

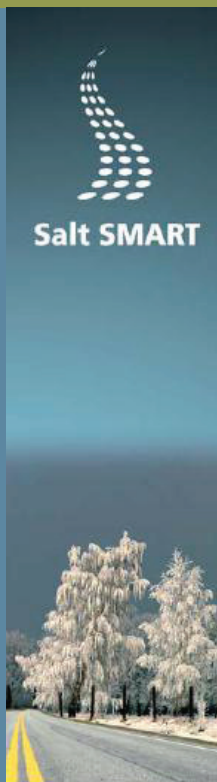


Statens vegvesen

Sluttrapport for etatsprogrammet Salt SMART

Statens vegvesens rapporter

Nr. 92



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Vegteknologi
Mars 2012

Tittel

Salt SMART

Undertittel

Sluttrapport

Forfatter

Åge Sivertsen m fl

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Vegteknologi

Prosjektnummer

601945

Rapportnummer

92

Prosjektleder

Åge Sivertsen

Godkjent av

Svein Ryan

Emneord

Salt Miljø Vinterdrift

Sammendrag

Denne sluttrapporten er en oppsummering av noen av de arbeider som er gjennomført i etatsprogrammet Salt SMART. Rapporten omhandler miljøkonsekvenser ved bruk av salt, grunnkunnskaper om saltets egenskaper og anbefalte tiltak for å oppnå en god vinterdrift med et lavt saltforbruk. Det er utarbeidet egne rapporter innen flere tema som danner grunnlaget for denne rapporten.

Antall sider

Dato

Mars 2012

Title

Salt SMART

Subtitle

Sluttrapport

Author

Åge Sivertsen m fl

Department

Traffic safety, Environment and Technology Department

Section

Road Technology

Project number

601945

Report number

92

Project manager

Åge Sivertsen

Approved by

Svein Ryan

Key words

Salt Miljø Vinterdrift

Summary

This final report is a summary of some of the work carried out in NPRA's R&D program known as Salt SMART. The report discusses the environmental impacts of salt, basic knowledge of salt properties and recommended measures to achieve a good winter operation with low salt consumption. Separate reports were produced on several themes that formed the basis for this report.

Pages

Date

March 2012

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG SALT SMART	1
SUMMARY - SALT SMART	3
1 INNLEDNING	5
1.1 MILJØUTFORDRINGEN.....	5
1.2 MÅL.....	6
1.3 PROSJEKTORGANISERING.....	6
2 PROSJEKTADMINISTRASJON	7
2.1 GENERELT.....	7
2.2 UTFØRTE ARBEIDER I SALT SMART.....	7
3 MILJØKONSEKVENSER AV SALT OG ALTERNATIVE KJEMIKALIER	12
3.1 INNLEDNING.....	12
3.2 RESULTATMÅL.....	12
3.3 OPPBYGGING AV MILJØDELEN AV RAPPORTEN.....	13
3.4 SAMMENDRAG, KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	14
3.5 OVERFLATEVANN.....	15
3.6 GRUNNVANN.....	28
3.7 VEGETASJON.....	33
3.8 ALTERNATIVE KJEMIKALIER.....	41
3.9 KLASSIFISERINGSSYSTEM FOR MILJØSONER.....	45
3.10 UTARBEIDE METODIKK FOR OVERVÅKING AV MILJØPÅVIRKNING.....	51
4 METODER FOR REDUSERT SALTBRUK	52
4.1 GRUNNKUNNSKAP OM KJEMIKALIER I VINTERDRIFTEN.....	53
4.2 LEVETID AV ULIKE SPREDEMETODER.....	58
4.3 MEKANISK FJERNING OG SALTING UNDER SNØVÆR.....	65
4.4 TILSETTINGSSTOFFER TIL SALT.....	70
4.5 ALTERNATIVE KJEMIKALIER.....	73
4.6 ANDRE ERFARINGER GJORT I AP 1 – METODER FOR REDUSERT SALTING.....	76
4.7 REFERANSER.....	78
5 INNSPILL TIL POLICY OG STYRINGSdokUMENT	79
5.1 BAKGRUNN.....	79
5.2 AKTIVITETER.....	80
5.3 RESULTATER.....	83
5.4 REFERANSER.....	86
6 ANBEFALTE TILTAK FOR Å OPPNÅ ET LAVT SALTFORBRUK	88
6.1 GENERELT.....	88
6.2 HVA KJENNETEGNER EN GOD VINTERDRIFT MED ET LAVT SALTFORBRUK?.....	89
6.3 TILTAK FOR EN GENERELL REDUKSJON I SALTFORBRUKET.....	90
6.4 TILTAK FOR VESENTLIG REDUKSJON ELLER OPPHØR AV SALTING (MILJØSONER).....	100

Sammendrag Salt SMART

Statens vegvesen har et overordnet ansvar for å unngå miljøskader fra egen virksomhet. Effektmålet for etatsprogrammet Salt SMART er at Statens vegvesen sin innsats for å opprettholde framkommelighet og trafikksikkerhet om vinteren ikke skal gi uakseptabel skade på miljøet.

Salt SMART har undersøkt hvilke skader vegsalt kan gi på overflatevann, grunnvann og på vegetasjonen. Gjennom litteraturundersøkelser og egne studier har vi fått økte kunnskaper innen fagfeltet. En kort oppsummering av den økte kunnskapen viser at for vannforekomster har vi ikke sett endringer i bunndyrsamfunn i elver, og at fisk er såpass robuste at skader på grunn av salt sannsynligvis ikke vil forekomme. Det kan imidlertid skje endringer i artssammensetningen for planktonalger ved konsentrasjoner som kan opptre i vegnære innsjøer. Det er både metaller og salt i avrenningen fra veger, og saltet kan være med på å løse metallene slik at de blir lettere tatt opp i organismer som lever i vann.

Det er dokumentert at saltsprutskadene på trær og busker langs vegene er større enn tidligere. Det er ikke funnet tydelige tegn på at gras og urter i vegkanten er like påvirket som trær og busker, men det er indikasjoner på at enkelte arter lettere kan påvirkes enn andre. Det er ikke funnet tydelig forskjell på effekter av salt og andre kjemikalier for småplanters vekst. Det er sannsynlig at vanning av planter om våren reduserer skadeomfanget, mens det ikke ble målt tydelige effekter av spyling av trær i mildvårsperioder om vinteren. Det kan ikke lages klare tålegrenser for vegetasjon, da variasjonene i genetikk, jordforhold og klima er så store at slike tålegrenser blir for kompliserte å lage.

Salt SMART har laget en GIS-basert kartløsning for å vise miljøsoner. I miljøsonekartene kan det beregnes maksimal saltkonsentrasjon i innsjøer som sammenlignes med tålegrenser for å vurdere risiko for miljøskader. Miljøsonekartene viser også hvor store vannverk, grunnvann, mulige private brønner, vernede områder, rødlisteobservasjoner og allèer befinner seg i forhold til saltet vegnett. Kartene kan brukes som en del av grunnlaget for å lage ytre miljøplaner for driftskontraktene.

Salt SMART konkluderer med at ved et generelt lavt strekningsvis saltforbruk vil en kunne unngå miljøskader på store deler av vegnettet og at spesielle tiltak bør settes i verk der miljøet er særlig følsomt for vegsalt. Med en god vinterdrift med et lavt saltforbruk kan vi oppnå en hurtig opptørking og lite slaps og snø på vegbanen, som også vil være positivt for framkommelighet og sikkerhet.

For å oppnå en effektiv bruk av salt i vinterdriften har Salt SMART hatt fokus på å bedre grunnkunnskaper om saltets egenskaper, riktig bruk av salt under snøvær og god mekanisk fjerning av snø. Videre har vi gjennom litteratursøk undersøkt ulike egenskaper for alternative kjemikalier og tilsetningsstoffer for salt.

Etter en totalvurdering ut fra dagens kunnskap om miljøpåvirkning eller virkning på veg finner Salt SMART ikke grunn til å anbefale bruk av tilsetningsstoffer til salt eller alternative kjemikalier.

Forskningen knyttet til grunnkunnskap om saltets egenskaper har hovedsakelig hatt fokus på to viktige bruksområder for vegsalt, anti-ising og anti-kompaktering. Ved anti-ising anvendes salt for å forhindre at vegbanen blir glatt på grunn av vann som fryser eller rim som legger seg på vegbanen. Hensikten med bruk av salt til anti-kompaktering er å holde snøen plogbar, og

forhindre at den kompakteres til hard snø- eller issåle. Denne forskningsaktiviteten har foregått i samarbeid med NTNU som har utviklet nye teorier i forståelsen av saltets egenskaper.

Riktig valg av spredemetoder er i stor grad knyttet til tap av salt fra vegbanen under ulike trafikk-, vær- og føreforhold. Bruk av ren saltløsning gir minst tap på tørr og fuktig veg da metoden gir både lite initialtap og tap pga. trafikk. Spredning av befuktet salt kan gi noe mindre tap sammenlignet med tørt salt, men forskjellene mellom tørt og befuktet salt synes lite og er mindre enn eksempelvis mellom befuktet salt og saltløsning. På våt eller svært våt veg med mye sprut fra trafikk kan alt salt uansett metode tapes svært hurtig.

Salt SMART mener at spesialutstyr for forsterket mekanisk fjerning har et stort potensiale som tiltak i områder der en ønsker en vesentlig reduksjon i saltforbruket. I forsøkene som er gjennomført med spesialutstyr har en også oppnådd vesentlig bedre kjøreforhold enn tilsvarende referansestrekninger. Det er gjennomført uttesting av to ulike spesialutstyr for særlig god mekanisk fjerning av snø. Både bruk av etterhengende kosteutstyr og bruk av slapsegrind på høvel har vist svært gode rydderesultater. I disse utprøvingene ble det benyttet saltløsning som spredemetode.

Ut fra de erfaringer som er gjort i prosjektet mener vi at tiltak for å oppnå et lavt saltforbruk først og fremst ikke er å finne i nye metoder, men i policyrettede tiltak. De viktigste tiltakene for å oppnå et lavt saltforbruk må først og fremst gå på valg av strategi, krav til driftsopplegg hos entreprenørene, valg av oppgjørsform, standardkrav og oppfølging av standardkrav og kompetanseheving.

Gjennom de årlige revisjoner av mal for konkurransegrunnlaget for driftskontraktene har Vegdirektoratet stadig prøvd å forbedre grunnlag for å oppnå en bedre saltpraksis. De anbefalte tiltakene som er foreslått av Salt SMART blir nå vurdert av myndighetssiden i Statens vegvesen, og flere tiltak er innført eller vil bli innført i kommende revisjoner. Noen av de anbefalte tiltakene er av mer strategisk karakter og vil måtte vurderes helhetlig ut fra samfunnsøkonomiske effekter.

Summary - Salt SMART

The Norwegian Public Roads Administration is ultimately responsible for avoiding any environmental damage from its own activities. Target outcomes for the state programme, Salt SMART, are that the Norwegian Public Roads Administration's efforts to maintain ease of passage and traffic safety during winter shall not result in unacceptable damage to the environment.

Salt SMART has investigated the damage that road salt can do to surface water, ground water and to vegetation. Literature reviews and our own studies have increased our knowledge within this field. A short summary of the increased knowledge indicates that as far as water resources are concerned, we have not seen changes to benthic fauna in rivers and fish are so robust that damage due to salt is unlikely to occur. However, with the salt concentrations that occur near roads, changes in plankton populations may occur. Both metals and salt are found in water run-off from roads, and the salt can contribute to increased solubility of metals so that they are more easily absorbed in organisms that live in water.

It has been documented that salt spray damage to trees and bushes alongside roads is greater than previously. No clear signs have been found that grasses and herbage along the edge of the road have been equally affected, but there are indications that certain species are more easily affected than others. No clear differences have been found in the effects of salt and other chemicals on the growth of small plants. It is probable that watering of plants in the spring reduces the extent of the damage, while no clear effects were noted from spraying trees with water during mild periods in winter. Critical levels cannot be determined for vegetation because variations in plant genetics, soil conditions and climate are so great that such critical levels become too complex to establish.

Salt SMART has prepared a GIS-based map solution to identify environmental zones. The environmental zone maps allow for calculation of maximum salt concentrations in lakes that can be compared with critical levels to assess the risk of environmental damage. Environmental zone maps also show where large waterworks, groundwater, private wells, protected areas, red list observations and alleys are to be found in relation to salted road networks. The maps is intended to be used as a management tool for the road authorities and may be applied in winter road maintenance contracts.

Salt SMART concludes that a generally low use of salt will enable avoidance of environmental damage along large parts of the road network and that special measurements should be put in place where the environment is especially sensitive to road salt. Good winter maintenance with a low use of salt will enable us to achieve rapid drying and little slush and snow on the roadway, which in turn will enhance ease of passage and traffic safety.

To achieve an efficient use of salt in winter maintenance, Salt SMART has focussed on improving the basic knowledge of salt's characteristics, correct use of salt during snowy weather and good mechanical removal of snow. Furthermore, the literature review enabled us to investigate the different characteristics of salt additives or alternative chemicals.

After an overall assessment based on current knowledge of the environmental impact or effects on roads, Salt SMART found no reason to recommend the use of salt additives or alternative chemicals.

The research linked to basic knowledge of salt's characteristics has mainly focussed on two important areas of use for road salt: anti-icing and anti-compaction. For anti-icing, salt is used

to prevent the carriageway from becoming slippery due to water that freezes or frost that forms on the carriageway. The purpose of using salt for anti-compaction is to keep the snow ploughable, and prevent its compaction into a layer of hard snow or ice on the road surface. This research activity took place in cooperation with NTNU, which has developed new theories for the understanding of salt's characteristics.

The correct choice of spreading method is largely linked to loss of salt from the carriageway under different traffic, weather and road-snow conditions. Use of a pure salt solution/brine gives the least salt loss on dry and damp roads since the method results in both little initial loss and little loss due to traffic. Spreading humidified salt compared with dry salt can give somewhat less loss, but the differences between dry and humidified salt seem small and are less than for example between humidified salt and salt solutions/brine. On wet or very wet roads with lots of splashing from traffic, all salt, no matter the method of application, can be rapidly lost.

Salt SMART is of the opinion that special equipment for reinforced mechanical removal has great potential in areas where there is a desire for significant reduction in salt use. The trials carried out with special equipment also achieved significantly better driving conditions than the corresponding reference sections. The trials were carried out using two different types of special equipment for particularly good mechanical snow removal. Both the use of trailing brush equipment and the use of a slush gate on a plane have shown excellent clearing results. A salt solution was used as spreading method for these trials.

Based on experience from the project, we are of the opinion that initiatives to achieve a low salt use first and foremost are not to be found in new methods, but in measures directed at policy. The most important initiatives to achieve a low use of salt first and foremost must address the choice of strategy, requirements directed at contractors for maintenance arrangements, choice of settlement form, standard requirements and their follow-up and the development of skills and knowledge.

The Norwegian Public Roads Administration has continuously endeavoured to improve the basis for achieving better salt-use practice by means of annual reviews of the objectives in the basis for competition for maintenance contracts. Salt SMART's recommendations are now being considered by the Norwegian Public Roads Administration, and more initiatives have been introduced or will be introduced in future reviews. Some of the recommended initiatives are of a more strategic nature and will have to be more generally assessed with respect to socio-economic effects.

1 Innledning

1.1 Miljøutfordringen

Bruk av salt kan skade innsjøer og grunnvann, vegetasjonen og økosystemer langs og nær det saltede vegnettet. Det er påvist forringelse av vannkvaliteten i flere vannforekomster og drikkevannsbrønner.

Statens vegvesen har et overordnet ansvar for å unngå miljøskader fra egen virksomhet. Vannforvaltningsforskriften, som gjennomfører EUs rammedirektiv for vann i norsk rett (og andre miljørelaterte forskrifter), setter krav til oss. Vi skal ha kontroll over våre utslipp i de ulike vannforekomster slik at lover og forskrifter ikke brytes, og uten at vi belaster miljøet og vegens naboer mer enn høyst nødvendig.

På bakgrunn av tidligere forskningsaktivitet knyttet til friksjon og sikkerhet om vinteren, samt undersøkelser om miljø og salt, ble det konstatert at det finnes måter å sikre miljøet samtidig som sikkerheten ivaretas. Teknologien og tiden var moden for mer miljøvennlig vinterdrift. Det ble derfor foreslått å starte etatsprogrammet Salt SMART.

Betegnelsen Salt SMART refererer ikke kun til smart bruk av salt. Salt er kun et hjelpemiddel for å oppnå eller å opprettholde bar veg. Bruk av salt må ses i sammenheng med den øvrige vinterdriften. Salt **SMART** referer til fem stikkord som beskriver tematikken som prosjektet omhandler

Strategi og styring

Miljøvirkninger

Alternativer

Reduksjon

Tiltak

1.2 Mål

Kravet om god framkommelighet og trafikksikkerhet for vegtransporten er av stor samfunnsøkonomisk betydning. Effektmålet for etatsprosjektet Salt SMART er at Statens vegvesen sin innsats for å opprettholde framkommelighet og trafikksikkerhet om vinteren ikke skal gi uakseptabel skade på miljøet.

Det er påvist at vegsalt kan ha negativ påvirkning på miljøet langs saltede veger. Det har derfor vært et mål å dokumentere miljøvirkninger av salt og andre aktuelle kjemikalier. Ved å finne tålegrenser for overflatevann, grunnvann og hva ulike vegetasjon tåler av saltpåvirkninger, er det mulig å tilpasse saltpraksisen for ulike områder og naturtyper.

Effektmålet for prosjektet nås gjennom en fortløpende implementering av resultater inn i styringsdokumenter. Resultatene skal være implementerbare i kvalitetsstyringssystem og miljøstyringssystem. Prosjektet skal levere kunnskap og utvikle metoder som sikrer gjennomføring av en miljøforsvarlig saltpraksis. Prosjektet har også aktivt informert om ny kunnskap ved å gjennomføre kurs, seminarer og bidratt til andre opplæringstiltak.

1.3 Prosjektorganisering

Prosjektet har vært organisert i 3 arbeidspakker som har styrt ulike delprosjekter. Delprosjektene dekker ulike tema som skal gi kunnskap som bygger opp under effektmålet. Prosjektet har vært med på å delfinansiere tilgrensede prosjekter som gir kunnskap som også kan være nyttig bakgrunnsstoff og dokumentasjon. Prosjektet har prioritert delprosjekt som synes å kunne gi god nytte ved at ny kunnskap kan bidra til en generell optimalisering av saltbruken og til alternative driftsopplegg i sårbare områder.

Hver arbeidspakke har hatt et selvstendig ansvar for planlegging og gjennomføringen av aktiviteter for å nå de faglige målene. Selv om det innen hver arbeidspakke ligger selvstendige oppgaver, vil det være noen grensesnitt mot andre arbeidspakker/delprosjekt hvor det har vært ekstra behov for koordinering.

Prosjektgruppen har ivaretatt helhetsvurderingene innen prosjektet og gitt deltakerne innsyn i de ulike problemstillingene innen hver arbeidspakke.

Prosjektet har vært delt inn i følgende arbeidspakker:

- Arbeidspakke 0 (Ap0): Prosjektadministrasjon
- Arbeidspakke 1 (Ap1): Metoder for redusert saltbruk
- Arbeidspakke 2 (Ap2): Miljøkonsekvenser av salt og alternative metoder
- Arbeidspakke 3 (Ap3): Styring/policy

2 Prosjektadministrasjon

2.1 Generelt

Denne enheten har ivaretatt sekretærfunksjon og gitt støtte til arbeidspakkene innen ulike fellesoppgaver. Dette har vært en felles funksjon for administrasjon av prosjektet.

Felles administrative oppgaver for prosjektet innen:

- Prosjektplanlegging
- Oppfølging av økonomi og resultater
- Rapportering til styringsgruppe
- Yte bistand til arbeidspakkene ved utlysning og kontraktbehandling for kjøp av varer og konsulenttjenester, gjennomføring av litteraturstudier mv.
- Utarbeiding av infostrategi og gjennomføring av infoaktiviteter
- Arrangering av felles møter, konferanser og seminarer
- Følge opp kvalitetsplanen for prosjektgjennomføringen

2.2 Utførte arbeider i Salt SMART

Følgende rapporter og notater er utgitt i prosjekt:

Nr.	Rapport	Levert av	Ap
1	SVV rapprt Vegsalt i innsjøer –tålegrense mht kjemisk sjiktning	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2012. Upublisert.	Ap2
2	SVV rapport 90 Modellert påvirkning av vegsalt i Padderudvann	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2012	Ap2
3	Notat: Laboratorieforsøk for å studere hvordan saltløsninger blandes og innlagres i ferskvann	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2012	Ap2
4	Masteroppgave Transport av vegsalt til et grunnvannsverk	Masteroppgave Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Upublisert.	Ap2
5	Vd Rapport 52 Optimal vinterdrift.pdf	Sivilingeniør Reitan AS 2011	Ap3

6	VD Rapport 41 Effect of road salt and copper on fertilization and early developmental stages of Atlantic salmon.pdf	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2011	Ap2
7	VD Rapport 36 Salt i grunnvann.pdf	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2011	Ap2
8	Proceedings. Spatial vulnerability assessment for road deicing salt on surface water using GIS.pdf	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2011	Ap2
9	Masteroppgave Biotilgjengelighet og opptak av antimon, kadmium, kobolt og sink i øyestikkernymfer som funksjon av økende veisaltkonsentrasjoner.pdf	Masteroppgave Universitetet for Miljø og Biovitenskap 2011	Ap2
10	VD Rapport 37 Mengderapportering vinteren 2010/2011.pdf	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2011	Ap0
11	Optimal vinterdrift?.pdf	Rambøll 2011	Ap3
12	VD Rapport 8 Tålegrenser for planktonalger i innsjøer.pdf	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
13	Vinterspyling av nyplantede trær.pdf	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
14	Mengderapportering vinteren 2009/2010.pdf	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap0
15	Saltsprutskader på vegetasjon (pdf)	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
16	PhD. Ecotoxicological Effects Of Highway And Tunnel Wash Water Runoff	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
17	Rapport 2593 Alternative kjemikalier og tilsetningsstoffer til natriumklorid - en litteraturgjennomgang (pdf)	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap1
18	Kartlegging av funksjonskontraktens krav og	Rambøll 2010	Ap3

	insitament til vinterdrift (pdf)		
19	Environmental damages caused by road salt - a literature review (eng.version of report no 2535) (pdf)	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
20	Rapport 2564 Tiltakskatalog - Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann ved vegsalt (pdf)	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
21	Rapport 2589 Estimering av gjennomsnittlig saltfluks fra veg til vannforekomst (pdf)	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
22	Rapport 2588 Effekter av avisingskjemikalier på vegetasjon (pdf)	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap2
23	Rapport 2583 Endringer i vegkantvegetasjon (pdf)	Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen 2010	Ap3
24	Rapport 2564 Mengderapportering vinteren 2008/2009 (pdf)	Teknologiavdelingen 2009	Ap0
25	Arbeidsnotat Belegg på dekk (pdf)	Teknologiavdelingen 2009	Ap1
26	Rapport 2563 Levetid av ulike spredemetoder (pdf)	Teknologiavdelingen 2009	Ap1
27	Rapport 2558 Mekanisk fjerning av snø og is (NB pdf 11 MB)	Teknologiavdelingen 2009	Ap1
28	Ecological Effects of Road Salt (5.8 MB).pdf	Masteroppgave Universitetet for Miljø og Biovitenskap 2011	Ap2
29	Rapport 2535 Miljøkonsekvenser ved salting av veger (pdf)	Teknologiavdelingen 2008	Ap2
30	Notat Miljøvurdering av bruk av kaliumformiat i Statens vegvesen.pdf	Teknologiavdelingen 2008	Ap2
31	Rapport 2523 Reduksjon av saltforbruk ved hjelp av tilsetningsstoffer (pdf 5,5 MB)	Teknologiavdelingen 2008	Ap1

32	Rapport 2493 Salting av veger Kunnskapsoversikt (pdf)	Teknologiavdelingen 2007	Ap1
----	---	--------------------------	------------

Tabell 2.1 Rapporter og notater utgitt i salt SMART

Rapportene er tilgjengelige på www.vegvesen.no. Ut over disse rapportene vil det i tillegg til denne sluttrapporten leveres en veileder, Salting med miljøhensyn, til 1.mai 2012. Veilederen beskrives i kapittel 3. Kunnskapsoversikten skal revideres i 2012. Sluttrapport for delprosjektet Mekanisk fjerning av snø og is er ikke slutført pr dags dato.

Nedenfor er de kontrakter som er inngått i prosjektperioden.

Gjennomførte eksterne anskaffelser og kontrakter	Firma
Mekanisk fjerning	Sintef
Mannskap feltforsøk	Sintef
Litteraturgjennomgang - alternative kjemikalier	Vianova
Databehandling i Elrapp	Norconsult
Miljø, overflatevann og grunnvann	Niva Bioforsk
Vegetasjonsforsøk	Bioforsk, Særheim
Leie av utstyr (veisoper) i Ålesund	Øveraasen
Kartlegging av funksjonskontrakter – vinterdrift	Rambøll
Sluttrapportering mv.	COWI
"Optimal vinterdrift"	Rambøll
Operasjonalisering av optimal vinterdrift	Reitan/Brucon

Tabell 2.2 Kontrakter inngått i prosjektperioden

3 Miljøkonsekvenser av salt og alternative kjemikalier

Ap2 har utredet hvilke miljøskader salt påfører naturen og framskaffet et klassifiseringssystem for miljøsoner langs vegnettet ut fra ulike tålegrenser eller lovpålagte krav for miljøpåvirkninger.

Videre er det foreslått tiltak for å begrense og ha kontroll på utviklingen av skadevirkninger.

3.1 Innledning

Statens vegvesen startet i 2007 Salt SMART prosjektet for å finne ut hvordan vi kan redusere saltbruken samtidig som vi kan sikre god fremkommelighet og trafikkikkerhet gjennom vinteren. Det ble opprettet en arbeidspakke som skulle ha ansvaret for å besvare de miljørelaterte spørsmålene som ble stilt i prosjektbestillingen.

Regjeringens miljøpolitikk baserer seg på at alle etatene skal ha et selvstendig miljøansvar, det vil si at de skal ha oversikt over miljøeffektene av sin virksomhet, de har selv ansvar for å gjennomføre tiltak innen eget ansvarsområde, og de har ansvar for å rapportere om miljøutviklingen og effekter, samt kostnader av tiltak.

Miljølovgivningen skal følges. Det er særlig vannforskriften som er relevant i forhold til veggaltingen, men også naturmangfoldloven, drikkevannsforskriften, naboloven og forurensningsloven er lovverk som kan komme til anvendelse.

3.2 Resultatmål

Formålet med arbeidspakke miljø har vært å dokumentere hvilke skader vegsalt har på overflatevann, grunnvann og på vegetasjonen gjennom litteratur og studier. Oppdraget var å bestemme følgende:

- Miljøvirkningene av salt og aktuelle biologisk nedbrytbare kjemikalier

- Tålegrenser for salt og nedbrytbare kjemikalier i overflatevann, grunnvann og på vegetasjon for ulike områder og naturtyper
- Klassifiseringssystem for miljøsoner på grunnlag av tålegrenser og saltpåvirkning
- Metodikk for overvåkning av miljøpåvirkning for å avdekke eventuelle overskridelser av tålegrenser
- Tiltak som unngår eller reduserer miljøvirkningen der reduksjon/opphevelse av bruk av salt ikke er ønskelig.
- Metoder for gjenoppretting av naturlig saltnivå og biologisk mangfold

3.3 Oppbygging av miljødelen av rapporten

Innledningsvis i prosjektet ble det gjennomført en litteraturstudie om miljøkonsekvensene ved bruk av vegsalt for overflatevann (flora og fauna), grunnvann, på planter og i jord nasjonalt og internasjonalt, som ble skrevet av Bioforsk og Universitetet for Miljø og Biovitenskap. Spørsmålene som skulle besvares i litteraturstudien reflekterte målsetningene for arbeidspakke miljø. På de områdene det ikke fantes kunnskap, ble kunnskapshull avdekket. Dette dannet grunnlag for arbeidet i arbeidspakken.

Litteraturstudien avdekket kunnskapshull som har vært grunnlaget for prosjektene som har blitt gjennomført i Salt SMART. Hvert kapittel er bygget opp med de samme temaene for å vise hvilke kunnskapshull vi hadde og hva vi har gjort for å forbedre kunnskapsgrunnlaget, i henhold til resultatmålene for arbeidspakke miljø. Oppsummeringen er skrevet av Kjersti Wike Kronvall, Jørn I. Arntsen, Astrid B. Skrindo, Mari Dørdsal og Helene Berger basert på studiene gjennomført i Salt SMART.

Kapitteloppbyggingen er den samme som resultatmålene for arbeidspakke miljø:

- Dokumentere miljøvirkningene:
 - Litteraturgjennomgang
 - Studier gjennomført for å tette kunnskapshull
- Bestemme tålegrenser for NaCl
 - Litteraturgjennomgang
 - Studier gjennomført for å tette kunnskapshull
- Tiltak
- Metoder for gjenoppretting av naturlig saltnivå og biologisk mangfold

I tillegg til kapitlene:

- Klassifiseringssystem for miljøsoner
- Utarbeide metodikk for overvåkning av miljøpåvirkning

3.4 Sammendrag, konklusjoner og anbefalinger

Resultatmål for miljødelen av Salt SMART handlet i hovedsak om å finne miljøkonsekvenser og naturens tålegrenser for salt, og å lage et system for å dele inn vegnettet i forhold til risikoen for miljøskade forårsaket av vegsalt. I tillegg skulle prosjektet se på overvåking og mulige tiltak der saltreduksjon ikke er mulig, ikke er tilstrekkelig eller ikke er ønskelig.

Oppgavene ble løst gjennom litteraturundersøkelser og undersøkelser/forsøk.

Litteraturundersøkelsen viste hvilke kunnskapshull som finnes, og det ble igangsatt undersøkelser for å dekke kunnskapshullene. Det ble utført 18 studier, inkludert PhD-arbeid, masteroppgaver, forskningsstudier og interne undersøkelser, i prosjektets miljødel og alle er dokumentert gjennom rapporter eller notater.

I Salt SMART er det sett på to hovedgrupper kjemikalier som kan brukes i vinterdriften; kloridbaserte og organiskbaserte kjemikalier. Begge typer kjemikalier kan gi skader på miljøet. Organiske kjemikalier kan brytes ned til karbondioksid og vann under optimale forhold, noe som er avhengig av mengder kjemikalie, oksygentilgang, tilgang på næringsstoffer, temperatur, kornfordeling, dyp til grunnvannet og oppholdstid. Skader kan oppstå ved ufullstendig nedbrytning og kan medføre blant annet økte jern og mangankonsentrasjoner i grunnvann, i tillegg til dannelse av mellomprodukter som merkaptaner, metan og ammoniakk. Kloridbaserte kjemikalier kan for eksempel skade flora og fauna i innsjøer, føre til saltsjiktning i innsjøer, skade på grunnvann og på vegetasjon (naturlige- og kulturplanter), samt i jord. Undersøkelser som er gjennomført for å dokumentere miljøkonsekvenser ved salting av veger er beskrevet i de neste avsnittene.

Det har blitt undersøkt salteffekter på samfunn av virvelløse dyr (makroinvertebrater) i elver, på fisk fram til smolt-fasen, på planktonalgers tålegrenser, på utvasking av metaller på grunn av salt avrenningsvann, hvor lett forskjellige metaller gjøres biologisk tilgjengelig (for øyenstikkere) som funksjon av vegsaltkonsentrasjonene og hvordan vanntettheten og saltinnblandingen i innsjøer foregår (forsøk og modellering). Det er gjort et forsøk på å estimere saltspredning og konsentrasjon i grunnvann, noe som viste seg svært vanskelig, så istedenfor er det gjort eksempler på modellering av enkelte grunnvannsverk. Omfanget av saltsprutskader på trær er undersøkt, effekter av vegsalt på urter langs veg er også undersøkt, virkninger av salt og alternative kjemikalier er undersøkt for fem treslag. Det er gjort forsøk med uttynning av saltkonsentrasjonen i jord og vasking av trær for å redusere omfanget av saltsprutskader på vegetasjon, og det er gjort mye arbeid med å utvikle en modell for å estimere saltkonsentrasjonene i innsjøer langs det saltede vegnettet. I tillegg er det laget en oppsummering av kjente fysiske tiltak for å hindre saltskader, som for eksempel tetting av grøfter, tildekking av planter m.m.

En kort oppsummering av den økte kunnskapen er at når det gjelder innsjøer har vi ikke sett endringer i bunndyrsamfunn i elver, og at fisk er såpass robuste at skader på grunn av salt sannsynligvis ikke vil forekomme. Også for de tidlige livsfasene for fisk skal det være svært uheldige sammentreff dersom skader på grunn av vegsalt skal kunne opptre. Det kan imidlertid skje endringer i artssammensetningen for planktonalger ved konsentrasjoner som kan opptre i vegnære innsjøer. Det er både metaller og salt i avrenningen fra veger, og saltet kan være med på å løse metallene slik at de blir lettere tatt opp i organismer som lever i vann. Videre har vi sett at det i noen tilfeller går raskt å gjenopprette "naturlig" saltinnhold i enkelte påvirkede innsjøer hvis saltingen opphører. Vi har laget en modell for å beregne maksimal saltkonsentrasjon i innsjøer før det kan gi miljøskader, som kan brukes som en del av grunnlaget for å lage ytre miljø-planer for driftskontraktene. Modellen baserer seg på

vannavrenningsdata fra NVE kombinert med salt- og vegdata og viser hvilke konsentrasjoner av vegsalt vi kan forvente i innsjøene, og hvilke bekker og elver som frakter med seg de største mengdene.

Saltkonsentrasjoner i grunnvann lar seg ikke modellere i stor skala med dagens kvalitet på inngangsdata, men det er i samarbeid med Klif laget en metode for å estimere hvor dype løsmasseavsetningene kan være, noe som kan brukes til å anslå grunnvannets dybde. Metoden gir gode resultater for enkeltforekomster dersom man har gode data for jordsmonn og grunnforhold i området. Det samme gjelder spredningsmodeller for vegsalttransport til grunnvannsverk, det er ikke tilgjengelig gode inngangsdata for hele landet.

Det er dokumentert at saltsprutskadene på trær og busker langs vegene er større enn tidligere. Det er ikke funnet tydelige tegn på at gras og urter i vegkanten er like påvirket som trær og busker, men det er indikasjoner på at enkelte arter lettere kan påvirkes enn andre. Det er ikke funnet tydelig forskjell på effekter av salt og andre kjemikalier for småplanters vekst. Det er sannsynlig at vanning av planter om våren reduserer skadeomfanget, mens det ikke ble målt tydelige effekter av spyling av trær i mildværsperioder om vinteren. Det kan ikke lages klare tålegrenser for vegetasjon, da variasjonene i genetikk, jordforhold og klima er så store at slike tålegrenser blir for kompliserte å lage.

Tilstanden i innsjøer, grunnvann og ved verdifull vegetasjon bør undersøkes i forbindelse med utarbeidelse av ytre miljø-planer for driftskontraktene. Undersøkelsen bør basere seg på miljøsonekartene utviklet i salt SMART. Dette bør gjøres i samarbeid med Miljøseksjonen i Vegdirektoratet som tolker risikovurderingene i miljøsonekartene. Statens vegvesen bør fortsette med regelmessige undersøkelser i innsjøer og på vegetasjon. Miljøsonekartene bør oppdateres jevnlig.

3.5 Overflatevann

3.5.1 Dokumentere miljøvirkningene

3.5.1.1 Litteraturgjennomgang

Miljøkonsekvenser ved salting av veger –en litteraturgjennomgang

Rapportforfattere: Ståle Haaland Bioforsk, Gunnhild Riise UMB

Målet med litteraturgjennomgangen var å samle nasjonal og internasjonal litteratur innen miljøkonsekvensene ved bruk av vegsalt på overflatevann (flora og fauna).

Innsjøer som er mest utsatt for skader fra vegsalt, er i områder med lav avrenning (høy evapotranspirasjon i forhold til nedbør), for eksempel våtmarker, små urbane innsjøer med lang oppholdstid og små bekker som drenerer store urbaniserte områder. Høye saltkonsentrasjoner i innsjøer er vist å være direkte relatert til bruk av vegsalt.

Problemsstillinger knyttet til miljøeffekter av vegsalt i overflatevann er viktig både med tanke på vannforsyning, påvirkning på sirkulasjonsforholdene og dannelse av saltgradienter mot bunnen, i tillegg til effekter på økosystemet og vannlevende organismer. Effekter på organismer er nærmere beskrevet i 3.5.2.

