

Underkjølt regn

og andre værforhold som gir hurtig glatt veg

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 148



Statens Vegvesen advarer mot underkjølt regn på lystavlene på E18 mellom Oslo og Asker tirsdag. (Foto: Erik Johansen, NTB scanpix)

Regn som fryser kommer med varmfronten

Mandag var det iskaldt over store deler av Østlandet. Tirsdag var det varmegrader og lett regn. Og så kommer

Tittel

Underkjølt regn og andre værforhold som gir hurtig glatt veg

Undertittel**Forfatter**

Åsmund Holen, Anette H. Mahle,
Johnny M. Johansen

Avdeling

Vegavdelingen

Seksjon

Drift, vedlikehold og vegteknologi

Prosjektnummer

605098

Rapportnummer

Nr. 148

Prosjektleder

Kai Rune Lysbakken

Godkjent av

Øystein Larsen

Emneord

underkjølt regn, glatt veg, vinterdrift

Sammendrag

Rapportens formål er å forbedre kunnskapen og forståelsen om værforhold som gir hurtig endring fra bar veg til glatt veg mht. meteorologi, effekt på føreforhold, omfang, beslutningsstøtte og vinterdriftstiltak. Rapporten peker også på behov for utvikling for bedre å kunne håndtere disse værforholdene.

Title

Freezing rain

Subtitle**Author**

Åsmund Holen, Anette H. Mahle,
Johnny M. Johansen

Department

Roads Department

Section

Operation, Maintenance and
Road Technology

Project number

605098

Report number

No. 148

Project manager

Kai Rune Lysbakken

Approved by

Øystein Larsen

Key words

freezing rain, slippery road conditions, winter
maintenance

Summary

The purpose of the report is to gather and describe the knowledge and understanding of weather conditions with supercooled rain / rain that freezes on the ground and other weather conditions that causes rapid change from bare road surface into slippery (icy) road condition.



Statens Vegvesen advarer mot underkjølt regn på lystavlene på E18 mellom Oslo og Asker tirsdag. (Foto: Erik Johansen, NTB scanpix)

Regn som fryser kommer med varmfronten

Mandag var det iskaldt over store deler av Østlandet. Tirsdag var det varmegrader og lett regn. Og såpeglatt.

**Underkjølt regn
og andre værforhold som hurtig gir glatt veg**

Oppdragsrapport	
Underkjølt regn og andre værforhold som hurtig gir glatt veg	
Oppdragsgiver	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Oppdragsgivers referanse	Navn Kai Rune Lysbakken kai-rune.lysbakken@vegvesen.no Statens vegvesen Vegdirektoratet Abelsgate 5 7033 Trondheim Telefon: 02030
Rapport-type	Oppdragsrapport
Prosjektnr./navn	VN PT – 20761
Rapportdato	2018-01-30
Oppdragsansvarlig	Åsmund Holen asmund.holen@vianova.no
Utarbeidet av	Åsmund Holen asmund.holen@vianova.no Anette H. Mahle anette.mahle@vianova.no Johnny M. Johansen johnny.m.johansen@vianova.no
Oppdragsgruppe	Åsmund Holen Anette H. Mahle Johnny M Johansen
Rapportens formål	Rapportens formål er å forbedre kunnskapen og forståelsen om værforhold som gir hurtig endring fra bar veg til glatt veg mht. meteorologi, effekt på føreforhold, omfang, beslutningsstøtte og vinterdriftstiltak. Rapporten peker også på behov for utvikling for bedre å kunne håndtere disse værforholdene.
ViaNova Plan og Trafikk AS Leif Tronstads plass 4 Postboks 434, 1302 SANDVIKA E-post: vnpt@vianova.no ☎ Tlf: 67 81 70 00 ☎	

Forsidebilde klippet fra: <https://forskning.no/naturvitenskap-meteorologi/2015/11/regn-som-fryser-kommer-med-varmfronten>

Innhold

Sammendrag	5
Summary	10
1 Innledning	16
2 Værforhold som gir hurtig endring til glatt veg	17
2.1 <i>Underkjølt regn</i>	17
2.1.1 Beskrivelse av værphenomen.....	17
2.1.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	18
2.2 <i>Regn på kald bakke</i>	19
2.2.1 Beskrivelse av værphenomen.....	19
2.2.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	19
2.3 <i>Tåke som fryser på bakken</i>	20
2.3.1 Beskrivelse av værphenomen.....	20
2.3.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	20
2.4 <i>Våt veg og avkjøling på grunn av hurtig oppklarning</i>	21
2.4.1 Beskrivelse av værphenomen.....	21
2.4.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	21
2.5 <i>Fuktig luft og hurtig avkjøling</i>	21
2.5.1 Beskrivelse av værphenomen.....	21
2.5.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	22
2.6 <i>Regn på is/snødekke</i>	22
2.6.1 Beskrivelse av værphenomen.....	22
2.6.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	22
3 Omfang av underkjølt regn, regn som fryser på bakken og frysende tåke ...	24
3.1 <i>Mulige informasjonskilder</i>	24
3.1.1 Vegloggen.....	24
3.1.2 Fra massemedier.....	27
3.1.3 Farevarsler fra MET.....	28
3.1.4 METAR.....	28
3.1.5 Fra Vegvær.....	33
3.2 <i>Oppsummering av omfang</i>	38
3.3 <i>Muligheter for videre undersøkelser av omfang</i>	39
4 Aktuelle vinterdriftsmetoder	40
4.1 <i>Aktuelle kilder</i>	40
4.1.1 Driftskontrakter.....	40
4.1.2 Fagrapporter.....	41
4.1.3 Andre kilder.....	42
4.2 <i>Sammenstilling av metoder</i>	44
5 Beslutningsstøttesystemer og varsling	47
5.1 <i>Beslutningsstøttesystemer</i>	47
5.1.1 Halo.....	47
5.1.2 Vegvær.....	47
5.1.3 Informasjon til publikum.....	48
5.2 <i>Muligheter med dagens beslutningsstøttesystemer</i>	48
5.2.1 Varsling for driftspersonell.....	48
5.2.2 Varsling for trafikanter.....	50
6 Muligheter for forbedringstiltak	52
6.1 <i>Beslutningstøtte for tiltak, overvåking og prognoser</i>	52
6.2 <i>Beredskap</i>	55
6.3 <i>Metoder, utstyr og materialer</i>	56
6.4 <i>Trafikantinformasjon og trafikkstyring</i>	56
7 Konkretisering av FoU-behov	57
8 Referanser	58

Sammendrag

Rapportens hensikt er å samle og beskrive kunnskap og forståelse av vær-situasjoner med underkjølt regn/regn som fryser på bakken og andre værforhold som gir hurtig endring fra bar veg til glatt veg.

De ulike værforholdene som er undersøkt er:

Underkjølt regn

Regn på kald bakke, dvs. bakketemperaturen er under frysepunktet

Tåke som fryser på bakken

Våt veg og hurtig avkjøling pga oppklarning

Fuktig luft og hurtig avkjøling

Regn på is/snødekke (skiller seg ved at man ikke har bar veg i utgangspunktet)

Kjennetegn/karakteristika, føreforhold og konsekvens for trafikken, omfang, aktuelle vinterdriftstiltak og beslutningsstøtte for disse værforholdene er kortfattet beskrevet i følgende tabeller:

Underkjølt regn

Kjennetegn/karakteristika	Regndråper som har en temperatur under 0°C. Dråpene fryser til is ved kontakt med omgivelsene.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Vannet fryser til is pga underkjølte dråper og kald bakke. Kan hurtig bli svært glatt.
Omfang	Omfanget av disse værforholdene er veldig varierende fra år til år (kilde: METAR observasjoner på flyplasser). Omfang av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkC	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt: Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkD og DkE	På issåle: Tørr sand
Beslutningsstøtte	- Tekstvarsler og farevarsler - Meteogrammer - Værstasjoner (nedbør, vegbanetemperatur og lufttemperatur) - Værradar - Prognose føreforhold Vegvær

Regn på kald bakke, dvs. bakketemperaturen er under frysepunktet

Kjennetegn/karakteristika	Regndråper med en temperatur over 0°C. Dråpene fryser til is når de treffer en overflate med temperatur under frysepunktet.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Vannet fryser til is pga kald bakke. Kan hurtig bli svært glatt, men vil ikke fryse like fort som underkjølt regn på kald bakke.
Omfang	Omfanget av disse værforholdene er veldig varierende fra år til år (kilde: METAR observasjoner på flyplasser). Omfang av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkC	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkD og DkE	På issåle: Tørr sand
Beslutningsstøtte	- Tekstvarsler og farevarsler - Meteogrammer - Værstasjoner (nedbør, vegbanetemperatur og lufttemperatur) - Værradar - Prognose føreforhold Vegvær

Tåke som fryser på bakken

Kjennetegn/karakteristika	Tåke bestående av underkjølte dråper som dannes ved lufttemperatur under 0°C.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Dråpene vil fryse og danne rimfrost på vegen dersom vegbanetemperaturen er under frysepunktet. Ved yr i tillegg til tåke, vil det gi en ishinne på vegoverflaten.
Omfang	Omfanget av disse værforholdene er veldig varierende fra år til år (kilde: METAR observasjoner på flyplasser). Omfang av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry

DkC	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (fastsand og tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry
DkD og DkE	På issåle: Fastsand, tørr sand
Beslutningsstøtte	- Tekstvarsler - Værstasjoner (lufttemperatur, vegbanetemperatur, relativ fuktighet, sikt, vind) - Prognose føreforhold Vegvær - Meteogrammer

Våt veg og hurtig avkjøling pga oppklarning

Kjennetegn/karakteristika	Vann på vegen etter nedbør eller snø-/issmelting fryser.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Is
Omfang	Værsituasjonen er en av de mer «normale» værsituasjonene som utløser saltingstiltak ganske ofte i vintersesongen og det er derfor ikke undersøkt omfang av denne.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry
DkC	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (fastsand og tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt: Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry
DkD og DkE	På issåle: Fastsand, tørr sand
Beslutningsstøtte	- Meteogrammer - Tekstvarsler - Værradar - Værstasjoner(nedbør, lufttemperatur, vegbanetemperatur, utstråling) - Prognose føreforhold Vegvær

Fuktig luft og hurtig avkjøling

Kjennetegn/karakteristika	Vegbanetemperatur lavere enn duggpunktstemperatur pga. avkjøling ved økt utstråling
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Rimfrost, blir et lag av tynn og glatt is pga trafikken
Omfang	Værsituasjonen er en av de mer «normale» værsituasjonene som utløser saltingstiltak ganske ofte i vintersesongen og det er derfor ikke undersøkt omfang av denne.

Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry, saltløsning
DkC	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (fastsand og tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt: Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry, saltløsning
DkD og DkE	På issåle: Fastsand, tørr sand
Beslutningsstøtte	- Meteogrammer - Tekstvarsler - Værstasjoner (lufttemperatur, vegbanetemperatur, duggpunktstemp, utstråling) - Prognose føreforhold Vegvær

Regn på is/snødekke

Kjennetegn/karakteristika	Regn på vinterveg med dekke av is eller hardpakket snø
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Vannet gjør isen/snøen glatt
Omfang	Værsituasjonen er en av de mer «normale» værsituasjonene som utløser strøtiltak på DkC, DkD og DkE veger ganske ofte i vintersesongen, og det er derfor ikke undersøkt omfang av denne.
Aktuelle vinterdriftstiltak	Tørr sand
Beslutningsstøtte	- Værradar - Meteogrammer - Værstasjoner (nedbør, lufttemperatur)

Det er beskrevet muligheter for forbedringstiltak innenfor temaet beslutningsstøtte, overvåkning og prognose knyttet til

- Presisere i kravspesifikasjonen for sensor som gir nedbørstøpe at den skal skille mellom nedbørstypene regn og snø også når lufttemperaturen er under 0°C
- Måleverdier fra værstasjoner kan for flere verdier enn i dag bli kvalitetssikret av MET
- Verifisering av prognosene i Vegvær for å forbedre dem
- Inkludere flere typer observasjoner fra værstasjonene som grunnlag for prognosene i Vegvær
- Vurdere å øke prognoselengden for føreforhold i Vegvær hvis kvaliteten er på et nivå som gjør dette forsvarlig
- Inkludere sannsynlighetsvarsler knyttet til værprognosene fra MET
- Utvikle MET's isingsvarsling for flytrafikken også til varslinger for veg

Andre muligheter som kan vurderes mht potensiale for forbedringer knyttet til beslutningsstøtte er å utnytte sanntidsdata fra vinterdriften, samle inn og systematisere lokalkunnskap om spesielle forhold, utnytte info fra mobile sensorer, utvikle

førforholdsbedømmelse fra kameraer samt å utnytte informasjon fra andre kilder som Avinor og Bane NOR.

Forbedringer knyttet til beredskap kan være å ta i bruk mer avanserte prognoser fra MET. For å utnytte disse vil det muligens kreve mer kompetanse hos beslutningstaker som kan medføre behov for endring i organisering av beredskap.

Av forbedringer knyttet til metoder, utstyr og materialer er det pekt på muligheten til raskere tining av isåle ved å bruke eksoterme salter i tørr form som $MgCl_2$ og $CaCl_2$.

Som forbedringsmuligheter knyttet til trafikantinformasjon og trafikkstyring er det muligheter knyttet til å gi informasjon om føreforholdet og eventuelt benytte variable fartsgrenseskilt for å endre fartsgrensen under slike situasjoner. Et slikt system krever at prognoser og bedømmelser av føreforhold i stor grad treffer med den virkelige situasjonen på veggen.

For videre FoU-arbeid er det foreslått aktiviteter knyttet til følgende tema:

- Teoretisk studie og simulering av kritiske vær-situasjoner
- Oppfølging av kvalitet på data fra vær-stasjoner, verifikasjon av prognosemodell i Vegvær og muligheter knyttet til bruk av sanntidsdata fra vinterdriften
- Teste sensorer for andre måleverdier (utstråling og føreforhold) som kan gi ytterligere beslutningsstøtte
- Utrede muligheter med å bruke værdata fra andre aktører
- Bearbeide og tilgjengeliggjøre data fra mobile sensorer og andre ITS-installasjoner
- Kvalitativ analyse av hyppighet og utvikling av vær-situasjonene nå og framover for de ulike landsdelene eller annen geografisk inndeling
- Spørreundersøkelse til alle driftskontraktsonrådene med etterfølgende dybdeintervjuer mot utvalgte kontraktsonråder for kartlegging av omfang av og tiltak/metoder for håndtering av situasjoner med underkjølt regn og regn og tåke som fryser på bakken

Summary

The purpose of the report is to gather and describe the knowledge and understanding of weather conditions with supercooled rain / rain that freezes on the ground and other weather conditions that causes rapid change from bare road surface into slippery (icy) road condition.

The various weather conditions that have been investigated are:

Supercooled rain

Rain on cold surface, ie the surface temperature is below freezing point

Freezing fog

Wet road and rapid cooling due to decreasing cloud cover

Humid air and rapid cooling

Rain on ice / snow surface (the road surface is not bare in the first place)

Characteristics, road conditions and consequences for traffic, occurrences, current winter operations and decision support for these weather conditions are briefly described in the following tables:

Supercooled rain

Characteristics	Rain drops that have a temperature below 0°C. The drops freeze to ice in contact with the surroundings.
Road conditions and consequences for traffic	The water is freezing because the drops are supercooled and the surface is cold. Can quickly get very slippery.
Occurrences	The occurrences of these weather conditions varies greatly from year to year (source: METAR observations at airports). The occurrences of both freezing rain and freezing fog has been greatest at the airports in inland areas, and less at airports far out in the sea gap from western Norway and north to Tanafjorden.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl ₂ and dry CaCl ₂ (use of dry MgCl ₂ and CaCl ₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).
Winter maintenance class C	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610) On ice: Abrasives (dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl ₂ and dry CaCl ₂ (use of dry MgCl ₂ and CaCl ₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).
Winter maintenance class D and E	On ice: Dry sand

Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Written forecasts and danger alerts - Meteograms - RWIS (precipitation as rain, road surface temperature and air temperature) - Weather radar - Road condition forecasts (from information system Vegvær)
------------------	---

Rain on cold surface, ie the surface temperature is below freezing point

Characteristics	Rain drops having a temperature > 0°C. The drops freeze to ice on contact with the surface when surface temperature is below the freezing point.
Road conditions and consequences for traffic	The water is freezing because the surface is cold. Can quickly get very slippery, but not as fast as supercooled rain on cold surface.
Occurrences	The occurrences of these weather conditions varies greatly from year to year (source: METAR observations at airports). The occurrences of both freezing rain and freezing fog has been greatest at the airports in inland areas, and less at airports far out in the sea gap from western Norway and north to Tanafjorden.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	<p>Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry</p> <p>De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl₂ and dry CaCl₂ (use of dry MgCl₂ and CaCl₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).</p>
C	<p>Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610)</p> <p>On ice: Abrasives (dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl₂ and dry CaCl₂ (use of dry MgCl₂ and CaCl₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).</p>
D and E	On ice: Dry sand
Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Written forecasts and danger alerts - Meteograms - RWIS (precipitation as rain, road surface temperature and air temperature) - Weather radar - Road condition forecasts (from information system Vegvær)

Freezing fog

Characteristics	Fog consisting of supercooled drops formed at air temperature below 0°C.
Road conditions and consequences for traffic	The drops will freeze and form hoarfrost on the road if the surface temperature is below freezing. If drizzle occurs in addition to fog, it will cause an ice layer on the road surface.
Occurrences	The occurrences of these weather conditions varies greatly from year to year (source: METAR observations at airports). The occurrences of both freezing rain and freezing fog has been greatest at the airports in inland areas, and less at airports far out in the sea gap from western Norway and north to Tanafjorden.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
C	Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610). On ice: Abrasives (warm wetted sand or dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
D and E	On ice: Warm wetted sand, dry sand
Decision support	- Written forecasts - RWIS (air temperature, road surface temperature, relative humidity, sight, wind speed) - Road condition forecasts (from information system Vegvær) - Meteograms

Wet road and rapid cooling due to decreasing cloud cover

Characteristics	Water on the road surface due to precipitation or melted snow/ice freezes
Road conditions and consequences for traffic	Formation of ice on road surface
Occurrences	The weather situation is one of the more "normal" weather conditions that trigger the spread of salt on the roads quite often during the winter season and therefore the occurrences of this is not investigated.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
C	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610). On ice:

	Abrasives (warm wetted sand or dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
D and E	On ice: Warm wetted sand, dry sand
Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Meteograms - Written forecasts - Weather radar - RWIS (precipitation, air temperature, road surface temperature, radiation) - Road condition forecasts (from information system Vegvær)

Humid air and rapid cooling

Characteristics	Road surface temperature is lower than dew point temperature due to cooling caused by radiation
Road conditions and consequences for traffic	Hoarfrost transforms into a thin layer of ice under the influence of traffic
Occurrences	The weather situation is one of the more "normal" weather conditions that trigger the spread of salt on the roads quite often during the winter season and therefore the occurrences of this is not investigated.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	<p>Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry</p> <p>De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry, brine</p>
C	<p>Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610).</p> <p>On ice: Abrasives (warm wetted sand or dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry, brine.</p>
D and E	On ice: Warm wetted sand, dry sand
Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Meteograms - Written forecasts - RWIS (air temperature, road surface temperature, dew point temperature, radiation) - Road condition forecasts (from information system Vegvær)

Rain on ice / snow cover (the road surface is not bare in the first place)

Characteristics	Rain on road with ice-cover or covered with hard-packed snow.
Road conditions and consequences for traffic	The water makes the ice / snow surface slippery.

Occurrences	The weather situation is one of the more "normal" weather conditions that trigger the spread of sand on the roads quite often during the winter season and therefore the occurrences of this is not investigated.
Current winter operations	Dry sand
Decision support	- Weather radar - Meteograms - RWIS (precipitation, air temperature,)

Possibilities for improvement of decision support, monitoring and forecasts are described related to the following themes:

- Make it more clearly in the requirement specification for the precipitation type sensor that the sensor shall distinguish between the precipitation types rain and snow also when the air temperature is below 0°C
- More measure types from weather stations can be quality assured by MET than today
- Verification of road condition forecasts in Vegvær to assure the quality of the forecasts and form a basis for improvement
- Include even more types of observations from weather stations as a basis for forecasts in Vegvær
- Consider increasing the forecast length of road conditions in Vegvær if the quality is at a level that makes this safe
- Include probability warnings related to weather forecasts from MET
- Development of a forecast for icing on roads based on MET's icing forecast for air traffic.

Other options that can be considered regarding potential for improvement related to decision support are to utilize real-time data from winter maintenance operations, collect and systematize knowledge about special local road- and weather conditions, utilize mobile sensor information, develop camera rating of road conditions, and utilize information from other sources such as Avinor and Bane NOR.

Improvements related to emergency preparedness may be to use more advanced forecasts from MET. The use of such forecasts may require more expertise among decision makers, which also may require a change in the organization of preparedness.

Improvement related to methods, equipment and materials for winter operations indicates the possibility of faster de-icing using exothermic salts in dry form such as MgCl₂ and CaCl₂.

As improvement within traffic information and traffic management, it should be possible to provide information about the situation and, if applicable, use variable speed limit signs to change the speed limit in such situations. Such a system requires that forecasts of road conditions are in accordance with the real situation on the road.

For further R & D work, activities related to the following topics have been proposed:

- Theoretical study and simulation of critical weather situations

- Follow-up of quality data from RWIS-stations, verification of forecast model in Vegvær and possibilities associated with using real-time data from winter operations
- Testing sensors for different measurement values (radiation and road conditions) that can provide additional decision support for winter operations
- Explore opportunities for using measured weather data from other actors, services and organisations
- Process and make available information from mobile sensors and other ITS installations
- Qualitative analysis of frequency and development of these weather conditions today and in the future for the different regions of Norway or for other geographical division of the country
- Questionnaire survey and interviews with local highway agencies and contractors regarding occurrences and experiences with handling situations with supercooled rain and freezing rain

1 Innledning

Rapporten beskriver utfordringene med værforhold som gir hurtig endring fra bar veg til glatt veg f.eks. ved underkjølt regn, og foreslår tiltak for å løse/motvirke disse problemene. Hensikten med rapporten er å forbedre kunnskapen og forståelsen om slike værforhold mht. meteorologi, effekt på føreforhold, omfang, beslutningsstøtte og vinterdriftstiltak. Rapporten peker også på behov for utvikling for bedre å kunne håndtere denne typen forhold.

Arbeidet rettes mot følgende vær-situasjoner som gir hurtig endring fra bar til glatt veg, eller som er spesielt krevende å håndtere ift standardkravene fordi endringen i vær-situasjonen omfatter store geografiske områder:

- a. *Underkjølt regn*
- b. *Regn på kald bakke, dvs. bakketemperaturen er under frysepunktet*
- c. *Tåke som fryser på bakken*
- d. *Våt veg og hurtig oppklarning*
- e. *Fuktig luft og hurtig avkjøling*
- f. *Regn på is/snødekke (skiller seg ved at man ikke har bar veg i utgangspunktet)*

Bruken av begrepet underkjølt regn i dagligtale/media avviker fra tid til annen fra den meteorologiske beskrivelsen, og brukes ofte også om regn som fryser på bakken.

Arbeid med undersøkelse av omfang av vær-situasjonene er begrenset til a), b) og c). De øvrige vær-situasjonene er de mer "vanlige" vær-situasjonene som oppstår forholdsvis ofte og som er hovedårsaker til strøtiltakene som gjøres i løpet av vintersesongen i perioder uten snøfall.

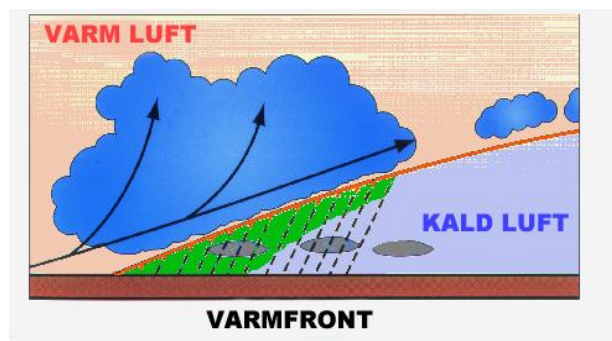
2 Værforhold som gir hurtig endring til glatt veg

2.1 Underkjølt regn

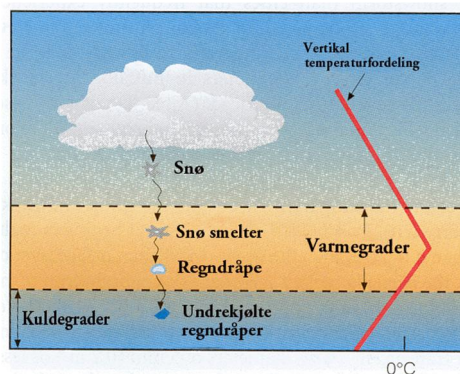
2.1.1 Beskrivelse av værphenomenen

Underkjølt regn er regndråper som har en temperatur under 0 °C. Dråpene fryser til is ved kontakt med omgivelsene.

Vanndråper med temperatur ned til -40°C kan forekomme i atmosfæren. Vanndråper som svever fritt i atmosfæren og som ikke er frosset til is selv om temperaturen i dråpene og i luften omkring er under 0°C, kalles underkjølte. Når slike dråper treffer en overflate vil de umiddelbart fryse til is (helt eller delvis) og kan føre til glatte veier.



Figur 1 Skisse av hvordan varm luft sklir opp på kaldere luft og fører til nedbør i forbindelse med en varmfront



Figur 2 Temperaturprofil vertikalt i atmosfæren (rød strek) som forklaringsparameter for dannelse av underkjølte dråper

Underkjølt regn kan oppstå etter en kald periode. En front er et skille mellom luftmasser med forskjellig temperatur og fuktighetsinnhold. En varmfront er et skille mellom kald og tørr luft (foran fronten) og varmere og fuktigere luft bak fronten. Figur 1 viser at når en varmfront er på vei inn i området vil luftlagene høyere opp i atmosfæren først bli skiftet ut av relativt varmere luft. På bakken vil den kalde lufta bli liggende igjen fordi den er tyngre enn den varme luften. Etter hvert kommer det nedbør. Nedbøren er i utgangspunktet snø/iskrystaller, men når krystallene passerer gjennom sjiktet et stykke over bakken med plussgrader vil de smelte. Lengre ned mot bakken har vi et lag med kuldegrader. Dråpene kan dermed bli underkjølte og fryse til is i det de treffer en overflate som f.eks. bakken.

Sannsynligheten for underkjølt regn synker hvis det blåser. Vinden bidrar til at luftmassene blir blandet slik at den varme luften hurtigere synker ned mot bakken og reduserer/fjerner laget med kald luft, og sannsynligheten for underkjølte dråper minsker.

2.1.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

I teorien vil de underkjølte dråpene fryse til is uansett om overflaten de treffer har en temperatur over eller under 0°C, men undersøkelser [1] tyder på at ikke alt vannet i dråpene fryser til is i det tidspunktet dråpen treffer bakken. Hvor stor del av dråpen/vannet som fryser vil avhenge av dråpens temperatur, lufttemperaturen og temperaturen på overflaten dråpen treffer.

Når vann går fra flytende form til fast form frigjøres det energi (varme). Denne varmen gjør at vannet som ikke har frosset blir tilført energi og temperaturen øker. Med den bakgrunn vil man kunne anta at dersom vegbanen har en temperatur over 0°C så vil det underkjølte regnet i begrenset omfang fryse til is, og hvis det fryser så vil isen muligens smelte igjen så fort at det ikke skaper store problemer for trafikken.

Vi finner ikke at hele mekanismen i hendelsesforløpet fra underkjølte regndråper til is på vegen er helt klarlagt, men ut fra den informasjon som er tilgjengelig kan man tenke seg følgende forløp dersom bakken er kald (vegbanetemperatur under 0°C):

- Regndråpene fryser fordi de er underkjølt, ikke hele dråpen med én gang, men alt vannet fryser etter hvert helt pga kulde i bakken
- Regnet gjør at det hele tiden tilføres nytt vann, som fryser på samme måte som over
- Vannfilmen som legger seg oppå isen (før den fryser) gjør at isen føles glattere enn vanlig is

Vannfilmen oppå isen gjør at isen blir spesielt glatt. Vannfilmen blir tykkere jo nærmere null grader isen er, og isen er derfor glattest ved temperatur rett under frysepunktet.

Det har vært tilfeller der is på vegen som resultat av underkjølt regn har blitt så glatt at biler har måttet stoppe langs vegkanten og vente på strøbil. Friksjonen kan være så lav at bilene sklir av vegen bare på grunn av vegens tverrfall.

Underkjølt regn som treffer kald vegbane fryser til is momentant på vegen. Hvor tykk isen blir vil avhenge av nedbørsmengden/nedbørsintensiteten og vegbanetemperaturen. Hvor lenge isen blir værende på vegen vil avhenge av vegbanetemperaturen, lufttemperaturen, trafikken, om det finnes salt på vegen og vegoverflatens beskaffenhet.

I tillegg til isdannelse på vegbanen vil det også dannes is på andre overflater slik som f.eks. på frontruter. Igjen vil varigheten på isen og tykkelsen variere avhengig av temperatur på overflaten og nedbørsintensiteten/mengde vann.

2.2 Regn på kald bakke

2.2.1 Beskrivelse av værphenomenen

Regn som fryser på bakken har regndråper med en temperatur over 0 °C. Dråpene fryser til is når de treffer en overflate med temperatur under frysepunktet.

Regn på kald bakke kan oppstå etter en periode med kaldt vær. En varmfront som beskrevet i kap. 2.1.1 kan gi vanlig regn dersom omrøringene av luftmassene er større slik at det ikke dannes forskjellige luftlag med temperaturer både over og under 0°C i atmosfæren. Kald luft er tyngre enn varm luft og gjør at den tyngste og kaldeste luften ligger nærmest bakken. Dette, sammen med at temperaturen i vegbanen ikke reagerer like fort på en temperaturendring som luften, gjør at luften kan ha temperatur over 0°C mens vegbanen fremdeles er under frysepunktet.

Hvis regndråpene har en temperatur like over frysepunktet og de faller på et underlag med temperatur under 0°C, vil det kunne dannes et islag ved at vannet som treffer underlaget fryser. Dråper fryser til is når de treffer den kalde overflaten uavhengig om lufttemperaturen (2 m over bakken) er over eller under 0°C, så lenge bakken er kald nok.

2.2.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Regn som fryser på bakken gir momentan tilfrysing med dertil glatte føreforhold. Energien som frigjøres ved faseovergangen fra vann til is er den samme for en dråpe som er underkjølt som for en dråpe som ikke er underkjølt. En vanlig regndråpe har temperatur over 0°C i motsetning til underkjølte dråper. Regndråper som ikke er underkjølte på kald bakke bruker derfor lengre tid på å fryse til is enn ved underkjølte dråper (ved samme omgivelsestemperatur <0°C).

På samme måte som for de underkjølte dråpene vil ikke alt vannet i dråpene fryse til is øyeblikkelig når dråpen treffer den kalde bakken, det vil gå litt tid før hele dråpen har frosset. Hvor stor del av dråpen/vannet som fryser og hvor fort det skjer vil avhenge av dråpens temperatur, lufttemperaturen og temperaturen på overflaten dråpen treffer. Kombinasjonen av is og vann vil, som for underkjølt regn, gi veldig glatt is som kan skape store problemer for trafikken.

Hvor tykk isen blir vil avhenge av nedbørsmengden/nedbørsintensiteten og hvor lenge isen blir værende på vegen vil avhenge av nedbørsintensiteten, vegbanetemperaturen, lufttemperaturen, trafikken, om det finnes salt på vegen og vegbanens beskaffenhet.

I praksis ser vi at tilfeller med underkjølt regn og regn som fryser på bakken er vanskelig å skille fra hverandre. Begge deler oppstår når det regner og vegbanetemperaturen er under 0°C. Om dråpene i regnet er underkjølt eller ikke, er ikke mulig å se.

2.3 Tåke som fryser på bakken

2.3.1 Beskrivelse av værphenomen

Tåke er en sky som er i kontakt med bakken. Den eneste forskjellen mellom skyer og tåke er at tåken er i kontakt med jordoverflaten. For å kalles tåke må sikten være under 1000 m. Tåkedråper har diameter rundt 0,01 mm.

Det er flere måter tåke kan bli dannet. For eksempel kan tåke dannes når land blir avkjølt gjennom en natt med klart vær. Varmen fra bakken stråler tilbake til luften og fører til avkjøling av overflaten. Dette fører til at luften ikke lenger kan holde på all fuktigheten og fuktighet kan kondensere og danne små vanndråper som gir tåke.

«*Freezing fog*» eller tåke som fryser, kan dannes på samme måten som vanlig tåke når land blir avkjølt gjennom natten med klart vær. Hvis lufttemperaturen er under frysepunktet, vil de små dråpene i tåken forbli væske og ikke fryse – dråpene blir underkjølte. Dette fordi væsken trenger en flate å fryse på.

Vind, snø eller utskifting med mildere luftmasser kan løse opp tåken.

Frostrøyk og frosttåke (tykkere form enn frostrøyk) dannes på kalde vinterdager over åpent vann. Når svært kaldt luft strømmer over åpent (og relativt varmere) vann, vil det inntreffe hurtig fordampning til – og oppvarming av luften nærmest overflaten. Denne oppvarmede og fuktige luften stiger raskt og samtidig kondenserer fuktigheten. Dette ser ut som røyk. Hvis laget med kaldest luft er tynt vil ikke røyken forsvinne i høyden, men fylle opp laget med kaldluft og det oppstår (frost-)tåke. Det må minimum være 10 grader forskjell mellom temperaturen i vannet og i luften for å få dette fenomenet.

I Norge er frostrøyk typisk over åpent vann om vinteren. Særlig vanlig er det i fjordene lengst nord i landet, f.eks. når kaldlufta fra Finnmarksvidda siver ut over de åpne fjordene. Men også i Sør-Norge, f.eks. over Mjøsa og Oslofjorden er frostrøyk og frosttåke ganske vanlig.

2.3.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Tåkedråpene som treffer kalde flater av forskjellige slag (veg, rekkverk, greiner, hus, osv.) vil pga den høye luftfuktigheten og de små dråpene danne rimfrost på flaten de treffer. Selv om tåke som fryser på bakken i prinsippet er det samme som skjer ved underkjølt regn med underkjølte dråper, er effekten på vegen forskjellig. Når dråpene fra «freezing fog» fryser på en overflate dannes det et hvitt lag av fjærlignende iskrystaller, rimfrost.

