  
Duggpunkt - 5  
Luftfuktighet 74%  
Lufttemperatur 1  
Bakketemperatur -1,5

Baneforhold under testen var 100% is/3mm på takse bane. (vann lagt ut med brannbil)  
Første måling er tatt etter 15 min fra legging av kjemikalier med ATV. (Derfor «kun væsketest»)

Måling 1 Aviform kl 1236 Friksjon 0.36	Måling 1 Betafrost L plus kl 1240 Friksjon 0.28
Måling 2 Aviform kl 1242 Friksjon 0.35	Måling 2 Betafrost L plus kl 1245 Friksjon 0.31
Måling 3 Aviform kl 1248 Friksjon 0.53	Måling 3 Betafrost L plus kl 1252 Friksjon 0.42
Måling 4 Aviform kl 1258 Friksjon 0.47	Måling 4 Betafrost L plus kl 1259 Friksjon 0.69
Måling 5 Aviform kl 1300 Friksjon 0.57	Måling 5 Betafrost L plus kl 1305 Friksjon 0.72
Måling 6 Aviform kl 1314 Friksjon 0.62	Måling 6 Betafrost L plus kl 1316 Friksjon 0.78

Måling 4-5-6 er etter mekanisk feiing, det vil si vi har brukt fiberskjær og stålbusst på kost (feiemaskin).

Terje Eriksen Stein Kristiansen

BRP Ørland



## A.2 Test 1, 2021

Dato:	07.01.21 kl 1000
Avisingsmiddel 1:	Betafrost G
Avisingsmiddel 2:	Nutristim
Avisingsmiddel 3:	Urea teknisk
Avisingsmiddel 4:	

### Testforhold

Lufttrykk (HPA):	1014,9
Duggpunkt:	-10,2
Luftfuktighet:	67%
Lufttemperatur:	-5,2 C
Bakketemperatur:	-7,5 C
Nedbør:	Ingen
Vind:	130 grader 16-29 m.sek.
Baneforhold (tykkelse is etc.):	100% tykk is. (5-6 mm)
Annet:	Lang kuldeperiode i forkant av testene. Friksjon før start var 0,10 på alle 3 test felt.

### Resultater

Avisingsmiddel 1:	Betafrost G	Avisingsmiddel 2:	Nutristim
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	20 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	20 g
Tidspunkt utleggelse:	0930	Tidspunkt utleggelse:	1000
Tidspunkt feiing:	1000	Tidspunkt feiing:	1030

----		----	
Tidspunkt:	Friksjon:	Tidspunkt:	Friksjon:
(15 min)	0,05	(15 min)	0,12
(30 min)	0,05	(30 min)	0,12
(45 min)	0,08	(45 min)	0,13
(60 min)	0,08	(60 min)	0,15
(75 min)	0,10 Fryser opp	(75 min)	Fryser opp
(90 min)		(90 min)	

Avisingsmiddel 3:	Urea teknisk	Avisingsmiddel 4:	
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	20 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	
Tidspunkt utleggelse:	1030	Tidspunkt utleggelse:	
Tidspunkt feiing:	1100	Tidspunkt feiing:	

<b>Målinger</b>			
Tidspunkt:	Friksjon:	Tidspunkt:	Friksjon:
(15 min)	0,09	(10 min)	
(30 min)	0,09	(20 min)	
(45 min)	0,10	(30 min)	
(60 min)	0,10	(40 min)	
(75 min)		(50 min)	
(90 min)		(60 min)	

Brøyteleder og testansvarlig for test 1: Per Roar Olden

Tidsintervallene er justert i denne testen pga kapasitet på målinger.

Tykk is som er meget sjelden, vanskelige forhold. Vanlig praksis ved slike forhold er høvling med is skjær før vi legger ut stoffer. Hensikten med denne testen er å teste ut smelteeffekt og hvor lang tid det tar før opp frysing av hvert stoff starter.

**Erfaringer fra testen:**

Det ble kun brukt tørre stoffer. Litt dårlig effekt ved bruk av kun tørre stoffer pga avdrift med krossvind. (Ikke befuktet stoffene)

Det stoffet som virker best smelta mest vann og derav fikk vi vi dårlig friksjon pga vannfilm på is. Stoffa med dårligere effekt smelta ikke like mye overflatevann og vi fikk da litt bedre friksjon, ruere overflate osv. Når alle stoffene nådde frysepunktet og frøs opp igjen ble det tilnærmet samme friksjon på alle test felta. Der vi hadde dårligst smelte effekt ble det litt ruere overflate og derav litt bedre friksjon. Granulatene hadde i noen grad penetrert isen og starta å løse is fra asfalt som er en pluss ved fjerning av is.

