

2019:01091 - Åpen

# Rapport

## Effekt av salt og teleskader på gang- og sykkelveger, en litteraturstudie

### Forfattere

Hampus Karlsson  
Torun Rise



# Rapport

## Effekt av salt og teleskader på gang- og sykkelveger, en litteraturstudie

EMNEORD:  
Telehiv, salt,  
saltgradientVERSJON  
1.0DATO  
2019-11-26FORFATTERE  
Hampus Karlsson  
Torun RiseOPPDRAGSGIVER  
Statens vegvesen, VegdirektoratetOPPDRAGSGIVERS REF.  
Katja-Pauliina SkillePROSJEKTNR  
102019148ANTALL SIDER OG VEDLEGG:  
18+ 0 vedlegg

### SAMMENDRAG

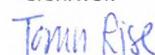
I Trondheim har man de siste årene sett en forverring av dekketilstanden på gang- og sykkelveger, blant annet ved telehiv og krakelering/oppsprekking av asfalt. I den forbindelse har det blitt stilt spørsmål om salting kan være årsaken til disse teleskadene.

Foreliggende litteraturstudie belyser eksisterende kunnskap om telehiv, teleløsning og rollen salt spiller i disse prosessene. Det er vanskelig å gi en entydig konklusjon på saltets effekt på telehiv. Årsaken til dette er en kombinasjon av at det finnes flere ulike teorier knyttet til hvordan telehiv oppstår og hvordan saltets tilstedeværelse kan endre de grunnleggende prinsippene som er med på å danne islinser i de ulike teoriene, i tillegg til at det har det blitt funnet lite forskning som belyser denne spesifikke problemstillingen.

Litteraturen viser at salt kan ha en negativ innvirkning på asfaltens levetid, men pr. i dag foreligger det for lite forskning på temaet til at det er mulig å trekke noen konklusjon. Sammen med økt trafikk med tunge kjøretøyer på gang- og sykkelvegene på grunn av hyppigere tiltak, er det sannsynlig at saltet ikke er den eneste årsakene til teleskadene. Mer forskning på sammenhengen mellom salt og telehiv er nødvendig for å forstå hvordan teleskader skal forebygges i fremtiden.

UTARBEIDET AV  
Hampus Karlsson og Torun Rise

SIGNATUR

KONTROLLERT AV  
Alex Klein-Paste

SIGNATUR

GODKJENT AV  
Lisbeth I. Alnæs

SIGNATUR

RAPPORTNR  
2019:01091ISBN  
978-82-14-06316-5GRADERING  
ÅpenGRADERING DENNE SIDE  
Åpen

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBEKRIVELSE</b>
0.1	2019-10-28	Utkast rapport for kommentarer fra SVV.
1.0	2019-11-26	Endelig rapport.

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Metode</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Grunnprinsipper</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Vegoverbygning</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>Telehiv</b> .....	<b>8</b>
4.2.1	Grunnprinsipper for telehiv.....	8
4.2.2	Teorier knyttet til dannelsen av telehiv.....	9
<b>4.3</b>	<b>Teleløsning</b> .....	<b>10</b>
<b>4.4</b>	<b>Salt</b> .....	<b>10</b>
<b>4.5</b>	<b>Tidligere studier og erfaringer</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Effekt av salt</b> .....	<b>12</b>
5.1	Saltets effekt på materialer.....	12
5.2	Frostdybden.....	12
5.3	Telehiv.....	13
<b>6</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>17</b>

## 1 Innledning

SINTEF er engasjert av Statens vegvesen Vegdirektoratet i FoU-programmet Bevegelse som har pågått siden 2017 og avsluttes i 2021. Målet er å øke forståelsen for hvordan drift og vedlikehold av gang- og sykkelveger kan bidra til å øke andelen fotgjengere og syklister. FoU-programmet er delt opp i fire arbeidspakker der denne rapporten inngår i arbeidspakke 2 Drift, metoder og utstyr.

GsA-standardene har de senere årene i stadig større grad blitt tatt i bruk på gang- og sykkelveger. Som en følge av dette ønsker Statens vegvesen å heve sin kompetanse om drift, metoder og utstyr som benyttes for fjerning av snø og is på gang- og sykkelveger. GsA er den høyeste driftsstandard som betyr bar asfalt i tidsrommet 0600-2300 hele året. For å oppnå bar veg brukes salt for anti-icing, de-icing og anti-kompaktering sammen med kosting/brøyting for å fjerne den snøen som saltet ikke klarer å smelte.

Foreliggende rapport er i hovedsak utarbeidet som følge av et økende bruk av GsA på gang- og sykkelveger de siste årene. I Trondheim har man også de siste årene sett en forverring av dekketilstanden på gang- og sykkelveger, blant annet ved telehiv og krakelering/oppsprekking av asfalt. Det har blitt stilt spørsmål om salting kan være årsaken til disse teleskadene. Foreliggende litteraturstudie belyser eksisterende kunnskap om telehiv, teleløsning og rollen salt spiller i disse prosessene.

## 2 Bakgrunn

Telehiv er et velkjent problem på mange norske veger, og temaet er jevnlig oppe i media. Til tross for at det har vært forsket på telehiv i mer enn 100 år og at det finnes mye kunnskap om temaet, forekommer det fortsatt mange tilfeller av telehiv, også på nye veger [1].

Vinterdrift for gående og syklende utføres, som beskrevet i Statens vegvesens håndbok for drift og vedlikehold R610 [2], ut fra to ulike vinterdriftsklasser; GsA og GsB. Valg av vinterdriftsklasse gjøres med utgangspunkt i gang- og sykkelvegens funksjon, hvor GsA blant annet omfatter bymessige strøk med høy gang- og sykkeltrafikk og hovednett for sykkeltrafikk. GsB omfatter øvrige ferdselsareal for gående og syklende.

For GsB tolereres noe hard, jevn snø eller issåle og det brukes ikke salt. Vinterdriftsklasse GsA er barvegstandard og innebærer følgende [2]:

- Vegen skal være bar mellom kl. 06 og 23.
- Salt skal benyttes.
- Ved snøvær skal det brøytes/børstes før det saltes.
- Syklustid 2 timer, eller som tilliggende veg.
- Sand skal benyttes kun i spesielle tilfeller.