Tåke som fryser på bakken alene gir rimfrost, men ofte oppstår det frysende yr¹ sammen med tåken, og dette vil gi en ishinne på vegoverflaten.

Frostrøyk ved åpent vann kan sige inn over kaldt land og kalde veger i nærheten. Tåken består av fuktig luft med høyere temperatur enn vegbanen og det skilles ut fuktighet på den kalde vegen og det dannes rimfrost.

Laget med rimfrost poleres av trafikken og blir omdannet til et lag av tynn og glatt is.

¹ Frysende yr tilsvarer frysende regn, men dråpestørrelsen er mindre, gjennomsnittlig 0,5 mm.

Tåke som fryser på bakken og frostrøyk er værphenomen som kan føre til vanskelige føreforhold lokalt. Det er viktig med lokalkunnskap og kjennskap til steder der åpent vann kan forekomme i kalde perioder for å kunne være i beredskap for slike forhold.

2.4 Våt veg og avkjøling på grunn av hurtig oppklarning

2.4.1 Beskrivelse av værphenomenen

Våt veg kan oppstå etter nedbør (regn, sludd, snø) eller snø-/issmelting.

Mest uventet oppklarning kommer gjerne mellom lokale byger. I forbindelse med et frontsystem er kaldfronten et skille mellom varm og fuktig luft (før fronten) og tørrere og kaldere luft (etter fronten). Bygenedbør er karakteristisk i etterkant av en kaldfront.

Sprekker i skydekke fører til økt utstråling, synkende vegbanetemperatur og den våte vegen som et resultat av regnet eller smeltevann vil kunne fryse til is på relativt kort tid. I disse tilfellene har man erfart at vegbanetemperaturen synker hurtigere enn lufttemperaturen og is forekommer derfor raskere enn man kanskje forventer.

Våt veg som resultat av snøsmelting gjennom dagen er et fenomen som forekommer på sen vinter/vår når solen har begynt å varme på dagtid. På kvelden/natten etter at solen har gått ned synker temperaturen på grunn av utstråling fra bakken. Hvor mye temperaturen synker vil avhenge av skydekket, men spesielt i en situasjon med skyfri himmel og stor utstråling, vil temperaturen kunne synke betraktelig og smeltevannet fryser til is.

2.4.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Vann som fryser på vegen danner som oftest en blank/gjennomsiktig is som er vanskelig å oppdage og dermed ekstra farlig hvis man er uoppmerksom.

Tykkelsen på isen er ikke alltid proporsjonal med mengde vann. Et tynt vannsjikt på vegbanen vil muliggjøre tilfrysing hurtigere enn når det er mye vann på vegen. Ved stor nedbørsintensitet og mye vann vil mye av vannet renne av vegen før det fryser.

Som beskrevet over, oppstår ofte en slik tilfrysing gjennom natten. På denne tiden er det begrenset med trafikk som varmer opp vegbanen slik at isen smelter, så når morgentrafikken starter (mens det fremdeles er mørkt) vil islaget være vanskelig å oppdage.

2.5 Fuktig luft og hurtig avkjøling

2.5.1 Beskrivelse av værphenomenen

Ved en situasjon med stabilt fuktig vær (ikke nødvendigvis nedbør) og temperaturer rundt 0°C vil man kunne få oppklarning om natten. Oppklarning gir økt utstråling og synkende temperaturer.

I en slik situasjon kan vegbanetemperaturen synke under duggpunktstemperaturen og vi får dannet rimfrost på vegen (hvis vegbanetemperaturen er under frysepunktet). Det er ikke snakk om dannelse av tykk is, men av et tynt lag rimfrost (mengde/tykkelse er avhengig av hvor stor forskjell det er på vegbanetemperatur og duggpunktstemperatur og dermed hvor mye fuktighet som blir utfelt).

Samme resultatet kan vi få på våren dersom vi har hatt en kald periode, gjerne uten vind og klart vær. På morgenen når solen begynner å varme fører varmen til at luften ved bakken blandes med fuktigere luft fra høyere luftlag. Når denne luften med økt fuktighet kommer i kontakt med den kalde bakken får vi på samme måte som over utfelt fuktighet på vegen som gir rimfrost hvis temperaturen i vegbanen er under frysepunktet.

2.5.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Dette er en ganske vanlig situasjon om vinteren mange steder og spesielt i kystnære områder der tilgang på fuktighet er stor.

Utfordringen med synkende temperaturer gjennom natten og dannelse av rimfrost fordi vegbanetemperaturen synker mer enn lufttemperaturen og duggpunktstemperaturen, er at vegbanetemperaturen ofte når et minimum på morgenen rett før rushtrafikken starter. Hvis man venter med å gjøre driftstiltak på vegen til man er sikker på at det vil dannes rimfrost, er det gjerne både for sent mht. tidspunktet og muligheten for å få gjennomført en salting før trafikken starter om morgenen, samtidig som at man er for sent ute fordi det allerede er blitt glatt. Hvilke steder som fryser først vil avhenge av lokale forhold som åpent landskap (mer vind), tilgang til fuktighet fra vann, bruer hvor temperaturen synker mer enn andre steder, isolerte vegoverbygninger mm.

Erfaring med bruk av strålingssensorer på værstasjonene viser at sensoren gir utslag en tid før vegbanetemperaturen begynner å synke. På den måten er det mulig å identifisere faren for dannelse av rimfrost litt i forkant av at det blir glatt.

Laget med rimfrost poleres av trafikken og blir omdannet til et lag av tynn og glatt is.

2.6 Regn på is/snødekke

2.6.1 Beskrivelse av værphenomenen

Regn på is/snødekke må anees som noe annet enn de spesielle værforholdene beskrevet tidligere i dette kapitlet.

Vi antar at is/snødekke er dannet gjennom en periode og ikke oppstår momentant som et resultat av et værphenomen. Ved en værendring etter en lengre kald periode på veger der det ikke saltes kan regn på snø-/isdekke forekomme og skape glatte forhold.

2.6.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Snøsåle på veg dannes ved at nyfalt snø på veg ikke blir brøytet bort mens den er løs og derfor blir pakket sammen av trafikken og danner en hard og fast såle som brøytepløgen flyter oppå. Snøen kan være fra gjentatte små snøfall som ikke utløser brøyting, eller fra større og mer langvarige snøfall der trafikken som passerer mellom brøytesyklusene pakker sammen noe av snøen.

Over tid, siden snøsålen blir utsatt for belastning (trykk) fra trafikken, vil snøsålen gradvis omdannes og komprimeres ytterligere og ende opp som en issåle. Tidsforløpet på denne omdanningen er bl.a. avhengig av trafikk, fuktighet og temperatur. Når en veg med snø/issåle etter en stabil periode med temperatur under 0°C blir utsatt for mildvær, dvs. lufttemperatur > 0°C med/uten regnedbør, blir overflaten glatt (blank is). Hvor raskt vegen blir glatt, og hvor glatt den blir, avhenger av pakningsgrad på

snø/is-sålen, temperatur, nedbør og kuldemagasinet. Etter en tid vil ofte situasjonen være at man får en ren issåle med en vannfilm oppå. Dette gir ekstremt glatt veg. Vannet på overflaten av issålen blir da et glidemiddel i systemet bildekk-vann-issåle.

Regn på snø- eller isdekke vil kunne forekomme på veger med vinterdriftsklasse DkC, D eller E. Utfordringen for vinterdriften er stor ved slike tilfeller fordi det blir glatt over store områder når det skjer.

3 Omfang av underkjølt regn, regn som fryser på bakken og frysende tåke

3.1 Mulige informasjonskilder

Det er forsøkt å innhente informasjon om omfang av situasjoner med hurtig endring til glatt veg i ulike kilder. Kilder vi har sett nærmere på er:

- Vegloggen - vegtrafikksentralenes elektroniske system for å logge hendelser på veg
- Søk på internett rettet mot massemedier
- Farevarsler fra MET
- METAR fra flyplasser
- Vegvær

Informasjon om rapporterte problematiske føreforhold som er funnet er sammenholdt med datarapporter fra Statens vegvesens værstasjoner. Det er et mål å sammenholde de kartlagte situasjonene med de faktiske værforholdene som medførte glatt veg og som ble registrert av værstasjonen.

3.1.1 Vegloggen

Fra Vegloggen er det mulig å hente informasjon om problematiske føreforhold fra to ulike kilder. Det er:

- Vegmeldinger av typen «Vær- og føreforhold»
- Hendelser

Vegmeldingene med vær- og føreforhold er meldinger som driftskontraktsemprenøren sender inn til VTS tre ganger i døgnet i vintersesongen for fastsatte vegstrekninger. Imidlertid er det ikke fast rutine at vegmeldingene lagres i Vegloggen. Meldingene gis gjennom skjema R10 i Elrapp. Beskrivelsen av føreforholdet gis i et fritekst-felt i skjemaet. Skjemaet har følgende forslag til tekst som kan benyttes i fritekstfeltet, men de er ikke valgbare fra en nedtrekksliste i skjemaet, de må skrives inn:

- Bart
- Bart og vått
- Snøslaps
- Løs snø
- Isdekke
- Snø- og isdekke
- Tynn is
- Rim
- Vekslende [føre] og [føre]
- [føre] i spor
- osv

Ordene «underkjølt» og «fryser på bakken» er ikke med blant disse standard-forslagene, og det blir da veldig individuelt om årsaker til glatt veg som «underkjølt regn» og «regn som fryser på bakken» angis. Det gjør at det ikke er sikkert at årsaker til spesielt glatte føreforhold/situasjoner nødvendigvis er oppgitt av entreprenøren. I et forsøk på rapportuttak fra Vegloggen ble det søkt etter «regn som fryser på bakken».

Tidsrom for søket var 2017. Dette gav en rapport på 30 treff fra 13 strekninger i 5 fylker som vist i tabell 1.

Tabell 1 Strekningsvis oversikt over antall vegmeldinger som inneholdt «underkjølt» eller «fryser på bakken» i Vegloggen i perioden januar - mai 2017

Strekning	Fylke	Antall
Ev 6 Hatter	Finnmark	4
Fv 883 Leirbotnvatn - Nyvoll ferjekai, på strekningen Leirbotnvatn - Sandvik	Finnmark	2
Fv 889 Smørfjord, på strekningen Smørfjord - Havøysund	Finnmark	3
Rv 94 Skaidi - Fæg fjord, på strekningen Skaidi - Hammerfest	Finnmark	2
Ev 6 Setermoen - Nordkjosbotn, på strekningen Narvik - Nordkjosbotn	Troms	3
Ev 10 Tjeldsundbrua øst – Bjerkvik	Nordland/Troms	4
Ev 6 Skarberget – Bjerkvik	Nordland	2
Ev 6 Sommerset - Bognes ferjekai, på strekningen Fauske - Narvik	Nordland	2
Fv 714 Gjølme, på strekningen Frøya - Gangåsen	Sør-Trøndelag	1
Oppdal kommune	Sør-Trøndelag	2
Orkdal kommune	Sør-Trøndelag	1
Åfjord kommune	Sør-Trøndelag	1
Rv 15 Otta - Vågåmo, på strekningen Lom - Otta	Oppland	3

Meldingene ble sendt inn fra de enkelte fylkene på datoer som vist i tabell 2.

Tabell 2 Dager med vegmeldinger som inneholdt «underkjølt» eller «fryser på bakken» i Vegloggen i perioden januar - mai 2017

Dato	Finnmark	Troms	Nordland/Troms	Nordland	Sør-Trøndelag	Oppland
6.1					1	
18.1			1	1		
19.1			1	1		
26.1						3
27.1				2		
28.1	1					
29.1	1					
30.1			1			
31.1			1			
2.2					2	
12.2	4					
13.2	4	2				
14.2		1				
19.2					2	
4.4	1					

Basert på denne korte perioden ser det ut til å være veldig ulik praksis mht angivelse av årsak til glatt føre.

Vegmeldinger som angir føreforholdsbeskrivelser som inneholder «regn som fryser på bakken» gir oss oversikt over tidspunkt og sted for enkeltsituasjoner der det har vært regn som fryser på bakken (eller underkjølt regn). Men meldingene kan nok ikke brukes til å studere utvikling over tid mht hyppighet på situasjoner med disse føreforholdene. Årsaker til dette er at dette ikke er forhåndsdefinerte meldingstekster som beskriver situasjonen, og det er heller ikke krav til at årsak til glatt føre skal angis i meldingene. Det vil derfor være store forskjeller i innmeldingene, antagelig både internt i et kontraktsområde, og også mellom ulike kontraktsområder og i tillegg kommer ulik håndtering på VTS-ene. De rapportene vi har analysert viser også at det er store geografiske forskjeller mht hvem som beskriver situasjoner med regn som fryser på bakken (bare rapportert i 5 av de 19 fylkene i jan – april 2017).

«**Hendelser**» er en annen type informasjon som lagres i Vegloggen. En hendelse i Vegloggen er opplysninger om en situasjon som har funnet (eller vil finne) sted ute på en veg. Slike opplysninger kan komme fra flere ulike typer kilder, for eksempel publikum, entreprenører, politi eller brannvesen. Dette inkluderer også meldinger fra driftsentreprenør om endringer av føreforhold som inntreffer utenom de tre faste tidspunktene som meldes på R10-skjemaet. Hendelsene kategoriseres i ulike typer av trafikoperatøren. Innmeldergruppe angis også, og utfyllende informasjon gis i et fritekstfelt. Et søk i hendelsene med søkeord «underkjølt» for perioden 2008 til 2017 gav antall treff sortert etter innmeldergruppe og vintersesong som vist i tabell 3.

Tabell 3 Antall innmeldinger av hendelser registrert i Vegloggen som inneholder «underkjølt» fordelt på type innmelder i perioden 2008 - 2017

Innmelder type	Vintersesong								
	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017
Ambulanse	1	1		2	3	1	1	3	1
Bergingsselskap			1		1				
Brannvesen			2						1
Entreprenør	1		7	5	11	6	11	13	10
Fergeselskap					1	1			
Kollektivselskap			1	2	3	4	1	4	3
Politi	8	7	8	15	5	11	8	11	9
Publikum	27	40	61	66	56	59	60	108	153
Statens vegvesen	2		9	10	3	7	5	3	9
Teknisk utstyr									1
(blank)	3	3	1	2	1	1		4	

Tilsvarende søk med søkeord «fryser» og som i tillegg har blitt plassert i kategorien «klager/etterlyser strøing/vedlikehold» for perioden 2008-2017 er vist i tabell 4.

Tabell 4 Antall innmeldinger av hendelser registrert i Vegloggen kategorisert som klage/etterlyser strøing/vedlikehold og som inneholder «fryser» fordelt på type innmelder i perioden 2008 - 2017

Innmelder type	Vintersesong								
	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017
Ambulanse			1		2	2		1	1
Bergingsselskap		1	1						2

Brannvesen			1	1	3			2	2
Entreprenør	3		3	2		3	2	3	4
Fergeselskap								1	
Kollektivselskap			6	3	7	3	5	8	8
Politi	9	6	10	7	12	9	4	16	8
Publikum	84	53	95	66	136	93	89	151	151
Statens vegvesen	1	1	1		2	1	3	4	2
Teknisk utstyr									1
(blank)	2		4	2	3		3	2	1

Hendelser beskrives i et fritekstfelt. Det som blir skrevet om hendelsen er da avhengig både av hva som meldes inn, og trafikkoperatørens vurdering og beskrivelse av dette. Her vil det trolig være ulikheter mellom trafikkoperatørene, og det kan også ha skjedd endringer i registreringsrutiner. Vi vurderer det som at dette grunnlaget basert på søkeord i fritekstfeltet for hendelser ikke kan anses som en god kilde for å se på utviklingstrender knyttet til de vær-situasjonene vi undersøker.

3.1.2 Fra massemedier

Søkeordene «ekstremt glatt» og «underkjølt regn» gir mange treff i et Google-søk. Mange av treffene gjelder publisering av advarslene fra MET om fare for glatt veg, mens andre gjelder artikler som beskriver at det er glatt veg gjerne i kombinasjon med at det har medført problemer med framkommelighet på vegnettet, eller at det har vært ulykker.

Uttrekk av treffene på artikler som omhandler situasjoner som beskriver faktiske situasjoner med glatt veg (ikke varsler om at dette kan inntreffe) som synes å være mest relevante fra google-søk med søkeordene nevnt ovenfor, indikerer ekstremt glatt føre og/eller underkjølt regn på de dagene som er vist i tabell 5. Tabellen viser også i hvilket fylke situasjonen er rapportert. Flere artikler samme dag i samme fylke betyr at situasjonen er rapportert i flere kilder.

Tabell 5 Dager med oppslag i massedier om «ekstremt glatt» eller «underkjølt regn» vintersesongen 2016/2017

2016 - 2017	Fylke															Sum pr dag
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	16	18	19	
30.okt													1		1	2
12.nov								1								1
25.nov	1	1	1	1	1											5
12.des													1			1
18.des								1								1
08.jan													1			2
17.jan	1	2		1		1	1	1	1	1	1			1		11
22.jan	1															1
02.feb		1	1				1	1					3			7
16.feb							1					1				2
Sum pr fylke	3	4	2	2	1	1	3	3	1	1	1	1	6	1	1	32

De 32 treffene som er grunnlaget for tabellen ovenfor har følgende hovedbeskrivelser av situasjonen:

Regn som fryser på bakken:	4 stk
Underkjølt regn:	27 stk
Yr og tåke som fryser på bakken:	1 stk

Det er altså en overvekt av situasjoner som i media beskrives å være underkjølt regn.

3.1.3 Farevarsler fra MET

Meteorologisk institutt har bl.a. som oppgave å varsle om ekstreme værforhold. De gir også ut farevarsler (Obs-varsler) på lavere nivå enn ekstremvær, og for andre værphenomener deriblant situasjoner som gir vanskelige kjøreforhold. Alle gyldige farevarsler er tilgjengelig på yr.no. Brukere som arbeider i eller for offentlige etater har også tilgang til disse opplysningene gjennom halo.met.no. Til forskjell fra informasjon fra Vegloggen og fra massemedier, er varsler fra MET kun prognoser. Det er ikke sikkert at de varslede situasjonene oppsto og medførte glatt veg, men det kan motsatt være at slike situasjoner forekom selv om de ikke var fanget opp av et farevarsel fra MET på forhånd.

Det finnes ikke et eget datalager/egen oversikt hos MET over historiske farevarsler som er sendt ut. Praksis er at disse varslene sendes som e-mail til fast adresse-liste. VTS øst mottar farevarsler på vegne av Statens vegvesen og distribuerer disse videre.

En mulig metode for å undersøke hvor mange varsler som har blitt sendt ut om underkjølt regn er å søke i mail-postkassa til en mottager av slike varsler. Å bruke et slik søk for å se på utvikling av aktuelle vær-situasjoner over tid synes ikke å være en fullgod kilde bl.a. fordi kriteriene for en vær-situasjon endres/utvikles over tid. Det gjøres derfor ingen videre søk og analyser etter historiske fare- eller obs-varsler fra MET.

3.1.4 METAR

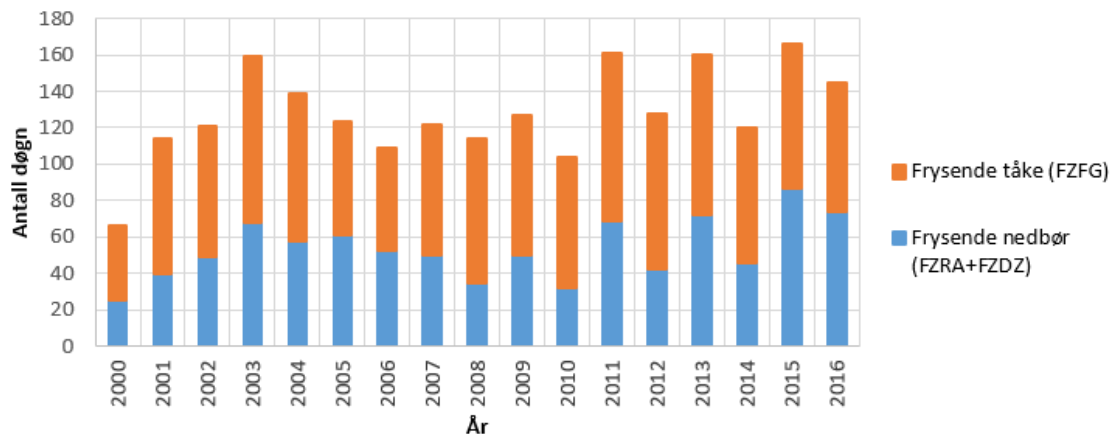
METAR er et standardisert format for rapportering av værinformasjon. Forkortelsen kommer fra fransk «MÉTéorologie Aviation Régulière». METAR er en værrapport fra en flyplass som brukes for planlegging og gjennomføring av en flyging. METAR fra flyplasser og andre værstasjoner sendes ut hver hele eller halve time. Ved plutselige værforandringer kan det sendes ut en METAR uavhengig av tidspunkt, som blir betegnet SPECI. Formatet for METAR ble opprettet 1. januar 1968 og har gjennomgått mindre endringer mange ganger siden. METAR skal finnes lagret og tilgjengelig for flyplasser tilbake til 1996.

En vanlig METAR inneholder koder for sikt, vind, skyer, nedbør, temperatur, duggpunkttemperatur og trykk. Registrering av METAR for frysende regn, yr og tåke gjøres enten manuelt/visuelt, eller ved hjelp av sensorer i en automatstasjon. Ved manuell registrering avgjøres METAR-koden ved å observere om regn, yr og tåke fryser i luften eller på gjenstander. Det skilles ikke på om dråpene er underkjølte, eller om de fryser pga kald overflate.

De aktuelle METAR-kodene for nedbør og tåke som fryser er:

- FZRA er frysende regn
- FZDZ er frysende yr
- FZFG er frysende tåke

I tillegg finnes en egen kode FZUP som angir frysende "undefined precipitation". Dette er en kode som iht MET benyttes når registreringen gjøres av en automatstasjon, og automatikken ikke klarer å avgjøre om det er tåke, yr eller regn. Det viser seg av data fra flere flyplasser at antall registrerte FZ øker fra og med de årene FZUP blir en del av datasettet, dvs fra og med at METAR registreres automatisk. Fra MET har vi fått forklart at en mulig årsak til økningen i FZ-tilfeller når registreringen blir gjort av en automatstasjon, kan være at instrumentene klarer å registrere tilfeller med svært lett nedbør i luften og samtidig minusgrader som en observatør ikke klarer å få med seg. Anbefalingen fra MET er derfor at det ikke går å sammenligne data om frysende nedbør for en flyplass før og etter at registreringen ble automatisert. Derfor er alle flyplassene med automatisk registrering av METAR, 15 stk, ikke med i de følgende oversiktene over frysende nedbør og tåke som er satt sammen basert på data fra år 2000 til 2016. Figur 3 viser totalt antall døgn pr år der det har forekommet frysende tåke og frysende nedbør som sum for alle flyplassene som vi har fått data fra, som har data fra alle årene 2000-2016, og som ikke har automatisk registrering, totalt 34 flyplasser.



Figur 3 Gjennomsnittlig antall dager med frysende nedbør (regn eller yr) eller frysende tåke fra METAR observasjoner på norske flyplasser i perioden 2000-2016

For disse 34 flyplassene i utvalget er det gjennomsnittlig 3,5 døgn pr år hvor det forekommer frysende nedbør eller tåke. Men variasjonen er stor, fra gjennomsnittlig 37 døgn i året på Gardermoen til 1 døgn på 17 år som det har vært i Sandnessjøen, Svolvær og på Røst. Døgnene med frysende nedbør på Gardermoen fordeler seg i gjennomsnitt på 29 med frysende tåke og 15 med frysende nedbør. I noen døgn er det både frysende tåke og frysende nedbør, derfor er antall døgn totalt mindre enn sum av døgn med frysende tåke og frysende nedbør.

Tabell 6 Døgn pr år med forekomster av frysende regn, yr eller tåke pr flyplass med manuelle observasjoner av METAR i perioden 2000 - 2016

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Gj.sn.
Oslo lufth. Gardermoen	21	34	46	47	39	38	33	40	42	30	32	36	36	45	36	39	31	37
Fagernes lufthavn, Leirin	5	6	8	13	10	2	7	11	10	25	7	9	12	10	18	16	4	10
Notodden	3	6	8	8	16	2	4	6	11	4	5	15	8	16	12	15	7	8,6
Stavanger lufthavn, Sola	1	12	1	16	4	3	6	4	3	8	8	4	0	0	1	0	0	4,2
Stord lufthavn	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Bergen lufth. Flesland	3	4	1	1	4	1	3	1	1	3	3	9	1	1	0	1	2	2,3
Sogndal lufth. Haukåsen	5	9	10	7	10	9	4	14	5	6	10	20	13	10	5	11	12	9,4
Førde lufthavn, Bringeland	2	3	0	0	2	6	3	2	0	5	8	4	5	3	1	7	4	3,2
Florø lufthavn	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,2
Sandane lufthavn, Anda	0	3	0	0	0	2	1	3	3	0	0	3	1	1	0	0	0	1,0
Ørsta/Volda lufth. Hovden	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	0,6
Molde lufthavn, Årø	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	3	0	0,5
Ørland	0	0	0	0	3	1	2	0	0	6	1	1	0	1	2	0	2	1,1
Namsos lufthavn	9	7	11	9	7	8	4	7	2	5	0	4	3	10	7	4	4	5,9
Rørvik lufthavn	1	0	4	5	2	3	6	1	1	2	1	2	0	1	0	1	2	1,9
Brønnøysund lufthavn	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,2
Sandnessjøen lufth. Stokka	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Mosjøen lufth. Kjørstad	4	3	5	11	7	10	6	6	8	8	6	4	6	4	2	3	8	5,9
Mo i Rana lufth. Røssvoll	7	4	3	11	5	5	4	6	2	5	3	7	7	8	7	13	8	6,2
Bodø lufthavn	0	3	2	3	2	2	1	0	1	0	0	0	0	3	1	2	4	1,4
Narvik lufthavn, Framnes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0,2
Svolvær lufthavn, Helle	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Leknes lufthavn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	5	0,6
Røst lufthavn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,1
Stokmarknes lufth. Skagen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0,1
Bardufoss lufthavn	6	5	4	6	2	5	13	9	13	13	4	12	11	18	10	16	18	9,7
Sørkjosen lufthavn	1	0	0	2	1	2	1	0	0	0	5	1	2	2	1	4	0	1,3
Hasvik lufthavn	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0,3
Honningsvåg lufthavn	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1
Mehamn lufthavn	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2
Berlevåg lufthavn	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	1	1	0,6
Båtsfjord lufthavn	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	2	1	0	1	0,5
Vardø lufthavn, Svartnes	0	0	0	0	0	0	2	1	3	2	2	4	10	3	3	1	1	1,9
Vadsø lufthavn	1	2	5	1	4	2	2	1	2	1	3	2	5	4	5	3	5	2,8

Vi ser av tabell 6 at det er store årlige variasjoner for den enkelte flyplass. Av tallene framgår allikevel svake trender for noen enkeltstasjoner mht utvikling over tid, mens andre har verdier på samme nivå gjennom hele perioden. Bardufoss er den flyplassen med mest tydelig økning av dager med frysende regn/tåke. Andre flyplasser med tendens til økning av dager med frysende regn/yr/tåke i perioden er Fagernes, Notodden og Sogndal. Motsatt tendens med reduksjon i antall dager med frysende regn/yr/tåke er tydeligst på Sola, men også Namsos har en svak trend den retningen. De øvrige flyplassene har små endringer i antall slike dager i denne perioden 2000-2016.

Av tabellen synes det også som at frysende regn/tåke i liten eller ingen grad forekommer i ytre strøk på Vestlandet og videre i ytre strøk nordover til omtrent Tanafjorden. Lenger øst, fra og med Berlevåg antyder tallene at det er en svak økning i antall slike døgn.

I tabellen nedenfor er antall døgn med registrert frysende regn/yr/tåke vist for flyplassene som er holdt utenfor sammenstillingen ovenfor pga overgang til automatisk registrering i perioden. Farget bakgrunn viser de årene stasjonen har registrert METAR automatisk.

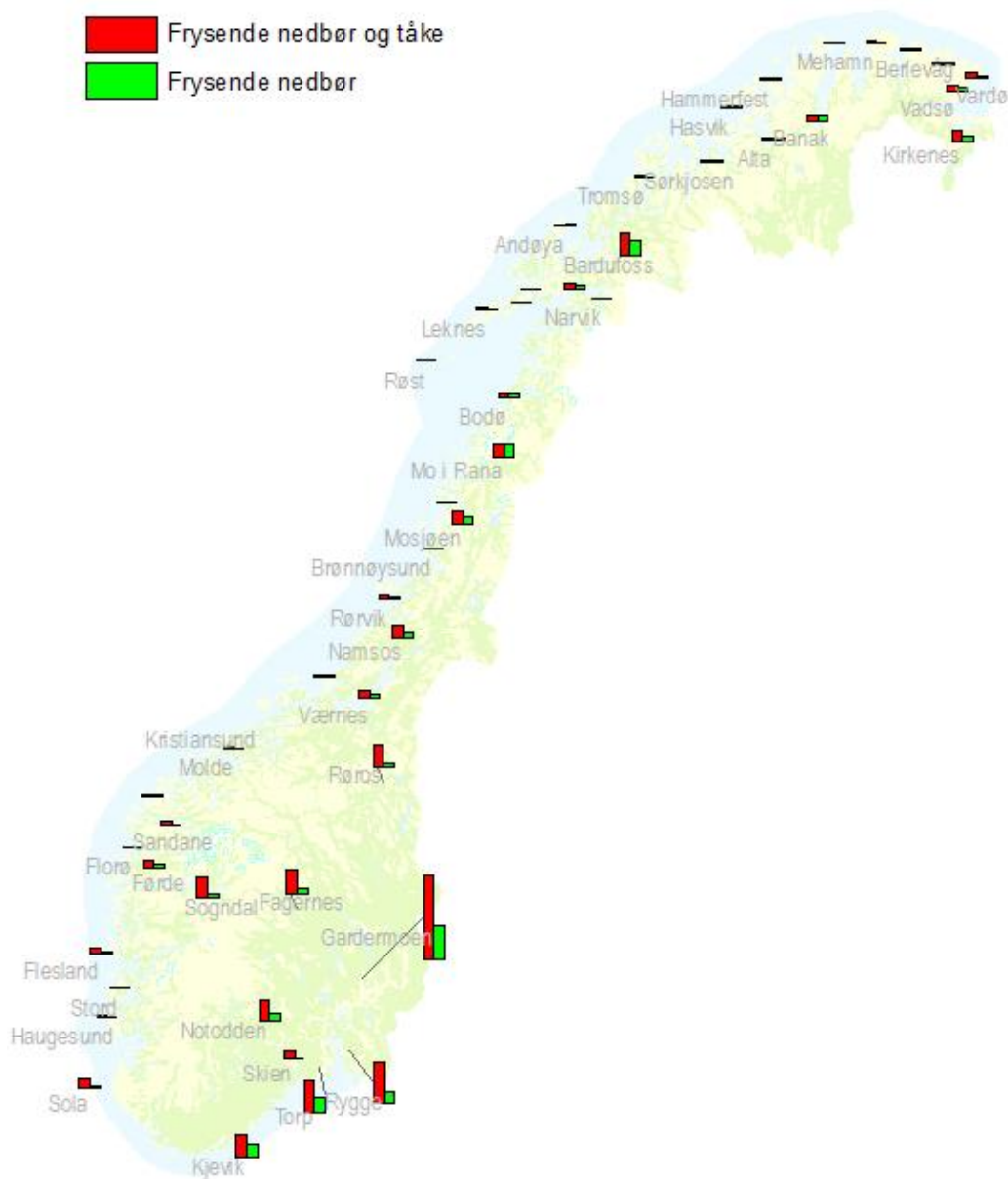
Tabell 7 Døgn pr år med forekomster av frysende regn, yr eller frysende tåke pr flyplass hvor det i perioden 2000 – 2016 har vært en overgang til automatisk registrering av METAR

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Røros lufthavn	8	11	9	16	11	4				54	53	58	69	65	34	38	41
Rygge	9	22	26	30	14	9	18	19	32	36	49	35	25	40	20	25	30
Sandefjord lufthavn, Torp	1	16	18	20	17	9	15	21	23	51	34	35	22	28	19	28	24
Kristiansand lufthavn, Kjevik	3	9	7	10	10	8	5	26	24	15	16	27	25	37	20	14	20
Haugesund lufthavn, Karmøy	1	2	0	3	0	0	2	0	4	12	16	8	10	6	6	1	2
Ålesund lufthavn, Vigra	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	8	3	6	6	1	2	5
Kristiansund, Kvernberget	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	14	14	12	8	1	8	8
Trondheim lufthavn, Værnes	3	6	5	3	3	2	3	9	1	11	8	9	4	5	4	4	12
Harstad/Narvik Lufth., Evenes	0	2	0	6	3	1	3	5	3	8	35	16	20	27	19	21	30
Andøya lufthavn, Andenes	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Trømsø lufthavn	0	0	0	2	3	0	1	0	2	0	2	2	0	5	2	2	2
Alta lufthavn	0	1	2	0	0	2	1	0	0	1	15	9	13	17	10	8	11
Hammerfest lufthavn	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	12	13	6	5	5
Lakselv lufthavn, Banak	0	1	1	2	1	0	0	5	1	2	0	5	4	11	8	7	29
Kirkenes lufth., Høybuktmoen	1	3	5	2	8	13	5	9	21	12	12	17	21	27	18	21	31

Tabell 7 viser at det på alle flyplassene skjedde en markant økning av registrerte dager med frysende regn/yr/tåke etter overgangen fra manuell observasjon til automatisk registrering av METAR. Spesielt kan man legge merke til at kystnære flyplasser på Vestlandet og i Nord-Norge som ved manuelle observasjoner kun sporadisk hadde tilfeller av frysende regn/yr/tåke, etter innføring av automatisk registrering får mange dager med slike situasjoner, jf. Ålesund, Kristiansund, Andøya og Hammerfest i tabellen ovenfor.