Det som er/blir helt klart er at vi må ha tilstrekkelig mekanisk behandling (skrape, feiie, blåse) til rett tid før det starter å fryse opp igjen. Dette er helt avgjørende for de fleste stoffer.

Test felt nr 1 Betafrost G

3 x 200 m

Test felt nr 2: Nutristim

3 x 200 m

Test felt nr 3: Urea teknisk

3 x 200 m

### A.3 Test 2, 2021

Dato:	07.01.21 kl 1300 Test nr 2
Avisingsmiddel 1:	Betafrost G befukta med Betafrost L Pluss
Avisingsmiddel 2:	Nutristim 800 befukta med Betafrost L Pluss
Avisingsmiddel 3:	Urea teknisk befukta med vannløst urea
Avisingsmiddel 4:	

#### Testforhold

Lufttrykk (HPA):	1014,9
Duggpunkt:	-10,2
Luftfuktighet:	67%
Lufttemperatur:	-5,2 C
Bakketemperatur:	-7,5 C
Nedbør:	Ingen
Vind:	130 grader 16-29 m.sek.
Baneforhold (tykkelse is etc.):	100% tykk is. (5-6 mm)
Annet:	Lang kuldeperiode i forkant av testene. Friksjon før start var 0,10 på alle 3 test felt.

#### Resultater

Avisingsmiddel 1:	Betafrost G + BL	Avisingsmiddel 2:	Nutristim + BL
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g + 15 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g + 15 g
Tidspunkt utleggelse:	0930	Tidspunkt utleggelse:	1000
Tidspunkt feiing:	1000	Tidspunkt feiing:	1030

----			
Tidspunkt:	Friksjon:	Tidspunkt:	Friksjon:
(15 min)	0,09	(15 min)	0,06
(30 min)	0,06	(30 min)	0,06
(45 min)	0,05	(45 min)	0,07
(60 min)	0,07	(60 min)	0,08
(75 min)	Fortsatt litt vått	(75 min)	Fortsatt litt vått
(90 min)		(90 min)	

Avisingsmiddel 3:	Urea teknisk + VU	Avisingsmiddel 4:	
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g + 15 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	
Tidspunkt utleggelse:	1030	Tidspunkt utleggelse:	
Tidspunkt feiing:	1100	Tidspunkt feiing:	

<b>Målinger</b>			
Tidspunkt:	Friksjon:	Tidspunkt:	Friksjon:
(15 min)	0,08	(10 min)	
(30 min)	0,09	(20 min)	
(45 min)	0,09	(30 min)	
(60 min)	0,09	(40 min)	
(75 min)	Frøs opp/tørret	(50 min)	
(90 min)		(60 min)	

Brøyteleder og testansvarlig for test 1: Per Roar Olden

Tidsintervallene er justert i denne testen pga kapasitet på målinger.

Tykk is som er meget sjelden, vanskelige forhold. Vanlig praksis ved slike forhold er høvling med is skjær før vi legger ut stoffer. Hensikten med denne testen er å teste ut smelteeffekt og hvor lang tid det tar før opp frysing av hvert stoff starter.

#### **Erfaringer fra testen:**

Det ble brukt tørre stoffer befukta med væske som resulterer i et bra leggebilde på test felta.

Det stoffet som virker best smelta mest vann og derav fikk vi vi dårlig friksjon pga vannfilm på is. Stoffa med dårligere effekt smelta ikke like mye overflatevann og vi fikk da litt bedre friksjon, ruere overflate osv. Vi får ikke fjerne isen like effektivt.

Vi ser at Nutristim og Betafrost tørker/fryser ikke opp like fort som Urea, dette kan resultere i ekstra arbeid hvis vi har snøfokk el. som legger ser i den fuktige væska og lager vann som forandrer frysepunktet på blandinga. Granulatene hadde i noen grad penetrert isen og starta å løse is fra asfalt som er en pluss ved fjerning av is.

Det som er/blir helt klart er at vi må ha tilstrekkelig mekanisk behandling (skrape, feiie, blåse) til rett tid før det starter å fryse opp igjen. Dette er helt avgjørende for de fleste stoffer.