Som beskrevet ovenfor er det i SVVs håndbok R610 [2] spesifisert to vinterdriftsklasser for gang- og sykkelveger. Det må likevel bemerkes at mange kommuner drifter sine gang- og sykkelveganlegg etter egne standarder som ofte er lavere enn GsB-standarden.

I Trondheim har det de siste årene vært en stor økning i vinterdriftsklasse GsA på gang- og sykkelveger. Erfaringer fra Trondheim viser at enkelte av gang- og sykkelvegene, etter flere år med salting, har gått tilnærmet i oppløsning. Med bakgrunn i dette stilles det spørsmål til om saltingen kan være en faktor som bidrar til økt telehiv og nedbryting av vegbanen.

Bruk av salt fører til mer flytende vann på vegen sammenlignet med veger som har snø- og issåle. Vann på overflaten er ikke problematisk i forhold til telehiv, det er først når vannet trenger ned i vegkroppen og fryser at det kan medføre telehiv og skape problem [3]. Bruk av telefarlige masser i vegoverbygningen, det vil si masser med høyt finstoffinnhold, kan også bidra til økt telehiv.

Denne rapporten søker å beskrive relevant litteratur innen mekanismene rundt dannelse av telehiv, og hvilken effekt salt har på telehiv og materialer brukt i vegkonstruksjoner.

### 3 Metode

Målet med denne rapporten har vært å gjennomføre en litteraturstudie for å kartlegge hvilken forskning som finnes knyttet til teleskader samt saltets effekt på telehiv. Telehiv etterfølges av teleløsning som skjer på våren når temperaturen i bakken stiger og deler av vegkroppen er tinet, en prosess som også kan påvirkes av saltets tilstedeværelse. Teleløsning ligger imidlertid utenfor scopet av denne rapporten og blir kun beskrevet innledningsvis for å klargjøre at det er flere mekanismer utover bruk av salt som kan være årsak til den nedbrytningen som man ser av gang- og sykkelveger med GsA/barmarkstandard i dag.

Det har blitt gjennomført litteratursøk ved hjelp av Google Scholar og Web of Science for å finne relevante studier. Det har ikke blitt satt noen begrensning i tid for når studiene skal ha blitt publisert, dette fordi det er et smalt forskningsfelt der gamle referanser fortsatt er aktuelle og henvises til i ny forskningslitteratur. I tillegg har litteraturlistene i relevante artikler og siteringer (nyere forskning som referer til disse artikler) blitt gjennomgått for å finne mer litteratur basert på snøballprinsippet [4].

Et titall artikler, fortrinnsvis fra Asia, med relevante titler har blitt ekskludert fordi de er publisert i egne asiatiske tidsskrift og ikke finnes åpent tilgjengelige.

Totalt ble 55 artikler/rapporter med titler relevante for problemstillingen i denne rapporten identifisert, og av disse var det 10 artikler som kunne bidra til å belyse problemstillingen. Artiklene ble sortert i følgende kategorier; saltets effekt på materialer, saltets effekt på frostdybde og saltets effekt på telehiv. Artikler relatert til telehiv ble i tillegg sortert basert på om de argumenterte for at salt øker eller reduserer telehiv. Flere artikler som undersøkte saltets effekter på materialer, ble ekskludert på grunn av at de gjennomførte tester på material som ikke brukes i norske veger og derfor ikke ble vurdert som relevante.

Resultatene som er presentert i artiklene, er i de fleste tilfeller basert på laboratorietester. Dette betyr at resultatene hadde kunnet se annerledes ut i virkeligheten der forholdene er mer varierte og flere faktorer spiller inn.

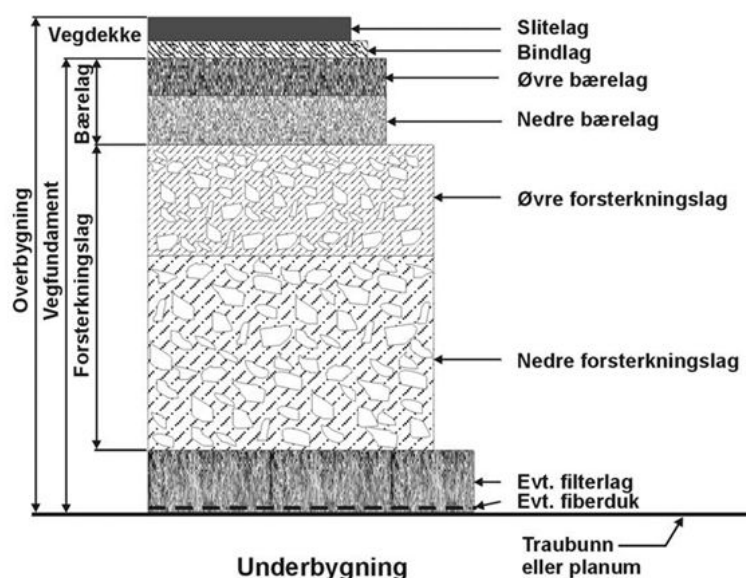
Utover artikler spesifikt relatert til problemstillingen, har det blitt brukt rapporter og undervisningsmateriale for å beskrive hvordan telehiv oppstår, samt å belyse problematikken fra et mer helhetlig perspektiv som er nødvendig i forhold til å kunne konkludere og anbefale videre forskning på området.

## 4 Grunnprinsipper

Det er i det videre gitt en beskrivelse av relevante grunnprinsipper knyttet til vegoverbygning, telehiv, teleløsning og salt.

### 4.1 Vegoverbygning

Krav til vegoverbygning er beskrevet i Statens vegvesens håndbok N200 [5]. Vegoverbygningen består av frostsikringslag, forsterkningslag, bærelag og dekke, som vist i Figur 1 **Feil! Fant ikke referanseilden..** Det stilles ulike krav til de ulike lagene, deriblant knyttet til finstoffinnhold samt mekanisk styrke på massene.



