



ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY



Saara Aho, Timo Saarenketo

**UTFORMNING OCH UTFÖRANDE AV
ÅTGÄRDER PÅ VÄGAR SOM LIDER AV
FÖRSVAGNING VID TJÄLLOSSNINGEN**

Praktiskt Sammandrag

Utformning och utförande av åtgärder på vägar som lider av försvagning vid tjällossningen.

PRAKTISKT SAMMANDRAG

Mars 2006

Saara Aho
Roadscanners Oy

Timo Saarenketo
Roadscanners Oy

FÖRORD

Rapporten som följer är ett praktiskt sammandrag av ROADEX II rapport "Managing Spring Thaw Weakening On Low Volume Roads - Problem Description, Load Restriction Policies, Monitoring And Rehabilitation" av Timo Saarenketo och Saara Aho vid Roadscanners OY,. utgiven 2005.

Den syftar till att vara en handbok, fokuserande på rehabiliteringsmetoder och praktiska åtgärder som bör utföras på lågtrafikerade vägar som lider av problem relaterade till årstidsbundna variationer, i synnerhet försvagning vid tjällossningen.

Rapporten är inte avsedd att ersätta de många förträffliga referensarbeten och textböcker som finns tillgängliga om ämnet utan förhoppningen är att föreliggande sammanfattning kommer att ge läsaren en större förståelse av orsakerna och lösningarna till detta återkommande årstidsbundna problem.

Rapporten skrevs av Saara Aho och Timo Saarenketo från Roadscanners OY, Finland. Ron Munro, projektledare för ROADEX III Projektet, kontrollerade språket, Mika Pyhähuhta vid Laboratorio Uleåborg designade rapportens layout.

Författarna skulle vilja tacka ROADEX III styrande kommitté för dess uppmuntran och rådgivning i detta arbete.

Copyright © 2006 Roadex III Project

All rights reserved.

ROADEX III Lead Partner: The Swedish Road Administration, Northern Region, Box 809, S-971 25 Luleå. Project co-ordinator: Mr. Krister Palo.

CONTENTS

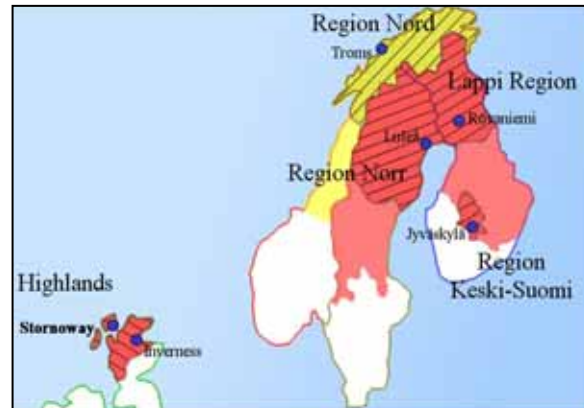
FÖRORD.....	3
KAPITEL 1. INLEDNING.....	5
1.1 ROADEX PROJEKTET.....	5
1.2 UTFORMNING OCH UTFÖRANDE AV ÅTGÄRDER PÅ VÄGAR SOM LIDER AV FÖRSVAGNING VID TJÄLLOSSNINGEN	6
KAPITEL 2. FÖRSVAGNING VID TÖ – KORT BESKRIVNING.....	8
2.1 FAKTORER SOM PÅVERKAR FÖRSVAGNING VID TÖ.....	8
2.2 TJÄLLOSSNINGENS FÖRSVAGANDE FASER	9
2.3 KLASSIFICERING AV VÄGAVSNITT FÖRSVAGADE VID TJÄLLOSSNING	9
KAPITEL 3. REHABILITERINGSPROCESSEN.....	9
KAPITEL 4. UNDERSÖKNING OCH ANALYS AV VÄGAVSNITT SOM FÖRSVAGATS AV TJÄLLOSSNING.....	9
4.1 UNDERSÖKNINGSMETODER FÖR LÅGTRAFIKERADE VÄGAR.....	9
4.2 INTEGRERADE ANALYSER AV UNDERSÖKNINGSDATA.....	9
4.3 OPERATIV MODELL FÖR UNDERSÖKNING OCH ANALYS AV VÄGAR SOM FÖRSVAGATS VID TJÄLLOSSNING	9
KAPITEL 5. FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER FÖR TJÄLLOSSNINGSSKADOR.....	9
5.1 ALLMÄNT	9
5.2 LIVSCYKELKOSTNADER FÖR REHABILITERADE KONSTRUKTIONER.....	9
5.3 REHABILITERINGSÅTGÄRDER FÖR GRUSVÄGAR.....	9
5.4 FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER FÖR BELAGDA VÄGAR	9
KAPITEL 6. KVALITETSSÄKRING OCH FUNKTIONSKONTROLL AV FÖRSTÄRKTA VÄGAR	9
KAPITEL 7. REFERENSER	9
APPENDIX 1	9
ÅTGÄRDSKORT FÖR FÖRSTÄRKNING AV GRUSVÄGSÖVERBYGGNADER	9