Test felt nr 1 Betafrost G + Betafrost L Pluss

3 x 200 m

Test felt nr 2: Nutristim + Betafrost L Pluss

3 x 200 m

Test felt nr 3: Urea teknisk + Vann fortynna Urea

3 x 200 m

#### A.4 Test 3, 2021

Dato:	14.01.21 kl 1000
Avisingsmiddel 1:	Aviform L50
Avisingsmiddel 2:	Betafrost L Pluss
Avisingsmiddel 3:	
Avisingsmiddel 4:	

#### Testforhold

Lufttrykk (HPA):	1025
Duggpunkt:	-9,1
Luftfuktighet:	88%
Lufttemperatur:	-7,5 C
Bakketemperatur:	-10 C
Nedbør:	Ingen
Vind:	125 grader 13 – 17 kt
Baneforhold (tykkelse is etc.)	Kompakt snø , is og hjulspor
Annet:	Friksjon før start var 0,32 på begge test felt.

#### Resultater

Avisingsmiddel 1:	Aviform L 50	Avisingsmiddel 2:	Betafrost L Pluss
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g
Tidspunkt utleggelse:	1030	Tidspunkt utleggelse:	1000
Tidspunkt feiing:	1100 og 1115	Tidspunkt feiing:	1030
----			
Tidspunkt:	Friksjon:	Tidspunkt:	Friksjon:
(15 min) 1040	0,31	(15 min) 1010	0,30
(30 min) 1050	0,31	(30 min) 1020	0,31
(45 min) 1100	Feiing/blåsing	(45 min) 1030	Feiing/blåsing
60 min) 1105	0,40	(60 min) 1035	0,40
(75 min) 1115	Feiing/blåsing	(75 min) 1045	Feiing /blåsing
(90 min) 1120	0,42	(90 min) 1050	0,40
1210	0,39	1200	0,38

Brøyteleder og testansvarlig for test 3: Per Roar Olden

Deltakere: T Eriksen, S Kristiansen og E Grøtan

Tidsintervallene varierer litt i denne testen pga kapasitet på målinger.

---

---

Uvanlige vinterforhold til kystklimaet vi normalt har. Vanlig arbeids praksis ved slike forhold er mekanisk behandling/skraping før vi legger ut stoffer.

Det ble kun brukt væske stoffer.

### **Erfaringer fra test 3:**

Det var veldig lik effekt fra begge stoffer under testen.

Den lille forskjellen vi så var at Betafrost starta og virke litt raskere og at Aviform virka litt lengere i

under disse forholda, men det var kun små forskjeller som ikke kan dokumenteres.

Vi kjørte flere runder med feiing og blåsing for å se hvordan det løsna fra underlaget som er vanlig arbeidspraksis. Som talla viser gir dette en god effekt og så smelter det litt i overflaten og friksjon blir dårligere igjen.

Det som er/blir helt klart er at vi må ha tilstrekkelig mekanisk behandling (skrape, feiie, blåse) til rett tid før det starter å fryse opp igjen. Dette er helt avgjørende for et godt resultat.

Test felt nr 1 Aviform

3 x 200 m

Test felt nr 2: Betafrost L Pluss

3 x 200 m

## A.5 Test 4, 2021

Dato:	15.01.21 kl 1200	Test 4
Avisingsmiddel 1:	Aviform L50	
Avisingsmiddel 2:	Betafrost L Pluss	
Avisingsmiddel 3:		
Avisingsmiddel 4:		

### Testforhold

Lufttrykk (HPA):	1030
Duggpunkt:	-8
Luftfuktighet:	92%
Lufttemperatur:	-6 C
Bakketemperatur:	-7,5C
Nedbør:	Ingen
Vind:	120 grader 12 knop
Baneforhold (tykkelse is etc.):	Kompakt snø , is, rim og hjulspor. Friksjon 0,24
Annet:	Test felte ble brøyta, børsta og blåst før vi starta forsøk, dette for å se om stoffene fra i går har noen virkning. Friksjon ble 0,48

### Resultater

Avisingsmiddel 1:	Aviform L 50	Avisingsmiddel 2:	Betafrost L Pluss
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g
Tidspunkt utleggelse:	1220	Tidspunkt utleggelse:	1250
Tidspunkt feiing:	1250 og 1205	Tidspunkt feiing:	1320 og 1335
----			
Tidspunkt:	Friksjon: 0,48	Tidspunkt:	Friksjon: 0,47
(15 min) 1230	0,48	(15 min) 1300	0,48
(30 min) 1240	0,46	(30 min) 1310	0,46
(45 min) 1250	Feiing/blåsing	(45 min) 1320	Feiing/blåsing
60 min) 1255	0,48	(60 min) 1325	0,44
(75 min) 1305	Feiing/blåsing	(75 min) 1335	Feiing /blåsing
(90 min) 1310	0,48	(90 min) 1340	0,47
1400	0,51	1410	0,51

Brøyteleder og testansvarlig for test 4: Per Roar Olden

Deltakere: S Kristiansen og E Grøtan

Tidsintervallene varierer litt i denne testen pga kapasitet på målinger.

