

FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

2012

Slutrapport BiFi del 2



TRAFIKVERKET

SEMCON

KLIMATOR



VÄRMLANDSÅKARNA

VINNOVA

BiFi

Publik projektrapport

Bärighetsinformation genom
Fordonsintelligens

Slutrapport BiFi del 2

2012-10-08

Innehåll

Förord.....	2
Förord – Trafikverket	4
Sammanfattning.....	5
Summary	6
Bakgrund	8
Syfte	9
Målsättning med BiFi	10
Förväntade resultat – övergripande BiFi	10
Förväntade resultat BiFi del 2	10
Mål för delområde 1-4	11
Mål för delområde 5-8.....	12
Genomförande.....	13
Övergripande projektbeskrivning	13
Projektorganisationen	14
Beskrivning av BiFi projektet.....	16
Hårdvara.....	17
Mätteknik.....	17
Algoritmen	17
Hårdvarulösning.....	21
Vädermodell.....	23
Tolkmodell	24
Karttjänst.....	32
Databas	34
Fältförsök	35
Mätperioden	36
Antal signaler	38
Andel högrisksignaler.....	40
Signaler och Nederbörd	43
Referensmätningar	45

DCP	46
CBR Jämförvärden.....	46
Fältobservationer.....	47
DCP	48
Diskussion	54
Resultat & Sammanfattning.....	56
Bidrag till FFI-mål	57
Produkt / affärsmodell.....	60
Användning av projektresultat	60
Kommunikation.....	61
Media	61
Konferenser.....	61
Publikationer.....	61
Referensgruppen	61
Bilaga A - Deltagande parter.....	62
Bilaga B - Karttjänst.....	63
Bilaga C - Referensmätning.....	69
Bilaga D - Metodbeskrivning DCP	70

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på www.vinnova.se/ffi

Publik projektrapport

Några avsnitt i denna rapport är av sekretesskäl borttagna. Kontakt projektledaren via hemsidan ifall intresse finns av mer information om projektet, www.bifi.nu

Förord

BiFi är en förkortning av namnet Bärighetsinformation genom Fordonsintelligens och är ett initiativ av Semcon och Klimator till att utveckla ett nytt verktyg för att bedöma vägars bärighet i realtid. Det kan låta som science fiction men genom att använda vanliga bilar och de sensorer som monteras i fabrik är hypotesen att man kan klassificera bärigheten på vägarna. Tidiga försök har visat att det går att bedöma asfaltens kvalitet och det även finns indikationer på att vi kan bedöma bärigheten för grusvägen.

Statliga Vinnova tog beslutet tidigt 2010 om att anta detta projekt inom ramen för Fordonsstrategisk Forskning och Innovation (FFI). Projektet drivs av Semcon tillsammans med Klimator (Ett kunskapsföretag vid Göteborgs universitet), Trafikverket och Värmlandsåkarna (En lokalavdelning av Sveriges åkeriföretag).

Projektet blev beviljat en fortsättning i april 2011 vilket benämns BiFi del 2

Projektet är nu genomfört och resultatet av BiFi totalt men framförallt fokus på del 2 presenteras i denna rapport.



Figur 1 Tjälskadad väg

Förord – Trafikverket

Trafikverket identifierade i ett tidigt skede en stor potential i att förbättra transporteffektiviteten på grusvägnätet genom att objektivt och kostnadseffektivt kunna leverera bärighetsinformation i realtid på detta vägnät. Ur Trafikverkets synvinkel skulle BiFi framförallt kunna bidra till ökad kundnytta som en följd av ökad tillgänglighet under tjällossningsperioder och möjlighet att hitta svaga partier som behöver förstärkas.

Trafikverket anser att resultaten från del 1 och 2 i BiFi är lovande. Projektet har visat att det är möjligt att identifiera ytuppmjukade sträckor på grusvägar via analyser av de signaler som samlas in från fordonet. Trafikverkets bedömning är att i kombination med en utvecklad klimatmodell har den metodik som föreslås potential att ge kvalitativ information av bärighetsstatusen på vägnätet. Trafikverket undersöker därför möjligheterna till ett större demoförsök, där vi vill ha svar på om en tydligare identifiering av samband mellan signaler och generella bärighetsbrister d v s en klassning med OK – tveksamt – inte OK för respektive väg är möjlig. I samband med ett utökat demoförsök så bör även REV (Riksförbundet Enskilda vägar) och något skogsbolag med eget vägnät involveras. Båda dessa grupper har ett större grusvägnät än Trafikverket.

Vi ser även positivt på en samordning med MOBIROMA¹-projektet som använder samma insamlingsmetod men som behandlar belagda vägar.

¹ www.mobiroma.eu The key objectives for the project are to develop, test and evaluate improved, affordable and moderate-cost road condition and performance assessment techniques, which offer new effective tools for monitoring and assessing maintenance needs across Europe.

Sammanfattning

BiFi är ett framgångsrikt projekt som har resulterat i en produkt för information om bärighetsförhållanden på grusvägar. Resultatet från BiFi-projektet visar att tekniken för detektion och kartläggning av ytuppmjukning av grusvägar fungerar. BiFi-systemet kan användas som ett operativt verktyg för att bestämma vägars bärighet och därmed fungera som ett beslutsunderlag för vägavstängningar och underhållsbehov. Projektet har genomförts i två delar under 2010 – 2012.

Under den första delen av BiFi-projektet har en algoritm och utrustning för att mäta ytuppmjukning tagits fram. För att kunna prognostisera statusen på vägarna är den klimatmodell som tagits fram helt avgörande. Fälttester och kontrollmätningar understryker att det finns en samstämmighet mellan bärighetsläget och de värden som BiFi-levererar.

Den andra delen i BiFi – har varit inriktat på operativa fälttester i olika områden och miljöer. Testerna har gjorts med avseende på funktionalitet i systemets olika komponenter det vill säga, bildata, klimatmodell, tolkmodell och användargränssnitt, i olika rumsliga och tidsmässiga skalor.

Testverksamheten i fält har genomförts i Sunne/Arvika och Kramfors där postens bilflotta har använts som fordonsbaserad mätplattform. Data från fordon och klimatmodell har presenterats i ett webbaserat användargränssnitt. Helheten av de olika delarna i systemet är ett verktyg som kan implementeras i operativ verksamhet.

Resultatet efter BiFi visar följande:

- Framgångsrikt samarbete mellan olika typer av aktörer där akademi, företag och myndighet har kunnat matcha behov och aktuella frågeställningar med tester och analyser.
- BiFi – projektet har resulterat i att det finns en produkt som levererar nuläge och prognos om problem med bärighet i tre riskklasser: låg, medel, hög.
- BiFi fyller ett användarbehov – ger beslutsunderlag för vägavstängningar och bärighetsrestriktioner.
- BiFi visar information som är skalbar efter användarens behov – från övergripande nationell nivå till detaljer om specifika vägvagnsnitt.
- Informationen som levereras från BiFi-systemet överensstämmer bra med fälttester och observerad data.

Summary

BiFi is a successful project that has resulted in a product for information on judging the load-bearing capacity of the road network in a detailed and dynamic way on gravel roads. The results from the BiFi project has proven that the technique for the detection and mapping of the load –bearing strength of roads by a vehicle-based method is possible. By combining the vehicle data with weather observations and forecasted weather data it is possible to model and forecast the road status according to bearing strength. The results are based on field tests in a rough and real environment for determining the load-bearing strength of the roads. The results show that BiFi can be used as an operational tool for determining the roads carrying capacity and thus serve as a basis for decisions on road closures and maintenance needs.

The project was conducted in two parts in 2010 - 2012. During the first part of the BiFi project has an algorithm and equipment for measuring bearing strength and capacity has been developed. In order to forecast the state of the roads is the climate model developed is crucial. Extensive field trials have been carried out together with reference measurements. Using the well proven method based on DCP- Dynamic Cone Penetrometer a comprehensive set of reference data was established. This method was also complemented by measurements using a FWD - falling weight deflectometer.

The second part of BiFi - has focused on operational field tests in different areas and environments. The tests have been made with respect to the functionality of the different components in the BiFi system ie, vehicle data, climate model, interpretation model and user interface, in different spatial and temporal scales. Testing activities in the field have been conducted in Sunne, Arvika and Kramfors where Postal car fleet has been used as an onboard measurement platform. Data from vehicles and the climate model has been presented in a web-based user interface. The totality of the different parts of the system is a tool that can be implemented in operational activities

Field tests and test measurements underlines that there is a consistency between the load-bearing capacity and the values BiFi delivers



Utfärdare, telefon
Anders S Johansson, 031-761 13 91

Dokumentnamn
Slutrapport BiFi del 2 – publik rapport

Datum
2012-10-08

Sida
7

Utgåva
1

Conclusions from the BiFi shows:

- Successful collaboration between different types of partners where academia, business and government has been able to match the needs and current issues with testing and analysis.
- BiFi - has resulted in a product that delivers current situation and forecast of problems with load-bearing capacity into three risk categories: low, medium, high.
- BiFi fills a user needs - provides decision support for road closures and bearing capacity restrictions.
- BiFi displays information that is scalable according to user needs - from comprehensive national level the details of specific road sections.
- The data delivered from BiFi match well with field tests and observed data

Bakgrund

Miljöbelastningen och samhällskostnaderna är i dagsläget onödigt höga för transporter beroende på driftstörningar i transportsystemet. Vägar med god bärighet är en förutsättning för att skörda Svenska naturresurser. Vid till exempel tjällossning tinar marken och vägar stängs av för tunga transporter under flera veckor och därmed lamslås hela landskapet. För att mildra effekterna av avstängningarna bygger industrin upp lager och planerar sina transporter med extra omlastningar. Industrin arbetar med allt mera "just in time" lösningar av ekonomiska och miljömässiga skäl. Lager och extra omlastningar motverkar dessa strävanden. Förändrat klimat kommer att öka denna problematik. I dagsläget saknas metodik för att objektivt bedöma bärigheten i hela vägnätet i realtid. En modell för detta skulle väsentligt kunna ändra avstängningsstrategin och därmed öka tillgängligheten.

I ett EU projekt (Roadidea) som Semcon och Klimator deltog i gjordes inledande försök med behandling av signaler från fabriksmonterade fordonssensorer. Dessa försök har varit mycket lyckade och avsikten var att utveckla denna metodik så att de fungerar generellt och genomföra en implementering.

Att vägvästängningar leder till stora kostnader för transportnäringen har tydligt visats i en studie av Skogforsk/Trafikverket. Merkostnaden för skogsindustrin till följd av bristande bärighet i det allmänna vägnätet uppgår till årligen 650 miljoner². Vägvästängningar påverkar bland annat möjlighet till rundvirkestransporter, behov av stora lager hållning etc. Genom att öka kunskapen om aktuell bärighet kan framkomligheten ökas och kostnaderna som orsakas av detta minskas. Samtidigt erhålls även stora miljövinster, genom att kostsamma och miljömässigt dåliga längre transportsträckor undviks. Skogsindustrin undviker dessutom processer av typen blekning som kan behövas om virke ligger länge på lager.

Att rätt kunna bedöma en vägs bärighet är av stort värde för att kunna optimera transporter. Vid nedsatt bärighet är det lätt att tunga transporter orsakar skador och att framkomlighetsproblem uppstår. Av denna anledning är det väsentligt att kunna bedöma en vägs status och också få en prognos på hur utvecklingen av bärigheten kommer att se ut under de närmaste dagarna. Omvänt gäller vid perioder med bra bärighet då information om aktuell status och prognos kan vara ett hjälpmedel för att dimensionera de laster som vägen klarar.

Klimator, Semcon och Trafikverket har aktivt arbetat med ett projekt "SRIS" i vilket standardutrustningen i moderna bilar utnyttjas som informationskällor för väder och

² Skogforsk Nr 663 2008: Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete.

väglag, (för vidare information se www.sris.nu). Via kombination med fasta mätstationer kan en avsevärd förbättring erhållas vad det gäller väglagsbestämning och halka. En liknande teknik kan användas för att bestämma bärighet liksom olika vägars framkomlighet och beläggningsstatus. Bilar trafikerar vägnätet och via insamling av information från dessa fordon kan via kombination med befintliga klimatstationer en ny typ av information skapas – ”aktuell bärighet”. Informationen kan användas för att optimera transporter, dels genom att ge rätt information om aktuellt status vilket kan påverka lastvolym och via prognos på den kommande utvecklingen av bärigheten vara vägledande för att minska skaderisker på bland annat det lågtrafikerade vägnätet.

Syfte

Syftet med BiFi-projektet är att utveckla ett verktyg för att utnyttja befintligt vägnät på ett mer optimalt sätt och därmed öka transporteffektiviteten och minska miljöbelastningen. Inom projektet utvecklas en fordonsbaserad modell för att bedöma bärigheten och speciellt identifiera vägavsnitt som har bristande bärighet på grund av t ex tjällossning, kraftiga regn eller liknande. Nyttan av denna modell är att informationen gällande bärighet kan hanteras mer dynamiskt och rationellt. Hypotesen i projektet är att nyttjandet av ny information kommer att resultera i att vägvastängningar kan minimeras och därmed kan vägnätet och fordon utnyttjas mer optimalt.



Figur 2 Skyltning vid tjällossning

Målsättning med BiFi

Förväntade resultat – övergripande BiFi

Projektets syfte är att utveckla ett verktyg för att kunna bestämma vägars bärighet på ett objektivt och detaljerat sätt. Detta kan möjlig göra att vägstängningar på grund av bärighetsrestriktioner kan minskas med 25 % och dagar då vägar på grund av detta är helt avstängda kan minskas med 50 %.

Styrgruppen som leder och beslutar i projektet har tagit fram mål för varje delområde vilket har gett alla en tydlig målbild att arbeta med. Viktigt i forskningsprojekt är att göra tydliga avgränsningar för att fokusera på att nå fram till ett resultat som går att utveckla vidare.

Förväntade resultat BiFi del 2

BiFi del 2 fokuserar på att på landskapsnivå utvärdera algoritmen i operativa tester på grus vägar. Andra viktiga områden är samverkan med akademien, studier på landskapsnivå och användargränssnitt vilka kommer att genomföras i denna del av projektet. BiFi 2 kommer även att användas för att sprida resultatet från BiFi 1 inom myndighet, fordonsindustrin och akademi.

Mål för delområde 1-4

Hårdvara

En hårdvara för att samla in mätdata lokalt i fordonen kommer att utvecklas för att samla in data som skickas in online via mobilnätet till en databas.

Provflotta

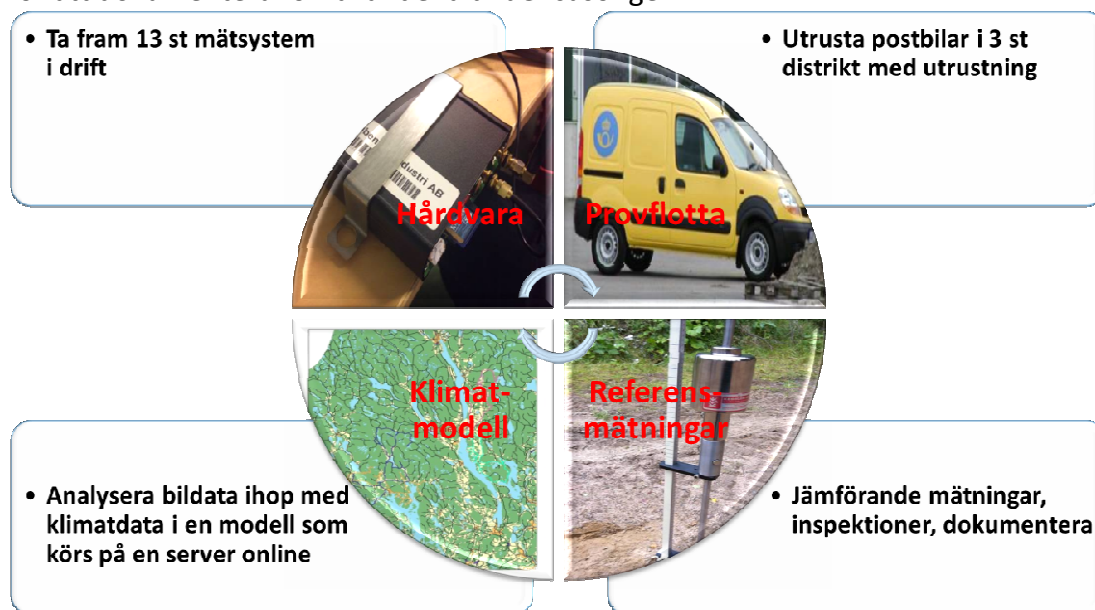
I Bifi del 1 utvärderades en provflotta av Postbilar vilket visade sig vara en bra bilflotta som rör sig ute i det finmaskiga vägnätet där vi är intresserade av att fånga upp mätsignalerna. I del 2 utökas denna provflotta och ett delområde i Norrland läggs till.

Klimatmodell

För att kunna prognostisera tjällossning så är väderprognos en viktig parameter, men även hur området geografiskt är utformat (t.ex. nord- eller syd sluttning). I del 2 av projektet kommer klimatmodellen att utvärderas.

Referensmätningar

Utvärdering görs under säsongen för att kunna avgöra var gränsen för tjällossning går och för att kunna trimma mät hårdvaran. Inspektioner kommer att göras på plats för att dokumentera förhållandena under säsongen.



Figur 3 Mål för delområde 1-4

Mål för delområde 5-8

Databas

En databas för att ta hand om den inskickade datan från mätfordonen skall utvecklas, där data skall kunna skickas in i realtid.

Webbgränssnitt

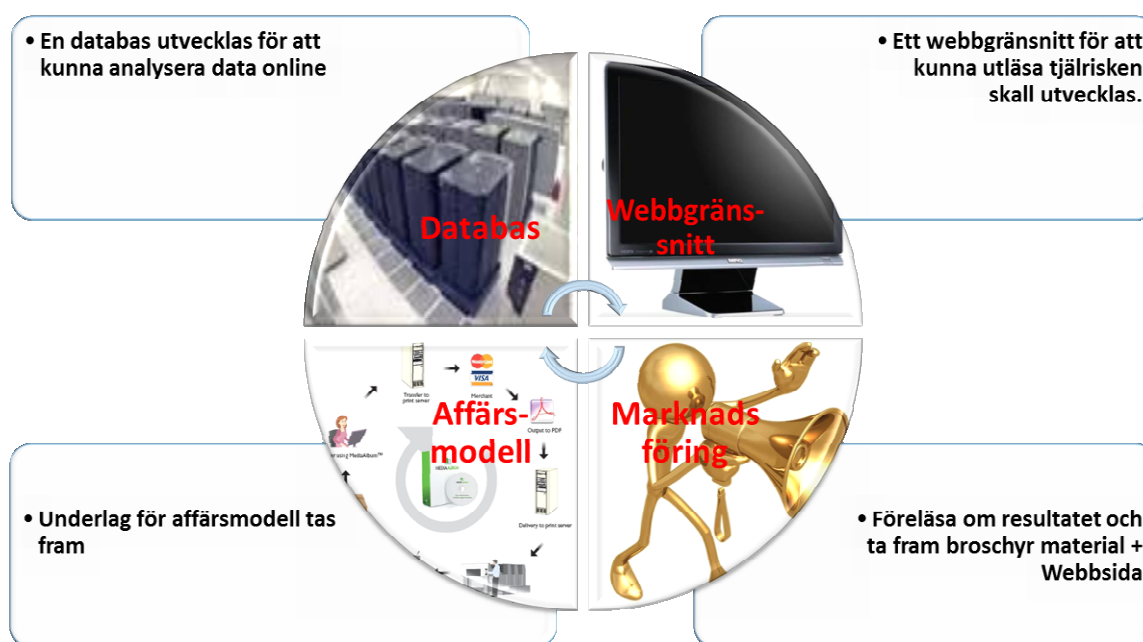
Ett webbgränssnitt för BiFi skall utvecklas.

Affärsmodell

Arbetet med affärsmodell är viktigt för projektet och kommer att pågå under hela genomförandet. I del 2 fokuseras på att kommersialisera projektet efter avslutat projekt.

Marknadsföring

Genom att föreläsa om projektet på seminarier och att skicka information om projektet till intressenter er skall projektet marknadsföras.



Figur 4 Mål för delområde 5-8

Genomförande

Övergripande projektbeskrivning

Projektet har som mål att via integrering av mätdata från fordon och befintliga vägväderdata möjliggöra minskning av tiden för vägvästängningar och därmed öka transporteffektiviteten. Dynamisk reglering kan i väsentlig grad öka användningen av fordonsflottan.

Att använda information från fordon och komplettera med data från fasta mätstationer har utvecklats och testats i projekt - SRIS. Huvudsyftet inom det projektet var att öka kunskapen gällande aktuellt väglag och projektresultatet visar tydligt att kombination av data på detta sätt kan bidra till en förbättrad bild både vad det gäller utbredning av ett visst väglag men också för en bedömning av hur allvarligt det är sett ur ett trafiksäkerhetsperspektiv.

Vägvästängningar på grund av nedsatt bärighet sker idag grundat på värden erhållna från tjäldjupsmätare och erfarenhet. Eftersom stora variationer förekommer i bärighetsnedsättningar, beroende på vägtekniska egenskaper liksom klimatvariationer, är vägvästängningar svårt att hantera på ett dynamiskt sätt. Till detta kommer att informationen från tjäldjupsmätare är mycket gles och enbart täcker in en specifik faktor som kan ge upphov till nedsatt bärighet. Bristande information gör att stora marginaler måste utnyttjas för att undvika skador på vägar och kraftigt reducerad framkomlighet. I rapporten från SkogForsk redovisas att avstängningen i en region kan ha en varaktig på upp till 10 veckor. Detta medför att transportmöjligheten blir kraftigt nedsatt och stora lager måste byggas upp för att säkerställa tillgång till t ex timmer.

Scenarier gällande klimatutvecklingen i Sverige visar tydligt att vi kan förvänta oss större variation i klimatet, mer varierande vintrar med snabba svängningar från plus till minusgrader samt att tillfällena med kraftiga regn kommer att öka i frekvens. Dessa faktorer gör att problematiken med nedsatt bärighet på vägnätet kommer att öka i omfattning och därmed kommer påverkan på transporteffektiviteten att bli än större än vad den är idag.

Inom projektet utvecklas en prognosmodell. Modellen bygger på att den integrerade informationen från mätstationer och bilar ger nödvändig input för att kunna beräkna hur bärighetsstatusen kommer att utvecklas under de kommande dagarna. Detta gör att möjligheten att ge transportörer detaljerad och tillförlitlig data för planering ökar vilket i sin tur leder till effektivare utnyttjande av både fordonsflotta och vägnät.

Fyra försöksområden har använts under säsongen 2011/2012. Skepplanda har använts som testområde för att utveckla tekniken och metoderna både för mätutrustningen samt referensmätningarna. För att samla in en större mängd data så fick vi kontakt med Posten i Sunne och Arvika via en central kontakt på Posten. Nytt område för BiFi del 2 är Kramfors i Norrland för att få en ny geografisk spridning. Värmland har stora problem med tjällossning och detta ämne intresserar posten som var väldigt intresserade av att delta i projektet. Givare placerades på 13 st postbilar, 4 st i Sunne, 4 st i Arvika, 5 st i Kramfors där data samlats in till en Webbserver. I projektet har vi sedan följt upp de slingor som postbilarna kör med att mäta med projektets egen mätbil och med att göra referensmätningar/inspektioner.

Projektorganisationen

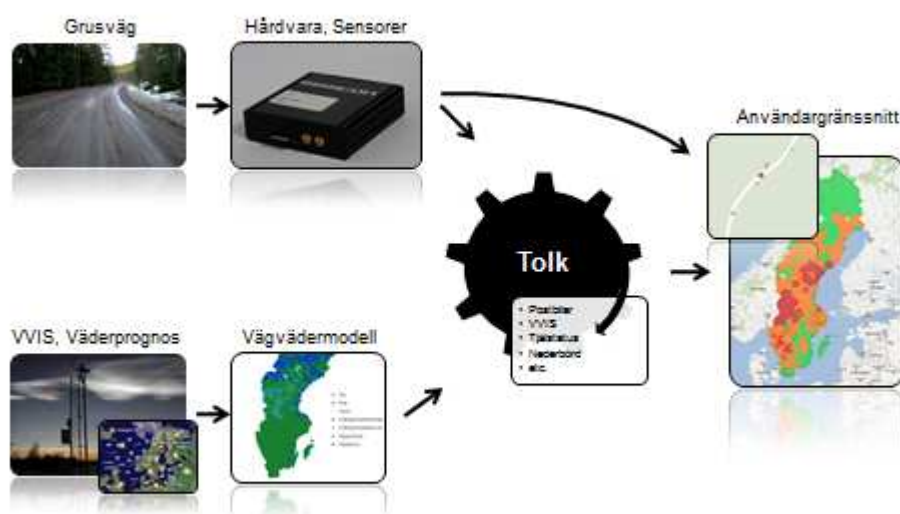
Part	Roll och ansvarsområde	Personella och andra resurser
Semcon	Semcon ar varit ansvariga för framtagande och installation av mätutrustning och kommunikation. Vidare har Semcon utvecklat signalbehandling, dataanalys och webbutveckling delen i projektet.	Projektledning, ingenjörer, informatör och mättekniker
Klimator	Klimators ansvarsområde har varit att utgöras av koppling av insamlade mätdata mot bärighetsrestriktioner. Vidare har Klimator att ansvarat för en stor del av dataanalysen och modellering	Två docenter inom vägklimatologi Tre FD inom klimatmodellering Mättekniker och dataspecialister Mätpersonal och mätutrustning
Trafikverket	Expertkunskap inom ämnet både beträffande fenomen, utbredning och problematik kring vägavstängningar. Ansvarat för anpassning mot operativ verksamhet och för möjliggörande av implementering.	Experter inom väg/drift- och transportfrågor Personal med lokal-kännedom
Värmlandsåkarna	Via Värmlandsåkarna har projektet fått koppling mot transportörer, Skogsnäring och fordon. Vidare har Värmlandsåkarna varit en viktig projektdeltagare genom att de kan fungera som länk mot användare och utvärdera av de framkomna resultaten och modeller.	Fordonsflotta Informatörer och kontaktpersoner

Akademiska parter

Part	Roll och ansvarsområde	Personella och andra resurser
Luleå Tekniska Universitet	Utgöra bollplank till projektet via kritisk granskning av resultat men även utnyttja framkomna resultat i vidare forskning och undervisning	Professor och doktorand kopplad till forskning om tjäle.
Högskolan Dalarna	Utgöra bollplank till projektet via kritisk granskning av resultat men även utnyttja framkomna resultat i vidare forskning och undervisning	Professor och doktorand kopplad till forskning om tjäle.
Göteborgs Universitet	Utgöra bollplank till projektet via kritisk granskning av resultat men även utnyttja framkomna resultat i vidare forskning och undervisning	Professor och forskare kopplad till forskning om tjäle.

Beskrivning av BiFi projektet

I detta kapitel ges en övergripande bild om hur ytuppmjukningsinformation flödar från grusväg och väderprognos, via ett antal delmodeller, till en web-baserad karta.



Systemet består, i stort, av fem delar:

En hårdvarubaserad del, vars syfte är att göra mätningar av grusväg. Hårdvaran innehåller sensorer, minneskort och ett modem för överföring av data.

En andra del består av en vägvädermodell vilken, med hjälp av VVIS- och väder-data, genererar en prognos för bland annat vägtemperatur och nederbörd.

Dessa delar tolkas samman till en ytuppmjukningsstatus. Statusen ges även i form av en prognos.

En karttjänst används slutligen för att presentera informationen på en karta, vars syfte är att vara länken mellan systemet och slutanvändaren.

Limmet som håller ihop dessa delar utgörs av en väl strukturerad databas, i vilken all information sparas och nås av samtliga delsystem.

De stora delsystemen är således.

- Hårdvara
- Vägvädermodell
- Tolk
- Karttjänst
- Databas

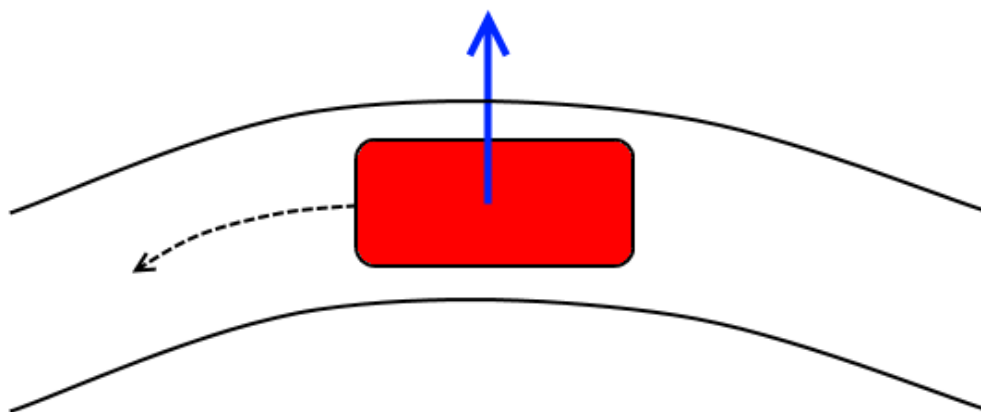
Hårdvara

Mätteknik

För att kunna dra nytta av de mätningar som utförs av fordonet behövs flera delar. Först behövs sensorer som gör mätningarna. Därefter behövs hårdvara och mjukvara för att behandla mätningarna och extrahera information ut mätsignalerna. Under utveckling av de modeller, algoritmer och filter som används för detektering av ytuppmjukning användes en Volvo V70. Ett CAN-interface användes för att logga all trafik på bilens CAN-buss. Där finns bland annat lateral acceleration, yttertemperatur, och hastighet. För att underlätta analysarbetet, vid senare tillfällen, loggades även data från en CAN-ansluten GPS-enhet. Tillsammans med data från fordonet ligger dessa loggningar till grund för utvecklingsarbetet.

Algoritmen

Algoritmen som används för att detektera ytuppmjukning fungerar genom att analysera laterala vibrationer då bilen kör i en kurva. När fordonet svänger med en tillräckligt hög hastighet vill centrifugalaccelerationen pressa bilen utåt i kurvan.



Figur 5, Sidokrafter i kurva

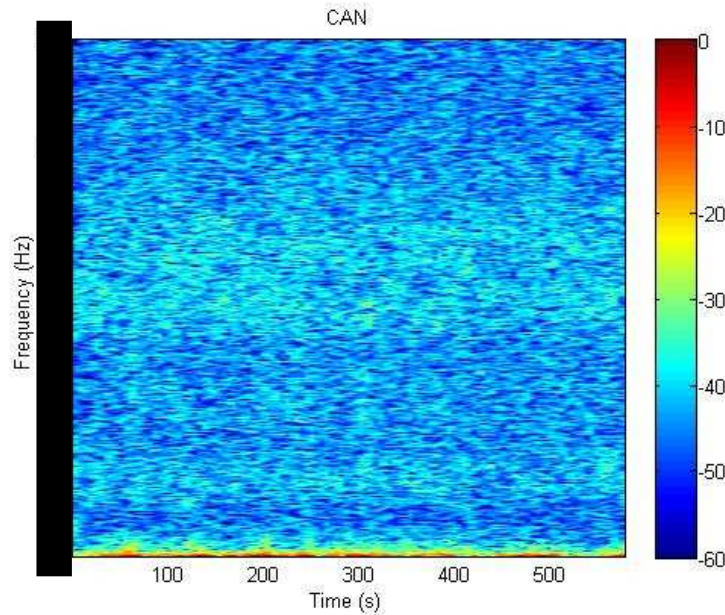
Detta ger upphov till en dämpning inom vissa frekvensband av dessa vibrationer som skiljer sig mellan underlag med och utan ytuppmjukning. Tester har visat att det behövs relativt lite sidokrafter för att detta ska ske därför kan en väg med endast mindre svängar ge flera detektioner.

Systemet kräver att följande är uppfyllt för att definiera det som en sväng:

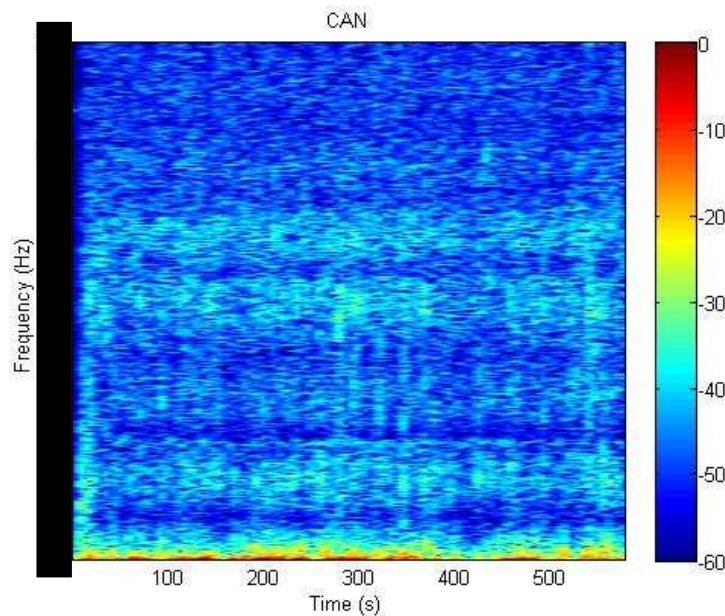
- Den laterala accelerationen är över \blacksquare m/s²
- Svängen varar minst \blacksquare sekunder

- Någon gång under svängen uppnås en lateral acceleration på över \blacksquare m/s²

Spektrogrammen nedan visar hur mycket energi som finns inom ett visst frekvensband för två olika fall och för tydlighets skull ett längre tidsintervall.

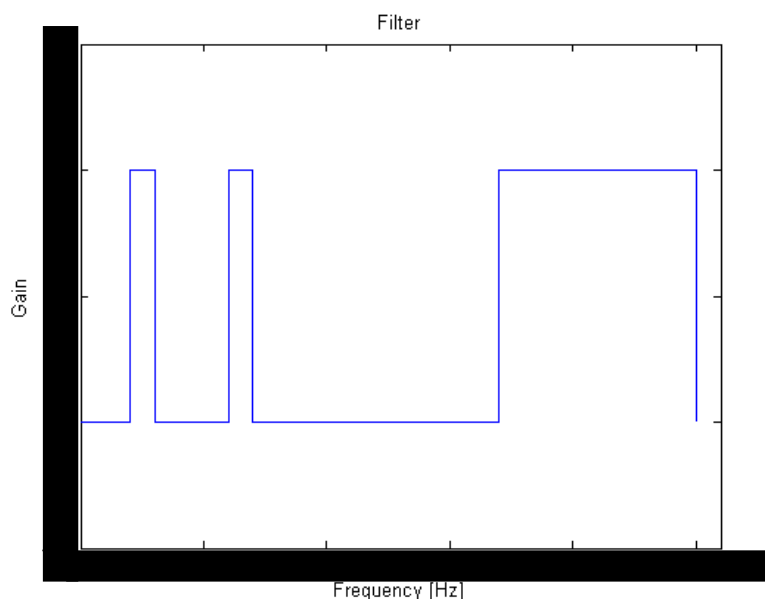


Figur 6, Spektrogram av vibrationer på väg utan ytuppmjukning



Figur 7, Spektrogram av vibrationer på ytuppmjukad väg

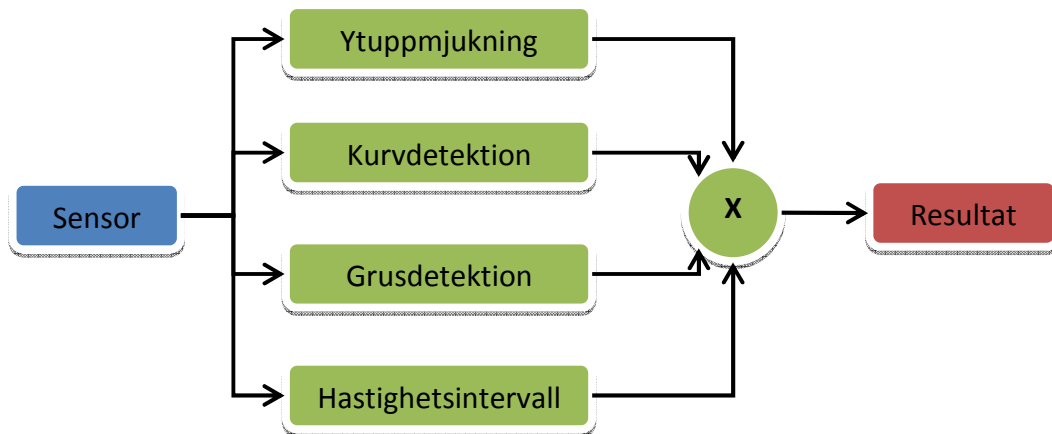
Det finns en tydlig skillnad mellan de två spektrogrammen ovan, speciellt i frekvensintervallet \blacksquare Hz \blacksquare Hz och över \blacksquare Hz. Genom att isolera dessa frekvensband med ett filter liknande det i figur nedan kan man använda den återstående energin i signalen som beslutsunderlag för att detektera ytuppmjukning.



Figur 8, Idealt frekvenssvar från filter

Figur 8 visar hur frekvenssvaret för ett optimalt filter för att isolera dessa skulle kunna se ut.

Vibrationerna mäts med hjälp av en accelerationssensor som kan mäta vibrationsfrekvenser från \blacksquare Hz till \blacksquare Hz. Det lägre frekvensintervallet ca \blacksquare Hz till \blacksquare Hz går att använda för att upptäcka när fordonet svänger om det inte finns andra möjligheter att göra detta. Frekvenser över \blacksquare Hz går att använda för att detektera om bilen kör på en grusväg eller belagd väg, detta görs med hjälp av en algoritm som togs fram genom ett tidigare projekt på Semcon. Systemet består i huvudsak av 4 olika delar som var och en har veto då en signal om ytuppmjukning genereras. Dessa använder olika delar av frekvensspektret för vibrationerna samt fordonets hastighet.



Figur 9, Systemskiss. Blå - Hårdvara, Grön - Mjukvara, Röd – information

Del ett analyserar hur stor energi som finns kvar i vibrationssignalen efter filtret som visas i Figur 8, del två aktiveras vid kurvor enligt villkor ovan, del tre verifierar att fordonet kör på en grusväg och del fyra att fordonets hastighet är rimlig.

Resultatet består i en indikation efter varje kurva om det analyserade vägvägsnittet anses vara påverkad av ytuppmjukning.

Hårdvarulösning

Ytuppmjukningsalgoritmen behöver en hårdvarulösning, dels för att samla in de mätningar som genomförs men också för att utföra beräkningar. Resultatet av beräkningarna måste också kunna föras över till systemets centrala databas, där det sammanställs och presenteras i en kartapplikation.

En egenutvecklad hårdvarulösning är framtagen för att lösa ovan nämnda krav.



Figur 10, Hårdvarulösning med synligt SD-kort, GSM- och GPS-ingång

Hårdvarulösningen är utvecklad för att kunna hantera de tunga beräkningar som utförs vid en mätning. Den är därför utrustad med en 32-bitars MIPS processor. Den innehåller också ett modem för kommunikation med systemets webbserver. Med hjälp av det inbyggda modemmet skickar enheten upp ytuppmjukningsindikationer till den centrala databasen. Den innehåller också GPS, accelerometer, gyro och CAN-transiver. De sistnämnda används för positionering, detektering av laterala vibrationer, kunskap om vägens lutning samt kommunikation med ett fordons CAN-buss.

För att tillfälligt spara information under färd, används ett SD-kort, som också innehåller filterparametrar, simkortsuppgifter, osv.

Enheten har inga sensorer som monteras utanför bilen, vilket underlättar tvättning och vardagsbruk av det utrustade fordonet. Enheten behöver strömmatning, vilket lättast ges genom att enheten kopplas in i bilens cigarettändaruttag.

När bilen stängs av tappar enheten matning och ett internt batteri tar över. Samtidigt som detta sker startar modemmet upp och skickar över alla nyinsamlad ytuppmjukningsinformation till webbservern. Våren 2012 utrustades 14 fordon med hårdvarulösningen. 13 stycken fördelades jämt hos posten i Arvika, Sunne och Kramfors. De resterande två sattes i den ovan nämnda, CAN-utrustade, projektbilen, Volvo V70 och den andra i ytterligare en Volvo V70.



Figur 11, Hårdvarulösning med synlig JAE-kontakt och USB

Vädermodell

Vädermodellen som används för att bestämma vägarnas bärighet har två funktioner. Dels sammanställs mätdata från VVIS-stationer och dels beräknas en prognos för hur vädret kommer att se ut framåt i tiden. Klimator har utvecklat en modell för vinterväglag (SSWM) som används som ramverk för vädermodellen.

Vädermodellen använder följande indata:

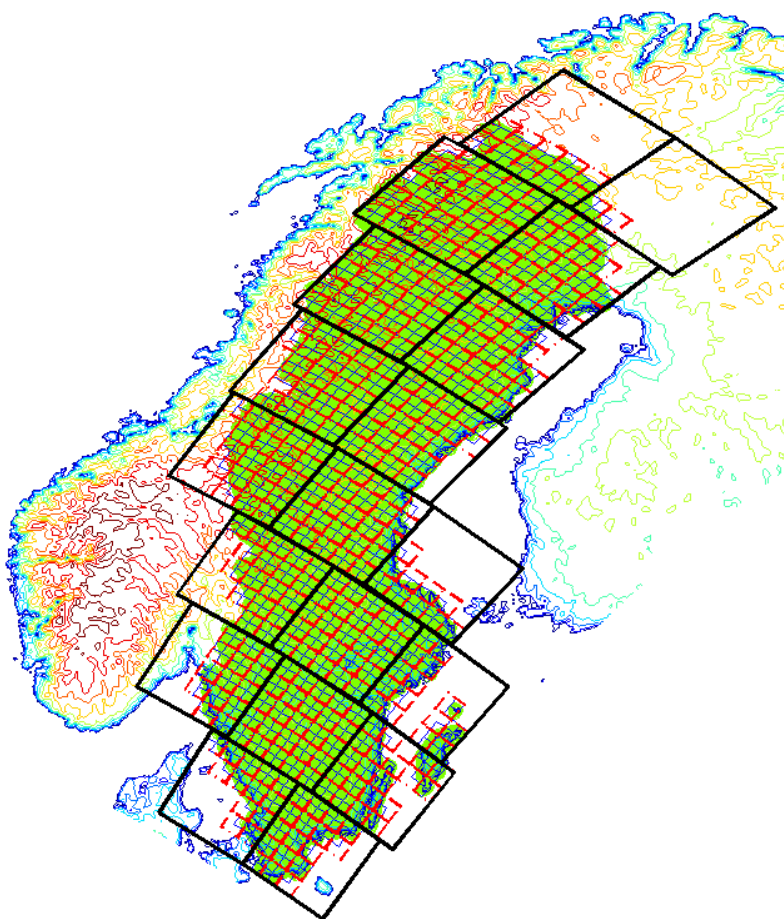
- Observationsdata från VVIS-stationer (Väg Väder Informations System).
- Prognosdata från en numerisk vädermodell (HIRLAM) från Met.no i Norge.

Vädermodellen tar sin utgångspunkt i observationsdata från VVIS-stationerna för att sedan stega sig framåt i tiden m h a prognosdata från den numeriska vädermodellen.

Vädermodellens utdata:

- Prognosvärden av samma typ av data som kan fås från VVIS-stationer.

För att täcka in ett större område har vädermodellen i BiFi2 använts för att göra prognoser för ett rutnät istället för mindre vägavsnitt. Rutnätet är detsamma som används i den numeriska vädermodell (HIRLAM) som körs av Met.no i Norge. Upplösningen är 4x4 km. På så vis kan man smidigt koppla vädermodellens resultat till ett specifikt område. Totalt blir det 28919 rutor inom Sverige som vädermodellen körs för. Rutorna grupperas sedan i Tolkmodellen till BiFirutor med storleken 20x20 km, 40x40 km och 200x200 km. Dessa rutor visas i Figur 12.

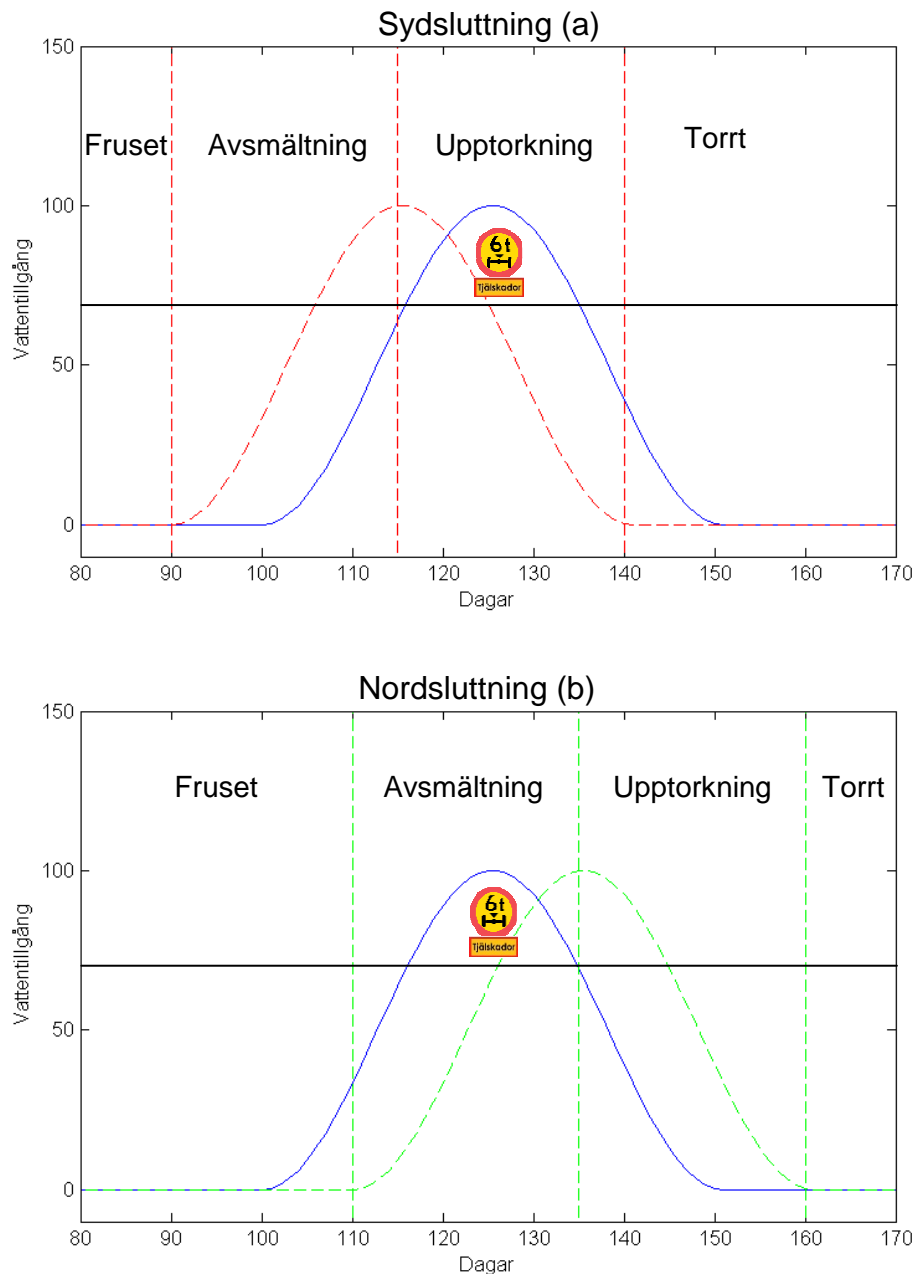


Figur 12 BiFirutor. De största rutorna som visas i svart är 200x200 km, de mellanstora rutorna visas i rött och är 40x40 km medan de minsta rutorna visas i blått och är 20x20 km.

Tolkmodell

I tolkmodellen vägs väderdata ihop med bildata för att bestämma vägarnas bärighet i varje BiFirututa. I modellen avgörs om det är Låg risk (grön), Medelhög risk (orange) eller Hög risk (röd) för bärighetsproblem på vägarna inom BiFirututan.

Det första steget i tolkmodellen är att bestämma vilken tjälstatus varje område befinner sig i. Figur 14 a-b visar en schematisk bild av tjällossningsförloppet under en säsong. Bärighetsnedsättningen är som störst när innehållet av smält vatten i vägen är högst. Till att börja med är alla vägpartier frusna. Vid nästa steg (Avsmältning) är det fruset vid kalla vägpartier och uppmjukat vid varmare vägpartier. Därefter är det uppmjukat vid kalla vägpartier och upptorkat vid varmare vägpartier (Upptorkning). Slutligen torkar alla vägpartier upp och tjälproblematiken upphör. Dessa förlopp varierar i tid och inträffar tidigare för vägpartier som typiskt är varma, t ex sydsluttningar (Figur 14 a) och senare för sådana som är typiskt kalla, t ex nordsluttningar (Figur 14 **Error! Reference source not found.**b).

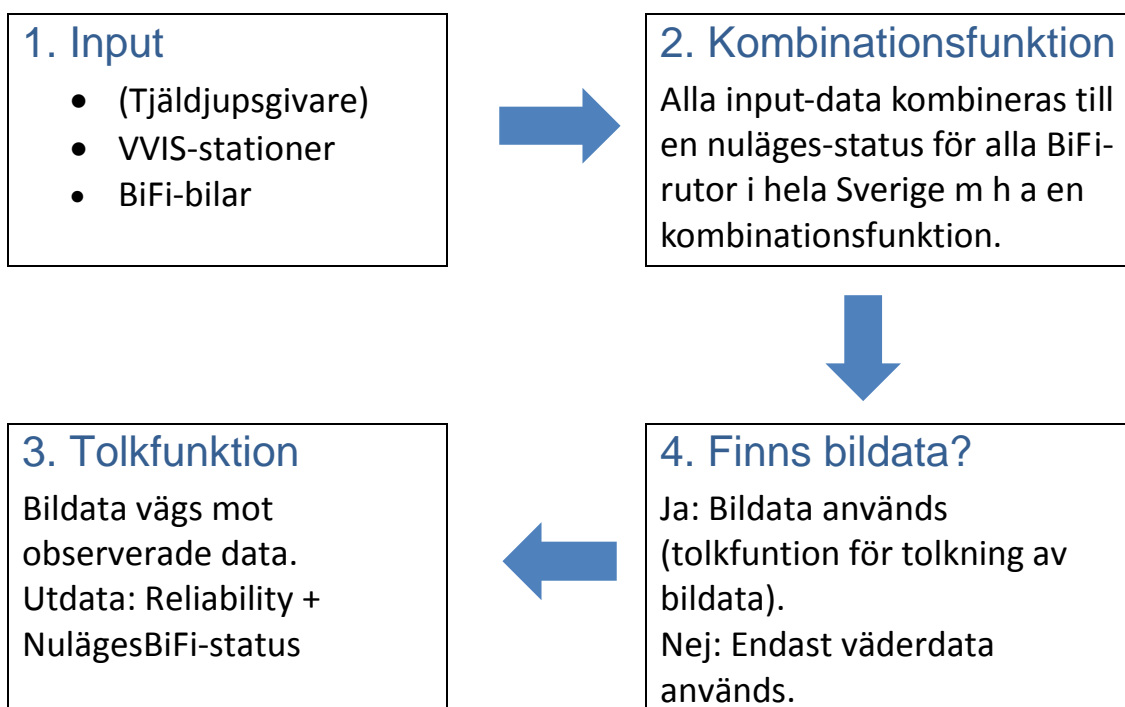


Figur 13 a-b En schematisk bild av vattentillgången och de förlopp som förekommer under en tjällossningssäsong.

Den blå linjen motsvarar förloppet vid en normal vägsträckning. De röda (a) och gröna (b) linjerna visar hur förloppen tidigareläggs respektive senareläggs vid en syd- och nordsluttning.

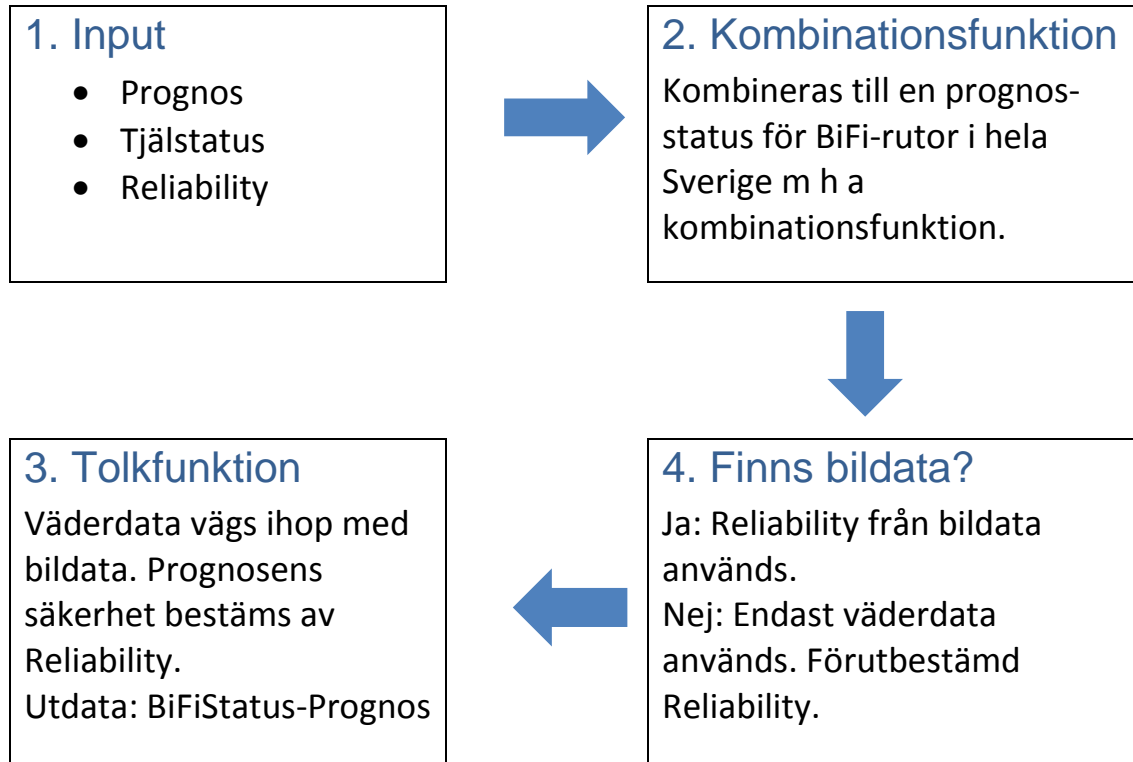
För att göra en prognos av bärigheten på vägarna är tjälstatusen mycket viktig. Då vägarna i ett område är i avsmältningsförloppet kommer en temperaturökning att leda till att problemen förvärras. Om vägarna däremot är i upptorkningsförloppet leder en temperaturökning istället till att de torkar snabbare och situationen på vägarna kan förbättras.

I tolkmodellen bestäms både en nulägesstatus och en prognosstatus för varje ruta. Figur 14 och Figur 15 visar ett flödesschema där nulägesstatusen respektive prognosstatusen bestäms.



Figur 14 Schematisk bild av dataflödet i tolkmodellen där väderdata och bildata kombineras till en BiFi-status för nuläget. Om det finns bildata bestäms även tillförlitligheten, Reliability för bildata.

I steg 1 Tolkmodellen samlas all data som behövs för beräkningarna (I dagsläget saknas möjlighet att få kontinuerlig överföring av tjäldjupsdata, så VVIS-data har använts för att beräkna tjälstatusen) . Steg 2 är att bestämma en nulägesstatus genom att kombinera alla input-data. I kombinationsfunktionen beräknas först vilken tjälstatus vägarna i området befinner sig i. Därefter vägs variabler som nederbörd och temperatur ihop för att ge en nulägesstatus. I steg 3 kontrolleras om det finns bildata i BiFi-rutan. Det slutliga steget, steg 4, är en tolkfunktion som bestämmer hur väl bildata och väderdata passar ihop. Om de stämmer bra, så anses de tillförlitliga och man får en hög Reliability. Om de inte passar ihop, t ex om temperaturen är -10°C och en stor andel av bilarna ger signaler, så anses de inte tillförlitliga och Reliability blir låg. Då kommer tolkfunktionen att bestämma om bildata eller väderdata ska vara mest tillförlitligt.

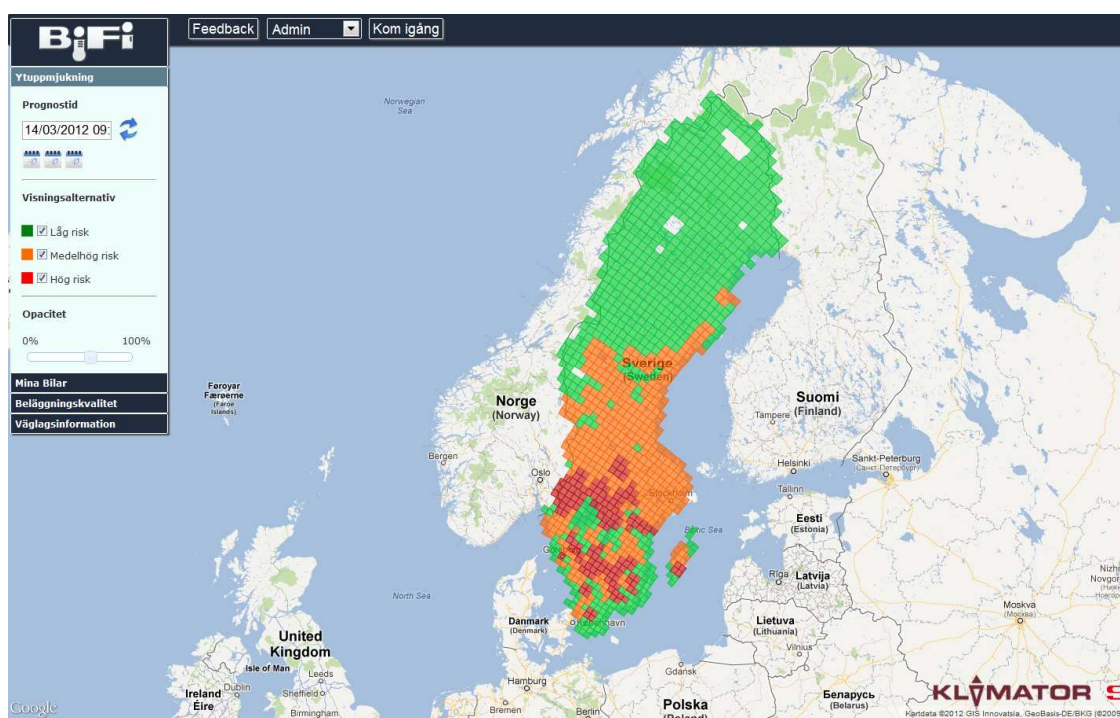


Figur 15 Schematisk bild av dataflödet i tolkmodellen där väderdata och bildata kombineras till en prognos av BiFi-status. Om det finns bildata används tillförlitligheten, Reliability för att väga samman bildata och prognosdata.

För att göra en prognos av BiFistatus görs liknande beräkningar som vid bestämningen av nuläget. I steg 1 används prognosdata från vädermodellen, den uträknade tjälstatusen och Reliability. På samma sätt som i figur 3 kombineras i steg 2 input-data m h a kombinationsfunktionen till en prognosstatus. I steg 3 kontrolleras om det finns bildata i BiFi-rutan. I det slutliga steget, steg 4, då väderdata och bildata vägs ihop av tolkfunktionen, kommer Reliability att avgöra hur tillförlitlig prognosen är. Situationer med låg tillförlitlighet kan då ändras så att t ex Låg risk eller Hög risk justeras till Medelhög risk.

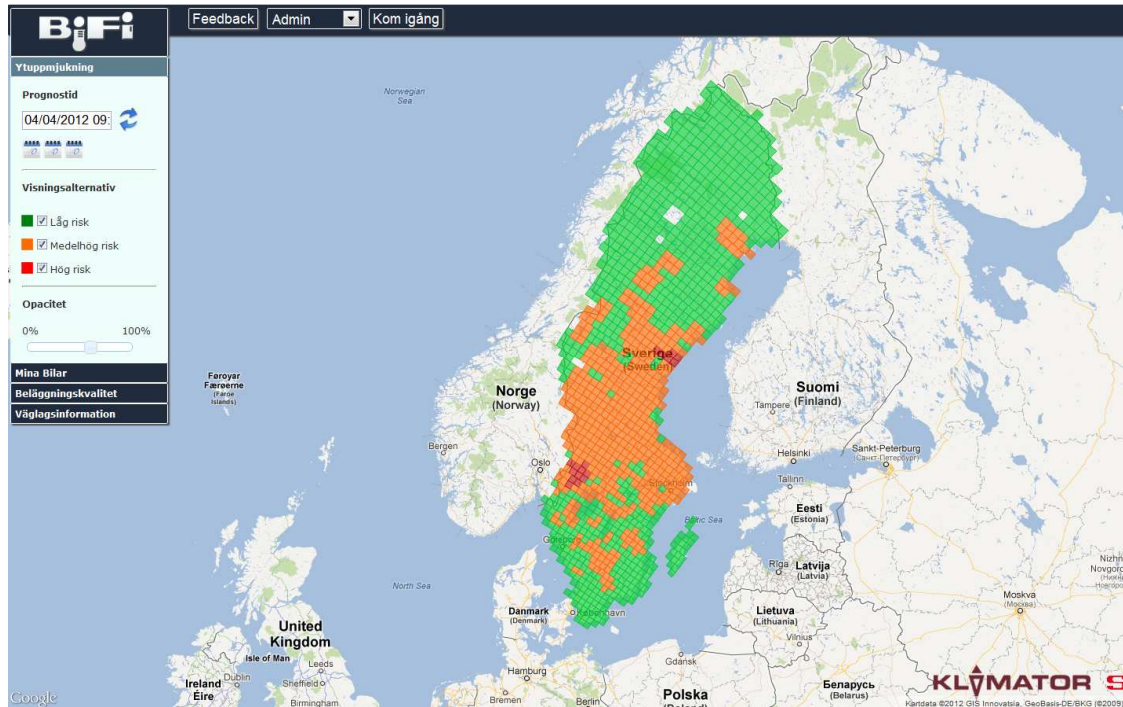
Resultat från vädermodell och tolkmodell

Vädermodellen och tolkmodellen kördes under våren 2012. Några exempel från körningarna visas i figurerna nedan. De belyser hur tjälssäsongen varierat i Sverige, enligt vädermodellens beräkningar. I Figur 16, den 14 mars, har tjällossningen börjat i södra Sverige, vilket indikeras med hög risk för nedsatt bärighet. Det är fortfarande fruset i norra Sverige, vilket indikeras med låg risk för bärighetsproblem. I mellersta Sverige har en viss upptining börjat ske, vilket indikeras med medelhög risk för nedsatt bärighet.



Figur 16 Nulägesstatus 14 mars. Tolkmodellen visar hög risk i södra Sverige för bärighetsproblem. Mot norr är det först medelhög risk i mellersta Sverige och i norra hälften av Sverige låg risk för nedsatt bärighet.

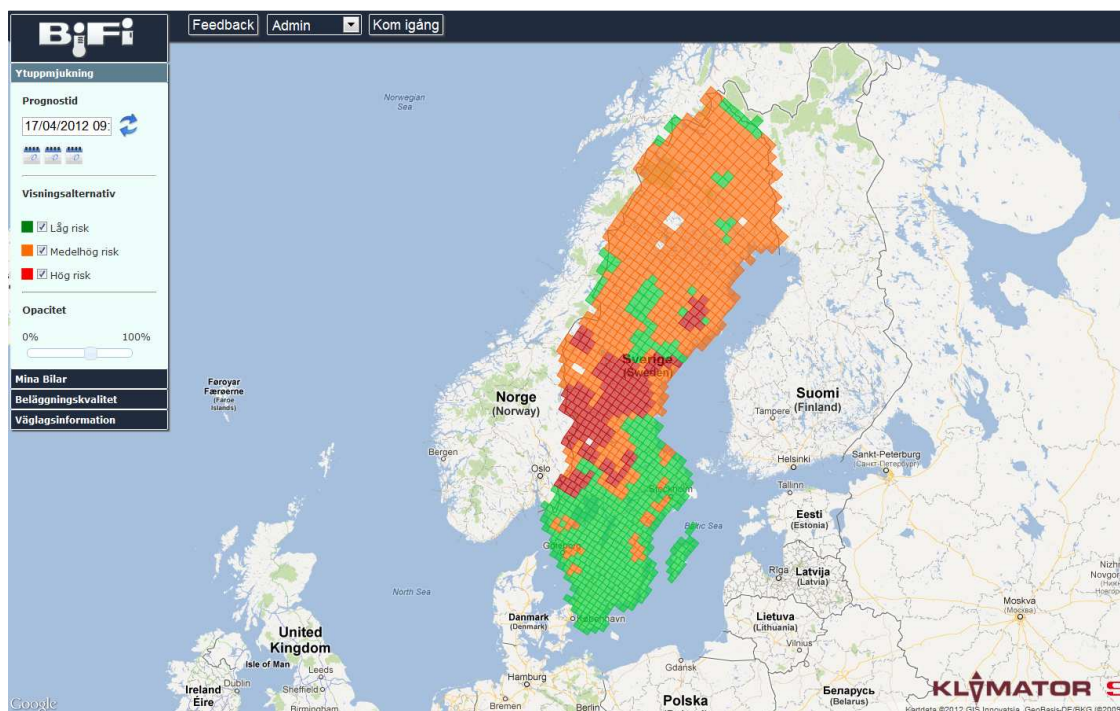
I Figur 17, den 4 april har det börjat torka upp i södra Sverige medan det fortfarande är fruset i norra Sverige, vilka båda indikeras med låg risk för nedsatt bärighet. Det är enligt tolkmodellen relativt få områden med allvarliga tjällossningsproblem. Större delen av mellersta Sverige får medelhög risk för bärighetsproblem. Det följer av att temperaturen gått ned något i stora delar av Sverige med minskad upptining som följd.



Figur 17 Nulägesstatus 4 april. Tolkmodellen visar låg risk för bärighetsproblem i södra och norra Sverige. I mellersta Sverige är det mestadels medelhög risk för bärighetsproblem. Endast vid de platser där det finns bilar visar tolkmodellen hög risk för nedsatt bärighet.

I Figur 18 visar tolkmodellen att det är mestadels torrt i södra Sverige, vilket indikeras som låg risk för bärighetsproblem. Tjällossningen tycks ha börjat i hela norra Sverige, enligt tolkmodellens indikering av medelhög risk för bärighetsproblem. Störst är problemen med nedsatt bärighet i mellersta Sverige, enligt tolkmodellen.

Vid samtliga tillfällen i figurerna visar tolkmodellen att tjällossningen pågått i Värmland.



Figur 18 Nulägesstatus 17 april. Tolkmodellen visar hög risk för bärighetsproblem i mellersta Sverige. I södra Sverige är det låg risk och i norra Sverige medelhög risk för nedsatt bärighet.

Vädermodell och tolkmodell jämfört med tjäldjupsgivare

För att verifiera att tolkmodellens resultat stämmer har data från tjäldjupsgivare analyserats.

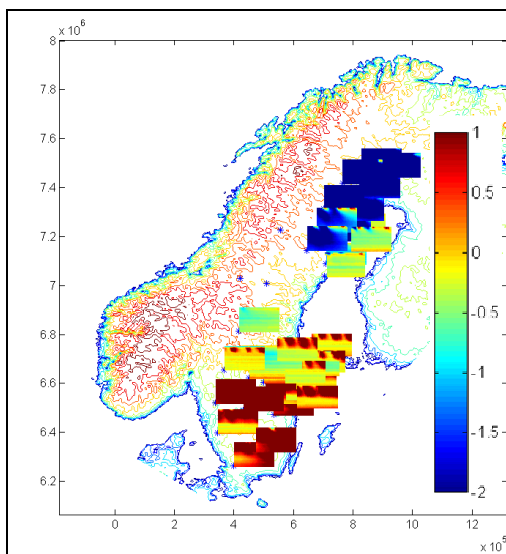
Figur 19 **Tjäldjupsgivare (a)** visar att tjällossningen påbörjats i södra Sverige. I norra Sverige är det fruset, medan det i mellersta Sverige är mestadels fruset, men på vissa ställen har det påbörjat en upptining. Motsvarande simulering i Figur 16 **Tolkmodell 14Mars** med Tolkmodellen visar samma mönster – uppmjukat i södra Sverige, fruset i norr och en viss upptining i mellersta Sverige.

Figur 20 **Tjäldjupsgivare (b)** visar att vägarna i södra Sverige är helt upptinade och troligtvis till stora delar upptorkade. I mellersta Sverige har temperaturen pendlat kring 0 °C, vilket gjort att upptiningen avstannat. I norra Sverige är det helt fruset. Tolkmodellens resultat för samma tid i Figur 17 visar upptorkat i söder och fruset i norr. I mellersta Sverige är det mestadels medelhög risk. Det är anmärkningsvärt få av tjäldjupsgivarna som tyder på allvarlig tjällossning, vilket stärker tolkmodellens resultat.

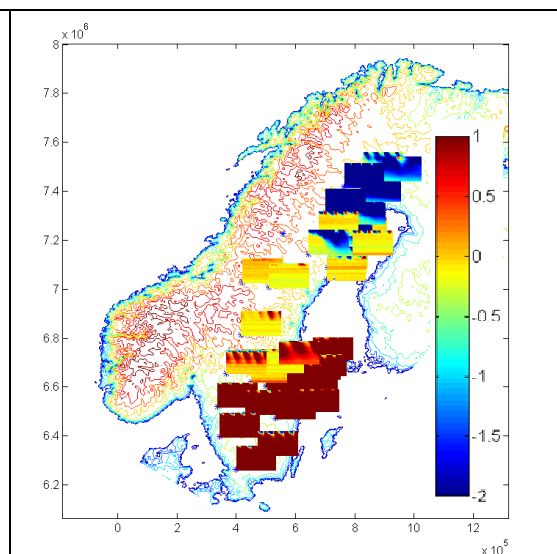
Tjäldjupsgivarnas temperatur i Figur 21 indikerar att tjällossningen pågår i mellersta Sverige, men i norra Sverige tyck den inte fått fäste än. I södra Sverige är det fortsatt upptorkat. Motsvarande simulering visar också upptorkning i södra Sverige, medan bärighetsproblemen är störst i mellersta Sverige. Tolkmodellen visar medelhög risk

för nedsatt bärighet i norra Sverige, vilket tyder på att tolkmodellen övervarnar något i detta område.

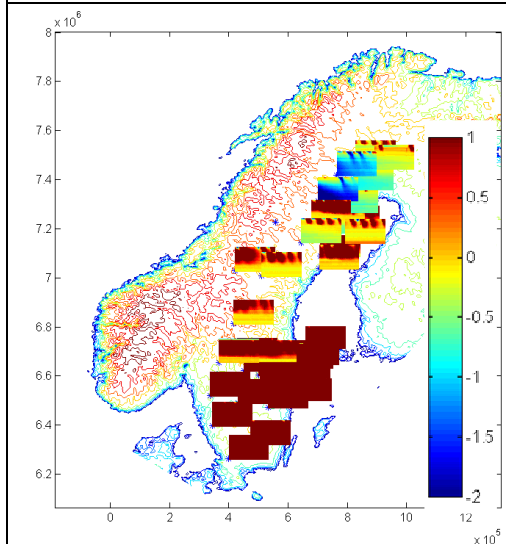
Tolkmodellen kan finjusteras något ytterligare, men generellt stämmer resultaten mycket bra överens med tjäldjupsgivarna.



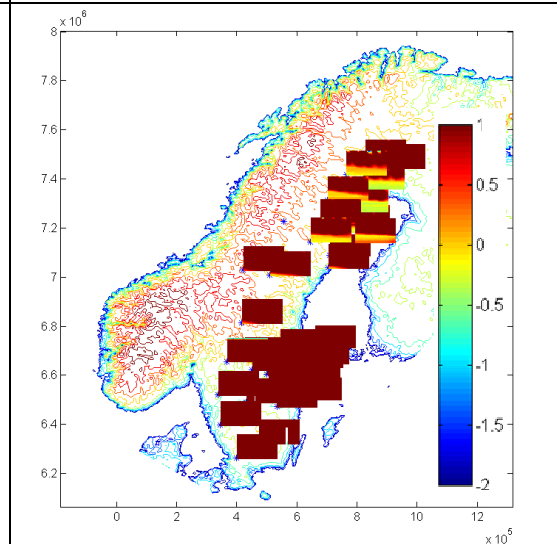
Figur 19: (a) 14-18 mars



Figur 20: (b) 2-6 april



Figur 21: (c) 15-19 april.



Figur 22: (d) 2-6 maj.

Figur 20-23: Figurerna visar tjäldjupsgivarnas temperatur ned till 1 m djup under de tidsperioder som angivits vid varje figur. Rött och orange kan tolkas som att det är upptinat. Gult och grönt innebär temperaturer strax under noll grader, medan blått är helt fruset. Det har tolkats som att tjällossning pågår om det är helt rött ovanför ett gult och orange fält, t ex i Småland i figur 20 och i Norrland i figur 23.

Karttjänst

I ett stort system är det ofta problematiskt att få ut ett användarvänligt resultat. För att lösa detta används i detta fall en kraftfull och användarvänlig karttjänst. Vars syfte är att, på ett enkelt sätt, framhålla systemets resultat för ett antal olika användartyper. Karttjänsten innehåller en stor mängd information och är samtidigt användarvänlig. Detta för att nya användare ska kunna använda tjänsten utan att gå någon form av utbildning.

Tekniskt sett går karttjänsten att dela upp i två huvuddelar. En av delarna innehåller samtlig funktionalitet som ligger på servern. Den andra de delar som exekveras på klientsidan, vilket i detta fall utgörs av någon form av webbläsare verksam på en dator, läsplatta eller telefon.

Serverdelen hämtar information från databasen, formaterar och paketerar den på ett sätt som gör den lätt att överföra till klienten. Samtliga funktioner och metoder på serversidan är skrivna i C#/.NET³.

Klientsidan innehåller hemsidan, kartapplikationen och ett antal omvandlings- och beräknings-funktioner. Hemsidan innehåller ett antal delsidor med projektinformation samt en länk till kartapplikationen.



Figur 23, Projekthemsida

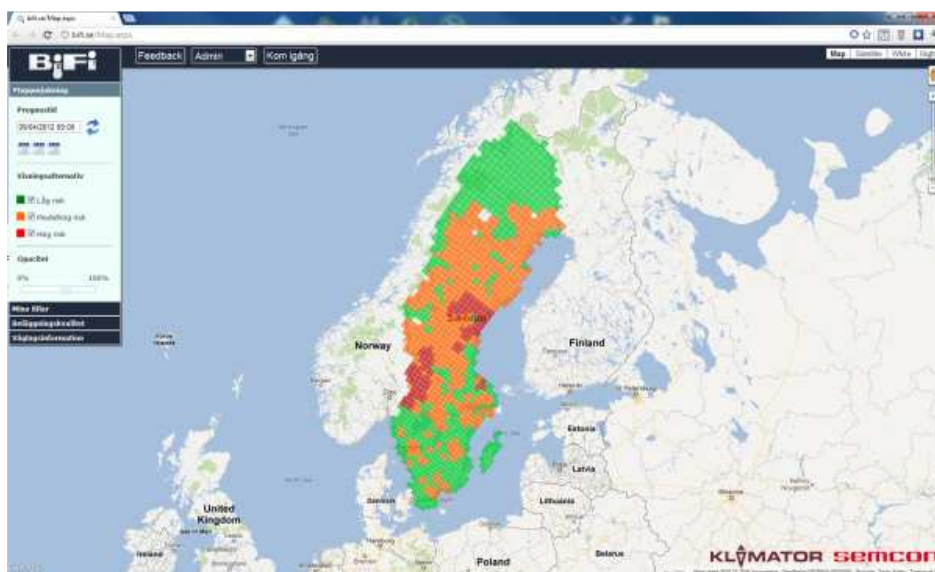
³.NET är ett kluster av teknologier, utvecklat av Microsoft, på vilka utvecklare har möjlighet att bygga mjukvaruapplikationer. Klustret innehåller ett antal programmeringsspråk, där C# är ett av dem.

Kartapplikationen är grundad på Google Maps API V3⁴, vilket är ett hjälpbibliotek som underlättar utritningen av objekt över en kartbild. Ett antal bakomliggande funktioner hanterar omvandlingen av användarinput till ett antal hämtnings- och visnings-aktiviteter. Data begärs från serversidan med hjälp av kommunikationsprotokollet HTTP⁵ och vidarebefordras, efter behandling, till Googles API.

Kartapplikationen består av fyra informationstyper, ytuppmjukning, bildata, beläggningskvalitet och väglag. Det är även möjligt att se väderinformation. De olika informationstyperna är uppdelade i flikar, med underliggande inställningsmöjligheter. I detta projekt tillhör endast de två första flikarna; ytuppmjukning och bildata. Övriga informationstyper är med då applikationen delas av ett antal olika projekt.

På kartan finns även möjlighet att välja användare samt ändra kartans utseende. En kom-igång sektion finns tillgänglig, där användaren hittar applikationsinformation. Sektionen innehåller även information om de olika informationstyperna, vad de representerar och hur de kan modifieras.

Samtlig kod på klientsidan är skriven i HTML, CSS och JavaScript.



Figur 24, Kartapplikation som visar ytuppmjukning för Sverige vid en specifik tidsstämpel.

⁴ Google Maps är en webbaserad karttjänst som tillhandahålls av Google. En anledning till att Google Maps är så stort är på grund av dess API, som tillåter tredjepartswebbsidor att inkludera kartor och fylla dem med kundanpassad information.

⁵ HyperText Transfer Protocol, HTTP, är ett kommunikationsprotokoll som innehåller metoder för att överföra data från en webbserver till en klient, eller tvärtom. I denna applikation används metoden GET som ber webbservern att skicka ett utpekat objekt till klienten.

Databas

Informationsflödet i systemet är stort och av varierande typ, därför valdes en databas som kommunikationsnav. Fördelen med att använda en databas är att det går att spara enorma mängder information utan att direkt försämra systemets prestanda. Det gör det även möjligt att spara historisk information, vilken vid ett senare skede kan hämtas ut och användas för validering. Det finns även möjlighet att modifiera delar av en modell och sen återgenerera ett historiskt resultat, vilket är ett otroligt kraftfullt utvecklingsverktyg.

Databasen är en relationsdatabas, vilket betyder att informationen är organiserad i relationer. Databasen är uppbyggd av ett antal tabeller som är bundna till varandra av relationer och restriktioner. En typisk relation är t.ex. att en tabell som innehåller en specifik bilmodell har en relation till den tabell i databasen som innehåller bilmodellens möjliga färgval.

I detta system används detta i stor utsträckning, då vi till exempel har ett antal fordon vilka är utrustade med mätningstrustning som i sin tur samlar in och beräknar information. Då databasen är byggd på relationer får vi en bra prestanda när vi kontinuerligt skriver och hämtar information från databasen.

All kommunikation med databasen sker via ett antal databasfunktioner.

Funktionerna är skrivna i C#/.NET och ligger på en server. Funktionerna ser till att nödvändiga kommunikationskanaler hålls öppna vid behov. Dem sköter även all dataöverföring till och från databasen. Överföringen sker med hjälp av SQL⁶ kommandon.

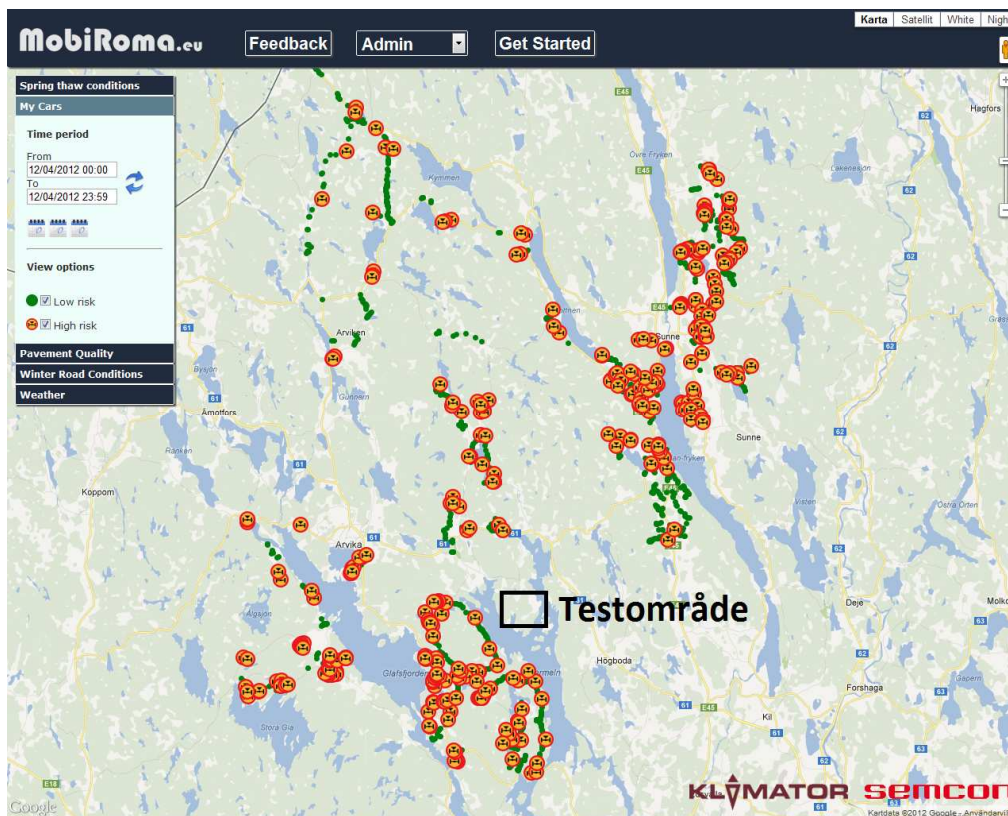
För att ta emot ny information från de sensorutrustade fordonen används en webbtjänst, vars gränssnitt är uppbyggt på ett sätt som underlättar dataöverföring mellan två platser. Överföringen sker med hjälp av kommunikationsprotokollet HTTP. När informationen är mottagen används ett antal bibliotek för att processa och strukturera informationen innan den sparas i databasen.

⁶ Structured Query Language, SQL, är ett standardiserat språk som används för att hämta, skriva och modifiera innehåll i en relationsdatabas.

Fältförsök

Fältförsök har genomförts i tre områden, Sunne och Arvika i Värmland och Kramfors i Västernorrland. Totalt 13 stycken enheter monterades in i postbilar i de tre områdena. 4 enheter i Arvika, 4 enheter i Sunne och 5 enheter i Kramfors. I Arvika och Sunne installerades enheterna den 12 mars och avinstallerades den 22 maj. Installationen i Kramfors utfördes den 21 mars och avinstallationen först i början på juli. Sammanlagt har det samlats in över ca 57000 signaler från Värmland och ca 17000 från Kramfors.

I samband med fältförsöken genomfördes referensmätningar med dynamisk konpenetrometer (DCP) på kortare teststräckor och fältobservationer. Observationerna var i form av visuell inspektion tillsammans med videoupptagning av områdena vid varje besök. Med syfte att skapa en översiktlig bild av tjällossningens utbredning och påverkan på vägarna i de olika områdena. I den mån det var möjligt var fordonet som användes för observation också utrustad med BiFi utrustningen. I Kramfors användes hyrbil för fältkontroller och därför finns ingen möjlighet för installation av extra BiFi enhet.



Figur 25 Sunne och Arvika den 12 April. Rektangeln visar var teststräckan är belägen.

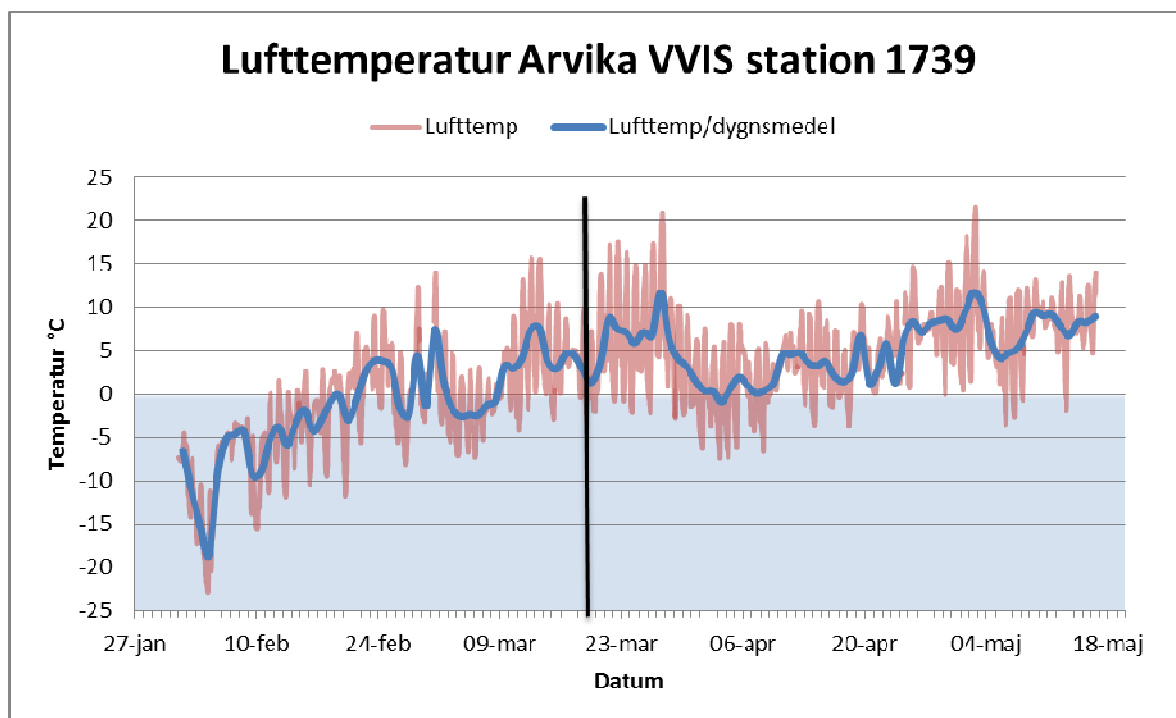
Mätperioden

Värmland

I Värmland (Figur 26) låg temperaturen under 0°C till i mitten på februari. Mellan den 20 februari och den 6 mars pendlar medeltemperaturen mellan -2°C och 7°C, efter det sjunker medeltemperaturen ner under 0°C fram till den 9 mars. I samband med temperaturökningen den 9 mars inkommer också ett nederbördsområde med ca 45mm nederbörd det dygnet.

När mätningarna i Värmland startar den 13 mars har temperaturen ökat till ca 5°C, och medeltemperaturen stannar över nollan till månadskiftet mars – april då medeltemperaturen sjunker. Under denna period (13-31 mars) pendlar temperaturen mycket under dygnet och temperaturen dyker under 0 grader under de flesta nätter och toppar under dagtid med temperaturer upp över 20°C. Mars är överlag en torr månad med enbart två större nederbördshändelser (9 och 21 mars).

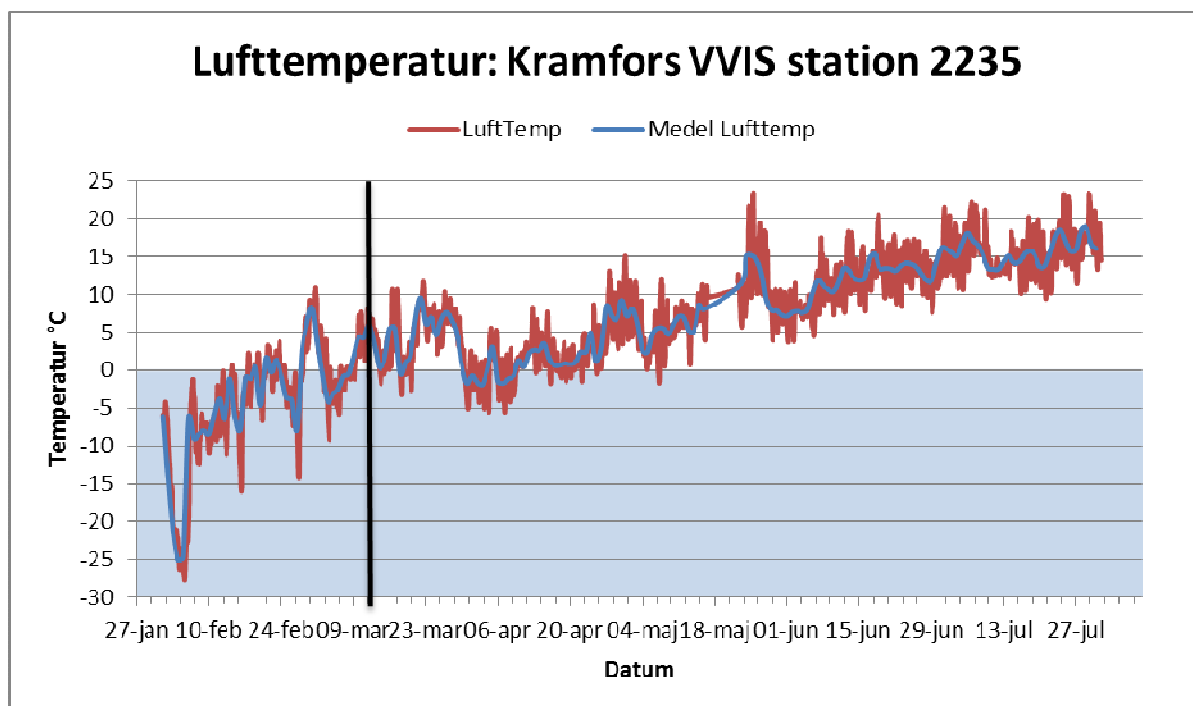
I början på april sjunker temperaturen och ligger en vecka runt nollan, med plusgrader på dagarna och minusgrader på natten. Runt den 10 april ökar medeltemperaturen och den kommer pendla mellan 2-5°C fram till månadskiftet då temperaturen stiger till runt 10°C i medeltemperatur. I samband med denna ökning inleds även en period med mer nederbörd, från den 9 april till den 27 april kommer det nederbörd vid 5 tillfällen. Mellan den 10 april till 20 april är det minusgrader under nätterna, men efter den 20 april är det bara vid enstaka tillfällen som detta inträffar.



Figur 26: Lufttemperatur från VVIS station 1739, Arvika. Blå linje visar dygnsmedel, och röd linje visar temperatur med halvtimmesintervall. Den svarta stapeln visar tidpunkten för installationen av sensorer.

Kramfors

I Kramfors (Figur 27) dröjer sig vintern kvar med kopplat grepp fram till i slutet på februari, då temperaturen för första gången på allvar tar sig över nollan. Vid månadskiftet tar sig temperaturen upp över nollan med en maxtemperatur på 9°C. Sedan sjunker temperaturen igen och de första veckorna i mars pendlar temperaturen mellan -5 till 5°C. Efter den 10 mas ligger dygnsmedlet på mellan 0 och 5°C men dyker under 0°C på nätterna. Vid installationen av enheter den 21 mars har temperaturen legat över 0°C i några dagar, och temperaturen ökar nu till en medeltemperatur på mellan 5-10°C. Vid månadskiftet med april, sjunker temperaturen åter, och pendlar mellan -5 och 5°C i under de kommande veckorna. Det dröjer till den 25 april innan temperaturen både dagtid och nattetid är över noll grader någon längre period. Och inte för än den 7 maj slutar temperaturen helt att gå under nollan.



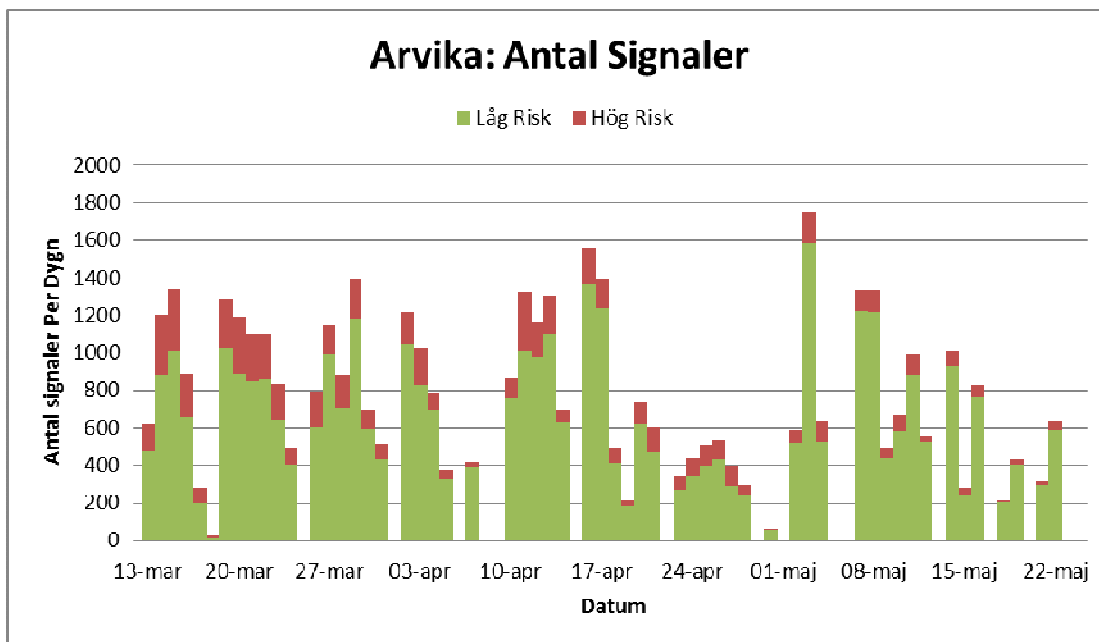
Figur 27 Kramfors, lufttemperatur och dygnsmedeltemperatur från VVIS station 2235. Den blå linjen visar dygnsmedeltemperaturen och den röda visar temperaturen med 30min intervall. Den svarta linjen visar tidpunkt för installation av sensorer.

Antal signaler

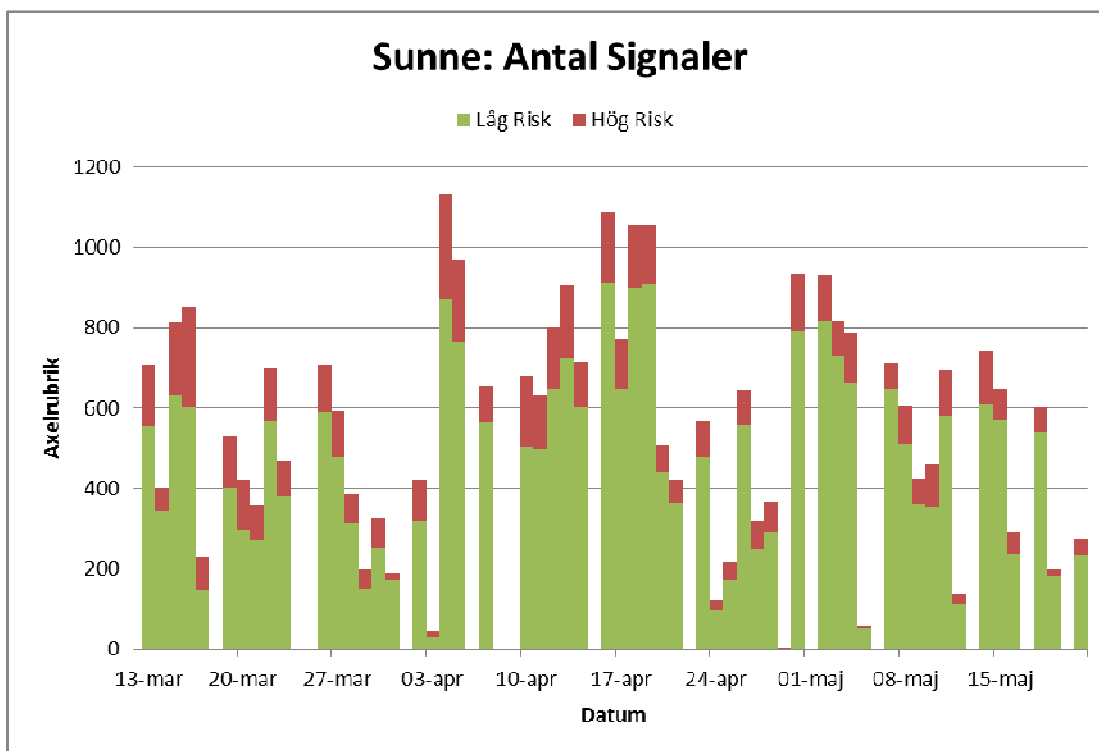
Sensorerna som är monterade i Postbilarna gör under färd en bedömning av vägytan då fordonet passerar genom kurvor: Hård eller mjuk. Om vägytan bedöms vara hård skickas en lågrisksignal, om vägytan istället bedöms vara mjuk skickas en högrisksignal.

Antal inkomna signaler varierar från dag till dag, och från område till område. I Arvika inkom under mätperioden i snitt 780 signaler per dag, varav vilka i snitt 125 var högrisksignaler. I Sunne är siffran något lägre med ett snitt på 560 signaler per dag. Kramfors har ett totalt dagsmedel på 391 signaler om dagen. Att Kramfors postbilarna levererar färre signaler kan bero på att körslingorna i större utsträckning är belagda än i Sunne och Arvika.

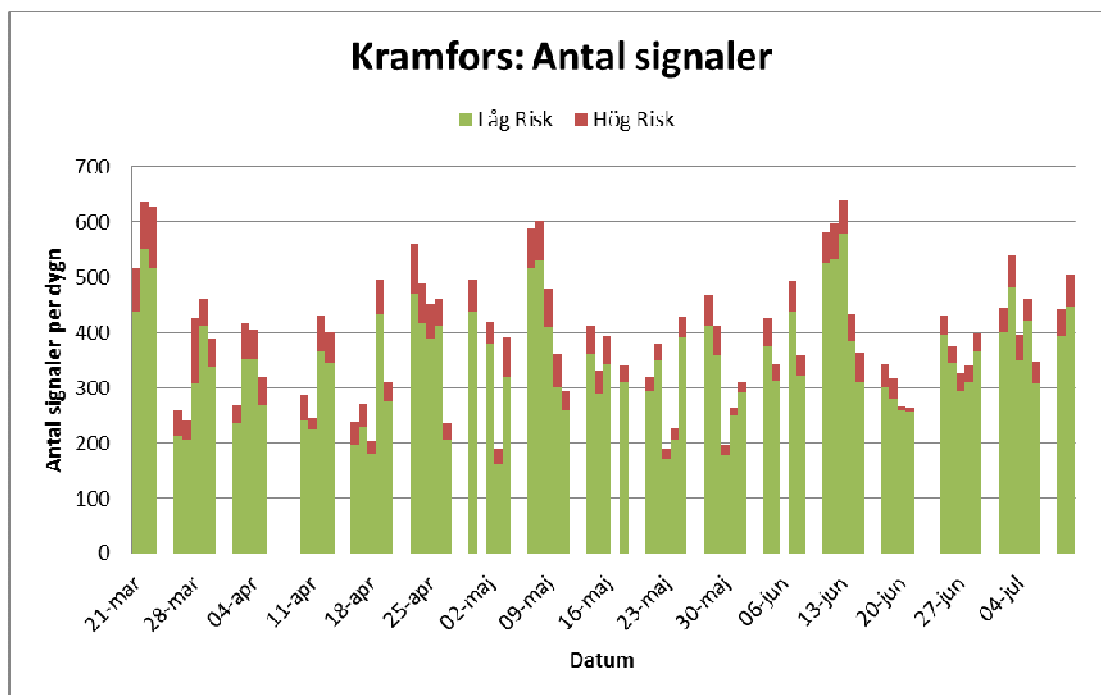
I Figur 28 & Figur 29 visas fördelningen av signaler för både Sunne och Arvika under mätperioden, man kan även utläsa andelen högrisksignaler. Variationer mellan dagar kan bero på flera saker: postbilarna är stundtals inne på service, postbilarna rullar bara veckodagar med undantag för helgdagar, det kan finnas variationer i körschemat på vissa sträckor.



Figur 28 Antal signaler från postbilar utrustade med BiFi utrustning, för Arvika postdistrikt. Varje stapel representerar antalet signaler per dag, och är uppdelade i Hög Risk och Låg Risk.



Figur 29 Antal signaler från postbilar utrustade med BiFi utrustning, för Sunne postdistrikt. Varje stapel representerar antalet signaler per dag, och är uppdelade i Hög Risk och Låg Risk.



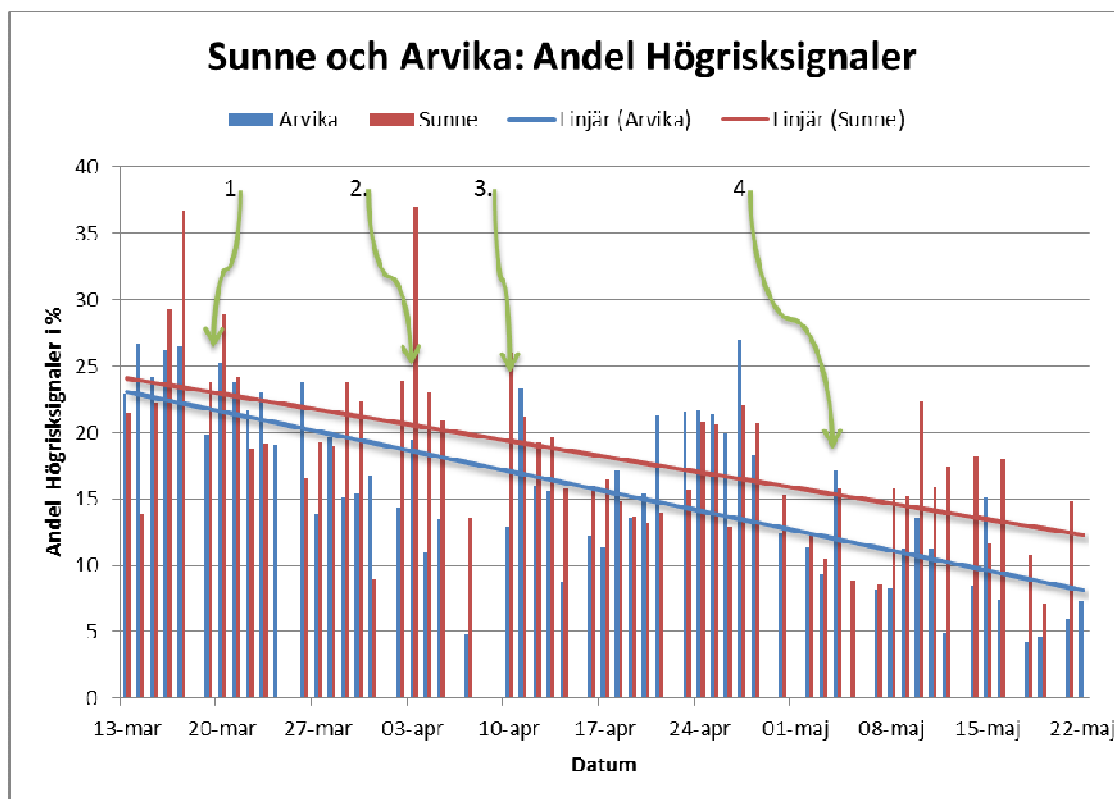
Figur 30 Antal signaler från postbilar utrustade med BiFi utrustning, för Kramfors postdistrikt. Antal signaler per dag är i medel 390st. Varje stapel representerar antalet signaler per dag, och är uppdelade i Hög Risk och Låg Risk.

Andel högrisksignaler

För att avgöra om ett område är uppmjukat eller inte, bör man titta på mer än enskilda signaler eller mätpunkter. En sammanvägd bild av läget skapas genom att titta på alla inkommande signaler från ett visst område och hur stor andel av dessa som är högrisksignaler och indikerar ytuppmjukning. Ju större andel högrisksignaler desto större sannolikhet för att området är påverkat.

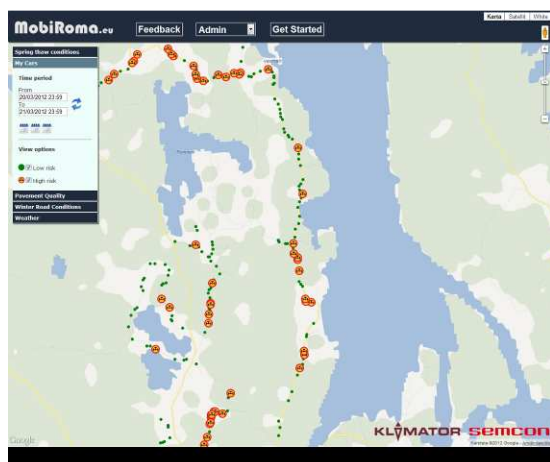
Arvika och Sunne

I Värmland sattes utrustningen in ca en vecka efter att tjällossningsförloppet inletts, vilket leder till att den initiala ökningen av högrisksignaler som förväntas när vägarna går från frysta till uppmjukade inte återfinns i data. Mätperioden börjar med andelen högrisksignaler mellan 25-35% i Sunneområdet och mellan 20-30% i Arvika. Båda områdena uppvisar liknande trend med en långsam sänkning från utgångsvärdena på mellan 20-40% till 5-10%. Arvika och Sunne följer varandra ganska väl med vissa undantag, framförallt perioden 2 april till 10 april då Sunne ligger

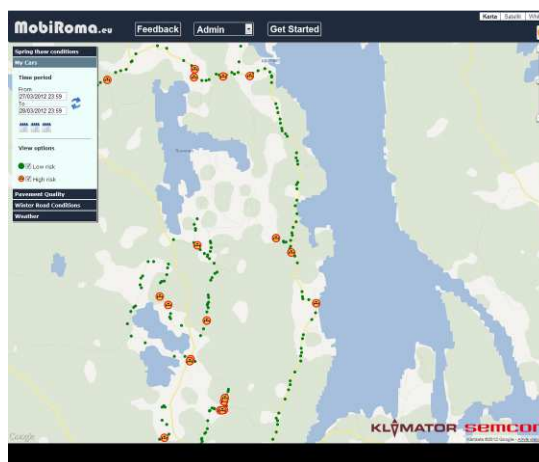


Figur 31 Andel högrisksignaler Arvika och Sunne. Pilar 1-4 hänvisar till figurer 29-31, vilka visar andelen högrisksignaler för ett mindre område sydväst om Arvika. Det mindre området följer trenden väl.

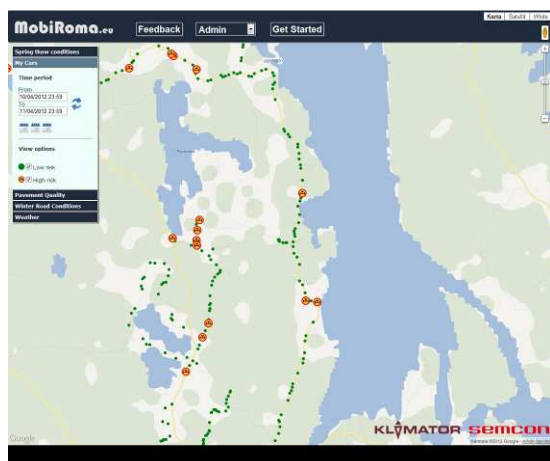
I utdragen nedanför i Figur 32-Figur 35 visas ett område söder om Arvika. De visar tjällossningens fortlöpande från uppmjukat och dålig bärighet till upptorkat och hög bärighet. Andelen högrisksignaler stämmer väl överens med Arvika i stort (se figur 22), med undantag för den 4 maj, då området har 0% andel högrisksignaler, medan Arvika i stort har en andel på ca 10%. I området är vägarna till stor del orienterade från nord till syd vilket ger en tidigare upptorkning än Arvika i stort.



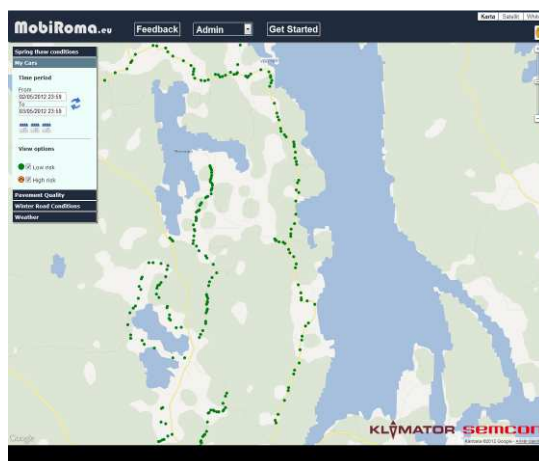
Figur 32 21 Mars, Sydväst om Arvika, Andel Högrisksignaler 37%



Figur 33 4 April, Sydväst om Arvika, Andel högrisksignaler 13%



Figur 34 11 April: Sydväst om Arvika, Andel Högrisksignaler 10%



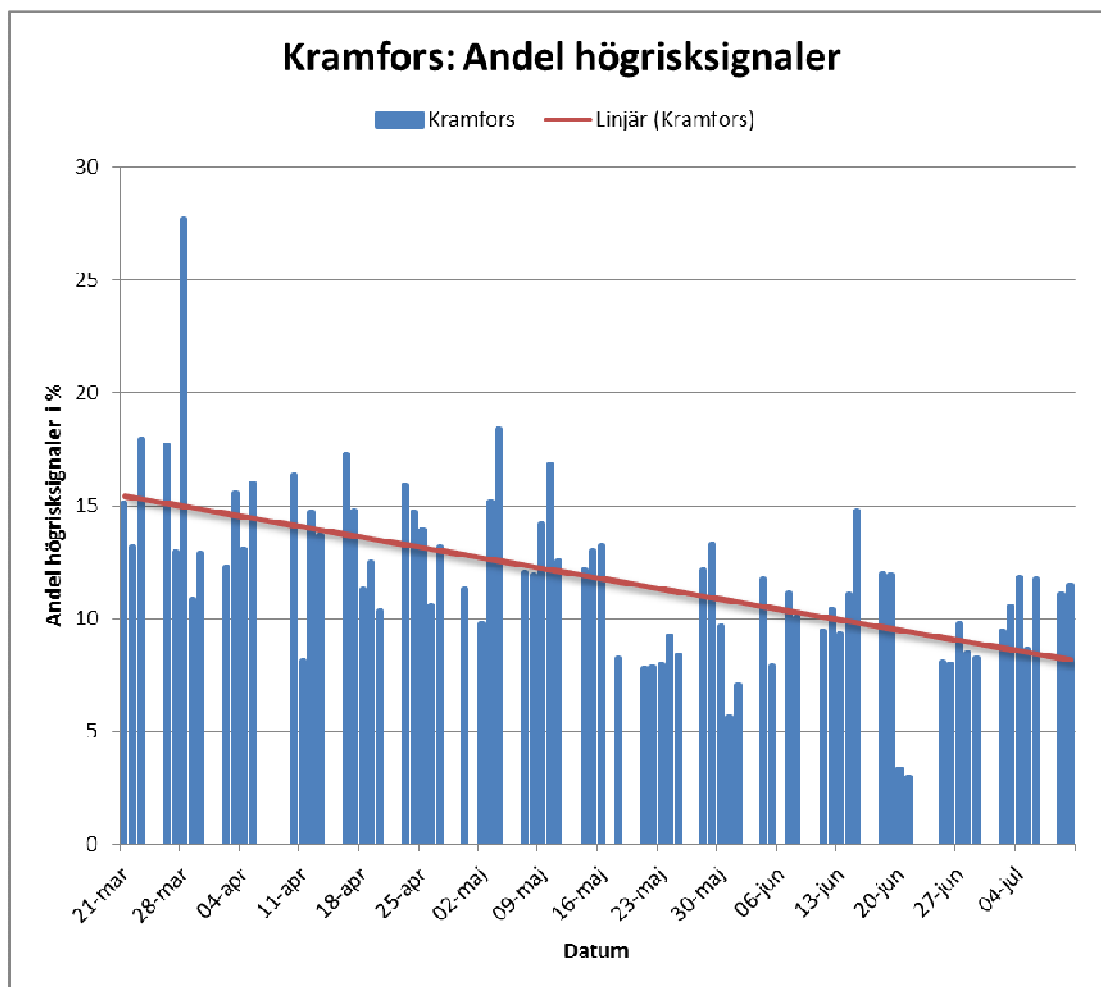
Figur 35 4 Maj, Sydväst om Arvika. Andel Högrisksignaler 0%

Kramfors

Trenden i Kramfors skiljer sig nämndvärt från Sunne och Arvika. Skeendet kan i stort delas in i två perioder, den första från den 21 mars till den 17 maj, och den andra från 18 maj till 10 juli då enheterna plockas hem. Den första perioden tolkas som perioden då vägarna är påverkade av tjällossningen.

Andelen högrisksignaler håller sig förhållandevis jämn mellan den 21 mars och den 17 maj. Under denna period avtar andelen långsamt från ca 16 % till 13 % med en toppnotering på 27 % högrisksignaler. Under denna period är en period som präglas av nederbörd.

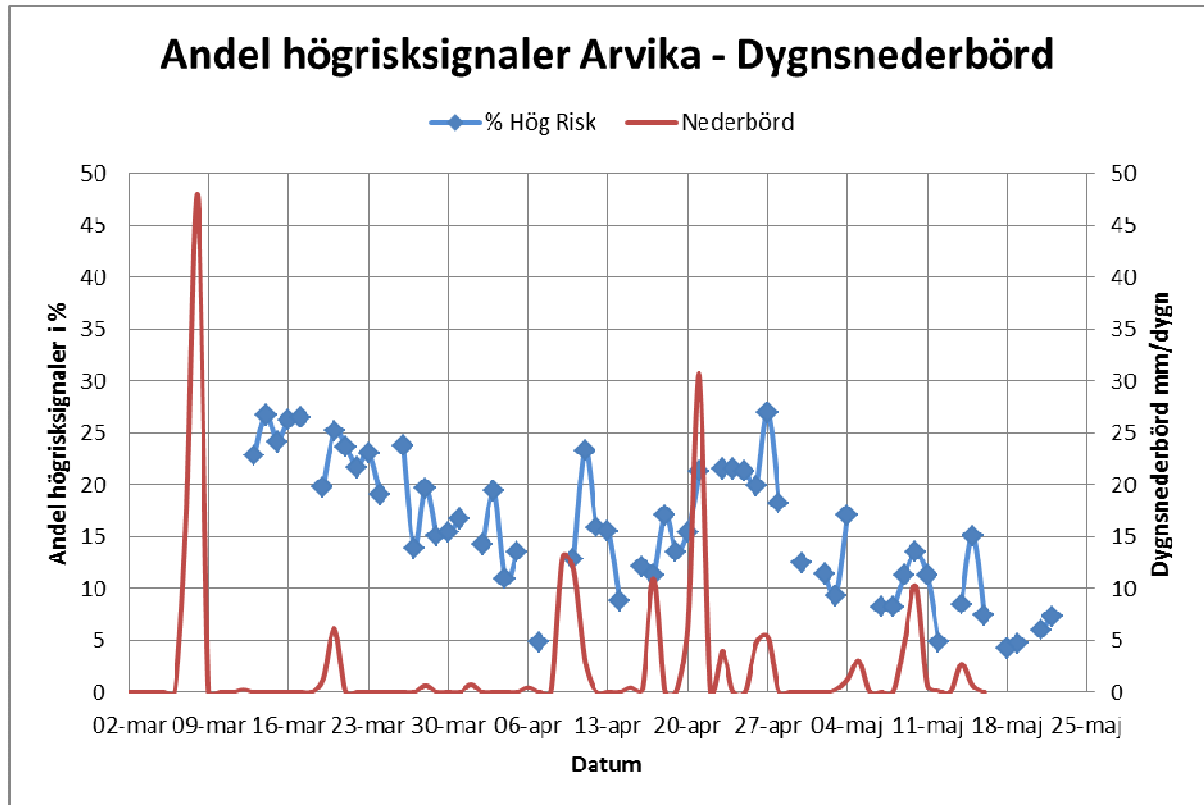
Efter den 17 maj sjunken andelen högrisksignaler och den kvarvarande tiden så pendlar andelen runt 10 %, med en maxnotering på 15 % den 15 juni och en bottennotering den 21 juni med 3 %. Denna nedgång sammanfaller med en längre torrperiod som börjar den 15 maj och håller i sig in i juni.



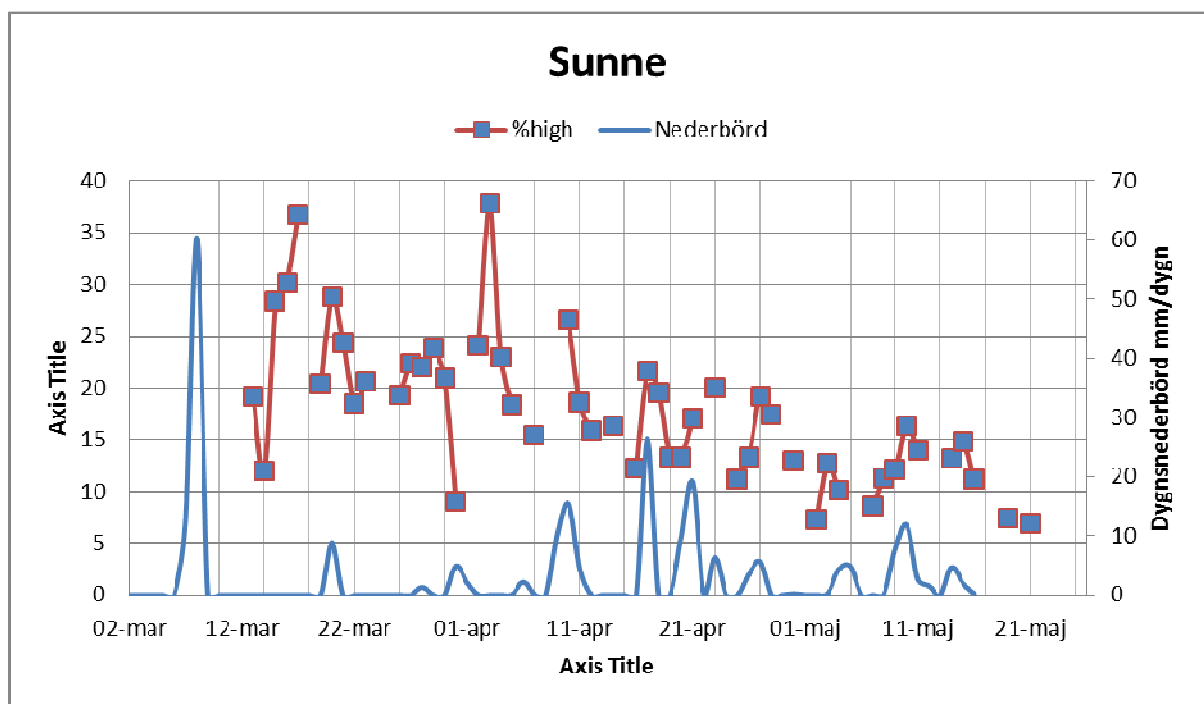
Figur 36 Kramfors: Andel högrisksignaler

Signaler och Nederbörd

I både Arvika och Sunne verkar det finnas en korrelation med ökning av andelen högrisk signaler och nederbörd, speciellt i den senare delen av mätperioden (Figur 37 Figur 38). Då vi mäter ytuppmjukning som är kopplat till mängden vatten tillgänglig i vägmaterialet är detta väntat. Påverkan ser ut att minska i slutet på mätperioden. Detta kan bero på att det är lättare för vattnet att infiltrera i vägkroppen när det inte finns någon is och vägkroppen redan från början är förhållandevis torr.



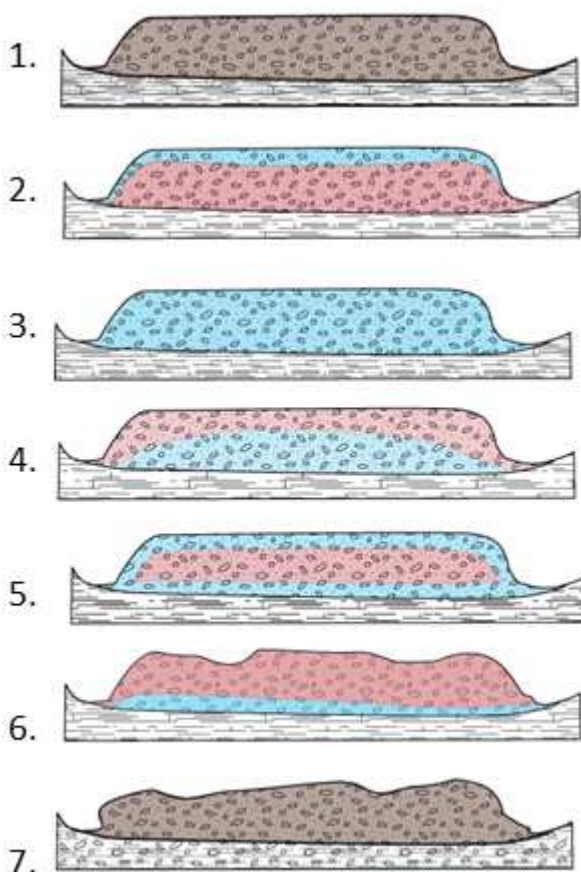
Figur 37: Andel högrisksignaler och dygnsnederbörd. Andelen högrisksignaler ser ut att öka i samband med nederbörd.



Figur 38: Andel högrisksignaler och dygnsnederbörd.

Referensmätningar

Under fältförsöket har referensmätning genomförts vid flera tillfällen både i Värmland och i Kramfors. Under tidigare säsonger har tyngdpunkten legat på mätningar med dynamisk konpenetrometer (DCP). Vikten som lagts på DCP mätningar under den senaste säsongen har minskat något och större vikt har lagts på dokumentering av hela områdena med hjälp av videospelning. Båda metoderna används för att bedöma bärighetssituationen för områdena under observationstillfällena.



Figur 39 Schematisk bild av olika skeden under tjällossningförloppet.

1: Oppåverkad torr vägbana. 2: Yttemperaturen sjunker under fryspunkten, inledande skedet på tjälperioden. Under ytan är vatten i flytande form fortfarande tillgängligt. Formering av islinser kan initieras om grundvatten finns tillgängligt. 3: Vägbanken är genomfusen, hög bärighet. 4: Ytuppmjukning, vägytan tinar och är vattenmättad. Spårighet kan uppkomma, men inga större skador på vägbanken. 5: Återfrysning, en tids uppmjukning följs av temperatursänkning vilket orsakar en frysning i ytan. Kan leda till skador på vägen om vägbanken i stort är uppmjukad och vattenmättad. 6: Kraftig uppmjukning, det frusna lagret längre ner i vägbanken fungerar som en barriär genom vilken vatten ej kan infiltrera vilket leder till en vattenmättad vägbank med mycket låg bärförmåga. 7: Deformerad väg.

DCP

Dynamisk konpenetrometer (DCP), är en low-tech mätmetod där en kon drivs ned i vägytan med hjälp av en handdriven hejarvikt. Hastigheten med vilken konen drivs ned (mm penetration per slag) ger ett mått på lagertjocklek och hållfasthet i lagren (VV, 2008). DCPn kan hanteras av en person och metoden kan användas som mätmetod för att bestämma uppmjukningsgrad för tjällossningspåverkade vägbanor (Saarenketo, p.13, 2005) och rekommenderas som sådan av ROADEX II. Från penetrationshastigheten beräknas ett bärighetsmått: California Bearing Ratio (CBR) vilken är ett mått på bärigheten jämfört med ett standardmaterial (krossad kalksten).

$$CBR = \frac{p}{p_s} \cdot 100$$

Ekvation 1: p = tryck uppmätt för in-situ material [N/mm²].

p_s = trycket för att uppnå samma penetration i standardmaterial [N/mm²].

CBR Jämförvärden

Det kan vara svårt att förhålla sig till CBR % värden utan att ha en referens, därför följer en tabell med uppmätta värden på olika typer av underlag: torr grusväg, blötgrusväg, frusen grusväg, opackad sand, opackat vägmateriäl, lera. Värdena avser medelvärde på de översta 5-10cm av materialet. Alla värden är insamlade med DCP utav Klimator AB.

Tabell 1: CBR värden för olika typer av material. Värden insamlade under 2010-2011 med DCP för referens.

Materialtyp	CBR %
Lera	0-10%
Opackad sand	10-20%
Vattenmättad grusväg	10-40%
Opackat vägmateriäl	20-50%
Blöt packad grusväg (hjulspår)	50-100%
Torr packad grusväg (hjulspår)	80-170%
Frusen grusväg	140-600%

Fältobservationer

Fältobservationer tillsammans med videodokumentation har använts för att bedöma ett större område än det som kan åstakommas med bara DCP, som är begränsad till så många punkter man hinner mäta vid ett givet tillfälle. Videodokumentation har utförts med hjälp av en GoPro Hero2 HD videokamera som monterades på insidan framrutan av det fordon som använts vid fältobservationerna. Sammanlagt har 45h video loggats. Detta i tillsammans med fältanteckningar har använts för att skapa en logg med övergripande bedömning av tjällossningsläget i de olika områdena. Nedanför är exempel på hur videodokumentationen ser ut.



Figur 40: Exempel på en väg med hög spårighet norr om Kramfors.



Figur 41: Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Frusen vägbanan, fortfarande snö i diken.

Observationerna visar att tjällossningen initierats i både Värmland och Kramfors. I Värmland finns en trend där andelen av vägnätet som är uppmjukad minskar i takt med upptining och upptorkning. Denna trend stämmer väl överens i tid och utsträckning med de data som rapporterats in från Postbilarna.

Tabell 2: Fältobservationer från både Värmland och Kramfors.

Observationstillfälle	Observationer	Uppskattad andel uppmjukad väg:
14 Mars Sunne/ Arvika	Sunnesträckan var till största delen torr eller fuktig men inte vidare uppmjukad. Endast ett område på slingan visade tecken på uppmjukning och nedsatt bärighet med djupa hjulspår, tydliga på film. I Arvika området var vägarna bara delvis uppmjukade med många partier till synes upptorkade. En del is och snö fortfarande kvar i de mörkaste partierna.	40-50%
15 Mars Sunne/Arvika	Ingen större förändring från dagen innan. Vissa partier som var mycket uppmjukade med uppenbar nedsatt bärighet börjar torka aningen i ytan.	40-50%
4 April Sunne/Arvika	Innan kontroll var oron stor att det skulle vara helt upptorkat i Värmland. Så var inte fallet. Fortfarande	Ca 30%

	fanns stora partier som var uppmjukade. Dock hade partier som var exponerade för sol och vind torkat upp. Mycket skuggade partier var på sina ställen fortfarande hårda. Dock ingen snö eller is synlig i terrängen. Relativt få platser fanns där det fanns nya skador som djupa hjulspår.	
17 April Sunne/Arvika	Nederbörd vid observationstillfället, vilket gjorde det svårt att identifiera mängden upptorkad väg. Dock är det få partier som visar täcken på uppmjukning.	<10%
21-22 Mars Kramfors	Stora delar av grusvägarna är fortfarande täckta av tjockt lager is, nordsluttningar och skuggade områden främst. På mindre grusvägar med mindre trafik är 90-95% istäckta. De mer trafikerade grusvägarna är det främst skuggade områden som är istäckta.	25-30%
	Av de partier som inte är istäckta så är ungefär hälften uppmjukade, och ungefär hälften av dem är mycket uppmjukade med djup spårbildning.	
28-29 Mars Kramfors	På de större grusvägarna har all is försvunnit. Stora partier är relativt hårda fortfarande, och vissa har torkat upp. Fortfarande är många partier uppmjukade till mycket uppmjukade.	Ca 20%
	På teststräckan är partiet som var extremt uppmjukat med djup spårbildning nu mindre vattenmättat, men spårbildningen finns fortfarande kvar. Flera av de partier som var uppmjukade och spåriga har börjat torka upp. Vissa partier som var frusna har blivit uppmjukade. Ca 20-30% av teststräckan är uppmjukad.	
	Upptorkningen orsakad av det varma och blåsiga vädret har fortsatt och överlag så är området aningen mer upptorkat än den 28 mars. På mätsträckan har upptorkningen fortsatt och uppmjukade partier har sjunkit till ca 15%. Om det fortsätter i samma tempo kommer det mesta av området vara upptorkat i nästa vecka.	

DCP

I Arvikaområdet valdes en testslinga på ca 1.5km ut med 8st testpunkter. Testpunkterna var placerade både öppet och i skuggläge, på krön och i dalgångar. Figur 42 visar utsträckning av sträckan samt testpunkternas placering.

Redan vid första testdagen den 15 mars, uppvisade två av punkterna tecken på upptorkning (punkt 1 och 8). I skuggpartierna var marken fortfarande frusen (3, 4) och på flera ställen fanns is kvar på vägbanan och snö i diken. Några av punkterna var ytuppmjukade, punkt 2, 5, 6 och 7 varav dessa 5 var mest uppmjukad.



Figur 42 Teststräckan i Arvikaområdet. 8 mätpunkter placerade för att täcka så många olika miljöer som möjligt. Söder om Edane.



Figur 43: Mätpunkt 4 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika, delvis frusen. 14 Mars. Frusen vägbanan med ispartier, fortfarande snö i diken.

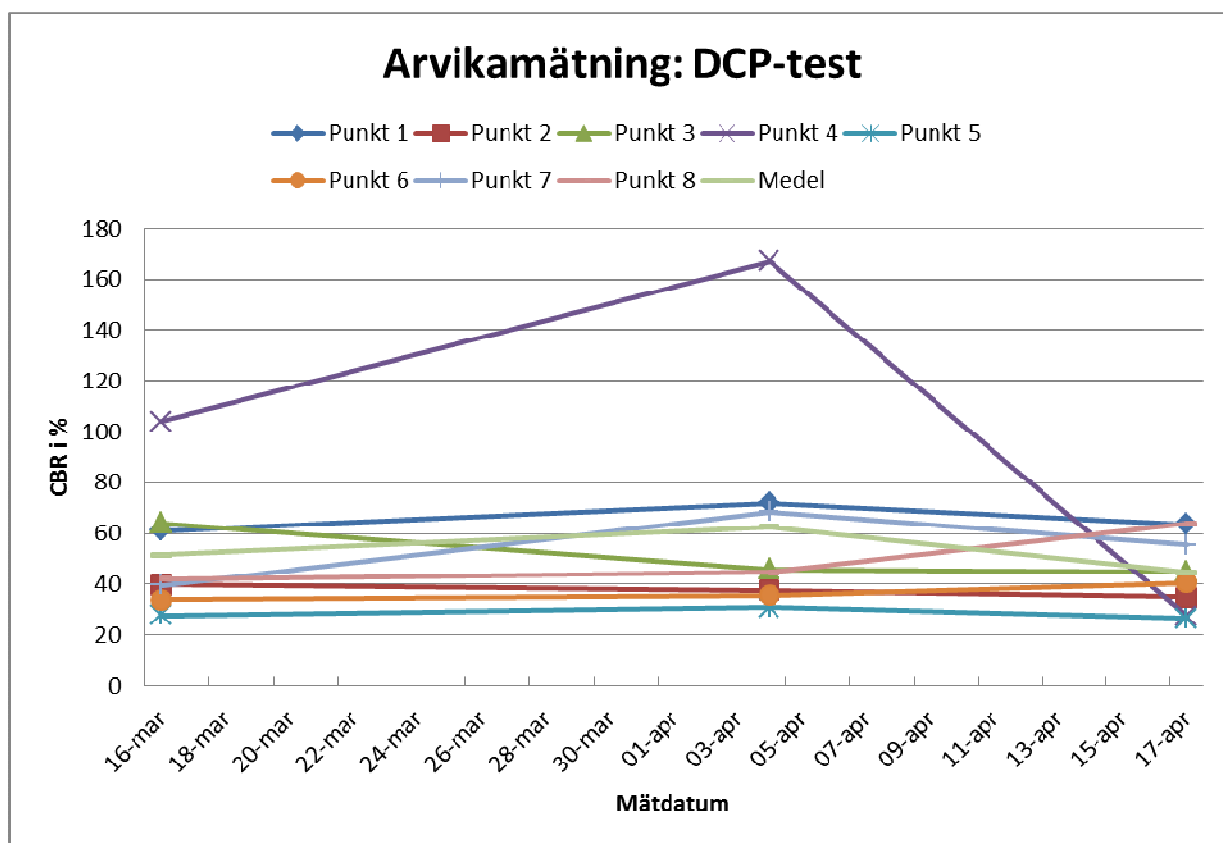


Figur 44: Mätpunkt 5 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Uppmjukat, med spårbildning.

Vid det andra mättillfället, den 4 april var temperaturen relativt hög på dagen, med temperaturer upp mot 10 grader på vissa platser. Det hade också varit relativt varmt under drygt en vecka med dagstemperaturer över 5 grader. Detta hade orsakat en

upptorkning punkt 7, utöver de som redan visade tecken på upptorkning vid det tidigare tillfället. Dock hade temperaturen varit flera grader under noll på natten och detta visade sig i att punkt 4 som är placerad på den mest skuggade platsen inte hunnit tina och var därför fortfarande fryst. Åter igen var punkt 5 den mest uppmjukade. Punkt 5 sammanfaller även med en återkommande högriskindikation.

Vid det sista mättillfället med DCP den 17 april, är häften av mätpunkterna upptorkade, (1, 2, 7, 8) och restarande delen är uppmjukade till olika grad. Punkt 4 som vid mättillfället innan var i fruset, är vid detta tillfälle uppmjukad, och punkt 5 som varit uppmjukad till mycket uppmjukad, är det även denna gång.



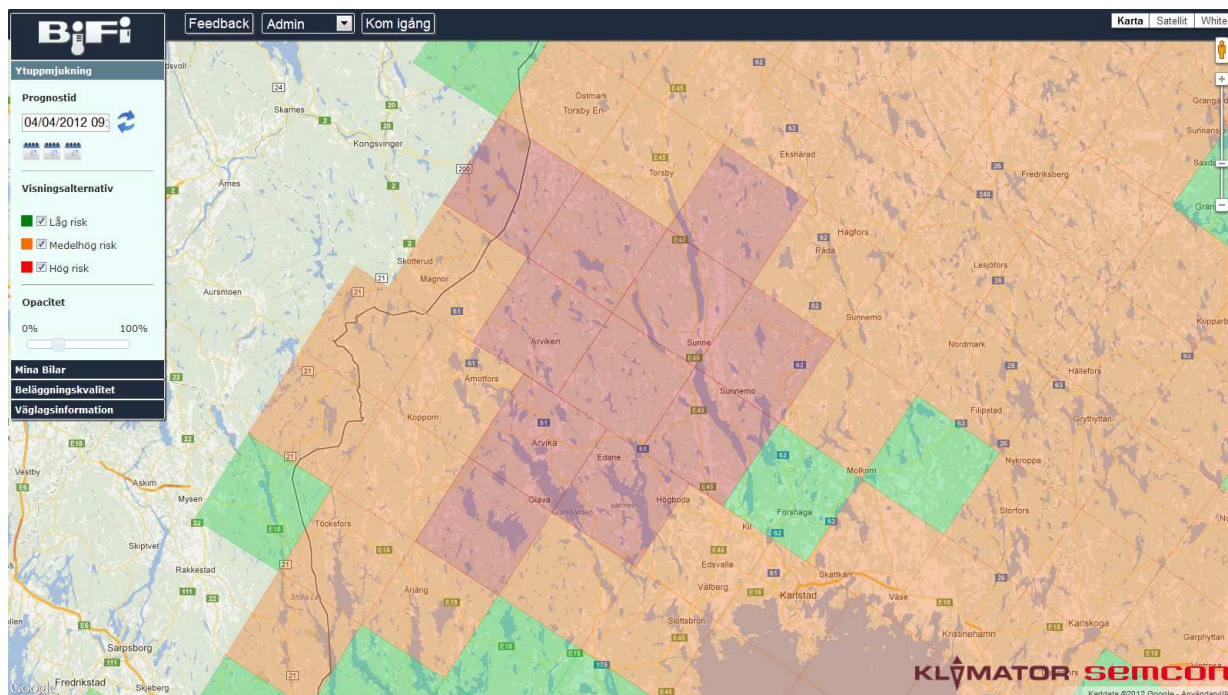
Figur 45: DCP mätning Arvika. Mätningarna visar att sträckan genomgår en upptining och en upptorkning samtidigt. De punkter som ligger i skuggläge (3 och 4) tinar och mjuknar medan punkter som ligger exponerat torkar och hårdnar (6 och 7). Punkt 5 visar CBR värden som motsvarar vattenmättat grus/sand under hela perioden, vilket beror på högt grundvattentryck vid punkten.

Sammanfattning av resultat från DCP, bilar, tolkmodell och tjäldjupsgivare

Vid en jämförelse mellan DCP resultat, fordonssignaler, tolkmodell och tjäldjupsgivare visar sig BiFi-systemet ha god överensstämmelse med de andra metoderna. Både fordonssignaler och tolkresultat följer väl tjällossningens utveckling.

14 mars – 4 april

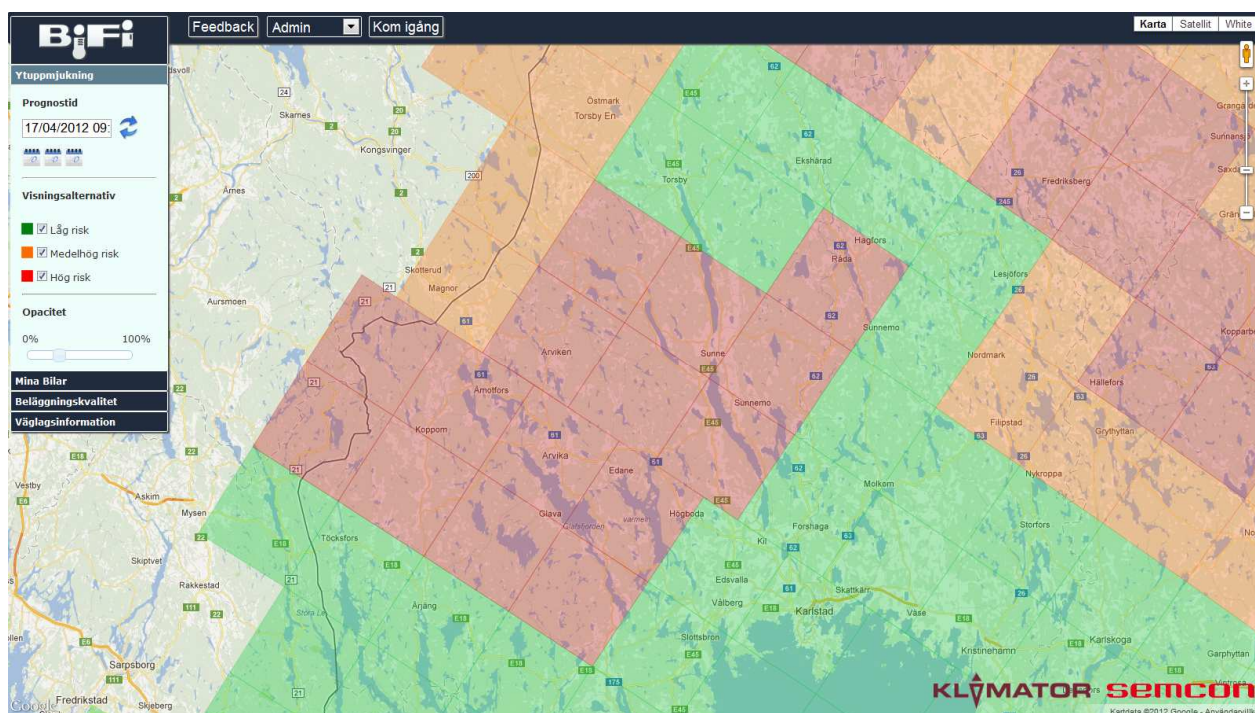
DCP-mätningarna tillsammans med observationerna visar att en hel del av vägarna i Värmland hunnit torka, medan flera av de skuggade partierna fortfarande var frusna. Exemplet från området sydväst om Arvika (Figur 32 -36 sydväst om Arvika) visar att bilarnas andel högrisksignaler minskat markant från 37% i början av perioden till 13% i slutet, troligtvis beroende på upptorkningen. Om man ser till samtliga signaler i Arvika och Sunne (Figur 31) har andelen endast minskat med ca 3-4%. Tjäldjupsgivarna (Figur 19 och 21) visar att det skett en rejäl upptorkning under denna period i södra Sverige, medan mellersta Sverige varit relativt opåverkad. Tolkmodellen klassar också vägarna kring Sunne och Arvika som uppmjukade i Figur 46. Antagligen vägs bilarnas signaler något högt den 4 april jämfört med väderdata. De omgivande områdena är alla orangea.



Figur 46 Inzoomning av vädermodellens resultat i Värmland den 4 april. Området runt Sunne och Arvika indikeras som högrisk.

4 april – 17 april

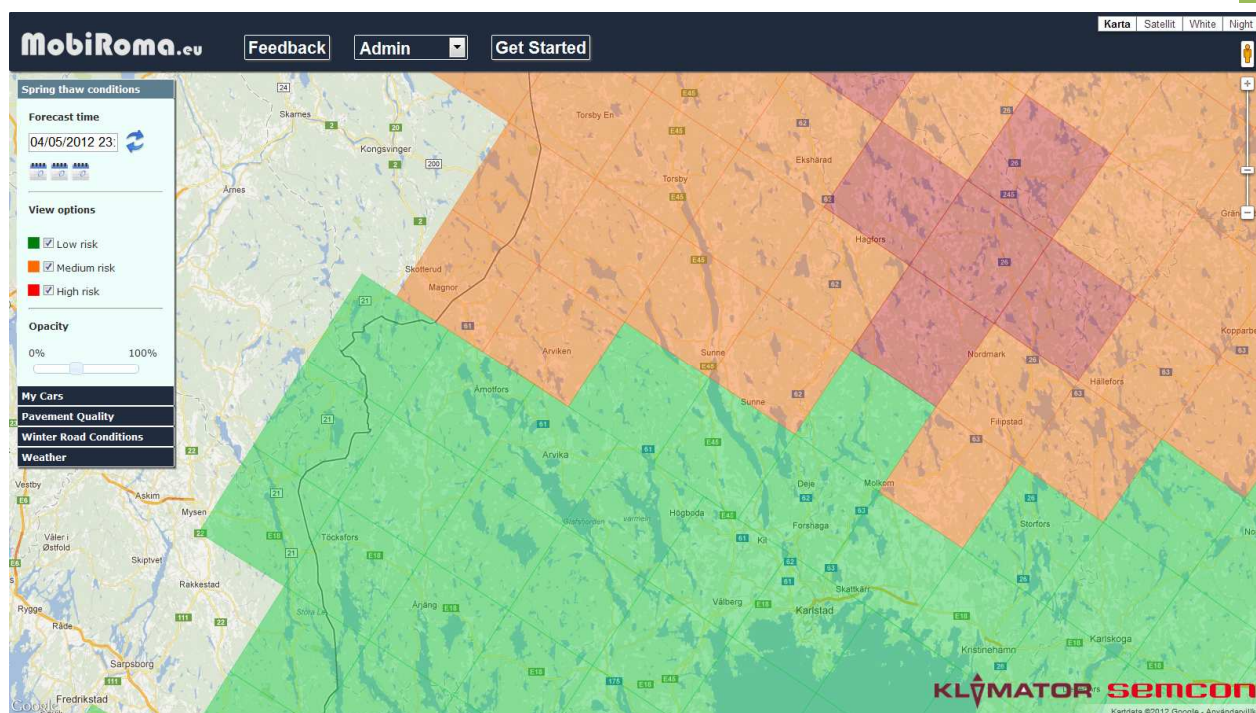
I Värmland förekommer fortfarande en del utsatta sträckor enligt observationer och DCP-mätningar. Exemplet från sydväst om Arvika (Figur 33 och 35) visar en relativt begränsad minskning jämfört med föregående period; från 13% till 10%. Andelen högrisksignaler från Postbilarna i hela Värmland sjunker från ca 18-15% i början av perioden till 12-15% i slutet (Figur 31). Både tolkmodellen och tjäldjupsgivarna visar att stora delar av södra Sverige torkar upp (Figur 16, Figur 20 och 22), men enligt tolkmodellen i Figur 47 är stora delar av Värmland fortfarande klassade som hög risk för bärighetsnedsättning. Även tjäldjupsgivarna indikerar pågående tjällossning i Värmland.



Figur 47 Inzoomning av vädermodellens resultat i Värmland den 17 april. Många platser i Värmland klassas som låg risk, men området runt Sunne och Arvika indikeras som hög risk för nedsatt bärighet.

17 april – 4 maj

I exemplet sydväst om Arvika har det torkat upp helt (Figur 34 och Figur 35). Andelen högrisksignaler i hela området är nu nere i mellan 8-12% (Figur 31). Tolkmodellen visar i Figur 48 att området är mestadels upptorkat den 4 maj. Tjäldjupsgivarna indikerar också att mellersta Sverige är mestadels upptinat (Figur 22) vilket kan tyda på att många områden har börjat torka upp långt upp i mellersta Sverige.



Figur 48 Inzoomning av vädermodellens resultat i Värmland den 4 maj. Endast norra delen av Värmland klassas som medelhög och hög risk för bärighetsproblem.

Diskussion

Sunne och Arvika är två områden som gränsar till varandra, de är ur klimatologisk, hydrologiskt och geologiskt synpunkt mycket lika. Givet detta bör båda områdenas tjällossningsförlopp i stora drag vara ganska lika, men med lokala variationer. Med ett system som BiFi bör områdenas nära belägenhet återspeglas i resultaten.

På grund av sen inmontering saknas det initiala skedet av tjällossningsförloppet, den resterande delen av tjälförloppet finns dock med i data. I både Sunne och Arvika sjunker andelen högrisksignaler med ungefär samma hastighet under mätperioden, se Figur 31. De temporära skillnader som förekommer kan ha flera orsaker: vägar är olika orienterade vilket leder till olika mängd solinstrålning, olika mängd nederbörd, samt olika kvalitet på grusvägar inom områdena. Kramfors visar ett annorlunda mönster än vad Sunne och Arvika gör. I Kramfors når andelen högrisksignaler inte mer än någon enstaka gång upp i de nivåer som kan iakttas i Värmland. Detta kan bero på att tjällossningen varit mildare i Kramfors än i Värmland, det kan också bero på kvaliteten på grusvägarna.

Den möjliga korrelationen mellan nederbörd och andelen högrisksignaler, vilken är mest tydlig i Sunne/Arvika, är en punkt som måste tas i beaktande. Om enbart nederbörd räcker för att ge en hög andel högrisksignaler (över 20%) måste det hanteras på något sätt i tolken, vilket det relativt enkelt kan göras genom att mängden nederbörd från VViS och väderdata används. Under tjällossningen kan mycket nederbörd leda till att situationen förvärras och då är ökningen av intresse. Men om ökningen orsakas av nederbörd under en period då nedsatt bärighet inte är associerad med tjällossningen måste detta testas i tolken. Nederbörd kan ensamt orsaka bärighetsproblem, speciellt på dåligt uppbyggda vägar med hög andel finmaterial, och är det intressant med att ta fram gränsvärden för även enbart nederbörd. Av denna anledning är det mycket viktigt att ett system byggs upp både av bil- och väderdata.

Flera möjliga felkällor finns i data från postbilar som man för tillfället måste ta i beaktning. Asfaltdetektionen fungerar inte perfekt i alla fall, och det finns därför en del falska positiva signaler i datasettet. Ett närbesläktat problem är fartspärren som finns i systemet, vid 60km/h slutar systemet att logga BiFi signaler då bilen kör för fort, detta leder till luckor i datasettet. Det senare är inte nödvändigtvis ett problem då det är svårt för posten att köra fortare när tjällossningen är i full gång.

Det blir först en orsak till luckor fram mot slutet på säsongen när upptorkning har gjort vägarna mer farbara. Olika förare kör på olika sätt. Dock borde detta inte leda till en skillnad i andelen högrisksignaler/lågrisksignaler utan snarare påverka mängden data totalt som kommer in.



Utfärdare, telefon
Anders S Johansson, 031-761 13 91

Dokumentnamn
Slutrapport BiFi del 2 – publik rapport

Datum
2012-10-08

Sida
55

Utgåva
1

Resultaten visar att tolkmodellen stämmer väl överens med tjäldjupsgivarna. Således kan tolkmodellen anses tillförlitlig när det gäller att simulera temperaturmässiga variationer och därmed avgöra om vägarna är i ett fruset tillstånd, avsmältningstillstånd eller upptorkningstillstånd. Svårigheten är att avgöra när vatteninnehållet i marken är så pass lågt att vägen är upptorkad. Där ger bilarna ytterligare viktig information om vägarnas tillstånd som i dagsläget inte kan fås på annat sätt. Tolkmodellen tar hänsyn till nederbörden, så det finns en viss möjlighet att simulera vattenmängden i vägen, men lokala variationer är stora, så osäkerheten blir stor. Skulle systemet användas kontinuerligt under en säsong, skulle särskilda problemområden kunna identifieras och gränsvärdena i tolkmodellen skulle kunna sättas på ett optimalt sätt.

Resultat & Sammanfattning

Under Bifi del 1 utvecklades en signalbehandlingsalgoritm som estimerar bärighet, hårdvarulösningar för datainsamling baserat på denna signalbehandlingsalgoritm och klimatmodell för att göra prognoser.

I BiFi del 2 var uppdraget att utvärdera och bevisa att tekniken håller för skarp drift. Ledorden i projektet har varit att ta fram en effektivisering av väginformation, att man med sensorer ute i det finmaskiga vägnätet i kombination med klimat information kan skapa en prognos för tjällossning.

Systemet som varit i drift under säsongen 2011/2012 har bestått av 13st i postbilar som varit installerade på 3 stiter Sunne, Arvika och Kramfors. Indikationerna från fordonen visar tydligt att man kan avgöra när vägen går från frusen till mjuk och slutligen torkar upp.

Systemets styrka visas när man kombinerar insamlad data från fordonen med klimatdata, i del 2 görs detta online i en funktions som benämns som Tolken. Tolken viktas fordonsdata mot klimatdata och skapar då robust information till väghållaren i kombination med prognoser som gör att man kan planera vilka områden som kommer att få problem med tjällossning.

En plattform för att hantera insamling av data, processande av data och ett flexibelt gränssnitt är utvecklat och i drift. Plattformen erbjuder stora möjligheter till att anpassa formaten för utdata. Systemet kan anpassas antingen till att leverera data via dataformat till ett kundsystem eller att anpassa en webbsida för kundens ändamål.

Slutsatser och uppnådda mål från analysen av BiFi del 2

- Fordonen med den utvecklade algoritmen levererar en bra bild av statusen på de vägar man analyserar.
- Metoden kan utvecklas till ett viktigt uppföljningsverktyg för aktörer som Trafikverket och driftsentreprenörer för att identifiera vägar och områden som är i behov av reparationer och underhåll, och ger även möjligheten att följa upp effektiviteten av tidigare utfört underhåll.
- Informationen som leveras från BiFi-systemet överensstämmer bra med fälttester och observerad data.

Bidrag till FFI-mål

Nedan redovisas hur föreliggande projekt bidrar till att uppfylla de mål som är uppsatta inom programmet "Transporteffektivitet":

- Resultatet från projektet kommer att kunna leda till minskade CO₂-utsläpp genom att transporter kan optimeras och effektiviseras.
- Den dynamiska modellen kommer att kunna användas till att optimera godstransporter speciellt gällande bärighetsrestriktioner som idag utgör ett kostsamt problem. Detta kommer att bidra till en stor effekt på samhälls- och närings ekonomi.
- Metoden kan utvecklas till en exportprodukt till områden med likartade förhållanden.

Resultat för delområde 1-4

Hårdvara

Målsättning BiFi 2:

- BiFi 2 hade målsättningen att ta fram 12 st system i drift.

Resultat:

- BiFi del 2 har utvecklat och uppdaterat BiFi hårdvaran till version 2.



Hårdvarulösningen är utvecklad för att kunna hantera de tunga beräkningar som utförs vid en mätning. Den är därför utrustad med en 32-bitars MIPS processor. Den innehåller också ett modem för kommunikation med systemets webbserver.

Provflotta

Målsättning BiFi del 2:

- Utrusta postbilar i 3 distrikt med utrustning

Resultat:

- Hårdvaror har varit installerade: 4 st i Sunne, 4 st i Arvika och 5 st utrustningar i Kramfors.



Projektet har fått en bra kontakt med Posten både lokalt i Sunne och Arvika men även centralt i Stockholm. Initiala diskussioner har tagits för att diskutera hur ett framtida affärsupplägg skulle kunna utformas.

Referensmätningar

Målsättning BiFi del 2:

- Jämförande mätningar – fordon, DCP

Resultat:

- Utvärdering och dokumentation av säsongen för att kunna utvärdera var gränsen för tjällossning går och för att trimma algoritmerna.



Utvärdering och dokumentation är en viktig del av kvalitetssäkringen och för att skapa förtroende för systemet.

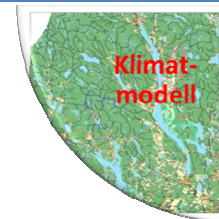
Klimatmodell

Målsättning BiFi del 2:

- Analysera bilddata ihop med klimatdata i en modell som körs på en server online.

Resultat:

- En klimatmodell och Tolkmodell är implementerad på projektets webbportal och som processar datat online.



En vidare utvecklad klimatmodell anpassad för tjällossning är framtagen och implementerad. Modellen körs online på webbhotellet.

Resultat för delområde 5-8

Marknadsföring/PR

Målsättning BiFi del 2:

- Föreläsa om resultatet och ta fram broschyr material + Webbsida

Resultat:

- Föredrag har hållits på Sirwec, Winter Maintenance (Iowa), Reklam poster är framtagen, roll-up framtagen .Webbsida är uppdaterad med marknadsmaterial



Projektet har uppmärksammats i media och material har tagits fram under våren 2012. Höjdpunkten som har fått mest uppmärksamhet var artikeln i NyTeknik den 14 mars.

Webbgränssnitt

Målsättning BiFi del 2:

- Ett webbgränssnitt för att kunna utläsa tjälrisken skall utvecklas

Resultat:

- Ett gränssnitt har utvecklats



Klientsidan innehåller hemsidan, kartapplikationen och ett antal omvandlings- och beräkningsfunktioner. Hemsidan innehåller ett antal delsidor med projektinformation samt en länk till kartapplikationen.

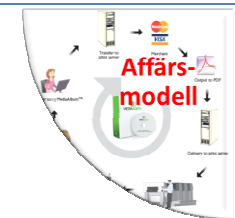
Försäljning/Affärsmodell

Målsättning BiFi del 2:

- Underlag för affärsmodell tas fram

Resultat:

- Affärsdiskussioner pågår och förhandlingar om att bolagisera resultatet är uppstartad.



Diskussioner om affärsmodellen har pågått under hela projektet och möjligheten att lyckas hänger på att kunna visa nytta av projektet.

Datainsamling/Databas

Målsättning BiFi del 2:

- En databas utvecklas för att kunna analysera data online

Resultat:

- En första prototyp av on-line insamling finns



Informationsflödet i systemet är stort och av varierande typ, därför valdes en databas som kommunikationsnav.

Produkt / affärsmodell

Affärsmodellen har varit en punkt på arbets- och styrgruppsmöten under hela projektet och är något som arbetas med under hela projektet. Affärsmodellen kommer att fortsätta utvecklas efter att projektet är avslutat. Några punkter som kommit ut av arbetet med affärsplanen är följande:

- Vem tjänar på BiFi? Väghållaren (Trafikverket, Vägföreningar..), Skogsnäringen eller finns det andra intressenter som har intresse i att vägarna inte blir sönder körda eller veta om statusen är dålig så att man skall köra en alternativ väg. Skogsforsk har ju tydligt visat att skogsnäringen har möjlighet att effektivisera virkes hantering⁷. Skogsnäringen kommer att bearbetas med en säljinsats under hösten 2012.
- Prisindiaktion är lämnad till väghållaren för att driva ett pilot projekt under säsongen 2012/13.
- Semcon och Klimator har långt gångna samtal om att bolagisera resultatet och driva tekniken vidare
- Samtal med Posten om framtida samarbete är genomfört.
- Projektet har identifierat parter som kan vara både kunder och leverantörer till systemet: Posten, hemtjänsten, vägföreningar eller andra som nyttjar grusvägnätet.

Användning av projektresultat

Resultatet från projektet möjliggör för transportindustrin att minska transporttider genom färre störningar och en ökad framkomlighet. Vidare kommer användningen av resultaten att användas för att förebygga stillestånd under transportuppdrag och därmed öka utnyttjandegraden av fordon genom prediktion av bärighetsstatus.

Väghållaren ges möjlighet att på ett dynamiskt sätt hantera vägavstängnings-problematiken i förhållande till hur detta sker idag då stora marginaler måste användas för att undvika skador.

Deltagande företag har för avsikt att produktifiera framkomna resultat för att möjliggöra försäljning till åkerier, transportorganisationer, fordonstillverkare samt nationella och internationella väghållare.



Figur 49 Översikt BiFi systemet

⁷ Skogsforsk Nr 663 2008: Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete.

Kommunikation

Media

Projektet har blivit spritt via media i tidningar.

- Reportaget i NyTeknik 14 mars
- Tidningen Skogen nr 4 2012
- Värmlandsfolkblad 2012-03-22

Konferenser

- Fia dagen 2012-03-22
- SIRWEC 16th International Road Weather Conference, Helsinki, Finland. 23-25 maj 2012
- International Conference on Winter Maintenance and Surface Transportation Weather on April 30-May 3, 2012, in Coralville, Iowa.

Publikationer

Rapport: Förslag till metod för referensmätningar i vägbana. 2010-06-29

Rapport: Klimatologisk och Geologisk karaktär hos mätsträckorna. Esben Almkvist och Eric Zachrisson

Rapport: GIS modellering – Spridning i landskapet, BiFi. 2010-09-15

Referensgruppen

Referensgruppen har samlats i Stockholm den 2011-12-01.

Referensgruppen har samlats i Göteborg den 2012-05-30.

Slutrapporten kommer att presenteras för referensgruppen i slutet av året.

Bilaga A - Deltagande parter

Deltagare i projektet:

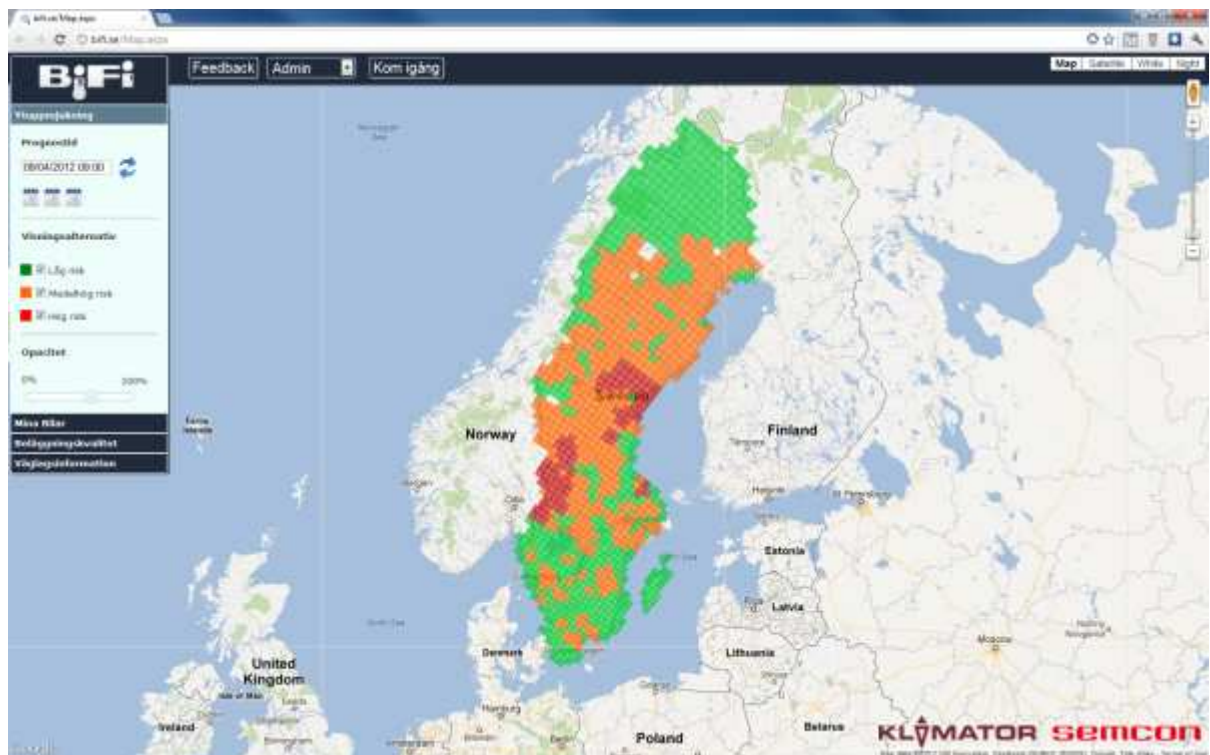
Semcon www.semcon.com	
Klimator (Ett kunskapsföretag vid Göteborgs universitet) www.klimator.se	
Trafikverket www.trafikverket.se	
Värmlandsåkarna (En lokalavdelning av Sveriges åkeriföretag). www.akeri.se/akeriforeningar/varmland/varmlandsakarna	

Bilaga B - Karttjänst

Bilden nedan, Figur 50, visar ytuppmjukning i Sverige den 8 april 2012. I detta fall är de södra delarna i stort sett upptorkade samtidigt är de norra delarna fortfarande är frusna. Vi ser då ingen antydning till ytuppmjukning i dessa regioner (grön). Det mellanliggande bandet visar dock på risk för ytuppmjukning (orange). Där vi har information från de sensorutrustade bilarna kan vi med säkerhet säga att ytuppmjukning pågår (röd).

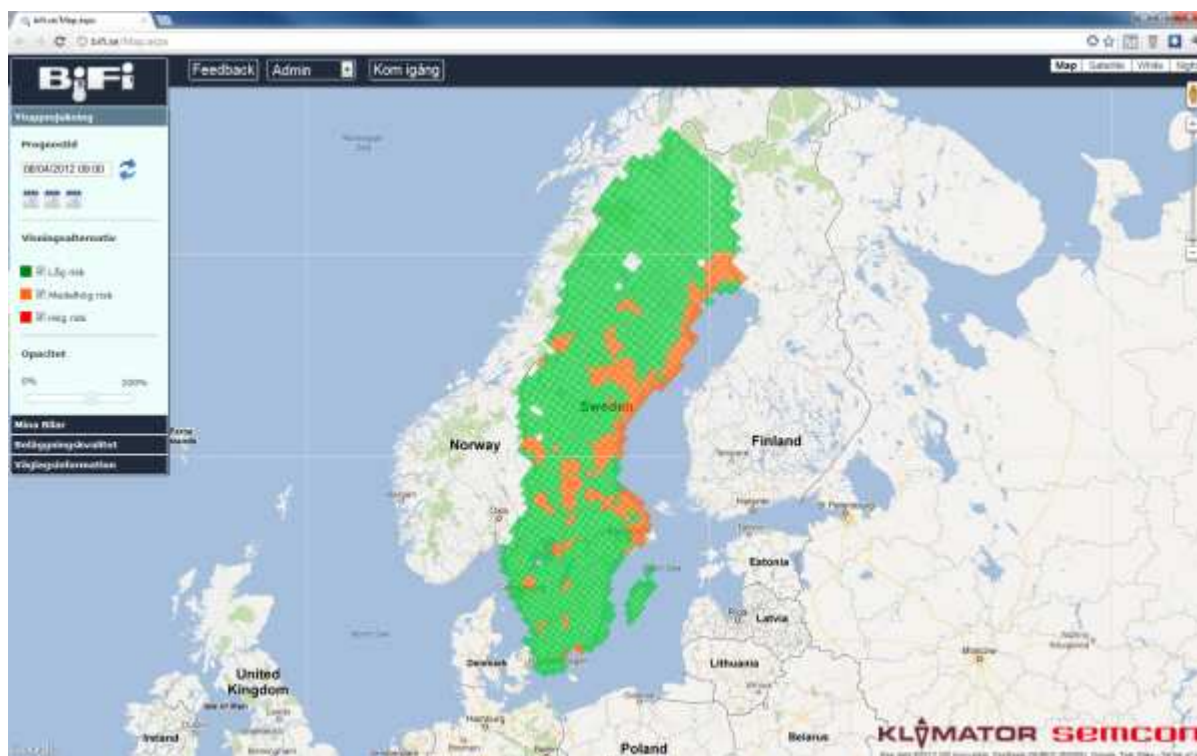
Storleken på ytuppmjukningsrutorna går att ändra, vilket idag görs genom att användartyp. En storanvändare ser de mindre rutorna och en publik sida kan visas med större rutor. Rutstorlekarna är 20x20, 40x40 and 100x100 km.

Till vänster i samma bild ser vi de inställningsmöjligheter som finns. Överst i inställningsrutan ligger möjligheten att ställa in vilken prognostid som ska visas. Under den ett antal demo-prognostider och därefter visningsalternativ. Dessa gör det möjligt att visa/gömma de olika ytuppmjukningsriskerna. Därefter finns en opacitetslider som sätter genomskinligheten på ytuppmjukningsrutorna. Längs upp på kartan hittas knappar för val av användare, en länk till kom-igång sidan samt ett antal karttypsval.



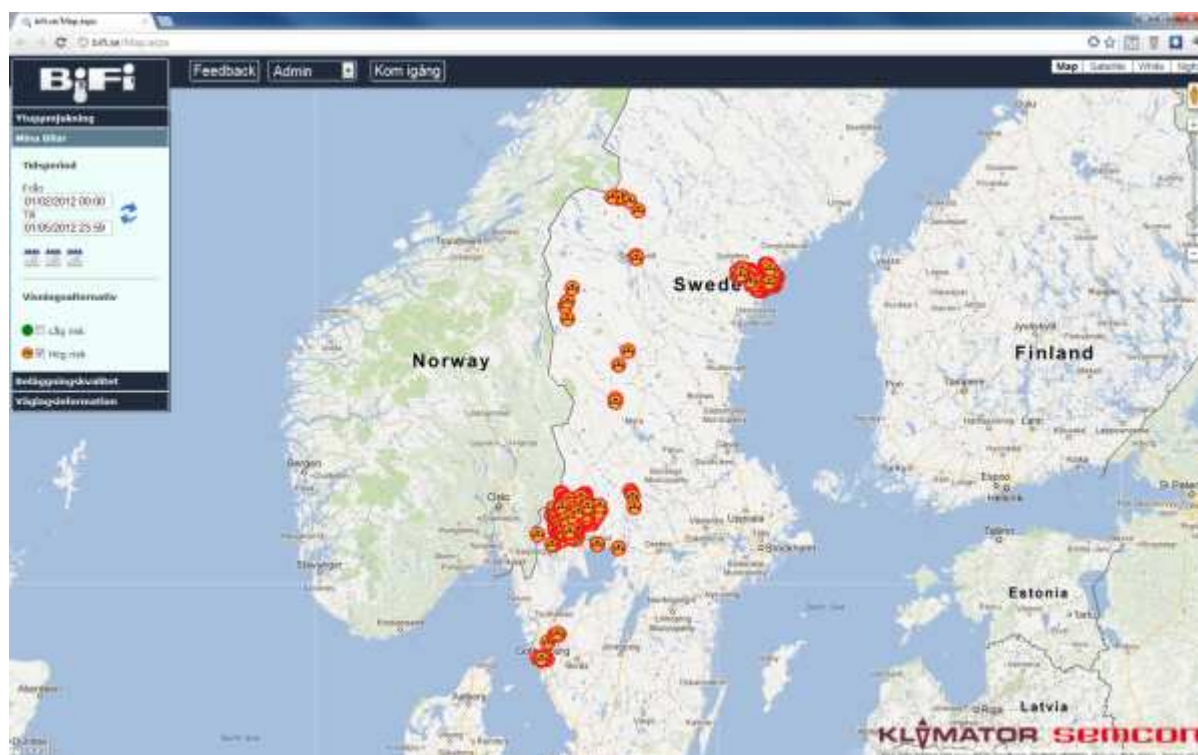
Figur 50, Kartapplikation visar ytuppmjukning i Sverige

En senare tidsstämpel, Figur 51, visar att stora delar av Sverige är fritt från ytuppmjukning. Risk för ytuppmjukning finns dock fortfarande längs den östra kustremsan.



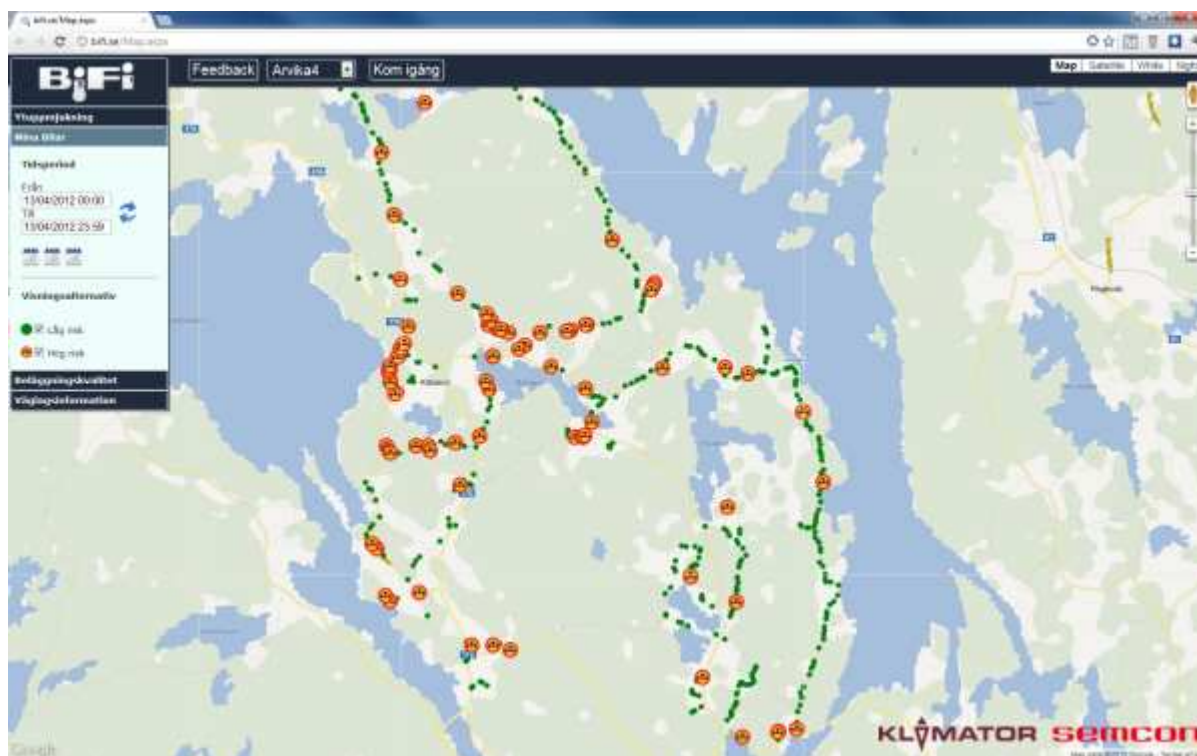
Figur 51, Kartapplikation som visar låg risk för ytuppmjukning i stora delar av Sverige

För att få en mer detaljerad information i ett specifikt område finns det möjlighet att se indikationer från de sensorutrustade bilarna direkt på kartan. Indikationerna är i punktform och rapporteras in direkt från bilarna. I bilden nedan, Figur 52, ses tydligt de tre testområdena Arvika, Sunne och Kramfors.



Figur 52, Kartapplikation som visar indikationer från de sensorutrustade bilarna

Figur 53 visar inkomna indikationer från en bil i Arvika under en dag. Det syns tydligt vilka delar som påvisar ytuppmjukning, detta visas en orange/röd cirkel. De delar som är frusna alternativt torra representeras av en grön cirkel.



Figur 53, Kartapplikation som visar indikationer från en sensorutrustad bil i Arvika under en dag



Figur 54: Exempel på en väg med hög spårighet norr om Kramfors.



Figur 55: Mätpunkt 1 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 4 Apr. Vägkroppen är upptorkad i ytan.



Figur 56: Mätpunkt 2 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 4 Apr. Ytan är lätt uppmjukad. Låg spårbildning.



Figur 57: Mätpunkt 3 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Uppmjukad yta, låg spårbildning.



Figur 58: Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Frusen vägbana, fortfarande snö i diken.



Figur 59: Mätpunkt 4 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika, delvis frusen. 14 Mars. Frusen vägbana med ispartier, fortfarande snö i diken.



Figur 60: Mät punkt 5 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Uppmjukat, med spårbildning.



Figur 61: Mät punkt 6 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Ytuppmjukat, ingen spårbildning.



Figur 62: Mät punkt 7 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Ytuppmjukat, lite till ingen spårbildning.



Figur 63: Mät punkt 8 Teststräckan på Edanehalvön öster om Arvika. 14 Mars. Upptorkat i ytan, ingen spårbildning.

Bilaga C - Referensmätning

Fältanteckningar

Onsdag 14 Mars

Sunnesträckan var till största delen torr eller fuktig men inte vidare uppmjukad. Peaken i Tjällossningen redan passerad. Endast ett område på slingan visade tecken på uppmjukning och nedsatt bärighet med djupa julspår, tydliga på film.

Arvika delområde 1 (Sydväst)

Genomkörning på eftermiddagen med filmkamera. Ca 40% av sträckan är till utseendet ytuppmjukad. Ingen DCP mätning genomfördes. Endast en del av sträckan har större deformationer.

Torsdag 15 Mars

Sunnesträckan

Ytterligare tre DCP mätningar genomfördes på samma punkter som tidigare. Sträckan har om något torkat upp aningen från dagen innan. Den del som var uppmjukad har torkat upp aningen och den värst deformerade delen har plattats till och torkat.

Arvika delområde 1 (Sydväst)

Genomkörd med kamera och en DCP mätning gjord på den mest deformerade delen av sträckan. Ca 40% av sträckan uppmjukad.

Arvika Delområde 2 Söder om Edanevägen

Delvis uppmjukad, inga större deformationer uppenbara. Del av sträckan har man lagt på nytt grus.

Den sträcka som fått flest indikationer är också väldigt kurvig, på denna delsträcka är ungefär 1/3 av kurvorna ytuppmjukade, ca ¼ är fortfarande frusna och resten är upptorkade/lätt fuktiga.

Bilaga D - Metodbeskrivning DCP

Förord

I denna rapport beskrivs den mätmetod som referensmätningen kommer bestå av inom ramen för BiFi projektet. Majoriteten av denna metodbeskrivning baseras på **Standard Test Procedures Manual – Dynamic Cone Penetrometer** framtagen av **Sakatchewan Highways and Transportation**. Den har dock modifierats något för att passa det avsedda användningsområdet.

1. Tillämpningsområde

1.1 Beskrivning

Denna metod beskriver testet som används för att utvärdera tjocklek och bärighet i markens översta lager med en dynamisk konpenetrometer (DCP). DCP test används för att snabbt utvärdera lagerföljd, tjocklek och in-situ bärighet.

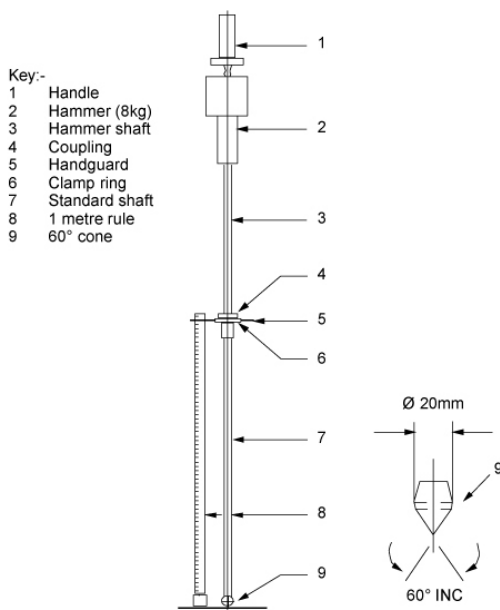
1.2 Mätenheter

Avläsningar görs i mm per slag med vikten och avläses direkt från en metall linjal som sitter fast vid instrumentet.

2. Instrument och Materiel

2.1 Nödvändig Utrustning

En dynamisk konpenetrometer (figur 1), komplett med ersättningskoner. Beroende på underlagets karaktär väljs antingen härdad återanvändnings bar kon eller engångskonor. 18mm bred maskeringstejp och penna för att notera slagen på linjalen, avläsning sker i efterhand. Tejpen fästs längs linjalen på sida utan markeringar.



Figur 64 Schematisk beskrivning av DCP.

3. Provtagning

3.1 Beskrivning av preparering av instrument

Hur utrustningen skall vara monterad visas i Figur 64 Schematisk beskrivning av DCP. Det är viktigt att alla skruvar är ihop skruvade ordentligt, detta är viktigt för livslängden på instrumentet. De är också viktigt att konen som används besiktigas innan test, för utvärdering av slitage. Mätskaftet (nr.7 på ritning) måste vara rak, kontroll av detta innan test är viktigt. För att testa att skaftet är rakt, rulla skaftet på en plan yta. Om skaftet är böjt, använd ersättnings skaft.

3.2 Provpreparering

Ingen preparering är nödvändig om provet skall tas från ytan. Instrumentet skall hållas vinkelrät. Vikten från hammaren placerar konen på plats innan testet startar.

3.3 Testprocedur

Normalt sätt krävs tre personer för att utföra mätning. En person håller instrumentet vinkelrät, medan den andra lyfter hammaren och släpper. Den tredje avläser mätresultaten. Det går dock att genomföra mätningar med bara en person som sköter instrumentet.

Stållinjalen skall vila mot marken och innan första släpp med hammaren noteras på injalen vid handskyddet och noterar detta som 0 värdet.

Hammaren lyfts till sin högsta position och släpps. Det är mycket viktigt att maximal

höjd nås inför varje släpp, dock är det mycket viktigt att man inte slår hammaren mot handtaget. Att göra det kan leda till att instrumentet åker upp och resultatet tveksamt.

Avläsning sker vid varje släpp. Om penetrationshastigheten är mindre än 5mm/släpp, kan avläsningsfrekvensen minskas till:

- en avläsning på fem slag med penetration mellan 0,5-5mm
- penetrationsdjup mindre än 1mm och överstigande 20 slag räknas som stopp.

När önskat djup eller stopp uppnåtts skall instrumentet dras upp, detta kan dock vara svårt. Antingen kan man använda hammaren och banka upp mot handtaget, eller så kan man använda en domkraft. Det första alternativet är ofta mer tidskrävande och kan öka slitaget på instrumentet.

Istället för avläsning efter varje släpp kan markeringar på maskeringstejp som fästs på linjalen användas som avläsning. Markering på tejp dras längs plastkanten efter varje släpp. Värdet för varje släpp avläses då efter avslutad mätning. Detta medför en högre provtagnings frekvens och mindre avläsningsfel.

3.4 Provtagning

Beroende på vägmaterialets egenskaper kan ett prov ta mellan 10-20 minuter. Således måste provtagningsmönstret anpassas efter provtagningshastigheten.

4. Resultat och Beräkningar

4.1 Insamling av Data

Insamling av relevant data (Antal slag och djup, Tid, Väder etc.) samlas in på ett DCP protokoll.

4.2 Beräkningar

Fältdata är i princip bara penetrationsdjup mot tillhörande antal slag. Antalet slag plottas på x-axeln och penetrationsmätningarna på y-axeln (se figur 2).

Beroende på markens struktur är plotten indelad i linjära "best fit" linjer. Lutningen beräknas utav förändringen i penetration mot förändringen i antalet slag för given linje, och uttrycks i mm/slag.

Det är sedan möjligt att beräkna CBR (California Bearing Ratio) med formeln:

$$\text{CBR} = 405,3(\text{PI})^{-1,259} \quad (1)$$

PI = Penetrations Index (mm/slag) (Luo et al, 1998)

Excel-formulär för beräkning av CBR medföljer Kessler DCPn och bör vara förstahandsval, och finns att tillgå tillsammans med mätprotokollet.

4.3 CBR – California Bearing Ratio

CBR är ett penetrationstest för utvärdering av bärighet i markmaterial. Testet utförs genom att mäta trycket som krävs för penetration i mark, detta delas med trycket

$$CBR = \frac{P}{P_s} \cdot 100$$

som krävs för motsvarande penetration för en standard (krossat berg).

p = tryck uppmätt för in-situ material [N/mm^2].

p_s = trycket för att uppnå samma penetration i standardmaterial [N/mm^2].

CBR har använts som mått på bärighet sedan 30-talet i USA.

5. Kalibrering, Korrektion och Repeterbarhet

5.1 Toleranser och Repeterbarhet

Konen är av härdad stål, men slitage gör att konen regelbundet måste bytas ut. När konens diameter minskat med som mest 10%, konen har stora jack eller om toppen är avtrubbad. Inför varje test bör konen inspekteras för slitage. En jämförelse mot en ny kon är ett enkelt och snabbt sätt att utvärdera slitaget på konen. De härdade konerna bör ha en livslängd på ca 250 test, detta är dock beroende materialet som testas.

Dynamisk konpenetrometer har en mycket hög grad av repeterbarhet. Vid händelsen att instrumentet börjar luta och inte längre är vertikalt riktad, skall inget försök göras för att rätta på instrumentet. Kontakt mellan stängen och hålet kan leda till felaktiga resultat. Om detta sker bör testet göras om. Om stenträff inträffar tidigt i mätningen, bör mätningen avbrytas och göras om.

Efter avslutad provtagning skall instrumentet rengöras noggrant med vatten och en trasa, och efter borttagning av eventuell smuts oljas in med tillhörande olja. Detta minskar slitage och förlänger livslängden på instrumentet.

5.2 Jämförbarhet

DCP har i flertalet undersökningar jämförts med andra mätmetoder, bland annat; Fallviktsdeflektometer, lätt fallviktsdeflektometer, plateload test, och california bearing ratio. Jämförbarheten mellan metoderna varierar något beroende på vilket material man mäter på. Det har visat finnas bra korrelationer mellan DCP och FWD för kohesionsjordar av olika slag (Murad et al., 2004).

5.3 Felkällor

När DCP'n används i grovkorniga material, ger instrumentet höga och ibland missledande resultat. Vid test av material med kornstorlekar större än 32 mm bör resultatet ses med viss skepticism.

Referenser

Luo, Xiadong., Saldago, Rodrigo., Altschaeffl, A., 1998, *Cone Penetration Test to Assess the Mechanical Properties of Subgrade Soils*, Joint Transportation Program, Pardue Libraries.

Jones, Colin., 2004, *Dynamic Cone Penetrometer Tests and Analysis*, Project Report PR/INT/277/04, Transport Research Laboratory, United Kingdom.

Murad, Y. Abu-Farsakh, P.E, Khalid A., Nazzal, M., Ekrem, S., 2004: Assessment of in-situ technology for construction control of base courses and embankment. Louisiana Transportation Research Centre.

Siekmeier et al, 1999: Dynamic cone penetrometer with other tests during subgrade and granular base characterization in Minnesota.