For å synliggjøre geografiske forskjeller i forekomster av frysende regn/tåke er antall dager fra tabellene ovenfor vist i kartet, figur 4. Gjennomsnittsverdiene er for perioden 2000-2016 for de flyplassene som ikke har automatiske registreringer. For flyplassene med automatiske registreringer er verdiene gjennomsnittet av årene fra 2000 og utover så lenge bedømmelsen av METAR ble foretatt manuelt (jf tabell 7).

METAR 2000-2016



Figur 4 Gjennomsnittlig antall dager med frysende nedbør (regn eller yr) og frysende tåke fra METAR observasjoner på norske flyplasser i perioden 2000-2016

Tabell 8 Dager med observert frysende regn, yr og tåke på Gardermoen i vintersesongen 2016-2017

Dato	Antall METAR observasjoner i løpet av et døgn		
	Frysende regn FZRA	Frysende yr FZDZ	Frysende tåke FZFG
26.10.2016			8
11.11.2016		2	10
12.11.2016		5	19
25.11.2016	2		
01.12.2016			1
10.12.2016	2		8
11.12.2016	1		2
13.12.2016	2		4
14.12.2016			6
15.12.2016			13
16.12.2016		17	5
17.12.2016	1		10
18.12.2016	3		10
19.12.2016			29
28.12.2016			6
29.12.2016			2
08.01.2017			7
09.01.2017			24
13.01.2017			6
14.01.2017			9
17.01.2017	9	1	
18.01.2017			27
21.01.2017			6
22.01.2017			24
23.01.2017		1	11
24.01.2017			14
25.01.2017			28
01.02.2017		18	
02.02.2017		21	
03.02.2017			9
04.02.2017		6	5
05.02.2017	2		
14.02.2017			10
15.02.2017			19
16.02.2017			21
17.02.2017			18
18.02.2017	6		9
22.02.2017			2
26.02.2017			3
02.03.2017			12
03.03.2017			7
20.03.2017		2	
21.03.2017			2

3.1.5 Fra Vegvær

Værstasjonene til Statens vegvesen leser av og lagrer måleverdier hvert minutt. Minuttverdiene lagres i et lokalt datalager i hver enkelt værstasjon. De måleverdiene som overføres til Vegvær og lagres i Vegvær-databasen som 10-min data, er verdiene fra det siste minuttet i 10-minutters perioden. Tilsvarende er 1-times verdiene i Vegvær den siste minuttverdien i timen. Verdiene for vind avviker fra dette på den

måten at hver minuttverdi med vindinformasjon er et gjennomsnitt av de siste 10-minuttene.

Aktuelle måleverdier som bør kunne benyttes for å avdekke de nevnte situasjonene er:

- vegbanetemperatur (NB! Det er to løsninger for måling, optisk avstandsmåling og sensor i asfalten. For bar veg bør disse måle samme temperatur siden det er samme overflate, men ved snø- og isdekke på vegen vil det være ulike overflater og dermed ulike temperaturer som måles med de to løsningene)
- lufttemperatur (måles 2 m over bakken)
- nedbørstype (opphold, hagl, regn, snø, yr, sludd, uspesifisert)
- nedbørsintensitet (mm/t)
- vegtilstand/føreforhold (tørr, fuktig, våt, slaps, snø, is, feil)
- mengde vann/is/snø i vegbane (mm)
- stråling (w/m^2 , inn- og utgående stråling, kort- og langbølget)
- sikt i nedbør (m)

Vegbane- og lufttemperatur måles av alle værstasjonene. Oppsett av øvrige sensorer er forskjellig fra stasjon til stasjon.

Mulig bruk av måledata fra værstasjoner for å avdekke de aktuelle vær-situasjonene som hurtig gir glatt veg er vurdert nærmere knyttet til hver av vær-situasjonene i tabell 9.

Tabell 9 Forslag til kriterier for å avdekke vær-situasjoner fra Statens vegvesens værstasjoner

Vær-situasjon	Mulige kriterier for å avdekke vær-situasjon	Vurdering av mulighet for å avdekke situasjon vha måleverdier fra værstasjoner
a. Underkjølt regn og b. Regn på frossen bakke	Nedbørstype = regn, yr og Vegbanetemperatur $< 0^{\circ}C$	Mange stasjoner måler nedbørstype. Alle stasjoner måler vegbanetemperatur.
c. Tåke som fryser på bakken	Forutsetter siktmåler: Sikt under 1000 m er tåke iht meteorologiske definisjoner Kriterie (dersom siktmåler finnes): Sikt < 1000 m Vegbanetemperatur < 0	Mange stasjoner måler bare sikt i nedbør og noen måler sikt uavhengig av nedbør. Dvs pr nå er det begrenset mulighet til å avdekke denne situasjonen når det ikke samtidig er nedbør, og da avdekkes den eventuelt som situasjon a. eller b.
d. Våt veg og oppklaring. Vegen er våt pga nedbør, lufttemperatur faller raskt pga oppklaring	Nedbør som regn og yr (sludd?) samtidig med at lufttemp $\geq 0^{\circ}C$ og og Vegbanetemperatur faller under 0 etter nedbørens slutt, maks 4 t etter regnværets slutt.	Mange stasjoner måler nedbørstype. Alle stasjoner måler vegbanetemperatur. Alle stasjoner måler lufttemperatur. Strålingssensorer kan muligens supplere og forbedre et kriterium for dette.

e. Fuktig luft og hurtig avkjøling	Vegbanetemp < Duggpunkttemp og Vegbanetemp < 0 og Nedbørintensitet = 0	Vegbane- og duggpunktstemperatur måles av alle stasjoner. De fleste måler også nedbør. Prognose for dette kriteriet er normalkriteriet for preventiv salting i en situasjon uten nedbør.
f. Regn på is/snødekke	Nedbørstype = regn og Føreforhold = is eller snø og Lufttemperatur > 0 (mildvær)	Kriteriet er kun aktuelt for veger med vinterdriftsklasse DkC, DkD og DkE. Kun 21 værstasjoner hadde måldata for føreforhold siste vinterseong. Noen av disse er på veger med DkA eller DkB vinterstandard, slik at det pr nå er et fåtall steder det pr nå kan være erfaringsgrunnlag for et slikt kriterium.

3.1.5.1 Testing av kriterier for vær-situasjonene

Vi har mottatt et datasett fra Vegvær databasen med måleverdiene fra månedene oktober til mars fra alle værstasjonene i Norge for perioden desember 2013 til oktober 2017. Dette er benyttet i de videre vurderingene.

Vær-situasjon Underkjølt regn og Regn på frossen bakke

Kriteriet for vær-situasjonene Underkjølt regn og Regn på frossen bakke er felles fordi vi ikke har måleverdier som med sikkerhet kan avgjøre om regndråpene er underkjølte eller ikke. For værstasjon E16 Gardermoen gav det oppsatte kriteriet utfall for disse vær-situasjonene for sesongen 2016/17 de dagene som er vist i tabell 10.

Tabell 10 Dager da kriteriet for vær-situasjonene Underkjølt regn og Regn som fryser på bakken utløses for værstasjon E16 Gardermoen

Dato	Sum regn, yr (mm)	Gj.sn. veg-banetemp. (°C)	Gj.sn. lufttemp. (°C)
18.11.2016	0,6	-0,2	0,8
21.11.2016	1,4	-0,3	0,4
10.01.2017	2,1	-0,2	0,4
11.01.2017	3,2	-0,2	0,4
29.01.2017	0,1	-0,2	1,6
27.02.2017	0,1	-0,2	0,3
28.02.2017	0,1	-0,6	0,2
01.03.2017	2,6	-0,5	0,2
04.03.2017	1,1	-0,3	-0,8
10.03.2017	0,1	-0,2	0,2
18.03.2017	0,2	-0,8	0,4
21.03.2017	0,1	-0,3	0,5
30.03.2017	1,4	-0,7	0,4

Men det viser seg i sammenligning med tabell 8 at ingen av disse dagene i tabell 10 samsvarer med dagene som METAR-observasjonene på Gardermoen flyplass viste frysende regn eller frysende yr. Siden værstasjon E16 Gardermoen ligger like i nærheten av flyplassen på Gardermoen er det ikke grunn til å tro at værforholdene er så forskjellige som disse resultatene skulle tilsi. En nærmere undersøkelse av bilder

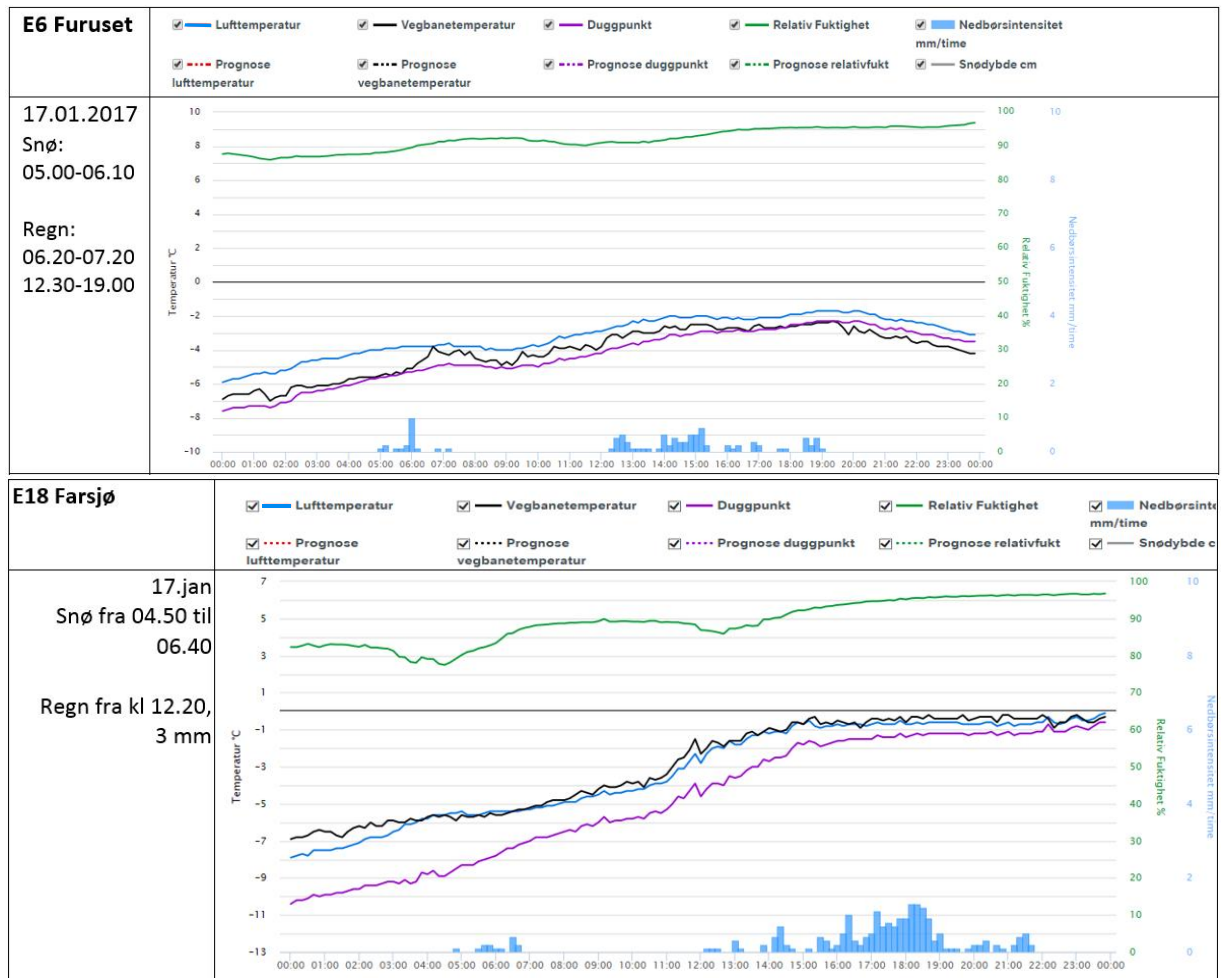
fra web-kameraet på værstasjon E16 Gardermoen 17. jan 2017, som er en dag med påvist frysende regn fra METAR, samt at det er presseoppslag fra nærmest hele Sør-Norge om regn som fryser på bakken, viste at nedbøren som kom på Gardermoen ikke var snø. Nedbørstypen angitt i datarapporten fra værstasjon E16 Gardermoen var imidlertid av typen snø, og dermed ble ikke denne dagen avdekket gjennom de oppsatte kriteriene. Tilsvarende feil avgjørelse av nedbørstype viste seg også å gjelde på de øvrige værstasjonene i Akershus som hadde samme type nedbørsensor som på værstasjon E16 Gardermoen.

Værstasjon E6 Furuset har en annen type sensor², og kriteriene for værstatusjon a og b gav utfall 15 dager samme vintersesong. 7 av disse dagene samsvarte med dager der METAR på Gardermoen viste frysende regn, yr eller tåke. Pga avstanden mellom Furuset og Gardermoen kan man ikke forvente fullstendig samsvarende resultater. Men resultatene fra Furuset tyder på at denne stasjonen bedre klarer å detektere regn ved minusgrader. Dessverre var det ikke registrert data for nedbørstype fra før 2016 på Furuset, så det har ikke latt seg gjøre å se på antall situasjoner for tidligere vintersesonger.

Det er heller ikke funnet noen andre værstasjoner som har lagret alle måleverdiene som inngår i dette værstatusjonskriteriet tilbake til 2013. Dvs værstasjonene i Rogaland har data tilbake til 2013, men værstasjonene der benytter samme type nedbørsensor som gir uriktige resultater på E16 Gardermoen, og vi velger derfor å ikke se videre på data derfra.

Iht. flere kilder så var det en situasjon med underkjølt regn/regn som fryser på bakken over store deler av landet 17. januar 2017. Grafikken fra Vegvær i figur 5 viser måleverdier fra værstasjonene E6 Furuset i Oslo og E18 Farsjø i Telemark denne dagen.

² Nedbørsensorene på Gardermoen og Furuset er fra to forskjellige fabrikanter som benytter ulike metoder for å bestemme nedbørstype.



Figur 5 Grafikk fra Vegvær som viser registrerte måledata fra værstasjonene E6 Furuset og E18 Farsjø fra 17. januar 2017.

Begge eksemplene i figur 5 viser situasjoner som avdekkes gjennom kriteriet for denne vær-situasjonen som beskrevet i tabell 9.

Som et eksempel er det i tabell 11 vist hvilke dager kriteriet stemmer for disse to vær-stasjonene. I tillegg er det tatt med tilsvarende for vær-stasjon E18 Hanekleiva. For disse stasjonene gav samme kriterie, Underkjølt regn og Regn som fryser på bakken, treff på dagene som er vist i tabell 11.

Tabell 11 Dager med underkjølt regn eller regn som fryser på bakken

Dato	Nedbørsmengde som regn (mm)		
	E18 Farsjø	E18 Hanekleiva	E6 Furuset
05.11.2016	4,0		
09.11.2016		0,1	
12.11.2016		0,9	0,6
20.11.2016	2,4	0,3	0,2
25.11.2016			0,6
01.12.2016			0,1
07.12.2016	0,9		
06.01.2017			0,2
17.01.2017	2,6	2,4	0,7
29.01.2017		0,9	0,2
01.02.2017	0,1	0,1	
02.02.2017		0,1	
04.02.2017	0,1	0,2	
05.02.2017	0,2	0,1	0,4
07.02.2017	0,1		
10.02.2017	0,1		0,1
15.02.2017			0,1
16.02.2017	8,7	5,8	
18.02.2017			1,1
25.02.2017	5,1		
27.02.2017		0,5	0,5
04.03.2017			0,1
05.03.2017		0,1	
08.03.2017	0,1		0,1
09.03.2017	0,2	0,1	0,1
Antall dager	13	13	15

Nedbørsmengde på mange av disse dagene er veldig små, på de fleste har det vært under 1 mm. Nedbørsmengdene som regn den 17.01, som er en dag der det i massemediene var mange rapporter om underkjølt regn, var det for disse eksempelstasjonene fra 0,7 til 2,6 mm nedbør som regn.

Det må også bemerkes at de største mengdene med nedbør som regn ved dekketemperatur under null grader kom 16.02 med hele 8,7 og 5,8 mm på hhv Farsjø og Hanekleiva. Antall rapporterte hendelser i massemedia var atskillig færre denne dagen enn for 17. januar. En årsak kan kanskje være at med så store nedbørsmengder som regn som kom da, var ikke kuldemagasinet i veien nok til at hele nedbørsmengden frøs på bakken, og føreforholdene ble derfor ikke så ille som de var 17. januar. En annen årsak kan være at det var gjort tilstrekkelige vinterdriftstiltak.

3.2 Oppsummering av omfang

Av de undersøkte informasjonskildene er det kun METAR som har tilstrekkelig informasjon til at man kan gjøre vurderinger av omfang av situasjoner og finne eventuelle endringer/utvikling over tid. Av de METAR data vi har fått er det tydelig at situasjoner med frysende regn og frysende tåke varierer mye fra år til år på samme

sted. Antall døgn med slike hendelser har økt for noen stasjoner, og blitt færre for andre stasjoner, men samlet sett har det som gjennomsnitt over flere år vært ganske stabilt. METAR viser at omfanget av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.

Oppslag i massemedia funnet ved hjelp av Google-søk ansees ikke å være representative, men kan gi nyttig og utdypende informasjon knyttet til slike hendelser.

MET's obs-varsler kunne vært benyttet som en indikator for hyppighet på situasjoner som kan oppstå, men disse er basert på prognoser og er derfor ikke sikre uttrykk for at værhendelsen virkelig oppsto.

Det er heller ikke funnet at informasjon i Vegloggen er systematisk dekkende for de spesielle vær-situasjonene, bl.a. siden føremeldingene som leveres fra driftskontraktene ikke har vær-situasjoner med underkjølt regn som forhåndsdefinerte typer som skal meldes i R10-skjemaet, samtidig med at registreringsrutinene på VTS er under stadig endring.

3.3 Muligheter for videre undersøkelser av omfang

Data fra værstasjoner/Vegvær

Etter å ha undersøkt datasettet fra Vegvær-databasen fra 2013-2017 viser det seg at ingen stasjoner med målesensorer som klarer å registrere regn ved minusgrader har lagret data tilbake til 2013, så vi kan ikke fra dette datasettet se utvikling i hendelser i denne perioden. Men for siste vintersesong, 2016-2017, finnes de nødvendige måleverdiene slik at en analyse av alle stasjoner den sesongen vil gi en pekepinn på hyppighet av de ulike situasjonene i ulike deler av landet. Dette kan gjøres f.eks. som en utvidelse av tabell 11 med alle stasjonene som har riktig type sensorer.

Kvalitativ analyse av omfang og utvikling av omfang

En vurdering i form av en kvalitativ analyse av hvordan hyppighet av de ulike vær-situasjonene vil utvikle seg i årene framover basert på de gjeldende klimautviklingsprognosene, vil antagelig gi det beste grunnlaget for å si noe om utvikling av vær-situasjonene i ulike geografiske områder.

Spørreundersøkelse og dybdeintervjuer

Noen av vær-situasjonene med underkjølt regn og regn som fryser på bakken skaper ekstraordinære situasjoner med svært glatte veger, mens andre tilfeller med slike situasjoner ikke lager mer komplikasjoner for trafikantene enn en annen mer vanlig opptredende vær-hendelse som snøfall, tilfrysing, mm. Dvs mange av tilfellene med underkjølt regn og regn som fryser på bakken håndteres tilfredsstillende gjennom entreprenørens ordinære vinterdriftstiltak. En spørreundersøkelse til byggherrer og entreprenører i alle driftskontraktsonrådene vil kunne gi et godt bilde av omfang og geografisk variasjon av hendelser med underkjølt regn/regn og tåke som fryser på bakken. En spørreundersøkelse vil også kunne gi en oversikt over tiltak/metoder som har fungert og tiltak/metoder som ikke fungerte samt erfaringer knyttet til beslutningsstøtte. Spørreundersøkelsen følges opp med dybdeintervjuer med representanter fra kontraktsonråder som velges ut basert på svarene i spørreundersøkelsen.

4 Aktuelle vinterdriftsmetoder

4.1 Aktuelle kilder

Aktuelle kilder til informasjon om tiltak og metoder som er aktuelle for vinterdrift ved slike forhold som er behandlet i denne undersøkelsen er:

- Mal for driftskontrakter med tilhørende instruks
- Fagrapporter til Statens vegvesen
- Andre kilder: Ikke publiserte detaljer fra EVI-delprosjektet Vinterdrift av høytrafikkerte veger ved lave temperaturer.

4.1.1 Driftskontrakter

Beskrivelsene i driftskontraktene gir føringer og anbefalinger for aktuelle vinterdriftstiltak som entreprenøren kan bruke ved de ulike værforholdene som oppstår. De tiltakene/metodene som er beskrevet i mal for driftskontrakter i kap D1 Beskrivelse er:

- Brøyting
- Høvling
- Sideplog (tillegg)
- Strøing med sand
 - Tørrsand
 - Fastsand
- Strøing med salt
 - Tørt salt
 - Befuktet salt
 - Saltslurry
 - Saltløsning

For strøing med salt gjelder at utførelse skal være iht. krav i instruks *D2-ID9300a Bruk av salt*, og for strøing med sand gjelder at utførelse skal være iht. krav i instruks *D2-ID9300c Strøing med sand*.

Instruks *D2-ID9300a Bruk av salt* angir at befuktet salt og finkornet befuktet salt/slurry er egnet for anti-isingstiltak knyttet til yr/regn/underkjølt regn på frossen vegbane. Tiltak med bare tørt salt eller bare med saltløsning skal ikke brukes for anti-ising ved slike forhold. For de-isingstiltak er også befuktet salt og finkornet befuktet salt/slurry angitt å være egnede tiltak på tynne ishinner og ved rimfrost, samt på tykke snø- og isdekker. For de-ising er det videre angitt at tørt salt kan brukes på tykke snø- og isdekker, og saltløsning kan brukes på tynne ishinner og rimfrost. Se tabellen i figur 6 på neste side. Tabellen er klippet fra instruks D2-ID9300a.

Hensikt	Vegbaneforhold/ værforhold	Spredemetode			
		Tørt salt	Befuktet salt	Finkornet befuktet salt/slurry	Saltløsning
Anti-ising	Tørr veg	Skal ikke brukes	Skal ikke brukes	Kan brukes	Egnet
	Fuktig vegbane (ikke sprut fra kjøretøy)	Skal ikke brukes	Kan brukes	Egnet	Kan brukes
	Våt veg (sprut fra kjøretøy)	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Regn på kald vegbane /underkjølt regn < 1mm/t	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Regn på kald vegbane /underkjølt regn > 1mm/t	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
Anti-kompaktering	Før snøvær, tørr eller fuktig veg	Skal ikke brukes	Kan brukes	Kan brukes	Egnet
	Før snøvær, våt veg	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Under snøvær	Egnet	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Etter snøvær	Egnet	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
De-ising	Tynne ishinne og rimfrost	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Kan brukes
	Tykke snø- og isdekker	Kan brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes

Figur 6 Egnede tiltak ved regn på kald vegbane/underkjølt regn iht instruks D2-ID9300a

Angitt dosering ved anti-ising tiltak med befuktet salt, finkornet salt eller slurry er 30 g/m² ved små nedbørsmengder (< 1 mm/t) og 40 g/m² ved intensiteter > 1 mm/t. Angitt dosering ved de-ising tiltak er avhengig av temperatur og tykkelse på islaget fra 5-40 g/m².

Instruks D2-ID9300c *Strøing med sand* har ingen beskrivelser knyttet til situasjoner med yr/regn/underkjølt regn på frossen bakke.

4.1.2 Fagrapporter

I Lærebok Drift og vedlikehold av veger, SvV rapport nr 365 fra 2015, inngår tabellen som er vist i figur 7. Denne tabellene viser aktuelle tiltak ved ulike værtyper/værhendelser, deriblant underkjølt regn og nedbør/fuktighet på frossen vegbane:

Værtyper / værhendelser	Betydning for kjøreforhold	Aktuelle tiltak (Hyppighet på tiltak og metode vil variere ut fra vinterdriftsklasse)
Snøfall	Løs snø, snø-/isdekke og dårlig veggrep. Dårlig sikt.	Før snøfall: -eventuelt salting Under og etter snøfall: -brøyting, eventuelt salting, snørydding, snø/is-høvling
Vind i områder med løssnø	Fokksnø Dårlig sikt	Brøyting, eventuelt salting, snørydding, snø/is-høvling
Regn på frosset vegbane	Is på snø/isdekket veg og på frosset bar veg	Under slike hendelser er sandstrøing ofte det mest aktuelle tiltaket. Før slike værhendelser kan bruk av salt være aktuelt på det vegnettet hvor salting er krevd eller tillatt. Bruk av fastsand eventuelt sandstrøing kan også være metoder som gir en god preventiv virkning.
Underkjølt regn	Fryser direkte på vegbanen, kan gi ekstremt glatt is	
Tåke kombinert med frost i vegbane	Rimfrost på vegbanen Dårlig sikt	
Oppklaring/utstråling ved frost i vegbanen	Kan gi rimfrost og frysing av vann på vegbanen	
Økning i luftfuktighet ved frost i vegbanen	Kan gi rimfrost	
Synkende temperatur til kuldegrader	Gir tilfrysing av vann på vegbanen og mulig rimfrost	
Stigende temperatur til varmegrader	Gir smelting av snø/isdekke og dannelse av våt is	Sandstrøing

Figur 7 Egnede tiltak ved regn på kald vegbane/underkjølt regn iht Lærebok Drift og vedlikehold av veger

Her er sand angitt som det mest aktuelle tiltaket, både preventivt og under værhendelsen, mens salt anbefales som preventivt tiltak på veger som saltes.

4.1.3 Andre kilder

I prosjektet **Vinterdrift av høytrafikkerte veger ved lave temperaturer** som var et delprosjekt i etatsprogram Vinterdrift (EVI), ble det gjennomført en intervjurunde i 7 ulike driftskontraktsoner primært for å undersøke beste praksis for friksjonsforbedring ved lave temperaturer. Men det ble også stilt et avsluttende generelt spørsmål knyttet til andre problematiske forhold:

Er det andre spesielle vær-/føreforhold hvor ordinære vinterdriftstiltak ikke fungerer tilstrekkelig?

Svarene som var relatert til underkjølt regn var:

- Det har vært mange tilfeller med underkjølt regn/regn som fryser på bakken denne vinteren. I situasjoner med regn som fryser på bakken er det mest kritisk at salttiltak iverksettes etter at regnværet er slutt, for da fryser det raskt til. Værradar, vindretning og lokalkunnskap/erfaring er beslutningsstøtte for hvor/hvilke veger som skal saltes først under/etter slike hendelser.
- Ingen situasjoner forrige vinter, men erfaringer fra området om slike hendelser
- Underkjølt regn er et problem de gangene det forekommer
- Vinteren 1999/2000 var det en utfordrende situasjon med underkjølt regn som skapte blank is på hele vegnettet i Oslo. Tiltakene som ble gjort da og som virket var strøing med tørr $MgCl_2$ (i flak) som ble strødd med traktorspredere (tallerken), og veldig fint salt ($NaCl$, pulver av steinsalt) som ble strødd med lastebilspredere.
- Underkjølt regn: Håndteres best ved å salte før nedbøren kommer.
- Underkjølt regn – opptrer uregelmessig, hadde ett tilfelle sesongen 2013/14

- Underkjølt regn: Medfører glatt veg på store partier inntil saltbilene har gjennomført rodene.

I tillegg kom følgende erfaringer knyttet til andre problematiske vær-situasjoner:

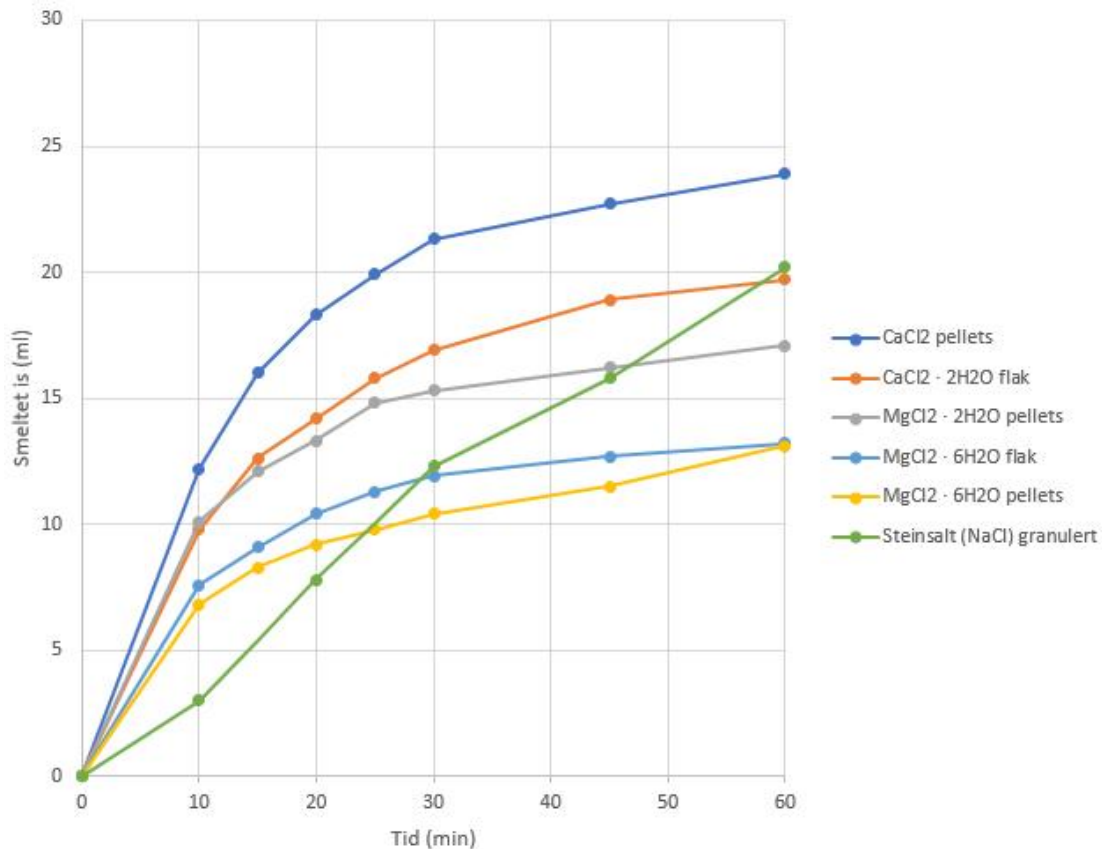
- Andre utfordrende værforhold (men forholdsvis vanlig) er oppklarningssituasjoner om morgenen hvor det ofte blir glatt/fryser til ved soloppgang (pga utstråling).
- Regnvær med overgang til sludd/snø, og lave bakketemperatur medfører ofte oppbygging av issåle og dermed glatt veg fordi utlagt salt vaskes ut av regnet før det begynner å snø.
- En annen situasjon er når regn går over til snøvær (ikke lavtemp-problematikk). Da er saltet uttynnet/vasket bort, og det dannes lett såle (kun kortvarig problem)
- Hvis det er saltet preventivt ift et kommende snøvær, og nedbøren kommer som regn i starten vil saltet på vegen vaskes bort. Etter overgang til snønedbør ble det lettere såleoppbygging.

Fra tilsvarende undersøkelser i Sverige (parallele undersøkelser i samme prosjekt) ble beste praksis for friksjonsforbedring i sammendragsrapporten [4] fastslått å være å salte med befuktet salt (NaCl) og bruke maksimal dosering.

Eksoterme salter

Magnesiumklorid, $MgCl_2$, har vært benyttet og tiltaket var vellykket ved en hendelse med underkjølt regn i Oslo, jf. uttalelsen i intervjuet med driftskontraksområde Oslo. Dette er et salt med eksoterm reaksjon ved faseovergang til løsning og gir derfor en veldig rask virkning etter utlegging på is sammenlignet med NaCl. Det samme gjelder også for kalsiumklorid, $CaCl_2$, som også har en eksoterm reaksjon ved løsning i vann.

I en lab-undersøkelse [5] ble smeltehastighet av is målt i form av smeltet mengde vann etter tilsetning av salt. Forsøket ble gjentatt ved ulike temperaturer. Figur 8 viser smeltehastigheten ved $-7^{\circ}C$ for ulike former av kalsium- og magnesiumklorid, med natriumklorid i form av steinsaltgranulat som referanse:



Figur 8 Smeltehastighet, smelting av is med ulike salter

Forsøket viser at CaCl₂ som pellets, uten krystallvann, smelter 4 ggr mer is de første 10 min enn NaCl. Også MgCl₂ med 6 krystallvannmolekyler, i flak, smelter is raskere enn NaCl de første 30 min, og i løpet av de første 10 min har dette saltet smeltet 2,5 ggr mer is enn NaCl. Denne typen magnesiumklorid er vanlig som handelsvare og leveres i storsekk på 1 tonn.

Ut fra erfaringen ved bruk i Oslo, den eksoterme reaksjonen ved løsning i vann og resultatet i lab-forsøket som er vist i figur 8, er det klart at både tørt MgCl₂ og tørt CaCl₂ vil være effektive for å fjerne/løse opp en issåle dannet av underkjølt regn og regn som fryser på bakken raskest mulig.

4.2 Sammenstilling av metoder

Basert på gjeldende krav i driftskontraktene og øvrig informasjon fra fagrapporter og intervjuer i driftskontraksområder synes aktuelle tiltak ved de aktuelle vær-situasjonene å være de som er beskrevet i tabell 12.

Tabell 12 Aktuelle vinterdriftstiltak ved de ulike vær-situasjonene

Vær-situasjon	Preventivt tiltak (anti-ising)	På issåle (de-ising)
Underkjølt regn (ved vegbanetemperatur 0°C eller lavere)	På saltet veg iht. D2-ID9300a: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610: «Salt skal nyttes preventivt for å forhindre glatt veg forårsaket av tynt snø/isdekke eller rim. I perioder uten snønedbør skal det benyttes salt for å opprettholde bar veg»	På saltet veg: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry · Tørt salt (hvis tykk issåle) · Tørt MgCl ₂ · Tørt CaCl ₂ På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (tørr sand). På DkC-veger benyttes sand (tørr sand) eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold: «Så lenge det er snø/isdekke på deler av vegbanen, skal salt kun benyttes når dekketem- peraturen er over -3°C, ellers skal det brukes sand som strømiddel.»
Tåke på frossen bakke	På saltet veg iht D2-ID9300a for tilfrysing pga synkende temperatur ved våt vegbane · Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610.	På saltet veg: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (fastsand eller tørr sand). På DkC-veger benyttes sand eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold.
Våt veg og hurtig avkjøling pga oppklarning	På saltet veg iht D2-ID9300a for tilfrysing pga synkende temperatur ved våt vegbane · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610.	På saltet veg: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (fastsand eller tørr sand). På DkC-veger benyttes sand eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold.

