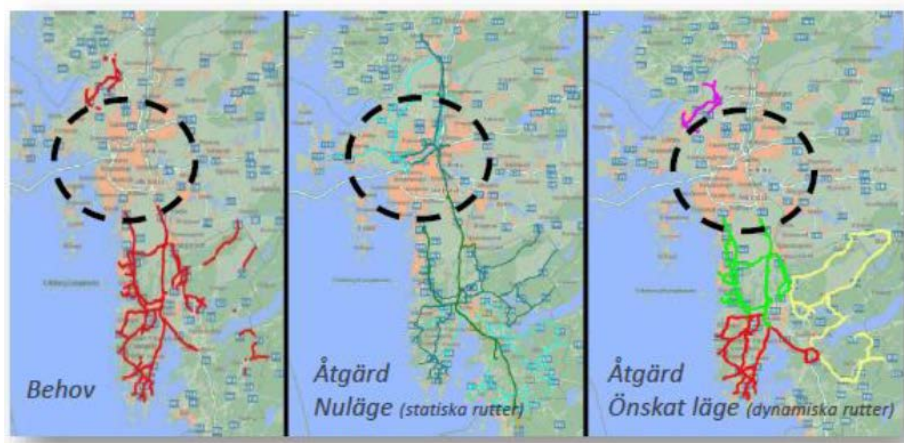


# PROGNOSSTYRD DYNAMISK VÄGDRIFT

*Fas 2*

*Slutrapport*

**SVEVIA****vti****B&M**  
systemutveckling**KLIMATOR****FORECA****Friggeråkers  
Verkstäder AB****NIRA**  
DYNAMICS**BVFF**  
Bana väg för framtiden**TRAFIKVERKET****nvf****SBUF**®

Andreas Bäckström, Svevia

2018-09-15

**SBUF** stödjer  
forskning & utveckling

som leder till  
praktisk handling

## **Förord**

Föreliggande rapport presenterar resultatet av FoI-projektet ”Prognosstyrd dynamisk vägdrift” som syftar till att utveckla och integrera befintlig teknik för att skapa ny tekniska lösningar som syftar till att implementera och utveckla nya produktionsmetoder. Projektet finansierades av Svevia, VTI, B&M Systemutveckling, BVFF, NVF och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) inom ramen för verksamhetsnära utveckling. Stort tack riktas till ovanstående uppräknade projektparter liksom till följande externa som bidragit på fler olika sätt Klimator (RSI), Foreca (SRM), Nira (fordonsdata), Mowic (TrackIce), Trafikia (Trafikmätning), Friggeråkers verkstäder (uppkopplade spridare).

Projektets referensgrupp bestod av följande personer:

Dan Eriksson, Trafikverket  
Andreas Bäckström, Svevia  
Lisa Bonell, NCC  
Christer Andersson, Peab  
Mikael Berg, Skanska

Projektgruppen bestod av i huvudsak:

Andreas Bäckström, Svevia  
Gustav Lindström Svevia  
Morgan Persson, Svevia  
Linus Blomlöf, Svevia  
Anders Ottesen och beredskapshavare i Blekinge, Svevia  
Mats Wärme, B&M systemutveckling  
Martin Komstadius, B&M systemutveckling  
Anna Arvidsson, VTI  
Elina Heed, Foreca  
Esben Almkvist, Klimator  
Eric Zachrisson, Klimator

**Göteborg, maj 2018**

Andreas Bäckström, Mats Wärme, Anna Arvidsson

## Innehållsförteckning

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Förord</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>1 Bakgrund</b> .....   | <b>4</b>  |
| 1.1 Syfte .....   | 9         |
| 1.2 Mål .....   | 9         |
| <b>2 Metodbeskrivning och Utförande</b> .....                       | <b>10</b> |
| 2.1 Fas 1, Proof of concept, Göteborg vintern 2016-2017 .....       | 10        |
| 2.2 Fas 2, Anpassning och implementation, Blekinge. 2017-2018 ..... | 12        |
| <b>3 Resultat och diskussion</b> .....                              | <b>13</b> |
| <b>4 Slutsatser</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>5 Rekommendation</b> .....                                       | <b>29</b> |

# 1 Bakgrund

Vägljimatet kan variera kraftigt inom ett driftområde och det finns behov att justera för dessa variationer för att kunna uppnå maximal resurseffektivitet. Syftet med detta projekt är primärt att med dynamisk vägbeskaffenhetsinformation från dagens beslutsstödsystem skräddarsy produktionsåtgärder för en mer produktiv och hållbar vinterväghållning. Effektmålet uppnås genom att integrera beslutsstödsdata från högupplösta vägväderprognostjänster i redan befintliga GPS-, lednings- och uppföljningssystem.

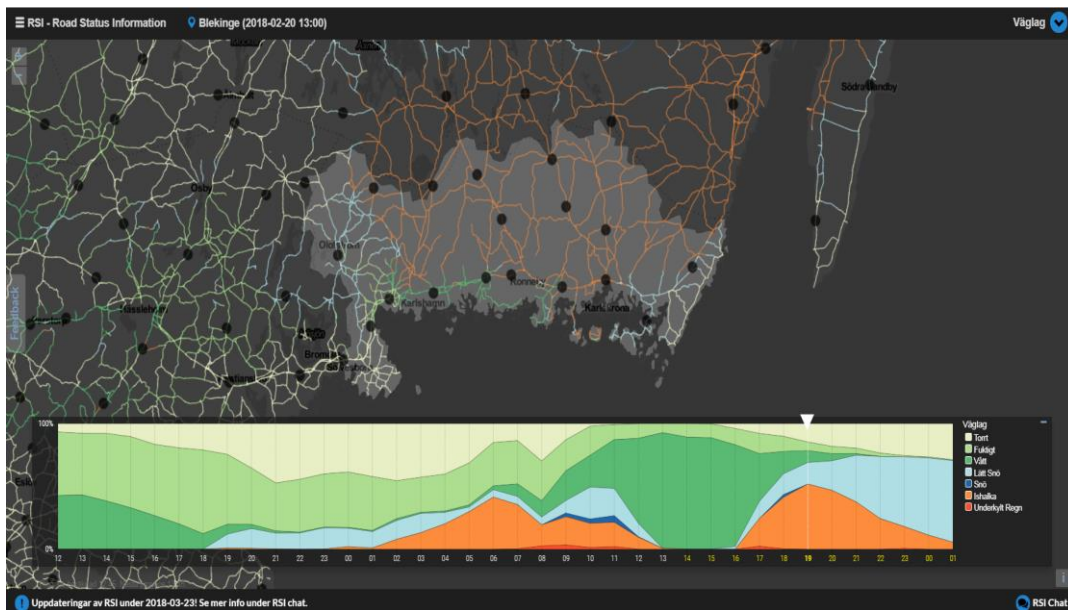
Nyckfullt väder, tigha tidsramar och höga kvalitetskrav kan göra ett driftuppdrag för vinterväghållning till en utmaning. Pressen på både driftledningspersonal och maskinförare är under perioder hög.

Erfarenhet i operativ vinterväghållning tenderar dessutom vara bristvara pga. av den allt rörligare arbetsmarknaden med korta kontraktperioder och nyligen stora pensionsavgångar. Därför är det väsentligt att beslutsstöd utvecklas för beredskapshavaren för att bibehålla och kunna öka produktivitet. Även viktigt för att kunna attrahera dom bästa och utbilda nästa generations beredskapshavare.

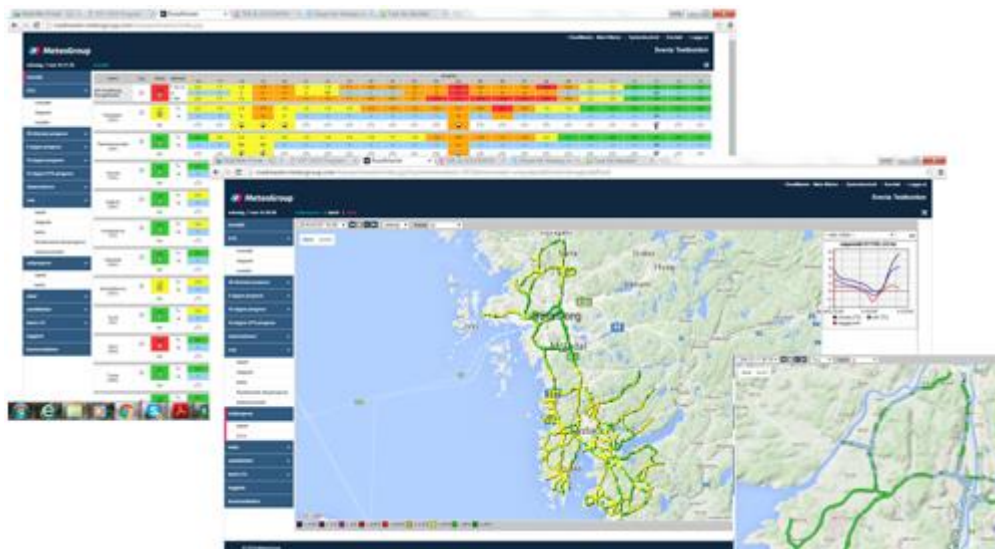
Även rörligheten bland vinteråkare har ökat då vinterväghållning inte längre anses vara ett attraktivt uppdrag pga. snöfattiga vintrar, korta kontraktstider och pressade priser. Därför kan det vara svårt att hitta erfarna, engagerade chaufförer med lokalkännedom om halkbenägna partier som ytterligare kan justera saltgiva efter lokala behov. Att röja snö och halkbekämpa är även en avancerad uppgift speciellt i tätort. Snöröjarna är en yrkesgrupp som både ska kunna hantera stora fordon vid dåligt väglag, ta hänsyn till omgivande trafik och samtidigt styra plogar och saltspridare. Att utveckla förarstöd är i dagsläget nödvändigt för att kunna säkerställa en god arbetsmiljö och säkerhet.

Det finns idag ett antal vägväderprognostjänster som kan leverera kvalificerat stöd till beslutstagare inom vägunderhåll så kallade sträckprognoser. Tjänsterna levererar dynamiska vägbeskaffenhetsprognoser för vägsegment och i vissa fall även förslag på åtgärd för dessa vägvägnitt. Exempelvis finns Klimators Road Status Information (RSI), Forecas beslutsstöd (SRM) och MeteoGroups RoadMaster är några exempel på befintliga kommersiella produkter. Federal Highway har i merparten av delstaterna i USA Maintenance Decision Support System (MDSS) för väglagsprognoser. Samtliga uppräknade prognostjänster levererar geografiskt och tidsmässigt detaljerade beslutsunderlag som möjliggör högkvalitativa beslut för 3R dvs Rätt åtgärd i Rätt tid på Rätt plats. Prognoserna kanske största fördel är att de tydligt påvisar att endast delar av vägnätet behöver åtgärdas samt yttemperaturprognos som utöver väglag är viktig indata för att bestämma saltgivans storlek.