Vegsalt inntar en spesiell stilling fordi det brukes i store mengder, det løses lett i vann, og følger derfor vannstrømmene. Konsentrasjonene av salt i resipientene kan derfor forventes å øke så lenge saltbruken øker. Vann med høy konsentrasjon av salt er tyngre enn vanlig ferskvann. Det kan medføre at slik avrenning ikke blandes inn i de øvrige vannmassene når det renner ut i innsjøer, men legger seg som et tyngre sjikt på bunnen. Innsjøer i Norge som er påvirket av bruk av natriumklorid i vinterdriften kan derfor utvikle saltgradienter. Normalsituasjonen for norske tjern og innsjøer er at vannet sirkulerer to ganger i året; vår og høst. Dette skjer fordi tetthetsforskjellene mellom vannet i dypet og i overflaten på disse tidspunktene er liten (på grunn av liten temperaturforskjell), og at det vindbeskyttende islaget forsvinner om våren. Det skal derfor små krefter til for å sirkulere alt vannet i innsjøen. Det er vindkreftene som setter i gang sirkulasjonen. Når det så introduseres et tyngre vannlag på bunnen, kreves det større krefter for å fullsirkulere vannet i innsjøen. I noen tilfeller vil derfor innsjøen ikke sirkulere. Da oppstår det et vannlag på bunnen der oksygenet ganske snart brukes opp, og der det heller ikke fylles opp igjen fordi sirkulasjonen uteblir. Det medfører et nytt kjemisk regime, og det oksygenfrie området blir utilgjengelig for dyr og planter. I de tilfeller der bunnsedimentet av innsjøen inneholder mye fosfor vil dette løses ut, noe som videre kan medføre fosforlekkasje til overflatevannet, og medføre eutrofiering med økt algevekst. I bunnvannet til saltsjiktete innsjøer kan oksygensvinn føre til høyere konsentrasjoner av jern og mangan i vannfasen. Innsjøer med permanent kjemisk sjiktning og oksygenfritt bunnvann finnes også naturlig (meromiktiske innsjøer), men de er uvanlige i Norge. Disse sjøene er også utsatt for saltskade ved at ytterligere salttilførsel fører til at sirkulasjonsdypet reduseres, noe som kan føre til omrøring og oppvirvling av forurenset bunnvann. Salttilførsel vil også kunne øke saltkonsentrasjonen i vannmassene uten at det blir en sjiktning.

Det er særlig 4 forhold som fører til sjiktdannelse 1) tilførsel av saltholdig overflatevann, 2) tilførsel av næringsrikt vann, 3) tilførsel av saltholdig grunnvann og 4) begrensende sirkulasjonsmuligheter på grunn av morfologi og eller nedbørfeltets topografi. Bekker og elver vil ikke utvikle kjemisk sjiktning slik som i en innsjø.

Tilførsel av natriumklorid til jord fører til økte konsentrasjoner av metaller og basekationer (bl.a. Ca og Mg) og høyere ionestyrke i jordvæska noe som gir redusert løselighet av humusstoffer og dermed lavere humusinnhold i vann. Dette resulterer i dårligere buffersystemer og innsjøens lys- og temperaturforhold vil kunne endres. Kloridkonsentrasjonen i norske innsjøer ligger i all hovedsak i området 1 - 10 mg/l, selv om kystnært overflatevann kan ha et noe høyere innhold (30 mg/l). Konsentrasjoner av salt i vegavrenning kan være opp mot 10 gram per liter. Direkte avrenning til innsjøer som ligger helt inntil veg vil være et problem. I innsjøer med avstander opp mot 100 meter eller mer vil konsekvensene trolig være mindre.

3.5.1.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Ecotoxicological Effects of Highway and Tunnel Wash Water Runoff - Økotoksikologiske effekter av vegavrenning og tunnelvaskevann

Utdrag fra PhD: Sondre Meland., Norwegian University of Life Sciences, 2010.

Avhandlingen omhandler problemstillinger relatert til økotoksikologiske effekter av avrenning fra veg. Eksponeringskarakterisering (f.eks. kildekarakterisering), miljøeffekter (giftvirkninger på fisk) og avbøtende tiltak (sedimenteringsbassenger) har vært essensielle aspekter i denne avhandlingen.

Avrenning fra veg inneholder en cocktail av flere kjemiske stoffer inkludert metaller, organiske miljøgifter og vegsalt. Vegsalt er i seg selv ikke veldig toksisk i de konsentrasjoner som vanligvis finnes i vegvann, men vegsalt er allikevel en nøkkelfaktor i forhold til at vegsalt kan bidra til å gjøre andre stoffer mer mobile og biotilgjengelige. For eksempel ble det i undersøkelser av utløpsvann fra rensedammer påvist betydelig konsentrasjoner av lavmolekylære metallforbindelser. Høye saltkonsentrasjoner sammen med anoksiske bunnforhold og høye konsentrasjoner av løst organisk materiale (DOC) syntes å ha relativt stor betydning for utslippet av disse lavmolekylære metallforbindelsene ($< 0,45 \mu\text{m}$). I en biologisk sammenheng så er lav rensegrad av forurensningsstoffer som foreligger i lavmolekylære former bekymringsfullt fordi disse er antatt mer mobile og biotilgjengelig sammenlignet med partikkelassosierte forurensningsstoffer.

Biotilgjengelighet og opptak av antimon, kadmium, kobolt og sink i øyestikkernymfer (Odonata, Anisoptera) som funksjon av økende veisaltkonsentrasjoner - Et tracereksperiment

Masteroppgave 2011, Mari Thanstrøm Nyheim

Målet med oppgaven var å undersøke i hvilken grad nymfer av libeller som lever i vannforekomster langs veg blir påvirket av å leve i et miljø med moderate konsentrasjoner av tungmetaller og forhøyede konsentrasjoner av vegsalt.

Høye saltkonsentrasjoner i vannfasen kan øke mobiliseringen av tungmetaller fra sedimentet og påvirke biologien i vannforekomstene. Det kan være store variasjoner i hvor skadelig et stoff er i naturen, avhengig av om det forekommer på en form som dyr og planter lett tar opp. Om salt bidrar til at stoffer opptrer i en slik form vil ha betydning for omfanget av miljøpåvirkningen. Denne oppgaven undersøker hvordan veisalt i vannfasen påvirker mobiliteten til kobolt, kadmium, antimon og sink i sediment og hvordan dette påvirker akkumulering av disse metallene i nymfer av Øyestikkere (*Odonata*). Dette er undersøkt ved hjelp av tracerteknikk i et laboratorieeksperiment ved bruk av henholdsvis ^{60}Co , ^{109}Cd , ^{125}Sb og ^{65}Zn . Nymfer av underorden Libeller (*Anisoptera*) ble eksponert for moderat kontaminert sediment og vann med ulike saltkonsentrasjoner (0, 500, 5000 og 10 000 mg NaCl/L).

Det ble benyttet sekvensiell ekstraksjon på sedimentet for å undersøke bindingen og mobiliteten til metallene. For ^{60}Co og ^{109}Cd ble det funnet positiv korrelasjon mellom saltkonsentrasjon og aktivitet av radioaktive tracere i vannfasen, og positiv korrelasjon mellom saltkonsentrasjon og de fraksjonene som antas som biotilgjengelige ved sekvensiell ekstraksjon. ^{125}Sb så ut til å være hardt bundet til sedimentet og ble lite mobilisert av veisalt i vannfasen. Grunnet lav aktivitet av ^{65}Zn i sedimentet var det vanskelig å trekke konklusjoner for dette metallet. Nymfene akkumulerte ^{109}Cd , ^{60}Co og ^{125}Sb . ^{65}Zn ble ikke akkumulert. Basert på verdier for bioakkumuleringsfaktoren (BAF) var rangeringen for akkumulering av de ulike metallene i følgende rekkefølge: $^{60}\text{Co} > ^{109}\text{Cd} \approx ^{125}\text{Sb} > ^{65}\text{Zn}$.

For ^{60}Co og ^{109}Cd førte økt saltkonsentrasjon i vannfasen ikke til økt opptak av metallene i nymfene, det så heller ut til å være en motsatt trend. For ^{125}Sb var derimot metalloptaket lavest i kontrollgruppa som ikke ble tilsatt veisalt. For ^{65}Zn var både aktiviteten i vannfasen og nymfene så lav at det er vanskelig å trekke noen konklusjoner utfra resultatene.

Autoradiografi og målinger av nymfer som skiftet exoskjelett viste at akkumuleringen av ^{60}Co eller ^{109}Cd , eller begge metallene, fordelte seg i indre organer og vev samt exoskjelettet.

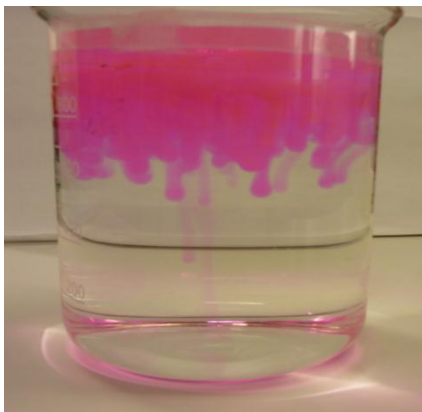
Laboratorieforsøk for å studere hvordan saltløsninger blandes og innlagres i ferskvann

Notatforfattere: Torbjørn Jørgensen, Statens vegvesen

Målet med arbeidet har vært å 1) undersøke ved hvilke konsentrasjonsforskjeller i salinitet saltholdig vann vil innlagres i bunnsjiktet, 2) betydningen av temperaturforskjeller og ulike saliniteter og 3) om repetert tilførsel av salt bidrar til videre oppbygging av det saltholdige bunnsjiktet.

Undersøkelser konkluderer med at avrenning fra veg kan føre til akkumulering av salt (NaCl) i innsjøvann over tid og at det kan dannes saltgradienter mot bunnen av innsjøer. Når væsker med forskjellig tetthet kommer i kontakt får vi det som kalles tetthetsdrevet strømming. I ferskvann er det stort sett temperaturen som påvirker vannets tetthet, rent vann har sin maksimale tetthet ved 3,98 °C. I sjøvann vil i tillegg saltinnholdet (salinitet) påvirke tettheten. Endringer i temperatur og salinitet er de viktigste drivkreftene bak havstrømmene. Når salt varmt smeltevann fra vegen møter et kaldere ferskt innsjøvann kan vi få en strømming som i litteraturen kalles ”salte fingre”. Salte fingre oppstår når varmt salt vann ligger over kaldt ferskvann. Prosessen drives av at salinitet diffunderer om lag 100 ganger langsommere enn temperatur. Når en varm salt “vanndråpe” kommer inn i et basseng av kaldere ferskvann vil den raskt avgi varme til omgivelsene. Dermed vil den starte og synke ettersom tettheten blir større i “dråpen” enn i omgivelsene. Tilsvarende vil “nabodråpen” med kaldt ferskvann som mottar varmen stige. Prosessen vil dermed føre til en turbulent strømming som blander det salte vannet inn i ferskvannet raskere enn om det ikke var temperaturforskjeller tilstede. Mekanismene for hvordan salt smeltevann blandes med ferskere vann i en innsjø er viktig for å forstå sjiktdannelse i innsjøer. Hvilke faktorer er kritiske for akkumulering av salt i innsjøen og hvordan vil dette påvirke innsjøen over tid. Det ble utviklet en teknikk for påføring av farget saltvannsløsning ovenpå springvann, som er 10-15 °C kaldere. Høyere temperatur gjør at densiteten til saltvannsløsningen er lavere enn det kalde springvannet rett etter påføring, og det fargede vannet legger seg øverst i begerglasset. Etter en tid vil temperaturdiffusjon føre til at det saltholdige vannet avkjøles og synker ned i begeret, samtidig som det kalde springvannet varmes opp og får oppdrift. Det dannes saltfingre og kuleformede fargesoner som går mot bunnen av begeret. Etter hvert dannes en rødfarget timeglasstruktur, deretter et rødfarget bunnsjikt og til slutt farges hele innholdet lyserødt.

Fra 200 mg/l natriumkloridtilsetning dannet det seg tydelige saltfingre, og man kunne se at rødfarget, saltholdig vann sank ned mot bunnen i begerglasset (Figur 3.1). Synkehastigheten økte med økende saltkonsentrasjon.



Figur 3.1 Dannelse av salte fingre

Det er ikke sikkert at fargestoff og natriumklorid diffunderer med samme hastighet og at de følges ad over tid. Det kan ha skjedd en sjiktning med natriumklorid nederst i begerglasset selv om hele i innholdet etter noen timer har fått en jevn, lyserød farge. Resultatene viser at det ikke er lett å gjenscape situasjonen med saltgradienter som er observert i 18 av 59 undersøkte innsjøer. Resultatene indikerer at det utvikler seg salte fingre og at saltholdig vann synker til bunnen, men det kan ikke påvises at det dannes permanent sjiktning.

Modellert påvirkning av veisalt i Padderudvann

Rapportforfattere: Torulv Tjomsland, John Rune Selvik og Bjørn Faafeng, NIVA

Målet med prosjektet var å teste i hvilken grad vegsaltpåvirkning av en innsjø kunne simuleres ved en matematisk modell.

Padderudvann ligger ca. 3 km vest for Asker sentrum i Akershus. Vannet har et overflateareal på 0,135 km² og største dyp er 21 meter. E18 går langs nordsiden av vannet. Ca. 2 km av denne veien ligger innenfor nedbørfeltet. Årlig forbruk av vegsalt på denne veien har variert fra under 20 tonn/km til opp til 80 tonn/km fra 1990 til 2008. Utviklingen av saltinnholdet i innsjøen ble simulert med en matematisk modell (GEMSS) for perioden 1990 – 2008. Simuleringene viste, i likhet med observasjonene, at det var en betydelig økning av saltholdigheten med økende dyp. Saltgradienten førte til at innsjøen kun sirkulerte i de øverste 10-12 meterne av innsjøen.

Tre scenarier ble testet; 1) naturlige forhold, 2) veisalting opphører og 3) veisalting opphører og bekken i sør ledes ut av nedbørfeltet. Scenarium 1 viser at forskjellene i saltholdighet mellom overflate- og bunnvann fortsatt hindrer en fullstendig vertikal blanding, noe som synes å ha sammenheng med høyt saltinnhold i en av bekkene som kommer fra et myrområde som ikke er påvirket av vegavrenning. Modelleringsresultatet indikerer at Padderudvann er en naturlig meromiktisk innsjø, det vil si en innsjø uten naturlig sirkulasjon vår og høst. Scenarium 2 viser at i løpet av tre år ble saltinnholdet noenlunde konstant både i overflaten (130 mg/L) og ved bunnen (150 mg/L). Etter 18 år var det fortsatt tilstrekkelig stor vertikal gradient til at vi må forvente meget liten sirkulasjon under 10 meters dyp med tilhørende oksygensvinn. De saltholdighetene som fant sted etter noen år var den samme som i scenariet for naturlige forhold. Scenarium 3 viste at saltinnholdet i både overflate og bunn fikk nesten samme verdier (120 mg/l). Det ble ingen gradient fra overflaten mot bunnen, dvs. at vannet sirkulerte regelmessig vår og høst. I følge dette scenariet er det først og fremst avløpet fra myra i sør som er årsaken til Padderudvannets dårlige sirkulasjonsforhold under naturlige forhold. Vi forutsetter her at det er riktig at høye saltholdighetsverdier fører tilsiget ned på dypt vann. Det som er avgjørende for sjiktning er ulike konsentrasjoner med tilhørende ulike innlagringsdyp. Scenariet er ment som et eksempel på bruk av modellen til å beskrive effekter av tilførsler med ulike saltkonsentrasjoner og innlagringsdyp, samt å peke på et mulig tiltak.

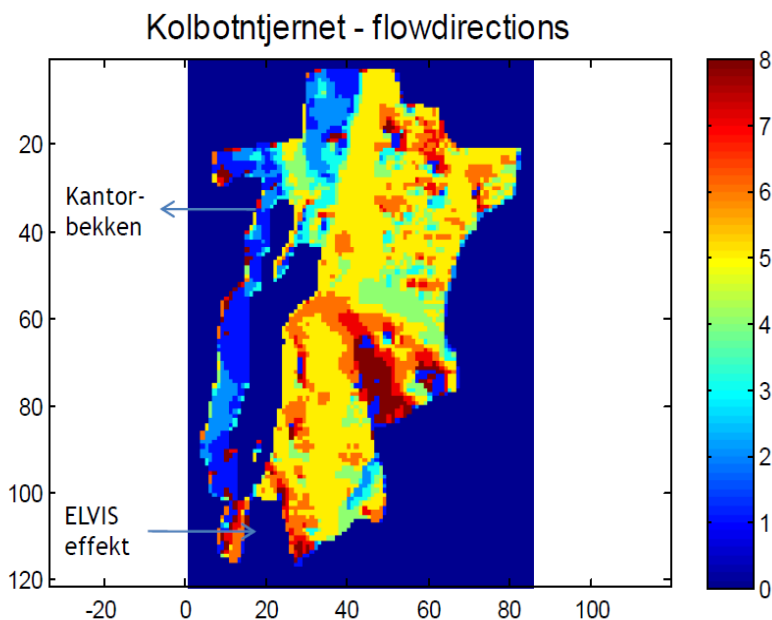
Simuleringene viste godt samsvar med observerte verdier og modellen er godt egnet til å beskrive saltpåvirkning av innsjøer generelt. Resultatene fra simuleringsforsøkene tyder på at Padderudvann er en naturlig meromiktisk innsjø.

Estimering av gjennomsnittlig saltfluks fra veg til vannforekomst

Rapportforfattere: Nils-Otto Kitterød, Stein Turtumøygard, Paul Andreas Aakerøy og Ståle Haaland. Bioforsk

Målet med arbeidet har vært å estimere stasjonær vannbalanse, saltbalanse og saltkonsentrasjon for en hvilken som helst innsjø i Norge.

Enkel metodikk for saltbalanseberegninger er utviklet. Metoden er generell noe som betyr at beregningene skal være mulig å gjennomføre for en hvilken som helst innsjø i Norge. Beregningene er basert på såkalt griddet informasjon, det vil si at kontinuerlig informasjon beskrives i et rutenett med en konstant verdi for hver rute, ($dx = dy = 25 \text{ m}$) for alle feltene. Metoden er basert på geografisk informasjon i form av vannbalanseberegninger, digitale terrengkart samt om gjennomsnittlig forbruk av vegsalt i innsjøens nedbørfelt. Metoden har bestått av 1) gridding av datagrunnlaget, 2) identifisering av randa til vannforekomsten, 3) avgrensing av nedbørfelt til vannforekomsten, 4) estimering av gjennomsnittlig stasjonær massebalanse for hele vannforekomsten og 5) estimering av gjennomsnittlig stasjonær massebalanse langs randa til vannforekomsten. Figur 3.2 viser hellingskart og hellingsretning i Kolbotntjernet nedbørfelt.



Figur 3.2 Hellingskart som viser hellingsretningen i Kolbotntjernes nedbørfelt. Fargekodene indikerer hellingsretning (1 – øst, 2-sørøst, 3-sør, 4-sørvest, 5-vest, 6-nordvest, 7-nord og 8-nordøst). Tjernet er markert blått (fargekode 0).

Beregningene gir også estimat på romlig fordelt stasjonær saltfluks langs randa på vannforekomstene. Estimert romlig variasjon av saltinnstrømningen langs randa på innsjøene indikerer risiko for tetthetssjiktning i innsjøene.

Metoden er basert på landsomfattende informasjon og kan brukes for å identifisere mulige utsatte vannforekomster før eventuelle fysiske målinger blir utført. I denne rapporten er metodikken testet for seks innsjøer i Norge og resultatene av beregningene er sammenlignet med uavhengige feltobservasjoner. For fem av seks innsjøer er det rimelig godt samsvar mellom målte kloridkonsentrasjoner (på 1 m dyp) og estimert stasjonær kloridkonsentrasjon.

3.5.2 Bestemme tålegrenser

3.5.2.1 Litteraturgjennomgang

Miljøkonsekvenser ved salting av veger – en litteraturgjennomgang

Rapportforfattere: Carl Einar Amundsen, Bioforsk

Målet med litteraturgjennomgangen var å samle nasjonal og internasjonal litteratur innen miljøkonsekvensene på overflatevann (flora og fauna).

Internasjonale sammenstillinger viser at sammenhengen mellom kloridnivåer i ferskvann og akutte og kroniske effekter på fisk, krepsdyr og alger er relativt godt kjent og akutte tålegrenser for fisk og invertebrater kan trolig etableres i dag ved å gå grundigere inn i det datamaterialet som finnes. Det må imidlertid diskuteres hvilke organismer og naturtyper som er de mest følsomme og hvor godt beskyttet det er ønskelig (og økonomisk tilrådelig) at disse skal være. US Environmental Protection Agency har etablert grenseverdier for kronisk toksisitet av klorid på 230 mg Cl/L og akutt toksisitet på 860 mg/l.

Akutte effekter ved eksponering <4 dager, akutte effekter ved eksponering 1 uke og kroniske effekter oppstår ved Cl-konsentrasjoner på hhv. (ca.) 6000 mg/l, 1100 mg/l og 560 mg/l dersom det tillates effekter på 50 % av organismene (EC₅₀), dette gjelder for henholdsvis fisk, krepsdyr og alger. Dersom det tillates effekt på bare 5 % av organismene kan kroniske effekter oppstå ved Cl-konsentrasjon på ca. 200 mg/l, basert på kanadiske undersøkelser. Endringer i artssammensetning og fysiologiske endringer hos enkeltarter (kroniske effekter) oppstår med andre ord ved langt lavere konsentrasjoner enn akutte effekter. Episoder med høy saltkonsentrasjon kan trolig ha en effekt på organismer som ikke har tilpasset seg høye saltkonsentrasjoner. Ferskvannsarter som er adaptert til kystnære strøk vil trolig tåle effekter fra vegsalting bedre. Planteplankton er trolig generelt ikke så utsatt i surstøtperioder pga lav primærproduksjon under snøsmeltingsperioden men en generell økning i saltkonsentrasjonen i innsjøer vil sannsynligvis ha større betydning. Smoltifiseringsprosessen hos anadrom laksefisk, som foregår om våren vil trolig også overlape i tid med snøsmeltingsperioden. Laksefisk i smoltifiseringsstadiet er vesentlig mer sensitiv for endringer i vannkjemi enn laksefisk i parrstadiet. Generelt ser det ut til at tålegrenser, basert på akutte effekter, for akvatiske organismer er høy. Effektkonsentrasjonene kan være betydelig lavere. Fauna i små bekker der konsentrasjonen og dosene lokalt kan bli veldig høye, vil trolig være mest utsatt. Økt giftighet kan ikke forklares kun med konsentrasjonene av klorid og skyldes nok også at natriumklorid fører til økt mobilisering, økt biotilgjengelighet og økt giftighet av andre trafikkskapte forurensningskomponenter.

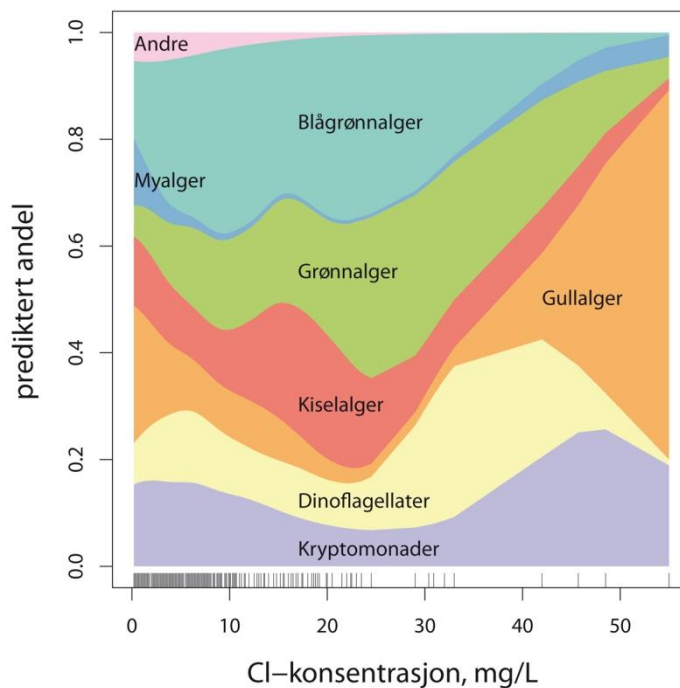
Den generelle trenden i en rekke undersøkelser er at de kloridbaserte avisingkjemikalierne er mindre giftig overfor vannlevende organismer (fisk, krepsdyr, alger) enn de som er basert på acetat. Natriumklorid synes å være det minst giftige kjemikalet blant de kloridbaserte, mens kalsiummagnesiumacetat er minst giftig blant de acetatbaserte. Tas i betraktning at de organiske forbindelsene (formiat, acetat) brytes ned i umettet sone, før det når innsjøene, er det imidlertid mindre sannsynlig at disse vil medføre negative effekter i vann.

3.5.2.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Tålegrenser for planktonalger i innsjøer

Rapportforfattere: Throno O.Haugen, Torleif Bækken, Harald Hasle Heiaas og Birger Skjelbred, NIVA

Målet med prosjektet var å undersøke hvordan planktonalger tolererer økt saltinnhold. Planktonalgens toleranse i forhold til vegsalt er belyst på to ulike måter: statistisk analyse av foreliggende alge- og kjemidata fra NIVAs databaser, og laboratorietester av planktonalgers følsomhet for salt. 357 innsjøer ble analysert ved statistiske analyser. Effekten av kloridkonsentrasjonen på algesammensetningen var betydelig større i kalkfattige innsjøer enn i kalkrike. I kalkfattige innsjøer forventes det ikke å finne arter av dinoflagellater og kiselalger når kloridkonsentrasjonen overstiger 23-30 mg/l (figur 3.3). Arter av gullalger og kryptomonader forventes å dominere under de samme forholdene. Bidraget fra klorid er mindre framtrædende ved konsentrasjoner under 23–30 mg/l. Ved lavere konsentrasjoner synes særlig konkurranseforholdet mellom algene å dominere utformingen av algesammensetningen, og da på en slik måte at blågrønnalgene i økende grad dominerer jo høyere algebiomassen er. I kalkrike og humøse innsjøer ser man samme tendens som i de kalkfattige, men man må opp i kloridkonsentrasjoner som er høyere enn 40 mg/L for at en skal forvente dominans av gullalger og kryptomonader. Det ble ikke dokumentert regionaleffekter for noen av algegruppene.



Figur 3.3 Estimerte andeler av de ulike planktonalgegruppene som funksjon av kloridkonsentrasjon.

Vekstraten for ti algekulturer ble testet mot en konsentrasjonsgradient av vanlig vegsalt (Figur 3.4). To av artene hadde forholdsvis lav toleranse for vegsalt. Mest følsom var flagellaten *Rhodomonas lacustris* med effektkonsentrasjon for halve populasjonen (EC_{50}) på 34 mg/l og *Chrysocromulina parva*, <320 mg/L. De andre algene hadde høy toleranse med EC_{50} over 1000 mg/l. Selv om det må tas forbehold om usikkerheter i datamaterialet og laboratorietester,

så peker undersøkelsene i samme retning, nemlig at det skjer noe med algesamfunnet når kloridkonsentrasjonene når 23-30 mg/l. Dette støtter resultater fra andre norske undersøkelser.



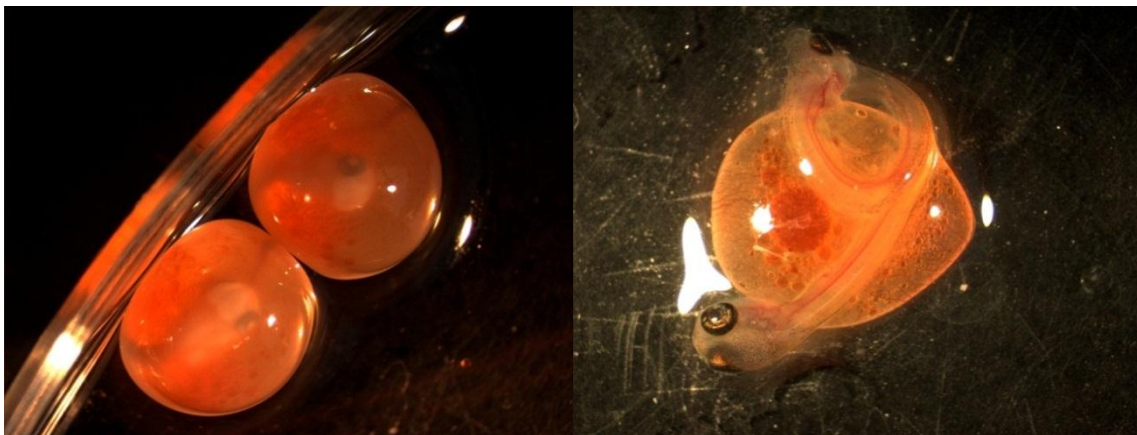
Figur 3.4. En av de testede planktonalgene.

Effect of road salt and copper on fertilization and early development stages of Atlantic salmon (*Salmo salar*)

Rapportforfattere: Urma Mahrosh, Hans-Christian Teien, Merethe Kleiven, Lene Sørli Heier, Sondre Meland, Brit Salbu, Bjørn Olav Rosseland, Universitetet for Miljø og Biovitenskap (UMB)/Statens Vegvesen

Målet med studien var å finne effektkonsentrasjoner av vegsalt og kobber på tidlig utviklingsstadium hos laks.

Rapporten oppsummerer effektene av vegsalt og blandingen vegsalt og kobber (Cu) på tidlige utviklingsstadier hos Atlantisk laks (*Salmo salar* L.), fra befruktning til klekking og "swim-up". Forsøket ble gjennomført ved Fiskelaboratoriet, UMB. Resultatene indikerte subletale (ikke-dødelige) effekter under befruktning ved høye vegsaltkonsentrasjoner (≥ 5000 mg/L), mens senere livsstadier var mindre følsom. I tillegg ble det observert deformiteter som følge av eksponeringen med vegsalt og kobber i kombinasjon (Figur 3.5). Det synes derfor som om sensitiviteten øker hos laks i tidlige livsstadier når de eksponeres for vegsalt i kombinasjon med andre forurensninger i avrenningsvann fra veg.



Figur 3.5. Venstre bilde viser normal utvikling, mens høyre bilde viser utvikling av deformiteter, i dette tilfellet utvikling av to hoder, ved 5000 mg vegsalt/L og 10 µg Cu/L.

Økologiske effekter av vegsalt

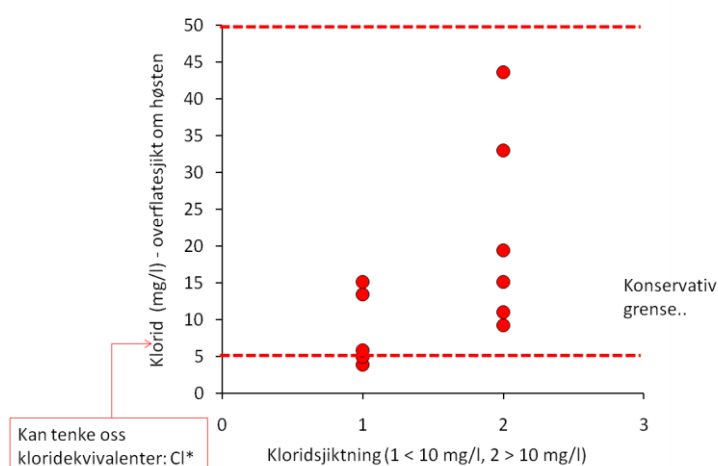
Masteroppgave 2009, Claire Bants, Universitetet for Miljø og Biovitenskap

Målet med oppgaven var å se på effekter av vegsalt fra avrenningsvann fra veg på makroinvertebrat samfunn (virvelløse dyr). Tre elver, Bolvikelva, Ljanselva og Gjersrudbekken, i nærheten av saltede veger i Sør-Norge ble undersøkt. I hver elv ble det tatt prøver tre/fire plasser; en oppstrøms og to/tre plasser nedstrøms påvirkning fra veg. Tre sparkeprøver ble tatt på hver plass. Det ble tatt både kjemiske og biologiske analyser. Hypotesen var at endringer i saltkonsentrasjoner vil endre sammensetningen av makroinvertebrater nedstrøms referansepunktet. Det antas at vannkvaliteteten vil bli dårligere når saltkonsentrasjonen øker, noe som vil føre til en reduksjon i makroinvertebratmangfoldet og fravær av forurensningsfølsomme arter. Det ble observert få forskjeller oppstrøm og nedstrøm. De største variasjonene blant makroinvertebratene ble funnet mellom elvene. Variasjonene fremkommer sannsynligvis på grunn av faktorer som forskjellig størrelse, urbaniseringsgrad av nedbørfeltet og variasjoner i elvebreddsonen. Det var ingen signifikante forskjeller mellom de biologiske indeksene i forhold til oppstrøms og nedstrøms stedene og mellom sesongene. Dette indikerer at det ikke er noen signifikant nedgang i vannkvalitet mellom stedene eller mellom sesongene. Det ble konkludert med at ingen enkelt indeks passer som en "all round index". En blanding mellom biologiske indekser og indeks-verktøy vil sannsynligvis være en mer effektiv framgangsmåte for overvåkning. Basert på makroinvertebrat data samlet i denne studien viste makroinvertebratsamfunn ingen akutt negativ respons for vegsalt. Noen arter viste imidlertid høyere kloridsensitivitet enn andre. Studier av samfunn alene kan være for lite sensitive til negative effekter som vegsalt kan ha på makroinvertebrater. Mange prosesser oppstår ofte på individuelle nivåer før hele samfunnet reagerer på eventuelle negative påvirkninger.

Vegsalt i innsjøer –tålegrense mht kjemisk sjiktning

Rapportforfatter: Ståle Haaland, Universitetet for Miljø og Biovitenskap (UMB)/Statens Vegvesen

Haaland et al. viste at det kan lages tålegrenser for dannelse av saltsjiktning i innsjøer. Det er definert at kjemisk sjiktning i en innsjø oppstår dersom kloridkonsentrasjonen i bunnsjiktet er >10 mg/l høyere enn i innsjøens toppsjikt ved høstsirkulasjon. I rapporten er det på en enkel måte estimert en generell tålegrense ut fra kloridkonsentrasjonen i toppsjikt, i innsjøer der klorid dominerer (dvs utgjør hovedbestandsdelen av innsjøens totale innhold av ioner) (Figur 3.6).



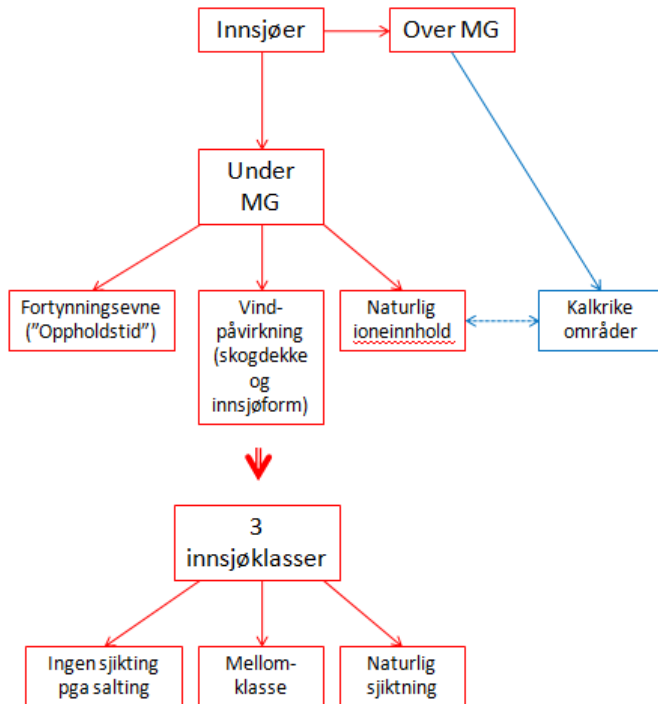
Figur 3.6. Konsentrasjon av klorider (i kloridinnsjøer) for to ulike klasser; innsjøer med og uten kloridsjiktning. Stiplede linjer indikerer mulig grensesetting mht tålegrense for kjemisk sjiktning (nederste linjen, som her er satt til 5 mg/l) og grense for når innsjøen trolig naturlig alltid (eller ofte) vil ha kloridsjiktning. I andre typer innsjøer (som for eksempel bikarbonatinnsjøer) kan vi tenke oss at vi regner om ioneinnholdet til kloridekvivalenter, eller at Y-aksen gjøres om til totalt ioneinnhold ($\mu\text{mol/l}$). Vi tar høyde for dette bidraget ved å modifisere tålegrensen for slike vann ved å multiplisere inn en korreksjonsfaktor, K_{kjemisk} .