Fuktig luft og hurtig avkjøling	<p>På saltet veg iht D2-ID9300a for tilfrysing pga synkende temperatur ved fuktig vegbane, eller ved tørr veg som gitt for fare for rimfrost.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Saltløsning, befuktet finkornet salt eller slurry <p>På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610.</p>	<p>På saltet veg:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry, saltløsning <p>På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (fastsand eller tørr sand).</p> <p>På DkC-veger benyttes sand eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold.</p>
Regn på is/snødekke	<ul style="list-style-type: none"> · Tørr sand 	<ul style="list-style-type: none"> · Tørr sand

De beskrevne tiltakene er med to unntak tiltak som er beskrevet i kontraktsdokumentene for Statens vegvesens driftskontrakter veg (ref. Mal for kontrakter med utlysning høsten 2017). De tiltakene som ikke er beskrevet i kontraktsdokumentene og som dermed ikke kan brukes uten avklaring med byggherren i den enkelte driftskontrakten, er tiltak med bruk av tørt $MgCl_2$ og tørt $CaCl_2$ til de-ising på issåle dannet av underkjølt regn eller regn på frossen bakke.

5 Beslutningsstøttesystemer og varsling

5.1 Beslutningsstøttesystemer

5.1.1 Halo

Meteorologisk institutt (MET) har en web-portal Halo med tilpasset værinformasjon som er tilgjengelig for alle som jobber for Statens vegvesen og har behov for værinformasjon.

På Halo finnes værinformasjon og værprognoser presentert på forskjellige måter, som f.eks. tekstvarsler, farevarsler, meteogrammer, radarbilder, satellittbilder mm. MET sender også ut farevarsler på mail når det er fare for spesielle værphenomen som kan skape vanskelige føreforhold. Disse varslene sendes til Statens vegvesen (VTS øst) som videredistribuerer dem til aktuelle interessenter (f.eks. byggherre i Statens vegvesen og entreprenører med drift- og vedlikeholds kontrakter med Statens vegvesen).

Prognosemodellen (Arome) som brukes til å produsere de fleste av værprognosene som er tilgjengelig for Statens vegvesen i Halo, har en oppløsning på 2,5 km. En slik geografisk oppløsning gjør det mulig å beskrive store deler av Norge tilstrekkelig detaljert i modellen, og gir dermed bra værprognoser mange steder, men det er usikkerheter knyttet til lokale forhold og spesielt i forbindelse med skyer, nedbør og vind.

Det meste av Norge er dekket av bilder fra værradarer. Et værradarbilde gir geografisk nedbørsfordeling og gir et inntrykk av hvordan nedbørsintensiteten varierer i nedbørsområdene. Det finnes også radarbilder i Halo som viser type nedbør sammen med nedbørsintensitet. Radarbildene skiller mellom snø, sludd og regn, men det er usikkert hvor gode værradarbildene er til å identifisere regn ved kalde forhold.

5.1.2 Vegvær

Statens vegvesen har i 2017 ca. 370 værstasjoner langs riks- og fylkesvegnettet. Data fra værstasjonene blir samlet inn og presentert i systemet Vegvær hvert 10. minutt.

Værstasjonene er noe forskjellig bestykket med sensorer, men de fleste har sensorer for å måle/registrere lufttemperatur, relativ fuktighet, vegbanetemperatur og nedbør. Noen av værstasjonene har også vindsensor, kamera og et fåtall gir informasjon om føreforhold og en indikasjon på friksjon.

I tillegg til observasjoner fra værstasjonene blir det laget og tilgjengeliggjort prognoser for vegbanetemperatur og føreforhold i Vegvær. Prognosene for føreforhold visualiseres gjennom farger på strekninger på et kart og gir føreforhold oppdelt i kategoriene: ingen ny nedbør, våt, snødekke, snøfokk, fare for is eller frost og stor fare for is eller frost. Dette er prognoser som blir oppdatert to ganger i timen. Prognoser for vegbanetemperatur går 10 timer framover i tid mens prognosene for føreforhold går 4 timer fram i dag. Prognosene er resultat av en energibalansmodell som bruker måleverdier fra værstasjoner samt input fra værvarslingsmodellen til MET (Arome). Prognosene finnes som punktverdier (i de punktene der det finnes en værstasjon) og som strekningsprognoser. Punktverdier har den svakhet at måleverdien gjelder for punktet det måles på og er ikke nødvendigvis representativ for vegnettet ellers. Strekningsprognosene skal forsøke å ta vare på de lokale variasjonene basert på

punktmålinger og informasjonen som legges inn i modellen som topografi, klimatiske forhold, mm. Prognosene i Vegvær tar ikke hensyn til utførte vinterdriftstiltak.

Alle som jobber i og for Statens vegvesen kan få tilgang til Vegvær.

I tillegg til statiske værstasjoner jobber Statens vegvesen med uttesting av forskjellige typer mobile sensorer. En type mobile sensorer er optiske sensorer som monteres på kjøretøy som måler vegbanetemperatur og gir info om føreforhold (tørr, fuktig, våt, slaps, snø, is), tykkelse på is-/snølag og vannfilm og et friksjonsestimat på vegen langs ruten kjøretøyet kjører. En annen type sensor er kjøretøy i seg selv som fungerer som sensor ved at det leverer data fra kjøretøyet til et baksystem. Data fra kjøretøy kan være informasjon fra vindusviskere som indikerer at det er nedbør, det kan være bruk av ABS eller Traction control ol. for å kunne indikere at det er glatt osv. Data fra mobile sensorer er under uttesting og har vært lite i bruk foreløpig. Vegvær klargjort til å kunne presentere data fra de mobile optiske sensorene, men dette er foreløpig ikke tatt i bruk.

5.1.3 Informasjon til publikum

Farevarsler om vanskelige føreforhold er tilgjengelig for publikum på yr.no.

Et utvalg av data fra Vegvær blir gjort tilgjengelig for publikum via Datex. Datex er et internasjonalt og språkuavhengig format for veg- og trafikkdata, og data på dette formatet kan fritt brukes av tjenestetilbydere som ønsker å lage løsninger for publikum, f.eks. ved å presentere data i bilenes navigasjonssystemer eller lage APP'er og nettsteder.

Statens vegvesen har en løsning som kalles Vegvesen Trafikk (<https://www.vegvesen.no/trafikkbeta>) som blant annet presenterer et utvalg av data fra værstasjonene for publikum og dermed gir alle en mulighet til å få informasjon om føreforhold på strekningen de skal kjøre.

Tjenesten presenterer også aktuelle reisetider for et utvalg av strekninger. Analyse av reisetider kan også gi informasjon om føreforhold, men det krever mer bakgrunn og analyse (det er ikke bare været som påvirker reisetidene) og er muligens derfor ikke for den vanlige publikummer, men heller for den mer avanserte bruker som analyserer bakgrunnen for en evt. forsinkelse.

5.2 Muligheter med dagens beslutningsstøttesystemer

5.2.1 Varsling for driftspersonell

For at driftspersonell skal få støtte til å ta den riktige beslutningen til riktig tid er det viktig at værinformasjon og varsler er tilgjengeliggjort på en enkel måte, slik at det kreves begrenset med detaljkunnskap og tid for å tolke og forstå varsler og informasjonen.

Værforhold behandlet i denne rapporten er generelt vanskelig å varsle og krever ekstra årvåkenhet for å kunne oppdage til riktig tid. Kvaliteten på de ordinære værvarslene blir stadig bedre, inkludert varsler om disse lokale værphenomenene vi her snakker om, men det er fremdeles stor usikkerhet knyttet til treffsikkerhet og kvalitet. Nedenfor nevnes de muligheter vi ser med dagens beslutningsstøttesystemer.

OBS-varsler og andre tekstvarsler

Meteorologisk institutt har et nasjonalt ansvar for å varsle været. Når det er ventet værforhold som befolkningen må være spesielt oppmerksom på sendes det ut et OBS-varsel. Et OBS-varsel kan f.eks. være et varsel om underkjølt regn eller regn som fryser på bakken.

I tillegg til OBS-varsler sender MET ut vanlige tekstvarsler jevnlig flere ganger i døgnet. Disse varslene vil også inkludere forholdene som beskrevet i denne rapporten ved de tilfeller man antar at det er sannsynlig at de kan forekomme, f.eks. lokal tåke, tilfrysing på natten og fare for spesielle forhold som kan føre til rimfrost på veien. Fordelen med tekstvarsler i forhold til annen værinformasjon som finnes tilgjengelig på Halo, Yr.no og andre steder, er at tekstvarslene er resultatet av bearbeiding av en meteorolog som har brukt all tilgjengelig informasjon samlet, for å lage et værvarsel.

Observasjoner i sanntid fra Statens vegvesens værstasjoner

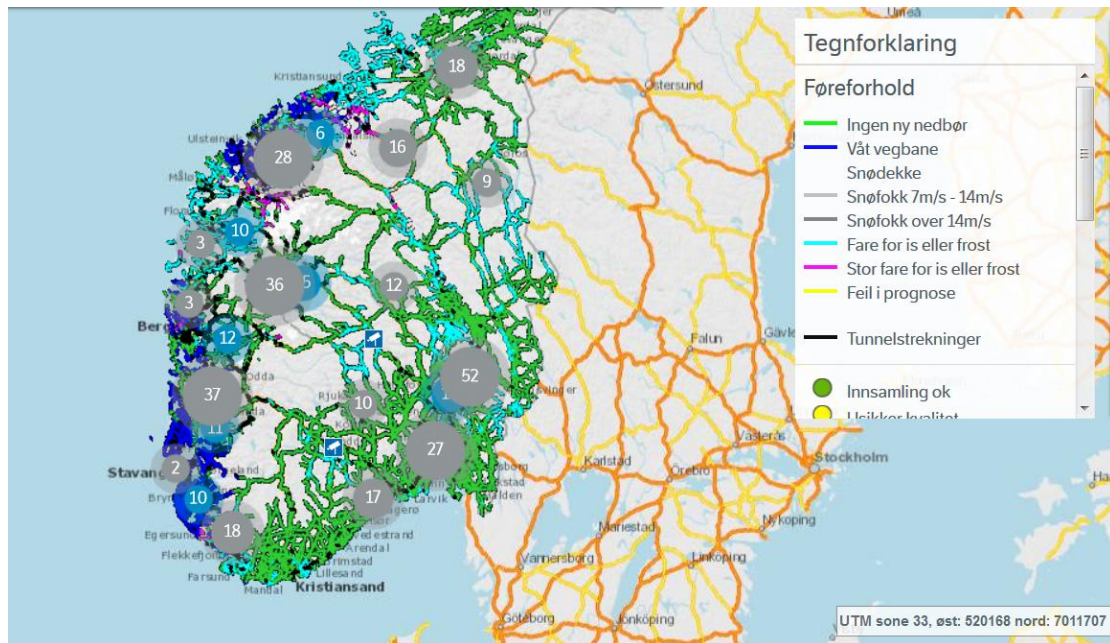
Nesten alle værstasjonene til Statens vegvesen har sensorer som registrerer lufttemperatur, vegbanetemperatur og nedbør. Data blir samlet inn hvert 10. minutt og gjort tilgjengelig i Vegvær. Ved å se på data fra værstasjonene er det mulig å identifisere steder der nedbør kommer som regn samtidig som at det er kaldt i bakken (vegbanetemperatur under 0°C). På de stedene der værstasjonen står og registrerer regn på kald bakke (kan være underkjølt regn) er det selvsagt for sent å gjøre et preventivt driftstiltak, men det er mulig å bruke informasjonen sammen med f.eks. radarbilder og vurdere retningen nedbøren beveger seg og dermed kunne forutse områder som vil kunne få de samme utfordringene i løpet av kort tid. I og med at man har tilgang på alle værstasjoner kan man med andre ord bruke data fra værstasjoner i nærheten til å forutse at det samme været kommer til dine områder innen en gitt tid.

Det er også mulig å bruke værstasjoner som står i forskjellige høyder over havet til å få et bilde av temperaturfordelingen i de nedre luftlagene. Måles det høyere temperaturer på værstasjoner som står høyere over havet enn de som står i lavere områder betyr det at vi har lag med varmere luft høyere oppe og man kan få et varsel om mulighet for underkjølt regn. Dette må selvsagt brukes med forsiktighet og sammen med både lokalkunnskap og andre værprognoser.

Metoden med å bruke data fra andre værstasjoner er ikke like aktuelt for utfordringer knyttet til tåke. Tåke er i mange tilfeller lokalt betinget (f.eks. nærhet til vann) og flytter seg ikke med luftstrømmen i atmosfæren på samme måte som nedbør og skydekket.

Prognoser fra Vegvær

For å kunne varsle underkjølt regn, regn som fryser på bakken og andre lokale værforhold er det en forutsetning at prognosemodellene gir et riktig bilde av temperaturfordeling og nedbørfordeling lokalt. Begge disse parametrene er avhengig av riktig beskrivelse av bl.a. topografi i modellene. Norge er et vanskelig land å beskrive i modeller, men værprognosene blir bedre og bedre.



Figur 9 Prognose på føreforhold i Vegvær

For de værphenomen som omtales i denne rapporten er måleverdiene lufttemperatur, relativ fuktighet, vegbanetemperatur og nedbør viktigst. Vegvær er eneste kilde til informasjon om vegbanetemperatur og faktiske forhold på vegen. I situasjoner med varsel fra MET om værforhold som underkjølt regn, regn som fryser på bakken osv. vil prognosene i Vegvær synliggjøre faren ved at vegnettet for eksempel blir fargelagt lyseblå som betyr «fare for is eller frost» eller rosa som betyr «stor fare for is eller frost». Prognoser for føreforhold går i dag bare 4 timer fram i tid. I mange tilfeller vil det ikke være langt nok fram for å kunne brukes som et fullverdig hjelpemiddel for de som skal utføre vinterdrift, men det kan være en god støtte til beslutning likevel.

5.2.2 Varsling for trafikanter

De fleste av værphenomenene i denne rapporten er lokale og gjelder små områder. I dag er det flere aktører som lager tjenester med veg- og trafikkinformasjon og det er til enhver tid en diskusjon om hvem som har ansvar for å holde trafikantene oppdatert.

Meteorologisk institutt (MET) har ansvaret for den offentlige meteorologiske tjenesten i Norge for sivile og militære formål, men både MET og StormGeo leverer værmeldinger og værinformasjon til publikum i Norge. Statens vegvesen er i dag den som har mest oversikt over føreforholdet på vegen. Oppstår det føreforhold som krever ekstra aktsomhet fra trafikantene er det ønskelig at de som har kjennskap til status informerer publikum.

Det finnes store friteksttavler mange steder langs riks- og fylkesvegnettet. I de tilfeller man vet at det er utfordrende forhold som krever at trafikantene passer litt ekstra på, er det muligens en idé å ta i bruk disse skiltene i større grad enn i dag. Før dette gjøres bør de juridiske aspektene rundt en slik varsling avklares. Dersom Statens vegvesen informerer om når det er underkjølt regn eller andre forhold som skaper glatt veg, hva skjer dersom de ikke varsler om dette og det likevel skjer?

Som beskrevet tidligere er *Vegvesen Trafikk* Statens vegvesens portal for trafikkinformasjon til trafikantene. Vegvesen Trafikk er mye brukt av publikum og

media og kan muligens brukes i større grad ved vanskelige føreforhold. Grensesnittet mellom MET og Statens vegvesen og hvem som har plikt til å varsle om værforhold som påvirker føreforholdet bør vurderes.

6 Muligheter for forbedringstiltak

6.1 Beslutningstøtte for tiltak, overvåking og prognoser

Vegvær – data fra værstasjonene

Arbeidet med denne utredningen har avdekket en del usikkerheter og svakheter med data fra Vegvær.

Værstasjoner krever oppfølging og vedlikehold for å kunne registrere data med god kvalitet. Minstekrav for å sikre god kvalitet er at de gjeldende retningslinjer for vedlikehold av værstasjonene følges. Kravene er beskrevet i håndbok R613 Værstasjoner.

Det er i kapittel 3.1.5 avdekket vær situasjoner med regn ved minusgrader hvor nedbørstype feilaktig har blitt registrert som snø. Som et første skritt for forbedring forslås det at ved innkjøp av nye sensorer for nedbørstype settes helt spesifikke krav til at sensoren skal kunne skille mellom nedbørstypene regn/yr og snø også ved minusgrader.

I dag blir flere måleverdier fra værstasjonene fortløpende kvalitetssikret hos MET, men ikke alle. Analysene har vist at dette også bør gjøres for flere av måleverdiene enn det som gjøres i dag, f.eks. nedbørstype ved temperaturer rundt 0°C. Spesielt er dette viktig for de værefenomen som er beskrevet i denne rapporten.

Det er bare på et fåtall av dagens værstasjoner det finnes sensorer for måling av stråling, føreforhold og restsalt. Økt bruk av måleverdier i sanntid fra disse sensorene kan gi muligheter for bedre beslutningsstøtte og bør undersøkes nærmere.

Vegvær - videreutvikling av prognoser

I dag får man 4-timers prognoser for føreforhold i Vegvær. Kvaliteten på prognosene er usikker (både vegbanetemperatur og føreforhold) da det er gjort lite eller ingen oppfølging og evaluering av treffsikkerheten til prognosene. Følgende virker fornuftig å gjøre for å kunne få mer ut av prognoseverktøyet i Vegvær:

- Verifikasjon av prognosemodellens treffsikkerhet for å kunne treffe tiltak for å gjøre den bedre (hvis behov)
- Vurdere å ta inn flere typer observasjoner fra værstasjonene (f.eks. vind, nedbør, utstråling, mm) for å øke kvaliteten på prognosene
- Vurdere å øke prognoselengden, spesielt for føreforhold dersom kvaliteten er tilstrekkelig god.

Bedre prognoser fra MET

Meteorologisk institutt jobber kontinuerlig med utvikling av modellene med formål å gjøre værprognosene så gode som mulig. I dag brukes sannsynlighetsvarsler mer og mer og kan gi et bilde på hvor stor sannsynlighet det er for at det varslede været inntreffer. SVV mottar ikke i dag sannsynlighetsvarsler fra MET (med noen unntak), men dette er noe som kan tilbys og som kan gi merverdi for driftspersonell som skal vurdere værprognoser og beslutte behov for tiltak og evt. type tiltak.

MET utarbeider isingsvarsler for flytrafikken. I den forbindelse gir prognosemodellene en isingsindeks som sier noe om sannsynligheten for at ising kan inntreffe på flyene mens de er i lufta. Med litt jobb og tilpasning er det kanskje mulig å få denne indeksen til å gjelde for veg slik at den kan brukes til å forutsi værforhold som kan føre til ising.

MET mottar data fra Statens vegvesens værstasjoner. En isingsindeks kan muligens også kombineres med vegbanetemperatur og andre måleverdier fra værstasjonene for å gi et bedre bilde.

I tillegg til dette gir MET uttrykk for at det kan være ønskelig med tettere dialog med Statens vegvesen for å gi begge parter en bedre oversikt over situasjonen og forholdene slik de er på det gitte tidspunkt og slik de forventes å bli.

Bruk av sanntidsdata fra vinterdriften sammen med prognosemodellen i Vegvær

Det faktiske føreforholdet på vegen er ikke bare avhengig av været, men også av eventuelle driftstiltak som er utført på strekningen. Det finnes flere måter å kombinere de to informasjonskildene for å gi beslutningsstøtte til en vinterdriftsentreprenør, og det er flere aspekter som bør vurderes og sees nærmere på før en beslutter hvilken løsning som er den beste.

Dersom formålet er å gi entreprenøren best mulig støtte for å kunne ta en selvstendig beslutning kan det være en god metode å kombinere kartet med prognosen for føreforhold i Vegvær med et kart som viser strekninger med utførte vinterdriftstiltak. På den måten kan en sammenlikne strekninger prognosen sier at det vil bli glatt med strekninger der det f.eks. nettopp er blitt saltet. Entreprenøren må ta en selvstendig beslutning på basis av den tilgjengelige informasjonen og gjøre vurderinger om når og hvor det evt. er behov for et nytt tiltak.

Dersom formålet er å bygge et system som gir entreprenøren beskjed om hvilket tiltak han/hun skal utføre, når det skal gjøres og på hvilket sted, kan det være aktuelt å kombinere prognosemodellen i Vegvær med sanntidsdataene i en ny modell. På denne måten er det mulig å få et beslutningssystem som gir entreprenøren beskjed om hvor det f.eks. skal saltes til hvilket tidspunkt og med hvilken mengde. Dette krever en relativt kompleks modell med høy treffsikkerhet, og gjør at entreprenøren ikke behøver å koble informasjonskilder på samme måte for å finne ut hva som må gjøres. De juridiske aspektene rundt hvem som har ansvaret dersom prognosemodellen/ beslutningssystemet tar feil må vurderes og klargjøres i kontraktene før det eventuelt tas i bruk et slikt system.

Lokalkunnskap

Driftspersonell opparbeider seg erfaring for det vegnettet som driftes, og vil over tid skaffe seg kjennskap til utsatte steder som hyppigere eller tidligere blir glatt enn det omkringliggende vegnettet, og hvor det dermed er størst behov for å gjøre tiltak tidlig. Denne tause kunnskapen burde vært samlet opp i en form for rapport/overleveringsdokumentasjon ved utløp av en driftskontraksperiode og på den måten viderføres til neste driftsentreprenør.

Mobile sensorer

En mulighet for å supplere erfaringsgrunnlaget beskrevet over, kan være å utnytte data fra bilsensorer og systematisere og behandle dem i en form for big data analyse, slik at steder hvor det hyppig er glatt f.eks. kan vises i kartframstillinger.

Ved å samle inn data fra kjøretøy og tilby disse i sanntid til vinterdriftsentreprenører kan entreprenøren få en oversikt over forholdene på vegnettet. Det kan være egne sensorer som gir et estimat på friksjon og vegbanetemperatur, eller registreringer som

tappes fra kjøretøy som f.eks. når bilen aktiverer fører støtte pga glatt vegbane eller at bilen vet det er nedbør fordi vindusviskerne er i bruk. Et kart som viser hvor bilene registrerer at det er glatt kan gi entreprenøren et mer komplett bilde av situasjonen enn det værstasjonene alene kan gi. Selv om dette blir data i sanntid og ikke en del av en prognose på føreforhold, kan en slik oversikt likevel være et nyttig hjelpemiddel for å avdekke lokale forhold uten å være «overalt til enhver tid».

Kategorisering av føreforhold vha kamera og værd data

Det finnes til sammen ca. 500 webkamera i dagen langs riks- og fylkesvegene[6]. De fleste værstasjonene har kamera, men det finnes også enkeltstående kamera og kamera på trafikktelepunkt som brukes til å overvåke trafikken og ikke spesielt vær- og føreforhold. Av personvern hensyn er det begrenset kvalitet på bildene fra bl.a. kamera på værstasjonene og dermed kan det være vanskelig å se på et vanlig bilde detaljer om føreforhold.

I samarbeid med Christian Michelsens institutt har Statens vegvesen gjennomført et prosjekt for der de har studert muligheten til lage en modell som kan bestemme aktuelt føreforhold basert på bilder fra webkamera og data fra værstasjonene.

Foreløpige resultater viser at det er vanskelig å sammenligne føreforholdene eksakt da kvaliteten på bildene ikke er gode nok til å verifisere hva slags føreforhold som faktisk er på stedet.



(Fra innlegg Teknologidagene 2017)

Data fra andre kilder

Det finnes flere kilder til data som kan være nyttige som beslutningsstøtte for vinterdriften. For eksempel har Jernbaneverket værstasjoner med mange av de samme måleverdiene som Statens vegvesen som kan supplere nettet med værstasjoner. I tillegg kan Avinor og data fra flyplassene rundt omkring i Norge være relevante.

Avinor har sensorer på rullebanene som brukes som beslutningsstøtte for vinterdriften. For flyene er ising på rullebanen viktig å avdekke på samme måte som ising på vegen er viktig for Statens vegvesen. Et samarbeid kunne være aktuelt både mht. deling av erfaring og utveksling av data. Det er ukjent hvor mye data som blir

lagret fra flyplassene og om de finnes på et format som er mulig å benytte for andre, men det kan være verdt å sjekke det ut nærmere.

6.2 Beredskap

De ulike vær-situasjonene har litt ulike utfordringer knyttet til beredskap for utførelse. Første tiltak som iverksettes vil for alle³ situasjonene være et preventivt saltingstiltak. For situasjonene med underkjølt regn og regn som fryser på bakken vil det ofte være behov for ytterligere salttiltak utover det preventive for å få fjernet islaget som har dannet seg. Kravene til syklustider vil dermed være bestemmende for hvor lang tid det vil kunne ta til nytt salttiltak blir gjennomført, og resultatet kan i verste fall være at den glatte situasjonen vedvarer nesten like lenge som syklustidens lengde. For å redusere denne tiden med glatt veg kan f.eks. følgende tiltak vurderes:

Forslag til endring	Konsekvens
Flytte ressurser (saltbil) fra mindre viktige vegger til de viktigste vegene	Krav til syklustid overholdes ikke på de mindre viktige vegnettet. Trafikantene må der vente lenger på bedre føreforhold. Tilnærmet uendret kostnad for byggherren.
Sette inn ekstra ressurser på de viktigste vegene (ekstra saltbil)	Gjenoppretting til godkjent føreforhold oppnås raskere enn krav til syklustid på de viktigste vegene. Økte kostnader for byggherren.

For de andre vær-situasjonene anser vi at det ikke er nødvendig med ytterligere tiltak utover det preventive. utfordringen her er å gjøre det preventive tiltaket på de riktige stedene til riktig tid og med riktige mengder.

I kap. 6.1 beskriver vi mer avanserte prognoser og verktøy fra MET. Slike avanserte prognoser og varsler vil muligens kreve mer kompetanse hos beslutningstaker for å kunne tolke dem på en ordentlig måte. Er denne kompetansen noe som skal kreves hos alle entreprenører, eller nærmer vi oss evt. at det bør etableres en sentral med spesielt utdannet personell som bistår med beslutningsstøtte eller kanskje til og med styrer vinterdriften? Som et ledd i utviklingen av beslutningsstøttesystemer eller i den andre enden beslutningssystemer må ansvar og risiko vurderes, slik at det er bevissthet rundt hvem som bare er rådgiver og hvem som er den ansvarlige i en beredskapssammenheng.

Dersom man velger å ha egne kjemikalier i beredskap til situasjoner med underkjølt regn/regn som fryser på bakken, vil dette kreve egen lagringsplass på et egnet sted som er lett tilgjengelig når behov for bruk oppstår. Dersom $MgCl_2$ eller $CaCl_2$ velges som beredskapskjemikalie, må disse lagres tørt og i tette sekker. Samtidig er det viktig at rutiner for rask opplasting på bil er kjent og prøvd ut, og at lageret er stort nok ift mengdene som er nødvendig for det vegnettet der dette er aktuelt å bruke. Eventuelt behov for særskilt spredeutstyr må være avklart. Hvis kjemikaliet ikke kan spredes med ordinært utstyr må det ordnes oppstillingsplass til spesialutstyr også, slik at de aktuelle bilene kan bytte utstyr raskt. Involvert personell må ha kompetanse om håndtering, virkning og bruk av slike kjemikalier.

³ Gjelder ikke vær-situasjon Regn på snø/isdekke

6.3 Metoder, utstyr og materialer

For å minimere lengden av den problematiske perioden under en situasjon med underkjølt regn/regn som fryser på bakken kan et alternativ være å ha mulighet til å hente inn ekstra strøpbiler for å rekke over vegnettet med salt eller annet friksjonsforbedrende materiale raskest mulig, dvs raskere enn syklustidene iht kontraktene. Hyppigheten av slike vær-situasjoner i området vil være avgjørende for om dette er aktuelt. Å ha ekstra ressurser i beredskap til en slik situasjon vil medføre økte kostnader for byggherren.

Bruk av tørt $MgCl_2$ for å smelte is raskere enn med $NaCl$ under/etter værhendelser med underkjølt regn og regn på frossen bakke kan være et aktuelt tiltak. Den eksoterme reaksjonen når fast $MgCl_2$ eller $CaCl_2$ løses med vann gjør at isen vil smelte raskere enn med $NaCl$. I visse krevende situasjoner kan dette bety en betydelig forskjell i tid for å tilbakeføre til godkjente føreforhold. Eventuelt kan det også være at man med $MgCl_2$ eller $CaCl_2$ kan unngå å måtte salte en ekstra runde fordi det første tiltaket var tilstrekkelig virkningsfullt.

6.4 Trafikantinformasjon og trafikkstyring

Variable hastigheter

Håndbok V321 Variable trafikkskilt beskriver mulighetene med variable fartsgrenser og bruk av variable fartsgrenser på strekninger eller broer som er utsatt for sterk vind. Det gis ikke åpning i dagens håndbok for å bruke andre målinger fra værstasjonene som styringsparametere for å skilte ned hastigheten pga dårlige føreforhold. Etter hvert som kvaliteten på data fra værstasjonene og Vegvær blir mer kjent bør det vurderes om disse kan brukes til å redusere fartsgrensen i tilfeller med vær-situasjoner som f.eks. de som er beskrevet i denne rapporten.

I første omgang kan man vurdere å bruke informasjonstavler og evt. variable hastigheter i de tilfeller man er sikker på at det er eller vil oppstå dårlige føreforhold (enten ved at data fra værstasjoner og sanntidsdata fra entreprenører viser dårlige føreforhold eller at publikum ringer til Vegtrafikksentralene). Dette er reaktivt og det kan oppstå hendelser før trafikantene blir varslet, men informasjonen baserer seg på sikre observasjoner.

En mer proaktiv mulighet er å basere en vurdering på prognoser og endre hastigheten og informere publikum i forkant av at det oppstår farlige situasjoner. Dette krever selvsagt en prognose med kjent og god kvalitet.

Før det informeres om føreforhold må de juridiske aspektene rundt en slik varsling vurderes. I vegtrafikkloven er man som trafikant pålagt å tilpasse farten etter forholdene. Hvis publikum normalt varsles om vanskelige føreforhold, hva skjer hvis Statens vegvesen en dag ikke varsler, men det blir glatt likevel? Føreforholdene langs vegen varierer avhengig av flere forhold enn selve været, f.eks. topografi, nærhet til vann, oppbygning av vegkroppen mm og det er ikke sikkert at værstasjonen er plassert på stedet det fryser først. Hvem har ansvaret hvis det ikke varsles om glatt veg, mens det i virkeligheten er glatt et lite stykke unna likevel?

7 Konkretisering av FoU-behov

Arbeidet med denne utredningen har ledet fram til følgende forslag til mulige FoU-arbeider:

- Utføre en detaljert teoretisk studie av hvilke nedbørsituasjoner med underkjølt regn som er mest kritiske (lufttemperatur, vegbanetemperatur, dråpetemperatur, nedbørintensitet, nedbørmengde, kuldelager i vegoverbygning, varmeledningsevne til vegoverbygning mm). Utføre beregninger og simuleringer av situasjoner med underkjølt regn/regn som fryser som funksjon av disse parameterne og beregne nødvendig kjemikalibehov for å tine isen, inkl tidsforløp ved bruk av ulike kjemikalier.
- Oppfølging av enkeltparametere som f.eks. nedbørstype i Vegvær for å være sikker på at data har tilstrekkelig kvalitet.
- Utrede muligheten til å videreutvikle isingsindeksen fra MET til å gjelde for veg som et beslutningsstøtteverktøy knyttet til frysende nedbør og frysende tåke.
- Undersøke muligheter med bruk av flere sensorer for beslutningsstøtte, for eksempel for måling av stråling, føreforhold og restsalt, både som måleverdi i sanntid og som input i prognosemodell.
- Undersøke muligheten for å komplettere data fra værstasjonene med data fra flyplasser (Avinor) og tilpasse Vegvær eller annen presentasjon for å kunne benytte data til beslutningsstøtte.
- Bearbeide og tilgjengeliggjøre data fra mobile sensorer og andre ITS-installasjoner til bruk for entreprenører, byggherre, VTS og trafikanter.
- Verifikasjon av Vegværs eksisterende prognosemodell for vegbanetemperatur og føreforhold med vurdering av treffsikkerhet som utgangspunkt for vurdering av behov og muligheter for videreutvikling.
- Utrede bruk av sanntidsdata fra vinterdriften, enten som tilleggsinformasjon til Vegværprognose eller som integrert del i et videreutviklet prognoseverktøy.
- En kvalitativ analyse av hvordan hyppighet av de ulike værsituasjoner vil utvikle seg i årene framover basert på de gjeldende klimautviklingsprognosene. Analysen skal også beskrive hvordan denne utviklingen blir for de ulike værsituasjonene i ulike geografiske områder. Arbeidet bør utføres av MET eller annet meteorologifagmiljø.
- Spørreundersøkelse til alle driftskontraktssområdene om omfang av og metoder/tiltak for håndtering av situasjoner med underkjølt regn og regn som fryser på bakken. Spørreundersøkelsen etterfølges av dybdeintervjuer med aktuelle kontraktssområder (representanter både fra byggherre og entreprenør) som velges ut basert på svarene i spørreundersøkelsen.

8 Referanser

- [1] Alex Klein-Paste, NTNU. Muntlig kommunikasjon og mailutveksling om energiutveksling ved faseovergang fra vann til is i underkjølte regndråper, oktober 2017.
- [2] Instruks D2-ID9300a Bruk av salt. Fra Statens vegvesens mal for driftskontrakter med oppstart 2018, håndbok R763.
- [3] Lærebok Drift og vedlikehold av veger, Statens vegvesens rapporter nr 365, 2015.
- [4] Vintervæghållning på högtrafikerade vägar vid låga temperaturer: Enkätundersökning och djupintervjuer, omfattning och bästa praksis, contract horizon ab, 2015 (ikke offentlig).
- [5] McElroy, A. D., G. Cooper, et al. (1998). Melt volume and ice penetration study of magnesium chloride and calcium chloride deicers. Xth PIARC International Winter Road Congress, Luleå, Sweden.
- [6] Cook, Jeremy (2017). ITS og vinterdrift – Kategorisering av føreforhold med bildeanalyse. Sluttseminar FoU-program Vinterdrift, Teknologidagene 2017.