Kapitel 1. Inledning

1.1 ROADEX PROJEKTET

ROADEX Projektet är en teknisk samverkan mellan vägorganisationer i norra Europa som syftar till att sprida vägrelaterad information och forskning mellan parterna.

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 senare upp med ett andra projekt, RODEX II, som pågick 2002-2005.



Figur 1.1. Europas Norra Periferi och Roadex II partners.

De olika deltagarna i ROADEX II innefattar 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 skogsindustrieföretagen 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 projektpartnererna förenas med ytterligare partners från Norra Periferin nämligen Sisimiut Kommun, Grönland, Islands Statliga Vägadministration och Finska Vägverkets Region Sava-Karjala.

1.2 UTFORMNING OCH UTFÖRANDE AV ÅTGÄRDER PÅ VÄGAR SOM LIDER AV FÖRSVAGNING VID TJÄLLOSSNINGEN

Årstidsbundna förändringar, frys-tö cykler och de skador dessa orsakar är de mest signifikanta faktorer som påverkar vägtillståndet på vägnätverk i nordliga kalla klimat i Europa, Asien och Norra Amerika. Frys-tö processer skapar också stora problem i högt belägna områden i länder med varmare klimat. I AASHO's forskningsprogram i USA studerades uppkomsten av beläggningsskador under olika årstider (White och Goree 1990) och enligt resultatet uppstod 60 % av skadorna under våren när den relativa trafikmängden var 24 %. Under sommaren var den relativa mängden nya beläggningsskador bara 2 % när den relativa mängden trafik var 30 %.

Tjälskador uppkommer i vägar som ojämna tjällyftningar och långsgående och tvärgående sprickor, men framför allt som uppmjukning av vägkroppen och permanent deformation under töperioden. I det värsta scenariet kan det bli omöjligt att köra på dessa vägar. Vanligtvis är försvagningskador vid tjällossningen det största problemet på "obyggda" grusvägar men det skapar också stora problem på belagda vägar och särskilt på svaga vägar med beläggning av ytbehandling.

Beroende på skalan och omfattningen av försvagningsproblemet vid tjällossningen finns det ett flertal handlingsätt och tekniker för att sköta vägen under denna svaga period. Generellt kan skötselverkytgen delas in i:

- 1) olika underhållningstekniker för att reducera effekten av tjällossning
- 2) lastrestriktioner och olika verktyg för att minimera de problem som orsakas av dessa restriktioner
- 3) förstärkning av svaga vägavsnitt i sådan utsträckning att viktrestriktionerna kan tas bort eller användas bara vid extrema förhållanden
- 4) samarbete med transportorganisationerna som använder tunga fordon.

Traditionellt har vägadministratörerna försökt att förhindra tjällossningsskador genom att införa lastrestriktioner eller till och med stänga av vägar. Användning av lastrestriktioner på våren förlänger beläggningens livslängd men på samma gång medför lastrestriktionerna också stora extra kostnader för industrier som använder tunga transportfordon. I Finland har t ex de extra kostnaderna för skogsindustrin, på grund av försvagning vid tjällossningen, beräknats vara 100 M€, av vilka 65 M€ kommer från allmänna vägar (Pennanen och Mäkelä 2003).

Således är den mest hållbara lösningen för att sköta försvagningsproblemet vid tjällossningen att förstärka och rehabilitera de svaga vägavsnitten. Dock kan och bör detta göras endast om vägregionen har tillräckliga resurser för att kunna utföra lämpliga åtgärder som fungerar över en lång tidsperiod. Stora misstag har gjorts då vägavsnitt har förstärkts med konstruktioner som är för svaga. Dessa problem blir särskilt tydliga om vägen beläggs efteråt.