Det er også laget en enkel metodikk for grovt å kunne beregne bakgrunnskonsentrasjonen av klorid for sjøsaltpåvirkede innsjøer. Dette er gjort ut fra regresjoner mellom innsjøens beliggenhet med hensyn på meter over havet under marin grense, samt avstand til hav. For innsjøer der andre ioner enn sjøsalter bidrar vesentlig til det totale ioneinnholdet, er det laget en korreksjonsfaktor, $K_{(\text{Kjemisk})}$. Disse ionene vil på samme måte som sjøsalter påvirke innsjøens sirkulasjonsmønster. Korreksjonen har blitt gjort for områder med høyere konsentrasjoner av karbonater og er lagt inn i beregningen av tålegrense for kjemisk sjiktning.

Innsjøenes fysiske karakteristika med hensyn til dannelse av kjemisk sjiktning har også blitt vurdert, og det korrigeres (K_{Fysisk}) for faktorer som tar høyde for innsjøens morfometri, hydrauliske belastning og vindskjerming. Tålegrense for kjemisk sjiktning beregnes på følgende måte:

$$\text{Tålegrense for innsjø mht kjemisk sjiktning} = \text{Estimert generell tålegrense} * K_{\text{kjemisk}} * K_{\text{fysisk}}$$

Flytskjema for å estimere kjemisk sjiktning i innsjøer er beskrevet i Figur 3.7.



Figur 3.7. Flytskjema for estimering av tetthetssjiktning.

Denne tålegrensen kan så videre sees i sammenheng med innsjøens naturlige innhold av sjøsalter og tilførsler av vegsalt (beskrevet ovenfor og i Kitterød m.fl. (2010)). Bakgrunnsionenivå er beregnet ut fra innsjøen beliggenhet over/under marin grense, avstand til kyst og i forhold til kalsiumnivå i grunnvannet. Sammen med estimerte vegsaltkonsentrasjoner utgjør dette totalt ionenivå i innsjøen (T). Videre er det korrigert for skogdekning (S-faktor), innsjøform (F-faktor) og nedbørfeltets areal i forhold til innsjøareal (H-faktor). Følgende formler benyttes for å risikovurdere innsjøer:

Gule sjøer

$$T \geq (5 \text{ mg/L} * S\text{-faktor} * H\text{-faktor}) + F\text{-faktor}$$

Røde sjøer

$$T \geq (50 \text{ mg/L} * S\text{-faktor} * H\text{-faktor}) + F\text{-faktor}$$

3.5.3 Tiltak

Tiltakskatalog – Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt

Rapportforfattere: Roger Roseth og Lena Jakob, Bioforsk Jord og Miljø

Målet med tiltakskatalogen har vært å samle informasjon om tekniske tiltak for en miljømessig håndtering av avrenningsvann med vegsalt, og bidra med en visuell og prosessmessig forståelse av aktuelle tiltak.

Det er sammenstilt en tiltakskatalog for ulike tekniske løsninger for håndtering av vegsalt. Det er lagt vekt på å visualisere tiltak og løsninger gjennom presentasjon av tegninger, prinsippsskisser og utdrag av aktuelle produktpresentasjoner. Iverksetting av effektive tiltak for

håndtering av vegsalt forutsetter en tilfredsstillende forståelse av spredning og transport fra veg til grunnvann og overflatevann. Spredning og transport av vegsalt er avhengig av en rekke faktorer hvorav forbruksmønster, naturgitte forhold, klima og overvannssystemer er noen av de viktigste. Innledningsvis er det derfor gitt en gjennomgang av undersøkelser som kan belyse spredning og transport av vegsalt. De mest aktuelle tiltakene for å beskytte overflatevann er:

- Reduksjon av saltmengder og økt mekanisk fjerning av snø og is
- Kantstein og sluk for bortledning av vann fra sårbare resipienter
- Tette grøfter med oppsamling
- Vanlige grøfter med oppsamling (Sonen innenfor 2 m fra asfaltkanten er viktigste området for infiltrasjon og forurensningsdeponering. For miljøbeskyttelse bør membranløsning legges i området mellom grøft og asfalt.).
- Optimalisering av rensesbassenger (f.eks utforming for utjevning av saltholdig avrenningsvann)
- Endre brøyteprosedyrer for å få jevn infiltrasjon av overvannet, ev bortkjøring
- Deponering og behandling av snø
- Lede saltavrenning ut av nedbørfeltet til en sårbar resipient
- Alternative kjemikalier til vegsalt (kan ha negativ kjemisk effekt)

3.5.4 Metoder for gjenoppretting av naturlig saltnivå

“Modellert påvirkning av veisalt i Padderudvann”, beskrevet under 3.1.2, beskriver tiltak for gjenoppretting av naturlig saltnivå.

Tiltakskatalog – Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt

Rapportforfattere: Roger Roseth og Lena Jakob, Bioforsk Jord og Miljø

Målet med tiltakskatalogen har vært å samle informasjon om tekniske tiltak for en miljømessig håndtering av avrenningsvann med vegsalt, og bidra med en visuell og prosessmessig forståelse av aktuelle tiltak.

I “Tiltakskatalog – Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt” beskrives problemet med at små innsjøer langs kan utvikle sjiktning som følge av bruk av vegsalt. Det foreslås at for mindre sjøer og tjern med lite nedbørfelt og lav tilrenning gjennom vinteren bør det være mulig å iverksette tiltak som gir en kontrollert utskiftning av saltere bunnvann uten at dette gir negative effekter videre nedstrøms vassdraget. Teoretisk bør dette kunne utføres ved at det legges ut en manifoil (inntaksrør med mange hull) i dyplaget i tjernet. Denne legges ut slik at den blir liggende tett på bunnen, men ikke i kontakt med sedimentlaget. Manifoilen legges ut i tilknytning til det dypeste partiet i tjernet, noe som vurderes ved bruk av ekkolodd. Manifoilen kobles til en PE-ledning med ønsket hydraulisk kapasitet som føres ut i utløpsbekken fra tjernet. Dersom PE-ledningen kan føres ned til en høyde som er lavere enn manifoilen vil vannet kunne strømme ved hevert-prinsippet etter

initieell oppstart ved hjelp av en sugepumpe. Hvis dette ikke er mulig forutsetter løsningen permanent pumping fram til bunnvannet er skiftet ut. I et tankeeksperiment med et tjern på 20 da og med maksimalt dyp på 10 m kan det "salte" bunnvannet utgjøre et samlet volum på rundt 100 000 m³. Med en midlere tapping av bunnvannet med en hastighet på 3,5 l/s, så vil hele det aktuelle volumet være skiftet ut i løpet av 1 år. Det er mange vurderinger som må utføres før det kan være aktuelt å iverksette en slik restaurering, men teknisk sett bør det være mulig å få dette til, og spesielt dersom tjernet/innsjøen ligger slik at det er godt fall i utløpsbekken.

3.6 Grunnvann

3.6.1 Dokumentere miljøvirkningene

3.6.1.1 Litteraturgjennomgang

Miljøkonsekvenser ved salting av veger – en litteraturgjennomgang

Rapportforfattere: Helen French, Bioforsk

Målet med litteraturgjennomgangen var å samle nasjonal og internasjonal litteratur innen miljøkonsekvensene på grunnvann.

I Norge er det kun en liten andel av drikkevann som kommer fra grunnvann (under 10 %), og fokuset har derfor tradisjonelt vært mer rettet mot overflatevann. Hovedfokuset har vært på konsekvenser i den mettede sonen og spesielt i forhold til bruken av grunnvann som vannkilde. Ulike avisingskjemikalier vil ha ulike miljøkonsekvenser og følgende kriterier kan settes opp 1) egnethet som drikkevann (toksisitet), 2) oksygenforhold og 3) korroderende egenskaper.

Drikkevannsforskriften har oppgitt en del terskelverdi for miljøpåvirkning som kan være av relevans for vurdering av vannkvalitet i forbindelse med bruk av ulike avisingskjemikalier. Grenseverdien for norsk drikkevann er på 200 mg/l for både Na⁺ og Cl⁻, verdier over denne gir smak på vannet. For personer med lav-natrium kosthold er denne grensen også for høy. Anbefalt nivå for natrium er satt til 20-25 mg/l (anbefalt grense i Norge). Grenseverdiene kan variere noe fra land til land. Grunnen til at det er relevant å se på andre elementer enn selve avisingskjemikaliene er at kjemikaliene vil brytes ned til andre stoffer som for eksempel kan måles som TOC, eller det kan skje kjemiske ionebytte reaksjoner som vasker ut andre elementer fra jorda. Jern og mangan er elementer som typisk opptrer med høyere konsentrasjoner der det skjer en nedbrytning av organiske stoffer. Selv om drikkevannsforskriften setter grenser er dette ikke å regne som tålegrenser i forhold til jord/grunnvannsmiljøet som helhet.

På enkelte lokaliteter vil det være grunnvann i fjell, men de fleste steder vil det være grunnvann i løsmasser over fjell. Det kan være forskjellige typer løsmasser og med varierende mektighet over fjell. Løsmasser av sand eller grus vil gi rask infiltrasjon mens tett leire vil kunne føre til at en større andel av overvannet samles opp av overvannssystemet. Ved tette sjikt i løsmassene kan det dannes hengende grunnvann. I områder med "bassenger" avgrenset av fjellterskler vil det kunne dannes soner med tetthetsstyrt innlagring av tilført saltholdig vann, noe som kan gi svært høye konsentrasjoner av klorid.

En rekke modeller kan benyttes for å beregne tålegrense, både landsdekkende og lokal. For å kunne modellere spredning av avisingskjemikalier lokalt fra veg, bør alle mekanismene som påvirker spredningen kartlegges (vind, sprut, snøbrøyting, avrenning samt videre transport i umettet og mettet sone). For landsdekkende modellering kan blant annet massebalansmodeller benyttes for å beregne fortynningspotensialet for utslipp fra veger.

3.6.1.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Salt i grunnvann -Dokumentasjon av datakilder og metodikk for estimering av sårbarhet

Rapportforfattere: Nils-Otto Kitterød, Stein Turtumøygard, Sylvi Gaut, Camille Jouin, Paul-Andreas Aakerøy UMB/Bioforsk Jord og Miljø/NGU

Målet med prosjektet var å lage en metodikk for å estimere løsmassemektighet i grunnvannsføremøster i Norge. Løsmassemektighet er en parameter som er nødvendig i en metode for grunnvannskaraktisering som er utarbeidet på oppdrag for den tverretatlige direktoratsgruppen for Vannforskriften. Beregningene skal brukes i en metodikk for å karakterisere grunnvannsføremøster i forbindelse med Vannforskriften.

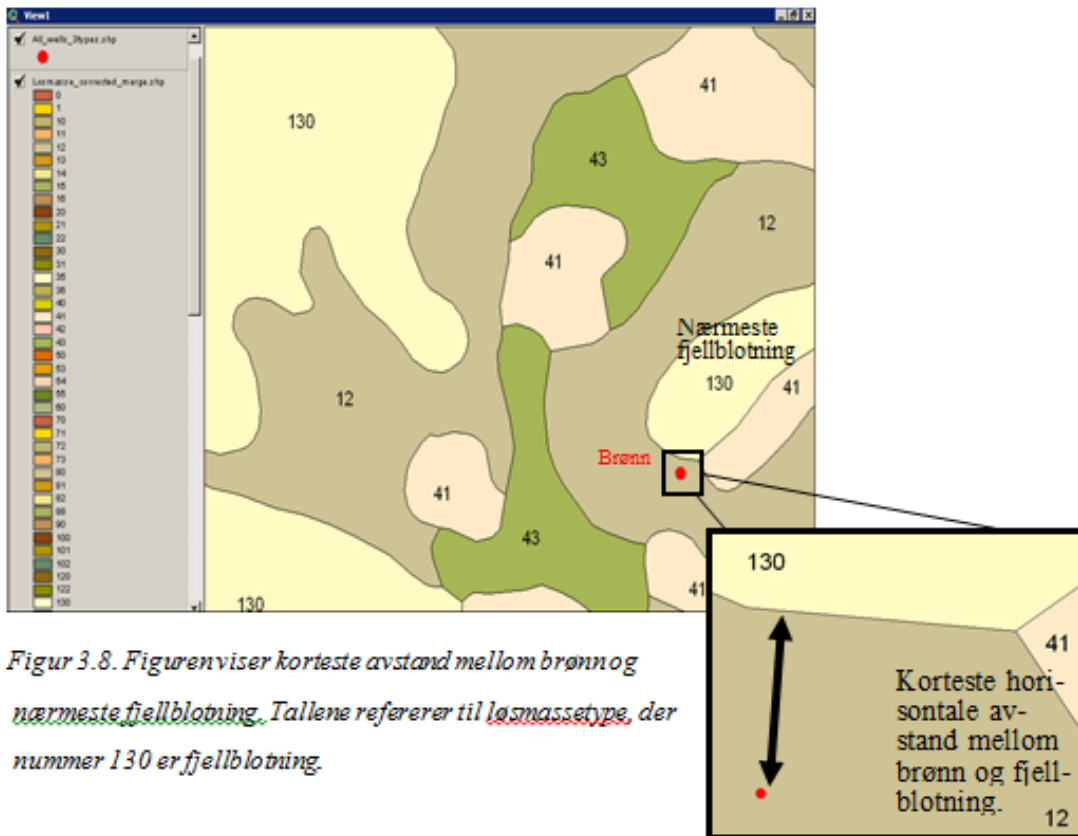
Rapporten dokumenterer datagrunnlag og dataanalyser med hensikt på å lage en generell metodikk for estimering av sårbarhet for grunnvannsføremøster i Norge med hensyn til forurensning fra vegsalt. Metodikken er basert på tilgjengelig informasjon fra offentlige databaser. Bakgrunnen for prosjektet er nasjonale og internasjonale lover og retningslinjer for konsentrasjoner av natrium og klorid i ulike vannføremøster og en oppsummering av dette arbeidet er gitt. Datagrunnlaget som er relevant i sårbarhetsanalysen er beskrevet, i tillegg til resultatet av beregninger for bakgrunnsverdier av salt i grunnvann fra atmosfærisk nedfall. Det er også beskrevet en enkel estimeringsmetodikk av løsmassemektigheten. Denne variabelen er ikke direkte tilgjengelig i dagens geodatabaser, men den kan avledes fra annen tilgjengelig informasjon. Basert på det innsamlede datamaterialet er det gitt eksempler på en enkel sårbarhetsanalyse.

En viktig variabel for estimering av sårbarhet for grunnvann i fast fjell og i løsmasser, er løsmassemektigheten. Løsmassene virker beskyttende for grunnvann i fast fjell, samtidig er det en indikator for hvor mye vann som kan produseres fra vannføremøster i løsmasser. I dette prosjektet er det gjennomført en statistisk analyse av datamaterialet for hele Norge. Basert på disse resultatene er det estimert dyp til fjell for utvalgte lokaliteter med en romlig oppløsning på 25 x 25 m.

Det anbefales at sedimentmektighet beregnes ved å kombinere ulike datakilder. Observasjoner av sedimentmektighet bør kombineres med horisontal avstand til nærmeste fjellblotning (**Feil! ant ikke referanse kilden.**). Ved å basere seg på horisontal avstand til fjellblotning, kan sedimentmektighet beregnes for ethvert punkt for hele landet. Det anbefales videre at det benyttes landsgjennomsnitt for statistiske parametere i beregningene samtidig som det benyttes observasjoner. Landsomfattende gjennomsnitt er langt mer robuste enn estimerer basert på lokale feltmålinger. Alternativt kan det estimeres romlig fordelte statistiske parametere, men kostnaden er langt tyngre beregningsprosedyrer. Fordelen med landsgjennomsnitt er at vekten av lokale observasjoner kun er en funksjon av avstanden mellom punktet som skal estimeres og observasjonene som benyttes for lokal betinging. Poenget med å betinge estimatet på lokale observasjoner, er at estimatet i slike tilfeller alltid vil være konsistent med observasjonene. Det innebærer også at når det gjøres nye

observasjoner, kan estimatene oppdateres. Med denne typen estimer kan usikkerheten også kvantifiseres.

Resultatene er sammenliknet med standard geostatistiske beregninger for en lokalitet (Øvre Eiker). Konklusjonen fra denne lokaliteten er at de enkle beregningene basert på statistiske gjennomsnitt for hele Norge, overenstemmer godt med beregninger som er basert på lokale observasjoner. For enkle sårbarhetsvurderinger hvor mektigheten av løsmassene (grunnvannets dyp) inngår, kan anslått mektighet basert på horisontal avstand til nærmeste fjellblotning benyttes. Metoden gir gode resultater dersom man har gode data for jordsmonn og grunnforhold i området.



Figur 3.8. Figuren viser korteste avstand mellom brønn og nærmeste fjellblotning. Tallene refererer til løsmassetype, der nummer 130 er fjellblotning.

3.6.2 Bestemme tålegrenser

3.6.2.1 Litteraturgjennomgang

Miljøkonsekvenser ved salting av veger – en litteraturgjennomgang

Rapportforfattere: Helen French, Bioforsk

Målet med litteraturgjennomgangen var å samle nasjonal og internasjonal litteratur innen miljøkonsekvensene på grunnvann.

Salt kan spres fra veg gjennom luft (sprut og spray), snøbrøyting og med avrenning. En rekke modeller kan benyttes for å beregne tålegrenser for grunnvann under gitte forutsetninger. For å hindre uheldig påvirkning av grunnvann er fortykning av avrenning fra veg et viktig tiltak. For å beregne fortykningspotensialet for det nasjonale vegnettet, kan ulike

massebalansemodeller benyttes sammen med informasjon om salttilførsler og overskuddsnedbør (infiltrasjon). Det kreves gode meteorologiske data og data om grunnforhold i slike beregninger.

Dersom det er svært høye konsentrasjoner av natriumklorid, vil man kunne få tetthetsdrevet strømming, og det vil kunne synke ned i akviferen. Dersom det finnes terskler i grunnen, vil det eventuelt kunne oppstå områder med opphopning av saltere grunnvann.

3.6.2.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Transport av vegsalt til et grunnvannsverk -Metode for sårbarhetsvurdering

Masteroppgave 2011, Joakim Sellevold

Målet med oppgaven var å presentere en metode for sårbarhetsvurdering av grunnvannsressurser for vegsaltpåvirkning. Metoden er testet på Strømbo vannverk i Øvre Eiker. Det har blitt benyttet programvare for løsning av differensialligninger ved bruk av elementmetoden og empirisk data.

Metodikken i oppgaven er basert på bruk av tilgjengelig data fra Strømbo vannverk med hensyn til topografi, løsmasse- og grunnfjellstopografi, avrenning og potensielle saltkilder. Dataene er implementert i COMSOL Multiphysics programvare, og basert på dette er det kjørt simuleringer som løser Poissons ligning og transportligningen numerisk. Benchmark-simuleringer er også gjennomført for sammenligning med analytiske løsninger før simuleringer kjøres for Strømbo vannverk.

Resultatene viser at det forgår salttransport fra riksveg 35 til Strømbo vannverk. Salte marine avsetninger kan likevel ikke ekskluderes som kilde, samtidig som det ikke har vært mulig å tallfeste det naturlige bidraget uten utfyllende undersøkelser. Modellering av de stasjonære grunnvannsforholdene ga resultater i samme størrelsesorden som de målte verdiene av salt fra vannverket. Imidlertid var bidraget lavt fra vegen, mens bakgrunnsklorid bidro i større grad. Siden klorid er svært konservativt, beskriver modellen kun spredning (hydrodynamisk dispersjon) og horisontal transport (adveksjon). Tidsavhengig simulering viste ingen akkumulering av salt fra år til år. Dette indikerer at akkumulering av vegsalt fra år til år er usannsynlig. Områdene som bidrar til salt i brønnene viste seg å være små (< 1 km). Siden både saltdata, naturlig saltbidrag og avrenning er tidsmessige gjennomsnittsdata, bør resultatene ansees som en form for områdets middelkonsentrasjon (Location Mean Concentration) som ofte benyttes i prosjektering av rens tiltak.

Usikkerhet i målinger og numerisk divergens har vært en utfordring i modellen. Numeriske problemer har oppstått som følge av komplisert og ikke-kontinuerlig datagrunnlag. Sammenligning mot benchmark-simuleringer indikerer at modellen regner riktig, og at feilbidraget fra numeriske effekter er lite. De største kildene til usikkerhet er saltmengder (tonn/år), saltopløsningsprosessen (saltfluks til grunnvann), hydraulisk konduktivitet (m/s) og forholdet mellom infiltrasjon og produksjonsvolum ved vannverk (m³/år).

Metodikken er egnet som verktøy i sårbarhetsvurderinger der det er særlige krav til utslipp fra veg til resipienter. Med mulighet for å legge inn effekt av rensing og bortledning av overvann kan metoden også være av interesse i utbyggingsprosjekter. Parametere og geometri kan enkelt endres i modellen for å undersøke effekten av forskjellige løsninger. Usikkerhetene i modellen er vanskelig å tallfeste, og kunne vært redusert med mer utfyllende

grunnundersøkelser og vannkjemiske prøver. Ved eventuell videreutvikling av modellen bør fokus rettes mot de største usikkerhetene beskrevet over. Metoden egner seg til områder der det er tilgang på gode inngangsdata.

Arbeidsgruppe Grunnvann under Vannforskriftens Direktorsgruppe

Salt SMART har bidratt inn i arbeidsgruppe Grunnvann under Vannforskriftens Direktorsgruppe (grunnvannsgruppa). For å oppnå målet med Vannforskriften må det gjøres en vurdering av miljøpåvirkning av grunnvannsforekomstene. Ut fra innsamlet informasjon skal det utarbeides forvaltningsplaner for vannforekomstene som inkluderer blant annet geografisk utstrekning, dagens tilstand, menneskeskapt påvirkninger og risiko for ikke å oppnå god miljøtilstand i løpet i 2021. Innen juni 2012 skal ”betydningen av menneskeskapt påvirkninger av vannforekomstene være vurdert”. Karakterisering, påvirkning og risikovurdering av norske vannforekomster i samsvar med Vannforskriften skal legges inn i VannNett. Påvirkningsanalysen for en forekomst skal identifisere potensielle påvirkninger. Analysen danner grunnlaget for vurdering av dagens tilstand samt risiko for ikke å nå miljømålet i 2021. Innen juni 2012 skal en slik analyse være gjennomført. Grad av påvirkning avhenger både av omfanget av forurensingen og forekomstenes sårbarhet. Siden det foreligger svært få målinger av grunnvannsforekomstenes kjemiske tilstand, må det i stor grad brukes skjønn ut fra kunnskaper om forekomstenes sårbarhet for forurensing og grad av forurensingspåvirkning. Grunnvannsgruppa har kommet fram til at de skal ta utgangspunkt i 1) grunnvannsforekomstens sårbarhet og 2) forurensningens påvirkningsgrad ut i fra arealbruk/punktkilder.

For å vurdere grunnvannsforekomstens sårbarhet, lages det en sårbarhetsindeks basert på grunnvannsdyp, grunnvannsfornyelse og jordegenskaper. Disse faktorene vektet ut fra betydning. Sårbarhetsvurderingen gjøres av en ekspertgruppe under Grunnvannsgruppa for hele Norge.

Metodikken er foreløpig ikke bestemt, men når det gjelder vegforurensningens påvirkningsgrad er et forslag å benytte data om 1) vegtype, 2) ÅDT (årsdøgntrafikk) og 2) om vegen saltes eller ikke.

3.6.3 Tiltak

Tiltakskatalog – Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt

Rapportforfattere: Roger Roseth og Lena Jakob, Bioforsk Jord og Miljø

Målet med tiltakskatalogen har vært å samle informasjon om tekniske tiltak for en miljømessig håndtering av avrenningsvann med vegsalt, og bidra med en visuell og prosessmessig forståelse av aktuelle tiltak.

For å hindre uheldig saltpåvirkning av grunnvann finnes det en rekke tiltak:

- Reduksjon eller opphør av saltbruk på veg
- Fortynning av avrenning fra veg.
- Hindre infiltrasjon langs sårbare strekninger (oppsamling av overvann)
 - Kantstein og sluk

- Tette grøfter med membraner og oppsamling
- Vanlige grøfter med oppsamling
- Endre utslippspunkt ut av nedbørfeltet til sårbar resipient
- Velge nedbrytbare avisingskemikalier eller kombinasjoner av avisingskemikalier for å redusere saltbelastningen der mengder og grunnforhold tillater det
- Manipulere grunnvannsstrømning, f.eks. gjennom avlastningsbrønner, sårbare resipienter eller brønner ikke får tilsig fra veg
- Endre brøyteprosedyrer for å få jevn infiltrasjon av overvannet, eventuelt bortkjøring
- Deponering og behandling av snø
- Tetting og sikring av grunnvannsbrønner mot overflatenært sivevann

3.6.4 Metoder for gjenoppretting av naturlig saltnivå

Tiltakene nevnt i 4.3 vil bidra til å hindre skader på grunnvann og dermed gå i retning av å gjenopprette naturlig saltnivå.

3.7 Vegetasjon

3.7.1 Dokumentere miljøvirkningene

3.7.1.1 Litteraturgjennomgang

Miljøkonsekvenser ved salting av veger – en litteraturgjennomgang

Rapportforfatter: Per Anker Pedersen, UMB

Målet med litteraturgjennomgangen er å tydeliggjøre saltskadene på vegetasjon. Tilførsel av store mengder natriumklorid gir skader på planter. Dette er velkjent i kystområder og i forbindelse med vintersalting av veg er det observert skader i Norge allerede for mer enn 50 år siden. I bymiljø i Norge syntes veggalting å være hovedårsaken til mistriksel og redusert vekst hos bytrær.

Det er gjennomført mange undersøkelser av ulike arter testet under varierende salteksponering. Litteraturundersøkelsen konkluderer likevel med at det er store feilkilder i undersøkelsene fordi arter har blitt testet under ulike betingelser. Ofte gir data fra felt- og laboratoriestudier ulike resultater, det kan være fordi effektene av salt i feltforsøk responderer i kombinasjon med mange andre faktorer. Litteraturundersøkelsen beskriver forskjellene på saltskade fra sprut og via opptak fra jorda og belyser forskjellene mellom arters toleranse til dette. Det er også betydelige genetiske variasjoner innen arter. Det er påvist at maritime økolyter har større salttoleranse enn kontinentale økolyter av samme art. Effekter av natriumklorid på urter er også svakt dokumentert.

3.7.1.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Saltsprutskader på vegetasjon (Rapportnr. 2614)

Rapportforfatter: Per Anker Pedersen, UMB

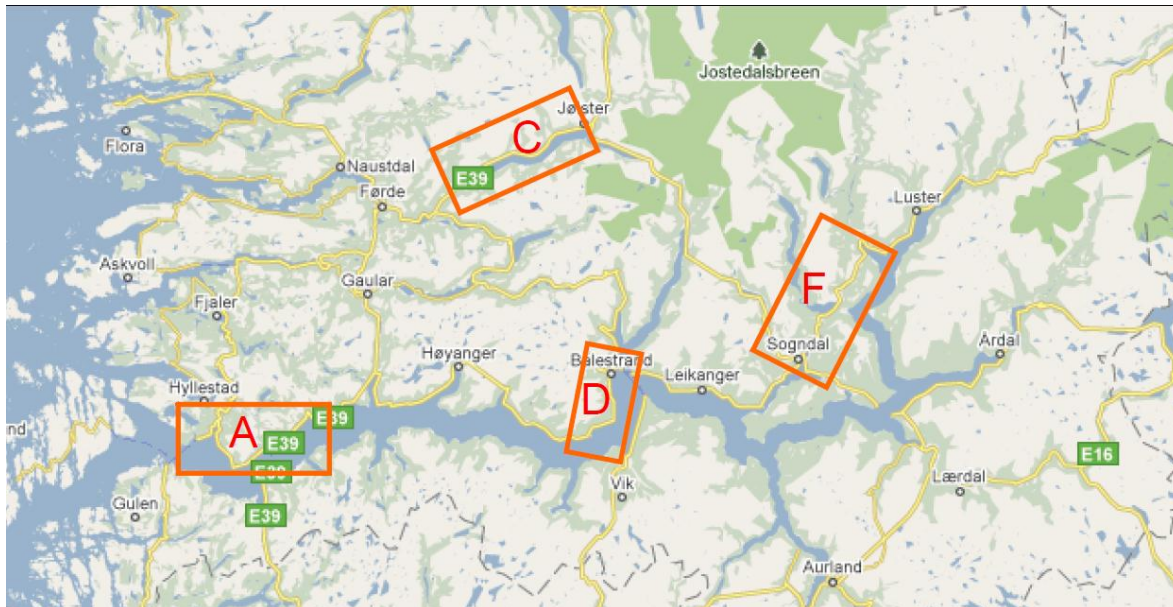
Målet med prosjektet var å dokumentere sprutskadene på vegetasjon vinteren 2009/2010 og sammenligne med tidligere år. Saltsprutskader på Østlandet er tidligere dokumentert av Pedersen i rapporter fra 2003 og 2006. Rapporten i 2010 oppsummerer skadene vinteren 2009/2010 og sammenligner med de tidligere rapportene.

Langs de aller fleste strekninger som ble undersøkt var skadeomfanget i 2010 større enn i 2006 og 2003. På noen strekninger var omfanget derimot omtrent som normalt, det vil si det vanlige omfang av skader som har vært observert langs veg de siste 10–15 år. Strekninger uten særskilte saltskader utover det vanlige var E6 i Hedmark, E18 i Telemark, E16 i Buskerud og langs rv. 4 på strekningen Nittedal–Mjøsbrua. Den relative forverringen i 2010 sammenlignet med tidligere år varierte mellom vegstrekningene. Resultatene i denne rapporten viser at skadeomfanget er størst ved høy fartsgrense og trafikkbelastning. I 2010 ble det som i kartleggingen 2003 og 2006, registrert variasjon både mellom og innen ulike vegstrekninger. Langs strekningene E6 i Østfold og Akershus og E18 i Bærum og Buskerud var skadeomfanget langt større enn ved tidligere registreringer. Flere steder ble det observert store skader langt oppe i krona på eldre bjørketrær mer enn 50 meter fra vegen. Skadebildet samsvarte i hovedtrekk med observasjonene i 2006 og 2003, men utbredelsen av skadene var større langs flere strekninger og skadene var mer alvorlige. For å kunne gjøre en bedre sammenligning av vegstrekninger ville det vært ønskelig å trekke inn data om faktiske utstrødde saltmengder, fordeling gjennom sesongen og data for trafikkbelastning og vurdere disse opp mot meteorologiske data.

Endringer i vegkantvegetasjon (Rapportnr. 2583)

Rapportforfattere: Auestad og Hansen, Høgskulen i Sogn og Fjordane

Målet med prosjektet var å vurdere mulige saltskader på urter og gress i artsrike vegkanter. Skader på trær og busker langs veger på grunn av salting i vinterdrift er godt dokumentert, men effekten på urter er mindre kjent. Høgskulen i Sogn og Fjordane registrerte gras og urter i 60 engvegkanter i fylket i 1999. 17 av disse engvegkantene ble undersøkt på nytt i 2009 for å vurdere endringen i artssammensetningen. Vegkantene ble valgt ut for å dekke opp ulike saltingsregime og avstand fra kysten.



Figur 3.8. Kart over de fire undersøkelsesområdene som omtales i rapporten. Område A omfatter fire strekninger på Fv 607 (ikke salta) og E39 (mye salta) i Hyllestad kommune. Område C omfatter fem strekninger på E39 i Jølster kommune (mye salta), område D dekker fire strekninger på Rv 55 i Balestrand kommune (moderat salta) og område F dekker fire strekninger på Rv 5 og Rv 55 i Sogndal og Luster kommuner (mye salta).

Resultatene viser at endringene som finnes ikke er tydelig nok relatert til forskjellene i saltmengde slik at andre forhold som vegkantslått og klimafaktorer trolig også spiller inn. Endringen er faktisk størst for områdene som ikke ble saltet og minst for områdene som ble mest saltet. Selv om det ikke kan dokumenteres av salt alene gir store endringer, kan det nevnes at i de områdene der det var sterk salting ser de en større nedgang i for eksempel: Engsyre (-28%) og blåklokke, beitesvæve, småsyre og løvetann (alle -12%). Grasartene gulaks (-27%) og markfrytle (-12%) gikk ned, mens rødsvingel, smyle, krattlodnegras og engrapp økte (12-19%).

3.7.2 Bestemme tålegrenser

3.7.2.1 Litteraturgjennomgang

Miljøkonsekvenser ved salting av veger – en litteraturgjennomgang

Rapportforfatter: Per Anker Pedersen, UMB

Litteraturgjennomgangen oppsummerer at tålegrenser på vegetasjon er komplisert ut fra følgende faktorer:

- Tålegrensene varierer mellom arter
- Noen arter tåler saltsprut bedre enn saltholdig jord (og motsatt)
- Tålegrensene varierer mellom ulike populasjoner innen samme art

- Tålegrensene blir påvirket av jordsammensetningen plantene vokser i

Litteraturundersøkelsen viser videre at det er gjort forsøk på å finne tålegrenser på andre arter enn de vi har i Norge, men ut fra kompleksitetsgraden, har vi valgt å nærme oss en tålegrense ved å øke kunnskapen om effekter av salt på trær men uten mål om å finne eksakte tålegrenser.

3.7.2.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Effekter av avisingskjemikalier på vegetasjon (Rapportnr. 2588)

Rapportforfatter: Hans Martin Hanslin, Bioforsk

Målet var å se på stressresponser på små trær ved økende mengde salt i jorda.

Følgende konsentrasjoner ble brukt: 0, 127, 381, 762, 1525 og 2034 mg L⁻¹ jord NaCl. Saltene ble løst i større volum vann og 0,2 L ble tilført hver potte. Lønn og furu ble undersøkt.

Småplanter av furu og lønn viste ulik respons på økende konsentrasjon av NaCl i jord men rotveksten ble negativt påvirket av økende konsentrasjon hos begge artene. Bladbiomassen og stammediameteren ble kun negativt påvirket hos furu. Furu viste nedgang i nålelengde. Lønn hadde en økning i bladfargen fra grønn til rød. Økende saltkonsentrasjoner i jord hadde også en effekt på stress målt i klorofyll fluorescens men uventet antydning til mindre stress ved høyest saltkonsentrasjon.

Småplanter av fem treslag (furu, bjørk, eik, lønn og lind) ble plantet i jordtyper med tre ulike mengder organisk materiale under kontrollerte forhold og økende saltkonsentrasjon. Resultatet tyder ikke på at innholdet av organisk materiale i jord påvirker opptaket av avisingsalter med de jordblandningene brukt i dette forsøket, med unntak for lønn. Men det er sannsynlig at dette vil kunne endres ved bruk av større gradienter og har mer ren torvjord.

3.7.3 Tiltak

3.7.3.1 Litteraturgjennomgang

Tiltakskatalog -Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt. (Rapportnummer 2564).

Rapportforfattere: Roger Roseth og Lena Jakob, Bioforsk.

A. Planteavstand

Dansk undersøkelse viser at 15-30 % av anvendt salt havner i rabatter på midten og siden av vegen. Undersøkelser viser at storparten av dette saltet tilføres jord som ligger mindre enn 2 meter fra asfaltkant. Ved å plante i avstand på mer enn 2 meter fra vegkant vil saltbelastningen på plantenes rotsystem reduseres betydelig.

B. Beskyttelse av beplantning langs veg.

Ulike typer saltvern i form av firkanter, kjebler og parallelle vegger ble testet ut i samme undersøkelse. Undersøkelsen viste at firkantet saltvern ga best effekt. Men også det parallelle saltverne ga god beskyttelse.

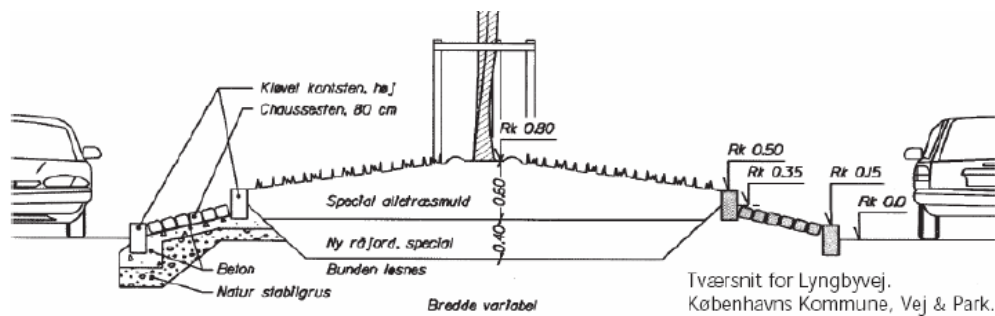


Figur 3.9 Beskyttelse av beplantning langs veg

Saltvern ga generelt godt resultat men det er ikke påvist forskjell mellom 70- og 90 cm høyt saltvern.