Figur 1: Prinsippsskisse for vegoverbygning [6].

Det overordnede kravet til vegoverbygningen er at den skal fordele laster fra trafikken til undergrunnen for å unngå skadelige deformasjoner, den skal bygges opp av gode materialer og beholde tilstrekkelig bæreevne hele året. Med gode materialer menes materialer med tilstrekkelig mekaniske egenskaper, som ikke er telefarlige og som ikke er vannømfintlige [7]. Kvaliteten på massene som benyttes i vegoverbygningen har derfor stor betydning for kvaliteten på sluttproduktet [6].

Som omtalt ovenfor beskriver SVVs håndbok N200 [5] krav til vegoverbygningen. Dette omfatter blant annet krav til maksimal mengde finstoff, begrunnet i vannømfintlighet og telefarlighet med tanke på telehiv. Vannømfintlighet omfatter at et materials bæreevne reduseres ved økt fuktighet, noe som også er avhengig av ikke bare mengden, men også typen finstoff [8].

Vann binder seg til overflaten av tilslaget, og som en følge av dette vil mengden vann være avhengig av tilslagets samlede overflateareal. Denne overflaten vil være langt større for et finkornet materiale, sammenlignet med et mer grovkornet materiale. Materialer med mye finstoff vil også bli tett og ha lav permeabilitet, slik at dreneringen i vegoverbygningen reduseres, og i tillegg vil et slik materiale binde mer vann kapillært. Dersom vannet ikke får tid og mulighet til å dreneres ut av materialet, vil dette medføre at en del av trykkbelastningen vil bli tatt opp i vannfasen, noe som vil redusere kontaktrykket mellom mineralkornene. Jo tettere materialet er, jo større vil dette kontraktrykket bli. Dette vil igjen bidra til at skjærstyrken reduseres og gi lavere bæreevne og økte deformasjoner [8].



## 4.2 Telehiv

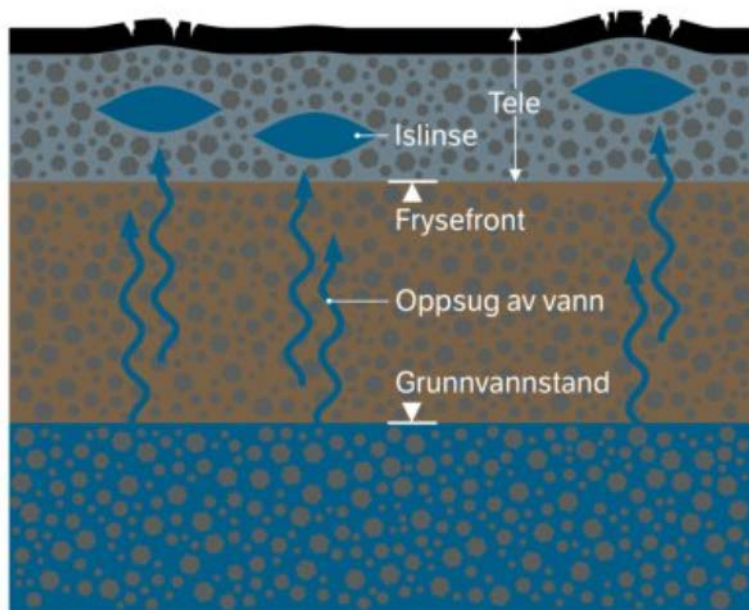
### 4.2.1 Grunnprinsipper for telehiv

De klimatiske forholdene i Norge med kalde vinter og tele i bakken danner grunnlag for at det kan oppstå telehiv. Det er tre faktorer som må være tilstede for at telehiv skal forekomme:

- Vann
- Frost
- Telefarlige masser (dvs. masser med høyt finstoffinnhold)

I frostperioder vil frosten trenge nedover i vegoverbygningen. Vann som befinner seg i hulrom i de ulike lagene i vegoverbygningen kan da fryse til is og utvide seg opptil 10% [1]. Dette er i utgangspunktet ufarlig og skaper ikke merkbare telehiv forutsatt at isen som dannes, stort sett bare fortrenger luft i porene.

Derimot når frosten går dypere i vegoverbygningen og når ned til masser med silt og leire, kan vann bli sugd opp nedenfra og inn i disse finkornige massene. Når dette vannet fryser til is, dannes ofte mange cm-store islinser. Det er disse islinsene som hever vegen og dermed danner telehiv. Prinsippet for telehiv er vist i Figur 2.



Figur 2: Prinsipp for dannelse av telehiv [9].

På grunn av at islinsene ikke er jevnt fordelt i vegkroppen skaper de ulikt press på vegoverflaten som medfører at den hever seg ujevnt. Dette bidrar både til redusert kjørekomfort og økt risiko for sprekker. Vegen har en tendens til å heve seg mest i midten på grunn av at frosten trenger dypere ned i vegbanen her enn i terrenget rundt som oftest er isolert av snø. Dette medfører ofte langsgående sprekker i asfaltdekket. En annen årsak til ujevne telehiv kan være varierende grunnforhold og at vannet lettere dreneres bort i enkelte deler av vegkroppen enn andre. Dette kan resultere i sprekker og hevelser på tvers av vegen. Islinsene bygger seg vanligvis opp gjennom vinteren, og de er ofte på sitt største mot slutten av vinteren.

Asfalten som danner topplaget i vegoverbygningen er i utgangspunktet et tøyelig materiale, men over tid kan det myke bindemiddelet blir hardere og sprøere, og det kan oppstå sprekker. Trafikkbelastning på veger med telehiv påfører vegkonstruksjonen spenninger som på sikt kan være med på å bryte ned vegen, det vil si påføre den skade. Dette er særlig kritisk i den perioden når deler av vegen har begynt å tine og vegen har

ulike bæreevne. Ofte kan telehivet gå tilbake etter tineperioden, men over tid kan enkelte av ujevnhetene som følge av telehiv blir permanente.