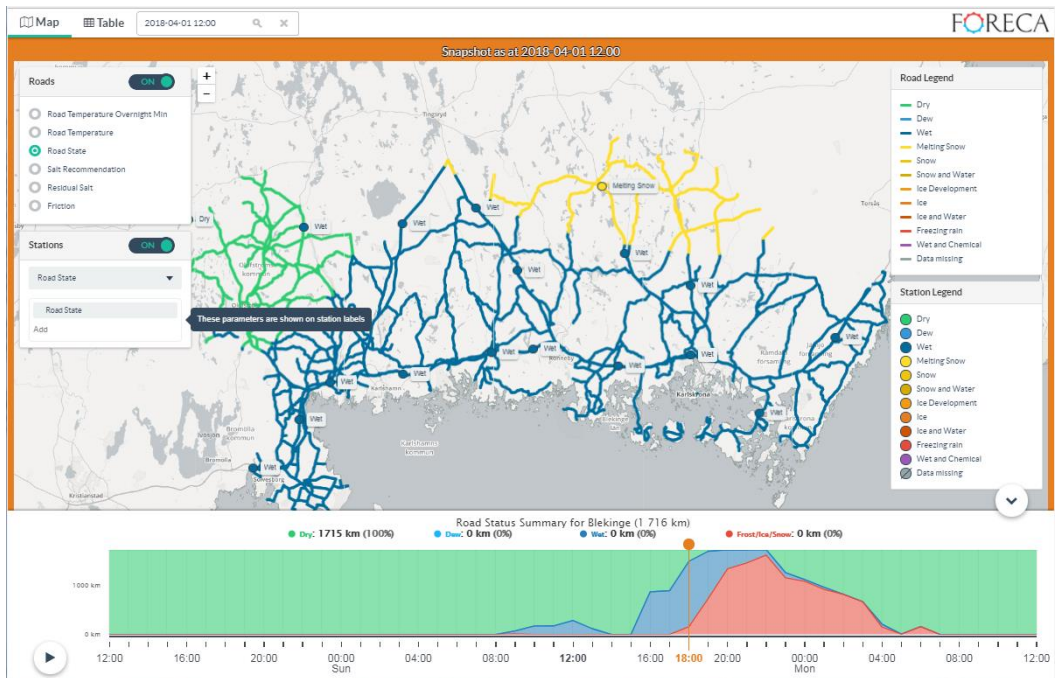
För driftledningspersonal är det alltjämt en utmaning att hantera informationsmängden och utifrån den snabbt fatta beslut om resurser och utkallning. Det finns även stora begränsningar att via telefon kommunicera ut detaljerad information till saltbilar angående åtgärdsbehov som även kan förändras i takt med att förutsättningarna på vägen/vädret förändras.



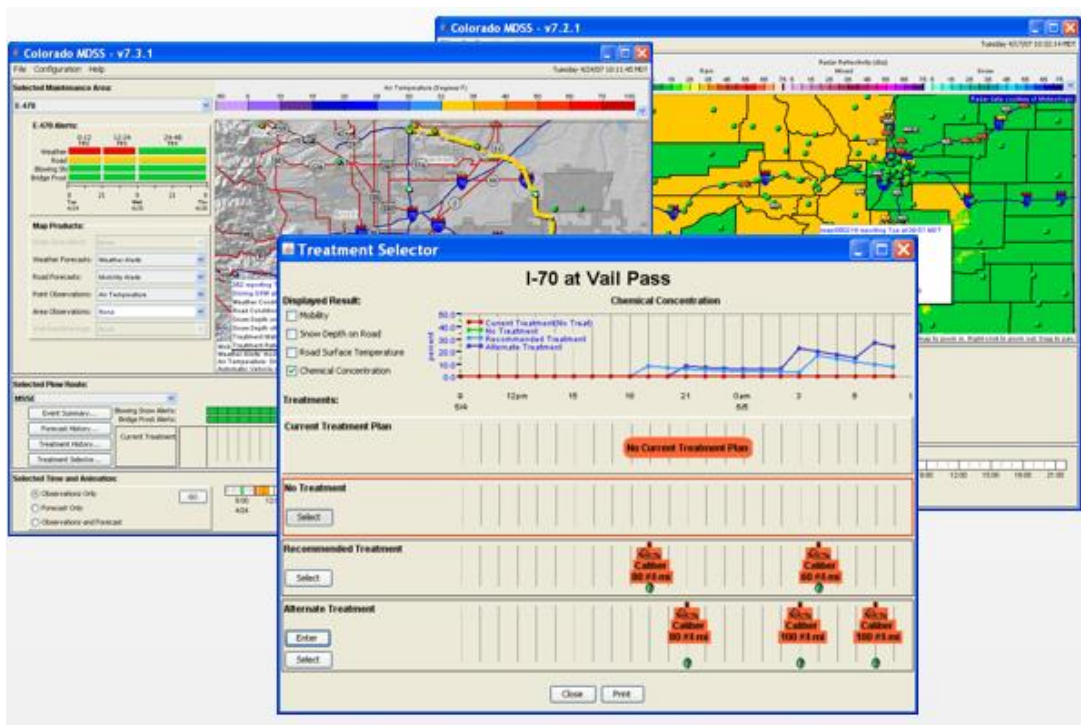
Figur 1, Klimators RSI, Vägslagsvy för driftområde Blekinge.



Figur 2, MeteoGroups RoadMaster, Vägslagsvy driftområde Göteborg



Figur 3, Forecas beslutsstödssystem (SRM), Väglagsvy driftområde Blekinge



Figur 4, Federal Highway, Maintenance Decision Support System (MDSS)

Beslutsprocess pågick på Trafikverket vid ansökningstillfälle våren 2016 för att kravställa beslutsstöd till driftupphandling 2018 samt eventuell förändring av ersättningsmodell med nytt väderindex utgående ifrån väglag på vägsträckor istället för enskilda mätpunkter. Trafikverket gav således en indikation på att beslutsstödsystem skulle finnas tillgängliga för driftentreprenörerna i produktionen inom kort. Kravställan eller beslut har dock fortfarande inte kommit tillstånd i skrivandets stund.

Tidigare SBUF-projekt gällande ruttoptimering och förarstöd med navigator **Ruttoptimerad och GPS- styrd drift och underhåll (13127)** visar på god besparingspotential vid utnyttjande av sådan teknik på statiska rutter. Ruttoptimeringsprogrammen som nyttjades vid tiden för ansökan genomförde tidsoptimering (kortaste tid) på aktuellt vägnät som skall åtgärdas utifrån väghållarens väglagindelning som baseras på ÅDT dvs trafikflöden. Väglag kan dock variera kraftigt inom ett driftområde enligt bild 1-3 ovan och behov att justera för dessa variationer för att kunna uppnå slutgiltig resurseffektivt får i dagsläget vanligtvis korrigeras grovt manuellt vid resursplanering normalt inför vintersäsong.



Figur 5, Förarstöd med navigator vägleder utifrån optimering, grönt saltas och rött anger transportväg.

Förarstöd med navigator ger arbetsledning möjlighet att arbeta betydligt mer detaljerat samt dynamiskt, vilket ger möjlighet för signifikant produktivitetsökning genom skräddarsydda åtgärder.

Import av data från ”väderlösningarna” ger förutsättningar att automatisera genom att vidareutveckla systemlösningar med ihopkopplade dataflöden. Kedjan kan innefatta allt från beslut (sker i vägvärdertjänst), utkallning av väghållningsfordon, automatisk saltdosering\* utgående ifrån vägväderprognos till återrapportering av åtgärdsdata som blir indata till kommande prognos. På det sättet integreras befintlig teknik samt datakommunikation och robusta system skapas. Behov av administration mellan separata system för entreprenör och väghållare försvinner dessutom liksom fördröjning vid integrerade systemlösningar.

Med kompletterade fordonsattribut som spridartyp, lastkapacitet, spridningsbredd möjliggörs en dynamisk optimering som tar hänsyn till prognostiserad erforderlig giva dvs saltförbrukning och matchar behov med tillgängliga resursers kapaciteter vid åtgärdstillfället. Dessa parametrar finns delvis i befintliga lednings- och uppföljningssystem som är kravställda av Trafikverket, där övriga erforderliga fordonsattribut kan adderas.

Uppföljningssystemen har redan vägnätsdata (driftstandardklass) som behövs för att utföra optimering. Systemen hanterar redan idag ersättningsmodeller (ex. plogade km på rutt 3) till underentreprenörer vilket är en komplex hantering även med statiska rutter. Med dynamiska rutter ökar komplexiteten ytterligare vilket dock kan hanteras i befintliga system.

***\*Projektet ger även underlag för vidareutveckling av dynamisk data direkt till saltspridare vilket möjliggör automatisering av dynamisk GPS- styrd spridning i befintlig infrastruktur (fordonssystem). Detta kräver dock ett standardiseringsarbete för att få genomslag i branschen.***

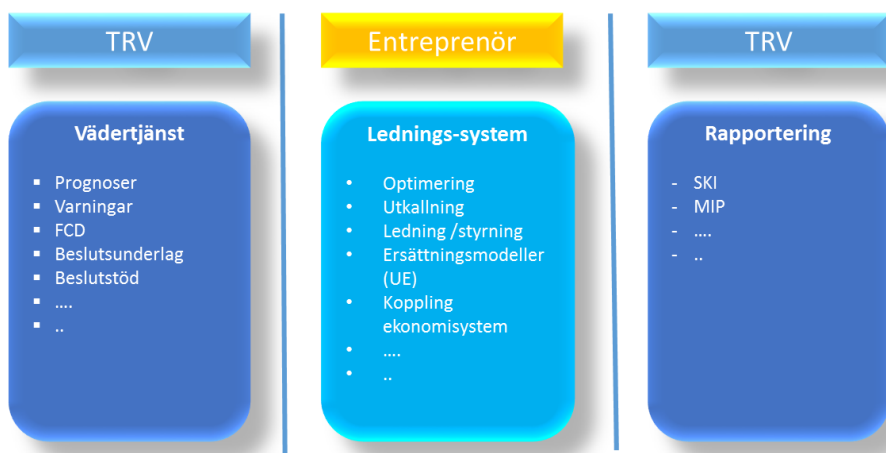


## 1.1 Syfte

Syftet med projektet är att med dynamisk vägbeskaffenhetsinformation skapa förutsättningar för dynamiska åtgärder för en mer produktiv vinterväghållning. Detta genom att integrera data från vädertjänst i redan befintliga GPS-, lednings-, och uppföljningssystem.