C. Opphøyet midtrabatt og kantstein

Det er undersøkt betydningen av opphøyet midtrabatt og kantstein for å redusere saltbelastningen til trær og vegetasjon i gatemiljø. Forsøkene viser at forhøyet midtrabatt med kantstein ga en vesentlig reduksjon i saltbelastningen til jord i områdene med beplantning. Saltbelastningen ble vesentlig redusert sammenlignet med målinger i en vanlig lav midtrabatt.



Figur 69. Prinsippskisse av forhøyet midtrabatt i Lyngbyvejen med brostein og kantstein mot trafikkerte flater (Fra Pedersen og Holgersen 2006).

Figur 3.10 Prinsippskisse av forhøyet midtrabatt med kantstein mot trafikkerte flater

D. Jordblandinger, jordforbedringer og utskifting av jord

I Hamburg ble det på 80-tallet utført storskala utskifting av saltholdig jord rundt gatetrærne. Toppjorden (10-15 cm) ble forsiktig løsnet og sugd opp med sugebil. Jorda ble så erstattet med en ny spesialjord tilsatt organisk gjødsel. Etter fjerning av opprinnelig jord ble det også tilsatt en ionebytter som ble vannet ned i profilet før ny jord ble langt på plass. Over ny jord ble det lagt ut et lag med kakaoflis. Metoden syntes å ha bedret forholdene for de aktuelle

trærne i flere år etter tiltaket. Tilsvarende jord brukes også i plantehull for nye trær i København med godt resultat.

Vekstproblemer knyttet til høye konsentrasjoner av vegsalt i jord skal kunne forebygges ved å gjødsle med langtidsvirkende gjødselvarer. Ved ødelagt jordstruktur pga natrium kan tilførsel av gips bidra til å forbedre jordstruktur, drenering og næringsstoffstats i jorda. Flere undersøkelser viser at tilførsel av kalsium er positivt for å redusere negative effekter av vegsalt. Dette gir økt Ca/Na forhold som er positivt for plantene.

E. Vanning

Vanning vil kunne bidra til å vaske ut uønsket salt fra jorda, i USA blir dette gjort rutinemessig for å hindre saltskader. 50 mm vann vasker ut 50 % av saltet. 100 mm vann vasker ut 80 % av saltet og 200 mm vann vasker ut 90 % av saltet (Se også omtale av forsøk i Salt SMART under).

F. Plassering av vegetasjon:

Kanadiske anbefalinger knyttet til vegsalt og vegetasjon:

- Planting av saltsensitiv vegetasjon i god avstand fra saltsprut.
- Nær veg kan vegetasjon beskyttes mot saltsprut ved å plante i forhøyede rabatter eller bak tiltak som gir en fysisk beskyttelse.

G. Vedlikehold og tiltak:

Kanadiske anbefalinger knyttet til vegsalt og vegetasjon

- Nyplanta bartrær i trafikkerte bygater beskyttes med saltvern gjennom vinteren (seilduk/sekkestrie)
- Planter utsatt for salteffekter kan vurderes påført overflatebeskyttende midler som forhindrer uttørking og andre saltskader.
- Fjerning av saltholdig vegstøv og strøsand fra grøntområder langs vegen så tidlig som mulig om våren.
- Beskytte naturområder og arealer med vegetasjon og omgivelser sensitive for tilførsel av salt med ”leplantinger” av salttolerant vegetasjon.
- Vurdere etablering av snøbarrierer for å hindre spredning av saltholdig snø til steder med sensitiv vegetasjon eller omgivelser på sidearealer.

H. Avrenning og drenering:

Kanadiske anbefalinger knyttet til vegsalt og vegetasjon:

- Grunne grøfter rundt sensitiv vegetasjon for å hindre direkte avrenning av salt overvann.
- Etablere barrierer eller vegger for oppsamling av saltsprut slik at dette kan samles opp og ledes bort uten å gi effekter på vegetasjonen på utsiden av oppsamling.
- Etablere overvannssystem og dreneringssystem langs vegen slik at det ikke dannes dammer med salt overvann i det samme området som det er utført beplantning og etablering av viktig vegetasjon.
- I områder med mye salt må overvannet håndteres på tette flater for å unngå uønsket infiltrasjon og skade på vegetasjon og jordsmonn.

3.7.3.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Effekter av avisingskjemikalier på vegetasjon (Rapportnr. 2588)

Rapportforfatter: Hans Martin Hanslin, Bioforsk.

Målet med prosjektet var å undersøke om uttynning av saltkonsentrasjonen i jord ved hjelp av vanning på våren kan gi redusert saltskade på vegetasjon.

Et av forsøkene i studien undersøkte effekten av fortytning av NaCl-konsentrasjonen i jordvæska ved ulike rottemperaturer og vekststadier for bjørk og furu for å vurdere om fortytning ved vanning om våren kan være aktuelt.

Hypotesen: ” Uttynning av salt ved hjelp av vanning på våren gir redusert saltskader” støttes av resultatene. Fortytning til halv konsentrasjon eller mer vil redusere stressnivået i plantene. Bladkvaliteten ble dårligere og dødelighet økte ved økende saltkonsentrasjon for planter som hadde brutt før fortytning. Effekten var vesentlig mindre for planter som var i brytning når fortytningen startet. Dette er små planter under kontrollerte forsøk.

Vinterspyling av nyplantede trær for å redusere omfanget av saltsprutskader fra avisingskjemikaliet natriumklorid NaCl.

Rapportforfattere: Ingjerd Solfjeld og Oddny Nordås 2010, Statens vegvesen.

Målet med prosjektet var å undersøke om regelmessig spyling av bjørk plantet langs veg reduserer omfanget av skader forårsaket av saltsprut fra vegen.

Studien er knyttet til den nyplantede alleen langs Rv 181, Myrersletta på Eidsvoll. ÅDT på vegen er 7800, hastigheten 60 km/t. Trærne ble spylt/dusjet en gang per uke når lufttemperaturen var over -10 grader C. Under -10 ble det ikke saltet på vegene. Det ble spylt/dusjet med springvann med normal kaldtvannstemperatur ca 4-6 grader C. Det ble brukt 10 liter per tre. Målinger og vurderinger av bladrandnekrose, rustangrep, bladstørrelse, stammeomkrets, døde skudd og toppskudd, stammeskader viste ingen synlig forskjell mellom trærne som ble spylt og trærne som ikke ble spylt. Det kan derfor ikke på grunnlag av dette forsøket anbefales spyling som et effektivt tiltak for å begrense skader på bjørk forårsaket av

saltsprut på veg. Derimot ser det ut til at planting på våren gir noe mer robuste planter til å tåle vinterens påkjenninger. Vårplanting anbefales derfor langs veg.

I noen tilfeller kan alternative kjemikalier brukes som tiltak for å unngå skade. Se nærmere beskrivelse i kap. 3.8.2

3.7.4 Metoder for gjenoppretting av naturlig saltnivå og biologisk mangfold

Tiltakene nevnt i 3.7.3 vil bidra til å hindre skader på vegetasjon og dermed gå i retning av å gjenopprette naturlig saltnivå.

3.8 Alternative kjemikalier

3.8.1 Litteraturgjennomgang

Miljøkonsekvenser ved salting av veger – en litteraturgjennomgang

Rapportforfattere: Carl-Einar Amundsen, Helen French, Gunnhild Riise, Roger Roseth (Bioforsk), Ståle Haaland og Per Anker Pedersen, UMB

To hovedgrupper avisingskjemikalier er vurdert i prosjektet: kloridbasert og organisk baserte kjemikalier. Blant de kloridbasert er det vurdert natriumklorid, kalsiumklorid og magnesiumklorid. Blant de organisk baserte er det vurdert natriumacetat, kaliumacetat, kalsiummagnesiumacetat, kaliumformiat, natriumformiat, propylenglykol og urea. Det er først og fremst de organisk baserte kjemikaliene som er diskutert her.

Oksidasjonsprosesser som for eksempel nedbrytning av organiske avisingskjemikalier (propylenglykol, kaliumacetat, kaliumformiat, karbohydrater) og omsetning av urea til nitritt og nitrat, fører til lavere oksygenkonsentrasjon i grunnvannet. Organiske avisingskjemikalier har ulikt oksygenforbruk, men generelt er det slik at nedbrytning av disse ofte medfører økte jern- og mangankonsentrasjoner i grunnvann, fordi de blir kjemisk redusert og vannløselig i denne formen. Bruk av organiske avisingskjemikalier har også vist seg å kunne gi økte konsentrasjoner av bl.a. magnesium, sink, barium, kalsium og natrium, samt høyere pH i grunnvann. Vann med høye jern- og manganverdier kan ikke brukes til vannforsyning med mindre det blir oksydert på forhånd. Høye verdier av jern (Fe (+II)) og mangan (Mn (+II)) i grunnvannet er uønsket fordi: 1) oksiske forhold vil føre til utfelling av jern og mangan og gi vannet en henholdsvis rødlig eller brun /svart farge; 2) slike utfellinger kan gi vannet en metallisk smak; 3) de samme forholdene som frigir jern og mangan i grunnvannet kan også frigjøre hydrogensulfid, noe som igjen kan gi vannet en smak av svovel; 4) utfelling av jern- og manganoksider kan tette rørsystemer. Natriumklorid vil ikke ha konsekvenser i forhold til oksygennivå i grunnvannet. Ved Oslo lufthavn, Gardermoen (OSL), har kjemisk oksygenforbruk (KOF) vært et viktig kriterie for valg av avisingskjemikalie på rullebaner (Tabell 3.1).

Gruppe	Primær bestanddel	Kjemisk betegnelse	¹⁾ Kjemisk oksygenforbruk (KOF)/Biologisk oksygenforbruk (BOF) ²⁾
Kloridbaserte	Natrium klorid	NaCl	0
	Magnesium klorid	MgCl ₂	0
	Kalium klorid	KCl	0
Organisk baserte	Kaliumformiat (K-formiat)	KCOOH	0,35/0,27
	Natrium formiat (Na-formiat)	NaCOOH	
	Kalsium-magnesium-aceat (CaMg-aceat)	CaMg(CH ₃ COO) ₄	1,07/0,7
	Natrium magnesium acetat (NaMg-aceat)	NaMg(CH ₃ COO) ₃	
	KaliumAcetat (K-aceat)	KCH ₃ COO	
	Natriumaceat (Na-aceat)	NaCH ₃ COO	
	Monopropylen glykol (MPG)	CH ₂ CHOCH ₂ OH	1,69/0,9
	Fruktose/glukose/natriumklorid	C ₆ H ₁₂ O ₆ / C ₆ H ₁₂ O ₆ /NaCl	
Andre	Urea	(H ₂ N) ₂ CO	2,13 ³⁾ /2,0

1) Oksygenbehov ved fullstendig nedbrytning av 1 mg/l avisingskjemikalium. 2) g KOF, BOF/g avisingskjemikalium; 3) 2,13 er teoretisk oksygenforbruk ved nedbrytning til NH₄.

Tabell 3.1 Oversikt over avisingskjemikalier aktuelle for bruk på veg.

Fordi man observerte økte jern og manganverdier i umettet og mettet sone gikk man over fra kaliumacetat til kaliumformiat etter noen års drift ved OSL. Nedbrytning av organiske avisingskjemikalier øker med temperaturen, og næringstilskudd (N+P) øker nedbrytningshastighetene. Det er derfor viktig å sikre nok oppholdstid i umettet sone for å sikre at organiske kjemikalier brytes ned. Sommeren har høyere jordtemperaturer og vil sannsynligvis øke nedbrytningshastighetene. Nedbrytning av propylenglykol under anaerobe forhold kan gi dannelse av giftige merkaptaner, som gir en rotten løklukt.

Gitt at de organiske forbindelsene brytes ned i umettet sone i jord, er det imidlertid mindre sannsynlig at disse vil medføre negative effekter i vann. Dette vil naturlig nok avhenge av at de organiske avisingskjemikalierne infiltrerer i jord og ikke renner direkte ut i overflatevann.

Litteraturgjennomgangen påpeker at flere studier viser mindre skade på trær ved bruk av andre kjemikalier enn NaCl, men resultatene er ikke konsistente og betydelige skader er også funnet ved bruk av andre kjemikalier. Alternative kjemikalier er derfor ingen enkel løsning på saltskadede vegetasjon men i enkelte tilfeller kan det bedre tilstanden for trærne. Valg av hvilke alternative kjemikalier som kan brukes må avgjøres på bakgrunn av jordanalyser.

3.8.2 Studier gjennomført for å tette kunnskapshull

Miljøvurdering av bruk av kaliumformiat i Statens vegvesen

Notatforfatter: Kjersti Wike Kronvall, Statens Vegvesen, Vegdirektoratet

Målet med notatet var å vurdere om Kaliumformiat (K-formiat) kan brukes som et mer miljøvennlig alternativ i forhold til vannforekomster enn NaCl på norske veger ut fra en teoretisk vurdering. K-formiat brukes blant annet per i dag på Oslo sentrale lufthavn (OSL) og av finske vegmyndigheter. I notatet er det gjort en beregning av om de teoretiske mengdene K-formiat Statens vegvesen må bruke, for å få samme frysepunktnedsettelse som ved bruk av

NaCl, brytes ned uten at det oppstår miljøproblemer og en vurdering av om de teoretiske mengdene K-formiat Statens vegvesen må bruke, overholder miljøkravene på OSL. Dagens driftsopplegg er satt som en forutsetning.

Nedbrytning av K-formiat i jorda vil være avhengig av tilgang på næringsstoffer, temperatur, kornstørrelse, strømningsforhold i jorda og oppholdstid i umettet sone.

Følgende vilkår lå til grunn for beregningene:

- Undersøkelser har vist at nedbrytningskapasiteten i jord ved Gardermoen er i størrelsesorden 0,5-0,7 kg KOF/m² pr. sesong. Da forutsettes det optimale forhold med tilstrekkelig nitrogen og fosfor tilstede.
- For å kunne sammenlikne virkningsgraden av ulike kjemikalier har det blitt definert et forholdstall, ytelsesfaktor, som beskriver den relative spredemengden i forhold til NaCl for å oppnå samme frysepunktnedsettelse. Ytelsesfaktoren (ved -3 °C) til kaliumformiat er 1,50 (Klein-Paste, 2007).
- Det antas at oksygenforbruket (KOF) er 0,35 mg/L.
- Beregning tar utgangspunkt i at 50 % av avrenningsvannet infiltrerer innen 10 m fra veg og 50 % innen 30 m fra veg. Det antas en 50 % fortynning, på grunn av at beregningene baseres på rent formiat. Av kaliumformiatet er 26,5 % rent formiat
- OSLs tålegrense er på 2 kg KOF/m². Dette er forutsatt optimale forhold og at kjemikalet infiltrerer og brytes ned hver dag. Tålegrensen er basert på den reelle nedbrytningshastigheten i jord fra Gardermoen som er tilført kjemikalier i flere år, og at det tilføres næringsstoffer, ved 5 °C, og tilføres ca 20-40 mg formiat /kg jord / døgn. På OSL er det innført tiltak ved at det brukes sweeper som blåser kjemikaliene lenger ut fra banekant når det er snø. Når det er varmegrader kjøres en sugebil på skulderen for å suge opp kjemikaliene som kommer på kanten.
- I naturen vil det ved snøsmelting og nedbør på vinteren bli rask transport ned til grunnvannet. Dersom dette medfører at oppholdstiden ikke blir tilstrekkelig til at alt blir nedbrutt, overholdes ikke tålegrensen. Det er da viktig at selve grunnvannet har en nedbrytningskapasitet. På OSL tillates det 15 glykolekvivalenter i grunnvannet, noe som utgjør 72 mg/L formiat.

Rv 35 er en 4-felts motorveg på Gardermoen. I vintersesongen 2005/2006 ble det brukt 44 tonn NaCl per km, noe som tilsvarer 66 tonn K-formiat/km. Dette gir 17,49 tonn rent K-formiat/km. I vintersesongen 2005/06 (23.10-01.04) ble det saltet fra 0-3,12 tonn NaCl/km pr dag. Gjennomsnittlig ble det saltet 0,5 tonn NaCl /km hver dag i vintersesongen. Dersom man

antar at denne mengden NaCl akkumuleres i en uke før det brytes ned, vil 3,5 tonn NaCl/km tilføres arealet langs vegen for nedbrytning (tilsvarende 5,25 tonn K-formiat/km).

Tabellen nedenfor viser scenarier for ulike konsentrasjoner av K-formiat (Tabell 3.2).

	Scenarie	NaCl, tonn/km	Oksygenbehov, KOF mg/L	Spredning i m langs 1 km veg	Infiltrasjonsareal	Infiltrasjonsareal	K-formiat, tonn	Mengde ren formiat, mg	Kg KOF/m ²	50 % fortykning, kg KOF/m ²
1	Tilsvarende 0,1 tonn NaCl/km	0,1	0,35	10 og 30	20000	60000	0,15	39750000	0,46	0,23
2	Tilsvarende 0,2 tonn NaCl/km	0,2	0,35	10 og 30	20000	60000	0,30	79500000	0,93	0,46
3	Tilsvarende 0,2 tonn NaCl/km	0,3	0,35	10 og 30	20000	60000	0,45	119250000	1,39	0,70
4	Tilsvarende 0,5 tonn NaCl/km	0,5	0,35	10 og 30	20000	60000	0,75	198750000	2,32	1,16
5	Tilsvarende 0,9 tonn NaCl/km	0,9	0,35	10 og 30	20000	60000	1,31	345825000	4,03	2,02
6	Tilsvarende 2 tonn NaCl/km	2	0,35	10 og 30	20000	60000	3,00	795000000	9,28	4,64
7	Tilsvarende 3 tonn NaCl/km	3	0,35	10 og 30	20000	60000	4,50	1192500000	13,91	6,96
8	Tilsvarende 3,5 tonn NaCl/km	3,5	0,35	10 og 30	20000	60000	5,25	1391250000	16,23	8,12

Tabell 3.2. Teoretiske mengder K-formiat som Statens vegvesen må bruke for å få samme frysepunktnedsettelse som ved bruk av NaCl. Det er også vist kjemisk oksygenforbruk (kg/m²) ved ulike mengder K-formiat.

Ut fra OSLs tålegrense på 2 kg KOF/m², bør Statens vegvesen ikke bruke mer enn 1,31 tonn K-formiat/km per dag (noe som tilsvarende 0,9 tonn NaCl/km) (Scenarie 5 i Tabell 3.2). Gjennomsnittlig dagsforbruk på rv 35 var 0,5 tonn NaCl/km, noe som utgjør 0,75 tonn K-formiat/km og 1,16 kg KOF/km. Ut fra OSLs tålegrense vil dette være greit. På enkelte dager var det behov for over 3 tonn NaCl/km, noe som utgjør 4,5 tonn K-formiat/km og et

oksygenforbruk på 7 kg KOF/m². Dette vil overstige OSLs tålegrense. Gjennomsnittlig saltforbruk per dag sesongen 2005/06 var 0,5 tonn NaCl/km. Dersom dette akkumuleres en uke før det infiltrerer, vil 3,5 tonn NaCl/km (5,25 tonn K-formiat/km) infiltrere og forbruke 8,12 kg KOF/m². Dette vil være mye høyere enn tålegrensen på Gardermoen.

Ved ideelle forhold og en øvre grense for tillatt forbruk av formiat per dag, vil formiatet brytes ned og OSLs tålegrense overholdes. Dersom formiatet akkumuleres vil OSLs tålegrense overstiges. For å være på den sikre siden, bør ikke K-formiat brukes på strekninger med så høyt saltforbruk som rv 35. For andre strekninger kan det være aktuelt å bruke K-formiat alene, eller i kombinasjon med NaCl. K-formiat vil kunne akkumuleres i snø og det er vanskelig å kontrollere mengdene som spres ut, noe som vil være en del av risikoen. For å minimere risikoen, må forbruket av K-formiat være lavt, i kombinasjon med god mekanisk snøfjerning og innføring av tiltak som å blåse kjemikaliene lenger vekk fra vegkanten eller oppsuging. For strekninger med liten umettet sone eller avrenning direkte til innsjøer og grunnvann vil sannsynligvis bruken av K-formiat være mindre aktuell.

Effekter av avisingskjemikalier på vegetasjon (Rapportnr. 2588)

Rapportforfatter: Hans Martin Hanslin, Bioforsk

Målet var å undersøke om kalsium-magnesium acetat (CMA, Ca₃Mg₇(CH₃COO)₂₀) og kaliumformat (KFO, KCOOH) ga mindre negativ effekt på små trær (furu, bjørk, eik, lønn og lind) enn NaCl.

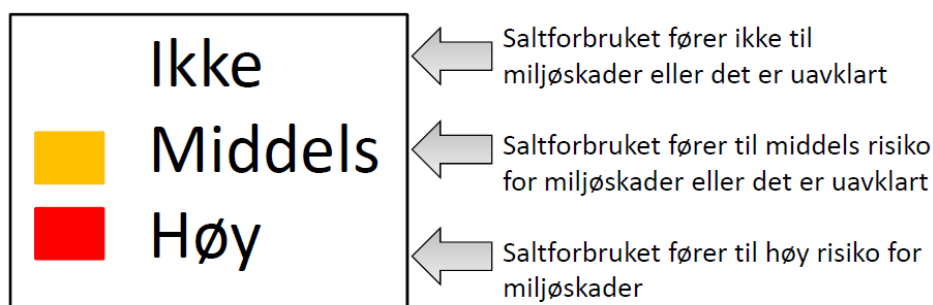
Forsøket viste at det var ingen forskjell i effekt på vegetasjonen mellom de tre kjemikaliene når de ble sammenlignet med lik konsentrasjon av anionet når kjemikaliene ble påført samtidig i vekstfasen. En kan ikke konkludere med at organisk baserte avisingskjemikalier har en mindre negativ effekt på vegetasjon enn natriumklorid. Bruksmengdene av hvert stoff, tidspunkt for eksponering og eventuell nedbryting av kalsiummagnesium acetat og kaliumformat i løpet av vinteren vil være avgjørende for effektene på vegetasjon.

3.9 Klassifiseringssystem for miljøsoner

Etatsprogrammet Salt SMART har hatt som formål å lage et klassifiseringssystem for miljøsoner på grunnlag av tålegrenser og saltpåvirkning. For vintervedlikehold i områder som er sårbare for vegsalt, bør det tas spesielle hensyn for å unngå skade på miljøet. Prøvetaking og feltobservasjoner er både tidkrevende og dyrt, og det er derfor utviklet GIS-basert (Geografisk informasjonssystem) miljøsonekart. Miljøsonekartene gir en grov oversikt over hvor bruk av vegsalt er et problem og hvor bruk av vegsalt kan være et problem i forhold til innsjøer, grunnvann, private drikkevannskilder, vannverk og verdifull vegetasjon.

En utviklingsversjon av miljøsonekartene er laget av Bioforsk. Miljøsonemiljøsonekartkartene foreslås brukt som et forvaltningsverktøy ved skiving av Ytre miljøplaner i forkant av utarbeidelser av driftskontrakter for vintervedlikehold.

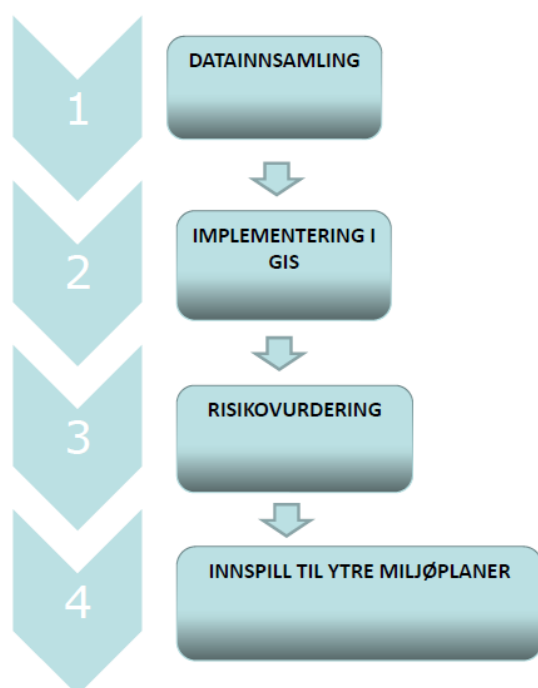
På veger som ikke er klassifisert som røde eller gule, fører ikke dagens saltforbruk til risiko for miljøskade eller det er uavklart (Figur 3.11). På vegstrekninger som er markert som gule fører saltforbruket til middels risiko for miljøskader og/eller uavklart, mens på røde strekninger fører saltforbruket til høy risiko for miljøskader.



Figur 3.11. Risikovurderingene er inndelt i ikke, middels og høy risiko for miljøskade sett i forhold til saltforbruket.

3.9.1 Metode

Fremgangsmåte for å klassifisere veger som er sårbare for bruk av vegsalt er beskrevet i Figur 3.12 og består av 1) datainnsamling, 2) implementering i GIS, 3) risikovurdering og 4) innspill til vinterdriftskontrakter.



Figur 3.12. Fremgangsmåte for å klassifisere veger sårbare for bruk av vegsalt.

3.9.2 Datainnsamling

I kartene er det benyttet digitale kart som viser veger, forbruk av vegsalt (R12-skjema i kombinasjon med strategi bar veg), innsjøer, grunnvann, vannverk, mulige private brønner og verdifull natur/vegetasjon. Digitale kart for norske europaveger, riksveger og fylkesveger er hentet fra Nasjonal vegdatabank. Vegnettet er inndelt i ca 236.000 vegegmenter, med gjennomsnittlig lengde på ca 220 meter. Total veglengde utgjør ca 60.000 km, hvorav ca 8.400 km (ca 14 %) blir saltet om vinteren (strategi bar veg). Data om saltstrategi og årlige

saltmengder er samlet i en egen database (Saltdatabasen) og knyttet til det enkelte vegsegment. Vegsegmentet er koblet til digitale kart over innsjøer fra NIVA, tettsteder fra SSB, større grunnvannsforekomster i løsmasser fra NGU, vannverk fra Mattilsynet, naturvernområder og truede arter kartfestet i Naturbase (Direktoratet for naturforvaltning) og allèr kartlagt av Statens vegvesen.

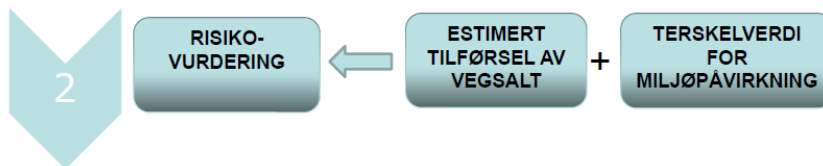
I risikovurderingene av vegene i forhold til innsjøer er det benyttet bearbejdede data fra undersøkelser hvor datagrunnlaget er beskrevet i egne rapporter. For å estimere vegsalt-bidrag til innsjøer, er det gjennomført en metodeutvikling, "Estimering av gjennomsnittlig saltfluks fra veg til vannforekomst" (Kitterød, Turtumøygard et al. 2010). Når det gjelder tålegrenser er det gjort undersøkelser av planktonalgers tålegrenser for vegsalt (Haugen, Bækken et al. 2010), Kjemisk tilstand av vegnære innsjøer (Bækken og Haugen, 2006) og Vegsalt og tungmetaller i innsjøer langs veger (Bækken og Haugen 2012) og Vegsalt i innsjøer – tålegrense mht kjemisk sjiktning (Haaland 2012, foreløpig ikke publisert).

3.9.3 Risikovurdering

Det er benyttet ulik tilnærming for risikovurdering av veg nær innsjøer, grunnvann, vannverk, mulige private brønner og verdifull natur/vegetasjon. Dette er nærmere beskrevet i avsnittene under.

Risikovurdering innsjøer

For innsjøer er det gjort en risikovurdering basert på estimert tilførsel av vegsalt og terskelverdi for miljøpåvirkning (Figur 3.13).



Figur 3.13. Risikovurdering av innsjøer er basert på estimert tilførsel av vegsalt og terskelverdi for miljøpåvirkning.

Estimert tilførsel av vegsalt

Det er laget en modell basert på digitale kart med en oppløsning på 25*25 meter (Kitterød, Turtumøygard et al. 2010). Kartene består av avrenningskart for innsjøers nedbørfelt (basert på vannføringsmålinger) og digitale terrennkart for å bestemme retningen på avrenningen. I tillegg er det benyttet kart over gjennomsnittlig saltforbruk. Dette har gitt stasjonær vannbalanse, saltbalanse og saltkonsentrasjon for norske innsjøer. Beregningene gir også estimat på romlig fordelt stasjonær saltfluks langs randa på vannforekomstene.

Terskelverdi for miljøpåvirkning

Det er benyttet 3 undersøkelser for å bestemme Terskelverdi for miljøpåvirkning; 1) Tålegrenser for planktonalger i innsjøer (Haugen, Bækken et al. 2010), 2) Kjemisk tilstand i vegnære sjøer (Bækken and Haugen 2006) og 3) Vegsalt i innsjøer – tålegrense mht kjemisk sjiktning (Haaland 2012). Innsjøer kan påvirkes biologisk ved at saltkonsentrasjonene påvirker akvatiske organismer, og kjemisk ved at det dannes saltsjiktning. Derfor er det gjort en risikovurdering basert på både biologisk tålegrense (undersøkelse 1) og kjemisk tålegrense (undersøkelse 2 og 3).

- 1) Tålegrenseforsøk på planktonalger viste at algesammensetningen endret seg i kalsiumfattige innsjøer ved 23-30 mg/Cl, mens i kalsium-rike innsjøer måtte konsentrasjonene opp i 40 mg Cl/L. Disse konsentrasjonene er benyttet for å sette biologiske tålegrenser.
- 2) Bækken og Haugen (2006) viste at dannelse av saltgradient i innsjøer er avhengig av mengde vegsalt tilført, veglengde i innsjøens nedbørfelt, innsjømorfologi, avrenning og årlig trafikkmengde. Det ble gjennomført en bufferkartlegging av alle europaveger, riksveger og fylkesveger med saltingsstrategi bar-veg, for å kartlegge potensielle miljøskade på utvalgte ferskvannsresipienter langs vegnettet. Topografien i de digitale kartene er benyttet til å luke bort risikovegsegmenter som ligger nedstrøms en innsjø. Undersøkelsen viste at innsjøer som ligger mer enn 5 meter høyere enn vegen, er antatt å være utenfor risiko. Alle andre innsjøer er tatt med som potensielle risikosjøer. Innsjøer som har et areal under 0,2 km², ligger nærmere enn 200 meter fra veg med saltforbruk over 25 tonn/km anses for å være mest utsatt. Mens innsjøer med et areal under 0,2 km² og som ligger nærmere enn 200 meter fra veg med saltforbruk på 10-25 tonn/km eller innsjøer med et areal på 0,2-0,5 km² og ligger nærmere enn 200 meter fra veg med saltforbruk over 10 tonn/km også kan være utsatt.
- 3) Haaland et al. viste at det kan lages tålegrenser for dannelse av saltsjiktning i innsjøer. Tålegrensen er basert på bakgrunnsionnivå, estimert bidrag fra vegsalt, skogdekning, innsjøform og nedbørfeltets areal i forhold til innsjøarealet.

Risikovurdering private drikkevannskilder, grunnvann og vannverk

Det ble gjennomført en bufferkartlegging av alle europaveger, riksveger og fylkesveger med saltingsstrategi bar-veg, for å kartlegge potensielle miljøskader på utvalgte ferskvannsresipienter langs vegnettet. Følgende ferskvannsresipienter er omfattet av bufferkartleggingen:

- Mulige private drikkevannsbrønner som ligger nærmere enn 200 meter fra veg
- Store grunnvannsresipienter som ligger nærmere enn 200 meter fra veg
- Vannverk som ligger nærmere enn 200 meter fra veg

Drikkevannsbrønner

Det finnes ikke fullstendige registerdata eller digitale kart over private drikkevannsbrønner i Norge. NGUs brønn database har vært vurdert som mulig datakilde, men vi konkluderte med at den er for ufullstendig til vårt formål. Som et alternativ har vi undersøkt muligheten for å benytte digitale kart over kommunale vann- og avløpsnett. Disse finnes i de enkelte kommuner, men er ikke samlet sentralt, og dermed i praksis ikke tilgjengelige for prosjektet.

Vi har derfor valgt en forenklet metode, der vi antar at de fleste boliger utenfor tettbebyggelse har privat drikkevannsbrønn. Definisjonen av tettbebyggelse er hentet fra SSB:

- avstanden mellom husene skal normalt ikke overstige 50 meter
- det må bo minst 200 personer innenfor området

- husklynger som naturlig hører med til tettstedet tas med inntil en avstand på 400 meter fra tettstedskjernen.

Det er klare begrensninger i denne metoden og stor usikkerhet knyttet til resultatet. I en del tilfeller er det lagt offentlig vann/avløp også i områder/husklynger med mindre enn 200 personer, særlig i områder nær veg, der vegtraseen er brukt til fremføring av ledningsnett.

Grunnvann

I miljøsonekartene er det lagt inn grunnvannsforekomster fra Vann-nett. Dette omfatter større grunnvannsforekomster i løsmasser, definert av NVE på grunnlag av løsmassekart og andre data fra NGU. Materialet er etterhvert supplert med en del mindre forekomster med uttakspotensiale, rapportert blant annet fra de enkelte fylker, men for små grunnvannsforekomster er ikke datamaterialet fullstendig.

For drikkevannsbrønner og grunnvannsforekomster er det ikke gjort topografiske analyser, slik at dersom disse forekommer oppstrøms vegen er de ikke utenfor potensiell risiko. Med denne forenklete metodikken må vi anta at det beregnede antall risikoforekomster er noe for høyt.

Vannverk

Mattilsynet har laget et kartlag som viser alle vannverk som ligger i nærheten av saltet veg. Kartlaget er lagt inn i miljøsonekartene.

Risikovurdering av verdifull natur

Det finnes ingen gode tålegrenser for vegetasjon, derfor ble en risikovurdering gjort på følgende måte; Viktige naturverdier som finnes mindre enn 100 m fra vegen blir gule. Viktige naturverdier defineres som naturvernområder og truede arter kartfestet i Naturbase (Direktoratet for naturforvaltning og Artsdatabanken) samt alléer (Statens vegvesen). Risikoen for at salt er et reelt problem for disse naturverdiene avgjøres av en faglig vurdering.

3.9.4 Arbeid med vinterdriftskontrakter

I følge Håndbok 151 Styring av utbyggings-, drift- og vedlikeholdsprosjekter skal det lages ytre miljø-planer. Disse skal inneholde blant annet en oversikt over miljømål, risikovurdering og tiltak. Tiltakene skal beskrives slik at de kan tas rett inn i konkurransegrunnlaget og være enkle å prissette for entreprenøren.

Kunnskapen utviklet av miljøgruppa i Salt SMART er implementert i GIS-baserte miljøsonekart og er et nyttig verktøy for å finne strekninger som trenger redusert saltforbruk og/eller spesielle miljøtiltak. For å sikre at de nødvendige hensyn tas i arbeidet med driftskontrakter og gjennomføring av miljøtiltak, bør følgende trinn gjennomføres:

1. Ytre miljø-plan. Regionene bør lage innspill til miljømål, risikovurdering og tiltak i samarbeid med miljøseksjonen i Vegdirektoratet. Innspillene baseres på saltdata, modelleringer og faglig skjønn. Det kan i noen tilfeller være nødvendig med feltundersøkelser i tillegg. Det bør gis en vurdering av hvor mye saltforbruket bør

reduseres ved forskjellige naturverdier, og om det er tilstrekkelig med saltreduksjon eller om fysiske tiltak også kan være aktuelt. Miljøseksjonens erfaring med tolking av miljøtilstanden og behovet for tiltak overføres til regionene gjennom samarbeidet.

2. Revisjon av konkurransegrunnlag/Ytre miljø-plan. Det bør gjennomføres stikkprøvemessige miljørevisjoner av ytre miljø-planer og konkurransegrunnlag i en viss tidsperiode til organisasjonen blir erfaren og dyktig til denne type arbeid.
3. Revisjoner av salting og eventuelle fysiske tiltak. Det bør gjennomføres stikkprøvemessige revisjoner av driftskontrakter og saltforbruk ved sårbare naturverdier, og gjennomføres evalueringer av kostnad og effekt av fysiske tiltak.