Denna rapport koncentrerar sig på att presentera förstärkande processer och metoder för svaga vägvagnsnitt, baserade på forskningsarbetet som gjordes i ROADDEX II – underprojekten “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo och Aho 2005) och “Permanent Deformation” (Dawson och Kolisoja 2005), men också i rapporten “Design and Rehabilitation of Spring Thaw Weakened Road Sections” (Aho et al 2005b) utförd för Finska Vägverket (Finnra). Målet med denna rapport är att skapa en praktisk handledning som riktar sig till behoven för lokala vägingenjörer, konstruktörer etc och presenterar ett stegvis systematiskt analytiskt angreppssätt för utformning och utförande av åtgärder på vägar som lider av försvagning p g a tjällossning. Ett klassificeringssystem för tjälskadade vägsektioner såväl som den grundläggande teorin för försvagning i samband med tjällossning presenteras också för att ge en bättre förståelse av processen bakom problemen. Rapporten ger också en kort genomgång av förstärkningsåtgärder och deras lämplighet för reparation av olika typer av skador. Slutligen hanterar rapporten allmänna aspekter relaterade till kvalitetssäkring och funktionskontroll av de rehabiliterade vägarna.

Ytterligare policys och tekniker för skötsel av försvagning vid tjällossningen diskuteras i ROADDEX II projektrapport “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” skriven av Saarenketo och Aho (2005).

Kapitel 2. Försvagning vid tö – Kort beskrivning

2.1 FAKTORER SOM PÅVERKAR FÖRSVAGNING VID TÖ

Termen "försvagning vid tjällossning" har olika betydelser i olika språk. Generellt, kan försvagning vid tjällossning definieras som en minskning av vägens bärighet under den period i vilken de frusna lagren i vägen tinar under våren. Launonen et al (1995) listade följande faktorer som nödvändiga för uppkomsten av försvagning vid tjällossning:

- väggroppen och/eller undergrunden fryser till
- materialet är tjälfarligt
- tjälfronten har tillräckligt med vatten tillgängligt
- under töperioden stannar vattnet, som frigjorts genom den smältande segregerade isen, i vägkonstruktionen eller i undergrundens jordarter och försvagar därigenom konstruktionen.
- vägen är utsatt för belastningar under töperioden

Om någon av dessa faktorer saknas finns det ingen risk för tjällossningsskador. I länder med varmare klimat (t ex Skottland) är frys-tö försvagning vanligtvis sammankopplad med försvagning av vägen efter dagliga frys-tö cykler. Processen bakom töförsvagning beskrivs mer i detalj i ROADDEX II projektrapport "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo och Aho 2005).

Faktorerna som påverkar utvecklingen av töförsvagningen kan delas in i belastning, miljö- och designrelaterade faktorer vilket presenteras i tabell 2.1. Designrelaterade faktorer är de lokala faktorer som hör samman med vägens läge och dess omgivning som påverkar tjälens aktivitet, storleken hos tjällyftningen och spridningen av smältvatten. Alla faktorerna presenterade i Tabell 2.1 har viss påverkan var för sig och kombinerade med varandra ökar de sitt inflytande. Underhållsåtgärder och bärigheten på vägrenarna kan också påverka svårighetsgraden hos tjällossningsskadorna som tillägg till säsongsmässiga effekter.

Tabell 2.1. Faktorer som påverkar försvagning vid tjällossningen (modifiering Aho 2004)

TRAFIKLAST	MILJÖ	DESIGNRELATERAD
Mängden tung trafik	Väder och hydrologiska faktorer	Dränering
Axeltryckets storlek	- Temperatur	- Vägens topografi och dess omgivningar
Däckstryckets storlek	- Grundvattennivå	- Dräneringens utformning
Tiden mellan trafiklasterna	- Nederbörd	Vägöverbyggnad
	- Tjäle (islinser)	- Tjocklek, kvalitet och blandning
		Undergrund
		- Undergrundsjorden och dess tjälfarlighet

2.2 TJÄLLOSSNINGENS FÖRSVAGANDE FASER

Från resultaten av tjällossningsövervakning i ROADDEX II identifierades fyra olika tidsfaser för försvagningen vid tjällossningen med unika kännetecken som kräver separata klassifikationer. Dessa inträffar i en kronologisk ordning och behovet av lastrestriktioner, till exempel, i varje fas är kraftigt beroende av ökningen, eller brist på ökning, av fukthalt och styvhet i vägen under den förgående perioden. De fyra faserna är:

- 1) frys-tö cykelfasen,
- 2) ytliga töuppmjukningsfasen,
- 3) strukturella töuppmjukningsfasen och
- 4) undergrundens töuppmjukningsfas.