---

---

Fortsatt litt uvanlige vinterforhold til kystklimaet vi normalt har. Lav temperatur i luft og bakke.

Mekanisk behandling med plog, børste og blåsing av test feltet før legging av stoffer.

Det ble kun brukt stoffer i væskeform.

#### **Erfaringer fra test 4:**

Vi ser at rester fra stoffene som ble brukt i går fortsatt har en virkning, samme stoff samme felt.

Den mekanisk behandling før legging av stoffer gjorde at vi fikk vi fjerna rim og en del snø som gjorde at friksjonen ble bedre og mindre som skal tines/fjernes.

Det var veldig lik effekt fra begge stoffer under denne testen også.

Vi kjørte flere runder med feiing og blåsing for å se hvordan det løsna fra underlaget som er vanlig arbeidspraksis. Som talla viser gir dette en effekt og så smelter det litt i overflaten og friksjon blir litt dårligere igjen. Temperaturen steg litt og da fikk vi bedre friksjon som testen viser på siste måling.

Den lille forskjellen vi så var at på test feltet med Betafrost løsna kompakt snø litt lettere enn feltet med Aviform, men det var kun små forskjeller som ikke kan dokumenteres.

Når vi får av kompakt snø og is og ikke får tilsvarende bedring av friksjons som forventa er nok at det legger seg en tynn hinne som fryser, samt rester av Betafrost/Aviform.(Fuktig overflate)

Det som er/blir helt klart er at vi må ha tilstrekkelig mekanisk behandling (skrape, feiie, blåse) til rett tid før det starter å fryse opp igjen. Dette er helt avgjørende for et godt resultat.

Test felt nr 1 Aviform

3 x 200 m

Test felt nr 2: Betafrost L Pluss

3 x 200 m



## A.6 Test 5, 2021

Dato:	19.01.21 kl 1300	Test 5
Avisingsmiddel 1:	Aviform L50	
Avisingsmiddel 2:	Betafrost L Pluss	
Avisingsmiddel 3:		
Avisingsmiddel 4:		

### Testforhold

Lufttrykk (HPA):	998
Duggpunkt:	-4 C
Luftfuktighet:	74%
Lufttemperatur:	0 C
Bakketemperatur:	-4,5C
Nedbør:	Ingen
Vind:	120 grader 14 knop
Baneforhold (tykkelse is etc.)	Rim, is og hjulspor. Friksjon 0,27
Annet:	

### Resultater

Avisingsmiddel 1:	Aviform L 50	Avisingsmiddel 2:	Betafrost L Pluss
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g
Tidspunkt utleggelse:	1350	Tidspunkt utleggelse:	1330
Tidspunkt feiing:	1420 og 1435	Tidspunkt feiing:	1400 og 1420
----			
Tidspunkt:	Friksjon: (0,27)	Tidspunkt:	Friksjon: (0,27)
(15 min) 1400	0,31	(15 min) 1340	0,32
(30 min) 1410	0,36	(30 min) 1350	0,34
(45 min) 1420	Feiing/blåsing	(45 min) 1400	Feiing/blåsing
60 min) 1430	0,46	(60 min) 1402	0,39
(75 min) 1435	Feiing/blåsing	(75 min) 1420	Feiing /blåsing
(90 min) 1450	0,58	(90 min) 1425	0,47
1531	0,61	1530	0,57

Testansvarlig for test 5: Terje Eriksen

Deltakere: S Kristiansen og E Grøtan

Det ble kun brukt stoffer i væskeform.

---

### **Erfaringer fra test 5:**

Det var veldig lik effekt fra begge stoffer under denne testen.

Vi kjørte flere runder med feiing og blåsing for å se hvordan det løsna fra underlaget, noe som er vanlig arbeidspraksis.

Som testen viser gir dette en effekt og etter feiing nr to løsner det mere og friksjon stiger.