Salt SMART foreslår at følgende gjøres ved utarbeidelse av ytre miljøplan for en driftskontrakt:

- Kontakt miljøseksjonen i Vegdirektoratet for bistand med tolkning av miljøsonekartene
- Følgende tema bør risikovurderes i et samarbeid mellom Regionene og Vegdirektoratet:
 - Innsjøer
 - Grunnvannsforekomster
 - Mulig private brønner
 - Vannverk
 - Naturmiljø
- Det må gjøres en faglig vurdering basert på kunnskapen framskaffet i Salt SMART, lokal kunnskap og annen tilgjengelig informasjon som grunnlag for om strekningen har behov for tiltak og eventuelt hvilke tiltak det er behov for. Det må også gjøres en avveining av praktisk gjennomførbarhet av mulige tiltak, for eksempel størrelsen på saltreduksjon eller fysiske tiltak.
- Erfaringer fra første år med samarbeid mellom Regionene og Vegdirektoratet oppsummeres og formidles med siktemål på å forbedre metodikk, i tillegg til å gjøre Regionene bedre i stand til å gjøre vurderingene selv.
- Usikkerhetene i risikovurderingene består blant annet i at saltforbruket varierer og de rapporterte forbruksdataene har usikkerheter, i tillegg til usikkerheter i andre data og selve beregningsmetoden. Presisjonsnivået på de innsamlede saltdataene bør økes for å øke presisjonen i beregningene, og for å muliggjøre oppdateringer av risikovurderingene etter hvert som saltforbruket endres.
- Miljøsonekartene bør oppdateres ved hver rullering av driftskontraktene.

3.10 Utarbeide metodikk for overvåking av miljøpåvirkning

Formålet med overvåking av miljøpåvirkning ved bruk av vegsalt, er å følge tilstandsutviklingen og eventuelt oppdage nye områder hvor saltforbruket kan utgjøre et miljøproblem. Salt SMART mener at overvåkingen i størst mulig grad bør baseres på eksisterende overvåkingsprogram for kontinuitet, men anbefaler i tillegg overvåkingsprogram i områder der nye tiltak iverksettes. Framtidig overvåking må utformes slik at den kan inngå i Statens vegvesens rapporteringssystem og rapporteres til miljømyndighetene.

Overvåkingsprogram som bør fortsettes:

1. Overvåking av lang tids utvikling i en saltbelastet innsjø. Padderudvannet har blitt fulgt siden 1947 og er påvirket av vegsalt. Overvåkingen omfatter både kjemiske og biologiske faktorer.
2. Overvåking av tilstand og trender i vegnære sjøer. Med omtrent 5 års mellomrom gjøres det målinger av kjemisk tilstand i innsjøer. Pr i dag omfatter totalt antall undersøkte sjøer 97. Målingene brukes til å følge utviklingen i innsjøer med saltsjiktning og oksygensvinn, samt andre vegskapte forurensninger som tungmetaller og PAH.
3. Overvåking av generelle vegetasjonsskader. Omfanget av vegetasjonsskader langs veger med høyt saltforbruk har vært undersøkt gjentatte ganger. Salt SMART anbefaler region sør og øst til å fortsette denne overvåkingen.

Overvåkningsprogram som bør iverksettes:

4. I områder der det blir gjort tiltak, bør tiltaket overvåkes for å dokumentere effekten av tiltaket. Metode for slik overvåking er avhengig av tiltaket og området. Naturverdier som er i faresonen og hvor tiltak ikke settes inn, bør overvåkes.
5. Saltforbruket bør overvåkes for reaksjon på endringer i forbruket. For innføring av riktig tiltak er det viktig at rapporterte saltdata avviker minst mulig fra virkeligheten. Elrapp er per i dag tilrettelagt for at vi skal kunne ta ut saltdata for et ønsket område. Elrapp anbefales brukt som inngangsdata i innsjømodeller, for å overvåke trender og til forskning. Det er viktig at system og registrering av saltdata er i kontinuerlig forbedring. Se for øvrig kap 6.3.7.3.

4 Metoder for redusert saltbruk

Ap1 har utarbeidet forslag til metoder som gir en generell optimalisering/reduksjon av saltforbruket og alternative metoder for bruk på strekninger med spesielle miljøkrav. Prosjektet har gitt bedre grunnkunnskaper om hvordan føreforhold på vegen blir påvirket ved bruk av ulike kjemikalier og fysiske metoder

Arbeidspakke 1 har vært inndelt i 5 delprosjekter. Disse delprosjektene har vært med å gitt anbefalinger til tiltak for å oppnå en reduksjon av dagens saltforbruk, økt kunnskap om salt og andre kjemikaliers virkning på forskjellige føreforhold, samt alternative metoder for fjerning av is og snø på spesielt sårbare vegstrekninger.

Gjennomførte delprosjekter i Ap 1

- Grunnkunnskap om kjemikalier i vinterdriften
- Effekt av ulike spredemetoder
- Salting under snøvær og mekanisk fjerning av snø
- Alternative kjemikalier
- Tilsetningsstoffer til salt

4.1 Grunnkunnskap om kjemikalier i vinterdriften

4.1.1 Bakgrunn

Gjennom Etatsprosjektet Kompetanseutvikling Drift og Vedlikehold og fra tilbakemeldinger av bransjen forøvrig ble det identifisert et tydelig behov for et bredere opplæringstilbud om salting. Salting er mye mer enn bare å spre salt. Det krever innsikt i meteorologi, friksjon og forståelse om hvordan salt virker for å kunne gjøre de rette beslutningene. En generell kompetanseheving om salting er et av tiltakene å oppnå en mer miljøforsvarlig saltpraksis.

Tradisjonelt ble denne kompetanse hovedsakelig overført i fra person til person gjennom erfaringsbasert læring. Etter omorganiseringen av bransjen har betingelsen for læring blitt endret (kortere kontraktperioder, mye utskifting av folk og arbeidsplasser). Dette har satt større krav til mer formaliserte former for læring. For å lage slike opplæringstilbud må kunnskapen være mer eksplisitt, og være mer basert på fysisk forståelse. I Salt SMART ble der derfor initiert et delprosjekt som har hatt som mål å øke den grunnleggende forståelse om hvordan salt og alternative kjemikalier virker.

Siden dette arbeidet er sterkt knyttet til grunnleggende forskning innen ingeniørfaget vinterdrift ble denne oppgaven utført i regi av NTNU, inst. for bygg, anlegg og transport. Salt SMART har støttet forskningen finansielt med følgende stillinger/studier:

- 4-år postdok-stilling (Alex Klein-Paste) om kjemikalier i vinterdrift (samarbeid med Avinor)
- 3-år doktorgradsstudium (Johan Wåhlin) om effekt av salt på mekaniske egenskaper av snø
- Støtte til et 6-mnd mastergradstudium (Kine Nilssen) om snøens absorberingsevne av saltvann.

Hovedmålsettingen har vært å øke den grunnleggende forståelse om hvordan salt virker. Det var samtidig et mål å styrke kapasiteten hos NTNU slik at forskningsresultater kunne være til nytte i undervisningssammenheng.

Postdok-stillingen og doktorgradsstudiet avsluttes henholdsvis i juli 2012 og oktober 2012. Avslutningsdatoen for disse studiene er senere enn Salt SMART sin avslutning, som medfører at en del av studiene fremdeles er pågående. Det skal publiseres mer innen teamet salting etter at Salt SMART prosjektet er avsluttet.

4.1.2 Aktiviteter

Forskningen har hovedsakelig hatt fokus på to hensikter for bruk av salt:

1. Anti-ising. Ved anti-ising anvendes salt for å forhindre at vegbanen blir glatt på grunn av vann som fryser eller rim som legger seg på vegbanen.

2. Anti-kompaktering. Hensikten med anti-kompaktering er å holde snøen plogbar, og forhindre at den kompakteres til hard snø eller issåle.

For anti-ising av våte veger finnes det en teori om at salt setter ned frysepunktet av vannet og dermed forhindrer frysing. Denne teorien har blitt brukt i mange år, og ut fra et fasediagram

kan en finne den minimale mengden salt som trengs for å holde en gitt mengde vann flytende. Denne teorien tilsier imidlertid høyere doseringer enn det som vanligvis brukes i praksis. I tillegg forklarer teorien ikke hvorfor det trengs mer salt på lavere trafikkerte veier, for eksempel venstre feltet i en 4-feltsvei. På bakgrunn av dette ble det besluttet å forske mer på tilfrysing av tynne vannfilmer på asfalteroverflater, og betydningen av saltet når man får lavere konsentrasjoner enn hva frysepunktsnedsettelsen tilsier.



Figur 4.1 Måling av snøens absorberingsevne

Når det gjelder anti-kompaktering vet vi at salt har en tydelig effekt på snø, men vi vet ikke hvorfor. Den fysiske mekanismen som gjør at saltkrystaller ikke binder seg er enda ikke avklart. Dermed er det i dag ikke mulig å beregne hvor mye (eller hvor lite) salt man trenger for å oppnå anti-kompaktering. På grunn av dette ble det besluttet å initiere et doktorgradsstudium på anti-kompaktering. Målet er å få innsikt i hvordan salt påvirker de mekaniske egenskaper av snø.



Figur 4.2 Produksjon av kunstig fersk snø for laboratorieforsøk.

En ulempe med å salte under snøvær er at vegbanen vanligvis blir våt. Dette betyr at det kreves ytterligere saltingstiltak etter snøværet for å hindre at denne våte vegbanen fryser. Spørsmålet kom derfor om det er mulig å salte nok til å oppnå anti-kompaktering, men lite nok til at vegbanen ikke blir våt. Derfor ble det initiert forskning på spørsmålet om det er mulig å salte under snøvær uten at vann føres over til vegbanen.

Følgende aktiviteter har blitt utført i dette forskningsprosjektet:

- Utvikling av et laboratorieforsøk for å studere frysing av våte vegbaneoverflater.

- Omfattende studie av frysing av våte vegbaneoverflater med ulike mengder salt og kaliumformiat (som brukes på flyplasser)
- Utvikling av ”*The NTNU SnowMaker*” for framstilling av kunstig fersk snø for laboratorietesting.
- Utvikling av et laboratorieforsøk for å studere effekten av salt på mekaniske egenskaper til snø.
- Etablering av samarbeid med et sveitsisk forskningsmiljø innen snøfysikk (Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos) for bi-nasjonale studier av snø/vann/salt systemer.
- Studie av snøens absorberingsevne av saltvann.
- Utvikling av innhold for en Etter- og Videre Utdanningskurs (EVU) innen vinterdrift av veger.

4.1.3 Resultater

- Gjennom aktivitetene har det blitt utviklet et aktivt fagmiljø på NTNU innen vinterdrift som bidrar i ulike undervisningsopplegg, som har knyttet til seg internasjonale samarbeidspartnere, og er en attraktiv gruppe for mastergradsoppgaver.
- Det er foreslått en ny teori om hvordan salt virker i anti-isingsituasjoner. Teorien går ut på at salt ikke bare setter ned frysepunktet til vann, men hvis saltløsningen fryser svekkes den mekaniske styrken på isen. Med tilstrekkelig salt til stede vil isen bli så svak at den ikke tåler belastning av trafikk. Trafikken er dermed i stand til å fjerne tynne islag selv, og bildekket når den underliggende teksturen i vegbanen. Denne teorien predikerer betydelig lavere doseringer enn teorien om frysepunktsnedsettelse. Teorien om svekking av is har blitt testet på et datasett med feltobservasjoner og viser god samsvar med det som observeres i praksis. Teorien påpeker også viktigheten av trafikk for å få effektiv anti-isings tiltak.
- Betydelig framgang har blitt nådd om forståelse om av de ulike mekanismer som fører til kompaktering av snø. En svært viktig parameter er overflatearealet på snøkrystallen i snøen. Overflateareal er størst ved nysnø og minker svært fort når snøen blir eldre. Selv ved -30 °C endres fersk snø innen noen uker betydelig. Som følge av dette kreves det nysnø for laboratorietesting av anti-kompaktering. Ved hjelp av *The NTNU SnowMaker* kan dette nå framstilles under laboratorieforhold for å sikre lik konsistens og tilgjengelighet året rundt.
- Det har blitt utviklet et laboratorieforsøk for å studere mekaniske egenskaper til snø. Eksperimentet baseres på tilsetning av salt til snø, komprimering, og testing av

mekanisk styrke med hjelp av mikropenetrasjon. Eksperimentet er nærmest ferdig utviklet og datasamling er planlagt i starten av 2012.

- Snøens absorberingsevne av saltvann har blitt forsket på for å finne ut hvor mye smeltevann snø klarer å absorbere uten at det overføres til vegbanen. Dette ble forsket på både med og uten simulert trafikkbelastning. De første resultater viser at opp til 20-40 vekt% vann kan lagres i snø før det oppstår separasjon mellom vann og snø. Beregninger tilsier at ved temperaturer lavere enn ca -3 til -5 °C det er teoretisk mulig å salte med realistiske doseringer, uten at snøens absorberingsevne overskrides.

4.1.4 Implementering

Ny kunnskap er lite nytte hvis den ikke kommer til anvending. Derfor er det viktig at kunnskapen ikke bare dyrkes gjennom forskning, men også videreformidles gjennom undervisning. I samarbeid med Statens Vegvesen, NTNU videre og NTNU, inst. for bygg, anlegg og transport har det blitt utviklet et Etter-og Videre Utdanningskurs (EVU) om vinterdrift av veier. Dette kurset gir et fordypningstilbud til bransjen hvor hovedfokus ligger på de grunnleggende prinsipper og mekanismer bak vinterdrift.



Figur 4.3 Laboratorieundervisning om antiising

Som en del av EVU kurset har det blitt utviklet et opplæringstilbud om salting. Dette opplegget av 8 timer inneholder teori om salting, tapsmekanismer av salt, og levetiden av salt ved ulike spredemetoder. I tillegg gis det undervisning i NTNU sitt islaboratoriet hvor kandidatene får gjennom ulike eksperimenter en praktisk forståelse for de grunnleggende mekanismer innen salting. Denne type labundervisning er en direkte spin-off fra forskningsaktivitetene som var finansiert gjennom Salt SMART.

NTNU sitt 5-års kurs “*Rehabilitation and Maintenance of Roads*” har blitt oppdatert og inkluderer nå de samme undervisningselementene om salting som har blitt utviklet i EVU kurset.

4.1.5 Publikasjoner

De publikasjoner som har blitt generert gjennom AP1-1, samt de planlagte publikasjoner er gitt i tabell nedenfor.

År	Type	Forfattere	Tittel	Publiseringskanal
2010	Publisert konferanse-artikkel	Klein-Paste og Wåhlin	Controlling the properties of thin ice layers on pavement surfaces –an alternative explanation for anti-icing	Physics and Chemistry on Ice 2010, Hokkaido University Press, Sapporo Japan, s 13-19
2010	Publisert konferanse-artikkel	Klein-Paste og Wåhlin	The effect of supercooling on the properties of thin saline ice layers	Physics and Chemistry on Ice 2010, Hokkaido University Press, Sapporo Japan, s 51-56
2011	Masteroppgave NTNU	Nilssen	Snøen absorberingsevne av saltvann	NTNU
2011	Populær-vitenskapelig innlegg	Aurlien	Vil vite mer om salting	Vegen og Vi nr 8, September 2011, s 18-19
Planlagt	Vitenskapelig tidsskrift	Klein-Paste, Wåhlin, Lysbakken og Svanekeil	Anti-icing and roads – a proposed physical mechanism	Cold Regions Science and Technology
Planlagt	Konferanse-artikkel	Klein-Paste og Wåhlin	Effect of salt on micro hardness of compacted snow – implications for tire-pavement interaction	NordTrib 2012 tribology conference
Planlagt	Konferanse-artikkel	Klein-Paste og Nilssen	Water absorption capacity of snow and its implications for road winter maintenance	Uavklart

Tabell 4.1 Publikasjoner generert gjennom AP 1-1

4.2 Levetid av ulike spredemetoder

4.2.1 Bakgrunn og mål

Salt kan spres på vegen gjennom ulike spredemetoder. Det kan enten spres som

- Tørt salt
- Saltløsning
- Befuktet salt (tørt salt som befuktes på saltbil rett før utspreiding enten med saltløsning eller vann)
- Slurry (slurry er en variant av befuktet salt, men er finkornet salt, oppnås ved eksempelvis kverning av salt på bil før befuktning og utspreiding)

Levetiden av et salttiltak eller tapet av salt fra vegbanen påvirkes i stor grad av hvilken spredemetode som benyttes. Dette gjelder tapet av salt under selve utspreiding, det såkalte initialtapet, og tapet som skjer etter utspreiding pga. trafikk og værforhold. Videre er også tapet av salt og effekten av ulike spredemetoder avhengig av vegbaneforhold (tørt, vått, snø).

Målsettingen med dette delprosjektet har vært å dokumentere hvilke(n) spredemetoder som gir minst tap (lengst levetid) under ulike forhold, det vil si vær-, føre-, og trafikkforhold. Gjennom dette har det vært et mål og komme med anbefalinger om hvilke spredemetoder som bør benyttes for å få mest effektiv bruk av salt. Det vil si å oppnå et lavt saltforbruk samtidig som man oppnår gode kjøreforhold.

Videre har det vært et delmål å frambringe kunnskap til revisjon av salttabellen, samt opplæringsstoff (EVU-kurs, kurs i vinterdrift for operatører, temadager omkring salt)

Prosjektet har valgt kun å se på utspreiding av natriumklorid (NaCl).

4.2.2 Aktiviteter

I dette delprosjektet, samt i Masteroppgaven til Anders Svankil ved NTNU (2007), har det blitt gjennomført en litteraturstudie innen temaet ulike spredemetoder.

Hovedaktiviteten i dette delprosjektet er gjennomføringen av felt- og driftsforsøk i kontrakt 1101 Dalane i Rogaland. I denne kontrakten var det lagt opp til å kjøre forsøk ved at det var lagt inn FoU-aktivitet i kontrakten. Strekningen der det ble kjørt felt- og driftsforsøk ligger på E39 og har en ÅDT på rundt 5000.

Vintersesongen 2008/2009 ble det i alt gjort fem kontrollerte feltforsøk der ulike spredemetoder ble testet opp mot hverandre. Det var definert to tilgrensede strekninger ca. 3 km lange med mest mulige like klima-, og trafikkforhold. Under feltforsøkene ble det utført salttiltak med ulike spredemetoder på de to strekningene. På den måten kunne effekten av to ulike spredemetoder sammenlignes under mest mulig like forhold. Under feltforsøkene ble saltmengden på vegen målt og trafikkmengde, vær- og føreforhold ble registrert. Forsøkene er rapportert i Teknologirapport nr. 2563.

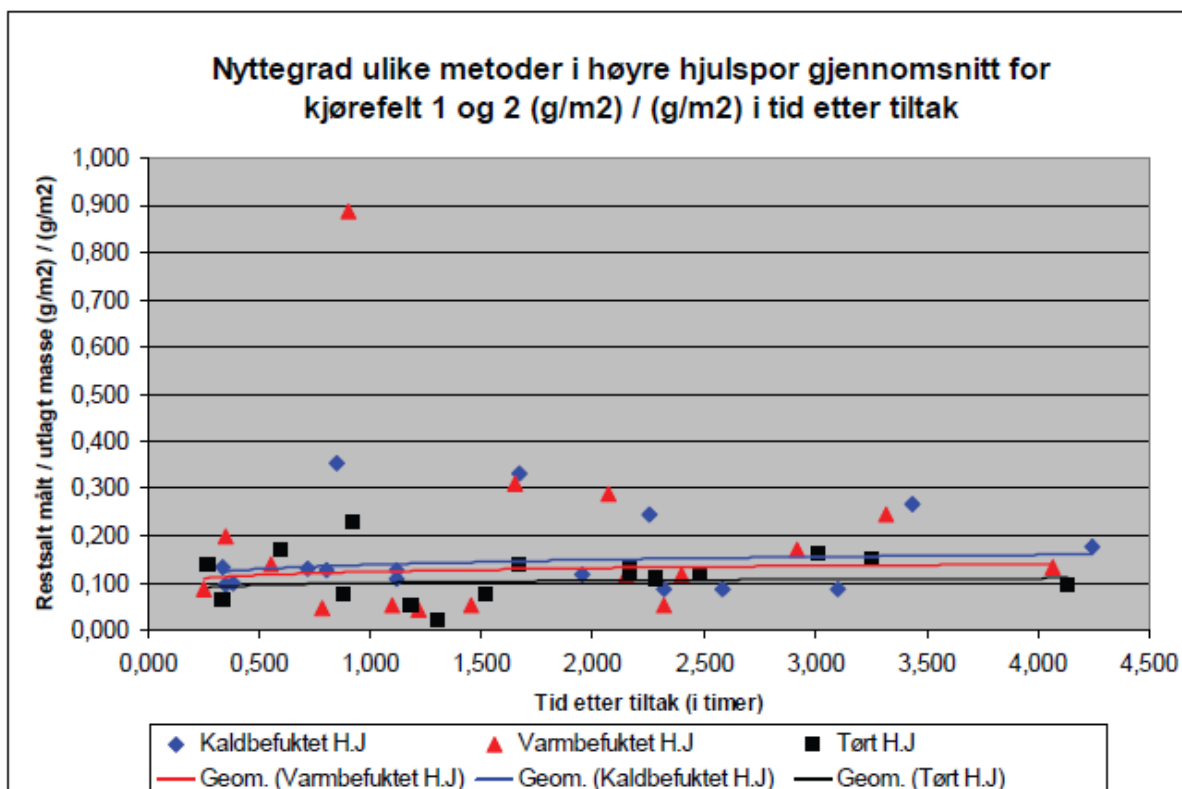
Utgangspunktet for driftsforsøkene i delprosjektet var 3 ulike salt- og brøyteroder i Dalanekontrakten. Det ble bestemt at så lenge forholdene (vær- og føre) lå til rette skulle det brukes bestemte spredemetoder på de ulike rodene. På en rode skulle det i størst mulig grad benyttes varmbefuktet salt, på rode to skulle det benyttes befuktet salt med saltløsning og på den tredje skulle det benyttes saltløsning i tillegg til slapsekaren. (Slapsekaren er en kostemaskin etterhengende på lastebil utviklet på begynnelsen av 1990-tallet for fjerning av snø og slaps). Det ble utarbeidet skjema for registrering av tiltak som skulle fylles ut av sjåførene. Der skulle det registreres blant annet tiltaksårsak, vær- og føreforhold og saltmengde. Når disse dataene skulle analyseres ble det konstatert at rapporteringen på ingen måte hadde fungert. Blant annet ved å sammenligne saltmengder fra R12-skjemaene (offisiell mengderapportering i kontrakten) ble det åpenbart at det var en betydelig underrapportering i skjemaene som var fylt ut av sjåførene. Kun brøkdeler av tiltakene var registrert. En analyse av disse dataene ville derfor ikke gi noe korrekt bilde av effektene av ulike spredemetoder. Av den grunn ble ikke nytten av driftsforsøkene som forventet. Manuelle registreringsskjema, elektronisk rapportering og R12-rapporter spriker i alle mulige retninger og har derfor ikke blitt benyttet i særlig grad.

4.2.3 Resultater

Resultater og konklusjoner fra dette delprosjektet baserer seg altså på de feltforsøk gjort i Dalane-kontrakten sesongen 2008/2009 og tilgjengelig litteratur innen effekt av ulike spredemetoder.

Den meste av kunnskapen innen effekt av ulike spredemetoder finnes nok mest som erfaringsbasert og til dels udokumentert kunnskap hos utførende av vinterdrift. Som sagt er det nok en akseptert oppfatning at ulike spredemetoder kan ha ulik effekt og at effekten vil variere mellom ulike vegbaneforhold. Effekt kan være ulike aspekter, men i dette delprosjektet er det valgt å fokusere på levetid av saltet på vegbane eller med andre ord effekt med hensyn på å oppnå et minst mulig tap av salt på vegbanen. Man kan skille mellom to ulike tap av salt; under selve utspreidingen av saltet, det såkalte initial tapet, og tapet av salt etter utspreiding som skyldes påvirkning av vær og trafikk (Lysbakken og Norem, 2008). I tillegg til den erfaringsbaserte kunnskapen finnes det noen få studier av ulike spredemetoder som har forsøkt å kvantifisere tapet ved de ulike spredemetodene. Ericsson (1995) studerte tapet av salt med ulike spredemetoder. Ut fra rapporten er det litt uklart hva som er datagrunnlaget for hans konklusjoner og hvilke målemetoder som er brukt. Konklusjonen fra studien er at forskjellene i tapet av salt mellom ulike spredemetoder er størst på tørr eller lite fuktig veg og minst på våt veg. På tørr eller fuktig veg skiller spreding av saltløsning seg ut med minst tap også med lite eller ikke noe initial tap. Befuktet salt vil være noe bedre enn tørt salt, men fortsatt ha vesentlig større tap enn saltløsning. På våt veg hevder Ericsson at det vil være samme rangering mellom de ulike spredemetodene, men at forskjellen vil være mindre. Fønnesbech (2001) undersøkte i en dansk studie forskjellene på tapet av salt mellom befuktet salt og saltløsning. Selv om denne studien ikke i samme grad peker på forskjellene mellom ulike vegbaneforhold, støtter den Ericsson sine konklusjoner med at saltløsning ikke gir et like hurtig tap av salt fra vegbanen slik som befuktet salt gjør. Burtwell (2004) undersøkte forskjellen i initialtap mellom spreding av tørt salt og befuktet salt. Konklusjonen var at tørt salt har et større initialtap sammenlignet med befuktet salt. Svanekil (2007) studerte spreding av tørt, befuktet salt og varmbefuktet salt. I sin studie viste Svanekil at alle disse spredemetodene har et stort initialtap og hurtig tap pga. trafikk ved tørr eller fuktig veg. Under disse testene kunne det ikke påvises signifikante forskjeller mellom de ulike spredemetoder

når det gjelder tap av salt. I forsøkene gjort av Svanekil ble det ikke dokumentert noen effekt av å varme opp vannet som befukter saltet, såkalt varmbefuktet salt.



Figur 4.4 Nyttegrad ulike metoder på en tørr og fuktig veg

Figuren viser nyttegrad av befuktet og tørt salt på en tørr og fuktig veg, 80-90 % av saltet forsvinner kun kort tid etter tiltak.

Feltforsøkene i dette delprosjektet er sentrale. Det ble i alt gjennomført fem feltforsøk med ulike spredemetoder og ulike vær- og vegbaneforhold:

Feltforsøk 1: Tørt versus varmbefuktet salt (slurry) på bar, men svært våt vegbane

Feltforsøk 2: Befuktet salt versus tørt salt på en fuktig/våt vegbane

Feltforsøk 3: Saltløsning versus befuktet salt på fuktig/våt med noe opptørking

Feltforsøk 4: Saltløsning versus befuktet på tørr vegbane

Feltforsøk 5: Saltløsning på tørr vegbane med deretter nedbør og våt vegbane

Feltforsøkene ble som vist kjørt under ulike vegbaneforhold som ga mulighet å se forskjeller i effekt under ulike vegbaneforhold.

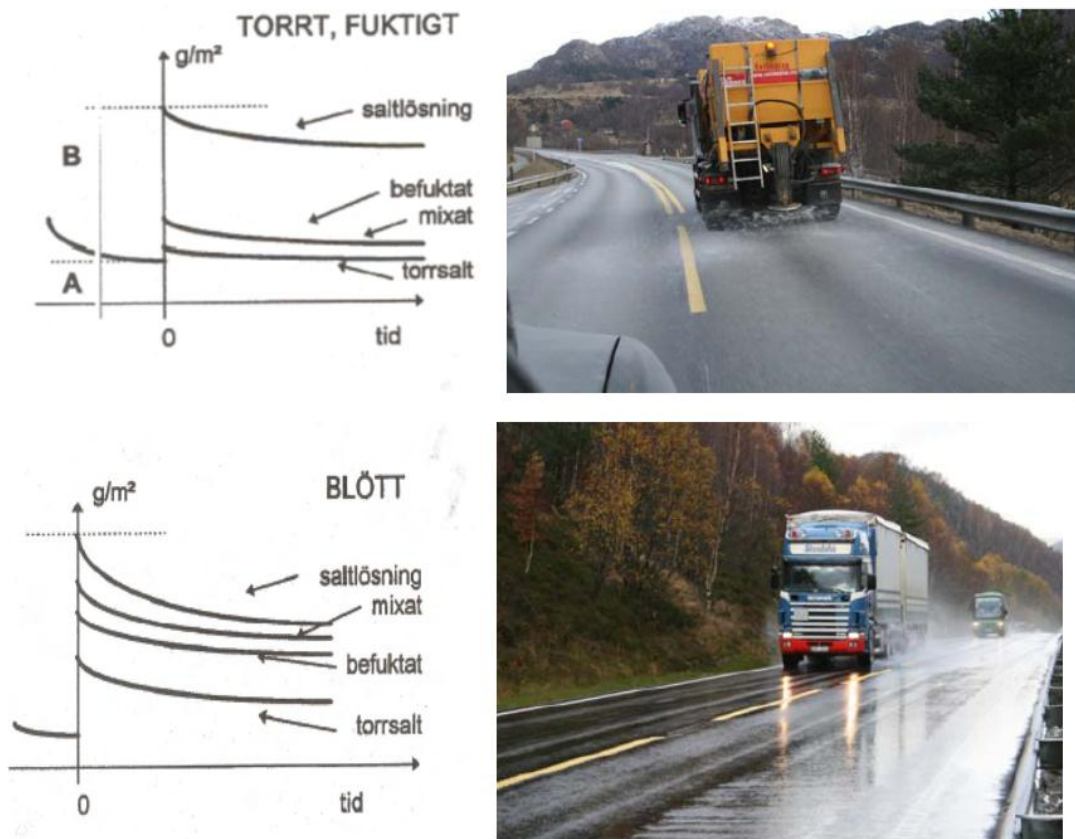
Feltforsøk 1 ble gjort på en svært våt vegbane noe som gir mye sprut av trafikken. Forsøket viste at et salttiltak under slike forhold gir svært hurtig tap, dvs. svært kort levetid. Dette er også vist i Lysbakken (2008). Det kunne ikke påvises en forskjell mellom de to ulike spredemetodene under dette forsøket. Feltforsøk 2 ble gjort på en vegbane som var i grenseland mellom fuktig og våt, dvs. med tendens til begynnende sprut fra trafikken. Selv

ved disse fuktighetene er det et relativt stort initialtap av salt på begge metodene. Ut fra de utsprede mengder kan det sies at befuktet salt oppnår en noe bedre levetid sammenlignet med tørt salt. Feltforsøk 3 ble gjort på en vegbane som var i grenseland mellom fuktig og våt men med noe opptørking. Ut fra de spredte mengder kan man si at man oppnår en noe bedre varighet på salttiltaket med saltløsning sammenlignet med befuktet salt. Feltforsøk 4 ble gjort på tørr vegbane. Dette forsøket viste at man oppnår lavere tap av salt på en tørr vegbane med saltløsning sammenlignet med befuktet salt. I feltforsøk 5 ble det kun gjort tiltak med saltløsning på en tørr vegbane som deretter ble våt pga. nedbør. Dette feltforsøket viste tydelig at man ved å spre saltløsning på en tørrvegbane kan oppnå en lang varighet av salttiltaket. Hvis vegbanen er tørr kan målinger og observasjon tyde på at det finnes små mengder salt på vegbanen, dvs. at stort salttap har funnet sted. Dette kan skyldes opptørking og utkrystallisering av salt som dermed vanskelig kan måles av restsaltmåleren (SOBO 20). Hvis vann blir tilført vegbanen så øker den målte saltmengden igjen ved at saltet løses opp og igjen kan måles med SOBO. Dette ble også rapportert av Klein-Paste (2008). Feltforsøk 5 viste at utspreiding av salt som saltløsning kan være svært fordelaktig på tørr og fuktig vegbane. For detaljer, se Teknologirapport nr. 2563 (Svanekil, 2009)

4.2.4 Konklusjon

De konklusjoner som er trukket i dette delprosjektet er i hovedsak basert på litteraturstudien og feltforsøkene gjort i delprosjektet, men det er også framkommet nyttige erfaringer eksempelvis med bruk av saltløsning i delprosjektet "*Mekanisk fjerning og salting under snøvær*" som gir grunnlag for Salt SMART sine anbefalinger når det gjelder spredemetoder.

Konklusjonene til Salt SMART når det gjelder ulike spredemetoder sin levetid vil i stor grad stemme overens med de konklusjoner funnet av Ericsson (1995).



Figur 4.5: Ericssons modell for levetid av ulike spredemetoder, samt bilder fra Dalane.

Utspreiding av salt med saltløsning er den spredemetoden som gir minst tap på tørr og fuktig veg. Metoden gir både lite initialtap og tap pga. trafikk. Man har sett at saltet kan være tilstede på vegbanen lenge og ha effekt når vegbanen igjen blir fuktig og våt. Spreding av befuktet salt kan se ut som om gir litt mindre tap sammenlignet med tørt salt, men dette er noe usikkert. Uansett kan det tyde på at forskjellene mellom tørt og befuktet salt er små og uansett mindre enn eksempelvis mellom befuktet salt og saltløsning. På våt eller svært våt veg er det derimot liten/ingen forskjell i levetid mellom ulike spredemetoder. Er vegen våt er det mye sprut fra trafikk og stort tap av salt. Det avgjørende i slike tilfeller vil ikke være spredemetoden, men saltingstidspunkt. Er vegen våt vil det være viktig å kunne gjøre tiltak tett opp til et værtilfelle, eksempelvis tilfrysing av vegen.

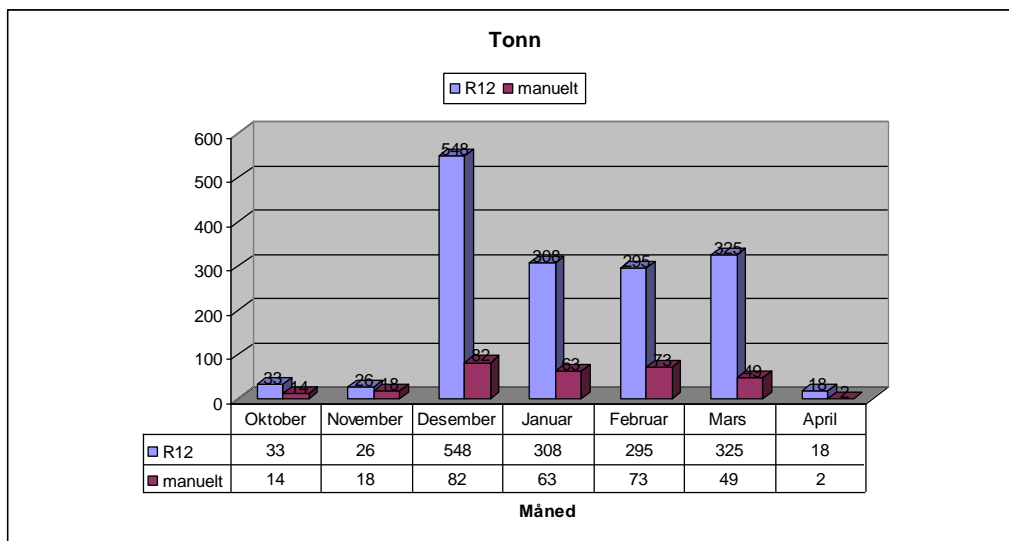
Ut fra dette mener Salt SMART at det vil være hensiktsmessig å anbefale økt bruk av saltløsning som spredemetode. En vil oppnå lengre varighet på tiltak eller samme varighet med lavere spredemengder. Bruk av saltløsning som anti-isingstiltak på tørre eller fuktige vegbaner vil kunne gi redusert saltforbruk sammenlignet med bruk av tørt og befuktet salt. I delprosjektet "Mekanisk fjerning og salting under snøvær" har man også sett at saltløsning fungerer godt i forbindelse med snøvær men da på relativt milde temperatur og med god og hyppig mekanisk fjerning av snø. Det må presiseres at for å oppnå et lavere forbruk av salt med saltløsning må man ha et vinterdriftsopplegg med høy fokus på rettidighet og mulighet for tiltak med små mengder, men med hyppighet ved behov.

Det må også presiseres at saltløsning kan ses på en metode som er noe mer krevende. Siden kapasiteten på saltbilen "tas" opp av vannet i saltløsningen vil det gi begrensninger på rekkevidde og derfor begrensninger i rodelengde. Det krever at man har tilstrekkelig med

produksjonskapasitet og lagerkapasitet for saltløsning og at dette har nærhet til rodene. Samtidig er dette et driftsopplegg som er svært ønskelig for å oppnå en god vinterdrift med lavt saltforbruk. Korte roder, rask “uttrykkingstid” som muliggjør tiltak tett opp til værtilfeller og mulighet for hyppig gjentakelse av tiltak er nødvendig for å oppnå et lavt saltforbruk og samtidig er det dette som kreves for å kunne benytte saltløsning.