#### 4.2.2 Teorier knyttet til dannelsen av telehiv

Avsnitt 4.2.1 illustrerer grunnprinsippene for telehiv og problemene med en heterogen fordeling av islinser i vegkroppen. Det råder enighet om at det er islinsene som er problemet i forhold til telehiv på vegger. Det er også enighet om at vann må suges til islinsene (mot gravitasjon) for å kunne skape nok telehivsdeformasjoner. Men hvordan vanntransporten foregår er det imidlertid ikke noen konsensus om blant ekspertisen. I hovedsak er det to teorier; kapillær teori og osmose, som anses som de rådende teoriene for å beskrive vanntransporten mot islinser. I tillegg finnes det to andre teorier for hvordan islinser dannes; sekundærteori og absorpsjonsteori. Det gis en kort innføring til disse i det videre.

##### Kapillær teori

Det er kjent at vann suges opp på grunn av kapillære krefter i en jordmasse [8]. Når siltholdige masser, som ofte omtales som telefarlige masser, fryser, kan dette resultere i at det oppstår en situasjon hvor kapillærsug vil trekke mer vann opp mot frysefronten. Dersom det forekommer fritt vann i lagene nedenfor frysefronten, kan dette føre til at det dannes store islinser [8]. Dette utgjør i hovedsak kapillær teori, hvor telehivstrykket og sugeevnen som skapes ved dannelse av islinser er relatert til poresystemet til materialet [10].

##### Osmose

I flytende/oppløst form kan vannmolekyler og saltioner flytte på seg for å utlikne konsentrasjonsforskjeller. Denne prosessen kalles diffusjon. Hvis mobiliteten av saltioner hindres (for eksempel hvis de ikke kan gå gjennom en membran eller blir tiltrukket av en overflate) og vannmolekyler fortsatt er mobile, kan det oppstå trykkforskjeller. Denne prosessen kalles for osmose [11]. Osmose har blitt påpekt som en mulig sugemekanisme [12].

Osmose er prosessen som fører til utligning av forskjellen i konsentrasjon mellom to løsninger.

Med bakgrunn i teori om telehiv, omfatter dette at rent vann diffunderer gjennom membranen til en løsning med høyere saltkonsentrasjon. Som en følge av dette vil den potensielle energien over membranene bli redusert [10].

##### Sekundær teori

Sekundær teori er en videreutvikling av kapillær teori, og har utgangspunkt i at det foreligger uenigheter knyttet til kapillær teori hvor enkelte mener den kun fungerer på isnåler som blir dannet på overflaten uten overliggende trykk. Sekundær telehiv omfatter også trykkforskjeller, men innebærer at dannelsen av is starter i porene ved ubevegelige jordpartikler rett under islinsene, i en såkalt "frysesone" og "overgangssone". I dette området forekommer det transport av både is og vann [13] [10].

##### Absorpsjons-modellen

Absorpsjons-modellen skiller seg noe fra kapillær teori og sekundær teori, hvor man mener at den primære årsaken til telehiv skyldes dannelsen av en såkalt "fast-liknende spenning" (engelsk: solid-like stress) i den vannfilmen som ikke er frosset mellom is og jordpartikler. Det antas at den "fast-liknende spenningen" kommer fra overliggende last, og at den medfører at frysepunktet i vannfilmen senkes. Videre antas det at telehivstrykket er bestemt fra denne "fast-liknende spenningen" inne i vannfilmen og at den ikke kan overstige trykket som er påtvunget av materialet som ligger over en voksende islinse. Som en følge av dette dannes det en spenningsgradient i vannfilmen, og den fryste vannfilmen vil forsøke å gjenopprette dette tapet. Spenningsgradienten oppstår som følge av fryst is og resulterer i en sugekraft som vil dra porevann til frysefronten [10].

### 4.3 Teleløsning

Som beskrevet i kapittel 4.2.1 vil dannelse av islinser kunne medføre ujevnheter på vegoverflaten. I teleløsningen, hvor tining normalt skjer ovenfra og nedover i vegoverbygningen, vil islinsene smelte. Det frosne laget under den tinte sonen er tilnærmer impermeabelt. Dette gjør at når islinsene tiner, blir vannet fanget i den øvre delen av vegkroppen uten mulighet til å dreneres bort. Dette resulterer i redusert bæreevne på grunn av at vegkroppen ikke kan fordele og absorbere tyngden av kjøretøyene slik som det er tenkt. Som et resultat av dette oppstår ofte flere spor, ujevnheter og oppsprekninger i vegbanen på våren [8].

### 4.4 Salt

Som nevnt innledningsvis brukes salt til tre ulike oppgaver; anti-ising (preventivt), de-ising (aktiv smelting) og anti-kompaktering (for å hindre at snøen setter seg fast til bakken). Saltinstruksen til Statens vegvesen [14] beskriver metode og dosering for ulike føreforhold knyttet til vinterdrift. Saltinstruksen stiller krav til at det skal benyttes natriumklorid (NaCl) som kjemikalie. Andre kjemiske strømidler enn NaCl kan også benyttes etter godkjenning av byggherren. NaCl er rimelig samtidig som den har god smeltekapasitet ned til -12°C.

En norsk undersøkelse fra 2019 [15] viste at det i vintersesongen brukes både NaCl, magnesiumklorid (MgCl<sub>2</sub>), Aviform L50 og kaliumformiat (HCO<sub>2</sub>K). Alle de nye kjemikaliene er dyrere enn NaCl. MgCl<sub>2</sub> brukes fordi det i tillegg har en støvdempende effekt og er mer effektivt ved lavere temperaturer, Aviform L50 og kaliumformiat brukes fordi det forventes å ha mindre negative effekter knyttet til miljø. Det er framfor alt vegetasjon langs veger og forhøyde saltkonsentrasjoner i vann som følge av vinterdrift, som er kritisk [16].

I forhold til telehiv vil salt kunne ha flere effekter. For det første bidrar saltet til å endre frysepunktet til vannet både på og i vegkroppen. For det andre smelter saltet snø slik at tilgangen på flytende vann øker. For det tredje fjerner saltet snøen og dermed snøens isolerende evne oppe på veggen slik at kulden kan trenge dypere ned i vegkonstruksjonen i kalde perioder. For det fjerde endrer saltet vannets egenskaper, noe som i sin tur kan påvirke hvordan vannet beveger seg i massene og dermed hvordan de ulike teoriene beskrevet i 4.2.2 fungerer.