En integration mot befintliga system minskar även totalkostnaden för systemlösningen samt underlättar implementering, då användarna endast behöver lära sig de nya funktionerna i den vidareutvecklade programvaran de redan använder.

Projektet skapar även underlag för att möjliggöra avgränsade upphandlingar av delsystem. Med upphandling av delsystem så kan Entreprenören som idag fortsatt välja vilket system som skall användas och Trafikverket kan handla upp vädertjänst separat. Rapportering kan utökas mot befintliga system hos Trafikverket. Detta minskar kravet på Trafikverket att tillhandahålla komplexa system och fokus kan läggas på innovation, vidareutveckling och kvalitet på vädertjänsten.



Figur 6, Delsystem i systemlösning

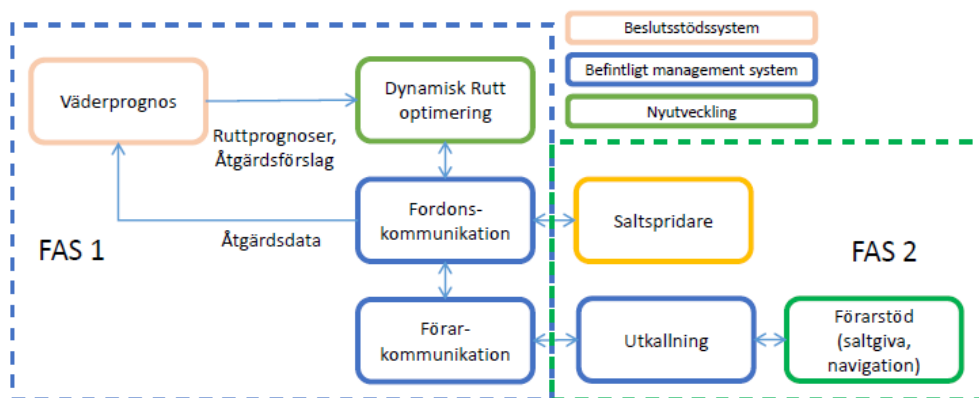
Avgränsningen ger förutsättning för en sund konkurrensutsatt marknad med flexibilitet för både Entreprenörer och Trafikverket. Med en fungerande marknad stimuleras innovationer och ger intresse för flera aktörer att vara aktiva på marknaden.

## 1.2 Mål

Målet är att effektivisera driftverksamheten genom att tydliggöra nyttan med ihopkopplade dataflöden och ta fram en kommersiell produkt innehållande integrerade systemlösningar.

## 2 Metodbeskrivning och Utförande

Projektet implementerade stegvis dynamisk optimering och utvecklade gränssnitt för användaren efter ekonomisk bärighet verifierats i Fas 1. Projektet var indelat i två faser.



Figur 7, Systemöversikt

### 2.1 Fas 1, Proof of concept, Göteborg vintern 2016-2017

Fas 1 skapade teknisk grundfunktionalitet samt verifierade att förväntat resultat dvs att en besparing i form av reducering av resurs och material >10% var möjligt att uppnå innan fas 2 initierades. Besparingen beräknades genom att optimerade rutter skapades utifrån historisk prognosdata och jämfördes med faktiskt utförda åtgärder enl 2.1.5.

Följande aktiviteter utfördes under Fas 1:

#### 2.1.1 Validering av dynamiska väglagsprognoser (VTI)

Statistisk analys av väglagsprognos vs VViS-utfall samt stickprovskontroll av sträckväglagsprognos mellan VViS-stationer gällande prognostillförlitlighet vid olika tidsfönster (exempelvis 6h, 4h och 2h innan utfall) jämför med observerat utfall. Detta används som input till hur optimeringsalgoritmer bör utformas baserat på osäkerheten på väglagsprognoserna.

#### 2.1.2 Import av dynamiska rutter (B&M)

Framtagning av erforderlig data som behövs samt gränssnitts-specifikation.

#### 2.1.3 Applicering av ruttoptimeringsalgoritmer (B&M)

Anpassa befintliga algoritmer att kunna hantera vägdataattribut och definition av hur variabler skall hanteras i algoritmer.

#### **2.1.4 Applicering av fordonsattribut och åtgärd (B&M, Svevia)**

Definiera relevanta fordonsattribut (lastkapacitet, spridnings bredd osv) och koppla attributen till optimeringsalgoritmer.

#### **2.1.5 Validering baserad på historisk data (B&M, Svevia, VTI)**

Testkörning av algoritm med historiska väglagsprognoser. Jämförelse med faktiskt utförda åtgärder (statistik). Beräkning av skillnaden gällande saltåtgång och resursbehov mellan dynamisk och statisk ruttoptimering. Utveckling av metod för analys av känsligheten för osäkerheten i prognosdata.

## **2.2 Fas 2, Anpassning och implementation, Blekinge. 2017-2018**

Fas 2 avsåg att skapa en fungerande demonstrator dvs kommersiell produkt.

Följande aktiviteter utfördes under Fas 2:

### **2.2.1 Definition och implementation av gränssnitt för resurs, åtgärd samt optimering**

Utveckling och implementation av användargränssnitt. Workshop med framtagning av specifikation gällande innehåll, funktion och layout för gränssnitt

### **2.2.2 Anpassning och interna tester av ruttvisningslösning**

Integration mot befintlig ruttvisningslösning. Testkörning av befintlig ruttvisningslösning med dynamiskt framtagna rutter. Specifikation och integration av API för automatisering av ruttdistribution alternativt ny navigeringslösning beroende på funktion och utvecklingsbehov.

### **2.2.3 Validering, fälttest och eventuell justering**

Verifiering och fälttest av komplett lösning. Factory Acceptance Test på B&M samt System Acceptance Test i ett av Svevias driftområden.

### **2.2.4 Definition förslag rapportering till SKI (GPD)**

Definition av hur rapportering av prognostiserat Start Kriterie kan ske mot Grund Paket Drift Analys via Start Kriterie Inrapportering. Framtagning av specifikation

### **2.2.5 Utvärdering av behov kopplat till DO komplexitet**

### **2.2.6 Validering av prognostiserat väglag via fältobservationer**

## 3 Resultat och diskussion

### 3.1 FAS 1, Proof of concept, Göteborg vintern 2016-2017

FAS 1 i projektet (nr 13269) har visat att med hjälp av sammankopplade dataflöden i uppkopplade system, IoT, kan man realisera beslutsstödsystemens potential genom hög grad av automatisering. Framst sker detta genom att de detaljerade väglagsprognoserna integreras med rutt-optimering, som sänder den skapade ruten till ett navigeringssystem i saltbilen. Som i sin tur ger föraren körinstruktioner. Detta leder till att åtgärder kan ske mycket detaljerat och en ökad produktivitet erhålls genom att endast de vägar som prognostiserats som hala vägar behöver åtgärdas. Det finns även förutsättningar för automatisk salt dosering och återrapportering av åtgärdsdata som i sin tur blir indata till kommande prognos. Förutsättningar för självlärande system förbättras även i takt med lansering av uppkopplade bilar som upptäcker halka och möjliggör uppföljning av åtgärdernas effekt. I FAS 1 påvisades att en besparingspotential på över 18% gällande körtid och saltmängd var möjlig att uppnå för preventiv saltning med dynamisk ruttoptimering.

Resultatet av FAS 1 presenterades i bilagd [VTI notat 32-2017](#). Kortfattat så konstaterades att:

- Konceptet fungerar
- Kalkylerad reduktion av maskintimmar 15-25% utslaget över året
- Kalkylerad reduktion på 18% under februari 2017

### 3.2 FAS 2, Implementation och anpassning, Blekinge. 2017-2018

FAS 2 var ett implementeringsprojekt, i det utvalda projektområdet Blekinge. Området användes som testplats under vintern 17/18 för att skapa förutsättningar för att ta fram en kommersiell produkt för automatisk ruttoptimering samtidigt som den anger vilken saltgiva som behövs på de olika vägsträckorna.

Beredskapsorganisationen följde under vintern väderprognoser och presenterade åtgärdsförslag (dynamiska rutter) noggrant för att kunna bilda sig en uppfattning om när prognoserna gav beslutsförslag som var bra eller bättre än beredskapshavarnas egna. Mot vinterns slut bedömde man att systemlösningen var redo för implementering dvs att väderprognoserna överlag ansågs tillförlitliga för vissa mer förutsägbara halktyper exempelvis frosthalka.

Utvärdering av produkten utfördes av beredskapshavare i Blekinge via en enkät vars svar sammanfattas nedan.

Prognostjänster i beslutstöd bedömdes som tillräckligt tillförlitliga för att kunna gå över och jobba i skarpt läge trots problem med att etablera fordonsflotta med friktionsdata som komplement vid väderprognosuppföljning. Tyvärr var vintern 17/18 speciell i det avseendet att det var mycket snö och få halktillfällen i slutet av vintern och enstaka tillfällen bedömdes aktuella sista veckan i mars samt första i april. Vid dessa tillfällen slumpade det sig dessvärre så att i systemet fullt utbildade beredskapshavare inte fanns på plats och projektet hann därmed trots avsikt inte att testas skarpt efter föregående rimlighetsbedömning av föreslagen åtgärd. Projektet anses dock avklarat med uppnådda projektmål trots att tester inte hann utföras i skarpt

läge. Kommande vinter kommer implementeringen fortsätta och fler resurser planeras att inkluderas.

Användargränssnitt bedömdes som bra överlag, dock finns en del att arbeta med gällande aggregering av timmesdata för att kunna få en tydligare helhetsbild av vad som exempelvis är åtgärdat utan att behöva gå in i i fleet-management system där informationen även finns tillgänglig och kan visualiseras på ett bra sätt. Dock kommer sannolikt väderdata att även kunna presenteras i fleet-management system inom kort dvs. där erforderlig visualisering redan finns framtagen.

Funktioner vid utringning av dynamiska rutter bedömdes som användarvänliga och hanterbara. Systemet ger även möjlighet för stegvis och kontrollerad implementation fordon för fordon.