Den lille forskjellen vi så var at på test feltet med Betafrost starter det å tine litt raskere enn feltet med Aviform, men det var kun små forskjeller som ikke kan dokumenteres.

Aviform ser derimot ut til å ha en litt bedre virkning over tid.

Det som er/blir helt klart er at vi må ha tilstrekkelig mekanisk behandling (skrape, feiie, blåse) til rett tid før det starter å fryse opp igjen. Ved temperaturen i dag hadde vi litt bedre tid før opp frysing enn på tidligere tester med lavere temperaturer.

Test felt nr 1 Aviform

3 x 200 m

Test felt nr 2: Betafrost L Pluss

3 x 200 m

## A.7 Test 6, 2021

Dato:	02.02.21 kl 1400	Test 6
Avisingsmiddel 1:	Ureagranulat	
Avisingsmiddel 2:	Betafrost G	
Avisingsmiddel 3:		
Avisingsmiddel 4:		

### Testforhold

Lufttrykk (HPA):	1008
Duggpunkt:	-9,7 C
Luftfuktighet:	83%
Lufttemperatur:	-7,3 C
Bakketemperatur:	-8,0C
Nedbør:	Ingen
Vind:	120 grader 15 knop
Baneforhold (tykkelse is etc.)	Kompakt snø, is og hjulspor.
Annet:	Friksjon på felta før test var 0,29 Denne testen er for å se hvilket stoff som gir oss mest mulig «porøse forhold» før høvling med is skjær.

### Resultater

Avisingsmiddel 1:	Ureagranulat	Avisingsmiddel 2:	Betafrost G
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	30 g
Tidspunkt utleggelse:	1400	Tidspunkt utleggelse:	1430
Tidspunkt feiing:	1445	Tidspunkt feiing:	1515
----			
Tidspunkt:	Friksjon:	Tidspunkt:	Friksjon:
(30 min) FT nr 1	0,29	(30 min) FT nr 1	0,29
(45 min)	Skraping/Feii/blås	(45 min)	Skraping/Feii/blås
60 min) FT nr 2	0,32	(60 min) FT nr 2	0,31
24 timer etter	0,32	24 timer etter	0,32
FT nr 3	Skraping/Feii/blås 0,40	FT nr 3	Skraping/Feii/blås 0,40

Testansvarlig for test 6: Per Roar Olden

Deltakere: Terje Eriksen og Einar Grøtan

---

---

### **Erfaringer fra test 6:**

Denne testen var for å se litt på den «forebyggende effekten».

Vi hadde meget kalde forhold med tanke på kystklimaet.

Ved slike forhold skrapes vi ned mest mulig før det legges stoffer, men i denne testen ønska vi å se om stoffa fikk til mere «porøse forhold» som letter for is skrapinga.

Effekt med granulat skal være at det «smelter ned til asfalt» og løsner is og snø.

Vi hadde like forhold på begge testdager.

Fra dag en til dag to så vi at feltet med urea hadde litt grovere overflate på isen enn på Betafrost som hadde litt glattere overflate.

Dette er sannsynlig av at Betafrost virker litt bedre og lager vann som fryser til igjen på overflaten.

Urea gir mere porøs overflate og dermed litt bedre friksjon.

Det var veldig små forskjeller, men dette stemmer overens med tidligere erfaringer.

Med tanke på hvilket stoff som løsna/laga mest porøs is så ser vi liten eller ingen målbar forskjell.

Som testen viser gir begge stoffa en liten effekt på dag to med at det løsner litt og vi får bedre friksjon.

Alle testene bør samkjøres etter sesongen er ferdig for å få et best mulig svar.

Det som er/blir helt klart er at vi må ha tilstrekkelig mekanisk behandling (skrape, feie, blåse) til rett tid.

## A.8 Test 7, 2021

Dato: 18.02.21 kl 1135 Test 7  
Avisingsmiddel 1: Betafrost G  
Avisingsmiddel 2:  
Avisingsmiddel 3:  
Avisingsmiddel 4:

### Testforhold

Lufttrykk (HPA): 1007  
Duggpunkt: -6c  
Luftfuktighet: 59%  
Lufttemperatur: 3 c  
Bakketemperatur: -0,7 c  
Nedbør: Ingen  
Vind: 130 grader 20 knop  
Baneforhold (tykkelse is etc.): 1,5 til 2 cm is  
Annet: På måling før testforsøket var friksjon: overall 0.09