Statens Vegvesen advarer mot underkjølt regn på lystavlene på E18 mellom Oslo og Asker tirsdag. (Foto: Erik Johansen, NTB scanpix)

Regn som fryser kommer med varmfronten

Mandag var det iskaldt over store deler av Østlandet. Tirsdag var det varmegrader og lett regn. Og såpeglatt.

**Underkjølt regn
og andre værforhold som hurtig gir glatt veg**

Oppdragsrapport	
Underkjølt regn og andre værforhold som hurtig gir glatt veg	
Oppdragsgiver	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Oppdragsgivers referanse	Navn Kai Rune Lysbakken kai-rune.lysbakken@vegvesen.no Statens vegvesen Vegdirektoratet Abelsgate 5 7033 Trondheim Telefon: 02030
Rapport-type	Oppdragsrapport
Prosjektnr./navn	VN PT – 20761
Rapportdato	2018-01-30
Oppdragsansvarlig	Åsmund Holen asmund.holen@vianova.no
Utarbeidet av	Åsmund Holen asmund.holen@vianova.no Anette H. Mahle anette.mahle@vianova.no Johnny M. Johansen johnny.m.johansen@vianova.no
Oppdragsgruppe	Åsmund Holen Anette H. Mahle Johnny M Johansen
Rapportens formål	Rapportens formål er å forbedre kunnskapen og forståelsen om værforhold som gir hurtig endring fra bar veg til glatt veg mht. meteorologi, effekt på føreforhold, omfang, beslutningsstøtte og vinterdriftstiltak. Rapporten peker også på behov for utvikling for bedre å kunne håndtere disse værforholdene.
ViaNova Plan og Trafikk AS Leif Tronstads plass 4 Postboks 434, 1302 SANDVIKA E-post: vnpt@vianova.no ☎ Tlf: 67 81 70 00 ☎	

Forsidebilde klippet fra: <https://forskning.no/naturvitenskap-meteorologi/2015/11/regn-som-fryser-kommer-med-varmfronten>

Innhold

Sammendrag	5
Summary	10
1 Innledning	16
2 Værforhold som gir hurtig endring til glatt veg	17
2.1 <i>Underkjølt regn</i>	17
2.1.1 Beskrivelse av værphenomen.....	17
2.1.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	18
2.2 <i>Regn på kald bakke</i>	19
2.2.1 Beskrivelse av værphenomen.....	19
2.2.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	19
2.3 <i>Tåke som fryser på bakken</i>	20
2.3.1 Beskrivelse av værphenomen.....	20
2.3.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	20
2.4 <i>Våt veg og avkjøling på grunn av hurtig oppklarning</i>	21
2.4.1 Beskrivelse av værphenomen.....	21
2.4.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	21
2.5 <i>Fuktig luft og hurtig avkjøling</i>	21
2.5.1 Beskrivelse av værphenomen.....	21
2.5.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	22
2.6 <i>Regn på is/snødekke</i>	22
2.6.1 Beskrivelse av værphenomen.....	22
2.6.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken.....	22
3 Omfang av underkjølt regn, regn som fryser på bakken og frysende tåke ...	24
3.1 <i>Mulige informasjonskilder</i>	24
3.1.1 Vegloggen.....	24
3.1.2 Fra massemedier.....	27
3.1.3 Farevarsler fra MET.....	28
3.1.4 METAR.....	28
3.1.5 Fra Vegvær.....	33
3.2 <i>Oppsummering av omfang</i>	38
3.3 <i>Muligheter for videre undersøkelser av omfang</i>	39
4 Aktuelle vinterdriftsmetoder	40
4.1 <i>Aktuelle kilder</i>	40
4.1.1 Driftskontrakter.....	40
4.1.2 Fagrapporter.....	41
4.1.3 Andre kilder.....	42
4.2 <i>Sammenstilling av metoder</i>	44
5 Beslutningsstøttesystemer og varsling	47
5.1 <i>Beslutningsstøttesystemer</i>	47
5.1.1 Halo.....	47
5.1.2 Vegvær.....	47
5.1.3 Informasjon til publikum.....	48
5.2 <i>Muligheter med dagens beslutningsstøttesystemer</i>	48
5.2.1 Varsling for driftspersonell.....	48
5.2.2 Varsling for trafikanter.....	50
6 Muligheter for forbedringstiltak	52
6.1 <i>Beslutningstøtte for tiltak, overvåking og prognoser</i>	52
6.2 <i>Beredskap</i>	55
6.3 <i>Metoder, utstyr og materialer</i>	56
6.4 <i>Trafikantinformasjon og trafikkstyring</i>	56
7 Konkretisering av FoU-behov	57
8 Referanser	58

Sammendrag

Rapportens hensikt er å samle og beskrive kunnskap og forståelse av vær-situasjoner med underkjølt regn/regn som fryser på bakken og andre værforhold som gir hurtig endring fra bar veg til glatt veg.

De ulike værforholdene som er undersøkt er:

Underkjølt regn

Regn på kald bakke, dvs. bakketemperaturen er under frysepunktet

Tåke som fryser på bakken

Våt veg og hurtig avkjøling pga oppklarning

Fuktig luft og hurtig avkjøling

Regn på is/snødekke (skiller seg ved at man ikke har bar veg i utgangspunktet)

Kjennetegn/karakteristika, føreforhold og konsekvens for trafikken, omfang, aktuelle vinterdriftstiltak og beslutningsstøtte for disse værforholdene er kortfattet beskrevet i følgende tabeller:

Underkjølt regn

Kjennetegn/karakteristika	Regndråper som har en temperatur under 0°C. Dråpene fryser til is ved kontakt med omgivelsene.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Vannet fryser til is pga underkjølte dråper og kald bakke. Kan hurtig bli svært glatt.
Omfang	Omfanget av disse værforholdene er veldig varierende fra år til år (kilde: METAR observasjoner på flyplasser). Omfang av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkC	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt: Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkD og DkE	På issåle: Tørr sand
Beslutningsstøtte	- Tekstvarsler og farevarsler - Meteogrammer - Værstasjoner (nedbør, vegbanetemperatur og lufttemperatur) - Værradar - Prognose føreforhold Vegvær

Regn på kald bakke, dvs. bakketemperaturen er under frysepunktet

Kjennetegn/karakteristika	Regndråper med en temperatur over 0°C. Dråpene fryser til is når de treffer en overflate med temperatur under frysepunktet.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Vannet fryser til is pga kald bakke. Kan hurtig bli svært glatt, men vil ikke fryse like fort som underkjølt regn på kald bakke.
Omfang	Omfanget av disse værforholdene er veldig varierende fra år til år (kilde: METAR observasjoner på flyplasser). Omfang av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkC	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry Tørt salt (hvis tykk issåle) Tørt MgCl ₂ og tørt CaCl ₂ (bruk av tørt MgCl ₂ og CaCl ₂ vil ha raskere virkning og er mulige tiltak for å smelte isen raskest mulig).
DkD og DkE	På issåle: Tørr sand
Beslutningsstøtte	- Tekstvarsler og farevarsler - Meteogrammer - Værstasjoner (nedbør, vegbanetemperatur og lufttemperatur) - Værradar - Prognose føreforhold Vegvær

Tåke som fryser på bakken

Kjennetegn/karakteristika	Tåke bestående av underkjølte dråper som dannes ved lufttemperatur under 0°C.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Dråpene vil fryse og danne rimfrost på vegen dersom vegbanetemperaturen er under frysepunktet. Ved yr i tillegg til tåke, vil det gi en ishinne på vegoverflaten.
Omfang	Omfanget av disse værforholdene er veldig varierende fra år til år (kilde: METAR observasjoner på flyplasser). Omfang av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry

DkC	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (fastsand og tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry
DkD og DkE	På issåle: Fastsand, tørr sand
Beslutningsstøtte	- Tekstvarsler - Værstasjoner (lufttemperatur, vegbanetemperatur, relativ fuktighet, sikt, vind) - Prognose føreforhold Vegvær - Meteogrammer

Våt veg og hurtig avkjøling pga oppklarning

Kjennetegn/karakteristika	Vann på vegen etter nedbør eller snø-/issmelting fryser.
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Is
Omfang	Værsituasjonen er en av de mer «normale» værsituasjonene som utløser saltingstiltak ganske ofte i vintersesongen og det er derfor ikke undersøkt omfang av denne.
Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry
DkC	Preventivt (anti-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (fastsand og tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt: Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry
DkD og DkE	På issåle: Fastsand, tørr sand
Beslutningsstøtte	- Meteogrammer - Tekstvarsler - Værradar - Værstasjoner(nedbør, lufttemperatur, vegbanetemperatur, utstråling) - Prognose føreforhold Vegvær

Fuktig luft og hurtig avkjøling

Kjennetegn/karakteristika	Vegbanetemperatur lavere enn duggpunktstemperatur pga. avkjøling ved økt utstråling
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Rimfrost, blir et lag av tynn og glatt is pga trafikken
Omfang	Værsituasjonen er en av de mer «normale» værsituasjonene som utløser saltingstiltak ganske ofte i vintersesongen og det er derfor ikke undersøkt omfang av denne.

Aktuelle vinterdriftstiltak DkA og DkB	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På issåle (de-ising): Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry, saltløsning
DkC	Preventivt (anti-ising): Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry benyttes iht Håndbok R610. På issåle: Sand (fastsand og tørr sand) eller salt benyttes iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold. Hvis salt: Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry, saltløsning
DkD og DkE	På issåle: Fastsand, tørr sand
Beslutningsstøtte	- Meteogrammer - Tekstvarsler - Værstasjoner (lufttemperatur, vegbanetemperatur, duggpunktstemp, utstråling) - Prognose føreforhold Vegvær

Regn på is/snødekke

Kjennetegn/karakteristika	Regn på vinterveg med dekke av is eller hardpakket snø
Føreforhold og konsekvens for trafikken	Vannet gjør isen/snøen glatt
Omfang	Værsituasjonen er en av de mer «normale» værsituasjonene som utløser strøtiltak på DkC, DkD og DkE veger ganske ofte i vintersesongen, og det er derfor ikke undersøkt omfang av denne.
Aktuelle vinterdriftstiltak	Tørr sand
Beslutningsstøtte	- Værradar - Meteogrammer - Værstasjoner (nedbør, lufttemperatur)

Det er beskrevet muligheter for forbedringstiltak innenfor temaet beslutningsstøtte, overvåkning og prognose knyttet til

- Presisere i kravspesifikasjonen for sensor som gir nedbørstøpe at den skal skille mellom nedbørstypene regn og snø også når lufttemperaturen er under 0°C
- Måleverdier fra værstasjoner kan for flere verdier enn i dag bli kvalitetssikret av MET
- Verifisering av prognosene i Vegvær for å forbedre dem
- Inkludere flere typer observasjoner fra værstasjonene som grunnlag for prognosene i Vegvær
- Vurdere å øke prognoselengden for føreforhold i Vegvær hvis kvaliteten er på et nivå som gjør dette forsvarlig
- Inkludere sannsynlighetsvarsler knyttet til værprognosene fra MET
- Utvikle MET's isingsvarsling for flytrafikken også til varslinger for veg

Andre muligheter som kan vurderes mht potensiale for forbedringer knyttet til beslutningsstøtte er å utnytte sanntidsdata fra vinterdriften, samle inn og systematisere lokalkunnskap om spesielle forhold, utnytte info fra mobile sensorer, utvikle

førforholdsbedømmelse fra kameraer samt å utnytte informasjon fra andre kilder som Avinor og Bane NOR.

Forbedringer knyttet til beredskap kan være å ta i bruk mer avanserte prognoser fra MET. For å utnytte disse vil det muligens kreve mer kompetanse hos beslutningstaker som kan medføre behov for endring i organisering av beredskap.

Av forbedringer knyttet til metoder, utstyr og materialer er det pekt på muligheten til raskere tining av isåle ved å bruke eksoterme salter i tørr form som $MgCl_2$ og $CaCl_2$.

Som forbedringsmuligheter knyttet til trafikantinformasjon og trafikkstyring er det muligheter knyttet til å gi informasjon om føreforholdet og eventuelt benytte variable fartsgrenseskilt for å endre fartsgrensen under slike situasjoner. Et slikt system krever at prognoser og bedømmelser av føreforhold i stor grad treffer med den virkelige situasjonen på veggen.

For videre FoU-arbeid er det foreslått aktiviteter knyttet til følgende tema:

- Teoretisk studie og simulering av kritiske vær-situasjoner
- Oppfølging av kvalitet på data fra vær-stasjoner, verifikasjon av prognosemodell i Vegvær og muligheter knyttet til bruk av sanntidsdata fra vinterdriften
- Teste sensorer for andre måleverdier (utstråling og føreforhold) som kan gi ytterligere beslutningsstøtte
- Utrede muligheter med å bruke værdata fra andre aktører
- Bearbeide og tilgjengeliggjøre data fra mobile sensorer og andre ITS-installasjoner
- Kvalitativ analyse av hyppighet og utvikling av vær-situasjonene nå og framover for de ulike landsdelene eller annen geografisk inndeling
- Spørreundersøkelse til alle driftskontraktsonrådene med etterfølgende dybdeintervjuer mot utvalgte kontraktsonråder for kartlegging av omfang av og tiltak/metoder for håndtering av situasjoner med underkjølt regn og regn og tåke som fryser på bakken

Summary

The purpose of the report is to gather and describe the knowledge and understanding of weather conditions with supercooled rain / rain that freezes on the ground and other weather conditions that causes rapid change from bare road surface into slippery (icy) road condition.

The various weather conditions that have been investigated are:

Supercooled rain

Rain on cold surface, ie the surface temperature is below freezing point

Freezing fog

Wet road and rapid cooling due to decreasing cloud cover

Humid air and rapid cooling

Rain on ice / snow surface (the road surface is not bare in the first place)

Characteristics, road conditions and consequences for traffic, occurrences, current winter operations and decision support for these weather conditions are briefly described in the following tables:

Supercooled rain

Characteristics	Rain drops that have a temperature below 0°C. The drops freeze to ice in contact with the surroundings.
Road conditions and consequences for traffic	The water is freezing because the drops are supercooled and the surface is cold. Can quickly get very slippery.
Occurrences	The occurrences of these weather conditions varies greatly from year to year (source: METAR observations at airports). The occurrences of both freezing rain and freezing fog has been greatest at the airports in inland areas, and less at airports far out in the sea gap from western Norway and north to Tanafjorden.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl ₂ and dry CaCl ₂ (use of dry MgCl ₂ and CaCl ₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).
Winter maintenance class C	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610) On ice: Abrasives (dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl ₂ and dry CaCl ₂ (use of dry MgCl ₂ and CaCl ₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).
Winter maintenance class D and E	On ice: Dry sand

Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Written forecasts and danger alerts - Meteograms - RWIS (precipitation as rain, road surface temperature and air temperature) - Weather radar - Road condition forecasts (from information system Vegvær)
------------------	---

Rain on cold surface, ie the surface temperature is below freezing point

Characteristics	Rain drops having a temperature > 0°C. The drops freeze to ice on contact with the surface when surface temperature is below the freezing point.
Road conditions and consequences for traffic	The water is freezing because the surface is cold. Can quickly get very slippery, but not as fast as supercooled rain on cold surface.
Occurrences	The occurrences of these weather conditions varies greatly from year to year (source: METAR observations at airports). The occurrences of both freezing rain and freezing fog has been greatest at the airports in inland areas, and less at airports far out in the sea gap from western Norway and north to Tanafjorden.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	<p>Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry</p> <p>De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl₂ and dry CaCl₂ (use of dry MgCl₂ and CaCl₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).</p>
C	<p>Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610)</p> <p>On ice: Abrasives (dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry Dry salt (if thick ice sole) Dry MgCl₂ and dry CaCl₂ (use of dry MgCl₂ and CaCl₂ will have faster effect and are available methods to melt the ice as quickly as possible).</p>
D and E	On ice: Dry sand
Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Written forecasts and danger alerts - Meteograms - RWIS (precipitation as rain, road surface temperature and air temperature) - Weather radar - Road condition forecasts (from information system Vegvær)

Freezing fog

Characteristics	Fog consisting of supercooled drops formed at air temperature below 0°C.
Road conditions and consequences for traffic	The drops will freeze and form hoarfrost on the road if the surface temperature is below freezing. If drizzle occurs in addition to fog, it will cause an ice layer on the road surface.
Occurrences	The occurrences of these weather conditions varies greatly from year to year (source: METAR observations at airports). The occurrences of both freezing rain and freezing fog has been greatest at the airports in inland areas, and less at airports far out in the sea gap from western Norway and north to Tanafjorden.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
C	Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610). On ice: Abrasives (warm wetted sand or dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
D and E	On ice: Warm wetted sand, dry sand
Decision support	- Written forecasts - RWIS (air temperature, road surface temperature, relative humidity, sight, wind speed) - Road condition forecasts (from information system Vegvær) - Meteograms

Wet road and rapid cooling due to decreasing cloud cover

Characteristics	Water on the road surface due to precipitation or melted snow/ice freezes
Road conditions and consequences for traffic	Formation of ice on road surface
Occurrences	The weather situation is one of the more "normal" weather conditions that trigger the spread of salt on the roads quite often during the winter season and therefore the occurrences of this is not investigated.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
C	Anti-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610). On ice:

	Abrasives (warm wetted sand or dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry
D and E	On ice: Warm wetted sand, dry sand
Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Meteograms - Written forecasts - Weather radar - RWIS (precipitation, air temperature, road surface temperature, radiation) - Road condition forecasts (from information system Vegvær)

Humid air and rapid cooling

Characteristics	Road surface temperature is lower than dew point temperature due to cooling caused by radiation
Road conditions and consequences for traffic	Hoarfrost transforms into a thin layer of ice under the influence of traffic
Occurrences	The weather situation is one of the more "normal" weather conditions that trigger the spread of salt on the roads quite often during the winter season and therefore the occurrences of this is not investigated.
Current winter operations Winter maintenance class A and B	<p>Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry</p> <p>De-icing: Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry, brine</p>
C	<p>Anti-icing: Brine, pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry according to guidelines (guideline R610).</p> <p>On ice: Abrasives (warm wetted sand or dry sand) or salt according to guidelines depending on temperature. If salt (de-icing): Pre-wetted salt, pre-wetted fine grained salt or slurry, brine.</p>
D and E	On ice: Warm wetted sand, dry sand
Decision support	<ul style="list-style-type: none"> - Meteograms - Written forecasts - RWIS (air temperature, road surface temperature, dew point temperature, radiation) - Road condition forecasts (from information system Vegvær)

Rain on ice / snow cover (the road surface is not bare in the first place)

Characteristics	Rain on road with ice-cover or covered with hard-packed snow.
Road conditions and consequences for traffic	The water makes the ice / snow surface slippery.

Occurrences	The weather situation is one of the more "normal" weather conditions that trigger the spread of sand on the roads quite often during the winter season and therefore the occurrences of this is not investigated.
Current winter operations	Dry sand
Decision support	- Weather radar - Meteograms - RWIS (precipitation, air temperature,)

Possibilities for improvement of decision support, monitoring and forecasts are described related to the following themes:

- Make it more clearly in the requirement specification for the precipitation type sensor that the sensor shall distinguish between the precipitation types rain and snow also when the air temperature is below 0°C
- More measure types from weather stations can be quality assured by MET than today
- Verification of road condition forecasts in Vegvær to assure the quality of the forecasts and form a basis for improvement
- Include even more types of observations from weather stations as a basis for forecasts in Vegvær
- Consider increasing the forecast length of road conditions in Vegvær if the quality is at a level that makes this safe
- Include probability warnings related to weather forecasts from MET
- Development of a forecast for icing on roads based on MET's icing forecast for air traffic.

Other options that can be considered regarding potential for improvement related to decision support are to utilize real-time data from winter maintenance operations, collect and systematize knowledge about special local road- and weather conditions, utilize mobile sensor information, develop camera rating of road conditions, and utilize information from other sources such as Avinor and Bane NOR.

Improvements related to emergency preparedness may be to use more advanced forecasts from MET. The use of such forecasts may require more expertise among decision makers, which also may require a change in the organization of preparedness.

Improvement related to methods, equipment and materials for winter operations indicates the possibility of faster de-icing using exothermic salts in dry form such as MgCl₂ and CaCl₂.

As improvement within traffic information and traffic management, it should be possible to provide information about the situation and, if applicable, use variable speed limit signs to change the speed limit in such situations. Such a system requires that forecasts of road conditions are in accordance with the real situation on the road.

For further R & D work, activities related to the following topics have been proposed:

- Theoretical study and simulation of critical weather situations

- Follow-up of quality data from RWIS-stations, verification of forecast model in Vegvær and possibilities associated with using real-time data from winter operations
- Testing sensors for different measurement values (radiation and road conditions) that can provide additional decision support for winter operations
- Explore opportunities for using measured weather data from other actors, services and organisations
- Process and make available information from mobile sensors and other ITS installations
- Qualitative analysis of frequency and development of these weather conditions today and in the future for the different regions of Norway or for other geographical division of the country
- Questionnaire survey and interviews with local highway agencies and contractors regarding occurrences and experiences with handling situations with supercooled rain and freezing rain

1 Innledning

Rapporten beskriver utfordringene med værforhold som gir hurtig endring fra bar veg til glatt veg f.eks. ved underkjølt regn, og foreslår tiltak for å løse/motvirke disse problemene. Hensikten med rapporten er å forbedre kunnskapen og forståelsen om slike værforhold mht. meteorologi, effekt på føreforhold, omfang, beslutningsstøtte og vinterdriftstiltak. Rapporten peker også på behov for utvikling for bedre å kunne håndtere denne typen forhold.

Arbeidet rettes mot følgende vær-situasjoner som gir hurtig endring fra bar til glatt veg, eller som er spesielt krevende å håndtere ift standardkravene fordi endringen i vær-situasjonen omfatter store geografiske områder:

- a. *Underkjølt regn*
- b. *Regn på kald bakke, dvs. bakketemperaturen er under frysepunktet*
- c. *Tåke som fryser på bakken*
- d. *Våt veg og hurtig oppklarning*
- e. *Fuktig luft og hurtig avkjøling*
- f. *Regn på is/snødekke (skiller seg ved at man ikke har bar veg i utgangspunktet)*

Bruken av begrepet underkjølt regn i dagligtale/media avviker fra tid til annen fra den meteorologiske beskrivelsen, og brukes ofte også om regn som fryser på bakken.

Arbeid med undersøkelse av omfang av vær-situasjonene er begrenset til a), b) og c). De øvrige vær-situasjonene er de mer "vanlige" vær-situasjonene som oppstår forholdsvis ofte og som er hovedårsaker til strøtiltakene som gjøres i løpet av vintersesongen i perioder uten snøfall.

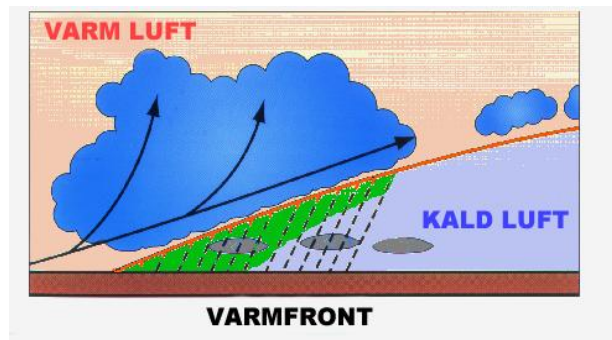
2 Værforhold som gir hurtig endring til glatt veg

2.1 Underkjølt regn

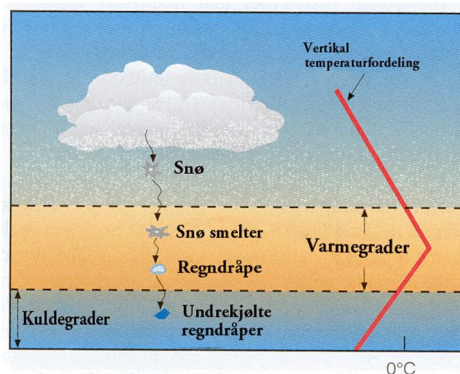
2.1.1 Beskrivelse av værphenomenen

Underkjølt regn er regndråper som har en temperatur under 0 °C. Dråpene fryser til is ved kontakt med omgivelsene.

Vanndråper med temperatur ned til -40°C kan forekomme i atmosfæren. Vanndråper som svever fritt i atmosfæren og som ikke er frosset til is selv om temperaturen i dråpene og i luften omkring er under 0°C, kalles underkjølte. Når slike dråper treffer en overflate vil de umiddelbart fryse til is (helt eller delvis) og kan føre til glatte veier.



Figur 1 Skisse av hvordan varm luft sklir opp på kaldere luft og fører til nedbør i forbindelse med en varmfront



Figur 2 Temperaturprofil vertikalt i atmosfæren (rød strek) som forklaringsparameter for dannelse av underkjølte dråper

Underkjølt regn kan oppstå etter en kald periode. En front er et skille mellom luftmasser med forskjellig temperatur og fuktighetsinnhold. En varmfront er et skille mellom kald og tørr luft (foran fronten) og varmere og fuktigere luft bak fronten. Figur 1 viser at når en varmfront er på vei inn i området vil luftlagene høyere opp i atmosfæren først bli skiftet ut av relativt varmere luft. På bakken vil den kalde lufta bli liggende igjen fordi den er tyngre enn den varme luften. Etter hvert kommer det nedbør. Nedbøren er i utgangspunktet snø/iskrystaller, men når krystallene passerer gjennom sjiktet et stykke over bakken med plussgrader vil de smelte. Lengre ned mot bakken har vi et lag med kuldegrader. Dråpene kan dermed bli underkjølte og fryse til is i det de treffer en overflate som f.eks. bakken.

Sannsynligheten for underkjølt regn synker hvis det blåser. Vinden bidrar til at luftmassene blir blandet slik at den varme luften hurtigere synker ned mot bakken og reduserer/fjerner laget med kald luft, og sannsynligheten for underkjølte dråper minsker.

2.1.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

I teorien vil de underkjølte dråpene fryse til is uansett om overflaten de treffer har en temperatur over eller under 0°C, men undersøkelser [1] tyder på at ikke alt vannet i dråpene fryser til is i det tidspunktet dråpen treffer bakken. Hvor stor del av dråpen/vannet som fryser vil avhenge av dråpens temperatur, lufttemperaturen og temperaturen på overflaten dråpen treffer.

Når vann går fra flytende form til fast form frigjøres det energi (varme). Denne varmen gjør at vannet som ikke har frosset blir tilført energi og temperaturen øker. Med den bakgrunn vil man kunne anta at dersom vegbanen har en temperatur over 0°C så vil det underkjølte regnet i begrenset omfang fryse til is, og hvis det fryser så vil isen muligens smelte igjen så fort at det ikke skaper store problemer for trafikken.

Vi finner ikke at hele mekanismen i hendelsesforløpet fra underkjølte regndråper til is på vegen er helt klarlagt, men ut fra den informasjon som er tilgjengelig kan man tenke seg følgende forløp dersom bakken er kald (vegbanetemperatur under 0°C):

- Regndråpene fryser fordi de er underkjølt, ikke hele dråpen med én gang, men alt vannet fryser etter hvert helt pga kulde i bakken
- Regnet gjør at det hele tiden tilføres nytt vann, som fryser på samme måte som over
- Vannfilmen som legger seg oppå isen (før den fryser) gjør at isen føles glattere enn vanlig is

Vannfilmen oppå isen gjør at isen blir spesielt glatt. Vannfilmen blir tykkere jo nærmere null grader isen er, og isen er derfor glattest ved temperatur rett under frysepunktet.

Det har vært tilfeller der is på vegen som resultat av underkjølt regn har blitt så glatt at biler har måttet stoppe langs vegkanten og vente på strøbil. Friksjonen kan være så lav at bilene sklir av vegen bare på grunn av vegens tverrfall.

Underkjølt regn som treffer kald vegbane fryser til is momentant på vegen. Hvor tykk isen blir vil avhenge av nedbørsmengden/nedbørsintensiteten og vegbanetemperaturen. Hvor lenge isen blir værende på vegen vil avhenge av vegbanetemperaturen, lufttemperaturen, trafikken, om det finnes salt på vegen og vegoverflatens beskaffenhet.

I tillegg til isdannelse på vegbanen vil det også dannes is på andre overflater slik som f.eks. på frontruter. Igjen vil varigheten på isen og tykkelsen variere avhengig av temperatur på overflaten og nedbørsintensiteten/mengde vann.

2.2 Regn på kald bakke

2.2.1 Beskrivelse av værphenomenen

Regn som fryser på bakken har regndråper med en temperatur over 0 °C. Dråpene fryser til is når de treffer en overflate med temperatur under frysepunktet.

Regn på kald bakke kan oppstå etter en periode med kaldt vær. En varmfront som beskrevet i kap. 2.1.1 kan gi vanlig regn dersom omrøringene av luftmassene er større slik at det ikke dannes forskjellige luftlag med temperaturer både over og under 0°C i atmosfæren. Kald luft er tyngre enn varm luft og gjør at den tyngste og kaldeste luften ligger nærmest bakken. Dette, sammen med at temperaturen i vegbanen ikke reagerer like fort på en temperaturendring som luften, gjør at luften kan ha temperatur over 0°C mens vegbanen fremdeles er under frysepunktet.

Hvis regndråpene har en temperatur like over frysepunktet og de faller på et underlag med temperatur under 0°C, vil det kunne dannes et islag ved at vannet som treffer underlaget fryser. Dråper fryser til is når de treffer den kalde overflaten uavhengig om lufttemperaturen (2 m over bakken) er over eller under 0°C, så lenge bakken er kald nok.

2.2.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Regn som fryser på bakken gir momentan tilfrysing med dertil glatte føreforhold. Energien som frigjøres ved faseovergangen fra vann til is er den samme for en dråpe som er underkjølt som for en dråpe som ikke er underkjølt. En vanlig regndråpe har temperatur over 0°C i motsetning til underkjølte dråper. Regndråper som ikke er underkjølte på kald bakke bruker derfor lengre tid på å fryse til is enn ved underkjølte dråper (ved samme omgivelsestemperatur <0°C).

På samme måte som for de underkjølte dråpene vil ikke alt vannet i dråpene fryse til is øyeblikkelig når dråpen treffer den kalde bakken, det vil gå litt tid før hele dråpen har frosset. Hvor stor del av dråpen/vannet som fryser og hvor fort det skjer vil avhenge av dråpens temperatur, lufttemperaturen og temperaturen på overflaten dråpen treffer. Kombinasjonen av is og vann vil, som for underkjølt regn, gi veldig glatt is som kan skape store problemer for trafikken.

Hvor tykk isen blir vil avhenge av nedbørsmengden/nedbørsintensiteten og hvor lenge isen blir værende på vegen vil avhenge av nedbørsintensiteten, vegbanetemperaturen, lufttemperaturen, trafikken, om det finnes salt på vegen og vegbanens beskaffenhet.

I praksis ser vi at tilfeller med underkjølt regn og regn som fryser på bakken er vanskelig å skille fra hverandre. Begge deler oppstår når det regner og vegbanetemperaturen er under 0°C. Om dråpene i regnet er underkjølt eller ikke, er ikke mulig å se.

2.3 Tåke som fryser på bakken

2.3.1 Beskrivelse av værphenomen

Tåke er en sky som er i kontakt med bakken. Den eneste forskjellen mellom skyer og tåke er at tåken er i kontakt med jordoverflaten. For å kalles tåke må sikten være under 1000 m. Tåkedråper har diameter rundt 0,01 mm.

Det er flere måter tåke kan bli dannet. For eksempel kan tåke dannes når land blir avkjølt gjennom en natt med klart vær. Varmen fra bakken stråler tilbake til luften og fører til avkjøling av overflaten. Dette fører til at luften ikke lenger kan holde på all fuktigheten og fuktighet kan kondensere og danne små vanndråper som gir tåke.

«*Freezing fog*» eller tåke som fryser, kan dannes på samme måten som vanlig tåke når land blir avkjølt gjennom natten med klart vær. Hvis lufttemperaturen er under frysepunktet, vil de små dråpene i tåken forbli væske og ikke fryse – dråpene blir underkjølte. Dette fordi væsken trenger en flate å fryse på.

Vind, snø eller utskifting med mildere luftmasser kan løse opp tåken.

Frostrøyk og frosttåke (tykkere form enn frostrøyk) dannes på kalde vinterdager over åpent vann. Når svært kaldt luft strømmer over åpent (og relativt varmere) vann, vil det inntreffe hurtig fordampning til – og oppvarming av luften nærmest overflaten. Denne oppvarmede og fuktige luften stiger raskt og samtidig kondenserer fuktigheten. Dette ser ut som røyk. Hvis laget med kaldest luft er tynt vil ikke røyken forsvinne i høyden, men fylle opp laget med kaldluft og det oppstår (frost-)tåke. Det må minimum være 10 grader forskjell mellom temperaturen i vannet og i luften for å få dette fenomenet.

I Norge er frostrøyk typisk over åpent vann om vinteren. Særlig vanlig er det i fjordene lengst nord i landet, f.eks. når kaldlufta fra Finnmarksvidda siver ut over de åpne fjordene. Men også i Sør-Norge, f.eks. over Mjøsa og Oslofjorden er frostrøyk og frosttåke ganske vanlig.

2.3.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Tåkedråpene som treffer kalde flater av forskjellige slag (veg, rekkverk, greiner, hus, osv.) vil pga den høye luftfuktigheten og de små dråpene danne rimfrost på flaten de treffer. Selv om tåke som fryser på bakken i prinsippet er det samme som skjer ved underkjølt regn med underkjølte dråper, er effekten på vegen forskjellig. Når dråpene fra «freezing fog» fryser på en overflate dannes det et hvitt lag av fjærlignende iskrystaller, rimfrost.

Tåke som fryser på bakken alene gir rimfrost, men ofte oppstår det frysende yr¹ sammen med tåken, og dette vil gi en ishinne på vegoverflaten.

Frostrøyk ved åpent vann kan sige inn over kaldt land og kalde veger i nærheten. Tåken består av fuktig luft med høyere temperatur enn vegbanen og det skilles ut fuktighet på den kalde vegen og det dannes rimfrost.

Laget med rimfrost poleres av trafikken og blir omdannet til et lag av tynn og glatt is.

¹ Frysende yr tilsvarer frysende regn, men dråpestørrelsen er mindre, gjennomsnittlig 0,5 mm.