Prosjektet avdekket også stor usikkerhet omkring dette med faktisk utspredd saltmengde, kontra hva som leveres elektronisk (både i entreprenør og statens vegvesen sitt elektroniske system) og hva som faktisk rapporteres inn i kontrakt i R12

For vintersesongen var manuell rapportering kontra R12 rapportering følgende:



Figur 4.6: Manuell rapportert data kontra R12 data for Dalane E39, vinteren 2009/2010

Salt SMART sine anbefalinger for bruk av saltløsning er beskrevet i kapitel 6.

4.2.5 Oversikt over publikasjoner

År	Type	Forfattere	Tittel	Publiseringskanal
2008	Prosjektoppgave NTNU	Lalagüe, Anne	Use of ground penetrating radar for detecting of salt concentration on norwegian winter roads	
2009	Publisert konferanse-artikkel	Lalagüe, Anne, Hoff, Inge, Eide Egil, Svanekil, Anders	Use of ground penetrating radar for detecting of salt concentration on norwegian winter roads	Bearing capacity of Roads, Railways and Airfields. Volume 2. Editors; Erol Tutumluer & Imad L. Al-Qadi

2009	Teknologirapport nr. ??	Svanekil, Anders	Salt SMART - Levetid av ulike spredemetoder Forsøk i Dalane vinteren 2008/2009	Statens vegvesen, Vegdirektoratet
2010	Notat	Rosten, Ole Martin	Kommentarer på rapportering av Salt SMART-Dalane fk1010	

Tabell 4.2 Oversikt over publikasjoner

4.3 Mekanisk fjerning og salting under snøvær

4.3.1 Bakgrunn og mål

Det er kjent at forbruket av salt i forbindelse med snøvær kan være vesentlig. Det har i enkelte områder blitt dokumentert at over 60 % av det totale saltforbruket kommer i forbindelse med snøvær. Det vil være naturlig å anta en direkte sammenheng mellom mengden med salt som må tilføres for å oppnå eller opprettholde bar veg og mengden av snø, is eller vann som ligger på vegen. Det er også en klar sammenheng mellom vannmengden på vegen og tapet en har av oppløst salt etter utstrøing, gjennom avrenning, sprut på grunn av trafikk etc. En svært viktig faktor for å oppnå et lavt saltforbruk i vinterdriften vil derfor være god mekanisk fjerning av snø dvs. med brøyting. God og hyppig mekanisk fjerning av snø vil ikke bare kunne legge grunnlag for et lavt saltforbruk men også gode kjøreforhold.

Målsettingen og arbeidet i dette delprosjektet har vært todelt.

1. Utstyr for forsterket mekanisk fjerning (kalt mekanisk fjerning):

Det har vært et mål å utvikle metoder som kan benyttes for å kunne oppnå et særlig lavt saltbruk på definerte sårbare strekninger. Ved bruk av slike metoder kan det bli behov for mer ressurskrevende tiltak. Gjennom dette delprosjektet har Salt SMART ønsker å skaffe kunnskap om egenskaper og ytelser for utstyr for høy grad av mekanisk fjerning av snø og is. Med en høyere grad av mekanisk fjerning har prosjektet primært ønsket å redusere saltbruken, men ønsker også å dokumentere endringer av standard (føreforhold)

- Skaffe en oversikt over aktuelt utstyr som finnes og eventuelle forskjeller i ytelse og egenskaper
- Skaffe detaljert kunnskap om ytelser for valgt utstyr og metoder med hensyn på eksempelvis ryddeegenskaper og kunnskap om ideell syklustider og saltmengder for valgt utstyr
- Undersøke hvordan spredning av salt som saltløsning fungerer i forbindelse med snøvær og sammen med utstyr for forsterket mekanisk fjerning

2. Effekt av ordinært brøyteutstyr

I tillegg har det i delprosjektet vært et mål å studere effekten av ordinært brøyteutstyr. Det har vært et mål å se på hvilke faktorer som påvirker effekten av brøyteutstyret og hvilke ytelser utstyret har. Gjennom dette arbeidet har det vært et ønske om å kunne sette kvalitetskrav til brøytetiltak med hensyn på restsnø/gjennomslipp.

4.3.2 Aktiviteter

Mekanisk fjerning

For denne delen av prosjektet ble det lyst ut et forskningsoppdrag for prosjektledelse og rapportering. SINTEF Teknologi og Samfunn har hatt dette oppdraget.

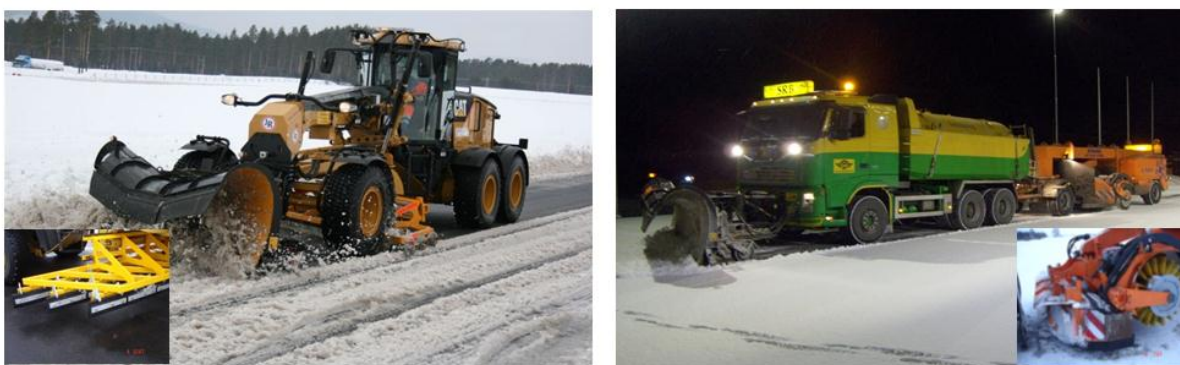
Delprosjektet ble igangsatt høsten 2008. Første perioden av delprosjektet fram til våren 2009 bestod av to hovedaktiviteter. Det ene var å klarlegge hvilke strekninger der valgt utstyr kunne benyttes for å gjøre felt- og driftsforsøk. To kontrakter ble valgt og i kontrakt 0402 Sør-Østerdalen og 1502 Sunnmøre ble det skrevet inn FoU-aktiviteter for å kunne gjennomføre forsøk i samarbeid med entreprenør. Strekningen i Sør-Østerdalen er Rv3 nord for Elverum. Denne strekningen kjennetegnes av innlandsklima og det har vært fokus på saltbruken på deler av strekningen. I kontrakt 1502, Sunnmøre, ble en strekning langs E39 valgt. Denne strekningen ligger langs Brusdalsvatnet som er en drikkevannskilde for Ålesund og saltbruken kan dermed være bekymringsfull. Strekningen er karakterisert ved kystklima og høy trafikk.

Den andre hovedaktiviteten vintersesongen 2008/2009 var å kartlegge mulig utstyr for forsterket mekanisk fjerning og å gjennomføre tester for å velge aktuelt utstyr for uttesting. For å skaffe en oversikt over markedet og aktuelle leverandører ble det annonsert en innbydelse til uttesting av utstyr. I innbydelse var det satt opp visse krav til utstyret. Prosessen er videre beskrevet i Teknologirapport nr. 2558 (Vaa og Svanekil, 2009). Testene ble gjennomført på lukket bane på Norsk Trafikksenter (Vålerbanen) 3.-5- mars 2009. Fire typer utstyr ble testet:

- Slapsekaren; etterhengende kost og saltløsningsspreder eid av SVV
- Jet Broom; komplett bil med plog, børste, blåsefunksjon og saltspreder fra Boschung.
- Ombygd RSS 200; etterhengende kost fra Øveraasen AS
- Modifisert veghøvel med plog og ”slapsegrind” i stedet for høvelskjær. Pon Equipment i samarbeid med Tellefsdal AS.

Testene ble utført på snø og slaps under ulike hastigheter. I tillegg til testene på lukket bane ble det utført test med enhetene fra Øveraasen og Pon Equipment på sporslitt veg for å kunne dokumentere hvordan sporslitt veg påvirker ryddeevnen. Testene og resultater er i helhet gjengitt i Teknologirapport nr. 2558.

På bakgrunn av testene utført i 2009 ble utstyret fra Øveraasen og Pon Equipment valgt. Disse er vist i bildene under i figur nedenfor



Figur 4.7 Utstyrene fra Pon Equipment (t.v.) og Øveraasen (t.h.)

Sesongene 2009/10 og 2010/11 ble utstyret testet videre i de to valgte kontraktene. Veghøvel med den såkalte ”slapsegrinda” ble testet på strekningen i kontrakt 0402 Sør-Østerdalen mens vegsweeperen ble testet videre i kontrakt 1502 Sunnmøre. I begge sesongene var det et ønske

om å gjøre kontrollerte feltforsøk samt analyse av data fra ordinær drift. På grunn av driftsproblemer med sweeperen viste det seg særlig vanskelig å få gjennomført kontrollerte feltforsøk.

Effekt av ordinært brøyteutstyr

Effekt av ordinært brøyteutstyr har blitt undersøkt gjennom en bachelor-oppgave utført ved Høgskolen i Sør-Trøndelag av Ole Martin Rosten. I denne oppgaven ble det utført en litteraturstudie omkring hva som er suksesskriterier for et godt brøyteresultat og flere feltforsøk. Feltforsøkene ble utført både på lukket bane (Lånkebanen i Stjørdal) og på ordinær veg (E6 Trondheim). Ulike typer ploger og plogskjær ble testet ved ulike hastigheter, underlag og snøtyper.

Det ble gjennomført to dager med feltforsøk på lukket bane (Lånkebanen i Stjørdal). Forsøkene ble gjennomført på plant underlag og med fire ulike ploger med slapselameller, dette er ploger som blir benyttet på det saltede veinettet i dag. Det første dagen ble plogene testet i ulike hastigheter på tørr snø. Mens den andre dagen ble de testet på våt snø (slaps) med forskjellige typer plogskjær.

Det ble også gjennomført et feltforsøk på E6 ved Moholt i Trondheim (ÅDT ca. 20 000). Forsøket ble gjennomført under en ordinær driftssituasjon.

4.3.3 Resultater

Mekanisk fjerning

De første testene gjort av utstyr for forsterket mekanisk fjerning under forsøkene på Vålerbanen viste at alle typer utstyr hadde gode ryddeegenskaper. Ut fra en vurdering av effekt/pris og egenhet på veg ble det valgt ut to typer utstyr for videre testing.

Vegsweeper Ålesund:

Under videre testing av vegsweeperen i Ålesund ble det nok avdekket en del driftsproblemer med utstyret. Av denne grunn ble det ikke gjennomført nok kontrollerte driftsforsøk med dette utstyret. Entreprenør og byggherre har likevel kunne opparbeidet seg nyttige erfaringer med utstyret:

- Potensial for redusert saltforbruk, men har ikke greid å utnytte dette fullt ut
- Gir svært gode føreforhold
- Metoden gir god effekt av saltløsning

Prosjektet har nok sett at entreprenøren har, med det fokuset strekningen har hatt i FoU-sammenheng, lagt vekt på å gi svært gode kjøreforhold på strekningen mer enn et lavere saltforbruk. Likevel kan det tyde på et lavere saltforbruk i og med at utstyret har muliggjort bruk av saltløsning under de fleste forhold.

Slapsegrind Elverum:

I og med at dette er et mye enklere utstyr har dette ikke medført noen driftsproblemer. Denne strekningen ligger i et helt annet klima og det har dermed knyttet seg andre erfaringer til bruken av utstyret her:

- Forsøkene i Elverum har vist at utstyret gir god effekt ved temperaturer rundt 0 °C
- Forsøkene i Elverum har vist at i perioder med lave temperaturer har salt dårlig effekt og bruken bør begrenses

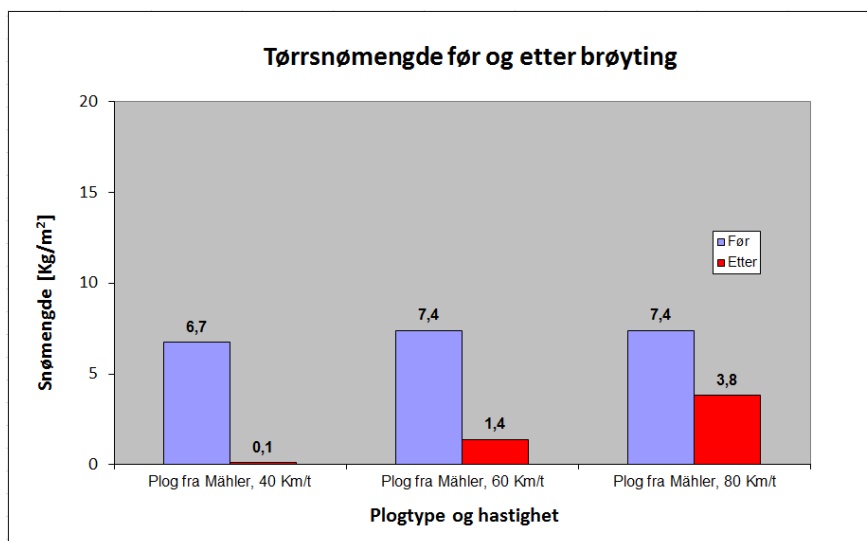
Generelt har prosjektet, i begge testområdene, dokumentert store problemer knyttet til rapportering av saltmengde både elektronisk og manuelt.

Effekt av ordinært brøyteutstyr

Litteraturgjennomgangen viser at det er gjort lite tester av ordinært brøyteutstyr. De rapportene som finnes dokumenterer at følgende faktorene er med på å avgjøre brøyteresultatet:

- Spordybde
- Hastighet
- Plogens innstillinger
- Snøtype
- Snømengde
- Utstyr (Plog, slapselammeler, skjærtype, etc)

Det ble til sammen gjennomført 76 forsøk på bane og resultatene viste at uansett type plog er fart en avgjørende parameter. Alle leverer best resultater i 40 km/t. Spesielt for forsøkene på tørr snø daler effektiviteten betraktelig når hastigheten økes. For alle forsøkene i 75-80 km/t klarer ikke plogene å levere tilfredsstillende resultater.



Figur 4.8 Tørrsnømengde før og etter brøyting

Figuren viser et utdrag fra noen av resultatene fra baneforsøkene på tørr snø. Snømengden er relativ lik før brøyting for alle hastighetene. Mens snømengden etter brøyting øker betraktelig når hastigheten økes.

Feltforsøket på E6 ved Moholt viser at plogen leverer et mye svakere resultat når det brøytes på veg med spor i sett opp mot resultatene fra baneforsøkene. Sporslitasje vil påvirke brøyteresultatet vesentlig.

Det ble ikke gjort nok tester på ordinær veg for å kunne stille konkrete kvalitetskrav til brøyting. For å kunne gjøre dette trengs det flere tester på ordinær veg med ulik dekketilstand.

4.3.4 Konklusjon

Mekanisk fjerning

Salt SMART mener at utstyr for forsterket mekanisk fjerning av snø har potensiale som tiltak i områder der en ønsker en vesentlig reduksjon i saltforbruket. Begge konseptene har potensiale i seg, men er nok ikke tilstrekkelig utviklet for å brukes på bred basis. En videre testing er ønskelig.

Effekt av ordinært brøyteutstyr

Testene med ordinært brøyteutstyr har vist at fart er avgjørende for brøyteresultatet. Salt SMART foreslår derfor at det bør sette krav til maksimal hastighet ved brøyting.

Likeledes har forsøkene vist at veg med spor gir dårligere brøyteresultat enn veg uten spor (bane). God dekkekvalitet vil gi godt brøyteresultat og gi mindre behov for salt. Ekstraordinære krav til spor i veg på vegstrekninger i miljøsoner kan være et mulig tiltak for redusert saltbruk.

4.3.5 Oversikt over publikasjoner

I tabell nedenfor det gitt en oversikt over publikasjoner i delprosjektet:

År	Type	Forfattere	Tittel	Publiseringskanal
2009	Teknologi-rapport nr. 2558	Vaa, Torgeir og Svaneki, Anders	Salt SMART – Mekanisk fjerning av snø og is, testing av ulike typer ryddeutstyr”	Statens vegvesen, Vegdirektoratet
2011	Bachelor-oppgave	Rosten, Ole Martin	Mekanisk fjerning av snø og slaps	Høgskolen i Sør-Trøndelag
Kommer		SINTEF	Sluttrapport – Mekanisk fjerning	

Tabell 4.3 Oversikt over publikasjoner

4.4 Tilsetningsstoffer til salt

4.4.1 Bakgrunn og mål

Det finnes ulike kjemikalier og produkter som tilsetningsstoffer til vegsalt som på en eller annen måte hevder å øke effekten til vegsalt. Dette kan eksempel være å øke effekten med hensyn på lave temperaturer, gi økt effekt ved lavere dosering eller lengre varighet av salttiltaket. Det kan være ulike typer stoffer inklusive andre kloridsalter. En gruppe av disse stoffene som har vært lansert er biprodukter fra landbruket, såkalte "Agricultural bi-products (ABP).

En vesentlig argumentasjon ved slike produkter er at de er med på å gi et redusert saltforbruk. For Salt SMART har det vært naturlig å ha et delprosjekt som har sett på effekten av slike tilsetningsstoffer. I prosjektet har det vært et mål å framskaffe mest mulig vitenskapelig og objektiv dokumentasjon om slike produkter. Videre har det også vært et mål å kunne skaffe dokumentasjon på årsaksforklaringer av en eventuell effekt av slike tilsetningsstoffer.

4.4.2 Aktiviteter

Delprosjektet har hatt ulike aktiviteter. Vintersesongen 2007/2008 ble det utført et en studie på et utvalgt produkt av typen ABP. Studien ble utført av Alex Klein-Paste ved NTNU i samarbeid med Mesta. Flere feltforsøk ble utført på RV 80 i Bodø. Under forsøkene ble utspreiding av saltløsning tilsatt ABP sammenlignet med utspreiding vanlig saltløsning. Hensikten med disse feltforsøkene var å studere hvorvidt et tilsetningsstoff av typen ABP kan påvirke varigheten av et salttiltak. Under feltforsøkene ble det gjort tiltak med saltløsning tilsatt ABP på en teststrekning, mens det ble gjort tiltak med ren saltløsning på en tilgrensende referansestrekning. Saltmengden på vegbanen i tiden etter tiltak ble målt på både test- og referansestrekning, i tillegg til at vegbaneforhold, vær og trafikkmengde ble registrert. I løpet av etterjuls vinteren 2008 ble det gjort i alt fem forsøk med valgt ABP under feltstudien. Feltstudien er nærmere beskrevet i teknologirapport. 2523 (Klein-Paste, 2008)

I tillegg til feltstudien ble det gjort et litteraturstudium på tilsetningsstoffer til natriumklorid. Studien ble gjort av ViaNova Plan og Trafikk på oppdrag av Salt SMART. Studien omfattet også en studie av litteratur på alternative kjemikalier til NaCl (se kapittel 4.5). Denne litteraturstudien omfattet kun effekten av tilsetningsstoffer på kjøreforhold og omfatter eksempelvis ikke de ulike stoffer sin virkning på miljø. Miljøaspektet er vurdert i Salt SMART Ap2 som har gjort egne studier av ulike stoffers virkning på miljø. Litteraturstudien er presentert i Teknologirapport nr. 2593. (Holen, 2010)

4.4.3 Resultater

I Teknologirapport nr. 2523 formulerer Klein-Paste to ulike hypoteser om hvordan et tilsetningsstoff eventuelt kan redusere saltforbruket men samtidig behold eller øke effekten av saltet på veg:

1. Ved at tilsetningsstoffet øker virkningsgraden til saltet (NaCl)
2. Ved at tilsetningsstoffet forlenger levetiden til saltet på vegbane, dvs. reduserer salttapet

Basert på den generelle forståelse av de fysiske mekanismene som forårsaker frysepunktnedsettelse anses det usannsynlig at et tilsetningsstoff kan øke virkningsgraden til NaCl og dermed redusere saltforbruket. Frysepunktnedsettelse er i hovedsak avhengig av antall molekyler eller ioner oppløst i vannet. Et tilsetningsstoff kan ikke øke antall molekyler eller ioner av en gitt mengde NaCl, men tilsetningsstoffet kan selv bidra til frysepunktnedsettelse, men i dette tilfellet øker ikke stoffet virkningsgraden til NaCl men "overtar" en andel av virkningen. Denne effekten er vist i målinger av frysepunkt for løsning med NaCl og magnesiumklorid ($MgCl_2$) som tilsetningsstoff (Rekstad og Hardarsson, 2005). Her vises det at $MgCl_2$ bidrar selv med frysepunktnedsettelse i blanding, men øker ikke effekten av NaCl. Bidraget fra tilsetningsstoffet vil være avhengig av andel tilsetningsstoff. Normalt tilsettes tilsetningsstoff med så lav andel at stoffets bidrag til den totale frysepunktnedsettelsen ikke utgjør vesentlig forskjell og ut fra dette ikke kan utgjøre vesentlig forskjell på saltforbruket. På bakgrunn av dette er det sannsynlig at et tilsetningsstoff kun kan bidra til redusert saltbruk ved at det gir en forlenget levetid til saltet på vegbanen. Basert på denne vurderingen ble feltforsøkene i Bodø konsentrert på å dokumentere effekten av et tilsetningsstoff på levetiden av salt på vegbanen.

Det ble utført fem feltforsøk i feltstudien i Bodø. Det ble utført forsøk både på tørr, fuktig (lite vann) og våt vegbane. Ut fra målinger av restsalt i feltforsøkene kan det ikke hevdes at det tilsatte ABP gir lengre levetid av salt på veg. Det gjelder uansett om vegen er tørr, fuktig eller våt. Saltløsning med og uten ABP gir samme levetid av saltet. Et interessant resultat fra feltforsøk på tørr vegbane viste at salt både med og uten ABP har lang levetid på veg. Saltet er i midlertidig vanskelig å måle pga. av utkrystallisering. Ved tilførsel av fukt (naturlig gjennom nedbør eller ved kunstig tilførsel) vil saltet kunne måles igjen. Under disse forsøkene viste det seg at pga. fargen i det tilsatte ABP var saltet med ABP "synlig" på den tørre vegbane, men der det kun var saltløsning så man ikke det krystalliserte saltet. Ut fra dette fremsetter Klein-Paste en hypotese om at virkningen av et ABP kan være "kosmetisk" ved at det gjør saltet "synlig" og dermed kan gjøre driftsmannskaper i stand til og vurderer hvorvidt det finnes nok salt tilstede på vegbane.

Litteraturstudien gjort av ViaNova er det henvist til studier på ulike tilsetningsstoffer, både tilsetning av andre klorid salter og ABP. Litteraturundersøkelsen viser likevel at det finnes relativt få kilder på effekten av tilsetningsstoffer. Ut fra en enkel rangering kan det se ut som om det er en effekt av å tilsette andre kloridsalter, mens at effekten av ABP er diskutabel. Ut fra at det finnes andre kloridsalter som er mer effektiv en NaCl med hensyn på frysepunktnedsettelse kan dette tilsynelatende forklares. Hvis kildene blir studert nærmere ser en at det i stor grad mangler årsaksforklaringer til en påstått effekt av et tilsetningsstoff eller konkret kvantifisering av effekt gjennom eksempelvis måling av frysepunktnedsettelse eller restsalt.

4.4.4 Konklusjon

Gjennom feltforsøk i dette delprosjektet har vi ikke kunne dokumentere en effekt av et tilsetningsstoff av type ABP. Litteraturstudien har vist at effekten heller ikke er godt dokumentert i andre studier, dessuten er antall kilder noe begrenset.

I denne sluttrapporten ser vi grunn til også å nevne at det i en driftskontrakt i Region øst (Follo) har foregått forsøk med tilsetningsstoffer av typen ABP. Dette var et samarbeid mellom lokal byggherre, entreprenør og leverandør av produktet. Av ressursmessige og tidsmessige grunner ble ikke Salt SMART en aktiv del av disse testene. På bakgrunn av

bruken av produktet over to sesonger har entreprenør/leverandør utarbeidet to notater vedørende effekten av produktet. Entreprenøren har i følge dette hatt svært gode effekter av tilsetningsstoffet. Fra Salt SMART sin side påpekes det at resultatene er interessante, men at det mangler god dokumentasjon på påstått effekt og at det trekkes en del konklusjoner utover hva som faktisk er testet.

Engelske vegmyndigheter beskrev kunnskapsstatusen med tilsetningsstoffer av typen ABP slik i 2007 (Highways Agency, 2007). *“There is significant anecdotal evidence regarding the use of Agricultural By Products as an additive in winter service and that users have taken cognisance of the claims made by producers without properly constituted independent research to justify the claims.”* De mener at det finnes mange såkalte “anekdotiske” bevis for ABP men at det mangler uavhengig vitenskapelig dokumentasjon som bevis på at de fungerer og hvordan/hvorfor de fungerer. Aktivitetene i dette delprosjektet i Salt SMART eller annen forskning etter 2007 forandrer ikke på dette standpunktet.

Basert på aktivitetene i dette delprosjektet finner ikke Salt SMART grunn til å anbefale bruk av tilsetningsstoffer som et tiltak for å kunne redusere saltbruken. Effekten av slike tilsetningsstoffer er ikke tilstrekkelig dokumentert til å gjøre en slik anbefaling. Likevel ser Salt SMART at interessen rundt tilsetningsstoffer og deres påståtte effekter er så sterk at vi anbefaler at SVV følger med utviklingen innenfor feltet. Dette inkluderer også eventuelt etter hvert å initiere forskningsaktiviteter med hensyn på å kvantifisere en eventuell effekt men ikke minst finne årsaksforklaringer på en slik effekt. En økt forståelse av eventuelle årsaksforklaringer vil gjøre SVV i stand til å vurdere virkninger og egenskaper til nye stoffer som måtte dukke opp.

4.4.5 Oversikt over publikasjoner

I tabell nedenfor det gitt en oversikt over publikasjoner i delprosjektet:

År	Type	Forfattere	Tittel	Publiseringskanal
2007-2008	Teknologi-rapport nr. 2523	Klein-Paste	Feltforsøk - Reduksjon av saltforbruk ved bruk av tilsetningsstoffer	
2010	Litteratur-gjennomgang	Vianova	Salting av vinterveger; Alternative kjemikalier og tilsetningsstoffer til natriumklorid - en litteraturgjennomgang	

Tabell 4.4 Oversikt over publikasjoner

4.5 Alternative kjemikalier

4.5.1 Bakgrunn og formål

Natriumklorid (NaCl) står for over 99,5 % av bruken av kjemiske strømidler i vinterdriften i Norge og er også klart det mest brukte kjemikalet internasjonalt. Det er velkjent at natriumklorid har en god del negative effekter blant annet i forhold til miljø og korrosjon. Derfor er det et sterkt fokus på alternative kjemikalier. Det finnes en rekke stoffer som kan være mulig å bruke i vinterdriften.

Salt SMART har et klart utgangspunkt i miljøproblemene som er forårsaket av bruken av NaCl i vinterdriften. En eventuell overgang til andre kjemikalier enn NaCl vil måtte være motivert av at stoffet reduserer miljømessige konsekvensene av kjemikaliebruken i vinterdriften. Med andre ord skal et kjemikalie være et alternativ til NaCl må det ha fordeler med hensyn på miljø sammenlignet med NaCl. I Salt SMART prosjektet har de miljømessige konsekvensene av ulike kjemikalier blitt vurdert i Ap2. Hvorvidt andre kjemikalier er interessant å bruke ut fra miljøhensyn er således vurdert i Ap2.

Når det gjelder internasjonal forskning og utvikling innen kjemikaliebruk i vinterdriften er det nok innen temaet alternativer til NaCl det har vært størst fokus. De velkjente negative effektene av NaCl har vært drifkraften for dette. I Norge har det også vært fokus på dette. Ut fra et sterkt fokus på alternative kjemikalier anså Salt SMART det riktig å innhente mest mulig tilgjengelig kunnskap om alternative kjemikalier og deres virkning på veg uavhengig av hvorvidt det ut fra en miljøvurdering er aktuelt å benytte andre kjemikalier.

På bakgrunn av dette har Salt SMART Ap 1-5 hatt et prosjekt for å tilegne seg kunnskap om aktuelle alternative kjemikalier og deres virkning som middel i vinterdriften. Dette delprosjektet har altså hatt som formål å undersøke hvordan de ulike kjemikalier virker med hensyn på kjøreforhold herunder egenskaper som frysepunktnedsettelse, smeltekapasitet ol.

4.5.2 Aktiviteter

I delprosjekt har man hatt to hovedaktiviteter. Salt SMART har støttet en Masteroppgave ved NTNU med tittelen: *“Utprøving av alternative kjemikalier for vinterdrift av veger”*. Masteroppgaven ble utført våren 2009 av Gjermund Dahl. I oppgavene ble det utført både laboratorietester og enkle feltforsøk for å teste ulike alternative kjemikalier sin effekt sammenlignet med NaCl. Det som ble testet var sukker (sukrose), blanding av sukker og NaCl, kaliumformiat (Aviform) og kalsium-magnesium-acetat. I laboratoriet ble de ulike kjemikalierne testet med hensyn på frysepunktnedsettelse og hvorvidt de bidrar til anti-kompaktering av snø. I felt ble kun anti-kompaktering av snø testet.

I delprosjektet ble det også gjennomført et litteraturstudium av alternative kjemikalier. Dette ble gjennomført av ViaNova Plan og Trafikk på oppdrag fra Salt SMART. Undersøkelsen inneholdt også temaet tilsetningsstoffer til NaCl. Innen temaet alternative kjemikalier var det satt samme begrensinger på denne litteraturundersøkelsen som dette delprosjektet. Formålet var å undersøke effekten av kjemikalier med hensyn på kjøreforhold herunder egenskaper som frysepunktnedsettelse, smeltekapasitet ol. Formålet med litteraturgjennomgangen utført av ViaNova var å samle inn dokumentert kunnskap gjennom litteratur innenfor temaet alternative kjemikalier i vinterdriften. De alternative kjemikalierne ble her vurdert i forhold til natriumklorid ved å angi pluss- eller minustegn som viser materialets egenskaper

sammenlignet med samme egenskap hos natriumklorid Litteraturstudien er presentert i Teknologirapport nr. 2593 (Holen, 2010)

4.5.3 Resultater

I Masteroppgaven fra NTNU ble ulike kjemikalier testet både i laboratorium og i enkle feltforsøk. Et av hovedresultatene fra oppgaven er at man ser sammenheng mellom den teoretiske forståelsen av at frysepunktnedsettelse er avhengig av antall oppløste molekyler og det oppnådde frysepunktet i laboratorie. Eksempelvis vil stoffer som CMA og sukker som gir færre molekyler per vektenhet sammenlignet med NaCl, og måtte tilsettes i større mengder sammenlignet med NaCl for å gi samme frysepunkts nedsettelse. Teoretisk gir stoffer med høy molekylvekt (få molekyler per vektenhet) gir mindre frysepunktnedsettelse sammenlignet med stoffer med lav molekylvekt (mange molekyler per vektenhet). I oppgaven ble dette også vist eksperimentelt. Et annet resultat fra oppgaven er at det ser ut til å være en sammenheng mellom et stoffs evne til smelting og stoffets evne til å bidra til anti-kompaktering av snø. For flere detaljer se Dahl (2009).

Litteraturgjennomgangen gjort av ViaNova har i alt gjennomgått over 100 kilder og 15 ulike kjemikalier er omtalt. Flest kilder omhandler CMA, videre fulgt av kalsiumklorid (CaCl_2), kaliumacetat (KAc), natriumformiat (NaF) og magnesiumklorid (MgCl_2). CMA er omtalt i nesten 50 % av kildene. Litteraturstudien konkluderer ut i fra en forenklet rangering etter fysikalske/kjemiske og driftsmessige egenskaper at det er CaCl_2 etterfulgt av MgCl_2 og KAc som er de alternativene til natriumklorid som er best egnet for bruk i vinterdrift. Generelt har kloridsalter gjennomgående bedre effekt enn organiske salter. Dette viser også en klar sammenheng mellom den teoretiske forståelsen av frysepunktnedsettelse og de resultater som oppnås i ulike tester gjengitt i studien. Mange organiske salter har høy molekylvekt sammenlignet med kloridsalter. Det ble poengtert at de fysikalske/kjemiske egenskapene representerer basis materialeegenskaper som det ikke er mulig å endre, mens driftsrelaterte egenskapene kan omgås/håndteres ved tilpasninger av metoder og løsninger for lagerhold, håndtering og utspredning.

Selv om de driftsrelaterte egenskapene kan håndteres er det nettopp disse egenskapene som er dårligst for CaCl_2 og MgCl_2 i ViaNovas rangering. Da er heller ikke de alternative kjemikalienes innkjøpspris, nedbrytning av materialer og innvirkning på miljø og omgivelser vurdert.

4.5.4 Konklusjon

De faglige resultatene viser at det finnes alternative kjemikalier som kan ha samme eller litt bedre effekt enn natriumklorid, men dette er i stor grad andre kloridsalter. En eventuell bruk av disse vil da være et spørsmål om disse er bedre egnet med hensyn til miljø sammenlignet med NaCl. tillegg er det kjent at CaCl_2 og MgCl_2 i større grad hygroskopiske enn NaCl (tiltrekker seg fuktighet) og det er i liten grad undersøkt i litteraturen hvordan dette påvirker effekten på veg.

På bakgrunn av fysisk-/kjemiske forsøk, resultater presentert i ViaNovas litteraturgjennomgang og dypere generell grunnkunnskap om bruk av alternative kjemikalier i vinterdrift ser Statens vegvesen/Salt SMART ingen konkrete alternative kjemikalier som fullgod erstatning til dagens bruk av natriumklorid.

4.5.5 Oversikt over publikasjoner

I tabell nedenfor det gitt en oversikt over publikasjoner i delprosjektet:

År	Type	Forfattere	Tittel	Publiseringskanal
2009	Masteroppgave NTNU	?	Utprøving av alternative kjemikalier for vinterdrift av veger.	NTNU
2010	Litteratur- gjennomgang	Vianova	Salting av vinterveger; Alternative kjemikalier og tilsetningsstoffer til natriumklorid - en litteraturgjennomgang	

Tabell 4.5 Oversikt over publikasjoner

4.6 Andre erfaringer gjort i Ap 1 – Metoder for redusert salting

Gjennom arbeidet i delprosjektene er det gjort erfaringer på en rekke områder. Dette inne problemstillinger som ikke er direkte knyttet opp målene i hvert enkelt delprosjekt, men mer generelle erfaringer om saltbruk eller FoU innen faget. Noen viktige erfaringer refereres nedenfor.

4.6.1 Erfaringer knyttet til FoU-virksomhet i driftskontraktene

En viktig del av aktivitetene i de ulike delprosjektene i Ap1 i Salt SMART har vært å gjennomføre felt- og driftsforsøk. Prosjektet har vært helt avhengig å gjennomføre slik virksomhet i tett samarbeid med entreprenører og lokal byggherre. Noe av aktiviteten har skjedd utenfor selve driftskontraktene dvs. at det er aktivitet som har skjedd med egeninnsats fra entreprenør og bistand fra prosjektet. Dette har selvsagt vært aktivitet som har vært relativt tidsbegrenset og ikke altfor ressurskrevende. Eksempler på dette er forsøkene med tilsetningsstoffer i Bodø. Annen aktivitet som har vært veldig omfattende og ressurskrevende, og som kanskje har grepet inn i den ordinære driften av et område eller strekning, har vært nødvendig å ta som en del av driftskontrakten. Dette har betydd at aktiviteten har måtte blitt beskrevet og tatt inn som en del av kontraktsgrunnlaget. Dette har eksempelvis vært tilfelle med forsøkene med forsterket mekanisk fjerning i kontrakt 1502 Sunnmøre. En erfaring gjort i dette prosjektet er at prosessen ved å innarbeide dette i kontraktsgrunnlaget er svært tid- og ressurskrevende. Dette gjør at det er en utfordring å gjennomføre slik aktivitet innenfor ordinære tidsrammer for et etatsprosjekt. Selve gjennomføringen byr også på utfordringer med hensyn på å få på plass velfungerende organisering, aktivitet og datainnsamling.

For nye FoU-prosjekt er det viktig med gode forprosjekt for at en så tidlig som mulig kan få på plass planer for FoU-virksomheten. Et etatsprogram på 4 år er kort tid for å kunne gi godt dokumentere erfaringstall og vitenskapelige studier hvor en f.eks. skal nyttiggjøre seg av Phd-studier.