En vanlig faktor i alla dessa faser är kryo-sugning. En potentiell femte kategori, med liknande bärighetsproblem, skulle höstens årstid med kraftig nederbörd kunna vara, men under denna årstid är frysning inte någon faktor i försvagningsprocessen. I Skottland och i andra länder med varmare klimat är huvudproblemet inte försvagning orsakad av tjällossning utan de återkommande frys-tö cyklerna som förekommer dagligen under vintern. I dessa områden är frys-tö cykelfasen vanligtvis den enda närvarande fasen.

De fyra försvagande tjällossningsfaserna presenteras mer i detalj i ROADDEX II projektrapport "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads". De kan användas till övervaknings- och kommunikationsterminologi för att beskriva tillståndet vid tjällossning och de kan också användas vid beslutsfattandeprocesser för införande, eller borttagande, av lastrestriktioner. Även som en del av utformning av rehabiliteringsåtgärder och vid problemanalys, är det viktigt att identifiera de särskilda faser som orsakar problemen. Detta är en viktig faktor för att bedöma lämpliga reparationsmetoder.

2.3 KLASSIFICERING AV VÄGAVSNITT FÖRSVAGADE VID TJÄLLOSSNING

ROADEX II projektrapport "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo och Aho 2005) föreslår ett system för klassificering av vägvägningsavsnitt med tjällossningssskador och deras orsaker med hjälp av beskrivningar av topografins och undergrundsjordens tillstånd och skadebeskrivningar. Kriterierna som används är:

- undergrundsjordarter
- topografi av vägen och dess omgivning
- skadornas svårighetsgrad
- skadefrekvens.

Varje klass som beaktas delas åter upp i tre underklasser (I-III) beroende på svårighetsgraden och frekvens för skadorna. Underklasserna är följande:

- I. Lindriga problem, där tjällossningsproblemen inte är svåra och inte förekommer årligen.
- II. Medelsvåra problem, där lätta eller medelsvåra tjällossningsproblem uppstår nästan varje vår.
- III. Svåra problem, där medelsvåra eller svåra strukturella tjällossningsproblem förekommer årligen.

Genom att använda detta system, kan tjällossningssskadade platser delas in i 27 skadeklasser presenterade i Tabell 2.2. Den generella beskrivningen av varje probleplats finns att läsa i ROADEX II projektrapport "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo och Aho 2005). Detta klassificeringssystem rekommenderas för att diagnostisera det grundläggande problemet och val av optimal rehabiliteringsmetod.

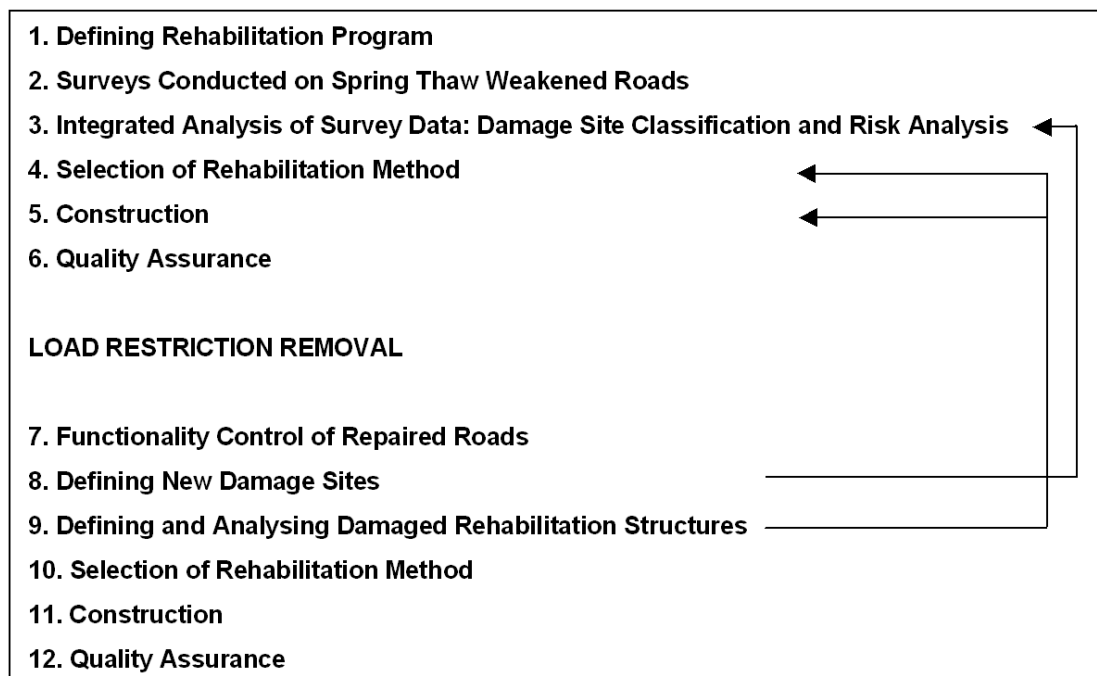
Tabell 2.2. Klassificeringssystem för platser som skadats av försvagning vid tjällossning.

UNDERGRUNDS- JORDART	TOPOGRAFI	SVÄRIGHETSGRAD OCH FREKVEN- S HOS SKADOR	SKADE- KLASS
morän	sluttande mark	Mild	A.I
		Medelsvår	A.II
		Svår	A.III
	platta och släta områden	Mild	B.I
		Medelsvår	B.II
		Svår	B.III
	kuperad terräng	Mild	C.I
		Medelsvår	C.II
		Svår	C.III
lera och silt	sluttande mark	Mild	D.I
		Medelsvår	D.II
		Svår	D.III
	platta och släta områden	Mild	E.I
		Medelsvår	E.II
		Svår	E.III
	blöt och lågt liggande dal	Mild	F.I
		Medelsvår	F.II
		Svår	F.III
torv	Mestadels på släta och jämna områden eller blöt och lågt liggande sänka	Mild	G.I
		Medelsvår	G.II
		Svår	G.III
berggrund	i huvudsak på sluttande mark	Mild	H.I
		Medelsvår	H.II
		Svår	H.III
	Andra tjällossningspro- blem som inte är relaterade till undergrundsjord	Mild	I.I
		Medelsvår	I.II
		Svår	I.III

Kapitel 3. Rehabiliteringsprocessen

Det stora problemet i de flesta projekt som involverar förstärkning av lågtrafikerade vägar och/eller förbättring av deras funktionella tillstånd har varit att de strukturella lösningar som använts i huvudsak och valts erfarenhetsmässigt och sålunda baseras enbart på den lokala ingenjörens erfarenhet. Detta har lett till, i många fall, användning av en föredragen enkel konstruktionslösning för varje problem som uppstår på vägnätverket, vilket i vissa fall fungerar och andra inte. Problemet är dock att mekanismerna för tjällossningsskadorna är komplexa och därmed behöver olika tjällossningsförsvagade vägavsnitt olika rehabiliteringslösningar. Av denna anledning bör alltid tillräckliga resurser anslås till att diagnostisera de underliggande orsakerna till de skadade vägavsnitten.

Utformningen och rehabiliteringen av tjällossningsförsvagade sektioner bör ses som en process som varar under 2 - 4 år (se Figur 3.1). Denna process bör inte avslutas efter genomförande av den första rehabiliteringskonstruktionen och inte heller efter genomförd kvalitetskontroll. Rehabiliteringsprocessen bör fortlöpa med systematisk kontroll och övervakning av de rehabiliterade vägarna tillsammans med problemdiagnos av uppkommen ny skada och rehabiliteringsåtgärder.



Figur 3.1. Processen för utformning och utförande av rehabiliteringsåtgärder för vägavsnitt som försvagats av tjällossning.

Som en del av rehabiliteringsprocessen är det viktigt att utvärdera risken för nedbrytning av varje vägavsnitt. Detta bör göras för att kunna identifiera de

sektionerna där nedbrytningen inte finns när undersökningen genomförs men som kan ha en högre risk för nedbrytning efter att belastningsrestriktionerna har tagits bort – om och när de tas bort. I denna riskanalys är vägen indelad i enskilda vägvagnsnitt beroende på deras riskklass för nedbrytning. Ett bra exempel av en riskanalys gjord på en väg är den som utförts på B871 mellan Kinbrace och Syre i Skottland. Den återfinns i ROADEX II projektrapport “Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions” (Saarenketo 2005).

När rehabiliteringsprocessen som presenteras i Figur 3.1 utförs, är det viktigt att ha i åtanke att de data som en gång samlades in om vägnätverket, kan användas i många år inte bara vid utformning av åtgärder och reparation av tjällossnings-skadade vägsektioner utan också vid övervakning för att se hur bra de reparerade vägvagnsnitten fungerar. Tillförlitliga övervakningsdata är extremt viktiga för att lära sig att identifiera svaga vägsektioner, som kommer att skadas kort tid efter rehabilitering så fort belastningsrestriktionerna har tagits bort – så att de i framtiden kan förstärkas under den första rehabiliteringsfasen. Dessutom kommer övervakningsdata som är insamlade att ge värdefull information om livslängden för olika förstärkningsåtgärder och deras lämplighet i de olika skadeklasserna.