Tåke som fryser på bakken og frostrøyk er værphenomen som kan føre til vanskelige føreforhold lokalt. Det er viktig med lokalkunnskap og kjennskap til steder der åpent vann kan forekomme i kalde perioder for å kunne være i beredskap for slike forhold.

2.4 Våt veg og avkjøling på grunn av hurtig oppklarning

2.4.1 Beskrivelse av værphenomen

Våt veg kan oppstå etter nedbør (regn, sludd, snø) eller snø-/issmelting.

Mest uventet oppklarning kommer gjerne mellom lokale byer. I forbindelse med et frontsystem er kaldfronten et skille mellom varm og fuktig luft (før fronten) og tørrere og kaldere luft (etter fronten). Bygenedbør er karakteristisk i etterkant av en kaldfront.

Sprekker i skydekke fører til økt utstråling, synkende vegbanetemperatur og den våte vegen som et resultat av regnet eller smeltevann vil kunne fryse til is på relativt kort tid. I disse tilfellene har man erfart at vegbanetemperaturen synker hurtigere enn lufttemperaturen og is forekommer derfor raskere enn man kanskje forventer.

Våt veg som resultat av snøsmelting gjennom dagen er et fenomen som forekommer på sen vinter/vår når solen har begynt å varme på dagtid. På kvelden/natten etter at solen har gått ned synker temperaturen på grunn av utstråling fra bakken. Hvor mye temperaturen synker vil avhenge av skydekket, men spesielt i en situasjon med skyfri himmel og stor utstråling, vil temperaturen kunne synke betraktelig og smeltevannet fryser til is.

2.4.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Vann som fryser på vegen danner som oftest en blank/gjennomsiktig is som er vanskelig å oppdage og dermed ekstra farlig hvis man er uoppmerksom.

Tykkelsen på isen er ikke alltid proporsjonal med mengde vann. Et tynt vannsjikt på vegbanen vil muliggjøre tilfrysing hurtigere enn når det er mye vann på vegen. Ved stor nedbørsintensitet og mye vann vil mye av vannet renne av vegen før det fryser.

Som beskrevet over, oppstår ofte en slik tilfrysing gjennom natten. På denne tiden er det begrenset med trafikk som varmer opp vegbanen slik at isen smelter, så når morgentrafikken starter (mens det fremdeles er mørkt) vil islaget være vanskelig å oppdage.

2.5 Fuktig luft og hurtig avkjøling

2.5.1 Beskrivelse av værphenomen

Ved en situasjon med stabilt fuktig vær (ikke nødvendigvis nedbør) og temperaturer rundt 0°C vil man kunne få oppklarning om natten. Oppklarning gir økt utstråling og synkende temperaturer.

I en slik situasjon kan vegbanetemperaturen synke under duggpunktstemperaturen og vi får dannet rimfrost på vegen (hvis vegbanetemperaturen er under frysepunktet). Det er ikke snakk om dannelse av tykk is, men av et tynt lag rimfrost (mengde/tykkelse er avhengig av hvor stor forskjell det er på vegbanetemperatur og duggpunktstemperatur og dermed hvor mye fuktighet som blir utfelt).

Samme resultatet kan vi få på våren dersom vi har hatt en kald periode, gjerne uten vind og klart vær. På morgenen når solen begynner å varme fører varmen til at luften ved bakken blandes med fuktigere luft fra høyere luftlag. Når denne luften med økt fuktighet kommer i kontakt med den kalde bakken får vi på samme måte som over utfelt fuktighet på vegen som gir rimfrost hvis temperaturen i vegbanen er under frysepunktet.

2.5.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Dette er en ganske vanlig situasjon om vinteren mange steder og spesielt i kystnære områder der tilgang på fuktighet er stor.

Utfordringen med synkende temperaturer gjennom natten og dannelse av rimfrost fordi vegbanetemperaturen synker mer enn lufttemperaturen og duggpunktstemperaturen, er at vegbanetemperaturen ofte når et minimum på morgenen rett før rushtrafikken starter. Hvis man venter med å gjøre driftstiltak på vegen til man er sikker på at det vil dannes rimfrost, er det gjerne både for sent mht. tidspunktet og muligheten for å få gjennomført en salting før trafikken starter om morgenen, samtidig som at man er for sent ute fordi det allerede er blitt glatt. Hvilke steder som fryser først vil avhenge av lokale forhold som åpent landskap (mer vind), tilgang til fuktighet fra vann, bruer hvor temperaturen synker mer enn andre steder, isolerte vegoverbygninger mm.

Erfaring med bruk av strålingssensorer på værstasjonene viser at sensoren gir utslag en tid før vegbanetemperaturen begynner å synke. På den måten er det mulig å identifisere faren for dannelse av rimfrost litt i forkant av at det blir glatt.

Laget med rimfrost poleres av trafikken og blir omdannet til et lag av tynn og glatt is.

2.6 Regn på is/snødekke

2.6.1 Beskrivelse av værphenomenen

Regn på is/snødekke må anees som noe annet enn de spesielle værforholdene beskrevet tidligere i dette kapitlet.

Vi antar at is/snødekke er dannet gjennom en periode og ikke oppstår momentant som et resultat av et værphenomen. Ved en værendring etter en lengre kald periode på veger der det ikke saltes kan regn på snø-/isdekke forekomme og skape glatte forhold.

2.6.2 Effekten på føreforhold og konsekvenser for trafikken

Snøsåle på veg dannes ved at nyfalt snø på veg ikke blir brøytet bort mens den er løs og derfor blir pakket sammen av trafikken og danner en hard og fast såle som brøytepløgen flyter oppå. Snøen kan være fra gjentatte små snøfall som ikke utløser brøyting, eller fra større og mer langvarige snøfall der trafikken som passerer mellom brøytesyklusene pakker sammen noe av snøen.

Over tid, siden snøsålen blir utsatt for belastning (trykk) fra trafikken, vil snøsålen gradvis omdannes og komprimeres ytterligere og ende opp som en issåle. Tidsforløpet på denne omdanningen er bl.a. avhengig av trafikk, fuktighet og temperatur. Når en veg med snø/issåle etter en stabil periode med temperatur under 0°C blir utsatt for mildvær, dvs. lufttemperatur > 0°C med/uten regnedbør, blir overflaten glatt (blank is). Hvor raskt vegen blir glatt, og hvor glatt den blir, avhenger av pakningsgrad på

snø/is-sålen, temperatur, nedbør og kuldemagasinet. Etter en tid vil ofte situasjonen være at man får en ren issåle med en vannfilm oppå. Dette gir ekstremt glatt veg. Vannet på overflaten av issålen blir da et glidemiddel i systemet bildekk-vann-issåle.

Regn på snø- eller isdekke vil kunne forekomme på veger med vinterdriftsklasse DkC, D eller E. Utfordringen for vinterdriften er stor ved slike tilfeller fordi det blir glatt over store områder når det skjer.

3 Omfang av underkjølt regn, regn som fryser på bakken og frysende tåke

3.1 Mulige informasjonskilder

Det er forsøkt å innhente informasjon om omfang av situasjoner med hurtig endring til glatt veg i ulike kilder. Kilder vi har sett nærmere på er:

- Vegloggen - vegtrafikksentralenes elektroniske system for å logge hendelser på veg
- Søk på internett rettet mot massemedier
- Farevarsler fra MET
- METAR fra flyplasser
- Vegvær

Informasjon om rapporterte problematiske føreforhold som er funnet er sammenholdt med datarapporter fra Statens vegvesens værstasjoner. Det er et mål å sammenholde de kartlagte situasjonene med de faktiske værforholdene som medførte glatt veg og som ble registrert av værstasjonen.

3.1.1 Vegloggen

Fra Vegloggen er det mulig å hente informasjon om problematiske føreforhold fra to ulike kilder. Det er:

- Vegmeldinger av typen «Vær- og føreforhold»
- Hendelser

Vegmeldingene med vær- og føreforhold er meldinger som driftskontraktstrentreprenøren sender inn til VTS tre ganger i døgnet i vintersesongen for fastsatte vegstrekninger. Imidlertid er det ikke fast rutine at vegmeldingene lagres i Vegloggen. Meldingene gis gjennom skjema R10 i Elrapp. Beskrivelsen av føreforholdet gis i et fritekst-felt i skjemaet. Skjemaet har følgende forslag til tekst som kan benyttes i fritekstfeltet, men de er ikke valgbare fra en nedtrekksliste i skjemaet, de må skrives inn:

- Bart
- Bart og vått
- Snøslaps
- Løs snø
- Isdekke
- Snø- og isdekke
- Tynn is
- Rim
- Vekslende [føre] og [føre]
- [føre] i spor
- osv

Ordene «underkjølt» og «fryser på bakken» er ikke med blant disse standard-forslagene, og det blir da veldig individuelt om årsaker til glatt veg som «underkjølt regn» og «regn som fryser på bakken» angis. Det gjør at det ikke er sikkert at årsaker til spesielt glatte føreforhold/situasjoner nødvendigvis er oppgitt av entreprenøren. I et forsøk på rapportuttak fra Vegloggen ble det søkt etter «regn som fryser på bakken».

Tidsrom for søket var 2017. Dette gav en rapport på 30 treff fra 13 strekninger i 5 fylker som vist i tabell 1.

Tabell 1 Strekningsvis oversikt over antall vegmeldinger som inneholdt «underkjølt» eller «fryser på bakken» i Vegloggen i perioden januar - mai 2017

Strekning	Fylke	Antall
Ev 6 Hatter	Finnmark	4
Fv 883 Leirbotnvatn - Nyvoll ferjekai, på strekningen Leirbotnvatn - Sandvik	Finnmark	2
Fv 889 Smørfjord, på strekningen Smørfjord - Havøysund	Finnmark	3
Rv 94 Skaidi - Fæg fjord, på strekningen Skaidi - Hammerfest	Finnmark	2
Ev 6 Setermoen - Nordkjosbotn, på strekningen Narvik - Nordkjosbotn	Troms	3
Ev 10 Tjeldsundbrua øst – Bjerkvik	Nordland/Troms	4
Ev 6 Skarberget – Bjerkvik	Nordland	2
Ev 6 Sommerset - Bognes ferjekai, på strekningen Fauske - Narvik	Nordland	2
Fv 714 Gjølme, på strekningen Frøya - Gangåsen	Sør-Trøndelag	1
Oppdal kommune	Sør-Trøndelag	2
Orkdal kommune	Sør-Trøndelag	1
Åfjord kommune	Sør-Trøndelag	1
Rv 15 Otta - Vågåmo, på strekningen Lom - Otta	Oppland	3

Meldingene ble sendt inn fra de enkelte fylkene på datoer som vist i tabell 2.

Tabell 2 Dager med vegmeldinger som inneholdt «underkjølt» eller «fryser på bakken» i Vegloggen i perioden januar - mai 2017

Dato	Finnmark	Troms	Nordland/Troms	Nordland	Sør-Trøndelag	Oppland
6.1					1	
18.1			1	1		
19.1			1	1		
26.1						3
27.1				2		
28.1	1					
29.1	1					
30.1			1			
31.1			1			
2.2					2	
12.2	4					
13.2	4	2				
14.2		1				
19.2					2	
4.4	1					

Basert på denne korte perioden ser det ut til å være veldig ulik praksis mht angivelse av årsak til glatt føre.

Vegmeldinger som angir føreforholdsbeskrivelser som inneholder «regn som fryser på bakken» gir oss oversikt over tidspunkt og sted for enkeltsituasjoner der det har vært regn som fryser på bakken (eller underkjølt regn). Men meldingene kan nok ikke brukes til å studere utvikling over tid mht hyppighet på situasjoner med disse føreforholdene. Årsaker til dette er at dette ikke er forhåndsdefinerte meldingstekster som beskriver situasjonen, og det er heller ikke krav til at årsak til glatt føre skal angis i meldingene. Det vil derfor være store forskjeller i innmeldingene, antagelig både internt i et kontraktsområde, og også mellom ulike kontraktsområder og i tillegg kommer ulik håndtering på VTS-ene. De rapportene vi har analysert viser også at det er store geografiske forskjeller mht hvem som beskriver situasjoner med regn som fryser på bakken (bare rapportert i 5 av de 19 fylkene i jan – april 2017).

«**Hendelser**» er en annen type informasjon som lagres i Vegloggen. En hendelse i Vegloggen er opplysninger om en situasjon som har funnet (eller vil finne) sted ute på en veg. Slike opplysninger kan komme fra flere ulike typer kilder, for eksempel publikum, entreprenører, politi eller brannvesen. Dette inkluderer også meldinger fra driftsentreprenør om endringer av føreforhold som inntreffer utenom de tre faste tidspunktene som meldes på R10-skjemaet. Hendelsene kategoriseres i ulike typer av trafikkoperatøren. Innmeldergruppe angis også, og utfyllende informasjon gis i et fritekstfelt. Et søk i hendelsene med søkeord «underkjølt» for perioden 2008 til 2017 gav antall treff sortert etter innmeldergruppe og vintersesong som vist i tabell 3.

Tabell 3 Antall innmeldinger av hendelser registrert i Vegloggen som inneholder «underkjølt» fordelt på type innmelder i perioden 2008 - 2017

Innmelder type	Vintersesong								
	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017
Ambulanse	1	1		2	3	1	1	3	1
Bergingsselskap			1		1				
Brannvesen			2						1
Entreprenør	1		7	5	11	6	11	13	10
Fergeselskap					1	1			
Kollektivselskap			1	2	3	4	1	4	3
Politi	8	7	8	15	5	11	8	11	9
Publikum	27	40	61	66	56	59	60	108	153
Statens vegvesen	2		9	10	3	7	5	3	9
Teknisk utstyr									1
(blank)	3	3	1	2	1	1		4	

Tilsvarende søk med søkeord «fryser» og som i tillegg har blitt plassert i kategorien «klager/etterlyser strøing/vedlikehold» for perioden 2008-2017 er vist i tabell 4.

Tabell 4 Antall innmeldinger av hendelser registrert i Vegloggen kategorisert som klage/etterlyser strøing/vedlikehold og som inneholder «fryser» fordelt på type innmelder i perioden 2008 - 2017

Innmelder type	Vintersesong								
	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017
Ambulanse			1		2	2		1	1
Bergingsselskap		1	1						2

Brannvesen			1	1	3			2	2
Entreprenør	3		3	2		3	2	3	4
Fergeselskap								1	
Kollektivselskap			6	3	7	3	5	8	8
Politi	9	6	10	7	12	9	4	16	8
Publikum	84	53	95	66	136	93	89	151	151
Statens vegvesen	1	1	1		2	1	3	4	2
Teknisk utstyr									1
(blank)	2		4	2	3		3	2	1

Hendelser beskrives i et fritekstfelt. Det som blir skrevet om hendelsen er da avhengig både av hva som meldes inn, og trafikkoperatørens vurdering og beskrivelse av dette. Her vil det trolig være ulikheter mellom trafikkoperatørene, og det kan også ha skjedd endringer i registreringsrutiner. Vi vurderer det som at dette grunnlaget basert på søkeord i fritekstfeltet for hendelser ikke kan anses som en god kilde for å se på utviklingstrender knyttet til de vær-situasjonene vi undersøker.

3.1.2 Fra massemedier

Søkeordene «ekstremt glatt» og «underkjølt regn» gir mange treff i et Google-søk. Mange av treffene gjelder publisering av advarslene fra MET om fare for glatt veg, mens andre gjelder artikler som beskriver at det er glatt veg gjerne i kombinasjon med at det har medført problemer med framkommelighet på vegnettet, eller at det har vært ulykker.

Uttrekk av treffene på artikler som omhandler situasjoner som beskriver faktiske situasjoner med glatt veg (ikke varsler om at dette kan inntreffe) som synes å være mest relevante fra google-søk med søkeordene nevnt ovenfor, indikerer ekstremt glatt føre og/eller underkjølt regn på de dagene som er vist i tabell 5. Tabellen viser også i hvilket fylke situasjonen er rapportert. Flere artikler samme dag i samme fylke betyr at situasjonen er rapportert i flere kilder.

Tabell 5 Dager med oppslag i massedier om «ekstremt glatt» eller «underkjølt regn» vintersesongen 2016/2017

2016 - 2017	Fylke															Sum pr dag
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	16	18	19	
30.okt													1		1	2
12.nov								1								1
25.nov	1	1	1	1	1											5
12.des													1			1
18.des								1								1
08.jan													1			2
17.jan	1	2		1		1	1	1	1	1	1			1		11
22.jan	1															1
02.feb		1	1				1	1					3			7
16.feb							1					1				2
Sum pr fylke	3	4	2	2	1	1	3	3	1	1	1	1	6	1	1	32

De 32 treffene som er grunnlaget for tabellen ovenfor har følgende hovedbeskrivelser av situasjonen:

Regn som fryser på bakken:	4 stk
Underkjølt regn:	27 stk
Yr og tåke som fryser på bakken:	1 stk

Det er altså en overvekt av situasjoner som i media beskrives å være underkjølt regn.

3.1.3 Farevarsler fra MET

Meteorologisk institutt har bl.a. som oppgave å varsle om ekstreme værforhold. De gir også ut farevarsler (Obs-varsler) på lavere nivå enn ekstremvær, og for andre værphenomener deriblant situasjoner som gir vanskelige kjøreforhold. Alle gyldige farevarsler er tilgjengelig på yr.no. Brukere som arbeider i eller for offentlige etater har også tilgang til disse opplysningene gjennom halo.met.no. Til forskjell fra informasjon fra Vegloggen og fra massemedier, er varsler fra MET kun prognoser. Det er ikke sikkert at de varslede situasjonene oppsto og medførte glatt veg, men det kan motsatt være at slike situasjoner forekom selv om de ikke var fanget opp av et farevarsel fra MET på forhånd.

Det finnes ikke et eget datalager/egen oversikt hos MET over historiske farevarsler som er sendt ut. Praksis er at disse varslene sendes som e-mail til fast adresse-liste. VTS øst mottar farevarsler på vegne av Statens vegvesen og distribuerer disse videre.

En mulig metode for å undersøke hvor mange varsler som har blitt sendt ut om underkjølt regn er å søke i mail-postkassa til en mottager av slike varsler. Å bruke et slik søk for å se på utvikling av aktuelle vær-situasjoner over tid synes ikke å være en fullgod kilde bl.a. fordi kriteriene for en vær-situasjon endres/utvikles over tid. Det gjøres derfor ingen videre søk og analyser etter historiske fare- eller obs-varsler fra MET.

3.1.4 METAR

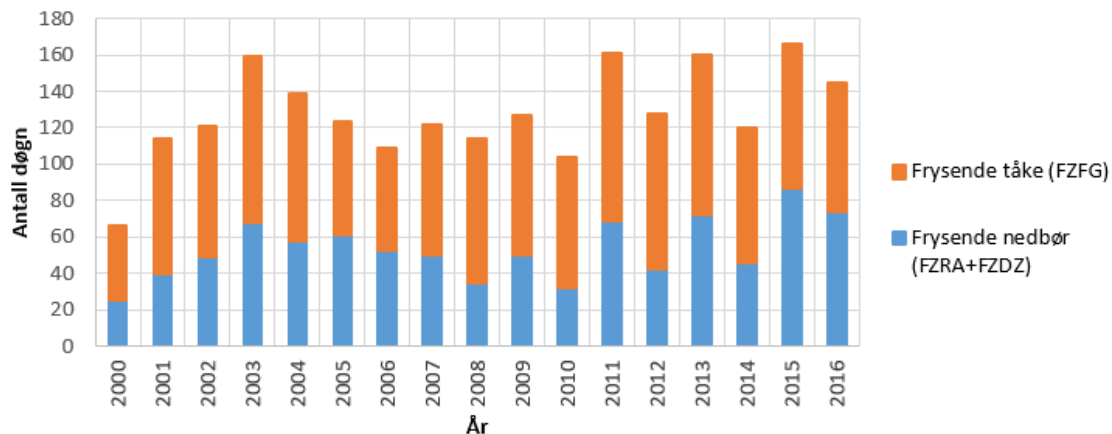
METAR er et standardisert format for rapportering av værinformasjon. Forkortelsen kommer fra fransk «MÉTéorologie Aviation Régulière». METAR er en værrapport fra en flyplass som brukes for planlegging og gjennomføring av en flyging. METAR fra flyplasser og andre værstasjoner sendes ut hver hele eller halve time. Ved plutselige værforandringer kan det sendes ut en METAR uavhengig av tidspunkt, som blir betegnet SPECI. Formatet for METAR ble opprettet 1. januar 1968 og har gjennomgått mindre endringer mange ganger siden. METAR skal finnes lagret og tilgjengelig for flyplasser tilbake til 1996.

En vanlig METAR inneholder koder for sikt, vind, skyer, nedbør, temperatur, duggpunkttemperatur og trykk. Registrering av METAR for frysende regn, yr og tåke gjøres enten manuelt/visuelt, eller ved hjelp av sensorer i en automatstasjon. Ved manuell registrering avgjøres METAR-koden ved å observere om regn, yr og tåke fryser i luften eller på gjenstander. Det skilles ikke på om dråpene er underkjølte, eller om de fryser pga kald overflate.

De aktuelle METAR-kodene for nedbør og tåke som fryser er:

- FZRA er frysende regn
- FZDZ er frysende yr
- FZFG er frysende tåke

I tillegg finnes en egen kode FZUP som angir frysende "undefined precipitation". Dette er en kode som iht MET benyttes når registreringen gjøres av en automatstasjon, og automatikken ikke klarer å avgjøre om det er tåke, yr eller regn. Det viser seg av data fra flere flyplasser at antall registrerte FZ øker fra og med de årene FZUP blir en del av datasettet, dvs fra og med at METAR registreres automatisk. Fra MET har vi fått forklart at en mulig årsak til økningen i FZ-tilfeller når registreringen blir gjort av en automatstasjon, kan være at instrumentene klarer å registrere tilfeller med svært lett nedbør i luften og samtidig minusgrader som en observatør ikke klarer å få med seg. Anbefalingen fra MET er derfor at det ikke går å sammenligne data om frysende nedbør for en flyplass før og etter at registreringen ble automatisert. Derfor er alle flyplassene med automatisk registrering av METAR, 15 stk, ikke med i de følgende oversiktene over frysende nedbør og tåke som er satt sammen basert på data fra år 2000 til 2016. Figur 3 viser totalt antall døgn pr år der det har forekommet frysende tåke og frysende nedbør som sum for alle flyplassene som vi har fått data fra, som har data fra alle årene 2000-2016, og som ikke har automatisk registrering, totalt 34 flyplasser.



Figur 3 Gjennomsnittlig antall dager med frysende nedbør (regn eller yr) eller frysende tåke fra METAR observasjoner på norske flyplasser i perioden 2000-2016

For disse 34 flyplassene i utvalget er det gjennomsnittlig 3,5 døgn pr år hvor det forekommer frysende nedbør eller tåke. Men variasjonen er stor, fra gjennomsnittlig 37 døgn i året på Gardermoen til 1 døgn på 17 år som det har vært i Sandnessjøen, Svolvær og på Røst. Døgnene med frysende nedbør på Gardermoen fordeler seg i gjennomsnitt på 29 med frysende tåke og 15 med frysende nedbør. I noen døgn er det både frysende tåke og frysende nedbør, derfor er antall døgn totalt mindre enn sum av døgn med frysende tåke og frysende nedbør.

Tabell 6 Døgn pr år med forekomster av frysende regn, yr eller tåke pr flyplass med manuelle observasjoner av METAR i perioden 2000 - 2016

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Gj.sn.
Oslo lufth. Gardermoen	21	34	46	47	39	38	33	40	42	30	32	36	36	45	36	39	31	37
Fagernes lufthavn, Leirin	5	6	8	13	10	2	7	11	10	25	7	9	12	10	18	16	4	10
Notodden	3	6	8	8	16	2	4	6	11	4	5	15	8	16	12	15	7	8,6
Stavanger lufthavn, Sola	1	12	1	16	4	3	6	4	3	8	8	4	0	0	1	0	0	4,2
Stord lufthavn	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Bergen lufth. Flesland	3	4	1	1	4	1	3	1	1	3	3	9	1	1	0	1	2	2,3
Sogndal lufth. Haukåsen	5	9	10	7	10	9	4	14	5	6	10	20	13	10	5	11	12	9,4
Førde lufthavn, Bringeland	2	3	0	0	2	6	3	2	0	5	8	4	5	3	1	7	4	3,2
Florø lufthavn	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,2
Sandane lufthavn, Anda	0	3	0	0	0	2	1	3	3	0	0	3	1	1	0	0	0	1,0
Ørsta/Volda lufth. Hovden	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	0,6
Molde lufthavn, Årø	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	3	0	0,5
Ørland	0	0	0	0	3	1	2	0	0	6	1	1	0	1	2	0	2	1,1
Namsos lufthavn	9	7	11	9	7	8	4	7	2	5	0	4	3	10	7	4	4	5,9
Rørvik lufthavn	1	0	4	5	2	3	6	1	1	2	1	2	0	1	0	1	2	1,9
Brønnøysund lufthavn	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,2
Sandnessjøen lufth. Stokka	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Mosjøen lufth. Kjørstad	4	3	5	11	7	10	6	6	8	8	6	4	6	4	2	3	8	5,9
Mo i Rana lufth. Røssvoll	7	4	3	11	5	5	4	6	2	5	3	7	7	8	7	13	8	6,2
Bodø lufthavn	0	3	2	3	2	2	1	0	1	0	0	0	0	3	1	2	4	1,4
Narvik lufthavn, Framnes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0,2
Svolvær lufthavn, Helle	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Leknes lufthavn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	5	0,6
Røst lufthavn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,1
Stokmarknes lufth. Skagen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0,1
Bardufoss lufthavn	6	5	4	6	2	5	13	9	13	13	4	12	11	18	10	16	18	9,7
Sørkjosen lufthavn	1	0	0	2	1	2	1	0	0	0	5	1	2	2	1	4	0	1,3
Hasvik lufthavn	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0,3
Honningsvåg lufthavn	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1
Mehamn lufthavn	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2
Berlevåg lufthavn	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	1	1	0,6
Båtsfjord lufthavn	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	2	1	0	1	0,5
Vardø lufthavn, Svartnes	0	0	0	0	0	0	2	1	3	2	2	4	10	3	3	1	1	1,9
Vadsø lufthavn	1	2	5	1	4	2	2	1	2	1	3	2	5	4	5	3	5	2,8

Vi ser av tabell 6 at det er store årlige variasjoner for den enkelte flyplass. Av tallene framgår allikevel svake trender for noen enkeltstasjoner mht utvikling over tid, mens andre har verdier på samme nivå gjennom hele perioden. Bardufoss er den flyplassen med mest tydelig økning av dager med frysende regn/tåke. Andre flyplasser med tendens til økning av dager med frysende regn/yr/tåke i perioden er Fagernes, Notodden og Sogndal. Motsatt tendens med reduksjon i antall dager med frysende regn/yr/tåke er tydeligst på Sola, men også Namsos har en svak trend den retningen. De øvrige flyplassene har små endringer i antall slike dager i denne perioden 2000-2016.

Av tabellen synes det også som at frysende regn/tåke i liten eller ingen grad forekommer i ytre strøk på Vestlandet og videre i ytre strøk nordover til omtrent Tanafjorden. Lenger øst, fra og med Berlevåg antyder tallene at det er en svak økning i antall slike døgn.

I tabellen nedenfor er antall døgn med registrert frysende regn/yr/tåke vist for flyplassene som er holdt utenfor sammenstillingen ovenfor pga overgang til automatisk registrering i perioden. Farget bakgrunn viser de årene stasjonen har registrert METAR automatisk.

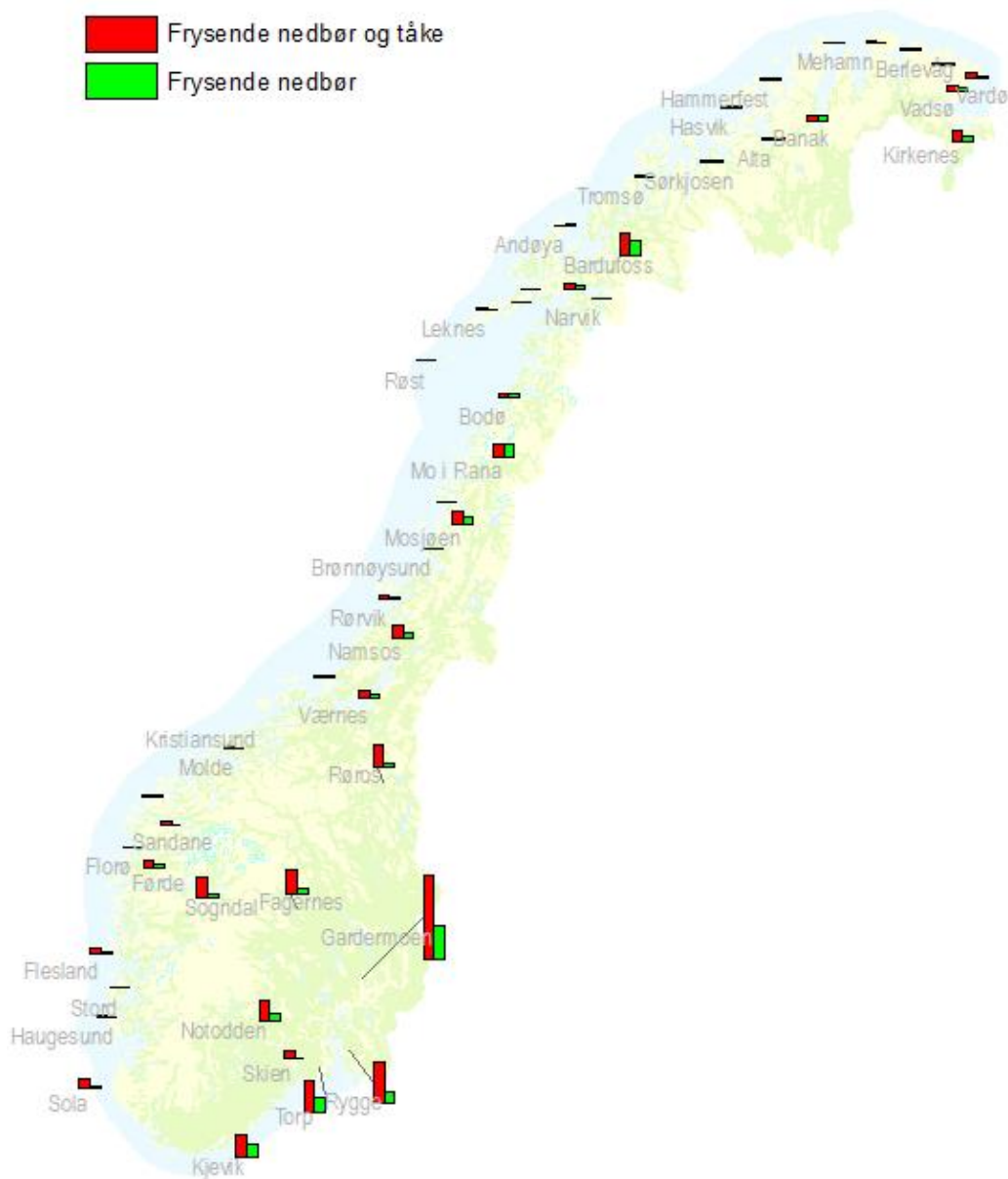
Tabell 7 Døgn pr år med forekomster av frysende regn, yr eller frysende tåke pr flyplass hvor det i perioden 2000 – 2016 har vært en overgang til automatisk registrering av METAR

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Røros lufthavn	8	11	9	16	11	4				54	53	58	69	65	34	38	41
Rygge	9	22	26	30	14	9	18	19	32	36	49	35	25	40	20	25	30
Sandefjord lufthavn, Torp	1	16	18	20	17	9	15	21	23	51	34	35	22	28	19	28	24
Kristiansand lufthavn, Kjevik	3	9	7	10	10	8	5	26	24	15	16	27	25	37	20	14	20
Haugesund lufthavn, Karmøy	1	2	0	3	0	0	2	0	4	12	16	8	10	6	6	1	2
Ålesund lufthavn, Vigra	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	8	3	6	6	1	2	5
Kristiansund, Kvernberget	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	14	14	12	8	1	8	8
Trondheim lufthavn, Værnes	3	6	5	3	3	2	3	9	1	11	8	9	4	5	4	4	12
Harstad/Narvik Lufth., Evenes	0	2	0	6	3	1	3	5	3	8	35	16	20	27	19	21	30
Andøya lufthavn, Andenes	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Trømsø lufthavn	0	0	0	2	3	0	1	0	2	0	2	2	0	5	2	2	2
Alta lufthavn	0	1	2	0	0	2	1	0	0	1	15	9	13	17	10	8	11
Hammerfest lufthavn	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	12	13	6	5	5
Lakselv lufthavn, Banak	0	1	1	2	1	0	0	5	1	2	0	5	4	11	8	7	29
Kirkenes lufth., Høybukta	1	3	5	2	8	13	5	9	21	12	12	17	21	27	18	21	31

Tabell 7 viser at det på alle flyplassene skjedde en markant økning av registrerte dager med frysende regn/yr/tåke etter overgangen fra manuell observasjon til automatisk registrering av METAR. Spesielt kan man legge merke til at kystnære flyplasser på Vestlandet og i Nord-Norge som ved manuelle observasjoner kun sporadisk hadde tilfeller av frysende regn/yr/tåke, etter innføring av automatisk registrering får mange dager med slike situasjoner, jf. Ålesund, Kristiansund, Andøya og Hammerfest i tabellen ovenfor.

For å synliggjøre geografiske forskjeller i forekomster av frysende regn/tåke er antall dager fra tabellene ovenfor vist i kartet, figur 4. Gjennomsnittsverdiene er for perioden 2000-2016 for de flyplassene som ikke har automatiske registreringer. For flyplassene med automatiske registreringer er verdiene gjennomsnittet av årene fra 2000 og utover så lenge bedømmelsen av METAR ble foretatt manuelt (jf tabell 7).