Projektet resulterade även i ett spin-off samarbetsprojekt med Friggeråkers verkstäder i form av fortsatt utveckling av GPS-styrd spridningsbredd baserad på historisk data och automatisk saltgiva från beslutsstödsystem.

### 3.2.1 Definition och implementation av gränssnitt för resurs, åtgärd samt optimering

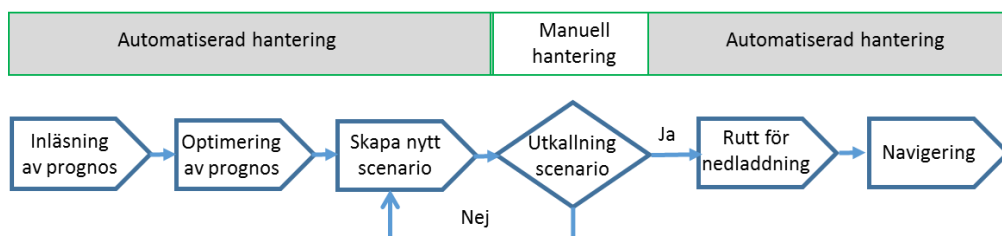
Projektet valde att göra en stegvis implementation av för driftområdet nya funktioner. I samband med implementationen utvärderades funktion och gränssnitt tillsammans med berörda användare. Vid behov infördes justeringar och viss vidareutveckling för att säkerställa användbarhet. Steg i implementationen:

1. Införa digitaliserad (app- baserad) utkallning
2. Utkallning på fasta rutter
3. Utkallning samt navigering på fasta rutter
4. Utkallning samt navigering på dynamiska rutter

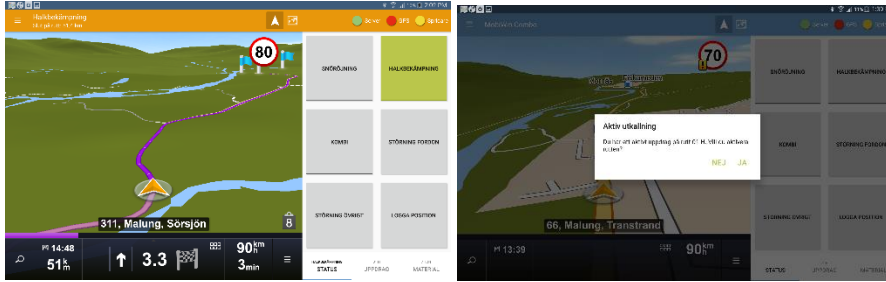
### 3.2.2 Anpassning och interna tester av ruttvisningslösning

För att få kontroll över hela dataflödet från prognosinläsning till navigering så utvecklades nya navigeringslösningar Navigo+ samt Combo+. Navigo+ för att kunna komplettera redan GPS-utrustade fordon med navigering, Combo+ för fordon som ej har GPS- utrustning.

Dataflödet är byggt för att kunna automatisera allt utom själva beslutsfattandet. Beslut om att göra en utkallning på föreslagna rutter skall utföras av jourhavande.



Figur 8, Schematisk bild över flödet



Figur 9, Bilder på nyutvecklad navigeringslösning (Combo+)

### 3.2.3 Validering, fälttest och eventuell justering

Då projektet valt att lägga upp implementeringen stegvis så har verifiering skett funktion för funktion.

Steg i implementationen:

1. Införa digitaliserad (app-baserad) utkallning
  - *Implementerat för hela fordonsslottan i Blekinge.*
2. Utkallning på fasta rutter
  - *Scenarion skapade och används som etablerat arbetsätt.*
3. Utkallning samt navigering på fasta rutter
  - *Navigering infört på ett begränsat antal halkresurser (testpiloter) med bra resultat.*
4. Utkallning samt navigering på dynamiska rutter
  - *Tekniken bedöms uppfylla krav kopplade till projektet men pga få lämpliga åtgärdstillfällen med förebyggande halkbekämpning i slutet av vintern hann aldrig tester utföras skarpt. Återkoppling från förare är att systemlösningen är lättanvänd. Justeringar av gränssnitt är utförd av både beredskapshavare och förare i navigeringslösning baserat på feedback från dessa användare.*

Generellt kan sägas att erfarna åkare anser att arbetet blir aningen tråkigare pga. den minskade flexibilitet gällande ruttens körordning som styrning med navigatorer medför. Samtidigt är de liksom beredskapshavare mycket positiva till att inläringstid av rutt upphör dvs förarstödet skapar flexibilitet och förenklar vid byte av chaufför (pga. sjukdom, semester etc) eller fordonshaveri.

I komplex tätortsmiljö med trafikplatser och på andra komplicerade rutter är det mycket värdefullt med navigeringshjälp för att kunna realisera rutt-optimeringar och reducera risk för förseningsvite.

### 3.2.4 Definition förslag rapportering till SKI (GPD)

Projektet bedömer att det i dagsläget sedan vidareutvecklingen av GPD-analys med inhämtning av väglagsprognoser inte behövs någon ytterligare rapportering till Trafikverket. Med prognoser i GPD samt med rapportering av åtgärder utförda via MIP (vidare till GPD) så bedöms att rapportering av både anledning till åtgärd (prognos) samt utförda åtgärder vara ändamålsenlig.

### 3.2.5 Utvärdering av behov kopplat till komplexiteten på ett driftområde

I texten nedan kommer två klimatscenarion, RCP:n (Representative Concentration Pathways) att nämnas. Dessa är RCP4.5 och RCP8.5, RCP-scenarierna beskriver resultatet av utsläppen, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären, fram till år 2100. RCP4.5 som bygger på begränsade utsläpp och RCP8.5 har höga utsläpp. De antagandena som ligger till grund för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5 är:

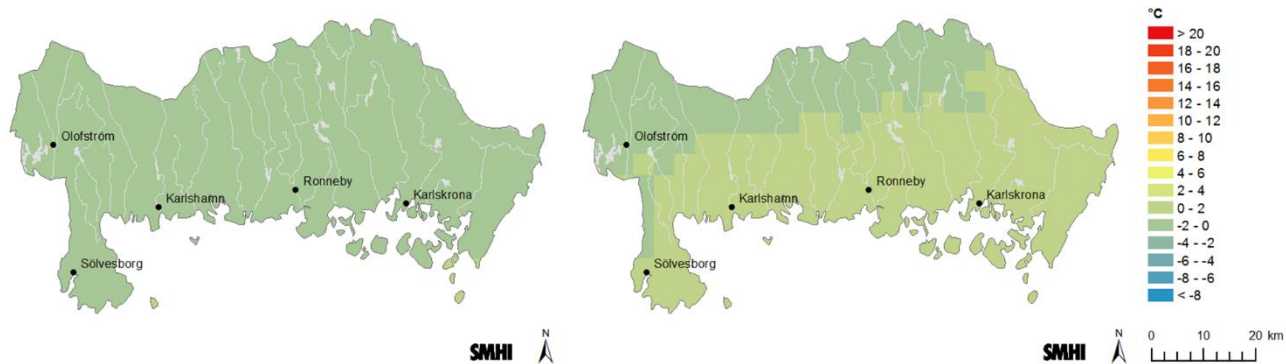
**Tabell 1. Antaganden som ligger till grund för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5 (efter Ohlsson et al. (2015))**

| RCP4.5   | RCP8.5  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring år 2040</li><li>• Befolkningsmängd något under 9 miljarder i slutet av seklet</li><li>• Lågt arealbehov för jordbruksproduktion, bland annat till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster</li><li>• Omfattande skogsplanteringsprogram</li><li>• Låg energiintensitet</li><li>• Kraftfull klimatpolitik</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100 och metanutsläppen ökar kraftigt</li><li>• Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion</li><li>• Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt</li><li>• Stort beroende av fossila bränslen</li><li>• Hög energiintensitet</li><li>• Ingen tillkommande klimatpolitik</li></ul> |

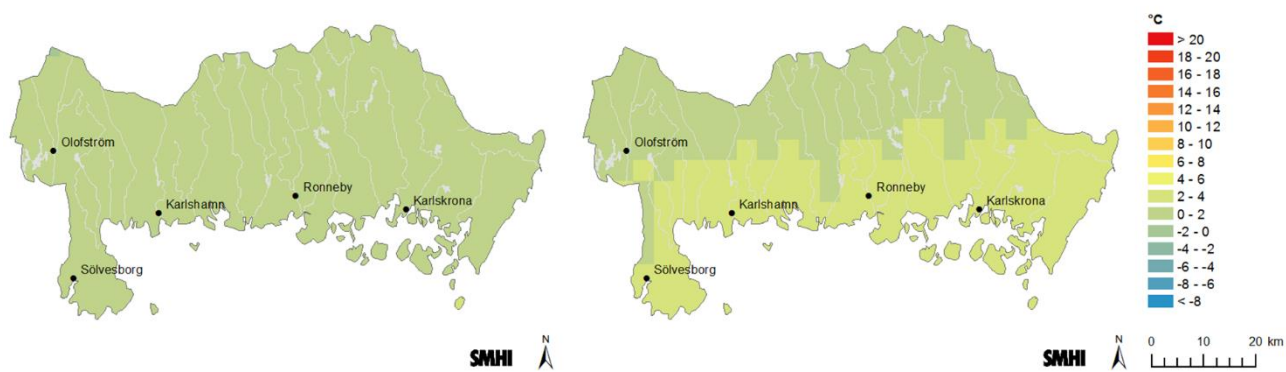
#### Klimat och klimatförändringar i Blekinge

Temperaturen för Blekinge län beräknas öka med ca 2°C enligt RCP4.5 och ca 4°C enligt RCP8.5 till slutet av seklet. Klimatologiskt definieras vinter som perioden december-februari. Kartorna nedan visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperaturen. 1961–1990 är den period som används som normaltemperatur, i Blekinge var vintermedeltemperaturen -0,9°C. Under de senaste 23 åren har vintrarna har blivit något mildare i söder, men mellanårsvariationen är stor (Figur 10). De två olika scenarierna RCP4.5 och RCP8.5 visar båda att det blir mildare vintrar framöver. Enligt RCP4.5 blir det 3 grader varmare till slutet av seklet (Figur 11 höger), medan RCP8.5 (Figur 12 höger) visar 5 graders skillnad jämfört med referensperioden (Ohlsson et al., 2015).

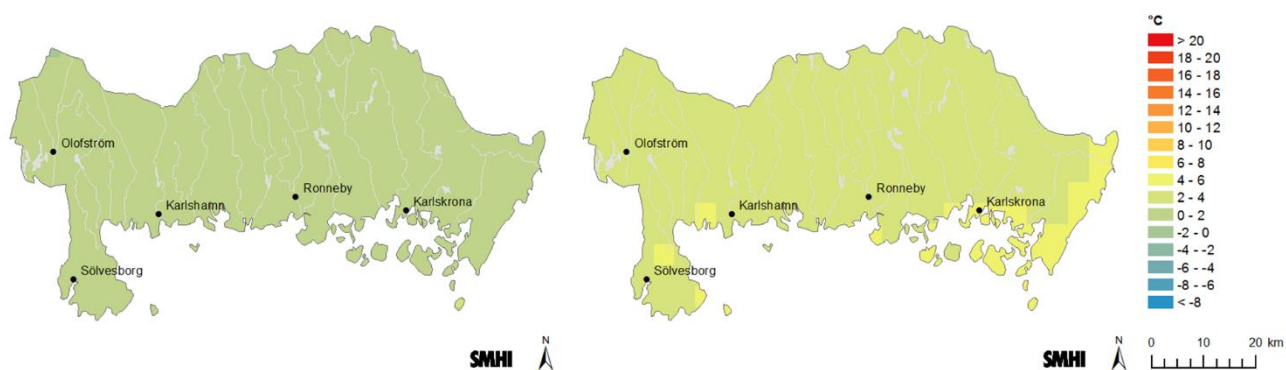




Figur 10, Observervad temperatur dec-feb 1961–1990 (vänster) och 1991–2013 (höger)



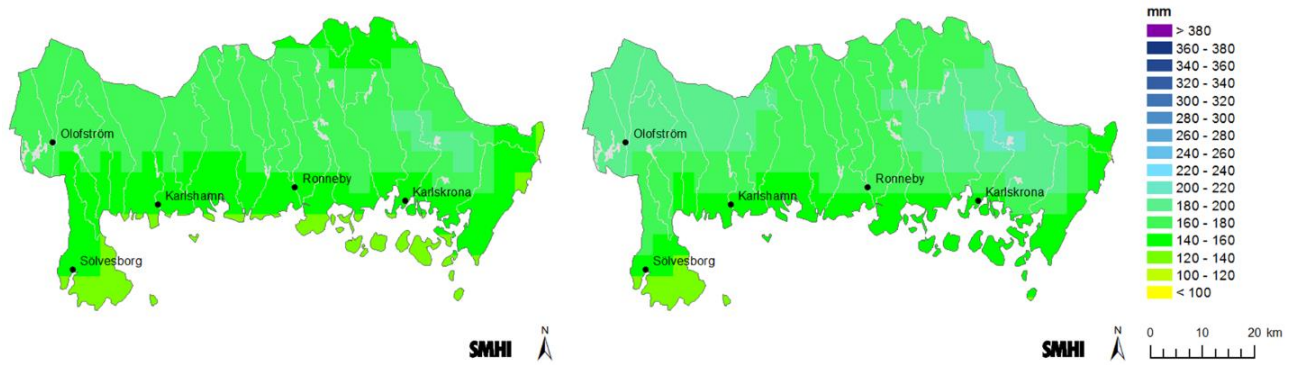
Figur 11, Scenario RCP4.5 temperatur dec-feb 2021–2050 (vänster) och 2069–2098 (höger)



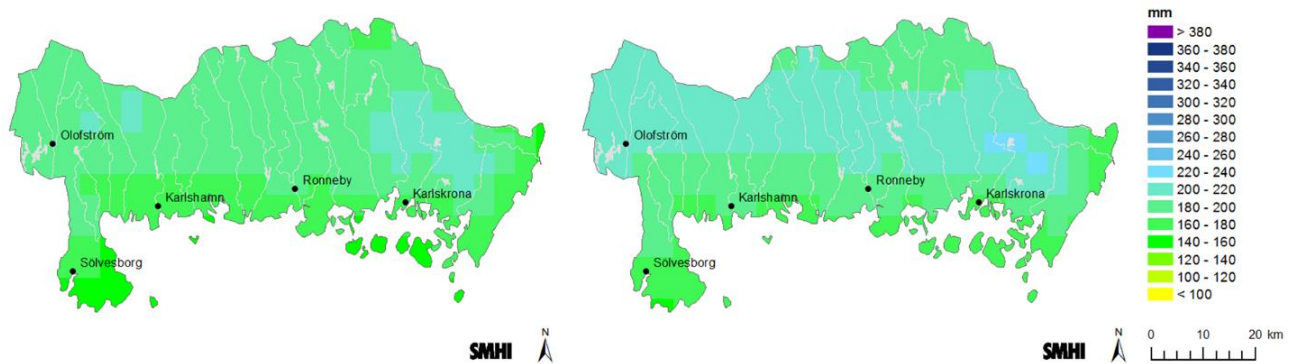
Figur 12, Scenario RCP8.5 temperatur dec-feb 2021–2050 (vänster) och 2069–2098 (höger)

Nederbörden i länet kommer att öka med 15–20 procent årligen. Den största ökningen kommer att vara vintertid, där det kan bli upp till 50 procent i de västra delarna enligt RCP8.5 (Ohlsson

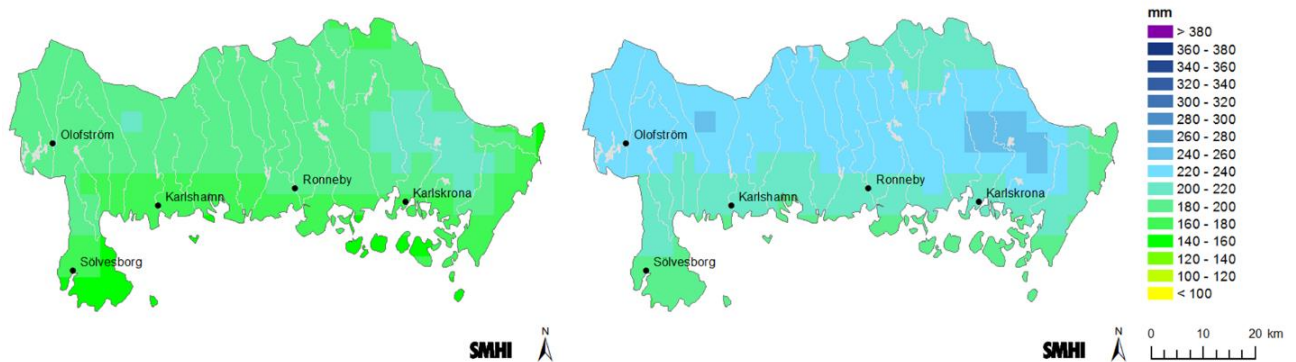
et al., 2015). Nederbörden på vintern är oftast regn i Blekinge även på vintern och när temperaturerna ökar kommer snö att bli alltmer ovanlig i Blekinge. I de tre figurerna nedan visas de observerade nederbörds mängderna (Figur 13), men även de två framtida scenarierna (Figur 14 och Figur 15).



Figur 13, Observervad nederbörd dec-feb 1961–1990 (vänster) och 1991–2013 (höger)



Figur 14, Scenario RCP4.5 nederbörd dec-feb 2021–2050 (vänster) och 2069–2098 (höger)

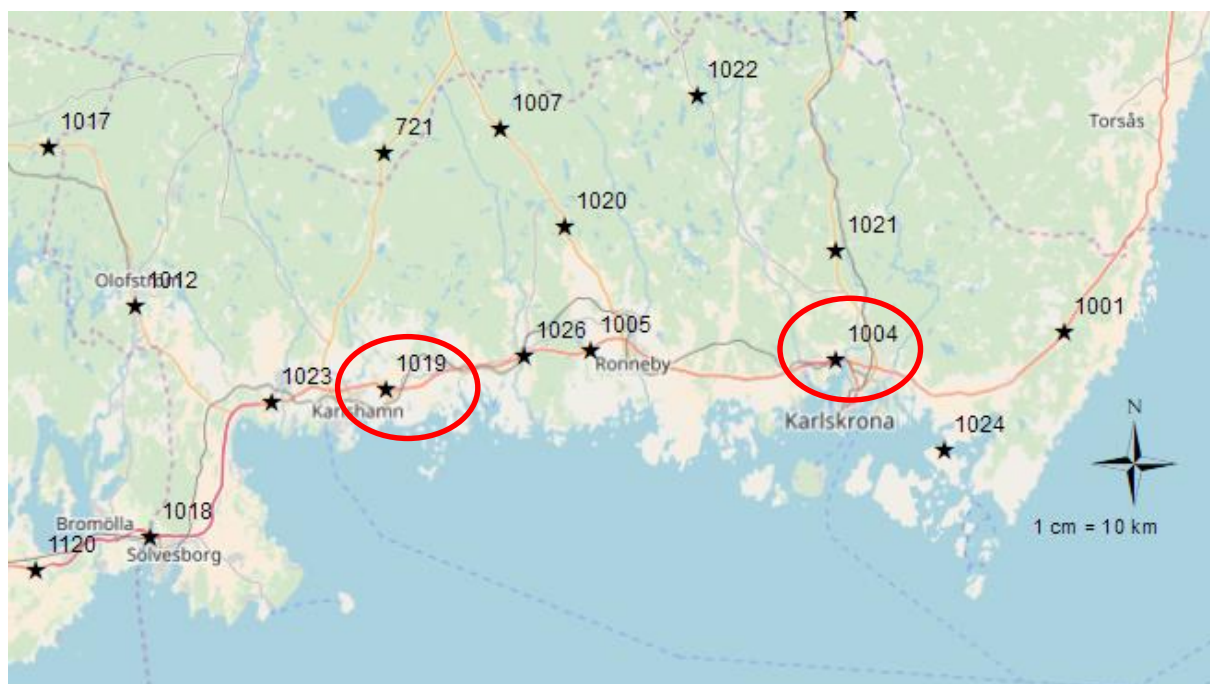


Figur 15, Scenario RCP8.5 nederbörd dec-feb 2021–2050 (vänster) och 2069–2098 (höger)

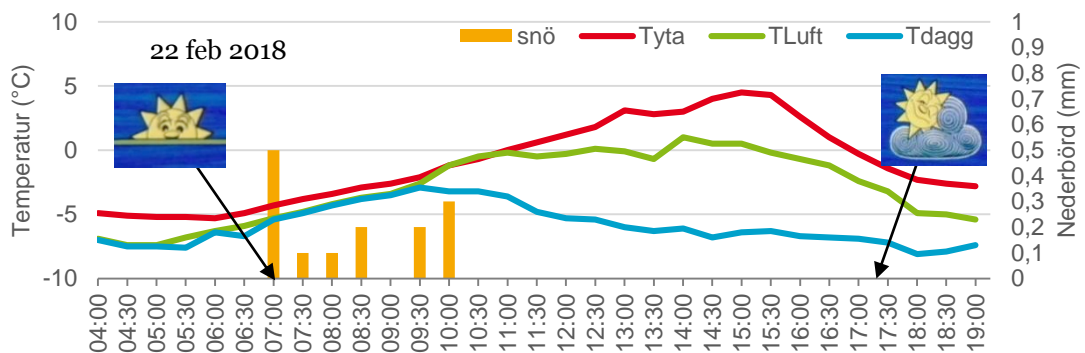
Om temperaturen ökar med ca 1,8°C från dagens -0,9°C enligt det lägre scenariot RCP4.5 fram till 2021–2050 samtidigt som nederbörden ökar med ca 15 mm för månaderna december till februari kommer det att vara ett betydligt mindre behov av vinterväghållning, men det kommer fortfarande finnas ett behov för att genomföra åtgärder vid de tillfällena det krävs. Det kan även vara så att det krävs större beredskap för de tillfällena när vägtemperaturen är under noll grader eller att nederbörden i form av snö, eftersom bilisterna inte kommer att ha samma vana vid vinterväglag.

### 3.2.6 Validering av prognostiserat väglag via fältobservationer

Denna valideringen görs för att säkerställa kvaliteten på indata. Valideringen har genomförts utifrån prognoser från RSI och jämförts med bilder från kameror på VViS-stationerna. VViS-stationerna som har använts är i Blekinge 1004 Rosenholm och 1019 Karlshamn (Figur 16).

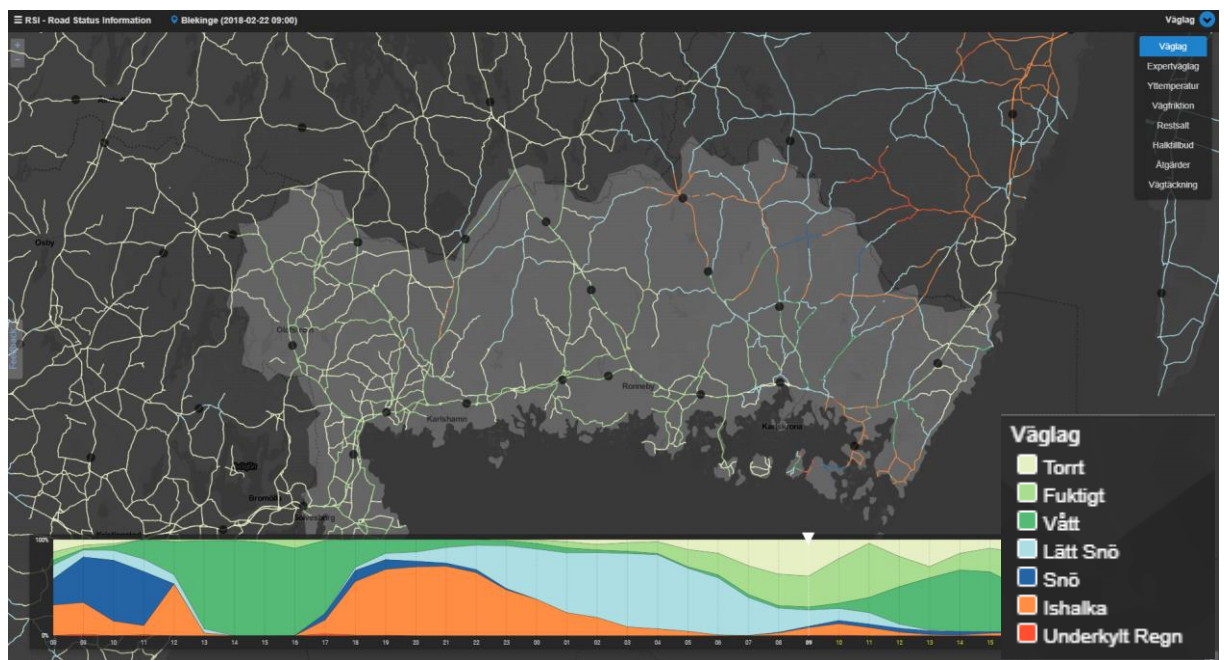


Figur 16, VViS-stationer i Blekinge län.



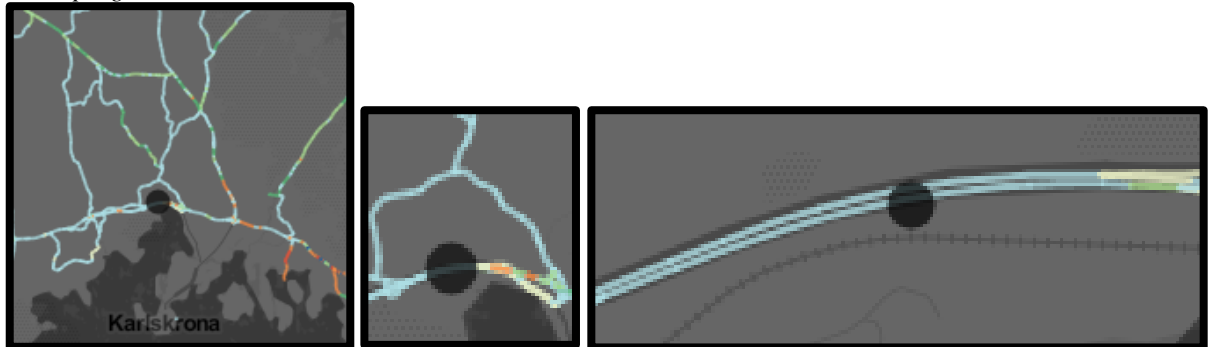
Figur 17, Temperatur och nederbörd på VViS 1004 Rosenholm 22 februari 2018

Prognosen från RSI den 22 februari 2018 var klockan 09:00 (Figur 18) att vägen vid station 1004 skulle vara torr. I Figur 17 är stationen inzoomad för att se hur segmenten runt stationen var prognostiserade i prognosen klockan 06:00, 09:00 och bilden längst ner är från prognosen klockan 15, för att se hur utfallet blev. Den tidiga prognosen (tre timmar innan) säger att det var lätt snö väster om stationen, men torrt direkt öster om den och strax öster om det säger prognosen ishalka (Figur 19 överst). Klockan nio var prognosen att det var torrt på båda sidorna om stationen, medan utfallet från klockan 15 visar att det hade varit lätt snö vid den aktuella tidpunkten. Zoomas stationen in ytterligare kan man se att den norra (västergående riktning) av de två har lätt snö och den södra vägen har torrt väglag. Restsalt fanns på vägen klockan 06, men var borta en timme senare. Vägens yttemperatur var klockan 09:00 - 2,6°C, den ökade senare på dagen och vid lunchtid hade vägytan plusgrader, men lufttemperaturen höll sig runt noll större delen av dagen (Figur 17).

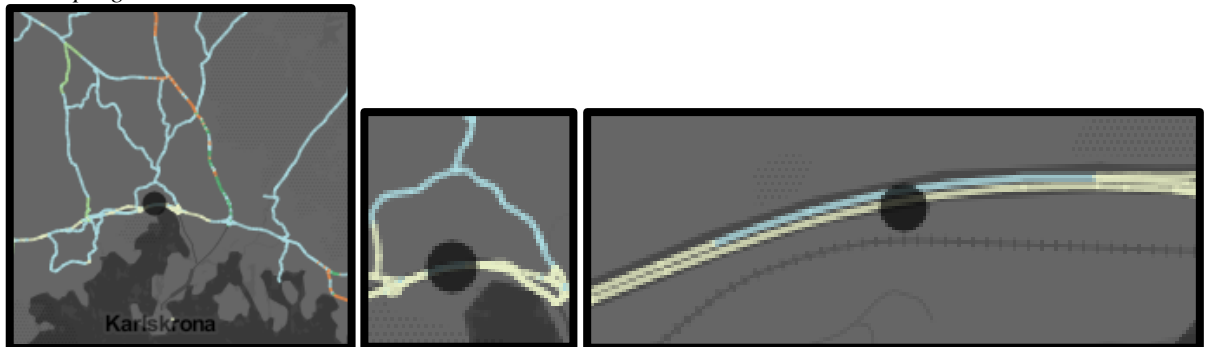


Figur 18, RSI prognos 22 feb 2018 09:00 för klockan 09:00

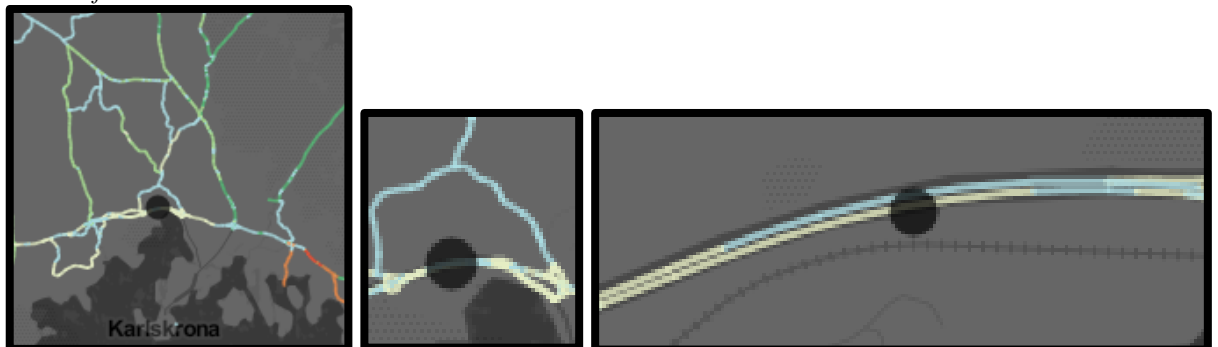
06:00 prognos 09:00



09:00 prognos 09:00



15:00 utfall 09:00



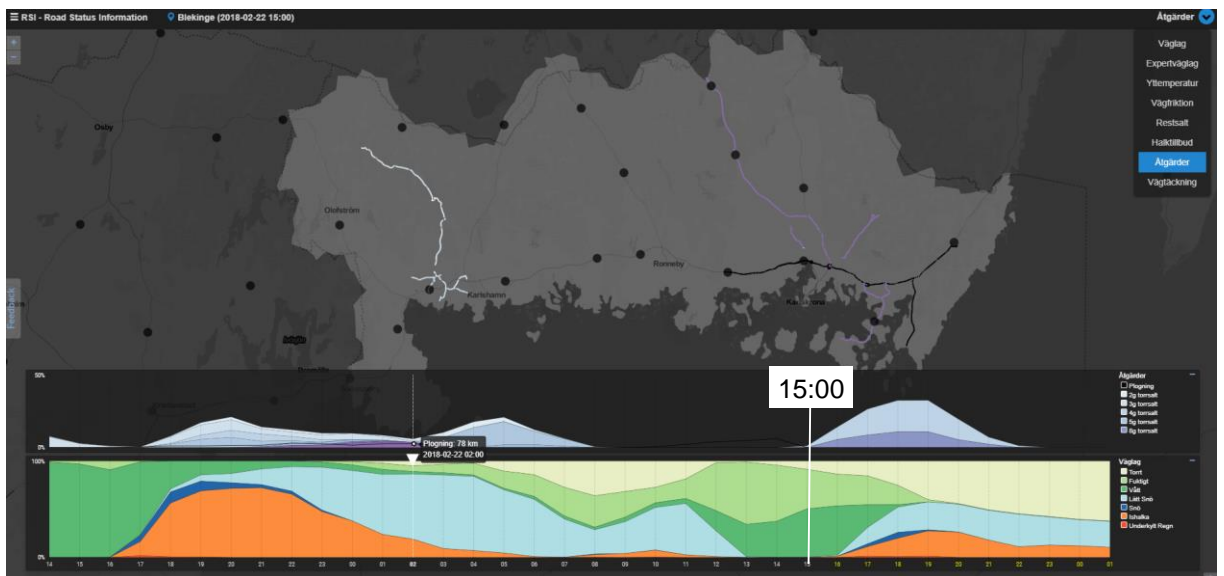
Figur 19, RSI prognos 22 februari 06:00, 09:00, 15:00 för klockan 09:00 VViS 1004 med olika inzoomningsnivåer.

Enligt bilderna på denna plats såg det ut så här klockan 09:00 (Figur 20). Den aktuella sträckan på E22 (27) väster om Karlskrona har två körfält i vardera riktningen. På den södra halvans högra körfält, i riktning mot Karlskrona, är vägen fuktig/våt. Det vänstra körfältet är i stort sett täckt i snö, hjulspåren är synliga, men inte helt bara. På andra sidan i den västgående riktningen är vägen helt våt alternativt fuktig.



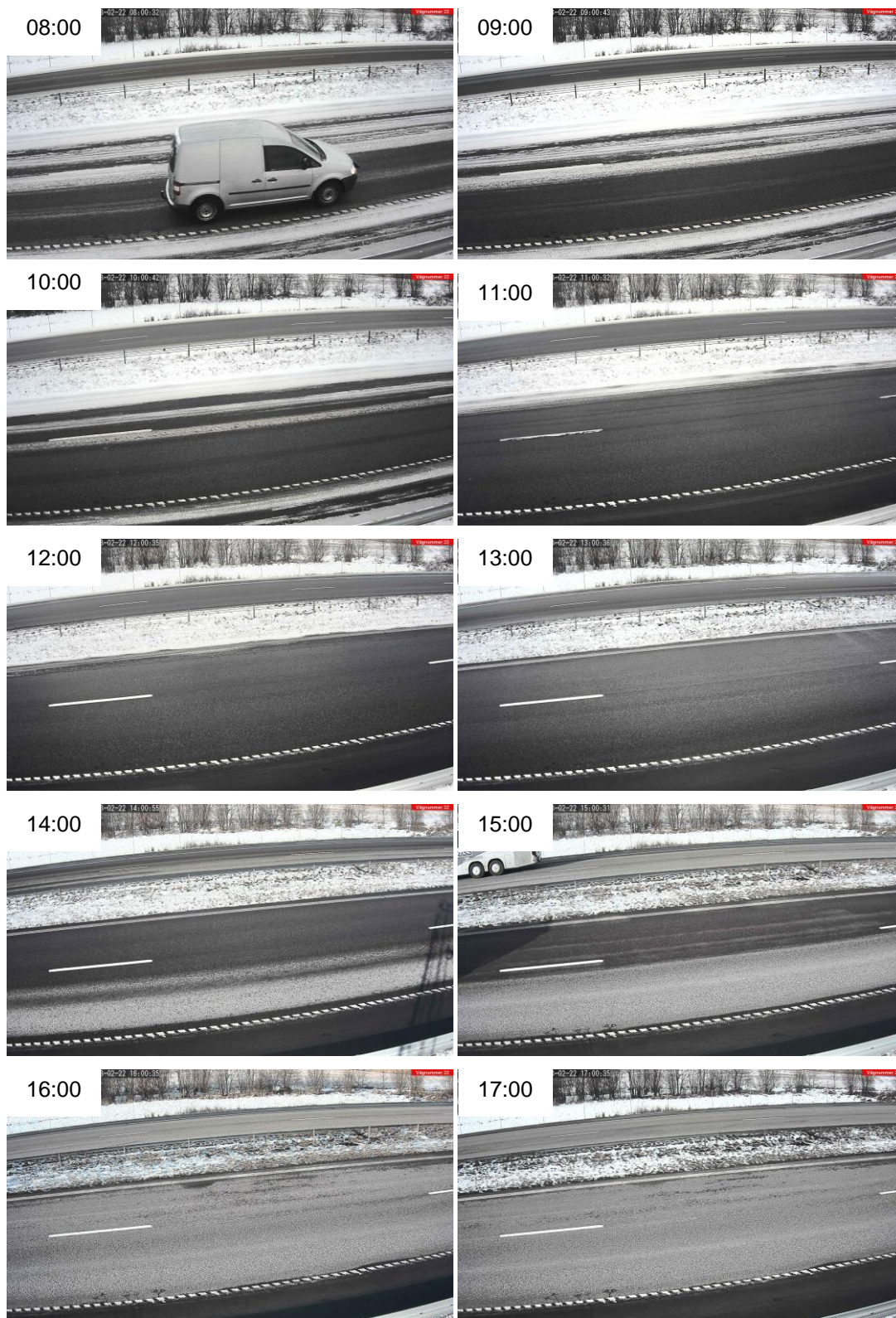
Figur 20, VViS 1004 22 februari 2018 09:00

Den senaste åtgärden som verkar vara utförd på sträckan är rapporterad som plogning klockan 02:00 och i RSI syns inga senare saltningar (Figur 21), men det behöver inte vara samma sak som att det inte är saltat. På grund av minusgrader och eventuell avsaknad av salt kan bilden tolkas fel och inte vara fuktig/våt utan vara täckt med is.



Figur 21, RSI Åtgärder 22 februari klockan 15:00, bilden visar aktuellt läge klockan 02:00

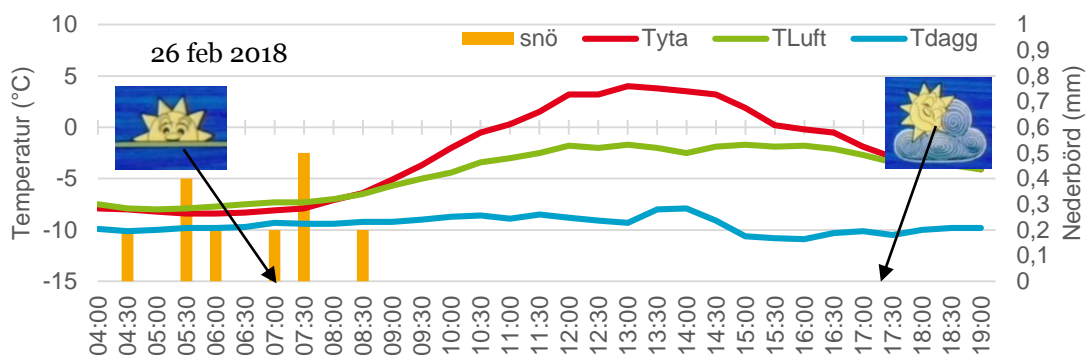
I Figur 22 kan väglaget följas från klockan 8 på morgonen och fram till klockan fem på eftermiddagen. All snö försvinner mellan 11 och 12 och fram till 13 börjar det torka upp. Klockan 14 är hjulspåren torra i det högra körfältet. På bilden från klockan 15 har det högra körfältet torkat, det har även båda filerna i den västgående riktningen. Det är först klockan 17:00 som det är helt torrt i alla filerna.



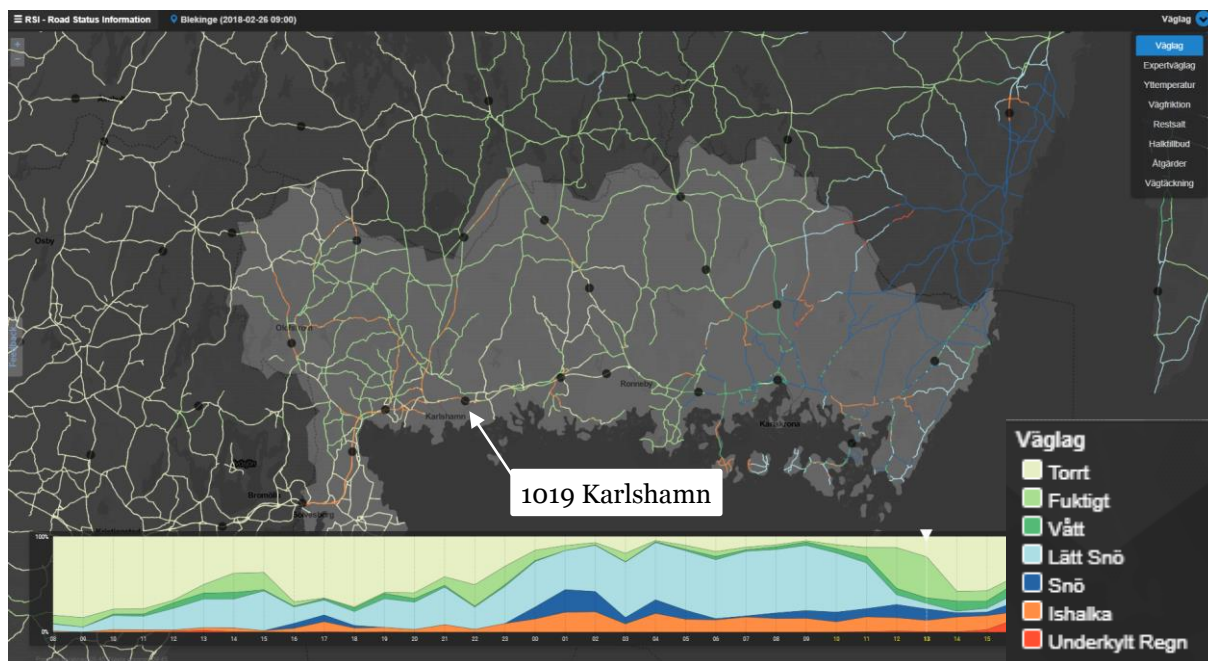
Figur 22, Kamerabilder från VViS-station 1004 Rosenholm 22 februari 2018.