Å få etablert gode rutiner for datainnsamling er en annen utfordring som prosjektet har hatt når det gjelder gjennomføring av drift- og feltforsøk. For å kunne vurdere effekten av ulike tiltak er det helt nødvendig å ha gode data om blant annet tidspunkt for tiltak, spredemengder ol. Dette kan skje gjennom at driftsmannskaper fyller ut skjemaer, men dette oppleves ofte som en ekstra belastning i en ellers hektisk driftssituasjon og resulterer ofte i manglende/dårlige data. At det har blitt tatt i bruk automatisk dataoppsamling (AD) på strø- og brøytebiler skulle i utgangspunktet være en løsning på denne utfordringen. Ved analyse av slike data i de ulike delprosjektene i Salt SMART har det vist seg at kvaliteten på data samlet inn gjennom AD er svært usikre. Sammenligning av mengder fra AD og fra eksempelvis R12 skjema har vist at data fra AD ikke er til å stole på. At dette er problematisk ved gjennomføring av FoU-aktivitet er opplagt. Videre vil dette bety at SVV i liten grad kan si noe om saltforbruk på enkeltstrekninger og hvilke strekninger som kan ha høye miljøbelastninger knyttet til saltforbruk. Vi mener det er svært problematisk at SVV i liten grad har detaljerte og sikre data om hvor saltet spres på vegnettet.

Et prosjekt med Salt SMART er helt avhengig av å gjøre forsøk på veg med hjelp og i tett samarbeid med entreprenører. Det har vært vist stor velvilje for samarbeid hos entreprenører og lokale byggherrer. Dette gir mulighet for læring både i prosjektet og ute i organisasjonen.

4.6.2 Viktige årsaker til høyt saltforbruk

I de ulike aktivitetene i delprosjektene i arbeidspakke 1 har man knyttet kontakter og kommet tett inn på entreprenører, driftsmannskaper og lokale byggherrer. Gjennom dette har man fått innsikt i noen av de faktorene som er drivkreftene bak et høyt saltforbruk. Dette er ofte mekanismer som er vanskelig å dokumentere, men som man kan få innsikt i gjennom mer uformell kontakt med driftsmannskaper. Selv om dette i stor grad ikke lar seg dokumentere kan det være viktige årsaker til et høyt saltforbruk som vi må ta høyde for ved utarbeiding av konkurransegrunnlaget.

En viktig forutsetning for å kunne gjennomføre en god vinterdrift med et lavt saltforbruk er ulike forhold knyttet til driftsopplegget. Faktorer som rodelengder og avstand til saltlagre vil i stor grad avgjøre hvorvidt sjåfør/operatør i det hele tatt kan vurdere å bruke lave spredemengder med salt. Med lange roder og med lang avstand til saltlagre vet operatør at det vil ta lang tid før neste salttiltak kan gjennomføres og saltdoseringene må derfor være høye for å sikre god effekt til neste gang salting kan skje. Ved slike driftsopplegg har man hørt om at praksis nærmest er salting ut fra klokkeslett mer enn ut fra værprognose og fokus på rettidighet. Det er klart at ved slike driftsopplegg føler ikke operatøren trygghet for å redusere saltdoseringene til et minimum.

Oppgjørsform er klart styrende for vinterdriften, således også for saltforbruket. Salt SMART har fått kjennskap til at en oppgjørsform med en høy godtgjørelse for utlagt salt har gitt et unødvendig høyt saltforbruk. Salt SMART mener at oppgjør ut fra mengde vil motivere entreprenøren til å gjøre færrest mulig tiltak og kompensere dette med høye doseringer. Salt SMART har også kjennskap til at med de mengdepriser som har vært ved enkelte kontrakter har dette vært helt styrende for dosering og type tiltak.

De standardkrav som SVV setter til vinterdriften og den oppfølging byggherren har av disse vil helt klart være bestemmende for saltforbruket. Et krav som stilles ved Strategi bar veg er kravet om bar veg 2, 4 eller 6 timer etter endt snøfall. Dette et krav som i tillegg er relativt lett å følge opp for byggherren. I kontakt med entreprenører og driftsmannskaper uttaler mange at de "frykter" sanksjoner på dette kravet. Å oppnå dette kravet vil ofte kreve mye bruk av salt og ofte vil dette gi veldig våt veg og til tider dårlige kjøreforhold. Å skape våt veg vil enkelte ganger være direkte uhensiktsmessig eksempelvis ved synkende temperaturer.

Salt SMART har sett at bruk av salt i områder hvor det er lange perioder med lave temperaturer er krevende med hensyn på å oppnå gode kjøreforhold og det generer også et høyt saltforbruk. Valg av strategi med hensyn på klimaforhold vil være avgjørende for et lavt saltforbruk.

Kompetanse hos utførende og tilgang og bruk av beslutningstøtte er også faktorer som kan være avgjørende for saltforbruket. Manglende klimastasjoner på strekninger, mangel på instrumentering eller klimastasjoner ute av drift er eksempler på faktorer som gjør entreprenører lite i stand til å oppnå et lavt saltforbruk. I tillegg skal beslutningstøtte tolkes noe som krever god kompetanse.

De faktorer som er nevnt her er eksempler på erfaringer gjort i delprosjekter i Ap1 med hensyn på faktorer som gir høyt saltforbruk.

Oppsummert mener Salt SMART å kunne si at forhold som gir et høyt saltforbruk er å finne blant faktorer som driftsopplegg hos entreprenører, strategivalg, standardkrav, oppgjørsform

og kompetanse. Det betyr at tiltak for en generell reduksjon i saltforbruket er å finne blant disse faktorene. Fokuset i Ap 1 har vært knyttet til metoder for salting. Ut fra de erfaringer gjort i prosjektet mener Salt SMART tiltakene for å oppnå et lavt saltforbruk først og fremst ikke er å finne i nye metoder, men i policyrettede tiltak. Se kapittel 6.

4.7 Referanser

Burtwell, M. (2004). Deicing Trials on UK Roads – Performance of Prewetted Salt Spreading and Dry Salt Spreading. Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology. Transportation Research Board.

Dahl, Gjermund (2009) *Utprøving av alternative kjemikalier for vinterdrift av veger*”. Masteroppgave. NTNU

Ericsson, B (1995). Prosjekt Restsalt – En sammenfatning av kunnskapslaget. Rapport Vägverket 1995:062.

Fonnesbech, J. K. (2001). Ice Control Technology with 20 Percent Brine on Highways. International Symposium on Snow and Ice Control Technology. Washington D.C.

Highways Agency. (2007). Use of ABP treated de-icing road salt - Task report. 212 (387) WSPB/TR/A. Highways Agency.

Holen, Åsmund (2010) “Salt SMART – Alternative kjemikalier og tilsetningsstoffer til natriumklorid – en litteraturgjennomgang” Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2010 Teknologirapport nr. 2593

Klein-Paste, Alex (2008) “Salt SMART – Reduksjon av saltforbruk ved bruk av tilsetningsstoffer – feltforsøk vinteren 2007/2008” Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2008 Teknologirapport nr. 2523

Lysbakken, Kai Rune og Norem, Harald (2008). “The Amount of Salt on Road Surfaces after Salt Application. Transportation Research Circular, E-C126. Washington D.C. Transportation Research Board.

Rekstad, Håvard og Hardarsson, Vidar. (2005). Bestemmelse av frysepunkt til natrium-/magnesiumklorid løsninger. Sintef Energiforskning AS. Rapport nr: TR F6174.

Svanekil, Anders (2007) “Forsøk med Varmebefuktet salt for å bedre friksjonen på vinterveger”. Masteroppgave Anders Svanekil NTNU, våren 2007

Svanekil, Anders (2009) “Salt SMART – Levetid av ulike spredemetoder, Forsøk Dalane sesongen 2008-2009” Statens vegvesen Vegdirektoratet, 2009 Teknologirapport nr.2563

Vaa, Torgeir og Svanekil, Anders (2009) “Salt SMART – Mekanisk fjerning av snø og is, testing av ulike typer ryddeutstyr” Statens vegvesen Vegdirektoratet, juni -09 tekn.rapp.nr. 2558

5 Innspill til policy og styringsdokument

Ap3 har utarbeidet forslag til implementering av resultater fra prosjektet inn i styringsdokumenter for å sikre at det gjennomføres en akseptabel saltpraksis i vinterdriften.

Ap3 har også analysert og utarbeidet forslag til optimalisering av vinterdriften og foreslått måter en kan operasjonalisere en optimal vinterdrift.

5.1 Bakgrunn

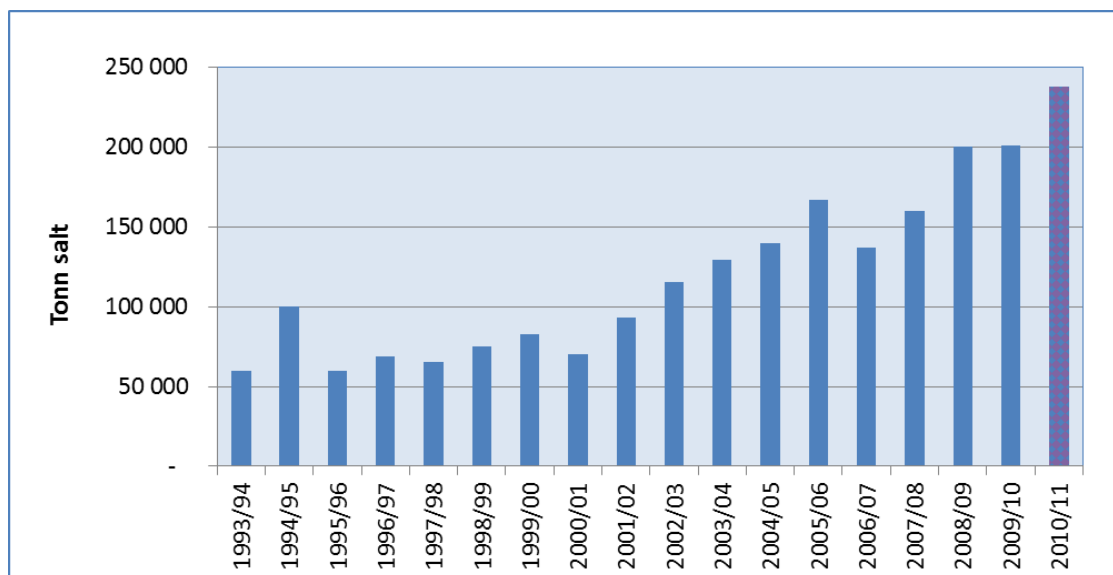
Vinterdriften reguleres i dag gjennom driftskontrakter som er et resultat av at drifts og vedlikeholdsarbeidet ble konkurranseutsatt fra 2003. Gjennom konkurranseutsetting har Statens vegvesen gått fra å drifte veger til å bestille drift. Slike driftskontrakter utføres på bakgrunn av Håndbok 111, som setter krav til standarder og resultater på vegnettet. Imidlertid sies det lite om *hvordan* disse målene skal eller bør nås. Dagens kontraktsform er fortsatt styring av driften ikke tilfredsstillende i forhold til å oppnå en miljøforsvarlig vinterdrift.

Driftskontraktene er det mest sentrale styringsverktøyet Statens vegvesen har for å forvalte vinterdriften på norske veger. Dagens kontrakter er utviklet over en tiårs-periode. Kontraktene blir løpende innført etter hvert som gamle kontrakter løper ut. De første kontraktene var overgangskontrakter som løpende ble erstattet av funksjonskontrakter med rundsum uten mengdeoppgjør. Dette var en kontraktstype verken byggherre eller driftsentrepreneur var tilfreds med.

Både byggherren og entreprenøren har felles interesse av å redusere saltforbruket. For å dempe driftsentrepreneurens risiko har Statens vegvesen fra 2008 innført delvis oppgjør for mengde utlagt salt og sand og utkjørte brøytekilometer med priser fastsatt av byggherre. Det legges nå opp til å angi priser som dekker ca 2/3 av selvkost knyttet til saltforbruket.

Kontraktene er basert på at det er resultatet ute på vegen som Statens vegvesen som byggherre, kjøper. Hvordan resultatet oppnås er opp til entreprenør å bestemme.

Parallelt med løpende innføring av konkurranseeksponerte kontrakter har saltforbruket økt. Med løpende innføring av driftskontrakter med delvis mengdeoppgjør og bedre risikofordeling mellom entreprenør og byggherre har saltforbruket økt ytterligere med årlige variasjoner som i stor grad tillegges variasjon i værforhold. Se figur 5.1.



Figur 5.1 Totalt saltforbruk på riks- og fylkesveger fra vinteren 1993/94 til 2010/11 (inkluderer salt i strøsand).

I Salt SMART ble det initiert en arbeidspakke som hadde som mål å gjennomgå styringsdokumenter, kontraktsregimet og policy for å avdekke svakheter i gjeldene praksis.

5.2 Aktiviteter

Det ble iverksatt fire eksterne anskaffelser etter konkurranse hvor konsulenter, i tett samarbeid med ansvarlige for Ap3, ble satt på oppgaven å synliggjøre de rammebetingelser som ligger til grunn for en optimal samfunnsøkonomisk vinterdrift. Arbeidet ble presentert i følgende fire rapporter:

År	Aktiviteter	Leveranser
2010	Dybdeintervjuer og intervjuundersøkelse	Kartlegging av funksjonskontraktens krav og insentiver til vinterdrift (Rambøll 2010)
2011	Work-shop	Optimal vinterdrift? (Rambøll 2011) Operasjonalisering av optimal vinterdrift (Reitan 2011)
2012		Kostnadsvurderinger ved vinterdrift (Cowi 2012)

Tabell 5.1 Oversikt over aktiviteter og leveranser

Første rapport (Rambøll 2010) utarbeidet av konsulentfirmaet Rambøll Management Consulting Norge sammenfatter funnene fra en kartlegging av driftskontraktenes krav og insentiver til vinterdrift. Gjennom kvantitativ og kvalitativ datainnsamling, samt dokumentstudier, ble det argumentert for at selv om målene og kravene til resultat for vinterdriften kan være klart formulert og beskrevet, stilles det i liten grad konkrete krav til hvordan målene skal nås, med hvilke midler og med hvilket utstyr. Videre eksisterer det i liten grad konkrete krav til bruken av salt i driftskontraktene. Arbeidet viser at det må stilles slike krav og at det bør gis insentiver for at også miljøhensyn skal ivaretas på lik linje med trafiksikkerhet og framkommelighet. Kartleggingen viste at byggherre og driftsentreprenør var langt mer tilfreds med delvis mengdeoppgjør. Å betale for bruk av salt bidrar til å redusere risikoen til entreprenør, samtidig som han øker antall salttiltak fordi han blir stimulert til å velge en driftsform basert på salting. Rambøll dokumenterte også at salting er bedriftsøkonomisk den mest kostnadseffektive driftsmetoden for entreprenør. I tillegg behøver ikke entreprenøren å dekke inn miljøkostnadene saltet bidrar til. Basert på tilbakemeldingene anså Rambøll det som hensiktsmessig å fokusere på en endring i enhetsprisene for de ulike saltmetodene og tiltakene i mellom, for å gjøre det bedriftsøkonomisk lønnsomt for entreprenør å velge de mest miljøvennlige metodene.

Statens vegvesen har innført differensiert prising med best betalt for saltløsning og dårligst betalt for tørt salt for å belønne entreprenøren når han velger den metode som er mest effektiv.

Rapporten Optimal vinterdrift? (Rambøll 2011) er en oppfølging av resultatene i fra rapporten Rambøll 2010. Den omhandler analyser og utredninger for hvilke elementer som bør tas hensyn til i inngåelse av driftskontrakter med entreprenører for at vinterdriften skal utføres best mulig og optimalt samfunnsøkonomisk sett. Optimal vinterdrift oppstår nemlig når det er en balanse mellom framkommelighet, trafiksikkerhet og miljø, og når samfunnets nytte av god trafiksikkerhet, tilfredsstillende trafiksikkerhet og godt miljø balanserer driftskostnadene.

Fordi kontrakter blir tildelt etter den laveste prisen for arbeidet, velger entreprenører ofte minimumsløsninger både når det gjelder typen utstyr, utstyrsenheter, antall ansatte og rode-lengder. Funnene i Rambøll 2011 viser at det er nødvendig å stille krav i anbudsgrunnlaget for at entreprenører ikke kun skal basere sitt arbeid på de bedriftsøkonomisk mest kostnadseffektive faktorene. Slike som lave faste kostander, billig utstyr og høy grad av salting. Rambøll anbefaler at det utvikles krav og insentiver som belønner driftsentreprenørene for å velge mer miljøvennlige tiltak og redusere saltbruken.

Begge Rambøll-rapportene beskriver viktigheten av at god kompetanse står sentralt i utføringen av en optimal vinterdrift. Implementering av beslutningsstøttesystemet Vegvær og gjennomføring av FoU-prosjekt, kurs, KDV og opplæringstiltak kan gi grunnlag for å sette krav til god kompetanse i kontraktene.

Tredje rapport (Reitan 2011/ VD rapport 52) er utarbeidet av konsulentfirmaet Reitan, med tett bistand fra Salt SMART prosjektet, konsulentfirmaet Brucon, konsulentfirmaet Cowi og Meteorologisk institutt. Oppgaven var å undersøke om funnene i rapportene til Rambøll lot seg operasjonalisere innenfor et driftsopplegg anbefalt i Ap1, her definert som God vinterdrift. De funnene som ble identifisert som funksjonsdyktige og som lar seg realisere i kontrakter vil gi gode forutsetninger for en mer optimal vinterdrift. I så måte ble det også identifisert fire kontraktsformer for å kunne lande de ulike funksjonsdyktige

kontraktselementene, for så å finne den kontraktsformen som i stor grad tilfredsstillter styring av driften i mer miljøvennlig retning.

Fjerde rapport (Cowi 2012) er en beskrivelse av regneeksemplene som er presentert i Reitan 2011. Den tar utgangspunkt i kontraktsområdene Romerike Midt, Romerike Øst og Østfold Midt, samt standardkravene i Håndbok 111.

5.3 Resultater

5.3.1 Grunnleggende føringer

Det er flere forutsetninger som må være tilstede for å kunne gjennomføre en best mulig styring av vinterdriften. Her er utvikling og implementering av beslutningsstøttesystemet Vegvær og en vinter-/saltindeks viktige elementer. Videre må det arbeides med insentiver som gir motivasjon til å gjennomføre en bedre vinterdrift. Det er svært viktig at entreprenøren har både tilstrekkelig evne og vilje til å utføre en mer optimal vinterdrift. Nødvendigheten av god kompetanse hos alle involverte parter er derfor viktig. Det vises til det fortløpende arbeidet med å etablere opplæringsstilbud innenfor drift- og vedlikeholdsfagene. Insentiver og kompetanse er viktige forutsetninger for å komme i gang med FoU-aktiviteter.

Ved omorganiseringen i 2003 ble det valgt ut fra overordnede føringer at mye av vegvesenets infrastruktur mht. lagerplasser, driftsbygninger, lagerhaller mv. ble overført til statens nyetablerte entreprenørselskap Mesta.

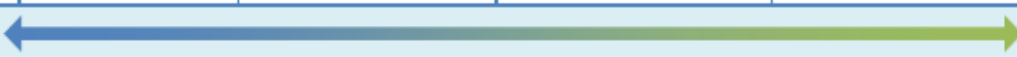
Nye entreprenører som er kommet inn i dette markedet har til dels kontor- og lagerfasiliteter som preges av enkle og provisoriske løsninger. Med femårs tidshorisont på kontraktens lengde, vil det også være vanskelig for entreprenørene å etablere gode lokaliteter. Det vil si veggargasjer med nær beliggenhet i forhold til vegnettet som skal driftes, tilstrekkelig med arealer og lagerkapasitet og ikke minst skånsom og forsvarlig i forhold til miljøet. Avrenning fra en veggargasje kan være et problem. Derfor mener vi at det bør vurderes at byggherren selv bidrar til å etablere kontor- og lagerfasiliteter som driftsentreprenøren skal leie i kontraktperioden. Byggherren har bedre mulighet til å finne gode og permanente lokaliteter for bygninger og lagerarealer og vil gjennom dette både oppnå mer optimal drift og lavere kostnader på grunn av lengre avskrivningstider. Om byggherren også velger å etablere blandeanlegg og lagertanker for saltløsning kan han sikre tilstrekkelig kvalitet og kapasitet på leveranse av saltløsning til kontrakten.

Dagens kontraktssområder er i hovedsak inndelt geografisk. Andre løsninger er vurdert, blant annet for å kunne spesialisere driften mot bestemte vegtyper eller utfordringer. Slike løsninger vil kunne åpne for mer spisskompetanse og spesialtilpasset utstyr til de konkrete utfordringene. Av hensyn til god fremkommelighet og beredskap mener vi at motorveger er mest egnet for egne motorvegkontrakter. Vi ser også for oss muligheten for å etablere egne kontrakter for vinterdrift av høyfjellsveger og veger i værharde strøk og muligens egne gang-/sykkelvegkontrakter. Dette kan også ses på som en delkontrakt av en større kontrakt.

Beregninger med basis i tre østlandskontrakter, viser at innenfor dagens kontraktssystem vil optimalt plasserte kontor- og lagerfasiliteter som eies og tilbys av Statens vegvesen, redusere både saltforbruket og driftskostnadene vesentlig på grunn av langt kortere syklustid (tiden det tar å komme gjennom roden). Videre viser beregningene at krav om å bruke optimalt plasserte kontor- og lagerfasiliteter som er eid av Statens vegvesen sammen med krav om bruk av saltløsning og krav om restriksjoner på bruk av befuktet salt og saltslurry, mer enn halverer saltforbruket i forhold til dagens kontraktssystem. I tillegg kan de samlede vinterkostnadene for Statens vegvesen bli redusert med 30 prosent.

5.3.2 Kontraksrelaterte resultater

Riktige intensiver og hensiktsmessige oppgjørsformer er grunnleggende virkemidler for å få gode driftskontrakter. Disse virkemidlene er kartlagt for å se om de lar seg operasjonalisere slik at de kan innpasses i dagens kontrakter eller lar seg operasjonalisere i andre kontraktstyper. Oversikt over fire identifiserte kontraktstypene er presentert i tabell 5.2.

Elementer i kontrakten	Resultatbaserte kontrakter	Driftskontrakter/ funksjonskontrakter	Kravbaserte kontrakter	Kontrakter med utvidet byggherrestyring
Beskrivelse	Entreprenør er ansvarlig for vegbanetilstanden gjennom funksjonskrav. Ingen krav til metode eller driftsopplegg. Oppgjør etter oppnådd resultat. Entreprenør har stor frihet, men også stor risiko.	Entreprenør er ansvarlig for vegbanetilstanden gjennom funksjonskrav. Ingen krav til metode eller driftsopplegg. Oppgjør etter rundsum og utført mengde. Entreprenør har stor frihet, og noe mindre risiko enn ved resultatbasert kontrakt.	Noe av entreprenørens ansvar overtas av byggherren, avhengig av omfanget av krav til ressurser og gjennomføring. Oppgjør etter rundsum og utført mengde. Tiltakspriser kan trappes ned for å redusere omfanget på tiltak der omfanget ønskes redusert. Entreprenøren har mindre frihet og mindre risiko enn i en driftskontrakt.	Byggherren inngår avtale med flere mindre entreprenører for drifting av et kontraktsområde. Noe av entreprenørens ansvar overtas av byggherren. Byggherren kan overta utkallingsansvaret og spesifisere type tiltak som skal gjøres. Oppgjør etter rundsum og utført mengde. Byggherren overtar alt ansvar for kostnader som skyldes variasjon i tiltakstyper og -mengder.
Krav iht Hb111	Identisk for alle kontraktstyper			
Krav til driftsopplegg	Eventuelle krav til sluttresultater	Krav til driftsopplegg iht egenprodusert vinterplan	Definerte krav til sentrale deler av driftsopplegget	Byggherren bestemmer driftsopplegg
Hva skal tilbudet innhold	Nærmere definerte enhetspriser + rundsum	Rundsum	Vinterplan med beskrivelse av utstyr, mannskap og kompetanse. Fastpris og enhetspriser.	Beskrivelse av utstyr, mannskap og kompetanse. Fastpris og enhetspriser.
Krav til metode	Ingen krav til metode	Unntaksvis krav til metode	Krav til metode	Krav til metode
Oppgjørsform	Rundsum + oppgjør for tilfredsstillende føreforhold	Rundsum + oppgjør for forhåndsprisede enheter etter medgått produksjon	Rundsum + oppgjør etter enhetspris for utført tiltak	Rundsum + oppgjør etter enhetspris for utført tiltak
Utkalling	Entreprenør	Entreprenør	Hovedansvar hos entreprenør. Byggherre bestiller enkelte tiltak eller setter tak på antall tiltak	Ansvar for utkalling kan ligge enten hos entreprenør eller byggherre
				
<p>Høy vinterrisiko for entreprenør Større frihet for entreprenør mht tiltak Få insentiv for bedre løsninger</p>			<p>Liten vinterrisiko for entreprenør Liten frihet entreprenør mht tiltak Insentiv for å velge mer optimale metoder</p>	

Tabell 5.2 Egenskaper knyttet til de fire kontraktstypene. (Reitan 2011)

Resultatbaserte kontrakter er basert på at entreprenørens oppgjør er avhengig av om han har oppnådd foreskrevne standard innenfor kravene. Kravene til entreprenøren i denne kontrakten vil i stor grad vil være de samme som for dagens driftskontrakter. Oppgjørsformen gir imidlertid entreprenørene stor usikkerhet i forhold til inntekter og det vil stille store krav til byggherre å gjennomføre en rettferdig vurdering etter hver værhendelse av hvorvidt kravene er tilfredsstillende. Entreprenøren vil møte en uheldig kombinasjon av høy risiko (varierende vær) og høyt ansvar (funksjonskrav). Vi har konkludert med at denne kontraktsformen ikke vil føre til en mer optimal vinterdrift.

Dagens driftskontrakter har i stor grad fått en bedre risikofordeling mellom entreprenør og byggherre enn i de tidligere funksjonskontraktene gjennom en delvis kostnadsdekning av mengder utlagte strømaterialer og utførte brøytekilometer. Kontraktene har foreløpig ikke en form som sikrer en optimal vinterdrift. Vi har foreslått en bedre oppfølging av kontrakten fra byggherrens side ved å stille veggarasje til rådighet for entreprenøren og innføre et tak for antall salttiltak med etterfølgende nedtrapping av enhetsprisen til null kroner, samt utvikle bedre insentiver i kontrakten for å motivere entreprenøren til mer optimale løsninger. Entreprenøren vil fortsatt ha en betydelig risiko og et høyt ansvar for å lykkes med vinterdriften. For å dempe risikoen vil entreprenøren kunne komme til å føre mest mulig av vinterkostnadene over på de prosessene som er delvis kostnadsdekket av byggherre. Det vil stimulere til å legge ut vegsalt.

Kravbaserte kontrakter med varierende byggherrestyring bygger delvis på dagens driftskontrakter. Disse er supplert med spesifikke krav til utstyr, metoder og utførelse med mulighet for direkte styring av aktiviteter. I første omgang er dette krav som speiler det vi har definert som god vinterdrift i denne rapporten. Kravbaserte kontrakter gjør det mulig for byggherren å styre både hva slags utstyr og hvilken metode som skal benyttes og i ytterste konsekvens, når tiltak skal iverksettes. Kontraktsformen forutsetter at anbyder selv fastsetter både rundsummen og enhetsprisene og at byggherren overtar det meste av risikoen knyttet til variasjoner i vinterværet. Alle prisene blir altså fastsatt gjennom konkurranse. Når byggherre kan overstyre entreprenøren med hensyn til tiltaksnivå vil dette avskrekke anbyder fra å sette urealistiske priser. Jo mer prisene speiler selvkost jo lavere risiko pådrar entreprenøren seg. En slik løsning der byggherre direkte kan påvirke driften kan skape noen konflikter i forhold til manglende oppnåelse av resultat. Det kreves derfor en klar beskrivelse av ansvarsforhold i situasjoner der byggherren overstyrer entreprenørens driftsopplegg. Vi anbefaler at en slik styring primært skjer gjennom revisjon av vinterplanen, en vinterplan som anbyder leverer sammen med anbudet. Ved at anbyder legger fram en vinterplan vil byggherre kunne vurdere anbyders kvalitet og der i gjennom vektlegge vinterplanen ved tildeling av anbudet. Entreprenør skal i utgangspunktet ha tilstrekkelig kapasitet og evne ved kontraktsinngåelse. Så dersom begge parter ser fordel i en reforhandling som gjør vinterplanen mer optimal bør dette skje.

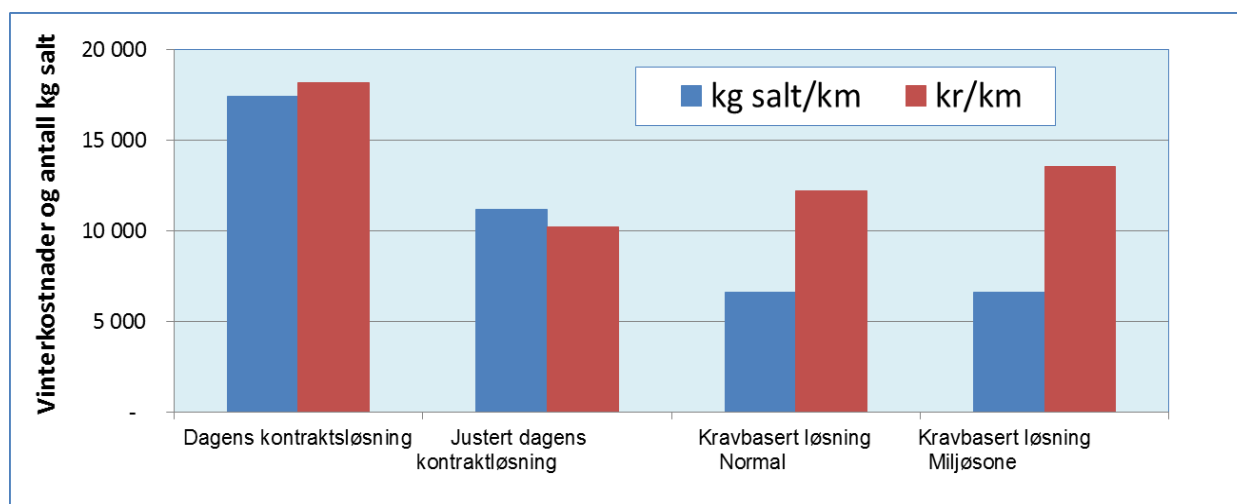
Vi mener at kravbaserte kontrakter med varierende byggherrestyring er den beste kontraktstypen for å kunne gjennomføre en optimal vinterdrift. Hva som kan være et riktig omfang av krav og styringsmuligheter må utredes og helst prøves ut i noen kontrakter. Vi anbefaler derfor å gå videre med kravbaserte kontrakter.

Kontrakter med utvidet byggherrestyring er innført fra høsten 2010 noen få steder og er en oppsplitting av et kontraktsområde i flere mindre kontrakter og der byggherren overtar en del av oppgaven med koordinering av entreprenørene som hovedentreprenøren gjør i en ordinær driftskontrakt. Mindre kontrakter åpner muligheten for at også små entreprenører har kapasitet

til å gjennomføre oppgaven og kan derfor åpne for flere interessenter og dermed større konkurranse. Risikoen for entreprenørene er liten og muligheten for byggherren til å styre driften er stor. Vi mener at denne kontraktstypen egner seg godt i områder hvor det er lite konkurranse mellom de store entreprenørene og anbefaler at det også satses videre på denne kontraktstypen.

5.3.3 Kostnadsvurdering

Med støtte i regneeksempler kan vi dokumentere at dagens kontraktsform stimulerer til høyt saltforbruk med store kostnader for byggherre knyttet til betaling av dette saltet. Regneeksemplene viser at dersom anbyder øker sine faste kostnader med fare for å miste anbudet og investerer i en optimal veggarasje vil saltforbruket gå ned. Figur 13 viser de samlede vinterkostnadene og saltforbruk som kroner og kg salt pr km for «Dagens kontraktløsning» (1), «Justert dagens løsning» (2) der SVV stiller med optimal lokalisert veggarasje og det stilles krav om avtakende enhetspris på saltkontraktsform og «Kravbasert løsning – Normal» (3) der SVV holder veggarasje og der byggherre stiller en rekke spesifikke krav til kapasitet og kompetanse og bruk av Vegvær, samt «Kravbasert løsning – Miljøsoner» (4) der SVV av hensyn til miljøet har innført miljøsoner og stiller ekstra krav til mekanisk fjerning av snø og tidsriktige tiltak i henhold til Vegvær. For å kunne redusere saltforbruket i miljøsonen utover normal drift forutsetts aktiv bruk av beslutningsstøttesystemet Vegvær.



Figur 5.2 Søylen viser kg salt utlagt som befuktet salt (+ løsning) (blå) for alternativene «Dagens kontraktløsning» og «Justert dagens løsning», og kg salt utlagt som løsning (blå) for alternativ «Kravbasert løsning – Normal» og «Kravbasert løsning - Miljøsoner», samt sum vinterkostnader (rød) for de ulike alternativene.

5.4 Referanser

Rambøll Management Consulting Norge (2010). En Kartlegging av funksjonskontraktens krav og insentiver til vinterdrift. Morten Skodbo, Hilde Warp, Carl Fredrik Pedersen, Atle Olausen og Per Kristian Røhr.

Rambøll Management Consulting Norge (2011). Optimal Vinterdrift? - Rapport om hvordan driftskontrakter, beslutningsstøtte og anbuds-grunnlag skal utformes for at vinterdriften utføres mest mulig optimalt og samfunnsøkonomisk og for å velge den entreprenøren som har

størst forutsetninger for å utføre driften mest optimalt og samfunnsøkonomisk. Morten Skodbo og Hilde Warp.

Vegdirektoratet (2011) (Sivilingeniør Reitan AS). Optimal vinterdrift. Operasjonalisering av optimal vinterdrift med forslag til endringer i kontraktsformer og mm. Knut Magne Reitan, Arnt Holberg, Kjell Nykmark, Pål Rosland, Åge Sivertsen.

6 Anbefalte tiltak for å oppnå et lavt saltforbruk

Kapitel 6 gir en oppsummering av de tiltak Salt SMART mener er viktige for å gjennomføre en god vinterdrift med et lavt saltforbruk og som ikke gir uakseptable skader på miljøet.

6.1 Generelt

Med bakgrunn i funn i de ulike delprosjekter i Salt SMART vil vi i dette kapittelet gi en helhetlig presentasjon av anbefalte tiltak som skal kunne gi et lavt strekningsvis forbruk av vegsalt.

Salt SMART har lagt til grunn minst to ulike tiltaksnivåer i forhold til miljøhensyn. Det første nivået vil være tiltak som er ment å innføres over hele vegnettet hvor det benyttes salt, også på de veger hvor det pr i dag ikke er påvist en direkte konflikt mellom saltforbruk og miljøhensyn. Det er svært viktig å sette inn tiltak for å sikre et lavt strekningsvis saltforbruk, da en videreføring av dagens høye saltforbruk på mange strekninger potensielt vil medføre flere områder med miljøkonflikt. Tiltak for en generell reduksjon av saltforbruket beskrives i kapitel 6.3. Det andre tiltaksnivået er rettet mot vegstrekninger i sårbare områder for miljøet, såkalte miljøsoner, der de generelle tiltak ikke gir god nok effekt. Disse tiltakene beskrives i kapitel 6.4.

Salt SMART mener at det i utgangpunktet ikke er en motsetning mellom en god vinterdrift og et lavt saltforbruk. Tvert i mot vil de fleste av de tiltak som Salt SMART foreslår for å redusere saltforbruket også være tiltak som generelt gir bedre kjøreforhold.

Viktigst for å kunne oppnå en god vinterdrift med et lavt saltforbruk ligger i en kontinuerlig forbedring og utvikling av kontraktregimet og vår saltpolicy. Valg av driftsmetode er alene ikke avgjørende for saltforbruket og tiltak som valg av spredemetode, bruk av tilsetningsstoffer og lignende vil ikke være nok for å oppnå en vesentlig reduksjon i saltforbruket.

6.2 Hva kjennetegner en god vinterdrift med et lavt saltforbruk?

Vinterdrift er basert på at utøverne bruker mye skjønn med bakgrunn i egen erfaring og kompetanse. Når det gjelder bruk av salt har en sjelden helt kontroll på vær og føreforhold slik at f.eks. valg av dosering av saltmengder ikke kan bli helt presis i forhold til behovet. All salting utføres for å takle en forventet utvikling i vær- og føreforhold, men som ikke alltid blir som forutsatt.

Det er i praksis ikke mulig å ha ressurser slik at vi til enhver tid kan gjøre det riktige tiltaket i forhold til tid og sted. Det må alltid ligge en "risikovurdering" i bunn som tar utgangspunkt i hvilket dimensjonerende værtilfelle det valgte driftsopplegget skal være i stand til å takle. Det vil neppe være samfunnsøkonomisk lønnsomt å holde et driftsopplegg for å kunne takle et uvær som kanskje opptrer med flere års mellomrom.

Det er som kjent mange faktorer som spiller inn og som i mer eller mindre grad har betydning for saltforbruket på de forskjellige veger. Salt SMART vil her konkretisere hva som kjennetegner en god vinterdrift med bruk av salt og som gir et lavt saltforbruk.

Rettidighet av tiltak er viktig for å kunne oppnå gode kjøreforhold og en lav saltdosering. Dette innebærer:

- Salttiltak må gjøres tett opp til værtilfeller (eksempelvis maks. 1,5 til 2 timer før tilfrysing)
- Mulighet for hyppig å kunne gjenta brøyte- og salttiltak ved behov (maks. syklustid 1,5 til 2 timer). Dette muliggjør tiltak med lav dosering.

Dette betyr at en må ha god kapasitet med et driftsopplegg med korte roder, kort veg til saltlagre og god kapasitet på blandeanlegg for saltløsning. En god organisering med et godt beredskapsopplegg og et godt beslutningsverktøy er også viktige forutsetninger for å kunne gjennomføre en god vinterdrift.

En god vinterdrift med bruk av salt har høyt fokus på mekanisk fjerning av snø. Snø skal først og fremst fjernest mekanisk. Dette innebærer:

- Hyppig brøyting under snøvær med kort brøyterode/kort syklustid (maks 1,5 time)
- God kvalitet på brøytetiltakene (lav fart, tilpasset ploger/skjær, riktig innstilt plog og bruk av slapseelement)
- Ved løs snø på vegbanen skal det alltid brøytes før salting og det skal saltes kun på det arealet som er brøytet.
- Brøyting til oppnådd bar veg etter endt snøvær, dvs. løs snø/slaps skal først og fremst fjernes med plog og ikke smeltes bort med salt.
- Hele vegbanen i en kjøreretning bør brøytes ut i én operasjon for å unngå stadig omfordeling av snø på vegbanen

Dette betyr at man må ha korte brøyteroder, plog og saltspreder må være samme enhet under snøfall og bruk av tandemkjøring og/eller sideplog.

Avgjørende for å kunne oppnå en god vinterdrift med et lavt saltforbruk er at vi gjennom kontraktregimet setter krav til et nødvendig driftsopplegg som binder entreprenøren til å gjøre de grep som byggherren forutsetter. Like viktig som å etablere et godt driftsopplegg er at oppgjørsformen støtter opp om de "riktige" tiltak for en god vinterdrift. Oppgjørsformen må belønne hyppige tiltak med god kvalitet og lave doseringer.

6.3 Tiltak for en generell reduksjon i saltforbruket

Salt SMART har identifisert flere faktorer som er viktige for saltforbruket. I dette kapitlet vil vi presentere våre konkrete forslag (oppsummert i kapitel 6.3.4) for å oppnå en generell reduksjon i saltforbruket. Dette er både strategisk grep, tiltak som er knyttet opp mot kontraktregimet, men også tiltak av mer metodisk art. Forslagene vil være svært ulike både med hensyn på kostnader og effekter på saltforbruket. Vi har derfor valgt å gruppere tiltakene med hensyn til viktighet og effekt i prioritert rekkefølge:

1. Styrende faktorer og tiltak knyttet til kontraktregimet (6.3.1)
2. Strategivalg knyttet til begrensninger ut fra saltets egenskaper (6.3.2)
3. Tiltak knyttet til gjennomføringen av salttiltak (6.3.3)

6.3.1 Styrende faktorer og tiltak knyttet til kontraktregimet

Salt SMART vil påpeke at det er noen faktorer som er grunnleggende og må ivaretas for å oppnå et lavt saltforbruk. At disse faktorene er styrende betyr at de også vil være avgjørende for effektene av andre tiltak som eventuelt iverksettes. Vi kan risikere liten eller ingen effekt på saltforbruket ved å sette i verk andre type tiltak hvis ikke de styrende faktorer ivaretas.

6.3.1.1 Sikre et godt driftsopplegg gjennom kontraktene

Et ugunstig driftsopplegg kan medføre et unødig høyt saltforbruk og dårlige kjøreforhold med eksempelvis mye slaps og våte veger etter snøfall. Et godt driftsopplegg med god kapasitet må sikres gjennom kontraktene. Viktige elementer i et driftsopplegg er utstyr, organisasjon, logistikk, garasjeanlegg mv. Krav til driftsopplegg kan stilles på ulike måter:

- indirekte - gjennom krav til:
 - maksimal tid for igangsetting av tiltak og syklustid
 - maksimal hastighet ved brøyting og utspreiding
 - kvalitet på tiltak (f.eks. maksgrense for tillatt restsno etter brøyting)
- direkte - gjennom krav til:
 - rodeinndeling
 - type utstyr
 - antall enheter
 - leveringskapasitet og plassering av salt-, sandlager, blandeanlegg

I dagens kontrakter stilles det i hovedsak kun indirekte krav til entreprenørens driftsopplegg. Disse er lite presise og kan være vanskelig å tolke. Dagens krav om bar veg innen noen timer

etter endt snøfall for ”Strategi bar veg” (DkA-B) er styrende for tiltakene og med et svakt driftsopplegg må entreprenøren bruke mye salt for å greie og oppnå kravene.

Strengere krav til driftsopplegg enten direkte (krav til utstyr, roteinndeling mm) eller indirekte (tidskrav, sykklustid mm) vil kunne gi generelt bedre kjøreforhold med kortere perioder med dårlige kjøreforhold og et lavere saltforbruk, men vil også gi økte kostnader. Kun bruk av indirekte krav til driftsopplegg vil være mer krevende med hensyn til både prising, målbarhet og oppfølging enn direkte krav.

For å kunne ha en kort tiltakstid er entreprenøren avhengig av en god infrastruktur gjennom gunstige lokaliseringer av garasjeanlegg, salt- og sandlagre, mv. i forhold til det vegnettet som skal driftes. For en ny kontraktør er det svært krevende å etablere og skaffe gode lokaliseringer for slike anlegg i det korte tidsrommet fra kontraktsinngåelse til oppstart av kontrakten. Med en kontraktsperiode på fem år kan slike anlegg også bli svært kostbare med hensyn på avskrivning. Dette punktet er drøftet nærmere under kap. 5.3.1.

Det vil trolig være samfunnsøkonomisk og praktisk fordelaktig at Statens vegvesen tar ansvar for essensiell infrastruktur.

6.3.1.2 Oppgjørsform

Oppgjørsformen er svært viktig for entreprenørens valg av driftsopplegg og gjennomføring av vinterdriften. Entreprenørens motivasjon til å utføre ulike tiltak er i stor grad påvirket av oppgjørsformen og vil således i stor grad være styrende for saltforbruket. Valg av oppgjørsform er kompleks da en oppgjørsform må ta hensyn til en rekke faktorer. Salt SMART mener likevel at oppgjørsform er så styrende for saltforbruket at vi mener at det må foretas en grundig vurdering av ulike oppgjørsformer med særlig hensyn til saltforbruket.

Salttiltak bør normalt gjennomføres med lav dosering og tiltak gjentas raskt ved behov. For å oppnå et lavt tap av salt til omgivelsene må utspreiding gjennomføres med relativt lav fart. En oppgjørsform med betaling pr. tonn utlagt salt vil stimulere til høye doseringer og høy fart under utspreiding. Denne effekten vil trolig bli mindre med enhetspriser som er lavere enn selvkost for saltet, men for entreprenøren vil det fortsatt være lønnsomt med færre turer og høyere doseringer enn hva som er optimalt for et lavt saltforbruk.

God kvalitet på brøyting, med lite restsno på vegen etter tiltak, oppnås med lav fart. En oppgjørsform med betaling for utførte brøytekilometer vil riktignok stimulere til mer brøyting, men også stimulere til høy fart.

Ved å planlegge gjennomføring av tiltak med høy fart kan entreprenørene legge opp til et for dårlig driftsopplegg med lange roder. Ved å stille mer presise krav til vinterplanen prøver en nå å unngå slike effekter.

Et unødig høyt saltforbruk med mengdeoppgjør vil gi byggherren ekstra kostnader.

Salt SMART mener det er rett at oppgjørsformen skal stimulere til aktivitet og belønne entreprenører som gjør tiltak og at det derfor er uheldig med fastpris som stimulerer til ikke å gjøre tiltak. Det er likevel viktig at oppgjørsformen stimulerer til de ”rette” tiltakene. Gjennom en prisdifferensiering mellom bruk av bruk av saltløsning, befuktet salt og tørt salt har Statens vegvesen prøvd å stimulere til økt bruk av saltløsning og gi dårligere pris for tørt salt.

I kapittel 5 er ulike sider ved kontraktregimet drøftet nærmere.

6.3.2 Strategivalg knyttet til begrensninger ut fra saltets egenskaper

Det må tilstrebes en god kvalitet og kapasitet på all vinterdrift slik at det er gode alternativer i de perioder med lave temperaturer hvor salt ikke bør benyttes. Vår saltpolicy må ivareta tilstrekkelig hensyn knyttet til saltets egenskaper mht. smeltehastighet og smeltekapasitet.

6.3.2.1 Strategivalg og klima

Salt SMART mener at valg av ”Strategi bar veg” (DkA-B) i kalde klimasoner kan medføre et stort saltforbruk. På grunn av at salt har dårlig effekt ved lave temperaturer vil det også kunne medføre dårlige kjøreforhold med fare for tilfrysing på vegbanen. Mekanisk fjerning av snø og is med god brøyting og høvling og friksjonsforbedring med fastsand er bedre egnet i kalde klimasoner. Dette vil kunne gi akseptable kjøreforhold på veger med moderate trafikkmengder.

Salt SMART foreslår at valg av strategi (driftsklasser DkA-E i ny Hb111) baseres på de lokale klimaforhold i tillegg til trafikkmengde. På strekninger som ligger i kalde klimasoner skal ikke ”Strategi bar veg” (DkA-B) anvendes. Ut fra klimadata kan en som en tommelfingerregel sette at dersom mer enn 20 % av tiden i de tre kaldeste måneder er under -8 °C skal det normalt ikke innføres ”Strategi bar veg” (DkA-B). For veger med ÅDT under 2000 skal det normalt ikke innføres ”Strategi bar veg” (DkA-B) (på linje med svenske krav).

Disse kravene kan bare fravikes etter en grundig vurdering av lokale forhold (klima, topografi, trafikkfordeling, tungbilandel, tilstøtende vegnett mv.)

Veger med ”Strategi bar veg” (DkA-B) hvor det tidvis må påregnes kalde perioder skal ha et driftsopplegg for drifting etter høyeste standard for ”Strategi vinterveg” (DkC) med krav om utstyr for utstrakt bruk av fastsand og krav til høvelkapasitet.

Høytrafikkerte veger med fartsgrenser over 80 km/t er svært vanskelig å drifte ved snøfall og ising ved lave temperaturer. Her mangler vi gode virkemidler da tradisjonell sandstrøing er lite hensiktsmessig. Under spesielt vanskelige føreforhold foreslår vi at de nedre temperaturgrensene for bruk av salt her kan tøyes, men da med særlige krav til et godt driftsopplegg og utstrakt overvåkning. For de viktigste hovedvegene bør det vurderes å innføre et opplegg med bruk av trafikkregulerende tiltak som midlertidige nedsetting av fartsgrensen. Et opplegg med fjernstyrte fartsskilt vil være kostbart å etablere, men kan være aktuelt for de mest kritiske strekninger. Andre tiltak kan være bruk av infotavler, info via radio eller midlertidig stenging av vegen.

6.3.2.2 Strategivalg og bruk av salt på vinterveger

Salt SMART foreslår å stramme inn bruken av salt på veger definert som ”Strategi vinterveg”. Dette på grunn av at driftsopplegg og trafikkforhold ofte er utilstrekkelig for å sikre gode kjøreforhold og et lavt saltforbruk. Vi foreslår at for veger med ”Strategi vinterveg” kan salt kun brukes preventivt mot forventede rim og tynne ishinner (anti-ising) eller når rim og tynne ishinner har oppstått (de-ising) ved temperaturer ned til -3 °C. Det bør fortrinnsvis brukes saltløsning for å redusere tap av ikke oppløst salt fra vegbanen. Det skal ikke benyttes salt før eller under snøvær (anti-kompaktering).

For veier med Strategi vinterveg må det kreves et godt driftsopplegg for strøing med sand/fastsand med en god logistikk og tilstrekkelig høvelkapasitet. Da det er gitt åpning for bruk av salt på Strategi vinterveg kan f.eks. ikke se bort fra at enkelte entreprenører har måtte velge å bruke salt for å smelte bort snø- og issåler i mangel av tilstrekkelig høvelkapasitet. Gjennom kontraktsstyringen er kravene til entreprenørenes vinterplan stadig forbedret slik at dagens kontrakter gir mindre rom for en slik uheldig praksis.

Kommentar til ny Hb 111 og DkC:

Salt SMART foreslår at det for veier som skal driftes etter DkC ikke skal settes krav til bruk av salt til anti-ising, men at det gis mulighet for bruk av salt. En god saltpraksis krever et stort driftsopplegg med bl.a. opplegg for bruk av saltløsning. Et slikt opplegg kan bli svært kostnadskrevende og særlig da for veier som ikke ligger i tilknytning til det øvrige saltede vegnettet.

Dersom vi krever bruk av salt på veier i DkC er det fare for at entreprenørene vil velge å gjennomføre "full" saltingspraksis i stedet for å gjennomføre et driftsopplegg med høvling og sandstrøing. På veier i DkC må det derfor settes krav til antall enheter, type utstyr og valg av metoder for å kunne oppnå standardkravene uten bruk av salt.

6.3.2.3 Salting under snøvær

Salt SMART foreslår at under snøvær på alle strekninger med "Strategi bar veg" (DkA-B) er det kun tillatt å bruke salt i forbindelse med brøyting og bare på det arealet som er brøytet (anti-kompaktering med lav salt dosering). Etter endt snøvær kan salt benyttes til de-ising etter en god mekanisk fjerning av snø og is. Slaps og løs snø som dannes skal i størst mulig grad fjernes mekanisk helt til bar veg er oppnådd. Dette er krav som nå er enda bedre synliggjort i den nyeste saltinstruksen.

Salt SMART mener at det må settes et kvalitetskrav til brøyting. Vi foreslår at det skal stilles krav til tillatt restsnø (løs snø og slaps) etter brøyting. Ut fra ulike tester har vi mange målinger på ulike utstyr og hastigheter. Vi har ikke god nok dokumentasjon for ulike situasjoner mht. snømengder, konsistens, temperaturer, hastigheter, skjærvalg og spor i vegdekket for å sette et slikt krav pr. i dag. Et typisk godt brøyttiltak vil gi et gjennomslipp på anslagsvis 200 – 500 g/m² løssnø.

Testing av effekter av ploger med ulike hastigheter viser klart at gjennomslippet fra plogen øker vesentlig med økende hastigheter. Krav til fart ved brøyting bør maksimalt være 40 km/t.

For å fjerne mest mulig slaps fra vegbanen kreves det bruk av slapseelement. Et slapseelement skal bestå av et gummelement som "slikker" vegoverflaten og som er skråstilt slik at slaps/snø transporteres ut mot vegkanten. Elementet skal gå ned i spor i vegdekket dersom disse ligger innenfor sporkravet i Hb111.

På veier med "Strategi bar veg" (DkA-B) skal minimum kapasitet på brøyting være dimensjonert for et snøfall på 4 cm/timen og da med et krav til syklustid på maks. 1,5 time.

Det er viktig å etablere korte brøyte- og saltroder som ivaretar kravet til syklustid. Dette kan best sikres ved at byggherren setter opp en rodeinndeling for hver kontrakt, som evt. kan

justeres etter nærmere avtale med entreprenørene. Videre må det settes krav til kvalitet ved brøyting for å unngå mye slaps eller oppbygging av snøsåle. Slaps og løs snø skal fjernes mekanisk med kontinuerlig bruk av egnet utstyr for slapsefjerning.

Et slikt regime som beskrevet her vil kunne gi vesentlig bedre kjøreforhold i forbindelse med snøvær. Dårlige kjøreforhold med slaps og sprut i forbindelse med salting under snøvær gjør at mange trafikanter i dag opplever vår saltpraksis som kritikkverdig. Slaps på vegbanen utgjør også en betydelig risiko for trafikkulykker.

Innkorting av rodelengder medfører økt behov for antall brøyteenheter og mannskaper.

6.3.2.4 Bruk av salt i kalde perioder

Bruk av salt i kalde perioder kan kreve et stort saltforbruk på grunn av begrenset effekt av salt ved lave temperaturer. En eksakt nedre temperaturgrense for bruk av salt er vanskelig å sette da flere faktorer spiller inn og virkningen av saltet vil gradvis endres med temperaturen.

Under snøfall ved lave temperaturer kan bruk av salt medføre dårlige kjøreforhold. Salt SMART foreslår derfor at på strekninger med ”Strategi bar veg” (DkA-B) skal det normalt ikke brukes salt til anti-kompaktering ved meldte snøfall som går inn i lengre perioder med temperaturfall under - 6 °C. I slike tilfeller bør en gå over til drifting som ”Strategi vinterveg”.

Temperaturgrenser for salt brukt til anti-ising mot rim og tynne ishinner må vurderes ut fra forventet vegbanetemperatur, fuktighet på veg, trafikkmengder mv. Salting skal normalt ikke gjennomføres ved forventede vegbanetemperaturer under -10 °C.

En overgang fra ”Strategi bar veg” (DkA-B) til ”Strategi vinterveg” (DkC) krever et godt driftsopplegg. For veger med Strategi bar veg hvor kalde perioder normalt oppstår flere ganger i løpet av vinteren, må det kreves et driftsopplegg med krav om bruk av veghøvel, underliggende/etterhengende skjær eller lignende for å hindre såleoppbygging, spor og ujevnheter. For å sikre et godt veggrep på slike viktige veger bør det også kreves utstrakt bruk av fastsand.

6.3.2.5 Krav til oppnåelse av bar veg etter endt snøvær

Tidskravene til bar veg i dagens standard er svært krevende/urealistiske og det medfører et stort saltforbruk for å forsøke å oppfylle disse kravene. Det bør være ulike tidskrav til bar veg etter endt snøvær for trafikkert vegareal og ikke-trafikkert areal (i hjulspor og utenfor hjulspor). Da trafikkarbeidet er essensielt for å få god virkning av saltet må disse kravene også differensiere med hensyn på trafikkmengder.

Tidskrav i standarden er lette å kontrollere og å påvise avvik for, noe som i seg selv er drivende på saltforbruket. Et høyt forbruk av salt for å oppnå dette kravet vil kunne gi svært våt veg noe som gir sein opptørking og fare for tilfrysing ved synkende temperaturer. Ved å redusere på tidskravene til bar veg utenfor det trafikkerte vegarealet (særlig for vegkanter) vil en ha mulighet til å redusere saltforbruket. Det er viktig å presisere at en slik reduksjon av tidskravet til bar veg må følges av krav til maksimal tykkelse på snø-ranker på ikke-trafikkert areal. Tiltaket må også ses i sammenheng med de tiltak Salt SMART fremmer for å bedre den mekaniske fjerningen av snø og slaps. Salting av veg skal ha som formål å oppnå bar veg på hele trafikkarealet, men for å unngå omfattende bruk av salt til smelting av snø og is skal det utføres mekanisk fjerning inntil bar veg på hele vegarealet er oppnådd.

6.3.3 Andre faktorer knyttet til gjennomføringen av salttiltak

Her presenteres tiltak som Salt SMART mener har potensiale for ytterligere å redusere saltforbruket etter at andre grep er gjort. Alene vil disse tiltakene kanskje gi svært liten effekt, men sammen med de tiltakene nevnt som styrende og viktige faktorer er disse viktige for å kunne bidra til et redusert saltforbruk.

6.3.3.1 Sikre en god gjennomføring av tiltak

For å kunne gjennomføre en god vinterdrift er det viktig at de utførende mannskaper har god kompetanse. For å sikre god kompetanse bør det være et krav til kompetansebevis for alle operatører på brøyte- og strøenheter med et obligatorisk 1 ukes kurs i vinterdrift.

Instruks for bruk av salt skal være et hjelpemiddel for å sikre en god og mest mulig enhetlig praksis. Vi foreslår å forbedre denne instruksjonen og tilpasse den i henhold til de krav som blir innført.

Det bør settes kvalitetskrav for brøyte tiltak slik som beskrevet i kapittel 6.3.2.3.

Logging av riktige mengder er viktig for å ha kontroll på og kvalitetssikre saltbruken. Det synes som det er mye feil/unøyaktigheter på dagens rapportering. Her må det stilles strengere krav og kontrolleres jevnlig at systemet virker pålitelig. Det er nå innført en praksis med at bruken av salt skal være tema på alle byggemøter i vintersesongen

6.3.3.2 Bruk av saltløsning som hovedmetode

Når det er bar vegoverflate (preventiv salting) skal det benyttes saltløsning på vegger med ”Strategi bar veg” (DkA-B) og fartsgrensen er over 50 km/t. Dette kravet innføres nå i nye kontrakter.

Det skal ikke benyttes salt på våt vegbane hvor det oppstår sprut fra kjøretøy (ca 200 g vann/m² avhengig av dekkestruktur og fart). For våt veg med forventede lave temperaturer eller overgang fra regn til snø må eventuelle salttiltak utføres tett opp mot værhendelsen og utviklingen må overvåkes godt.

For saltkorn som ikke er gått i oppløsning på en bar vegoverflate kan trafikken bidra til at disse blåses av vegen. Bruk av saltløsning har derfor et stort potensial for å redusere dette tapet. Tiltak må imidlertid gjøres mest mulig optimalt i forhold til rettidighet, tilstrekkelig dosering mv. Dette krever et godt driftsopplegg, god kompetanse og et godt beslutningsstøtteverktøy.

Et driftsopplegg med saltløsning krever god logistikk. Plassering og kapasitet for produksjonsanlegg for saltløsning må være tilpasset driftsopplegget for øvrig og forslaget vil kunne medføre betydelige investeringer i utstyr mv. Normalt vil det være behov for kombispredere med tanker med stort volum for saltløsning og et mindre volum for tørt salt.

Det kan være kostnadsdrivende å gjennomføre et slikt krav for preventiv salting før is- og rimdannelse på det sekundære vegnettet med strategi vinterveg pga. store avstander (unntak må kunne vurderes).

6.3.3.3 Kornstørrelse på salt

Et finkornet salt vil løses opp raskere og gi en hurtigere effekt på veg sammenlignet med et grovkornet salt. En hurtigere oppløsning vil også kunne bety et mindre tap av salt som ellers ville blåses av vegen på grunn av trafikk. Salt SMART mener at bruk av et finkornet salt hører sammen med et driftsopplegg der en har høy fokus på rettidighet og lave saltdoseringer.

Salt SMART foreslår at det innføres strengere krav til kornstørrelsen på salt som benyttes befuktet eller tørt på veg. Vi foreslår at det kreves at alt salt skal kunne passere et 4 mm sikt som er på linje med de danske krav Saltleverandørene mener det er krevende å få levert nok salt etter dette kravet nå, men de tar sikte på å innrette seg etter et slikt krav innen få år.

6.3.3.4 Beslutningsstøtteverktøy

En viktig faktor i gjennomføring av en god saltpraksis med lavt saltforbruk er rettidige tiltak. Ved bruk av vegsalt skal utførende aktivt bruke tilgjengelige beslutningsstøtteverktøy.

Når Vegvær er ferdig utviklet bør bruken av dette verktøyet være obligatorisk. Forutsetningen for dette er godt vedlikeholdte og pålitelige værstasjoner med gode prognoseverktøy for punkter og strekninger. Antall værstasjoner i Norge er pr i dag lavt i forhold til sammenlignbare land, mens lokalvariasjoner med hensyn til topografi og klima kan være store her til lands.

Salt SMART mener at utvikling, utbygging og forbedring av beslutningsstøtteverktøy er et tiltak som er viktig for å oppnå en bedre saltpraksis. Vi vil derfor påpeke viktigheten av resultatene av prosjektet Vegvær.

6.3.3.5 Data om saltforbruk

I flere av delprosjektene i Salt SMART har vi vært avhengige av få inn data om saltforbruk på spesifikke strekninger. Dette har vært for å kunne si noe om hva slags saltbelastning vi har i konkrete områder eller for å undersøke effekten av tiltak på saltforbruket. I mange av driftskontraktene er det krav om at data om tiltak samles inn med såkalt automatisk dataoppsamling (AD). For at Salt SMART skulle få ut data på en måte som tilsvarte våre behov finansierte prosjektet et tillegg i Elrapp-systemet.

Vi har gjennom våre delprosjekter og analyse av mengdedata sett at kvaliteten på innrapportert data har vært svært varierende. Ved å sammenligne data fra ulike kilder ser vi et stort sprik i saltmengder rapport på strekninger eller i områder. Salt SMART mener at det er essensielt at SVV har god kontroll på saltmengder på vårt vegnett. Å bedre kvaliteten på elektronisk rapporter data er et nødvendig tiltak.

6.3.3.6 Spredeteknologi

I enkelte delprosjekter har vi sett at spredeutstyret har vist store mangler med hensyn på utstrødde mengder og spredebilde. Dette gir usikkerhet med hensyn på forventet effekt av salttiltak, men også usikkerhet med hensyn på logging av forbruk av salt med automatisk dataoppsamling. For å kunne ha kontroll med saltbruken må Statens vegvesen aktivt bidra til utstyrsutvikling og kunne sette krav til spredeutstyr og utførelse. Salt SMART peker på viktigheten av deltagelsen i og oppfølging av NordFoU prosjektet STANSALT.

6.3.4 Opplisting av foreslåtte tiltak

Mange av de foreslåtte tiltak som Salt SMART her presenterer er innført eller er planlagt innført i driftskontraktene. Alle forlagene vil nå bli vurdert og myndighetssiden i Statens vegvesen vil ta stilling til hva som skal implementeres videre. Det arbeides videre med å skaffe et bedre faktagrunnlag for mer presise krav etter at Salt SMART er avsluttet.

Nr.	Anbefalte tiltak	Kommentarer
1	Sikre et driftsopplegg med tilstrekkelig kapasitet for å ivareta krav til tiltakstid og syklustider, og innføre oppgjørsformer som ivaretar et lavt saltforbruk.	Presise krav til entreprenørens driftsopplegg må sikres gjennom kontraktene. Kontraktene må belønne en god vinterdrift med et lavt saltforbruk. (6.3.1.2-2)
2	Ikke bruk av "Strategi bar veg" (DkA og DkB) i kalde klimasoner	Bruk av salt i uegnet klima vil kunne medføre høyt saltforbruk og perioder med dårlige kjøreforhold. Det er problematisk å skifte mellom bruk av salt og "Strategi vinterveg". For veger i kalde klimasoner skal en primært prøve å oppnå gode kjøreforhold med utstrakt bruk av fastsand og veghøvel. (6.3.2.1)
3	Ikke "Strategi bar veg" (DkA og DkB) med ÅDT under 2000	Det er en klar sammenheng med trafikkmengde og effekten ved bruk av salt. Mye trafikk gir bedre omfordeling og mekanisk nedbryting av snø og is. (6.3.2.1)
4	Egne krav for de store hovedveger med stor fart og mye trafikk	På de høytrafikkerte veger hvor sandstrøring er liteaktuelt må en tøyte temperaturgrensene for bruk av salt og det må stilles særlige krav til god mekanisk fjerning og overvåking. Det bør vurderes å utarbeide beredskapsplaner for innføring av trafikkregulerende tiltak (variable fartsgrenser, god varsling) under vanskelige føreforhold (6.3.2.1)
5	Strengere krav til bruk av salt på Strategi vinterveg (DkC og DkD)	Ikke tillatt med salting under snøvær. Kun tillatt med saltløsning til anti-ising for vegbanetemperaturer over - 3° C. (6.3.2.2)

Nr.	Anbefalte tiltak	Kommentarer
6	Krav til syklustider for brøyting og salting.	<p>I tillegg til god kvalitet må det gjennomføres hyppige tiltak ved større snøfall. Syklustiden for brøyting er satt ut fra et krav om maks snø på vegen ut fra et “dimensjonerende” snøvær (jfr. Hb 111).</p> <p>Syklustid for salting som anti-ising er satt for å kunne ha kapasitet til å gjenta hyppige tiltak med lav dosering og syklustiden må settes ut fra en maks hastighet under spredning av salt, da salttap ved utspredding og spredebildet vil påvirkes ved høy fart. (6.3.1.1)</p>
7	Sikre en god infrastruktur gjennom gunstige lokaliseringer av salt- og sandlagre for det vegnettet som skal driftes.	For en ny kontraktør er det svært krevende å etablere og skaffe gode lokaliseringer for slike anlegg i det korte tidsrommet fra kontraktsinngåelse til oppstart av kontrakten. En saltpraksis med korte tiltakstider og et lavt saltforbruk krever korte avstander fra materiallager til det vegnett som skal driftes. (6.3.1.1)
8	Maksimal hastighet 40 km/t for brøyting på Strategi bar veg (DkA og DkB)	Feltforsøk viser at gjennomslippet av løs snø øker vesentlig ved brøytehastigheter over 40 km/t. Ved god rensing av vegbanen hindres oppbygging av snøåle og behovet for salt reduseres vesentlig. (6.3.1.1 og 6.3.2.3)
9	Krav til maks restsno etter brøytetiltak på veger med Strategi bar veg (DkA og DkB)	For å innføre et kvalitetskrav må det settes krav til hvor mye restsno det ligger igjen etter brøytetiltaket. Vi har ennå ikke god nok dokumentasjon for de ulike situasjoner mht. snømengder, konsistens, temperaturer, hastigheter, skjærvalg og spor i vegdekket for nå å sette eksakte verdier for et slikt krav. (6.3.2.3)
10	Krav til bruk av slapseelement på veger med Strategi bar veg (DkA og DkB)	For å fjerne mest mulig slaps fra vegbanen kreves det bruk av slapseelement. Et slapseelement skal bestå av et gummielement som “slikker” vegoverflaten og som er skråstilt slik at slaps/snø transprteres ut mot vegkanten. Elementet skal gå ned i spor i vegdekket dersom disse ligger innenfor sporkravet i Hb. 111. (6.3.2.3)

Nr.	Anbefalte tiltak	Kommentarer
11	Strengt krav til bruk av salt ved lave temperaturer	Saltets effekt avtar vesentlig ved lave temperaturer. Tøying av grenser kan kreve store saltmengder og økt risiko for å skape trafikkfarlig strekninger. (6.3.2.4)
12	Ikke salting i snøvær under -6 °C (lengre perioder) . Krav til utstyr (høvel- og fastsandkapasitet) ved overgang til vinterveg.	Salting bør opphøre før snøvær som strekker seg over lengre perioder med lave temperaturer (under – 6° C) Da må det også finnes ressurser til å drive en god vinterveg. (6.3.2.4)
13	Krav om bruk av fastsand ved lave temperaturer	For vinterdrift ved lave temperaturer, når saltet virker dårlig, skal det være et driftsopplegg for god vinterdrift som innbefatter tilstrekkelig kapasitet på høvel og sandstrøing, inkl. et opplegg for fastsandstrøing. (6.3.2.4)
14	Senke krav til oppnåelse av bar veg for hele vegbredden etter endt snøvær på Strategi bar veg (DkA)	Tidskravene er krevende og medfører et høyt saltforbruk. Høyt saltforbruk vil skape mye slaps og våt veg og kan gi sein opptørring. En reduksjon av tidskravene må følges av strenge krav til mekanisk fjerning av snø og slaps (maksimal tykkelse på ranker). (6.3.2.5)
15	Krav til kompetansebevis for utførende	Obligatorisk krav om 1 ukes kurs i vinterdrift fra 2012-kontraktene for alle operatører på brøyte- og strøenheter. (6.3.3.1)
16	Forbedre “Instruks for bruk av salt”	For å oppnå en god og ensartet praksis av veger med samme standardkrav. Bruk av denne instruksjonen vil kreve god kompetanse. (6.3.3.1)
17	Krav til oppfølging fra byggherren av entreprenørens saltforbruk og saltpraksis for hver kontrakt.	Bruken av salt skal være tema på alle byggemøter i vintersesongen. (6.3.3.1)
18	Saltløsning skal benyttes som spredemetode til anti-ising og tiltak skal utføres innen syklustiden før forventet tilfrysing.	For å redusere tap av salt og sikre tiltak tett opp mot værhendelsen. Muliggjør lave doseringer, men betinger god overvåking og stor kapasitet for raskt å gjenta tiltak. (6.3.3.2)

Nr.	Anbefalte tiltak	Kommentarer
19	Krav til kornstørrelse: 100% gjennomslipp på 4 mm sikt	Skjerpede krav (på linje med Danmark) for å få raskere effekt og begrense salttap. Saltleverandørene har vanskeligheter med å skaffe nok salt etter disse kravene. (6.3.3.3)
20	Krav til bruk av meteorologiske data, overvåkning, mv.	Ved bruk av vegsalt skal utførende bruke tilgjengelige prognoseverktøy og overvåke vær- og føreutviklingen på aktuelt vegnett. Videreutvikling og bruk av beslutningstøtte gjennom Vegvær er viktig. (6.3.3.4)
21	Krav om levering og kvalitetskontroll av automatisk dataoppsamling	Logging av riktig mengder er viktig for å ha kontroll på og kvalitetssikre saltbruken. Det har vist seg at det er mye feil/unøyaktigheter på dagens rapportering. (6.3.3.5)
22	Bedre spredeteknologi	Ønsker på sikt å sette krav til spredere mht. spredebilde, nøyaktighet mv. Avventer anbefalinger fra et pågående nordisk prosjekt. (6.3.3.6)
23	Strengere krav til maks restsno etter brøytetiltak for miljøsoner.	Særlige krav til lite restsno/vann etter tiltak som vil kreve spesialutstyr. (6.3.2.3)

Tabell 6.1 Opplisting av foreslåtte tiltak

6.4 Tiltak for vesentlig reduksjon eller opphør av salting (miljøsoner)

6.4.1 Driftskontrakter

I områder som er sårbare for saltpåvirkning med hensyn til miljøkonsekvenser må det legges opp til en driftspraksis som er tilpasset det naturen tåler på lang sikt.

Det er foreslått ulike tiltak for å kunne gjennomføre vinterdrift med et svært lavt forbruk av salt. Dersom alle foreslåtte tiltak i kapittel 6.3 gjennomføres, er det marginalt hva som ytterligere kan oppnås av reduksjon av salt. Med bruk av spesialutstyr kan kvaliteten bedres på den mekaniske fjerning av snø og vann ved at det oppnås enda mindre gjennomslipp av løs snø eller at vann fjernes fra vegbanen med kost eller annet egnet utstyr. Disse driftskonseptene vil bli beskrevet i veilederen "Salting med miljøhensyn".

Fysiske tiltak langs vegen som for eksempel oppsamling eller bortledning av overflatevann må også vurderes som virkemiddel i sårbare områder. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3 og i rapporten Salt SMART: Tiltakskatalog – Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt.

6.4.2 Kontroll og oppfølging

Miljøsoner krever en bedre og tettere oppfølging av tiltakene med en god kontroll fra byggherren på kvaliteten ved gjennomføring av tiltak.

For å sikre at de nødvendige hensyn tas i arbeidet med driftskontrakter og gjennomføring av miljøtiltak, bør følgende trinn gjennomføres:

1. Ytre miljø-plan. Regionene skal lage innspill til miljømål, risikovurdering og tiltak. Dette bør gjøres i samarbeid med miljøseksjonen i Vegdirektoratet. Innspillene baseres på saltdata, modelleringer og faglig skjønn. Det kan i noen tilfeller være nødvendig med feltundersøkelser i tillegg. Det bør gis en vurdering av hvor mye saltforbruket bør reduseres for de ulike strekninger med forskjellige naturverdier. Det må vurderes hvilke tiltak som ansees som tilstrekkelig for å oppnå en ønsket saltreduksjon. Bruk av fysiske tiltak kan også være et aktuelt tiltak som bør vurderes. Miljøseksjonens erfaring med tolking av miljøtilstanden og behovet for tiltak overføres til regionene gjennom samarbeidet.
2. Revisjon av konkurransegrunnlag og ytre miljø-plan. Det bør gjennomføres stikkprøvemessige miljørevisjoner av ytre miljø-planer og konkurransegrunnlag i en viss tidsperiode til organisasjonen blir erfaren og dyktig til denne type arbeid.
3. Revisjoner av salting og eventuelle fysiske tiltak. Det bør gjennomføres stikkprøvemessige revisjoner av driftskontrakter og saltforbruk ved sårbare naturverdier, og gjennomføres evalueringer av kostnad og effekt av fysiske tiltak.



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Boks 8142 Dep
0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162