METAR 2000-2016



Figur 4 Gjennomsnittlig antall dager med frysende nedbør (regn eller yr) og frysende tåke fra METAR observasjoner på norske flyplasser i perioden 2000-2016

Tabell 8 Dager med observert frysende regn, yr og tåke på Gardermoen i vintersesongen 2016-2017

Dato	Antall METAR observasjoner i løpet av et døgn		
	Frysende regn FZRA	Frysende yr FZDZ	Frysende tåke FZFG
26.10.2016			8
11.11.2016		2	10
12.11.2016		5	19
25.11.2016	2		
01.12.2016			1
10.12.2016	2		8
11.12.2016	1		2
13.12.2016	2		4
14.12.2016			6
15.12.2016			13
16.12.2016		17	5
17.12.2016	1		10
18.12.2016	3		10
19.12.2016			29
28.12.2016			6
29.12.2016			2
08.01.2017			7
09.01.2017			24
13.01.2017			6
14.01.2017			9
17.01.2017	9	1	
18.01.2017			27
21.01.2017			6
22.01.2017			24
23.01.2017		1	11
24.01.2017			14
25.01.2017			28
01.02.2017		18	
02.02.2017		21	
03.02.2017			9
04.02.2017		6	5
05.02.2017	2		
14.02.2017			10
15.02.2017			19
16.02.2017			21
17.02.2017			18
18.02.2017	6		9
22.02.2017			2
26.02.2017			3
02.03.2017			12
03.03.2017			7
20.03.2017		2	
21.03.2017			2

3.1.5 Fra Vegvær

Værstasjonene til Statens vegvesen leser av og lagrer måleverdier hvert minutt. Minuttverdiene lagres i et lokalt datalager i hver enkelt værstasjon. De måleverdiene som overføres til Vegvær og lagres i Vegvær-databasen som 10-min data, er verdiene fra det siste minuttet i 10-minutters perioden. Tilsvarende er 1-times verdiene i Vegvær den siste minuttverdien i timen. Verdiene for vind avviker fra dette på den

måten at hver minuttverdi med vindinformasjon er et gjennomsnitt av de siste 10-minuttene.

Aktuelle måleverdier som bør kunne benyttes for å avdekke de nevnte situasjonene er:

- vegbanetemperatur (NB! Det er to løsninger for måling, optisk avstandsmåling og sensor i asfalten. For bar veg bør disse måle samme temperatur siden det er samme overflate, men ved snø- og isdekke på vegen vil det være ulike overflater og dermed ulike temperaturer som måles med de to løsningene)
- lufttemperatur (måles 2 m over bakken)
- nedbørstype (opphold, hagl, regn, snø, yr, sludd, uspesifisert)
- nedbørsintensitet (mm/t)
- vegtilstand/føreforhold (tørr, fuktig, våt, slaps, snø, is, feil)
- mengde vann/is/snø i vegbane (mm)
- stråling (w/m^2 , inn- og utgående stråling, kort- og langbølget)
- sikt i nedbør (m)

Vegbane- og lufttemperatur måles av alle værstasjonene. Oppsett av øvrige sensorer er forskjellig fra stasjon til stasjon.

Mulig bruk av måledata fra værstasjoner for å avdekke de aktuelle vær-situasjonene som hurtig gir glatt veg er vurdert nærmere knyttet til hver av vær-situasjonene i tabell 9.

Tabell 9 Forslag til kriterier for å avdekke vær-situasjoner fra Statens vegvesens værstasjoner

Vær-situasjon	Mulige kriterier for å avdekke vær-situasjon	Vurdering av mulighet for å avdekke situasjon vha måleverdier fra værstasjoner
a. Underkjølt regn og b. Regn på frossen bakke	Nedbørstype = regn, yr og Vegbanetemperatur $< 0^{\circ}C$	Mange stasjoner måler nedbørstype. Alle stasjoner måler vegbanetemperatur.
c. Tåke som fryser på bakken	Forutsetter siktmåler: Sikt under 1000 m er tåke iht meteorologiske definisjoner Kriterie (dersom siktmåler finnes): Sikt < 1000 m Vegbanetemperatur < 0	Mange stasjoner måler bare sikt i nedbør og noen måler sikt uavhengig av nedbør. Dvs pr nå er det begrenset mulighet til å avdekke denne situasjonen når det ikke samtidig er nedbør, og da avdekkes den eventuelt som situasjon a. eller b.
d. Våt veg og oppklaring. Vegen er våt pga nedbør, lufttemperatur faller raskt pga oppklaring	Nedbør som regn og yr (sludd?) samtidig med at lufttemp $\geq 0^{\circ}C$ og og Vegbanetemperatur faller under 0 etter nedbørens slutt, maks 4 t etter regnværets slutt.	Mange stasjoner måler nedbørstype. Alle stasjoner måler vegbanetemperatur. Alle stasjoner måler lufttemperatur. Strålingssensorer kan muligens supplere og forbedre et kriterium for dette.

e. Fuktig luft og hurtig avkjøling	Vegbanetemp < Duggpunkttemp og Vegbanetemp < 0 og Nedbørintensitet = 0	Vegbane- og duggpunktstemperatur måles av alle stasjoner. De fleste måler også nedbør. Prognose for dette kriteriet er normalkriteriet for preventiv salting i en situasjon uten nedbør.
f. Regn på is/snødekke	Nedbørstype = regn og Føreforhold = is eller snø og Lufttemperatur > 0 (mildvær)	Kriteriet er kun aktuelt for veger med vinterdriftsklasse DkC, DkD og DkE. Kun 21 værstasjoner hadde måledata for føreforhold siste vinterseong. Noen av disse er på veger med DkA eller DkB vinterstandard, slik at det pr nå er et fåtall steder det pr nå kan være erfaringsgrunnlag for et slikt kriterium.

3.1.5.1 Testing av kriterier for vær situasjonene

Vi har mottatt et datasett fra Vegvær databasen med måleverdiene fra månedene oktober til mars fra alle værstasjonene i Norge for perioden desember 2013 til oktober 2017. Dette er benyttet i de videre vurderingene.

Vær situasjon Underkjølt regn og Regn på frossen bakke

Kriteriet for vær situasjonene Underkjølt regn og Regn på frossen bakke er felles fordi vi ikke har måleverdier som med sikkerhet kan avgjøre om regndråpene er underkjølte eller ikke. For værstasjon E16 Gardermoen gav det oppsatte kriteriet utfall for disse vær situasjonene for sesongen 2016/17 de dagene som er vist i tabell 10.

Tabell 10 Dager da kriteriet for vær situasjonene Underkjølt regn og Regn som fryser på bakken utløses for værstasjon E16 Gardermoen

Dato	Sum regn, yr (mm)	Gj.sn. vegbanetemp. (°C)	Gj.sn. lufttemp. (°C)
18.11.2016	0,6	-0,2	0,8
21.11.2016	1,4	-0,3	0,4
10.01.2017	2,1	-0,2	0,4
11.01.2017	3,2	-0,2	0,4
29.01.2017	0,1	-0,2	1,6
27.02.2017	0,1	-0,2	0,3
28.02.2017	0,1	-0,6	0,2
01.03.2017	2,6	-0,5	0,2
04.03.2017	1,1	-0,3	-0,8
10.03.2017	0,1	-0,2	0,2
18.03.2017	0,2	-0,8	0,4
21.03.2017	0,1	-0,3	0,5
30.03.2017	1,4	-0,7	0,4

Men det viser seg i sammenligning med tabell 8 at ingen av disse dagene i tabell 10 samsvarer med dagene som METAR-observasjonene på Gardermoen flyplass viste frysende regn eller frysende yr. Siden værstasjon E16 Gardermoen ligger like i nærheten av flyplassen på Gardermoen er det ikke grunn til å tro at værforholdene er så forskjellige som disse resultatene skulle tilsi. En nærmere undersøkelse av bilder

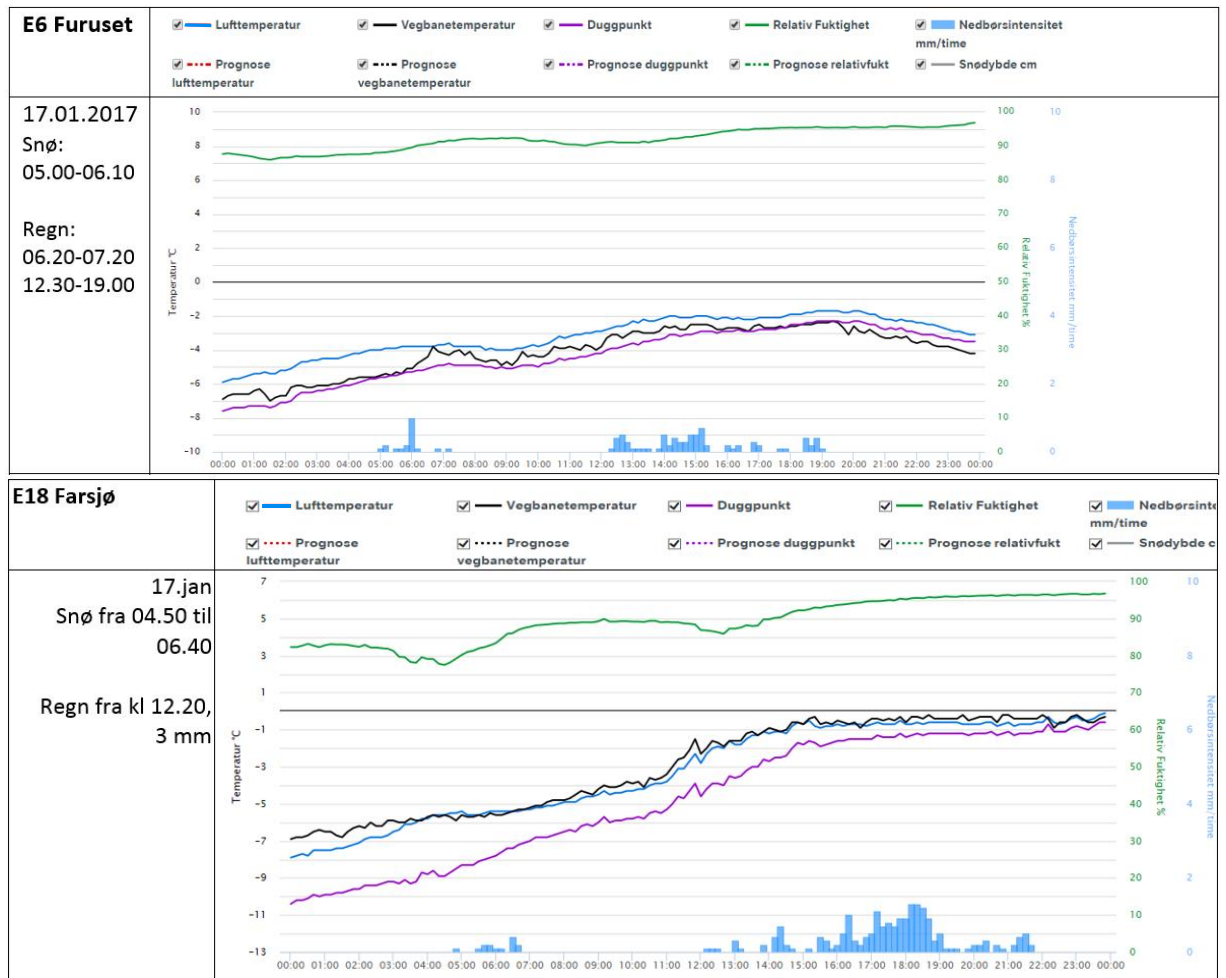
fra web-kameraet på værstasjon E16 Gardermoen 17. jan 2017, som er en dag med påvist frysende regn fra METAR, samt at det er presseoppslag fra nærmest hele Sør-Norge om regn som fryser på bakken, viste at nedbøren som kom på Gardermoen ikke var snø. Nedbørstypen angitt i datarapporten fra værstasjon E16 Gardermoen var imidlertid av typen snø, og dermed ble ikke denne dagen avdekket gjennom de oppsatte kriteriene. Tilsvarende feil avgjørelse av nedbørstype viste seg også å gjelde på de øvrige værstasjonene i Akershus som hadde samme type nedbørsensor som på værstasjon E16 Gardermoen.

Værstasjon E6 Furuset har en annen type sensor², og kriteriene for værstatus a og b gav utfall 15 dager samme vintersesong. 7 av disse dagene samsvarte med dager der METAR på Gardermoen viste frysende regn, yr eller tåke. Pga avstanden mellom Furuset og Gardermoen kan man ikke forvente fullstendig samsvarende resultater. Men resultatene fra Furuset tyder på at denne stasjonen bedre klarer å detektere regn ved minusgrader. Dessverre var det ikke registrert data for nedbørstype fra før 2016 på Furuset, så det har ikke latt seg gjøre å se på antall situasjoner for tidligere vintersesonger.

Det er heller ikke funnet noen andre værstasjoner som har lagret alle måleverdiene som inngår i dette værstatuskriteriet tilbake til 2013. Dvs værstasjonene i Rogaland har data tilbake til 2013, men værstasjonene der benytter samme type nedbørsensor som gir uriktige resultater på E16 Gardermoen, og vi velger derfor å ikke se videre på data derfra.

Iht. flere kilder så var det en situasjon med underkjølt regn/regn som fryser på bakken over store deler av landet 17. januar 2017. Grafikken fra Vegvær i figur 5 viser måleverdier fra værstasjonene E6 Furuset i Oslo og E18 Farsjø i Telemark denne dagen.

² Nedbørsensorene på Gardermoen og Furuset er fra to forskjellige fabrikanter som benytter ulike metoder for å bestemme nedbørstype.



Figur 5 Grafikk fra Vegvær som viser registrerte måledata fra værstasjonene E6 Furuset og E18 Farsjø fra 17. januar 2017.

Begge eksemplene i figur 5 viser situasjoner som avdekkes gjennom kriteriet for denne vær-situasjonen som beskrevet i tabell 9.

Som et eksempel er det i tabell 11 vist hvilke dager kriteriet stemmer for disse to vær-stasjonene. I tillegg er det tatt med tilsvarende for vær-stasjon E18 Hanekleiva. For disse stasjonene gav samme kriterie, Underkjølt regn og Regn som fryser på bakken, treff på dagene som er vist i tabell 11.

Tabell 11 Dager med underkjølt regn eller regn som fryser på bakken

Dato	Nedbørsmengde som regn (mm)		
	E18 Farsjø	E18 Hanekleiva	E6 Furuset
05.11.2016	4,0		
09.11.2016		0,1	
12.11.2016		0,9	0,6
20.11.2016	2,4	0,3	0,2
25.11.2016			0,6
01.12.2016			0,1
07.12.2016	0,9		
06.01.2017			0,2
17.01.2017	2,6	2,4	0,7
29.01.2017		0,9	0,2
01.02.2017	0,1	0,1	
02.02.2017		0,1	
04.02.2017	0,1	0,2	
05.02.2017	0,2	0,1	0,4
07.02.2017	0,1		
10.02.2017	0,1		0,1
15.02.2017			0,1
16.02.2017	8,7	5,8	
18.02.2017			1,1
25.02.2017	5,1		
27.02.2017		0,5	0,5
04.03.2017			0,1
05.03.2017		0,1	
08.03.2017	0,1		0,1
09.03.2017	0,2	0,1	0,1
Antall dager	13	13	15

Nedbørsmengde på mange av disse dagene er veldig små, på de fleste har det vært under 1 mm. Nedbørsmengdene som regn den 17.01, som er en dag der det i massemediene var mange rapporter om underkjølt regn, var det for disse eksempelstasjonene fra 0,7 til 2,6 mm nedbør som regn.

Det må også bemerkes at de største mengdene med nedbør som regn ved dekketemperatur under null grader kom 16.02 med hele 8,7 og 5,8 mm på hhv Farsjø og Hanekleiva. Antall rapporterte hendelser i massemedia var atskillig færre denne dagen enn for 17. januar. En årsak kan kanskje være at med så store nedbørsmengder som regn som kom da, var ikke kuldemagasinet i veien nok til at hele nedbørsmengden frøs på bakken, og føreforholdene ble derfor ikke så ille som de var 17. januar. En annen årsak kan være at det var gjort tilstrekkelige vinterdriftstiltak.

3.2 Oppsummering av omfang

Av de undersøkte informasjonskildene er det kun METAR som har tilstrekkelig informasjon til at man kan gjøre vurderinger av omfang av situasjoner og finne eventuelle endringer/utvikling over tid. Av de METAR data vi har fått er det tydelig at situasjoner med frysende regn og frysende tåke varierer mye fra år til år på samme

sted. Antall døgn med slike hendelser har økt for noen stasjoner, og blitt færre for andre stasjoner, men samlet sett har det som gjennomsnitt over flere år vært ganske stabilt. METAR viser at omfanget av både frysende nedbør og frysende tåke har vært størst på flyplassene i innlandsstrøk, og minst på flyplasser ytterst i havgapet fra Vestlandet og nord til Tanafjorden.

Oppslag i massemedia funnet ved hjelp av Google-søk ansees ikke å være representative, men kan gi nyttig og utdypende informasjon knyttet til slike hendelser.

MET's obs-varsler kunne vært benyttet som en indikator for hyppighet på situasjoner som kan oppstå, men disse er basert på prognoser og er derfor ikke sikre uttrykk for at værhendelsen virkelig oppsto.

Det er heller ikke funnet at informasjon i Vegloggen er systematisk dekkende for de spesielle vær-situasjonene, bl.a. siden føremeldingene som leveres fra driftskontraktene ikke har vær-situasjoner med underkjølt regn som forhåndsdefinerte typer som skal meldes i R10-skjemaet, samtidig med at registreringsrutinene på VTS er under stadig endring.

3.3 Muligheter for videre undersøkelser av omfang

Data fra værstasjoner/Vegvær

Etter å ha undersøkt datasettet fra Vegvær-databasen fra 2013-2017 viser det seg at ingen stasjoner med målesensorer som klarer å registrere regn ved minusgrader har lagret data tilbake til 2013, så vi kan ikke fra dette datasettet se utvikling i hendelser i denne perioden. Men for siste vintersesong, 2016-2017, finnes de nødvendige måleverdiene slik at en analyse av alle stasjoner den sesongen vil gi en pekepinn på hyppighet av de ulike situasjonene i ulike deler av landet. Dette kan gjøres f.eks. som en utvidelse av tabell 11 med alle stasjonene som har riktig type sensorer.

Kvalitativ analyse av omfang og utvikling av omfang

En vurdering i form av en kvalitativ analyse av hvordan hyppighet av de ulike vær-situasjonene vil utvikle seg i årene framover basert på de gjeldende klimautviklingsprognosene, vil antagelig gi det beste grunnlaget for å si noe om utvikling av vær-situasjonene i ulike geografiske områder.

Spørreundersøkelse og dybdeintervjuer

Noen av vær-situasjonene med underkjølt regn og regn som fryser på bakken skaper ekstraordinære situasjoner med svært glatte veier, mens andre tilfeller med slike situasjoner ikke lager mer komplikasjoner for trafikantene enn en annen mer vanlig opptredende vær-hendelse som snøfall, tilfrysing, mm. Dvs mange av tilfellene med underkjølt regn og regn som fryser på bakken håndteres tilfredsstillende gjennom entreprenørens ordinære vinterdriftstiltak. En spørreundersøkelse til byggherrer og entreprenører i alle driftskontraktsonrådene vil kunne gi et godt bilde av omfang og geografisk variasjon av hendelser med underkjølt regn/regn og tåke som fryser på bakken. En spørreundersøkelse vil også kunne gi en oversikt over tiltak/metoder som har fungert og tiltak/metoder som ikke fungerte samt erfaringer knyttet til beslutningsstøtte. Spørreundersøkelsen følges opp med dybdeintervjuer med representanter fra kontraktsonråder som velges ut basert på svarene i spørreundersøkelsen.

4 Aktuelle vinterdriftsmetoder

4.1 Aktuelle kilder

Aktuelle kilder til informasjon om tiltak og metoder som er aktuelle for vinterdrift ved slike forhold som er behandlet i denne undersøkelsen er:

- Mal for driftskontrakter med tilhørende instruks
- Fagrapporter til Statens vegvesen
- Andre kilder: Ikke publiserte detaljer fra EVI-delprosjektet Vinterdrift av høytrafikkerte veger ved lave temperaturer.

4.1.1 Driftskontrakter

Beskrivelsene i driftskontraktene gir føringer og anbefalinger for aktuelle vinterdriftstiltak som entreprenøren kan bruke ved de ulike værforholdene som oppstår. De tiltakene/metodene som er beskrevet i mal for driftskontrakter i kap D1 Beskrivelse er:

- Brøyting
- Høvling
- Sideplog (tillegg)
- Strøing med sand
 - Tørrsand
 - Fastsand
- Strøing med salt
 - Tørt salt
 - Befuktet salt
 - Saltslurry
 - Saltløsning

For strøing med salt gjelder at utførelse skal være iht. krav i instruks *D2-ID9300a Bruk av salt*, og for strøing med sand gjelder at utførelse skal være iht. krav i instruks *D2-ID9300c Strøing med sand*.

Instruks *D2-ID9300a Bruk av salt* angir at befuktet salt og finkornet befuktet salt/slurry er egnet for anti-isingstiltak knyttet til yr/regn/underkjølt regn på frossen vegbane. Tiltak med bare tørt salt eller bare med saltløsning skal ikke brukes for anti-ising ved slike forhold. For de-isingstiltak er også befuktet salt og finkornet befuktet salt/slurry angitt å være egnede tiltak på tynne ishinner og ved rimfrost, samt på tykke snø- og isdekker. For de-ising er det videre angitt at tørt salt kan brukes på tykke snø- og isdekker, og saltløsning kan brukes på tynne ishinner og rimfrost. Se tabellen i figur 6 på neste side. Tabellen er klippet fra instruks *D2-ID9300a*.

Hensikt	Vegbaneforhold/ værforhold	Spredemetode			
		Tørt salt	Befuktet salt	Finkornet befuktet salt/slurry	Saltløsning
Anti-ising	Tørr veg	Skal ikke brukes	Skal ikke brukes	Kan brukes	Egnet
	Fuktig vegbane (ikke sprut fra kjøretøy)	Skal ikke brukes	Kan brukes	Egnet	Kan brukes
	Våt veg (sprut fra kjøretøy)	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Regn på kald vegbane /underkjølt regn < 1mm/t	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Regn på kald vegbane /underkjølt regn > 1mm/t	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
Anti-kompaktering	Før snøvær, tørr eller fuktig veg	Skal ikke brukes	Kan brukes	Kan brukes	Egnet
	Før snøvær, våt veg	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Under snøvær	Egnet	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
	Etter snøvær	Egnet	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes
De-ising	Tynne ishinne og rimfrost	Skal ikke brukes	Egnet	Egnet	Kan brukes
	Tykke snø- og isdekker	Kan brukes	Egnet	Egnet	Skal ikke brukes

Figur 6 Egnede tiltak ved regn på kald vegbane/underkjølt regn iht instruks D2-ID9300a

Angitt dosering ved anti-ising tiltak med befuktet salt, finkornet salt eller slurry er 30 g/m² ved små nedbørsmengder (< 1 mm/t) og 40 g/m² ved intensiteter > 1 mm/t. Angitt dosering ved de-ising tiltak er avhengig av temperatur og tykkelse på islaget fra 5-40 g/m².

Instruks D2-ID9300c *Strøing med sand* har ingen beskrivelser knyttet til situasjoner med yr/regn/underkjølt regn på frossen bakke.

4.1.2 Fagrapporter

I Lærebok Drift og vedlikehold av veger, SvV rapport nr 365 fra 2015, inngår tabellen som er vist i figur 7. Denne tabellene viser aktuelle tiltak ved ulike værtyper/værhendelser, deriblant underkjølt regn og nedbør/fuktighet på frossen vegbane:

Værtyper / værhendelser	Betydning for kjøreforhold	Aktuelle tiltak (Hyppighet på tiltak og metode vil variere ut fra vinterdriftsklasse)
Snøfall	Løs snø, snø-/isdekke og dårlig veggrep. Dårlig sikt.	Før snøfall: -eventuelt salting Under og etter snøfall: -brøyting, eventuelt salting, snørydding, snø/is-høvling
Vind i områder med løssnø	Fokksnø Dårlig sikt	Brøyting, eventuelt salting, snørydding, snø/is-høvling
Regn på frosset vegbane	Is på snø/isdekket veg og på frosset bar veg	Under slike hendelser er sandstrøing ofte det mest aktuelle tiltaket. Før slike værhendelser kan bruk av salt være aktuelt på det vegnettet hvor salting er krevd eller tillatt. Bruk av fastsand eventuelt sandstrøing kan også være metoder som gir en god preventiv virkning.
Underkjølt regn	Fryser direkte på vegbanen, kan gi ekstremt glatt is	
Tåke kombinert med frost i vegbane	Rimfrost på vegbanen Dårlig sikt	
Oppklaring/utstråling ved frost i vegbanen	Kan gi rimfrost og frysing av vann på vegbanen	
Økning i luftfuktighet ved frost i vegbanen	Kan gi rimfrost	
Synkende temperatur til kuldegrader	Gir tilfrysing av vann på vegbanen og mulig rimfrost	
Stigende temperatur til varmegrader	Gir smelting av snø/isdekke og dannelse av våt is	Sandstrøing

Figur 7 Egnede tiltak ved regn på kald vegbane/underkjølt regn iht Lærebok Drift og vedlikehold av veger

Her er sand angitt som det mest aktuelle tiltaket, både preventivt og under værhendelsen, mens salt anbefales som preventivt tiltak på veger som saltes.

4.1.3 Andre kilder

I prosjektet **Vinterdrift av høytrafikkerte veger ved lave temperaturer** som var et delprosjekt i etatsprogram Vinterdrift (EVI), ble det gjennomført en intervjurunde i 7 ulike driftskontraktsoner primært for å undersøke beste praksis for friksjonsforbedring ved lave temperaturer. Men det ble også stilt et avsluttende generelt spørsmål knyttet til andre problematiske forhold:

Er det andre spesielle vær-/føreforhold hvor ordinære vinterdriftstiltak ikke fungerer tilstrekkelig?

Svarene som var relatert til underkjølt regn var:

- Det har vært mange tilfeller med underkjølt regn/regn som fryser på bakken denne vinteren. I situasjoner med regn som fryser på bakken er det mest kritisk at salttiltak iverksettes etter at regnværet er slutt, for da fryser det raskt til. Værradar, vindretning og lokalkunnskap/erfaring er beslutningsstøtte for hvor/hvilke veger som skal saltes først under/etter slike hendelser.
- Ingen situasjoner forrige vinter, men erfaringer fra området om slike hendelser
- Underkjølt regn er et problem de gangene det forekommer
- Vinteren 1999/2000 var det en utfordrende situasjon med underkjølt regn som skapte blank is på hele vegnettet i Oslo. Tiltakene som ble gjort da og som virket var strøing med tørr $MgCl_2$ (i flak) som ble strødd med traktorspredere (tallerken), og veldig fint salt ($NaCl$, pulver av steinsalt) som ble strødd med lastebilspredere.
- Underkjølt regn: Håndteres best ved å salte før nedbøren kommer.
- Underkjølt regn – opptrer uregelmessig, hadde ett tilfelle sesongen 2013/14

- Underkjølt regn: Medfører glatt veg på store partier inntil saltbilene har gjennomført rodene.

I tillegg kom følgende erfaringer knyttet til andre problematiske vær-situasjoner:

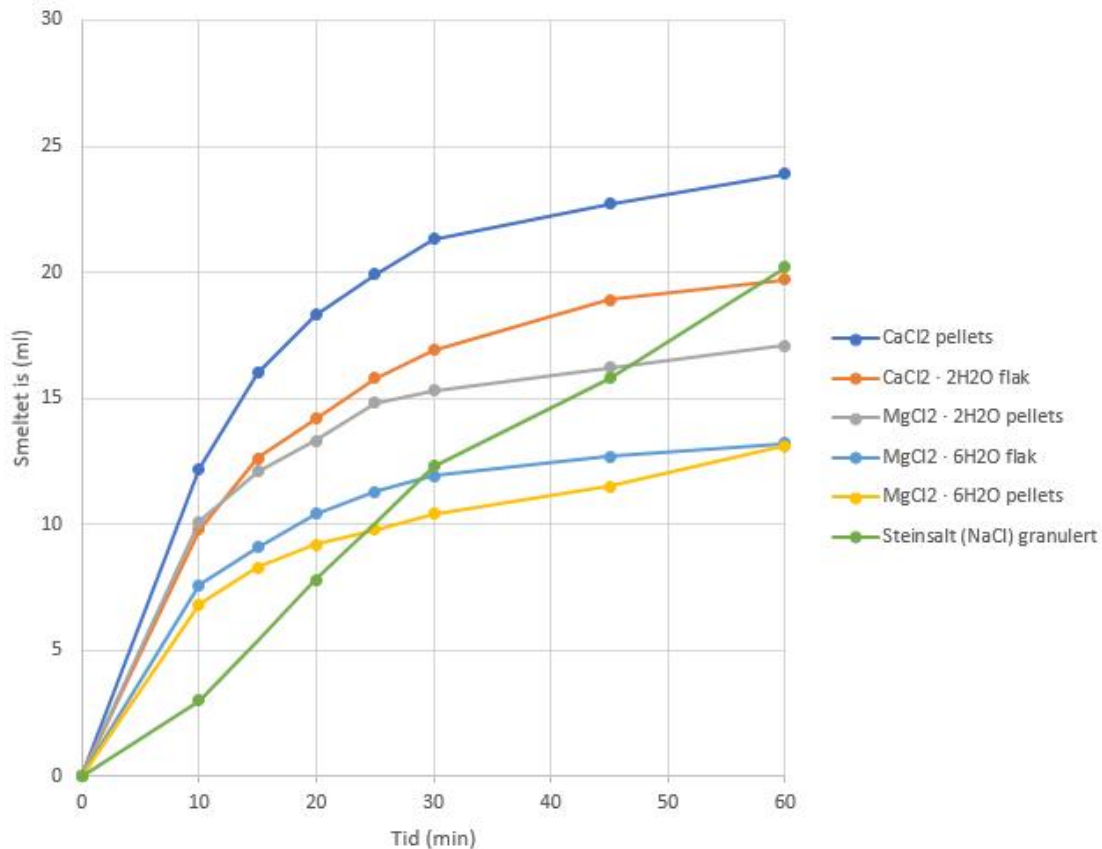
- Andre utfordrende værforhold (men forholdsvis vanlig) er oppklarningssituasjoner om morgenen hvor det ofte blir glatt/fryser til ved soloppgang (pga utstråling).
- Regnvær med overgang til sludd/snø, og lave bakketemperatur medfører ofte oppbygging av issåle og dermed glatt veg fordi utlagt salt vaskes ut av regnet før det begynner å snø.
- En annen situasjon er når regn går over til snøvær (ikke lavtemp-problematikk). Da er saltet uttynnet/vasket bort, og det dannes lett såle (kun kortvarig problem)
- Hvis det er saltet preventivt ift et kommende snøvær, og nedbøren kommer som regn i starten vil saltet på vegen vaskes bort. Etter overgang til snønedbør ble det lettere såleoppbygging.

Fra tilsvarende undersøkelser i Sverige (parallele undersøkelser i samme prosjekt) ble beste praksis for friksjonsforbedring i sammendragsrapporten [4] fastslått å være å salte med befuktet salt (NaCl) og bruke maksimal dosering.

Eksoterme salter

Magnesiumklorid, $MgCl_2$, har vært benyttet og tiltaket var vellykket ved en hendelse med underkjølt regn i Oslo, jf. uttalelsen i intervjuet med driftskontraksområde Oslo. Dette er et salt med eksoterm reaksjon ved faseovergang til løsning og gir derfor en veldig rask virkning etter utlegging på is sammenlignet med NaCl. Det samme gjelder også for kalsiumklorid, $CaCl_2$, som også har en eksoterm reaksjon ved løsning i vann.

I en lab-undersøkelse [5] ble smeltehastighet av is målt i form av smeltet mengde vann etter tilsetning av salt. Forsøket ble gjentatt ved ulike temperaturer. Figur 8 viser smeltehastigheten ved $-7^{\circ}C$ for ulike former av kalsium- og magnesiumklorid, med natriumklorid i form av steinsaltgranulat som referanse:



Figur 8 Smeltehastighet, smelting av is med ulike salter

Forsøket viser at CaCl₂ som pellets, uten krystallvann, smelter 4 ggr mer is de første 10 min enn NaCl. Også MgCl₂ med 6 krystallvanmolekyler, i flak, smelter is raskere enn NaCl de første 30 min, og i løpet av de første 10 min har dette saltet smeltet 2,5 ggr mer is enn NaCl. Denne typen magnesiumklorid er vanlig som handelsvare og leveres i storsekk på 1 tonn.

Ut fra erfaringen ved bruk i Oslo, den eksoterme reaksjonen ved løsning i vann og resultatet i lab-forsøket som er vist i figur 8, er det klart at både tørt MgCl₂ og tørt CaCl₂ vil være effektive for å fjerne/løse opp en issåle dannet av underkjølt regn og regn som fryser på bakken raskest mulig.

4.2 Sammenstilling av metoder

Basert på gjeldende krav i driftskontraktene og øvrig informasjon fra fagrapporter og intervjuer i driftskontraksområder synes aktuelle tiltak ved de aktuelle vær-situasjonene å være de som er beskrevet i tabell 12.

Tabell 12 Aktuelle vinterdriftstiltak ved de ulike vær-situasjonene

Vær-situasjon	Preventivt tiltak (anti-ising)	På issåle (de-ising)
Underkjølt regn (ved vegbanetemperatur 0°C eller lavere)	På saltet veg iht. D2-ID9300a: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610: «Salt skal nyttes preventivt for å forhindre glatt veg forårsaket av tynt snø/isdekke eller rim. I perioder uten snønedbør skal det benyttes salt for å opprettholde bar veg»	På saltet veg: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry · Tørt salt (hvis tykk issåle) · Tørt MgCl ₂ · Tørt CaCl ₂ På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (tørr sand). På DkC-veger benyttes sand (tørr sand) eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold: «Så lenge det er snø/isdekke på deler av vegbanen, skal salt kun benyttes når dekketem- peraturen er over -3°C, ellers skal det brukes sand som strømiddel.»
Tåke på frossen bakke	På saltet veg iht D2-ID9300a for tilfrysing pga synkende temperatur ved våt vegbane · Saltløsning, befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610.	På saltet veg: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (fastsand eller tørr sand). På DkC-veger benyttes sand eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold.
Våt veg og hurtig avkjøling pga oppklarning	På saltet veg iht D2-ID9300a for tilfrysing pga synkende temperatur ved våt vegbane · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610.	På saltet veg: · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (fastsand eller tørr sand). På DkC-veger benyttes sand eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold.