Den 26 februari 2018 började kallt med ett lätt snöfall. Framåt förmiddagen steg temperaturen och nådde som högst  $-1,7^{\circ}\text{C}$ . detta ledde till att vägytans temperatur vid 11 nådde upp till noll grader och fortsatte stiga på grund av solens uppvärmning av asfalten. Ytemperaturen nådde som högst fyra grader. Luftfuktigheten var låg hela dagen och därmed var det ingen risk att det blev halt när temperaturen sjönk under noll grader vid 16-tiden (Figur 23).



Figur 23, Temperatur och nederbörd på VViS 1019 Karlshamn 26 februari 2018



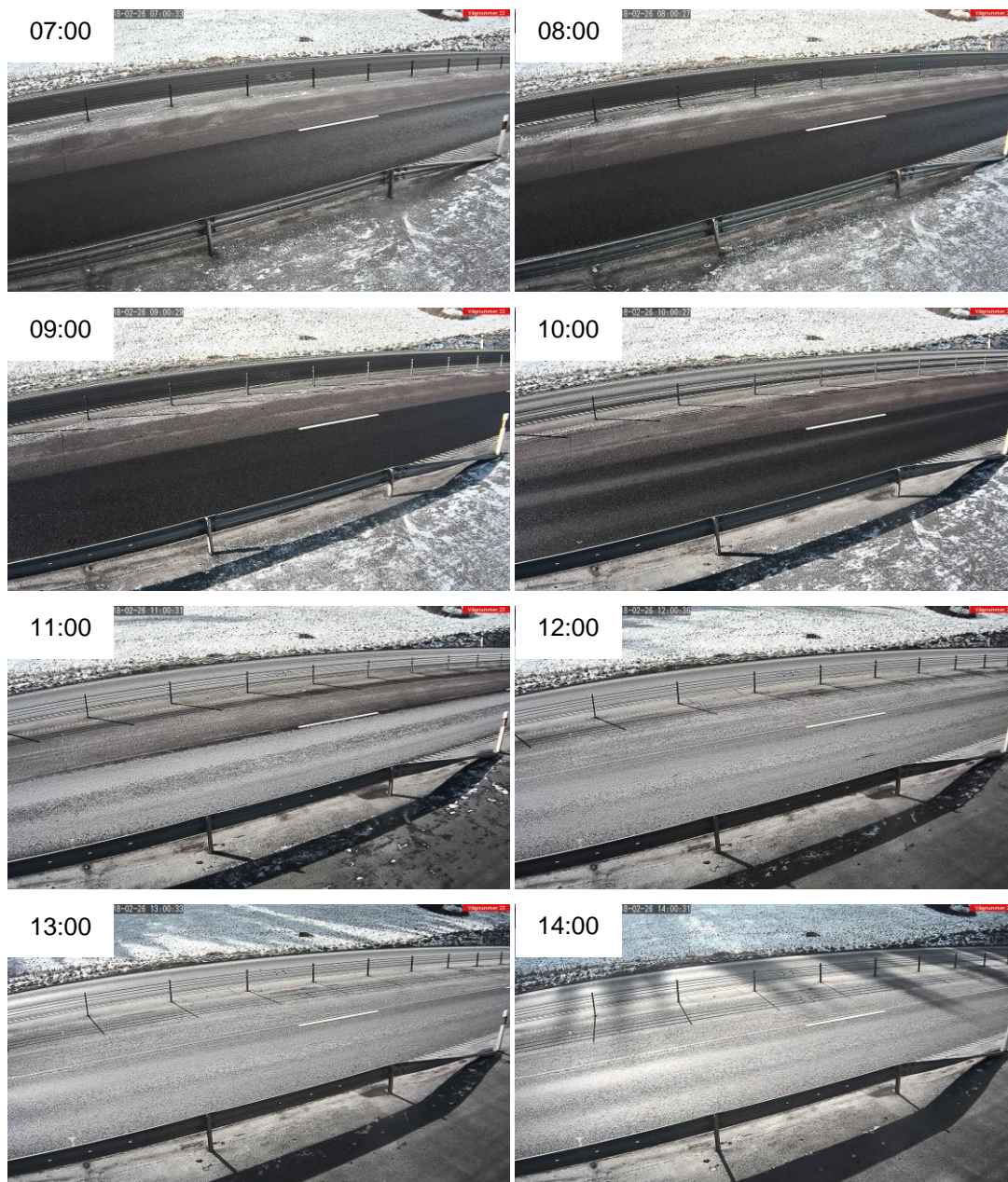
Figur 24, RSI prognos 26 februari 2018 09:00 för klockan 13:00 Blekinge

Och med med inzoomning på stationen kan man se att prognosen för klockan 13 ändrar från halka (orange) och torrt (ljusgrön) klockan 9 till fuktigt (mellangrön) och torrt till att klockan 13 vara mestadels torrt. Klockan 15 säger utfallet att det var fuktigt på hela sträckan.



Figur 25, RSI prognos 26 februari 2018 09:00, 11:00, 13:00 för klockan 13:00, samt utfall för klockan 13:00 vid VViS 1019 Karlshamn

Jämförs detta med VViS-stationens kamera kan man se att vägen är blöt på morgonen med lite snö i kanterna. Den sista noteringen av snö var 8:30 och efter några timmar torkar vägen upp. Vid 10 har hjulspåren i höger körfält torkat vid lunchtid är hela vägbanan torr. Vägen förblir torr resten av dagen. Enligt RSI ligger det kvar salt fram till fyra. Klockan 9 säger prognosen att det rekommenderas åtgärder klockan 9, 10 och 11 på denna sträckan, men en tillbakablick på utfallet vid 13 har inga åtgärder utförts.



Figur 26, Kamerabilder från VViS-station 1019 Karlshamn 26 februari 2018.

Prognosen från RSI stämde när den sa att det var torr väg klockan 13, däremot visar utfallet fel när det markerar vägen som fuktig.

## 4 Slutsatser

Baserat på resultatet kan följande slutsatser dras:

Projektet har visat att med hjälp av prognosstyrd dynamisk ruttoptimering kan man realisera beslutsstödsystemens fulla potential genom automatisering och på så sätt ytterligare utveckla vinterväghållningsverksamheten.

Projektet har uppnått syfte och mål att effektivisera driftverksamheten genom att realisera nyttan med ihopkopplade dataflöden och tagit fram en kommersiell produkt för Prognosstyrd dynamisk ruttoptimering.

Potentialen i prognosstyrd vägdrift är stor för såväl kunder som för den enskilda driftentreprenören både i det operativa arbetet, för ekonomi, miljö men också arbetsmiljö och långsiktigt minska samhällskostnaderna för drift och underhåll av vägar.

Systemstödet ger möjligheter att med bibehållen eller ökad kvalitet dvs åtgärder bättre anpassade till verkliga förhållanden kunna realisera 3R. Det är viktigt att understryka att tekniken möjliggör att säkerhetsfaktor är mer konstant men aldrig lägre trots besparingar i salt och åkartin. Alltså ingen motsägelse mellan miljö/ekonomi och säkerhet.

**Ekonomi:** Minskade maskintimmar, saltförbrukning och inlärningstid för rutter och saltningsmanövrering.

**Miljö:** Minskat avgasutsläpp och saltanvändande.

**Framkomlighet:** Bättre kvalitet gynnar framkomlighet och därmed också trafikantens upplevelse.

**Kvalitet:** Detaljerade vägväderprognos skapar förutsättningar för kvalitetssäkrade produktionsinsatser.

**Trafiksäkerhet:** Maskinförarnas fokus kan läggas på omgivande trafikanter istället för manövrering av saltspridare.

**Arbetsmiljö:** Högre automatiseringsgrad och förarstöd leder till minskad stress för maskinförare. Beredskapshavare får kvalificerat beslutsstöd för ökad trygghet i avgörande beslut.

**Samhällskostnader:** Besparingar av samhällskostnader pga. minskade trafikstörningar

Att vara först ut att automatisera innebär i det korta perspektivet att man får vara beredd att kunna hantera kritik om saker går fel. Tidig implementering av automatisering kan innebära risker för dålig press. Organisationen behöver vara uppmärksam och beredd på att kunna hantera och kommunicera fel som uppstår på ett bra sätt. Olyckor förorsakade av tekniska fel eller rigida algoritmer på exempelvis robotar eller autonoma fordon är ett känsligt område som engagerar.

Förutom automatiseringens uppenbara fördelar så kommer, sett ur ett längre perspektiv, sakteliga kompetens att sjunka då systemstöd avlastar i ”för” hög grad (jämför: hittar du vägen tillbaka efter du nyttjat navigator?). Risk för större problem vid systemfel.

## 5 Rekommendation

Användning av den nya tekniken rekommenderas och kommer att bidra till en ökad effektivitet och produktivitet inom anläggnings- samt drift och underhållsverksamheten.

Det finns även en Fas 3 (SBUF projekt 13552) ansökan godkänd för utveckling av restsaltalgoritmer. Restsaltberäkningen har en avgörande betydelse då aktuell saltmängd på vägen i hög grad påverkar beslut av åtgärd. Finns det något salt kvar på vägen? Kommer vägen hinna att torka upp innan den riskerar återfrysa? Är saltkoncentrationen tillräckligt hög för att klara timmarna med morgonrusning? Kommer den prognostiserat höga relativa luftfuktigheten göra så att den torra vägen återfuktas pga. kvarvarande salt? Det finns många komplexa frågeställningar som behöver besvaras.

Framtagna restsaltmodeller behöver alltså integreras i vägväderprognoser för att till fullo kunna utnyttja beslutsstödsystem för vinterväghållnings förmåga.

## 6 Referenser

Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Nylén, L., Persson, H. och Sjökvist, E. 2015. Framtidsklimat i Blekinge län-enligt RCP-scenarier, SMHI.