### 4.5 Tidligere studier og erfaringer

Som nevnt innledningsvis er det forsket på telehiv i over 100 år. I Norge er det gjennomført flere prosjekter knyttet til tematikken som har gitt ny og verdifull kunnskap.

Prosjektet "Frost i jord" ble gjennomført i 1968-1976, og frambrakte betydelig viten av både teoretisk og praktisk art. Gjennom dette arbeidet ble det fastsatt flere prinsipper knyttet til frostsikring av veg som fortsatt gjelder, deriblant at veger må sikres tilstrekkelig mot frost slik at det ikke blir teleskader eller ujevne telehiv som gir trafikkmessige ulemper [17]. Prosjektet resulterte i publikasjonen "Sikring mot teleskader" som ble utgitt i 1976, og inneholdt blant annet anvisninger for frostsikring av fundamenter og konstruksjoner, metoder for beregning av frostdybder, framgangsmåter for bestemmelse av materialers varmeparametere samt forhold mellom klimabelastning og konstruksjoner [18].

Erfaringene fra "Frost i jord" ga også grunnlag for fastsettelse av krav til frostsikring i SVVs vegnormaler, første gang i håndbok 018 Vegbygging som ble utgitt i 1977. Denne håndboka har blitt revidert flere ganger siden den gang, og er i dag håndbok N200 [5]. Utførte revisjoner siden 1977 har blant annet medført mer omfattende bestemmelser knyttet til frostsikring samt skjerping av kravene [17].

Rapporten "Telehiv på nye norske veger, -hvorfor, og hva kan gjøres for å unngå dette?" [1] ble gitt ut i 2012. Denne rapporten var et resultat av flere registrerte frostskafer og telehiv på nye vegstrekninger i Norge, og Vegdirektoratet ved Vegdirektøren satte derfor i gang et arbeid for å undersøke årsakene til dette nærmere. Det ble nedsatt ei ekspertgruppe som fikk i oppgave å gjennomføre undersøkelser på utvalgte vegstrekninger samt foreslå mulige forbedringstiltak for å unngå slike hendelser i framtiden. I tillegg til ekspertgruppa ble det også etablert ei ressursgruppe med representanter fra flere bransjeforeninger (RIF<sup>1</sup>, MEF<sup>2</sup> og EBA<sup>3</sup>) for å oppnå en felles bransjeforståelse for de foreslåtte tiltakene.

Ekspertgruppen undersøkte til sammen fire vegstrekninger med telehiv og teleskader, med bakgrunn i å finne årsaken til telehiv. Det er ikke funnet klare sammenhenger mellom telehiv på de undersøkte strekningene og at kravene til tykkelse på overbygning gitt i håndboka (den gang håndbok 018, forløperen til håndbok N200) ikke er strenge nok [1]. Derimot har undersøkelsene utført i forbindelse med dette arbeidet gitt tydelige indikasjoner på at det er flere ulike forhold som har medført telehiv på de undersøkte strekningene:

- Vegoverbygningen er for tynn i forhold til gjeldende grunnforhold og frostmengde.
- Materialene benyttet i vegoverbygningen inneholder for mye finstoff og har for stor steinstørrelse i forhold til lagtykkelsen.
- Drenering er mangelfull.

Noe av forklaringen knyttet til dette er at det kan være svært vanskelig å fastsette variasjonsklasser da det som regel alltid foreligger begrenset informasjon om variasjoner i grunnforhold. Klasseinndeling kan lett medføre utilstrekkelig frostsikring på steder der hvor grunnforholdene viser seg å være dårligere enn antatt. Som en følge av dette har ekspertgruppa anbefalt ny dimensjoneringspraksis, blant annet ved å gå bort fra inndeling av grunnforhold i variasjonsklasser. Videre har ekspertgruppa anbefalt flere tiltak:

- Alle veger skal frostsikres.
- Riktig bruk av materialer.
- Kompetanseheving.
- Forbedrede kravspesifikasjoner og strengere dokumentasjon og produksjonskontroll.
- Innføring av samhandling før kontraktsarbeid igangsettes, hvor frostsikring tas inn som eget tema.

Rådene fra ekspertgruppa er relevant for problemstillingen til salting og teleskader på G/S-anlegg fordi det peker på generelle forhold i kvaliteten av vegoverbygningen som gjør den utsatt for telehiv.

---

<sup>1</sup> Rådgivende ingeniørers forening

<sup>2</sup> Maskinentreprenørenes forening

<sup>3</sup> Entreprenørforeningen bygg og anlegg

## 5 Effekt av salt

Dette kapitlet vil gi en oppsummering av tilgjengelig forskning på hvordan salt påvirker ulike aspekter som kan føre til teleskader. Prosessene og funnene er beskrevet på en så enkel måte som mulig for å forenkle for leseren. For mer utdypende detaljer og kunnskap er det mulig å følge kildehenvisningen til respektive forskningsartikkel.

### 5.1 Saltets effekt på materialer

Ulike kjemikaliers effekt på materialer er det som er mest studert i litteraturen. Som beskrevet i metodedelen er litteraturen begrenset til materialer og kjemikalier som eksisterer i Norge.

Aldring av asfalt er et kjent fenomen og fører til en reduksjon av elastisiteten, det vil si høyere elastisitetsmodul i bindemiddelet. Det finnes forskning som påpeker at saltet reduserer elastisiteten til bindemidlet [19], noe som blir spesielt tydelig når temperaturen er lav og saltkonsentrasjonen over 3 %. Dette gjør vegen mer sårbar for ujevn tilfrysing med varierende mengde telehiv og kan lede til sprekker i dekket. Reduksjonen i elastisitet påvirker også kontakten mellom bindemiddel og aggregater i asfalten. Redusert kontakt mellom bindemiddel og aggregat er beskrevet som den største årsaken som bidrar til nedbrytingen av asfalt [20]. Tester med NaCl og Kaliumformiat viser også at salt har en nedbrytende effekt på asfalt. Det er påvist at både NaCl og Kaliumformiat øker nedbrytning av asfalt og at det er en sammenheng mellom saltkonsentrasjon og nedbrytning [21]. Studien [21] er imidlertid basert på et lite antall prøver og forholdsvis høye saltkonsentrasjoner (12,5 – 25 vekt% NaCl og 25 – 50 vekt% Kaliumformiat). Salt i seg selv kan også bidra til hiv når det tørker og danner krystaller. I forhold til totalt hiv av vegoverflaten er dette underordnet og utgjør ikke mer enn 5 % av det totale hivet [22].

### 5.2 Frostdybden

Frostdybden i vegkroppen kan påvirkes på flere måter av at det brukes salt i vinterdriften. For det første fjerner saltet snøen som fungerer som et isolerende lag og dermed demper effekten av svingninger i temperaturen. Fraværet av snø gjør også at kulde kan tillates å trenge dypere ned i bakken og dermed påvirke masser som er mer følsomme for frost [12]. For det andre kan saltet trenge ned i vegkroppen og bidra til å senke frysepunktet. Dette innebærer at punktet hvor vannet fryser til is flyttes lengre ned i vegkonstruksjonen. Til sist er det ikke trolig at saltet som trenger ned i vegkroppen vil fordele seg jevnt, dermed vil det bidra til en heterogen tilfrysing som i sin tur gir ulike mengde telehiv og bæreevne i vegkroppen.

### 5.3 Telehiv

Eksakt hvordan bruken av salt påvirker telehivet er ikke fullstendig kartlagt. Det finnes litteratur som sier at saltet reduserer det totale telehivet [22] [23] [24] og det finnes også en studie [12] som viser det motsatte.

Hovedargumentene for at salt reduserer telehiv, er at salt bidrar til å holde vannet flytende også ved temperaturer under 0°C, noe som gjør at islinsene ikke får til å vokse [22]. Chamberlain [23] peker på en annen årsak til at telehiven blir redusert som en følge av salt, nemlig at den aktive frysesonen vokser og blir tykkere med flere små islinser. Dette reduserer den hydrauliske konduktiviteten i vegkroppen da vannet ikke klarer å passere gjennom den aktive frysesonen slik at islinsene kan fortsette å vokse. På denne måten reduseres det totale telehivet, som vist i Figur 2. Sarsembayeva med flere [24] sammenlignet tilfrysingsprosessen og dannelsen av telehiv i to laboratorieprøver der den første prøven kun var behandlet med vann og den andre hadde fått tilsatt NaCl. Begge prøvene hadde tilgang på vann med respektive saltløsning under fryseprosessen som ble tilført i bunn av prøven. Resultatet viste at telehivet var mindre i forsøket med NaCl tilstede og hastigheten telehivet vokste med ble redusert jo flere tine/fryssykluser det ble utsatt for.

I artikkelen til Doré et al. [12] argumenteres det for det motsatte, at salt kan bidra til økt telehiv. I utgangspunktet er det nødvendig med en temperaturgradient i vegkroppen som gjør at det er tilgang på flytende vann på den ene siden av den aktive frysesonen. Vann i flytende form blir dratt mot den aktive frysesonen og bidrar der til at islinsene vokser. Artikkelen [12] viser at temperaturgradienten kan erstattes av en saltgradient som sikrer de samme forutsetningen med en frossen del og en del med fritt rennende vann i vegkroppen. Saltet har i tillegg den funksjonen at det endrer frysepunktet til vannet slik at det kan bevege seg i masser med temperaturer under 0°C. Saltet gjør at vann transporteres til islinsene fra to retninger; vegdekket og massene under islinsene. Doré mener at dette er en bidragende årsak til akselereringen av degradering av et asfaltdekke hvor det allerede finnes sprekker. Smeltevann og saltlake bidrar til å fore islinser nær sprekker med vann og øker dermed telehivet lokalt.

## 6 Diskusjon

Enhver vegkonstruksjon blir utsatt for mekaniske belastninger gjennom sine ulike livsfaser. Når det gjelder gang- og sykkelveger kommer ikke de største belastningene fra trafikken, men fra driftskjøretøy og klimatiske belastninger, spesielt i form av vann og frost. Så lenge vegkonstruksjonen tåler disse belastningene vil det ikke føre til en akselerert nedbryting. Problemene, det vil si skadene, oppstår når belastningene blir større enn det konstruksjonen tåler.

Denne litteraturstudien har belyst flere forhold ved innføring av GsA-standarden for å oppnå kravene som øker belastningene i vegkonstruksjonen. Barvegstrategien med GsA innebærer først og fremst at man fjerner snøsålen som isolerer. Som et resultat av dette kan man forvente en større frostdybde på anlegg hvor GsA benyttes, kontra anlegg med GsB og andre vinterstandarder som tillater snø/is gjennom vintersesongen. I tillegg kan en GsA-standard føre til mer flytende vann på eller i vegkonstruksjonen gjennom vintersesongen. Vannets tilstedeværelse er en belastning fordi den har potensiale til å akselerere nedbryting av asfalten og gi redusert bæreevne. Så lenge dreneringen er tilstrekkelig ivaretatt vil den økte vannbelastningen sannsynligvis ikke føre til de store teleskadene. Det finnes studier som påpeker at kjemikalier brukt i vinterdrift også er en ytterlig belastning for asfaltdekket.

Som beskrevet i kapittel 4.2.2 finnes det flere ulike teorier knytte til telehivsmekanismer (kapillær teori, osmose, sekundærteori og absorpsjonsteori). Det er uklart hvilken eller hvilke av teoriene som beskriver virkeligheten best, trolig er det en kombinasjon av flere. Dette gjør det også vanskelig å kunne konkludere med saltets effekt på telehiv siden saltet kan påvirke flere av mekanismene som er med på å bygge opp islinsene. Et eksempel som illustrerer problematikken, er resultatet fra Chamberlain [23] som viser at den hydrauliske konduktiviteten i massene svekkes som en følge av saltets tilstedeværelse. Teorien om osmose beskrevet i 4.2.2 tilsier på den andre siden at økt saltinnhold skal øke transporten av vann siden væsker med ulike konsentrasjon hele tiden etterstreber å utligne forholdet mellom seg. Basert på den kartlagte litteraturen kan man dermed ikke entydig konkludere at selve saltet fører til en økt telehiv. Det finnes både studier som rapporterer om redusert telehiv og om økt telehiv. De studiene som rapporterer om redusert telehiv, har til felles at det fremdeles er en temperaturgradient tilstede. Studien fra Doré et al. [12] viser at det er mulig å skape telehiv hvis det ikke er en temperaturgradient tilstede, men en gradient i saltkonsentrasjon som sikrer at det finnes flytende vann som kan bevege seg mot islinsene. Forsøkene er i hovedsak utført i laboratorium, men observasjoner indikerer at de samme prosessene også skjer på vanlige veger.

Med utgangspunkt i de tre forutsetningene for at telehiv skal oppstå, det vil si tilgang på vann, frost og telefarlig masse, er det likevel mulig å si noe om hvordan saltet påvirker de ulike bestanddelene. For det første er tilgangen på vann essensiell, og saltets funksjon i vinterdrift er å smelte snø og is. Derfor øker saltet tilgangen på vann og dermed også forutsetningene for at islinsene skal kunne vokse og skape problemer. For det andre er det nødvendig med kuldegrader som gjør at vannet kan fryse. Her blir saltets effekt vanskeligere å forklare, for i første omgang smelter saltet snø og is slik at det blir flytende, men samtidig gjør saltet at vannet ikke kan fryse til is på grunn av senket frysepunkt. Dersom frysepunktet passerer vil vannet kunne fryse til is og danne islins, og da har saltet økt mengden tilgjengelig vann. Noen studier viser også at når vannet får senket frysepunktet kan det transporteres gjennom porene i de fryste massene fram til islinsene. For det tredje kan forekomsten av telefarlige masser variere langs en strekning, og dermed også vegkroppens forutsetning til å holde på/drenere vann. Dette kan bidra til lokale forskjeller i hivet som i sin tur bidrar til økt stress på vegdekket når det hever seg ujevnt. Slike lokale forskjeller påpeker også viktigheten av at vegoverbygningen utføres i henhold til gjeldende krav og regelverk og med riktig type masser, slik at risikoen for telehiv reduseres.

Som det er pekt på tidligere er det flere andre mekanismer som også virker inn på nedbrytningen av gang- og sykkelveger i løpet av en sesong og gjør det vanskelig å skille mellom årsak og virkning. For det første er det belastningen som driften påfører når det skal brøytes og saltet. Det blir gjennomført hyppigere tiltak på GsA-

veger sammenlignet med veier med lavere standard. For det andre, vegens alder og oppbygging vil påvirke hvor stor virkning økt drift og salting har. For det tredje, teleløsningen og hvor mye vegen trafikkeres under denne tiden på året vil påvirke nedbrytingen.

Salt påvirker asfalten både i forhold til at elastisiteten i bindemidlet blir lavere og at bindingen mellom aggregat og bindemiddel svekkes. Dette gjør dekket mer følsomt for bevegelse i massene under og sprekker lettere opp ved for eksempel telehiv. Samtidig synes det å være klart at salt bidrar til større tilførsel av vann til lagene under der hvor asfalten er oppsprukket. Dette viser viktigheten av at asfaltdekkene lappes og holdes mest mulig sprekkefrie slik at vann ikke kan trenge ned i overbyggningskonstruksjonen [1].

Det er derfor vanskelig å gi en endelig konklusjon på saltets effekt på telehiv. Ei ekspertgruppe nedsatt av Vegdirektøren har uttalt at de ikke avviser at økt saltbruk kan være en medvirkende årsak, men presiserer at de finner det mindre sannsynlig at økt saltbruk kan være årsak til noen av de telehivsskadene som har blitt observert på nye veier i Norge [1]. Som beskrevet i foreliggende rapport finnes det flere ulike teorier knyttet til hvordan telehiv oppstår, og det finnes ingen entydig forklaring på hvorfor. Dette er ofte en kombinasjon av flere forhold. Det finnes studier som viser at saltet bidrar til telehiv, og det finnes også studier som viser det motsatte. De fleste av disse studiene er utført i laboratorium under kontrollerte forhold, hvor det ikke er mulig å ta hensyn til variasjoner i vær- og temperaturforhold, heller ikke variasjoner som forekommer i vegoverbygningen.

Til tross for økt bruk av GsA foreligger det ikke per i dag spesifikke beskrivelser av hvor de ulike vinterdriftsklassene egner seg best i bruk. Ulike faktorer som klima, utforming av gang- og sykkelvegen, type og kvalitet på vegdekket, plassering av gang- og sykkelvegen i forhold til vegbanen og hvordan gang- og sykkelvegen driftes er alle av betydning for den totale kvaliteten på anlegget. Som beskrevet ovenfor har også endring i vinterdriftsklasse medført at det ofte benyttes tyngre utstyr.

Det anbefales at det utarbeides retningslinjer for valg av vinterdriftsklasse. Dette vil være med på å sikre at riktig standard brukes på riktig sted basert på faglige råd. Vegtekniske vurderinger med tanke på dekkekvalitet og oppbygging av anlegget bør være en del av grunnlaget for bestemmelse av vinterdriftsklasse.



## 7 Konklusjon

Som beskrevet i kapittel 6 er det vanskelig å gi en entydig konklusjon på saltets effekt på telehiv. Årsaken til dette er en kombinasjon av at det finnes flere ulike teorier knyttet til hvordan telehiv oppstår og hvordan saltets tilstedeværelse kan endre de grunnleggende prinsippene som er med på å danne islinser i de ulike teoriene. Det finnes både studier som rapporterer om redusert telehiv og om økt telehiv. De studiene som rapporterer om redusert telehiv, har til felles at det fremdeles er en temperaturgradient tilstede. På den andre side finnes en studie som viser at det er mulig å skape telehiv dersom det ikke er en temperaturgradient tilstede, men en gradient i saltkonsentrasjonen. Generelt er det lite forskning som belyser denne spesifikke problemstillingen, til sammen åtte kilder er funnet.

Erfaringer fra økt bruk i vinterdriftsklasse GsA på gang- og sykkelveger i Trondheim de siste årene, viser at enkelte gang- og sykkelveger har gått tilnærmet i oppløsning. Det er ikke avdekket hva som er årsaken til dette, men trolig er det en kombinasjon av flere faktorer hvor saltets effekt kan være en årsak. Endring i vinterdriftsklasse medfører økt trafikk med tunge kjøretøyer på gang- og sykkelvegene på grunn av hyppigere brøyting/kosting/salting. Dette er en belastning som gang- og sykkelvegen ikke nødvendigvis er dimensjonert for og noe som vil kunne være en medvirkende årsak til at nedbrytningsprosessen akselererer og gir redusert tilstand på vegen.

Mer forskning på sammenhengen mellom salt og telehiv er nødvendig for å forstå hvordan teleskader skal forebygges i framtiden. Samtidig indikerer den litteraturen som finnes at saltet har en effekt på både telehiv og vegen i seg selv. Derfor bør man ikke vente med å se på løsninger som reduserer samtlige nedbrytende effekter til tross for at den eksakte sammenhengen ikke er avdekket.

## 8 Referanser

- [1] Vegdirektoratet, «Telehiv på ny norske veger, hvorfor og hva kan gjøres for å unngå dette? Rapportnr. 79,» 2012.
- [2] Statens vegvesen/Vegdirektoratet, «Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger,» 2014.
- [3] Statens vegvesen, «Hvorfor telehiv på veiene?,» [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/Pressemeldingsarkiv/Region+%C3%B8st/Akershus/hvorfor-telehiv-pa-veiene>. [Funnet 05 08 2019].
- [4] A. Tjora, Kvalitative forskningsmetoder i praksis, Oslo : Gyldendal Norsk Forlag, 2017.
- [5] Statens vegvesen/Vegdirektoratet, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2018.
- [6] N. S. Uthus, «Presentasjon: Bruk av knust stein eller sprengt stein i forsterkningslag,» [Internett]. Available: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/290283/binary/512548](https://www.vegvesen.no/_attachment/290283/binary/512548). [Funnet 26 06 2019].
- [7] J. Aksnes, «Presentasjon: Krav til vegoverbygning og frostteknisk dimensjonering,» [Internett]. Available: [https://www.vegvesen.no/\\_attachment/290285/binary/512549](https://www.vegvesen.no/_attachment/290285/binary/512549). [Funnet 19 08 2019].
- [8] Statens vegvesen/Vegdirektoratet, «Lærebok: Drift og vedlikehold av veger. SVVs rapport nr. 365,» 2015.
- [9] Statens vegvesen, «Telehiv - sikkert som våren,» [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/telehiv-sikkert-som-varen>. [Funnet 19 08 2019].
- [10] L. Lund, «Effekt av salt på telehiv,» NTNU, 2012.
- [11] P. Atkins og J. de Paula, «Physical Chemistry,» New York, Oxford University Press Inc., 2002.
- [12] G. Doré, J.-M. Konrad og M. Roy, «Role of Deicing Salt in Pavement Deterioration by Frost Action,» *Transportation Research Record, volume 1596, issue 1, pages 70-75, ISSN 0361-1981*, 1997.
- [13] R. Miller, «Freezing and heaving of saturated and unsaturated soils,» *Highway Research Record (393), pages 1-11*, 1972.
- [14] Statens vegvesen, «D2-ID9300a Bruk av salt,» Statens vegvesen, Oslo, 2017.
- [15] H. Karlsson, «Erfaringer med barvegstandard/GsA, intervju med byggherre,» 2019.
- [16] L. Fay og S. Xianming , «Environmental Impacts of Chemicals for Snow and Ice Control: State of the Knowledge,» *Water, Air & Soil Pollution, volume 223, issue 5, pages 2751-2770*, 2012.
- [17] E. Øvstedal, «Presentasjon: Kvalitet og vegbygging, Telehiv,» Statens vegvesen, [Internett]. Available: <http://intranett.mef.no/Content/75829/Eirik%20%20vstedal%20Anleggsdagene%202012.pdf>. [Funnet 02 08 2019].
- [18] Frost i jord, «Sikring mot teleskader,» 1976.
- [19] D. Feng, J. Yi, D. Wang og L. Chen, «Impact of salt and freeze–thaw cycles on performance of asphalt mixtures in coastal frozen region of China,» *Cold Regions Science and Technology, volume 62 issue 1, pages 34-41*, 2010.
- [20] A. P. Pérez-Fortes, M. J. Varas-Muriel og P. Castiñeiras, «Using petrographic techniques to evaluate the induced effects of NaCl, extreme climatic conditions, and traffic load on Spanish road surfaces,» *Materiales de Construcción , volume 67, issue 328*, 2017.

- [21] S. Anastasio og C. Thodesen, «Effect of freeze-thaw cycles and deicing fluids on pavements,» Ninth International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Trondheim , 2013.
- [22] H. Bing, P. He, C. Yang, Y. Shi, S. Zhao og X. Bian, «Impact of sodium sulfate on soil frost heaving in an open system,» *Applied Clay Science* , volume 35, issue 3, pages 189-193, 2007.
- [23] E. J. Chamberlain, «Frost heave of saline soils,» 1983.
- [24] A. Sarsembayeva, P. Collins, G. Lollino, D. Giordan, K. Thuro, C. Carranza-Torres, F. Wu, P. Marinos og C. Delgado, «Evaluation of frost heave and moisture/chemical migration mechanisms in highway subsoil using laboratory simulation method,» *Cold Regions Science and Technology*, vol. 133, pp. 26-35, 2017.
- [25] K. Rekilä, «Presentasjon: Erfaringer med nye standarder for g/s-anlegg,» 2017. [Internett]. [Funnet 26 06 2019].
- [26] E. J. Chamberlain, «Frost susceptibility of soil -Review of index test,» i *Cold Regions Research and Engineering Laboratory*, 8, page 117, 1982.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)