Fuktig luft og hurtig avkjøling	<p>På saltet veg iht D2-ID9300a for tilfrysing pga synkende temperatur ved fuktig vegbane, eller ved tørr veg som gitt for fare for rimfrost.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Saltløsning, befuktet finkornet salt eller slurry <p>På veger med vinterdriftsklasse DkC benyttes salt iht Håndbok R610.</p>	<p>På saltet veg:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Befuktet salt, befuktet finkornet salt eller slurry, saltløsning <p>På veger med vinterdriftsklasse DkD og DkE benyttes sand (fastsand eller tørr sand).</p> <p>På DkC-veger benyttes sand eller salt iht Håndbok R610 avhengig av temperaturforhold.</p>
Regn på is/snødekke	<ul style="list-style-type: none"> · Tørr sand 	<ul style="list-style-type: none"> · Tørr sand

De beskrevne tiltakene er med to unntak tiltak som er beskrevet i kontraktsdokumentene for Statens vegvesens driftskontrakter veg (ref. Mal for kontrakter med utlysning høsten 2017). De tiltakene som ikke er beskrevet i kontraktsdokumentene og som dermed ikke kan brukes uten avklaring med byggherren i den enkelte driftskontrakten, er tiltak med bruk av tørt $MgCl_2$ og tørt $CaCl_2$ til de-ising på issåle dannet av underkjølt regn eller regn på frossen bakke.

5 Beslutningsstøttesystemer og varsling

5.1 Beslutningsstøttesystemer

5.1.1 Halo

Meteorologisk institutt (MET) har en web-portal Halo med tilpasset værinformasjon som er tilgjengelig for alle som jobber for Statens vegvesen og har behov for værinformasjon.

På Halo finnes værinformasjon og værprognoser presentert på forskjellige måter, som f.eks. tekstvarsler, farevarsler, meteogrammer, radarbilder, satellittbilder mm. MET sender også ut farevarsler på mail når det er fare for spesielle værphenomen som kan skape vanskelige føreforhold. Disse varslene sendes til Statens vegvesen (VTS øst) som videredistribuerer dem til aktuelle interessenter (f.eks. byggherre i Statens vegvesen og entreprenører med drift- og vedlikeholds kontrakter med Statens vegvesen).

Prognosemodellen (Arome) som brukes til å produsere de fleste av værprognosene som er tilgjengelig for Statens vegvesen i Halo, har en oppløsning på 2,5 km. En slik geografisk oppløsning gjør det mulig å beskrive store deler av Norge tilstrekkelig detaljert i modellen, og gir dermed bra værprognoser mange steder, men det er usikkerheter knyttet til lokale forhold og spesielt i forbindelse med skyer, nedbør og vind.

Det meste av Norge er dekket av bilder fra værradarer. Et værradarbilde gir geografisk nedbørsfordeling og gir et inntrykk av hvordan nedbørsintensiteten varierer i nedbørsområdene. Det finnes også radarbilder i Halo som viser type nedbør sammen med nedbørsintensitet. Radarbildene skiller mellom snø, sludd og regn, men det er usikkert hvor gode værradarbildene er til å identifisere regn ved kalde forhold.

5.1.2 Vegvær

Statens vegvesen har i 2017 ca. 370 værstasjoner langs riks- og fylkesvegnettet. Data fra værstasjonene blir samlet inn og presentert i systemet Vegvær hvert 10. minutt.

Værstasjonene er noe forskjellig bestykket med sensorer, men de fleste har sensorer for å måle/registrere lufttemperatur, relativ fuktighet, vegbanetemperatur og nedbør. Noen av værstasjonene har også vindsensor, kamera og et fåtall gir informasjon om føreforhold og en indikasjon på friksjon.

I tillegg til observasjoner fra værstasjonene blir det laget og tilgjengeliggjort prognoser for vegbanetemperatur og føreforhold i Vegvær. Prognosene for føreforhold visualiseres gjennom farger på strekninger på et kart og gir føreforhold oppdelt i kategoriene: ingen ny nedbør, våt, snødekke, snøfokk, fare for is eller frost og stor fare for is eller frost. Dette er prognoser som blir oppdatert to ganger i timen. Prognoser for vegbanetemperatur går 10 timer framover i tid mens prognosene for føreforhold går 4 timer fram i dag. Prognosene er resultat av en energibalansmodell som bruker måleverdier fra værstasjoner samt input fra værvarslingsmodellen til MET (Arome). Prognosene finnes som punktverdier (i de punktene der det finnes en værstasjon) og som strekningsprognoser. Punktverdier har den svakhet at måleverdien gjelder for punktet det måles på og er ikke nødvendigvis representativ for vegnettet ellers. Strekningsprognosene skal forsøke å ta vare på de lokale variasjonene basert på

punktmålinger og informasjonen som legges inn i modellen som topografi, klimatiske forhold, mm. Prognosene i Vegvær tar ikke hensyn til utførte vinterdriftstiltak.

Alle som jobber i og for Statens vegvesen kan få tilgang til Vegvær.

I tillegg til statiske værstasjoner jobber Statens vegvesen med uttesting av forskjellige typer mobile sensorer. En type mobile sensorer er optiske sensorer som monteres på kjøretøy som måler vegbanetemperatur og gir info om føreforhold (tørr, fuktig, våt, slaps, snø, is), tykkelse på is-/snølag og vannfilm og et friksjonsestimat på vegen langs ruten kjøretøyet kjører. En annen type sensor er kjøretøy i seg selv som fungerer som sensor ved at det leverer data fra kjøretøyet til et baksystem. Data fra kjøretøy kan være informasjon fra vindusviskere som indikerer at det er nedbør, det kan være bruk av ABS eller Traction control ol. for å kunne indikere at det er glatt osv. Data fra mobile sensorer er under uttesting og har vært lite i bruk foreløpig. Vegvær klargjort til å kunne presentere data fra de mobile optiske sensorene, men dette er foreløpig ikke tatt i bruk.

5.1.3 Informasjon til publikum

Farevarsler om vanskelige føreforhold er tilgjengelig for publikum på yr.no.

Et utvalg av data fra Vegvær blir gjort tilgjengelig for publikum via Datex. Datex er et internasjonalt og språkuavhengig format for veg- og trafikkdata, og data på dette formatet kan fritt brukes av tjenestetilbydere som ønsker å lage løsninger for publikum, f.eks. ved å presentere data i bilenes navigasjonssystemer eller lage APP'er og nettsteder.

Statens vegvesen har en løsning som kalles Vegvesen Trafikk (<https://www.vegvesen.no/trafikkbeta>) som blant annet presenterer et utvalg av data fra værstasjonene for publikum og dermed gir alle en mulighet til å få informasjon om føreforhold på strekningen de skal kjøre.

Tjenesten presenterer også aktuelle reisetider for et utvalg av strekninger. Analyse av reisetider kan også gi informasjon om føreforhold, men det krever mer bakgrunn og analyse (det er ikke bare været som påvirker reisetidene) og er muligens derfor ikke for den vanlige publikummer, men heller for den mer avanserte bruker som analyserer bakgrunnen for en evt. forsinkelse.

5.2 Muligheter med dagens beslutningsstøttesystemer

5.2.1 Varsling for driftspersonell

For at driftspersonell skal få støtte til å ta den riktige beslutningen til riktig tid er det viktig at værinformasjon og varsler er tilgjengeliggjort på en enkel måte, slik at det kreves begrenset med detaljkunnskap og tid for å tolke og forstå varsler og informasjonen.

Værforhold behandlet i denne rapporten er generelt vanskelig å varsle og krever ekstra årvåkenhet for å kunne oppdage til riktig tid. Kvaliteten på de ordinære værvarslene blir stadig bedre, inkludert varsler om disse lokale værphenomenene vi her snakker om, men det er fremdeles stor usikkerhet knyttet til treffsikkerhet og kvalitet. Nedenfor nevnes de muligheter vi ser med dagens beslutningsstøttesystemer.

OBS-varslere og andre tekstvarsler

Meteorologisk institutt har et nasjonalt ansvar for å varsle været. Når det er ventet værforhold som befolkningen må være spesielt oppmerksom på sendes det ut et OBS-varsel. Et OBS-varsel kan f.eks. være et varsel om underkjølt regn eller regn som fryser på bakken.

I tillegg til OBS-varslere sender MET ut vanlige tekstvarsler jevnlig flere ganger i døgnet. Disse varslene vil også inkludere forholdene som beskrevet i denne rapporten ved de tilfeller man antar at det er sannsynlig at de kan forekomme, f.eks. lokal tåke, tilfrysing på natten og fare for spesielle forhold som kan føre til rimfrost på vegen. Fordelen med tekstvarsler i forhold til annen værinformasjon som finnes tilgjengelig på Halo, Yr.no og andre steder, er at tekstvarslene er resultatet av bearbeiding av en meteorolog som har brukt all tilgjengelig informasjon samlet, for å lage et værvarsel.

Observasjoner i sanntid fra Statens vegvesens værstasjoner

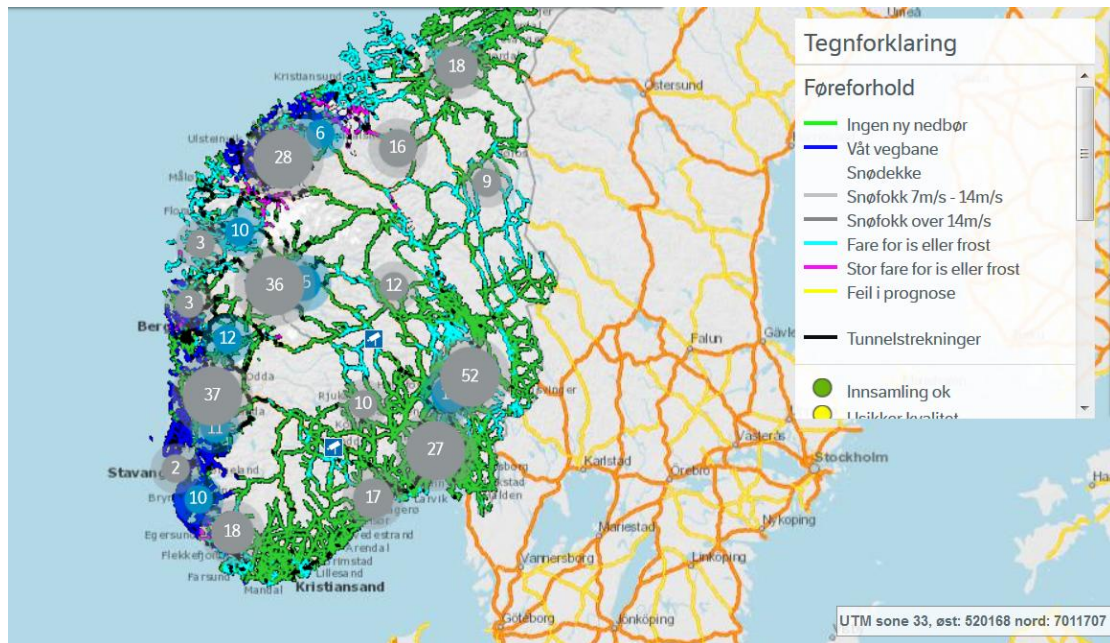
Nesten alle værstasjonene til Statens vegvesen har sensorer som registrerer lufttemperatur, vegbanetemperatur og nedbør. Data blir samlet inn hvert 10. minutt og gjort tilgjengelig i Vegvær. Ved å se på data fra værstasjonene er det mulig å identifisere steder der nedbør kommer som regn samtidig som at det er kaldt i bakken (vegbanetemperatur under 0°C). På de stedene der værstasjonen står og registrerer regn på kald bakke (kan være underkjølt regn) er det selvsagt for sent å gjøre et preventivt driftstiltak, men det er mulig å bruke informasjonen sammen med f.eks. radarbilder og vurdere retningen nedbøren beveger seg og dermed kunne forutse områder som vil kunne få de samme utfordringene i løpet av kort tid. I og med at man har tilgang på alle værstasjoner kan man med andre ord bruke data fra værstasjoner i nærheten til å forutse at det samme været kommer til dine områder innen en gitt tid.

Det er også mulig å bruke værstasjoner som står i forskjellige høyder over havet til å få et bilde av temperaturfordelingen i de nedre luftlagene. Måles det høyere temperaturer på værstasjoner som står høyere over havet enn de som står i lavere områder betyr det at vi har lag med varmere luft høyere oppe og man kan få et varsel om mulighet for underkjølt regn. Dette må selvsagt brukes med forsiktighet og sammen med både lokalkunnskap og andre værprognoser.

Metoden med å bruke data fra andre værstasjoner er ikke like aktuelt for utfordringer knyttet til tåke. Tåke er i mange tilfeller lokalt betinget (f.eks. nærhet til vann) og flytter seg ikke med luftstrømmen i atmosfæren på samme måte som nedbør og skydekket.

Prognoser fra Vegvær

For å kunne varsle underkjølt regn, regn som fryser på bakken og andre lokale værforhold er det en forutsetning at prognosemodellene gir et riktig bilde av temperaturfordeling og nedbørfordeling lokalt. Begge disse parametrene er avhengig av riktig beskrivelse av bl.a. topografi i modellene. Norge er et vanskelig land å beskrive i modeller, men værprognosene blir bedre og bedre.



Figur 9 Prognose på føreforhold i Vegvær

For de værphenomen som omtales i denne rapporten er måleverdiene lufttemperatur, relativ fuktighet, vegbanetemperatur og nedbør viktigst. Vegvær er eneste kilde til informasjon om vegbanetemperatur og faktiske forhold på vegen. I situasjoner med varsel fra MET om værforhold som underkjølt regn, regn som fryser på bakken osv. vil prognosene i Vegvær synliggjøre faren ved at vegnettet for eksempel blir fargelagt lyseblå som betyr «fare for is eller frost» eller rosa som betyr «stor fare for is eller frost». Prognoser for føreforhold går i dag bare 4 timer fram i tid. I mange tilfeller vil det ikke være langt nok fram for å kunne brukes som et fullverdig hjelpemiddel for de som skal utføre vinterdrift, men det kan være en god støtte til beslutning likevel.

5.2.2 Varsling for trafikanter

De fleste av værphenomenene i denne rapporten er lokale og gjelder små områder. I dag er det flere aktører som lager tjenester med veg- og trafikkinformasjon og det er til enhver tid en diskusjon om hvem som har ansvar for å holde trafikantene oppdatert.

Meteorologisk institutt (MET) har ansvaret for den offentlige meteorologiske tjenesten i Norge for sivile og militære formål, men både MET og StormGeo leverer værmeldinger og værinformasjon til publikum i Norge. Statens vegvesen er i dag den som har mest oversikt over føreforholdet på vegen. Oppstår det føreforhold som krever ekstra aktsomhet fra trafikantene er det ønskelig at de som har kjennskap til status informerer publikum.

Det finnes store friteksttavler mange steder langs riks- og fylkesvegnettet. I de tilfeller man vet at det er utfordrende forhold som krever at trafikantene passer litt ekstra på, er det muligens en idé å ta i bruk disse skiltene i større grad enn i dag. Før dette gjøres bør de juridiske aspektene rundt en slik varsling avklares. Dersom Statens vegvesen informerer om når det er underkjølt regn eller andre forhold som skaper glatt veg, hva skjer dersom de ikke varsler om dette og det likevel skjer?

Som beskrevet tidligere er *Vegvesen Trafikk* Statens vegvesens portal for trafikkinformasjon til trafikantene. Vegvesen Trafikk er mye brukt av publikum og

media og kan muligens brukes i større grad ved vanskelige føreforhold. Grensesnittet mellom MET og Statens vegvesen og hvem som har plikt til å varsle om værforhold som påvirker føreforholdet bør vurderes.

6 Muligheter for forbedringstiltak

6.1 Beslutningstøtte for tiltak, overvåking og prognoser

Vegvær – data fra værstasjonene

Arbeidet med denne utredningen har avdekket en del usikkerheter og svakheter med data fra Vegvær.

Værstasjoner krever oppfølging og vedlikehold for å kunne registrere data med god kvalitet. Minstekrav for å sikre god kvalitet er at de gjeldende retningslinjer for vedlikehold av værstasjonene følges. Kravene er beskrevet i håndbok R613 Værstasjoner.

Det er i kapittel 3.1.5 avdekket vær situasjoner med regn ved minusgrader hvor nedbørstype feilaktig har blitt registrert som snø. Som et første skritt for forbedring forslås det at ved innkjøp av nye sensorer for nedbørstype settes helt spesifikke krav til at sensoren skal kunne skille mellom nedbørstypene regn/yr og snø også ved minusgrader.

I dag blir flere måleverdier fra værstasjonene fortløpende kvalitetssikret hos MET, men ikke alle. Analysene har vist at dette også bør gjøres for flere av måleverdiene enn det som gjøres i dag, f.eks. nedbørstype ved temperaturer rundt 0°C. Spesielt er dette viktig for de værefenomen som er beskrevet i denne rapporten.

Det er bare på et fåtall av dagens værstasjoner det finnes sensorer for måling av stråling, føreforhold og restsalt. Økt bruk av måleverdier i sanntid fra disse sensorene kan gi muligheter for bedre beslutningsstøtte og bør undersøkes nærmere.

Vegvær - videreutvikling av prognoser

I dag får man 4-timers prognoser for føreforhold i Vegvær. Kvaliteten på prognosene er usikker (både vegbanetemperatur og føreforhold) da det er gjort lite eller ingen oppfølging og evaluering av treffsikkerheten til prognosene. Følgende virker fornuftig å gjøre for å kunne få mer ut av prognoseverktøyet i Vegvær:

- Verifikasjon av prognosemodellens treffsikkerhet for å kunne treffe tiltak for å gjøre den bedre (hvis behov)
- Vurdere å ta inn flere typer observasjoner fra værstasjonene (f.eks. vind, nedbør, utstråling, mm) for å øke kvaliteten på prognosene
- Vurdere å øke prognoselengden, spesielt for føreforhold dersom kvaliteten er tilstrekkelig god.

Bedre prognoser fra MET

Meteorologisk institutt jobber kontinuerlig med utvikling av modellene med formål å gjøre værprognosene så gode som mulig. I dag brukes sannsynlighetsvarsler mer og mer og kan gi et bilde på hvor stor sannsynlighet det er for at det varslede været inntreffer. SVV mottar ikke i dag sannsynlighetsvarsler fra MET (med noen unntak), men dette er noe som kan tilbys og som kan gi merverdi for driftspersonell som skal vurdere værprognoser og beslutte behov for tiltak og evt. type tiltak.

MET utarbeider isingsvarsler for flytrafikken. I den forbindelse gir prognosemodellene en isingsindeks som sier noe om sannsynligheten for at ising kan inntreffe på flyene mens de er i lufta. Med litt jobb og tilpasning er det kanskje mulig å få denne indeksen til å gjelde for veg slik at den kan brukes til å forutsi værforhold som kan føre til ising.

MET mottar data fra Statens vegvesens værstasjoner. En isingsindeks kan muligens også kombineres med vegbanetemperatur og andre måleverdier fra værstasjonene for å gi et bedre bilde.

I tillegg til dette gir MET uttrykk for at det kan være ønskelig med tettere dialog med Statens vegvesen for å gi begge parter en bedre oversikt over situasjonen og forholdene slik de er på det gitte tidspunkt og slik de forventes å bli.

Bruk av sanntidsdata fra vinterdriften sammen med prognosemodellen i Vegvær

Det faktiske føreforholdet på vegen er ikke bare avhengig av været, men også av eventuelle driftstiltak som er utført på strekningen. Det finnes flere måter å kombinere de to informasjonskildene for å gi beslutningsstøtte til en vinterdriftsentreprenør, og det er flere aspekter som bør vurderes og sees nærmere på før en beslutter hvilken løsning som er den beste.

Dersom formålet er å gi entreprenøren best mulig støtte for å kunne ta en selvstendig beslutning kan det være en god metode å kombinere kartet med prognosen for føreforhold i Vegvær med et kart som viser strekninger med utførte vinterdriftstiltak. På den måten kan en sammenlikne strekninger prognosen sier at det vil bli glatt med strekninger der det f.eks. nettopp er blitt saltet. Entreprenøren må ta en selvstendig beslutning på basis av den tilgjengelige informasjonen og gjøre vurderinger om når og hvor det evt. er behov for et nytt tiltak.

Dersom formålet er å bygge et system som gir entreprenøren beskjed om hvilket tiltak han/hun skal utføre, når det skal gjøres og på hvilket sted, kan det være aktuelt å kombinere prognosemodellen i Vegvær med sanntidsdataene i en ny modell. På denne måten er det mulig å få et beslutningssystem som gir entreprenøren beskjed om hvor det f.eks. skal saltes til hvilket tidspunkt og med hvilken mengde. Dette krever en relativt kompleks modell med høy treffsikkerhet, og gjør at entreprenøren ikke behøver å koble informasjonskilder på samme måte for å finne ut hva som må gjøres. De juridiske aspektene rundt hvem som har ansvaret dersom prognosemodellen/ beslutningssystemet tar feil må vurderes og klargjøres i kontraktene før det eventuelt tas i bruk et slikt system.

Lokalkunnskap

Driftspersonell opparbeider seg erfaring for det vegnettet som driftes, og vil over tid skaffe seg kjennskap til utsatte steder som hyppigere eller tidligere blir glatt enn det omkringliggende vegnettet, og hvor det dermed er størst behov for å gjøre tiltak tidlig. Denne tause kunnskapen burde vært samlet opp i en form for rapport/overleveringsdokumentasjon ved utløp av en driftskontraksperiode og på den måten viderføres til neste driftsentreprenør.

Mobile sensorer

En mulighet for å supplere erfaringsgrunnlaget beskrevet over, kan være å utnytte data fra bilsensorer og systematisere og behandle dem i en form for big data analyse, slik at steder hvor det hyppig er glatt f.eks. kan vises i kartframstillinger.

Ved å samle inn data fra kjøretøy og tilby disse i sanntid til vinterdriftsentreprenører kan entreprenøren få en oversikt over forholdene på vegnettet. Det kan være egne sensorer som gir et estimat på friksjon og vegbanetemperatur, eller registreringer som

tappes fra kjøretøy som f.eks. når bilen aktiverer førerstøtte pga glatt vegbane eller at bilen vet det er nedbør fordi vindusviskerne er i bruk. Et kart som viser hvor bilene registrerer at det er glatt kan gi entreprenøren et mer komplett bilde av situasjonen enn det værstasjonene alene kan gi. Selv om dette blir data i sanntid og ikke en del av en prognose på føreforhold, kan en slik oversikt likevel være et nyttig hjelpemiddel for å avdekke lokale forhold uten å være «overalt til enhver tid».

Kategorisering av føreforhold vha kamera og værdata

Det finnes til sammen ca. 500 webkamera i dagen langs riks- og fylkesvegene[6]. De fleste værstasjonene har kamera, men det finnes også enkeltstående kamera og kamera på trafikktelepunkt som brukes til å overvåke trafikken og ikke spesielt vær- og føreforhold. Av personvern hensyn er det begrenset kvalitet på bildene fra bl.a. kamera på værstasjonene og dermed kan det være vanskelig å se på et vanlig bilde detaljer om føreforhold.

I samarbeid med Christian Michelsens institutt har Statens vegvesen gjennomført et prosjekt for der de har studert muligheten til lage en modell som kan bestemme aktuelt føreforhold basert på bilder fra webkamera og data fra værstasjonene.

Foreløpige resultater viser at det er vanskelig å sammenligne føreforholdene eksakt da kvaliteten på bildene ikke er gode nok til å verifisere hva slags føreforhold som faktisk er på stedet.



(Fra innlegg Teknologidagene 2017)

Data fra andre kilder

Det finnes flere kilder til data som kan være nyttige som beslutningsstøtte for vinterdriften. For eksempel har Jernbaneverket værstasjoner med mange av de samme måleverdiene som Statens vegvesen som kan supplere nettet med værstasjoner. I tillegg kan Avinor og data fra flyplassene rundt omkring i Norge være relevante.

Avinor har sensorer på rullebanene som brukes som beslutningsstøtte for vinterdriften. For flyene er ising på rullebanen viktig å avdekke på samme måte som ising på vegen er viktig for Statens vegvesen. Et samarbeid kunne være aktuelt både mht. deling av erfaring og utveksling av data. Det er ukjent hvor mye data som blir

lagret fra flyplassene og om de finnes på et format som er mulig å benytte for andre, men det kan være verdt å sjekke det ut nærmere.

6.2 Beredskap

De ulike vær-situasjonene har litt ulike utfordringer knyttet til beredskap for utførelse. Første tiltak som iverksettes vil for alle³ situasjonene være et preventivt saltingstiltak. For situasjonene med underkjølt regn og regn som fryser på bakken vil det ofte være behov for ytterligere salttiltak utover det preventive for å få fjernet islaget som har dannet seg. Kravene til syklustider vil dermed være bestemmende for hvor lang tid det vil kunne ta til nytt salttiltak blir gjennomført, og resultatet kan i verste fall være at den glatte situasjonen vedvarer nesten like lenge som syklustidens lengde. For å redusere denne tiden med glatt veg kan f.eks. følgende tiltak vurderes:

Forslag til endring	Konsekvens
Flytte ressurser (saltbil) fra mindre viktige veger til de viktigste vegene	Krav til syklustid overholdes ikke på det mindre viktige vegnettet. Trafikantene må der vente lenger på bedre føreforhold. Tilnærmet uendret kostnad for byggherren.
Sette inn ekstra ressurser på de viktigste vegene (ekstra saltbil)	Gjenoppretting til godkjent føreforhold oppnås raskere enn krav til syklustid på de viktigste vegene. Økte kostnader for byggherren.

For de andre vær-situasjonene anser vi at det ikke er nødvendig med ytterligere tiltak utover det preventive. Utfordringen her er å gjøre det preventive tiltaket på de riktige stedene til riktig tid og med riktige mengder.

I kap. 6.1 beskriver vi mer avanserte prognoser og verktøy fra MET. Slike avanserte prognoser og varsler vil muligens kreve mer kompetanse hos beslutningstaker for å kunne tolke dem på en ordentlig måte. Er denne kompetansen noe som skal kreves hos alle entreprenører, eller nærmer vi oss evt. at det bør etableres en sentral med spesielt utdannet personell som bistår med beslutningsstøtte eller kanskje til og med styrer vinterdriften? Som et ledd i utviklingen av beslutningsstøttesystemer eller i den andre enden beslutningssystemer må ansvar og risiko vurderes, slik at det er bevissthet rundt hvem som bare er rådgiver og hvem som er den ansvarlige i en beredskapssammenheng.

Dersom man velger å ha egne kjemikalier i beredskap til situasjoner med underkjølt regn/regn som fryser på bakken, vil dette kreve egen lagringsplass på et egnet sted som er lett tilgjengelig når behov for bruk oppstår. Dersom $MgCl_2$ eller $CaCl_2$ velges som beredskapskjemikalie, må disse lagres tørt og i tette sekker. Samtidig er det viktig at rutiner for rask opplasting på bil er kjent og prøvd ut, og at lageret er stort nok ift mengdene som er nødvendig for det vegnettet der dette er aktuelt å bruke. Eventuelt behov for særskilt spredeutstyr må være avklart. Hvis kjemikaliet ikke kan spredes med ordinært utstyr må det ordnes oppstillingsplass til spesialutstyr også, slik at de aktuelle bilene kan bytte utstyr raskt. Involvert personell må ha kompetanse om håndtering, virkning og bruk av slike kjemikalier.

³ Gjelder ikke vær-situasjon Regn på snø/isdekke

6.3 Metoder, utstyr og materialer

For å minimere lengden av den problematiske perioden under en situasjon med underkjølt regn/regn som fryser på bakken kan et alternativ være å ha mulighet til å hente inn ekstra strøpbiler for å rekke over vegnettet med salt eller annet friksjonsforbedrende materiale raskest mulig, dvs raskere enn syklustidene iht kontraktene. Hyppigheten av slike vær-situasjoner i området vil være avgjørende for om dette er aktuelt. Å ha ekstra ressurser i beredskap til en slik situasjon vil medføre økte kostnader for byggherren.

Bruk av tørt $MgCl_2$ for å smelte is raskere enn med $NaCl$ under/etter værhendelser med underkjølt regn og regn på frossen bakke kan være et aktuelt tiltak. Den eksoterme reaksjonen når fast $MgCl_2$ eller $CaCl_2$ løses med vann gjør at isen vil smelte raskere enn med $NaCl$. I visse krevende situasjoner kan dette bety en betydelig forskjell i tid for å tilbakeføre til godkjente føreforhold. Eventuelt kan det også være at man med $MgCl_2$ eller $CaCl_2$ kan unngå å måtte salte en ekstra runde fordi det første tiltaket var tilstrekkelig virkningsfullt.

6.4 Trafikantinformasjon og trafikkstyring

Variable hastigheter

Håndbok V321 Variable trafikkskilt beskriver mulighetene med variable fartsgrenser og bruk av variable fartsgrenser på strekninger eller broer som er utsatt for sterk vind. Det gis ikke åpning i dagens håndbok for å bruke andre målinger fra værstasjonene som styringsparametere for å skilte ned hastigheten pga dårlige føreforhold. Etter hvert som kvaliteten på data fra værstasjonene og Vegvær blir mer kjent bør det vurderes om disse kan brukes til å redusere fartsgrensen i tilfeller med vær-situasjoner som f.eks. de som er beskrevet i denne rapporten.

I første omgang kan man vurdere å bruke informasjonstavler og evt. variable hastigheter i de tilfeller man er sikker på at det er eller vil oppstå dårlige føreforhold (enten ved at data fra værstasjoner og sanntidsdata fra entreprenører viser dårlige føreforhold eller at publikum ringer til Vegtrafikksentralene). Dette er reaktivt og det kan oppstå hendelser før trafikantene blir varslet, men informasjonen baserer seg på sikre observasjoner.

En mer proaktiv mulighet er å basere en vurdering på prognoser og endre hastigheten og informere publikum i forkant av at det oppstår farlige situasjoner. Dette krever selvsagt en prognose med kjent og god kvalitet.

Før det informeres om føreforhold må de juridiske aspektene rundt en slik varsling vurderes. I vegtrafikkloven er man som trafikant pålagt å tilpasse farten etter forholdene. Hvis publikum normalt varsles om vanskelige føreforhold, hva skjer hvis Statens vegvesen en dag ikke varsler, men det blir glatt likevel? Føreforholdene langs vegen varierer avhengig av flere forhold enn selve været, f.eks. topografi, nærhet til vann, oppbygning av vegkroppen mm og det er ikke sikkert at værstasjonen er plassert på stedet det fryser først. Hvem har ansvaret hvis det ikke varsles om glatt veg, mens det i virkeligheten er glatt et lite stykke unna likevel?

7 Konkretisering av FoU-behov

Arbeidet med denne utredningen har ledet fram til følgende forslag til mulige FoU-arbeider:

- Utføre en detaljert teoretisk studie av hvilke nedbørsituasjoner med underkjølt regn som er mest kritiske (lufttemperatur, vegbanetemperatur, dråpetemperatur, nedbørintensitet, nedbørmengde, kuldeler i vegoverbygning, varmeledningsevne til vegoverbygning mm). Utføre beregninger og simuleringer av situasjoner med underkjølt regn/regn som fryser som funksjon av disse parameterne og beregne nødvendig kjemikalibehov for å tine isen, inkl tidsforløp ved bruk av ulike kjemikalier.
- Oppfølging av enkeltparametere som f.eks. nedbørstype i Vegvær for å være sikker på at data har tilstrekkelig kvalitet.
- Utrede muligheten til å videreutvikle isingsindeksen fra MET til å gjelde for veg som et beslutningsstøtteverktøy knyttet til frysende nedbør og frysende tåke.
- Undersøke muligheter med bruk av flere sensorer for beslutningsstøtte, for eksempel for måling av stråling, føreforhold og restsalt, både som måleverdi i sanntid og som input i prognosemodell.
- Undersøke muligheten for å komplettere data fra værstasjonene med data fra flyplasser (Avinor) og tilpasse Vegvær eller annen presentasjon for å kunne benytte data til beslutningsstøtte.
- Bearbeide og tilgjengeliggjøre data fra mobile sensorer og andre ITS-installasjoner til bruk for entreprenører, byggherre, VTS og trafikanter.
- Verifikasjon av Vegværs eksisterende prognosemodell for vegbanetemperatur og føreforhold med vurdering av treffsikkerhet som utgangspunkt for vurdering av behov og muligheter for videreutvikling.
- Utrede bruk av sanntidsdata fra vinterdriften, enten som tilleggsinformasjon til Vegværprognose eller som integrert del i et videreutviklet prognoseverktøy.
- En kvalitativ analyse av hvordan hyppighet av de ulike vær-situasjoner vil utvikle seg i årene framover basert på de gjeldende klimautviklingsprognosene. Analysen skal også beskrive hvordan denne utviklingen blir for de ulike vær-situasjonene i ulike geografiske områder. Arbeidet bør utføres av MET eller annet meteorologifagmiljø.
- Spørreundersøkelse til alle driftskontraktssområdene om omfang av og metoder/tiltak for håndtering av situasjoner med underkjølt regn og regn som fryser på bakken. Spørreundersøkelsen etterfølges av dybdeintervjuer med aktuelle kontraktssområder (representanter både fra byggherre og entreprenør) som velges ut basert på svarene i spørreundersøkelsen.

8 Referanser

- [1] Alex Klein-Paste, NTNU. Muntlig kommunikasjon og mailutveksling om energiutveksling ved faseovergang fra vann til is i underkjølte regndråper, oktober 2017.
- [2] Instruks D2-ID9300a Bruk av salt. Fra Statens vegvesens mal for driftskontrakter med oppstart 2018, håndbok R763.
- [3] Lærebok Drift og vedlikehold av veger, Statens vegvesens rapporter nr 365, 2015.
- [4] Vintervæghållning på högtrafikerade vägar vid låga temperaturer: Enkätundersökning och djupintervjuer, omfattning och bästa praksis, contract horizon ab, 2015 (ikke offentlig).
- [5] McElroy, A. D., G. Cooper, et al. (1998). Melt volume and ice penetration study of magnesium chloride and calcium chloride deicers. Xth PIARC International Winter Road Congress, Luleå, Sweden.
- [6] Cook, Jeremy (2017). ITS og vinterdrift – Kategorisering av føreforhold med bildeanalyse. Sluttseminar FoU-program Vinterdrift, Teknologidagene 2017.



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

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen