THIS PROJECT IS BEING PART-FINANCED BY
THE EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY

Timo Saarenketo

ÖVERVAKNING AV LÅGTRAFIKERADE VÄGAR

Praktiskt sammandrag

Övervakning av lågtrafikerade vägar

PRAKTISKT SAMMANDRAG

AUGUSTI 2006

Timo Saarenketo
Roadscanners Oy

FÖRORD

Rapporten som följer är ett praktiskt sammandrag av ROADEX II rapporten “Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions” skriven 2005 av Timo Saarenketo of Roadscanners Oy, Finland.

Den ger en allmän beskrivning av huvudområdena för övervakning av vägars tillstånd och summerar nuvarande och framtida processer, inkluderande teknologi om sensorer och presenterar även innovativa idéer för nya övervakningssystem som skulle kunna användas vid skötsel av lågtrafikerade vägar i Norra Periferins områden.

Rapporten skrevs av Timo Saarenketo från Roadscanners Oy, Finland. Ron Munro, projektledare för ROADEX III projektet, kontrollerade språket. Mika Pyhähuhta från Laboratorio Uleåborg designade den grafiska layouten.

Författaren vill tacka ROADEX III ledningsgrupp för dess uppmuntran och vägledning under detta arbete.

Copyright © 2006 ROADEX III Project

Alla rättigheter reservede.

ROADEX III Ledande Partner: Svenska Vägverket, Region Norr, Box 809, SE-971 25 Luleå. Projekt co-ordinator: Mr. Krister Palo.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD 3

KAPITEL 1. INLEDNING 5

1.1 ROADEX - PROJEKTET 5

1.2 NYA TEKNOLOGIER FÖR ATT FÖRBÄTTRA FOKUSERINGEN PÅ LÅGTRAFIKERADE VÄGAR. 5

KAPITEL 2. ÖVERVAKNING 5

KAPITEL 3 NYA VERKTYG OCH METODER FÖR ÖVERVAKNING AV VINTERDRIFT 5

KAPITEL 4 ÖVERVAKNING AV STRUKTURELLA TILLSTÅND 5

KAPITEL 5 FUNKTIONELLA TILLSTÅND OCH DESS ÖVERVAKNINGSVERKTYG 5

KAPITEL 6 ÖVERVAKNING AV TJÄLLOSSNINGEN 5

KAPITEL 7 FRAKTÖVERVAKNING 5

KAPITEL 8 FOKUSERING PÅ TRAFIKANTENS BEHOV 5

KAPITEL 9 FOKUSERA ÅTGÄRDER PÅ KORREKT PLATS 5

KAPITEL 10 DESIG AV ÖVERVAKNINGSSYSTEM 5

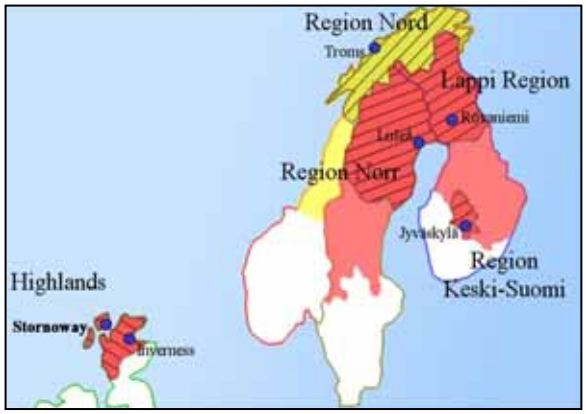
KAPITEL 12 SAMMANFATTNING 5

REFERENSER 5

Kapitel 1. INLEDNING

1.1 ROADEX - PROJEKTET

ROADEX - Projektet är en teknisk samverkan mellan vägorganisationer i norra Europa, som har som mål att sprida vägrelaterad information och forskning mellan parterna.



Figur 1.1. Europas Norra Periferi och Roadex II partners

Projektet startade 1998 som ett 3-års pilotsamarbete mellan vägdistrikten i Finska Lappland, Troms län i Norge, Norra regionen i Sverige och Highlands i Skottland. Detta följdes sedan av ett andra projekt, RODEX II, som pågick 2002-2005.

Deltagarna i ROADEX II består av statliga vägadministrationer, skogsorganisationer, skogsföretag och fraktorganisationer från regioner i den Norra Periferin. Dessa var The Highland Council, Forest Enterprise & The Western Isles Council från Skottland, Region Norr vid Norska Vägverket och Norska Vägtransportföreningen, Region Norr vid Svenska Vägverket och Region Lappi och Keski-Suomi vid Finska Vägverket. (De sistnämnda Finska regionerna fick också stöd från de lokala skogsindustriföretagen Metsähallitus, Lapin Metsäkeskus, Metsäliitto och Stora-Enso).

Målet med projektet var att utveckla metoder för interaktiv och innovativ skötsel av tillståndet på lågtrafikerade vägar samt integrera behoven från den lokala industrin, samhället och vägorganisationerna. Åtta stycken formella rapporter har publicerats tillsammans med en projekt-DVD och fullständiga kopior av alla rapporter finns tillgängliga för nerladdning på ROADEX websida på www.roadex.org.

Detta Praktiska Sammandrag är en av 8 sammanfattningar som har tagits fram under ledning av ROADEX III projektet (2006-2007), ett nytt projekt där de ovan nämnda projektpartnerna förenas med ytterligare partners från Norra Periferin nämligen Sisimiut Kommun, Grönland, Islands Statliga Vägadministration och Finska Vägverkets Region Sava-Karjala.

1.2 NYA TEKNOLOGIER FÖR ATT FÖRBÄTTRA FOKUSERINGEN PÅ LÅGTRAFIKERADE VÄGAR.

Det måste nu vara accepterat som ett levande faktum för väghållarna till de lågtrafikerade vägarna i den Norra Periferin att det inom överskådlig framtid är mycket liten sannolikhet till några större ökningar av den statliga finansieringen för att förbättra vägarnas tillstånd. Nya teknologier kommer därför att krävas spela en större roll vid underhåll och förbättring av åldrande lågtrafikerade vägnätverk över området och alla investeringar som tillåts måste göras mer produktiva. Nyckeln till svaret på denna utmaning är att förbättra fokuseringen. Förbättrad fokusering betyder att saker såsom 1) trafikanters behov, 2) timing, 3) lokalisering och 4) problemdiagnoser och korrekta åtgärder för både underhålls- och förstärkningsåtgärder bör undersökas och noggrant tänkas över.

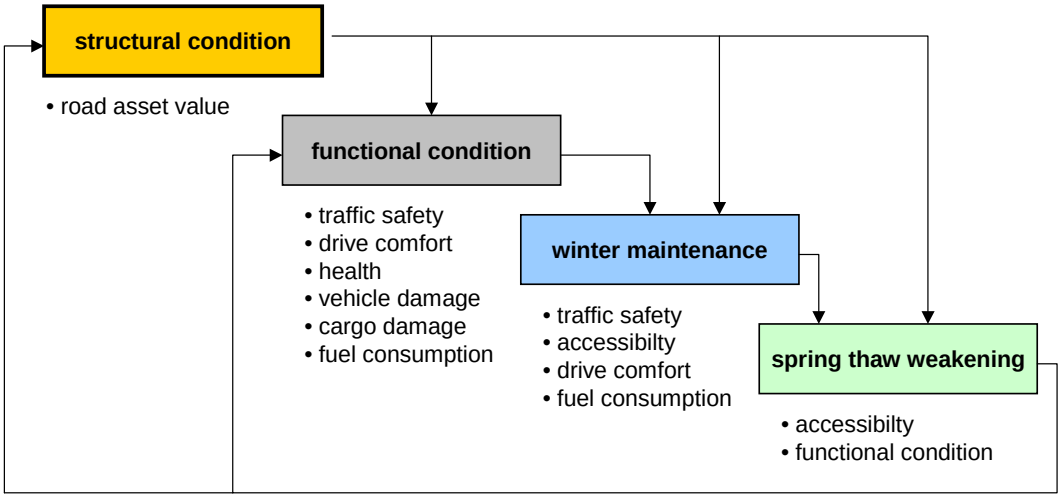
De senaste åren, har det skett en snabb utveckling av modern sensorteknologi och när denna kan kombineras med nya positioneringstekniker (GPS) och trådlös kommunikation och informationsteknik, kommer flerfaldiga möjligheter att kunna utnyttjas vid skötsel av lågtrafikerade vägars tillstånd. Nya sensorer, installerade på fordon som dagligen trafikerar vägnätverk i glesbygd, genererar ett flertal nya möjligheter att fokusera och intensifiera insatser på vägnätverk.

Det huvudsakliga arbetet med detta underprojekt har varit att färdigställa en rapport som undersöker möjligheterna att använda nya sensorteknologier för att samla in information i realtid om vägars tillstånd, fordonsbelastning, trafiksäkerhetsrisker o s v, och sedan skicka data för vidare bearbetning och analys – och, om nödvändigt, sedan skicka den resulterande informationen vidare till lokal underhållspersonal och trafikanter.

.

Kapitel 2. Övervakning

Skötsel av tillståndet på lågtrafikerade vägar i Norra Periferins område kan generellt delas in i fyra kritiska områden som vart och ett har sina egna speciella problem som kräver speciella tekniker för övervakning och åtgärder. Dessa fyra områden är vinterdrift, hantering av det funktionella tillståndet hos vägen på sommaren, hantering av vägens strukturella tillstånd och hantering av tjällossningen. Figur 2 beskriver dessa områden ytterligare och de huvudsakliga effekter som är relaterade till vart och ett. Som ett tillägg kan ett femte tillstånd i framtiden vara 'miljömässigt tillstånd', vilket nyligen har omnämnts i de senaste EU rapporterna om skötsel av trafikens infrastruktur. Dessutom finns det också några andra specifika områden, såsom skötsel av frakter, axellaster och totala vikten av tunga fordon och trafikantens behov, som också behöver övervakas på lågtrafikerade vägar. Dessa ämnen kommer att diskuteras senare i denna rapport.



Figur 2. De huvudsakliga skötselområdena för vägarnas tillstånd i den Norra Periferin, deras interna samband och de huvudsakliga effekterna för väghållarna.

Tabell 1 ger en sammanfattning av de kritiska parametrarna i varje skötselfält, de nuvarande nyckelverktygen för övervakning liksom konsekvenserna för väghållarna och trafikanterna om de nämnda åtgärderna inte är utförda i rätt tid och på ett korrekt sätt. Senare i denna rapport kommer nya övervakningsteknologier och parametrar också att diskuteras.

Tabell 1. Lågtrafikerade vägars skötselkategorier, deras kritiska parametrar, övervakningstekniker och konsekvenser för väghållare och trafikanter om inte tillbörliga åtgärder utförs i tid.

	Vinterdrift	Funktionellt tillstånd	Strukturellt tillstånd	Tjällossning
Kritiska parametrar	- Friktion (is, svart is) - Packad snö - Drivsnö - “Snörök”	<u>Alla vägar</u> - längsgående ojämnhet - friktion - gupp - spårbildning - potthål <u>Grusvägar</u> - korrugering - dammbildning - fasthet	- dränering - deflektioner - tjällyftning - sprickbildning - permanenta deformationer (spårbildning) - ojämnhet - sättning	- permanent deformation (snabb spårbildning) - sprickbildning - vägytan blir plastisk
Konsekvenser för trafikanter – om det inte görs ordenligt	- förseningskostnader p g a reducerad trafiksäkerhet - dålig tillgänglighet - reducerad körkomfort - ökad bränsleförbrukning	- reducerad körkomfort - vibrationer leder till sämre hälsa - fordonsskada - ökad bränsleförbruknin g - reducerad trafiksäkerhet - förseningskostna-der	- ingen direkt effekt på kort sikt - reducerat funktionellt tillstånd på lång sikt	- reducerad körkomfort - ökade transportkostnader - dålig eller ingen tillgänglighet - fordonsskada - förseningskost-nader
Konsekvenser för väghållarna – om det inte görs ordenligt	- ökade driftskostnader - negativ feedback från trafikanter	- ökade driftskostnader - negativ feedback från trafikanter	- ökade driftskostnader - ökade rehabiliterings kostnader och frekvenser - reducerat tillgångsvärde	- ökad vägskada - ökade livscykelkostnader - hinder p g a lastrestriktioner - negativ trafikant feedback
Övervaknings- och undersökning stekniker	- väderstationer - väderradar - snödjupssensorer - väderprognoser - friktionsmätningar - trafikanters feedback - visuella inspektioner	- visuella inspektio-ner - profilometerar (belagda vägar) - accelometer sensorer (speciellt grusvägar) - laser scanners - trafikanters feed-back - instrumenterade nyttofordon (t ex postbilar)	- fuktsensorer - dräneringskontroll - FWD - GPR - mätningar av spårutveckling shastighet - visuell inspektion	- DCP - Percostations & liknande övervakningsutrustningar - temperatursonder - FWD (också portablal) - visuella inspektioner - trafikkantkontroll

Kapitel 3 Nya verktyg och metoder för övervakning av vinterdrift

I Norra Periferins vägregioner är vägtillståndet, trafiksäkerheten och tillgängligheten under vintern det största bekymret för vägmyndigheterna och därför spenderas den största delen av medlen för vägunderhåll på vinterdrift.

Problemen med vinterdrift lämnades utanför forskningen för ROADEX II-projektet på grund av stora skillnader i vintervädrets förhållanden över Norra Periferins område. Dock presenteras några idéer angående framtida övervakningstekniker, som diskuterades under ROADEX II projektet och som skulle kunna användas på lågtrafikerade vägar, i denna rapport.

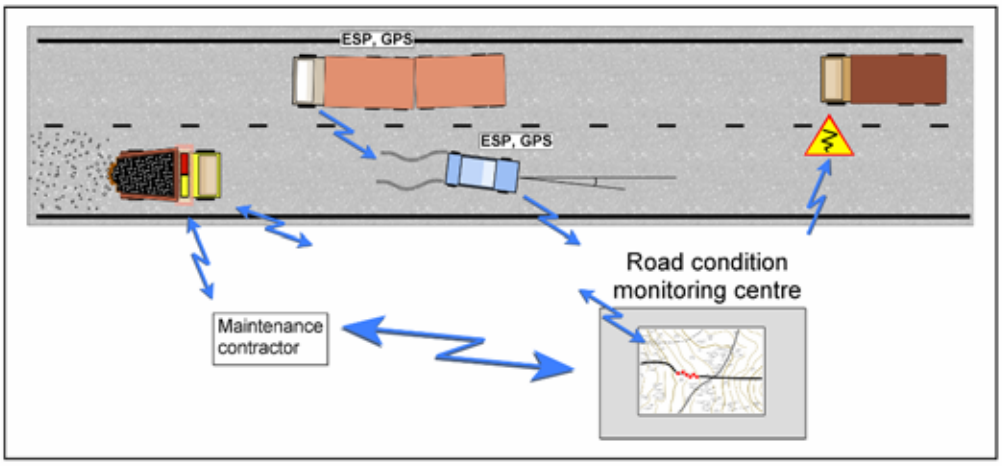
På lågtrafikerade vägnätverk är det alltid svårigheter att hinna reagera i tid vid förändrade tillstånd under körning på vintern. Väderprognoser, väderstationer och väderövervakningssystem ger i huvudsak pålitlig information till arbetslag för vägunderhåll. Emellertid kan ändringar i väder ibland vara så lokala eller oförutsägbara att arbetslaget inte får informationen om dåliga vägtillstånd tidigt nog. En lösning på detta problem kunde vara att utrusta fordon med lokal anknytning (taxis, skolbussar etc) med apparater för fjärravkänning av vägtillstånd och automatisk rapportering av farliga tillstånd.

Om man ser på de nuvarande trenderna inom bilteknologi är det inte orimligt att tänka sig i framtiden, att de flesta, om inte alla, bilar kommer att vara utrustade med GPS (Globalt Positionerings System) såväl som ESP (Elektroniskt Stabiliserings Program) eller andra liknande system som levererar halkkontroll i sidled. Dessa system kompletterade med sensorer för styrvinkel, sensorer för girhastighet och sensorer för sidledsacceleration kan ge extremt värdefull information rörande de körförhållanden som råder på vintern.

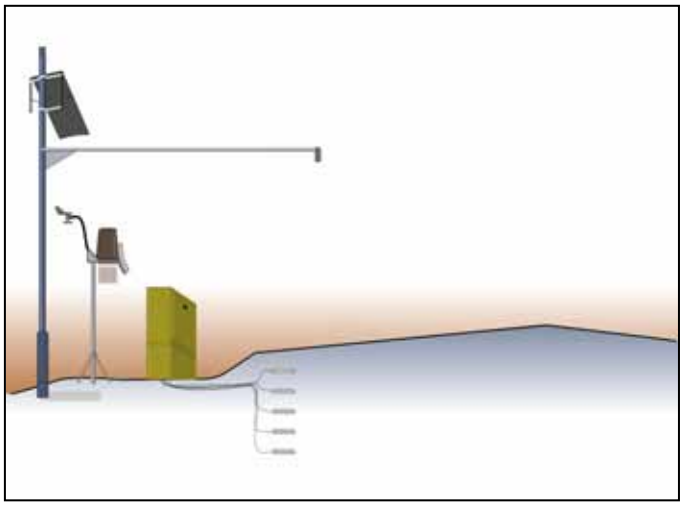
I framtiden kunde t ex skolbussar, taxibilar och postfordon vara ytterligare utrustade med sådana system som sänder GPS koordinater till ett övervakningscentrum via mobiltelefon, från platser där ESP system är aktiverade (figur 3). Dessa ”röda prickar” kunde då användas som indikatorer för dåliga vägtillstånd och att det kan vara nödvändigt med driftåtgärder. Ett sådant system ger informationer som, speciellt för det sändande fordonet, kan vara för sena, men det ger dock en möjlighet att varna andra trafikanter för dåliga körförhållanden genom radio eller andra informationssystem som fordon kan vara utrustade med. En annan fördel med sådana system är att informationen på lång sikt kommer att ge användbar information om de vägavsnitt som alltid blir hala först och då kan driftåtgärder eller till och med nya strukturella lösningar fokuseras på dessa sektioner.

Andra nya teknologier som kan användas på skötsel av lågtrafikerade vägars tillstånd är moderna väderstationer och ultraljudssensorer för snödjup. Väderstationer har traditionellt bara installerats på huvudvägar på grund av deras höga pris och deras behov av telefonlinjer i sin närhet. Men nu har priset på väderstationerna gått ner och kostnaden för de instrument som behövs för enbart en station uppgår till omkring 1000-2000 euros. Sändningen utav data kan hanteras genom mobiltelefoners nätverk och elektrisk ström kan tillhandahållas med solpaneler. Dessa stationer skulle kunna installeras på samma platser som övervakningsstationerna för tjällossning och med en tillagd möjlighet att integrera

dessa med stationen så att nederbörd och avdunstning kunde övervakas (figur 4). Installation av sådana sensorer skulle inte bara hjälpa till med att övervaka snödjup i syfte att styra åtgärderna vid vinterdrift utan detta system skulle också kunna användas till att övervaka hur effektivt entreprenörer hanterar åtgärderna för vinterdriften.



Figur 3. Illustration av ett övervakningssystem i realtid för vägfriktion.



Figur 4. En schematisk bild av ett integrerat system som kombinerar en Percostation med en väderstation för användning på lågtrafikerade vägar. Som tillägg till de parametrar som mäts med Percostation (se kapitel 6), skulle väderstationen kunna mäta temperatur, vind, nederbörd och avdunstning och kunde också utrustas med en sensor för mätning av snödjup på vägytan. Systemet genererar sin egen elkraft genom en solcellspanel och sänder data via ett GPRS system.

Som ett tillägg till att överblicka realtidsövervakande tekniker har ROADEX II projektet utvecklat en ny ide som kunde vidareutvecklas för att gynna skötsel av vinterdriften särskilt på lågtrafikerade vägar i avlägsna områden som används för timmerfrakt. Det är ett faktum att fler och fler timmerbilar på senare tid har utrustas med hyvelblad och sandspridare (figur 5) för att företagen som fraktar timmer har tagit mer och mer ansvar för vinterskötselsaktiviteter på skogsvägar.

Timmer transporteras ofta via delar av de allmänna vägarnas nätverk som nästan aldrig har några andra trafikanter. Dessa vägar ligger, på grund av sina låga trafikvolymer, längst ner på listan för vinterdriftsåtgärder – med den resulterande ironin att lastbilar, utrustade med vinterdriftsutrustning som de inte tillåts använda, måste köra på vägar med tillgänglighetsproblem för att de ännu inte har blivit snöröjda av driftspersonalen. Så om, t ex under svåra snöstormar, timmerbilar utrustade med verktyg för vinterdrift också skulle tillåtas att utföra åtgärder på vissa allmänna vägar som de använder, skulle detta medföra att driftentreprenörerna skulle kunna koncentrera sig på att ge bättre service på vägar med högre trafikvolymer.

Det finns naturligtvis vissa hinder att undanröja eftersom driftkontrakt skrivs mellan vägregioner och entreprenörer, men nya typer av partnerskap och modern informationsteknologi skulle säkerligen kunna ge lösningar på dessa problem och slutresultatet skulle bli en vinna-vinna situation för alla inblandade parter. I detta system, skulle samma teknologi som används för skötsel av frakter och tjällossning kunna användas.

Figur 5. Ett hyvelblad monterat på en timmerbil i Finland som också används för vinterunderhåll på skogsvägar.

Kapitel 4 Övervakning av strukturella tillstånd

Det strukturella tillståndet hos en väg är den mest kritiska parametern när man ser på tillgångsvärdet för det lågtrafikerade vägnätverket. Misskötsel av det strukturella tillståndet för en väg har stor påverkan på kostnaderna för väghållarna på lång sikt, men samtidigt kan, t ex en grusväg i ett dåligt strukturellt tillstånd, orsaka omdelbara betydande problem på kort sikt vad gäller tillgängligheten under tjällossningsperioden. Ytterligare kan tilläggas att ett dräneringssystem i ett dåligt strukturellt tillstånd också kan orsaka plötsliga tillgänglighetsproblem och detta speciellt efter kraftigt regn (figur 6).

Figur 6. Kraftigt regn kan orsaka stora erosionsproblem på lågtrafikerade vägar om de dränerande systemen inte fungerar bra.

Skötsel av strukturella tillstånd är dock inte ett problem som skapats enbart av lågbudgetfinansiering, utan vägtjänstemän skulle också kunna göra flera saker annorlunda för att kunna sköta om vägkonstruktioner bättre på längre sikt. Ett bra exempel är att hålla dräneringen i ett bättre skick. Dräneringsrapporten från ROADEX II projektet (Berntsen och Saarenketo 2005) påvisar tydligt att genom att hålla dräneringssystemet i ett bra tillstånd är det möjligt att förlänga beläggningens livstid med en faktor på 1,5 – 2,5.

Att förbättra strukturella tillstånd kan också ha positiva effekter genom att reducera tjällossningsproblemen och förbättra väglaget på vintern såväl som att den reducerar kostnaden för vinterdrift. Att t ex höja profillinjen för en väg som ligger på plan mark eller i lågt liggande dalar (se Saarenketo och Aho 2005, Norem 2001) reducerar problem med ansamling av snö på grund av drivbildning.

Det finns flera parametrar som kan användas för att beskriva de strukturella tillstånden hos en lågtrafikerad väg. Varje ROADEX partnerland har ett uttryck för att beskriva strukturella tillstånd som generellt har samma betydelse (*bearing capacity, bärighet, kantavuus).* Rapporten EU Cost 325 definierar ”*Bärighet är ett generellt koncept som försöker beskriva förmågan hos en överbyggnad att bära tung fordonstrafik*.” Så uttrycket bärighet har en väldigt bred betydelse och kan inte definieras som en enstaka siffra. Många saker kan påverka det strukturella tillståndet hos en väg: källan till problemet kan vara relaterat till a) dålig kvalitet hos de bundna materialen, b) dålig kvalitet hos eller för tunna obundna lager och c) svaga jordarter i undergrunden – eller orsaken till problemen kan helt enkelt vara d) dåligt fungerande dränering.

I Finland har bärigheten för en väg traditionellt uttryckts som ett **E2**-värde beräknat från FWD-mätdata. Problemet med detta E2-värde, till en början använt med ett system med statisk plattbelastning, är att det är mycket beroende av undergrundens kvalitet. Om t ex berggrunden är nära ytan så är E2-värdena alltid bra medan vägavsnitt som vilar på torv får låga E2-värden även om vägens prestanda är bra. Det är därför det vid utvärdering på projektnivå och vid väganalys rekommenderas att använda Surface Curvature Index **(SCI)** som beskriver styvheten i den övre delen av

överbyggnaden och Base Curvature Index **(BCI)** som beskriver hur vägen kan sprida belastningen över en svag undergrund.

I Sverige har nya parametrar utvecklats för att beskriva bärigheten hos en väg. Denna parameter ”**bärförmåga**” är en funktion av beräknade töjningar under beläggningen och antalet standardaxlar på vägen och är också en mycket bra parameter för att beskriva beläggningens tillstånd. Bärförmågan har använts med framgång i Sverige i en nätverksanalys av lågtrafikerade vägars strukturella tillstånd i Region Mitt.

Kanske är det största problemet, men hänsyn till de strukturella tillstånden hos lågtrafikerade vägar i NP områden, försvagningen och permanenta deformationen hos obundna material och undergrundens jordarter under tjällossningsperioder (se Dawson och Kolisoja 2005, Saarenketo och Aho 2005). **Risken för permanent deformation** kan inte alltid övervakas genom användning av traditionella mätmetoder för bärighet på sommaren. Det bör hållas i minnet att om exempelvis E2-värdet eller bärförmågans värden är rimliga, kan vägen fortfarande ha problem med tjäle eller permanent deformation – men om dessa parametrar är dåliga, då är vägen alltid i dåligt strukturell kondition. En parameter som har visat sig vara effektiv är det **dielektriska värdet** hos obundna vägmaterial.

Slutligen, ett pålitligt sätt att upptäcka problem med strukturella tillstånd är att analysera ökningen i spårdjup hos belagda vägar. Om **spårens utvecklingshastighet** är snabbare än medel kan det vara ett resultat av brister i strukturellt tillstånd.

Det strukturella tillståndet hos en väg kan mätas på tre sätt (se Cost rapport 325). Den första metoden är att mäta tjocklek för vägöverbyggnaden genom användning av **Georadar** (GPR) system, den andra metoden är att mäta deflektionerna på vägytan genom användning av olika deflektionsprovningsmetoder, såsom **Fallviktsmätning** (FWD), och den tredje metoden är att utvärdera det strukturella tillståndet genom att observera olika typer av **beläggningsskador** på vägen. Den sista metoden kan egentligen bara användas på belagda vägar och redan då, när strukturella problem är identifierade, är det i de flesta fall alldeles för sent att utföra hållbara vägunderhållsåtgärder.

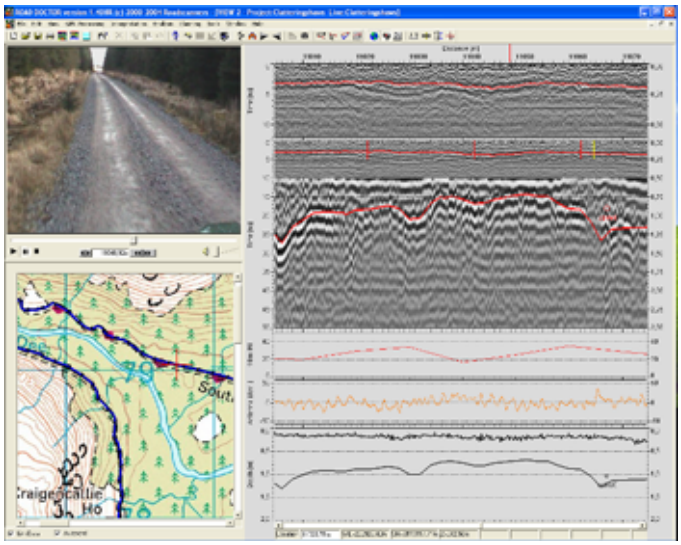
ROADEX II projektet rekommenderar att åtminstone två parametrar skall adderas till boxen ovan använd för att bedöma det strukturella tillståndet på lågtrafikerade vägar: **utvärdering av dräneringen** och **Dynamic Cone Penetrometer** (DCP) metoden. Risken för permanent deformation i obundna material kan utvärderas genom att ta prover från bärlagret och sedan genomföra **Tube Suction Tests** (TST) på dessa prover.

Beskrivningar av metoderna ovan finns givna i detalj i ROADEX II rapporten av Saarenketo och Aho 2005 och COST-rapporten 325 (1997). Av dessa metoder använder Finland rutinmässigt GPR, FWD och skadeanalyser på beläggning utvärderas på nätverknivå hos lågtrafikerade vägar. Dränering utvärderas på grusvägar och GPR används på projektnivå för undersökningar av de flesta vägarna. Sverige använder GPR, FWD och inventering av beläggningsskador och dränering på projektnivå. Norge använder samma tekniker som Sverige vid undersökningar på projektnivå förutom GPR tekniken. Därtill har Norge med framgång lyckats tillämpa DCP vid vägundersökningar. Skottland följer ännu inte standardprocedurerna för

strukturell utvärdering fastän de på senare år testat olika metoder för strukturell utvärdering.

I Skottland har också Forest Enterprise startat ett pilotprojekt som involverar en utvärdering på nätverksnivå av det strukturella tillståndet för skogsbilvägnätverket (Figur 7). I dessa test undersöks skogsbilvägarna med GPR och en portabel FWD. IRI mäts också i vissa vägsektioner genom användning av en accelerometer baserad på ett IRI datainsamlingssystem. Samtidigt som GPR data samlas in spelas också en digital video av vägen in med positionering vilken kommer från ett GPS system.

Ett annat fall av utveckling av övervakning av strukturella tillstånd i Skottland var en undersökning som utfördes 2001-2005 för att analysera effekten av transportering av timmer på de svaga enfältiga vägarna B871 och B873 från Kinbrace till Syre. Målet med projektet var att utveckla ett pålitligt och kostnadseffektivt utvärderingssystem för att kunna förutsäga effekten av tunga timmertransporter på lågtrafikerade vägar med bärighetsproblem. Detta analytiska system skulle sedan användas för att producera en databas som skulle tillåta selektering av optimala underhålls- och reparationstekniker för varje vägsektion för att hålla de allmänna vägarna åkbara under och efter timmertrafiken. Resultatet av detta projekt, rapporterat av Saarenketo (2005) var mycket uppmuntrande och denna riskanalys är nu mera vida använd i olika projekt i NP området.



Figur 7. Strukturell och funktionell tillståndutvärdering av en skogsbilväg i Skottland. Den översta profilen presenterar GPR data från 2,1 GHz antennen vilken mäter bärlagret och slitlagret, om de kunde identifieras. Det andra fältet presenterar kombinerat 2,1 GHz data (top 10 ns) och 400 MHz data (10-50 ns). Det tredje fältet presenterar IRI data beräknat i 10 m medelvärden och den fjärde profilen visar avståndet från den luftkopplade GPR antennen till vägytan, vilken ger en indikation på hur mycket undersökningsbilen studsar när den färdas på vägen. Stora förändringar indikerar stora gupp. Den lägsta profilen indikerar tjockleken hos vägöverbyggnaden över undergrunden. På vänster sida i RoadDoctor mjukvarans gränssnitt presenteras en digital video och en karta från avsnitten som undersökts.

Kapitel 5 Funktionella tillstånd och dess övervakningsverktyg

Det ”**funktionella tillståndet**” hos en väg är en sammanfattning av ett flertal individuella element som påverkar körkomforten, hälsan och säkerheten för människorna som använder vägen. Det har också en stor effekt på transportkostnader för industrier och produkter och därmed på det ekonomiska livet i glesbygdsområden. Dåligt funktionellt tillstånd ökar bränsleförbrukningen, orsakar tidsförseningar och kan skada fordon som använder vägen.

De kritiska parametrarna som beskriver det funktionella tillståndet på belagda lågtrafikerade vägar är spårbildning, ytfriktion, längsgående ojämnhet, inkluderande gupp, potthål och breda längsgående sprickor. Körkomforten reduceras också av dåliga lagningar och varierande tvärfall som kan orsaka problem, speciellt för tunga fordon. När det gäller grusvägar bör korrugeringar på vägytan, dammbildning och ytfasthet läggas till ovan nämnda lista.

Spårbildning, av alla de funktionella tillståndsparametrarna, kan fortfarande rankas som den mest viktiga parametern på grund av sin direkta effekt på trafiksäkerheten. En annan parameter som har direkt påverkan på trafiksäkerheten är **ytfriktion** (halkmotstånd). Emellertid har ytfriktion inte varit en stor sak i NP områdena i huvudsak på grund av användningen av dubbdäck. I Highlands i Skottland är dubbade däck inte vanliga och ytfriktionen har hanterats genom att använda ytbehandlingar.

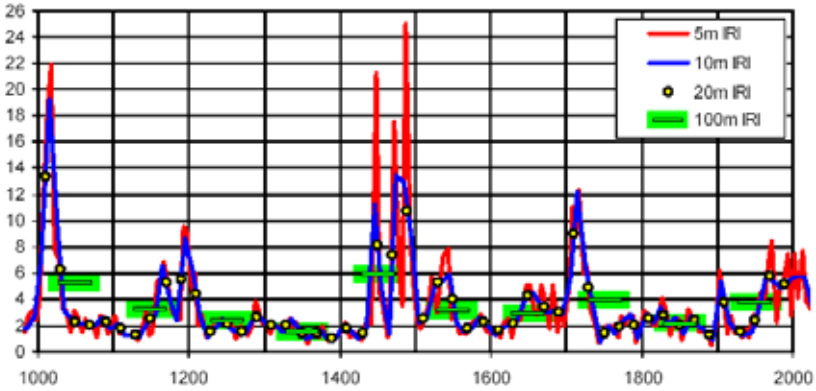
Huvudparametern som påverkar körkomforten och aspekter på trafikanternas hälsa är vertikala accelerationsvärden uppmätta på människokroppen. Accelerationsvärden från en mänsklig kropp påverkas i huvudsak av den längsgående **ojämnheten** för en väg. Ojämnheter på vägytan består av olika våglängder och påverkar därmed också körhastigheten, körkomforten och mängden ohälsosamma vibrationer för den mänskliga kroppen. Höga och okomfortabla ojämnhetsvärden orsakas i huvudsak av gupp från ojämna tjällyftningar men också av potthål och skarpa sprickor.

Den mest populära parametern som används för att beskriva ojämnheter på en belagd väg är International Roughness Index (IRI). Dock har nya tester i Sverige visat att IRI värden möjligtvis inte behöver vara den bästa indikatorn för körkomfort på lågtrafikerade vägar och att **vertikala accelerationsvärden** skulle kunna vara mycket bättre indikatorer. Ett annat problem med IRI-värden, speciellt på grusvägar, är att de inte kan mätas tillförlitligt med användning av lasersensorer. ROADEX III kommer att fokusera på dessa saker under vägledning av Johan Granlund.

Forskningsresultaten från ROADEX Fas I intervjuer av professionella trafikanter och från Finnra S14 projekt (Lämsä och Belt 2004a), som studerar körkomfort, har dragit ganska likvärdiga slutsatser, vilka verkar vara i motsats till de standarder som vägadministratörerna följer med hänsyn till att upprätthålla funktionella tillstånd. I båda undersökningarna har slutsatsen varit, från trafikantperspektiv, att den viktigaste parametern att ta hänsyn till vid undersökning av funktionaliteten hos belagda vägar är gupp från ojämna tjällyftningar och potthål.

En viktig faktor, när man diskuterar körkomfort såväl som hälsa och säkerhetsfaktorer, är att den traditionella spårbildningen och ojämnhetensvärdena

har beskrivits i 100 – 400 m medelvärden. När dessa medelvärden från långa vägavsnitt används finns de många fall där ett enstaka och okomfortabelt gupp, beläget i en sektion av en i övrigt helt jämn väg, kommer att ignoreras (se figur 8). Testresultaten visar tydligt att när 100 m medelvärden för IRI används är det omöjligt att upptäcka dessa skarpa gupp som förare av tunga fordon anser vara extremt intolerabla.

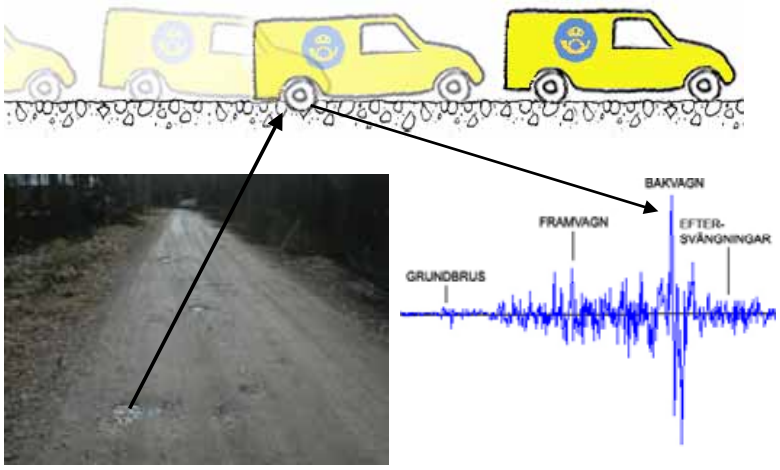


Figur 8. IRI-värdena uppmätta från en lågtrafikerad väg med dålig kvalitet, Väg 8250, avsnitt 2 nära Uleåborg och beräknad i medelvärden om 5 m, 10 m, 20 m och 100 m. Figuren är modifierad från Lämsä och Belt 2004a.

Ojämnheter och spårbildning på belagda vägar liksom tvärfall mäts i huvudsak genom användning av **laserprofilmetertekniker**. På lågtrafikerade vägar kan billigare system som nyttjar **accelerometerar,** monterade på bakaxeln på ett fordon, också användas. Accelerometrar är de bästa sensorerna att mäta ojämnhet på grusvägar. Sverige kommer att testa idéer där accelerometrar installeras på postbilar som rutinmässigt använder lågtrafikerade vägnätverk (figur 9). Emellertid, tack vare utvecklingen av teknologin med **bildäckssensor**, nya intelligenta däcksystem som kan känna av ändringar i däcken och, baserat på dessa ändringar, kan ojämnhetsparametrar beräknas. Detta betyder att ojämnhetsmätningar kan genomföras, i framtiden, av vanliga personbilar.

För närvarande pågår också ett flertal undersöknings- och utvecklingsprojekt som försöker utveckla **laserscanners** för att få fram en 3D modell av vägytan. Med dessa modeller skulle det vara möjligt, i framtiden, att beräkna vägytans parametrar. Andra tekniker som i nuläget är tillgängliga är **automatiserade system för skadeundersökningar**. Vägskador och korrugeringar, potthål och dammbildning på grusvägar har traditionellt övervakats visuellt från ett fordon i rörelse, men nyligen har några organisationer börjat analysera dessa parametrar genom att använda digital **video** vilken ger mer tillförlitliga och repeterbara resultat.

Detecting of vibrations from the roads surface



Figur 9. Svenska övervakningssystem för grusvägar där accelerometersensorer installerats på postbilar som dagligen använder vägnätverket. Figuren är från Johansson et al. 2005.

Kapitel 6 Övervakning av tjällossningen

Frys-tö cykler och tjällossningsuppmjukning har identifierats som ett av de svåraste problemenområdena vid skötsel av lågtrafikerade vägars tillstånd i ROADEX området. En stor andel skador uppstår på vägar under tjällossningen och bättre skötsel av dessa problem kan mer än fördubbla livslängden för det lågtrafikerade vägnätverket i den Norra Periferin. Förhoppningsvis skall detta kunna åstadkommas utan lastrestriktioner och med minimala hinder för transportindustrin. Tjällossningen och policies för lastrestriktioner liksom övervakningstekniker diskuteras mera i detalj i ROADEX II rapport ” Managing spring thaw weakening on low volume roads” av Saarenketo och Aho (2005).

På grund av den komplexa naturen hos tjällossningen är det ett flertal kritiska parametrar som bör övervakas i ett modernt underhållssystem för tjällossningen. Generellt kan övervakningsområdet delas in i tre huvudkategorier: a) väder och temperatur som påverkar vägöverbyggnaderna och undergrundens jordarter (frys-tö), b) fuktinnehåll, styvhet och risk för permanenta deformationer, och c) information angående tung trafik. I ett optimalt system, bör parametrar i alla dessa kategorier övervakas.

Tjäldjup och **marktemperaturer** är de mest populära meteorologiska parametrarna som används för att indikera om material är frusna eller upptinade. ROADEX II projektets resultat har visat att **dagligt regnväder** också är en viktig parameter, speciellt i Skottland, vid övervakning av risker för väghaverier efter frys-tö-cykler. Också **avdunstning** kan troligen bli en mycket användbar parameter i framtiden, speciellt på grusvägar.

Den andra kategorin består av ”tekniska parametrar”, av vilka den mest viktiga parametern är **volymetriskt vatteninnehåll** (fritt vatten) hos vägmaterial och undergrundens jordarter. Den bästa parametern för att beskriva den volymetriska mängden av fritt vatten är det **dielektriska värdet**. Andra viktiga parametrar, men svårare och dyrare att övervaka, är de parametrar som är relaterade till styvheten hos vägöverbyggnaden och undergrunden (**modul och CBR**) och parametrar, såsom **elektrisk konduktivitet**, som kan användas för att utvärdera risken för permanent deformation. Nivån på vägytan på grund av **tjällyftning** och **tösättning** kan också vara användbara parametrar.

Slutligen, den tredje kategorin av parametrar ger information angående tung trafik med de mest populära parametrarna **axeltryck** och **totalvikt** för tunga fordon. Resultaten från ROADEX II projektet visar att tidsintervallen mellan tunga fordon och de efterföljande **vägåterhämtningstiderna** är av stor betydelse vid försök att hindra vägskador under tjällossningen. En mycket intressant och potentiellt ny idé att övervaka vårtöuppmjukningen är att mäta **rullmotståndet** för en lastbil. Detta kan göras med hjälp utav moderna lastbilsdatorer som mäter bränsleåtgång och ett luftfjädringssystem (Air Spring Weigh Sensor System, ASWSS) som väger lastbilens last. På svaga vägar är rullmotståndet högt på grund av stora deflektioner under fordonets däck och en jämförelse med data från de styvare sommarmånaderna kan ge kontinuerlig information beträffande riskområden.

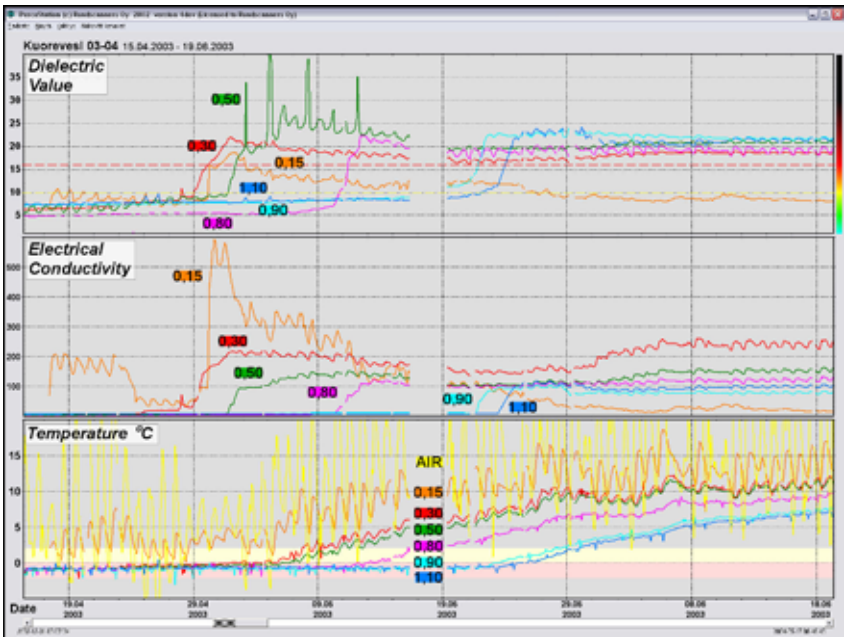
Av alla nuvarande övervakningsmetoder för tjällossning är **Visuell Inspektion** den mest populära. Dock är det en mycket subjektiv metod och av ROADEX

partnerländer har endast Finland ett systematiskt tillvägagångssätt vid visuell övervakning av tjällossningens skador och lagring av denna information i databaser.

Ett annat område av intresse har varit att övervaka frostdjup. På 1980-talet och det tidiga 1990-talet övervakades frostdjupet i många länder genom användning av så kallade "**Gandahlrör**" installerade i vägen eller, som i Finland, i de belagda parkeringsområdena för vägunderhållsbaser. Dock gick denna och andra typer av tjälgränsmätarrör sönder ganska lätt och datainsamlingen var arbetsintensiv och som en konsekvens används denna metod inte längre i någon större omfattning. Om målet enbart är att övervaka ifall vägöverbyggnaden och undergrundsjorden är tjälade, är en de bästa metoderna att installera **temperatursensorer** med korta mellanrum i vägen och undergrundsjorden. En annan metod har varit att använda sensorer som **mäter elektrisk konduktivitet** eller resistivitet. Detta baseras på det faktum att jord blir elektriskt resistent när den är frusen.

Det dielektriska värdet kan mätas genom att använda **Time Domain Reflectometer** sonder (TDR) eller sonder som detekterar ändringar i den **elektriska kapacitansen**. Dielektriska värdet hos material kan också övervakas genom användning av speciella **Georadar** (GPR) sonderingstekniker. De bästa resultaten erhålls om ett antal parametrar övervakas samtidigt. På ROADEX II testplatser, användes **Percostation** tekniken för att mäta det dielektriska värdet, elektrisk konduktivitet och temperatur på samma gång (figur 10).

Styvheten hos vägöverbyggnader och undergrundsjordar under tjällossningsperioden kan övervakas genom att använda **Fallviktsmätning** (FWD) eller **Dynamisk Konpenetrometer** (DCP). FWD data, speciellt när det har samlats in vid skilda belastningsnivåer, gav värdefulla data i ROADEX II testerna. DCP metoden visade sig vara ett verktyg med en stor potential eftersom den både är billig och enkel att använda och, förutom att den ger data på styvhet, kan den också ge information angående tjäldjup (Saarenketo och Aho 2005, Aho et al. 2005).



Figur 10. Övervakningsresultat från Kuorevesi Percostation under tjällossningsperioden 2003. Varje färg representerar sensoravläsningar från olika djup.

Kapitel 7 Fraktövervakning

Övervakning av fraktskötsel genom användning av sensorteknologi och modern trådlös informationsteknologi har utvecklats snabbt på senare år. Nya fraktskötselsystem har implementerats speciellt i centrala Europa (Conway och Walton 2005) men dessa tekniker har också stor potential att sköta transporter och laster i områden med glesbygd i Norra Periferin.

Det finns ett flertal tekniker som har testats som kunde användas för system med vägning under färd (WIM) på lågtrafikerade vägar. I ROADEX II partnerområden, har enbart Sverige genomfört omfattande provning med WIM-system och SiWIM-systemen används redan rutinmässigt (VV Publ 2003:165, Saarenketo och Aho 2005). De mest vanligt använda WIM sensorerna är baserade på teknologin med balknedböjning, piezoelektriska sensorer och separata lastceller. Som ett tillägg till dessa, har nya sensorer utvecklats, av vilka de med störst potential verkar vara kvartssensorer och fiberoptiska sensorer (Conway och Walton 2005).

Automatiska system för fordonsidentifikation (AVI) har också blivit utvecklade de senaste åren och primärt på grund av införandet av trafikavgifter på tungt trafikerade motorvägar i Tyskland och Schweiz. Den första januari 2005, började Tyskland med ett heltäckande GPS-baserat tullinsamlande system. Åkare som använder automatiserade system måste först utrusta sina lastbilar med OBU-system tillgängliga från Tullverket. När systemet har installeras använder det GPS teknologin för att känna av när lastbilar kör på tullvägar och räknar ut distansen som färdats (Conway och Walton 2005).

Av alla de fjärr- och fordonsplacerade sytemteknologierna skulle det mest lovande systemet för lågtrafikerade vägars skötsel kunna vara en kombination av fraktskötselsystem med övervakningssystem på lastbilens vikt genom användning viktsensorer i luftfjäderdämparna och ett centralt tryckregleringssystem (CTI) som kan övervaka däckstryck. När dessa system kopplas till ett automatiskt fordonsidentifieringssystem tillåter det trafikanterna liksom väghållarna att övervaka laster och belastningar i realtid och detta system har speciellt stor potential för att hantering av tjällossningen (Saarenketo och Aho 2005).

Kapitel 8 Fokusering på trafikantens behov

Trafikanternas behov kommer att ha en ständigt ökande inverkan på skötseln av tillståndet hos lågtrafikerade vägar. Dessa behov kan grovt delas in i tre huvudkategorier: a) säkerhet, b) tillgänglighet och c) specifika (strukturella och funktionella) problem.

Naturligtvis är säkerhet den primära faktorn för trafikanter på lågtrafikerade vägar. Enligt ROADEX trafikantbehovsundersökning (Saarenketo och Saari 2004) är de huvudsakliga trafiksäkerhetbekymren för trafikanter i den Norra Periferin relaterade till dåliga standarder och åtgärder för vinterdrift, men i Norge är risken för laviner också en kritisk faktor. Men de värsta säkerhetscenarierna rapporterades från vägar där dåliga vintervägstillstånd inträffade på vägavsnitt med andra problem, så som ojämna frostgupp, branta backar eller snäva och trånga kurvor.

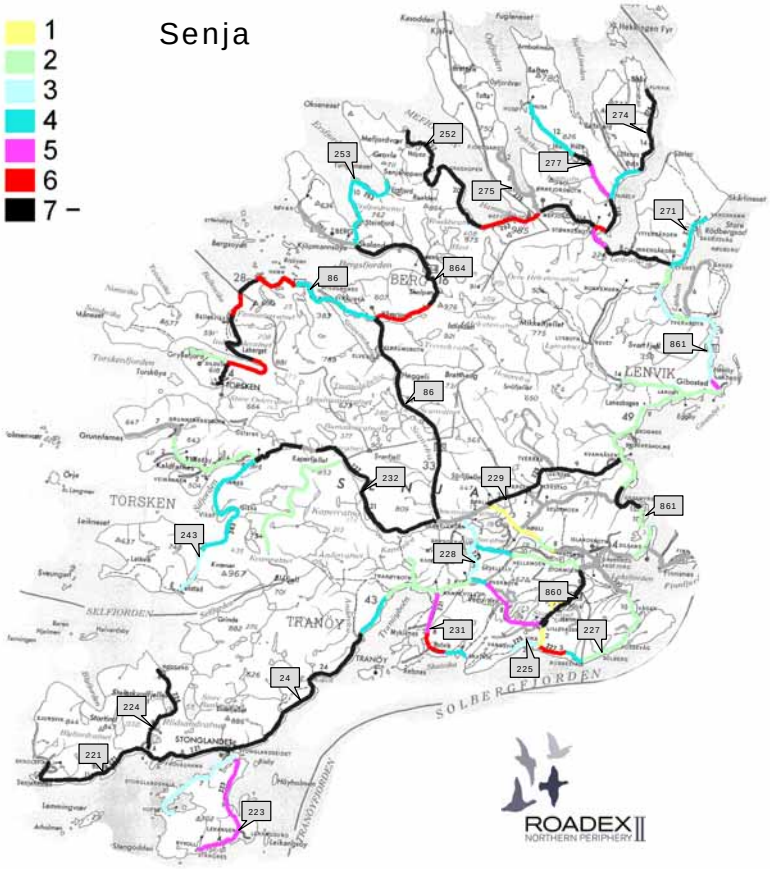
Efter trafiksäkerhet, är ”tillgänglighet” eller ”regelbundenhet” den näst högst prioriterade. I den Norra Periferins område, är lågtrafikerade vägars tillgänglighetsproblem i huvudsak relaterade till vinterdrift där snöstormar och laviner blockerar vägar. Ett annat större tillgänglighetsproblem orsakas av tjällossningsförsvagningen speciellt hos grusvägar i Skandinavien. Slutligen orsakar erosion efter tunga regn och översvämmade floder problem då och då. Alla dessa problem bör utvärderas när en riskanalys skall genomföras innan driftsstandarder färdigställs för en upphandlingspolicy.

När stora trafiksäkerhets- och tillgänglighetsrisker har hanterats bör de kvarvarande tillgängliga resurserna för skötsel av lågtrafikerade vägars tillstånd riktas mot specifika problem för varje väg och område. Dessa problem skulle kunna vara antingen strukturella eller funktionella problem som beskivits tidigare i denna rapport. För att kunna få det bästa värdet på investeringen bör dessa åtgärder fokuseras på de vägavsnitt som orsakar de största problemen för trafikanterna. ROADEX trafikantundesökning (Saarenketo och Saari 2004) tillsammans med andra undersökningar angående körkomfort på lågtrafikerade vägar har visat att gupp och potthål orsakar den största okomforten för trafikanter.

I det nya ROADEX II förslaget till policies för lågtrafikerade vägar (Johansson et al. 2005) har informationen som samlas in från trafikanterna en mycket viktig roll vid definiering av servicenivån och skötselutlösande värden vid utveckling av upphandlingspolicies. I detta förslag, undersöks först trafikanternas behov genom att uppskatta transportbehovet för båda människor och affärsverksamheter. Dessa resultat i kombination med bedömning av livlinevägar och ömtåligheten för varje område används för att beräkna ett ”Transportbehovsindex”.

Uppföljning av trafikanters åsikter och feedback är också en extremt viktig aspekt för framgångsrik skötsel av tillståndet på lågtrafikerade vägar. ROADEX intervjuundersökning av trafikanter visade tydligt att när trafikanter kände att deras åsikter var uppskattade och övervägdes i skötseln av tillståndet på vägen blev deras värdering av ett specifikt problem mer positiv än den förväntades vara. Ett bra uppföljningssystem behövs också för att kunna förbättra upphandlingspolicies såväl som de standarder som används för driftsskontraktens bonussystem, vilka baseras på nivån av trafikanters tillfredsställelse.

Traditionellt har trafikanters behov och åsikter angående vägtillstånd övervakats genom periodiska enkäter och intervjuer. Problemet med dessa enkäter är dock att de i huvudsak tillhandahåller information angående de generella trenderna i trafikanters åsikter och inte mycket av den detaljerade information som krävs för att bedöma behov på ”projektnivå”. Emellertid producerade också vägundersökningen som utfördes i Fas I undersökning i ROADEX II projektet (Saarenketo och Saari 2004) användbar information som indikerade platser som trafikanter kände var problematiska eller där de inte var allmänt tillfreds med tillståndet på vägen. I denna undersökning, kunde trafikanten markera problemområdena på en karta och skriva kommentarer angående detaljerade problem. Figur 11 visar ett exempel på en sådan karta från ön Senja, i Norge, där trafikanter har indikerat var vägen är i dåligt tillstånd på sommaren.



Figur 11. Professionella trafikanters åsikter om lokalisering av problemvägar under sommaren på ön Senja i Norge (Saarenketo och Saari 2004).

Dock är dessa typer av enkäter dyra att genomföra för enbart detta syfte. Ett sätt att sprida kostnaderna skulle kunna vara att ha dessa enkäter gjorda i samband med studier av kundtillfredsställelse som används för att tilldela bonus till regionala underhållsentreprenörer. Det Finska Vägverket har nyligen utvecklat och testat regionala undersökningar av kundtillfredsställelse i fem områden (Sarkkinen et al. 2004).

Kapitel 9 Fokusera åtgärder på korrekt plats

Vetskapen om de begränsade tillgängliga resurserna för lågtrafikerade vägars tillståndsskötsel i Norra Periferin, är en av nyckelprinciperna för att förbättra tillståndet på vägnätverket genom att fokusera alla underhålls- och förstärkningsåtgärder på enbart de sektioner som behöver dem. Modern positioneringsteknologi och informationssystem såväl som utvecklingen av automatiserade vägbyggnadsmaskiner med möjligheten att hantera stora mängder data, tillåter vägingenjörer att fokusera precis på de vägavsnitt som behöver bättre underhålls- eller rehabiliteringsåtgärder och definierar de optimala åtgärderna för dessa avsnitt. Om system skall förbättras bör det bli en tydlig förändring i tänkandet från den nuvarande filosofin att åtgärda 20 – 100 m avsnittsmoduler ner till 1 – 10 m moduler.

För att kunna skapa ett bättre fokuserat system behöver emellertid hela processen för skötseln av vägtillståndet uppgraderas till en nivå där den kan hanteras med exakt information. Det är t ex inte meningsfullt att designa system som fortsätter att arbeta med i 20 m avsnitt när GPR kan ge data med 1 m noggrannhet. Några av de nyckelfaktorer och moduler som behövs för ett bättre fokus diskuteras i det som följer:

<u>Vägrefererenssystem, Vägregister</u>
Även fastän GPS (Global Positioning System) kommer att vara en nyckelkomponent i framtiden och nästan all positionerande information kommer att vara baserad på GPS koordinater, kommer det alltid finns ett behov av väg- eller ruttrefererande system (också kallat vägdataregister) där vägnätverk är organiserade i vägar som vidare indelas i avsnitt, underavsnitt och körfält. Dessa system kan använda ett speciellt vägadressystem som också har GPS koordinater, till vilka all numeriska data som samlats in från vägen kan kopplas. Vidare om någon söker efter information från systemet kan antingen vägadressen eller GPS-koordinaterna användas. När sedan vägspecifik information skickas till trafikanten kommer denna information att vara baserad på detta referenssystem.

<u>Vägundersöknings- och övervakningssystem</u>
Nyckelfaktorn när man rör sig mot ett starkt fokuserat vägunderhålls- och förstärkningssystem är att hitta ett vägundersökningssystem som kan samla in och lagra vägtillståndsdata med korta distansintervall men som också har precisa positioneringssystem. I dessa kontinuerliga undersökningar är nyckelverktygen GPR-system, profilometerar och digitala videos. I framtiden kan det också finnas automatiska analyser av beläggningsskador och rörliga deflektionsmätningsenheter som skulle kunna vara användbara vid insamlandet av data. Laserscanners som reproducerar vägytans form utvecklas också och kommer att vara till stor hjälp när de också kan användas ekonomiskt på lågtrafikerade vägar.

<u>Datalagring</u>
Väghållare måste ha nya typer av datalagringsystem som tillåter alla de olika typerna av data och format som samlats in från vägen att lagras med normal nivå av noggrannhet och kvalitet. Traditionella PMS-system (Beläggnings Underhålls System) som har designats att hantera data på nationell nivå är inte lämpliga. De nya systemen av modulbaserade databaser tillåter lagring av stora datafiler i en enskild databasmodul, från vilken de kan packas upp och analyseras närhelst det behövs. I

framtiden behöver dessa system inte skötas av väghållarna och trenden är att vägmyndigheter kommer att köpa dessa tjänster från specialiserade serviceföretag. Dock, visar erfarenheter från många länder att det är mycket viktigt att väghållare bibehåller ägarskapet av alla de data som lagras i dessa system.

Mjukvara och dataformat

För att kunna analysera alla data som samlats in från vägen finns ett behov av att ha mjukvara som är kapabel att läsa olika typer av data från olika databaser och datalagringar, processa och analysera data på en integrated basis så att ingenjörer och entreprenörer lätt kan få en bra överblick av tillstånden och problemen på varje kort avsnitt. På grund av att data också kommer att laddas ner och användas i designsystem och, i en nära framtid, automatiserade maskiner arbetande på arbetsplatsen, kommer all mjukvara att producera öppna och standardiserade dataöverföringsformat. Nya produktmodellprojekt för infrastruktur, som just nu är igång åtminstone i Norge och i Finland, kommer troligtvis att lösa dessa problem.

Positionering och refererenssystem

En extremt viktig sak när inriktningen är mer fokuserade vägåtgärder är att ha positionerings- och referenssystem som är allmänna och precisa nog så att alla som deltar i processen arbetar med allmänna system och lätt kan kontrollera platser. Ett bra exempel som lägger tonvikt på denna sak kommer från Finland där en av de stora orsakerna till en misslyckad av reparation av ett tjälskadat vägavsnitt var att entreprenören utförde reparationsåtgärderna på fel plats på grund av dålig positionering eller referering.

Generellt kan positioneringssystem för lågtrafikerade vägars tillståndsövervakning, design, underhålls- och förstärkningssystem delas in i fyra klasser:

1. Positioneringssystem baserade på mätdistanser från en känd referenspunkt (DMI, trippmätare)
2. Positioneringssystem baserade på Tachymetrar (optiska system)
3. Positioneringssystem baserade på kopplade data med digitala fo ton eller videos från undersökningsplatsen.
4. Trådlösa elektroniska positioneringssystem såsom GPS.

Framtidens positioneringssystem kommer definitivt att baseras på trådlösa elektroniska positioneringssystem, men de bästa systemen kommer att var de som tillämpar mer än en av de ovan nämnda teknikerna. ROADEX II övervakningsrapport (Saarenketo 2005) redovisar mer detaljerade beskrivningstekniker och deras framtidstrender.

Kapitel 10 Desig av övervakningssystem

Vid design av övervakningssystem med syftet inriktat på förbättring av skötseln av tillståndet på lågtrafikerade vägar är det ett flertal faktorer som man behöver vara medveten om. För det första problemdefinitionen, det vill säga vilken typ av problem behöver lösas/övervakas, måste göras. På lågtafikerade vägar kan de potentiella problemen vara: a) att övervaka funktionella vägtillstånd inkluderande vinterdriftsparametrar, b) att övervaka strukturella tillstånd för vägen, c) att övervaka tjällossningsförsvagningen eller frys-tö cykler, d) att övervaka fordon, deras hastighet, eller laster och totalvikt, e) att övervaka trafikantens behov eller f) att kvalitetskontrollera en entreprenörs arbete. Ett bra tillståndsskötselsystem för lågtrafikerade vägar bör på något sätta övervaka alla dessa parametrar.

Efter det att problemet är definierat behöver följande faktorer utvärderas: a) Sensortyp och mängd, b) Plats för sensorinstallation, c) Datainsamlingstäthet, d) Positionering (speciellt när man använder fordon i rörelse), e) Dataöverföring, f) Datalagring och bearbetning, g) Implementering av data och beslutssystem, h) Informationssystem.

När problemet har blivit definierat kan typen av sensor också definieras när platsen för installation är utvald. Egentligen, kan sensorer installeras i: a) vägöverbyggnader eller vägytor, b) broar, c) bilar eller lastbilar, d)flygplan eller satelliter eller e) sensorer kan bäras. Tilläggas kan också att det finns nya innovationer av installationer i däck vilket är en inspirerande ide då däck är i direkt kontakt med vägytan.

Dataurvalet och datainsamlingen kan baseras på antingen längd eller tid beroende på om sensorerna har installerats i en statisk omgivning eller på en mobil plattform, som en bil. När man går mot mer fokuserade system måste också datainsamlingens densitet bli högre.

Ett pålitligt positioneringssystem är en nyckelkomponent för ett lyckat övervakningssystem. I ett stationärt övervakningssystem är detta givetvis inget problem men med mobila plattformar måste positioneringen göras korrekt. I ett väldesignat system är detta ofta tillförsäkrat genom användning av dubbla eller tredubbla system, vilket betyder att insamlat data positioneras genom användning av t ex GPS-data, DMI-data (Distance Measurement Instrument, trippmätare) och digitala video bildlänkar.

Dataöverföringstekniker beror i huvudsak på hur stort behovet är att ha data direkt tillgängligt för analys. Stationära sensorsystem kan skicka information genom telefonlinjer eller GSM/GPRS modemkoppling. När sensorer är monterade på en mobil plattform är de mest populära systemen att lagra in undersökningsdata på hårddiskar och sedan ladda ner data när fordonet återkommer till kontoret. I de fall då sensorerna används för att vägleda vinterdriftsåtgärder, kommer data i framtiden troligtvis att överföras till övervakningscentraler enbart när vissa alarmvärden har uppmätts. Också om t ex lastbilsvikter övervakas genom användning av system som ASSWS väger alltid systemet vikten för lastbilars last när lastbilarna stannar och sänder sedan resultatet tillsammans med positioneringsinformationen.

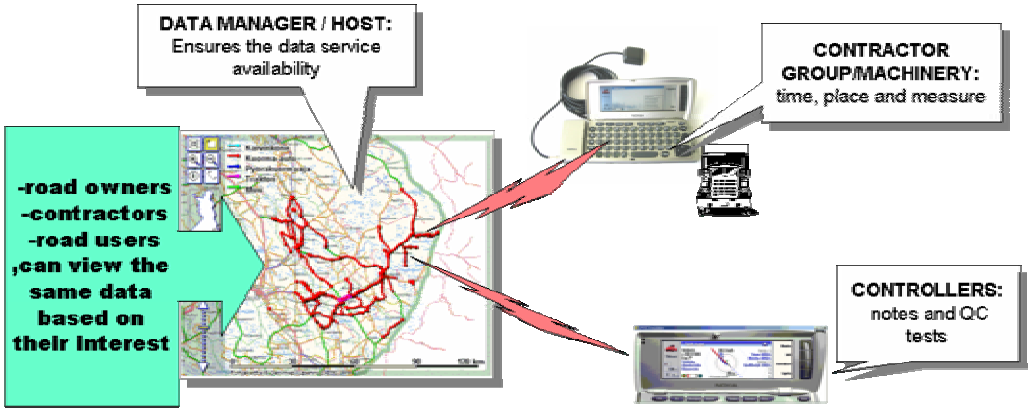
Alla data som samlas in i fält måste naturligtvis organiseras på rätt sätt. Detta är särskilt fallet vid insamling av funktionella och strukturella data. De nationella

beläggningsunderhållssystemen (PMS) i varje land i den Norra Periferin har ordentliga system för att lagra data, men olyckligtvis är dessa data ganska ofta inte lämpliga att använda vid starkt fokuserade åtgärder på lågtrafikerade vägar.

De framtida övervakningssystemen kommer inte att vara effektiva om de inte följs upp med ett effektivt beslutssystem. Detta kan vara den mest ”smärtfulla” delen av hela processen. Inom administrationerna kan beslutsprocessen involvera ett antal möten och lagstiftning kan kräva mer än en signatur på varje dokument vilket tillsammans kan ta tid. Men effektiviteten i dessa system är ofta baserad på hur snabbt beslut kan fattas och detta kan, i vissa fall, spara liv och med det i åtanke bör denna sak undersökas noggrant och beslutsprocessen omdesignas.

Slutligen är, en nyckelaspekt för ett väl fungerande system, spridningen av informationen och besluten angående övervakningsresultat eller underhållsåtgärder till de intresserade parterna. Traditionella informationssystem har använt brev, faxar, tidningar eller radio och television, men nuvarande moderna informations- och kommunikationsteknologi möjliggör innovationer för mer avancerade system. I framtiden, kommer två väldigt viktiga systemresurser att vara Internet och trådlösa kommunikationssystem designade att ge information till och från trafikanter, underhållsentreprenörer och väghållare. Figur 12 visar ett exempel på ett sådant system som redan används i Finland för att övervaka underhållsåtgärder.

Beträffande lågtrafikerade vägar borde system som har designats för att varna förare för trafikstockningar också kunna användas för att ge varningar relaterade till svåra körförhållanden i vissa områden, laviner eller till och med bara för ett farligt gupp på vägen. Under tjällossningen kan det också formateras att visa vägar med lastrestriktioner eller där användning av CTI-tekniker är obligatoriska.



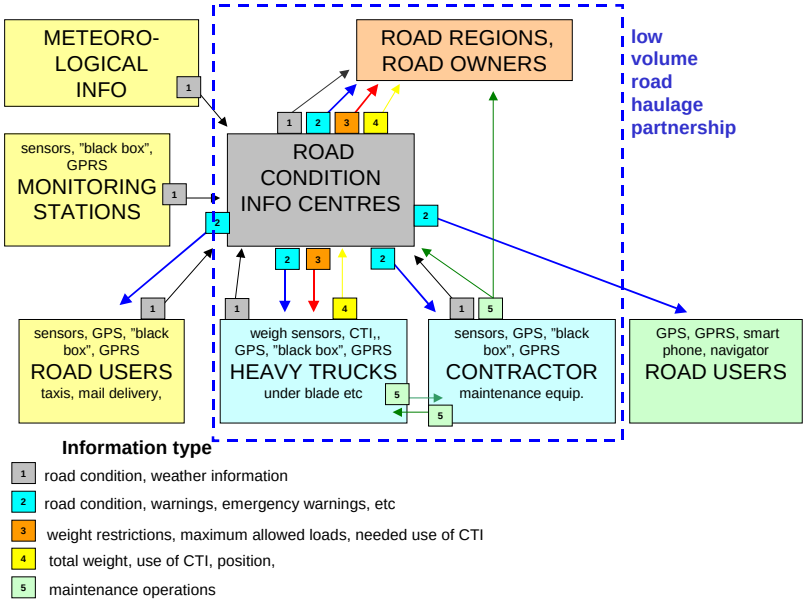
Figur 12. En beskrivning av det informationssystem som används i Finska Vägverkets underhållskontrakt i Finland. Systemet består av ett webbaserat GIS databassystem som värd för en datahanterare som servicegivare. Entreprenörer informerar om alla underhållsåtgärder genom trådlösa länkar till datahanterare där väghållare kan analysera dem. Som ett tillskott kan kontrollanter kolla på plats om åtgärderna utfördes korrekt. Trafikanter kan också se vissa datafält. Figurmodifierad bild från Markku Tervo 2005.

Kapitel 12 Sammanfattning

Denna rapport presenterar både nuvarande och framtida teknologier såväl som idéer till övervakningssytem, som skulle kunna användas för skötsel av lågtrafikerade vägars tillstånd i Norra Periferins område. Den huvudsakliga fördelen med dessa system är att data tillåter väghållare och/eller entreprenörer att fokusera på underhålls- och rehabiliteringsåtgärder på en exakt plats, att förbättra timingen för åtgärderna och även välja optimala åtgärder för varje plats. Denna rapport presenterar också nya idéer och innovationer som skulle kunna användas för att lösa eller minimera några andra skötselproblem på lågtrafikerade vägar som har identifierats i ROADEX-projektet.

Dessa nya teknologier kan användas i följande nyckelfält: förbättra dränering, förbättra strukturellt tillstånd, förbättra funktionellt tillstånd för vägnätverket, bättre skötsel av frakter och underhåll vid tjällossningsförsvagning, förbättra vinterdriftsmetoder, förbättra grusvägsunderhåll och slutligen förbättra möjligheterna för trafikanter att medverka i skötselprocessen för vägtillståndet.

ROADEX II projektets faser I och II har producerat mycket i form av värdefull grundläggande information vilken direkt kan appliceras till att utveckla bättre skötsel av tillståndet för vägar men denna information kan, om den används tillsammans med moderna sensorer och telekommuniktionsteknologi, också öppna för en helt ny möjlighet för att förbättra tillstånden hos lågtrafikerade vägar. Framtidens trender är, sannolikt, att arbetet med att övervaka vägtillståndet kommer att förändras från uppgifter som utförs av specialiserade datainsamlingsfordon till ett system där bilar som rutinmässigt använder det lågtrafikerade vägnätverket kommer att användas som sensorplattformar i stället. På detta sätt, kommer ett större område att övervakas med en högre frekvens och till en lägre kostnad. Figur 13 beskriver det framtida spelfältet av övervakning och skötsel av lågtrafikerade vägar i NP områdena.



Figur 13. Framtida spelfält för övervakning och skötsel av vägtillstånd hos lågtrafikerade vägar i NP området.

Referenser

Aho S., Saarenketo T., Berntsen G., Dawson A., Kolisoja P. and Munro R. (2005). Structural Innovations. ROADEX II report. www.roadex.org

Berntsen G. and Saarenketo T. (2005). Drainage on Low Traffic Volume Roads. ROADEX II report. www.roadex.org

BWIM-mätningar 2002 0ch 2003. Slutrapport. VVPublikationer 2003:165. In Swedish.

Conway, A. and Walton, C.M. 2005. Potential application of ITS technologies to improve commercial vehicle operations, enforcement and monitoring. TRB2005 Annual Meeting Cdrom.

COST 325 project (1997) New Road Monitoring Equipment and Methods. Final Report of the Action. Tranport Research. European Commission Directorate General Transport. 225 p.

Dawson, A. and Kolisoja P. Permanent Deformation. ROADEX II report on Task 2_1. www.roadex.org

Johansson, S., Kosonen, S., Mathisen, E., McCulloch, F. and Saarenketo, T. 2005. Road management policies for low volume roads – some proposals. ROADEX II report. www.roadex.org

Lämsä, V.P. and Belt, J. 2004a. Routaheittotutkimus. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 32/2004 (in Finnish)

Norem, H. 2001. Winter Maintenance Practise in the Northern Periphery. ROADEX I report. www.roadex.org

ROADEX Project 1998-2001. Northern Periphery. CD-ROM

Saarenketo, T. 2005. Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions. ROADEX II report. www.roadex.org

Saarenketo, T. and Saari, J. 2004. User Perspective to ROADEX II Test Areas´ Road Network Service Level. ROADEX II report. www.roadex.org

Saarenketo T. and Aho S. (2005). Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads. ROADEX II report. www.roadex.org

Sarkkinen, A., Perälä, T. And Tainio, S. 2004. Developing a customer satisfaction based bonus for regional road contracting maintenance. Finnish Road Administration. Finra Reports 49/2004, (English abstract)