### Resultater

Avisingsmiddel 1:	Betafrost G	Avisingsmiddel 2:	
Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	Ca 90 g	Mengde/dose (per m <sup>2</sup> ):	
Tidspunkt utleggelse:	1135	Tidspunkt utleggelse:	
Tidspunkt feiing:	1210-1220-1230	Tidspunkt feiing:	
Tid is skraping:	1220-1230x2		
----			
Tidspunkt:	Friksjon:	Tidspunkt:	Friksjon:
(10 min) 1145	0,08	(15 min)	
(20min) 1155	0,08	(30 min)	
(30 min) 1205	0,07	(45 min)	
(35 min) 1210	Feiing/blåsing	(60 min)	
(40 min) 1215	0,09	(75 min)	
(45 min) 1220	Is skraping + F/B	(90 min)	
(50 min) 1225	0,21		
(55 min) 1230	Is skraping x 2 +F/B		
(60 min) 1235	0,34		

Testansvarlig for test 5: Terje Eriksen

Deltakere: S Kristiansen og E Grøtan

Observatører: Per Roar Olden og Per Inge Rønsberg.

---

### **Erfaringer test 7:**

Hensikten med denne testen var å se om Betafrost G klarte å penetrere isen nå den er så tykk.

Vi må nevne at mengden granulater vi brukte i denne testen er vel i overkant overdrevent mye med tanke på kost nytte, men ser vi bort fra det så var testen god. Vi opplever at stoffet virker som vi hadde forventet, prosessen med tiningen starter ganske umiddelbart å lager mye overflate vann.

Det gjenspeiler friksjonen vi får på de første målingene.

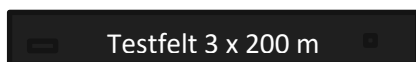
Det vi ser etter på denne testen er om Betafrost G klarer å trenge ned til asfalt med så tykk is.

Det vill jeg si at det gjør, det vises også på noen av bildene vi tok under forsøket.

Der ser vi hvordan kjemikalie krakelerer isen.

Så etter feiling og is skraping komme vi til boten og fjerner det meste av isen og får opp friksjonen.

Det som er av interesse nå er hvor langt ned vi klarer å utlegget, og timingen for mekanisk behandling skal skje. Men at Betafrost G tiner is er det ingen tvil om.



## About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

### FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

### FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

### FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

## Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

### FFIs FORMÅL

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

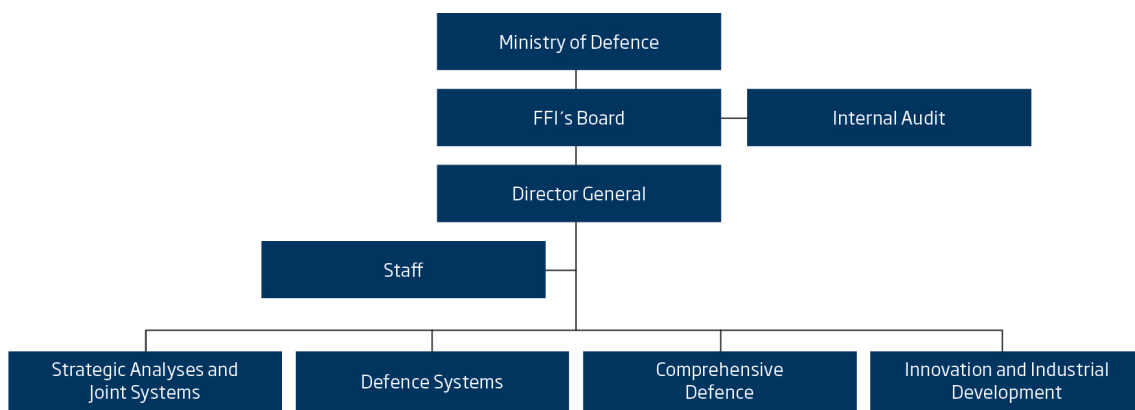
### FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

### FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

## FFI's organisation



**Forsvarets forskningsinstitutt**  
Postboks 25  
2027 Kjeller

Besøksadresse:  
Instituttveien 20  
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00  
Telefaks: 63 80 71 15  
Epost: [ffi@ffi.no](mailto:ffi@ffi.no)

**Norwegian Defence Research Establishment (FFI)**  
P.O. Box 25  
NO-2027 Kjeller

Office address:  
Instituttveien 20  
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00  
Telefax: +47 63 80 71 15  
Email: [ffi@ffi.no](mailto:ffi@ffi.no)