Kaipitel 4. Undersökning och analys av vägvagnitt som försvagats av tjällossning

4.1 UNDERSÖKNINGSMETODER FÖR LÅGTRAFIKERADE VÄGAR

Det första steget vid val av den optimala strukturella lösningen för ett vägvagnitt är att samla in tillförlitlig information om den aktuella vägen, dess tillstånd och dess uppbyggnad, och om tillstånd hos geologi och dränering i området. För denna uppgift kan flertalet metoder användas, såsom provning med Dynamic Cone Penetrometer (DCP), bärighetsmätning, Georadarmätning (GPR), profilometertekniker för spår- och ojämnhetsinformation, visuella utvärderingsdata gällande dräneringstillstånd och provtagning från överbyggnader och undergrundsjord. Utvärderingsdata från visuella skadekarteringar och annan referensinformation, såsom videobilder av vägen, kan också vara användbara. Alla dessa data bör samlas in på ett sådant sätt att deras exakta position på vägen blir känd.

Tabell 4.1 presenterar lämpliga undersökningsmetoder för lågtrafikerade vägar, informationen de ger och den bästa utförandetiden av varje metod. Tajmingen för dessa undersökningar är väldigt viktig för att kunna få fram tillförlitliga och representativa data. Ytterligare detaljer angående dessa tekniker ges i ROADX II projektrapporter, såsom "Dealing with Bearing Capacity Problems on Low Volume Roads Constructed on Peat" (Munro 2004), "Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions" (Saarenketo 2005) och "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo och Aho 2005).

Tabell 4.1 Undersökningsmetoder för lågtrafikerade vägar

UNDERSÖKNINGS-METOD	INFORMATION	UTFÖRANDETID
Georadar, GPR	Tjäldjup Islinser Vägöverbyggnad – tjocklek och blandning Lokalisering av berggrund och torv Lokalisering av tjälfarlig jord/ ojämna tjällyftningar	Vinter – frusen mark
	Tjocklek hos beläggning och bärlager Vägöverbyggnader – tjocklek och blandning Värdering av undergrunds-jordartens kvalitet Lokalisering av berggrund och torv	Sommar – ofrusen mark

Provtagning/ borrhäror	Materialegenskaper – överbyggnad och undergrund Bedömning av undergrundsjordarter Beläggnings- och slitlagertjocklek Överbyggnad - tjocklek Referensprov för andra undersökningsmetoder	Sommar – ofrusen mark
Digital Video	Topografi av vägen och dess omgivning Dräneringssystemets funktion Visuellt skadekartering	I dagsljus, snöfritt
Okulärbesiktning	Lokalisering av vägavsnitt som försvagats av tjällossning Visuellt bedömning av dräneringens funktion	Vår – rikligt med smältvatten
Bärighetsmätning med fallvikt, FWD	Bärighetsmätning Bedömning av undergrundsjordart Lokalisering av berg	Sensommar och tidig höst (augusti – september)
Dynamic Cone Penetrometer, DCP	Vägöverbyggnad - tjocklek Vägöverbyggnad/undergrundsjord – skjuvhållfasthet Tjälldjup	Vår eller sommar
Accelerometer / Profilometerteknik	Belagda vägar – spår och ojämnheter Grusvägar – ojämn tjällyftning	Sommar Vinter
Databaser (om sådana finns) / Historiska- och uppföljningsdata - Tjällossningsskador - Data om beläggningssskador	Lokalisering av vägavsnitt som försvagas vid tjällossning Tjällossningsskador – svårighetsgrad och frekvens Rehabiliteringsåtgärder – tjocklek, läge, kvalitet hos använda material, beständighet	

Det kommer naturligtvis inte alltid att vara effektivt kostnadsmässigt att använda alla metoder som presenteras i Tabell 4.1 och det kommer att vara nödvändigt att välja den mest lämpliga metoden(erna) för varje plats. Efter undersökningen, är nästa steg i rehabiliteringsprocessen den integrerade undersökningsanalysen (Kapitel 4.2) som inte bara används för att identifiera vägavsnitt som lider av tjällossningsförsvagning utan också för att diagnostisera underliggande problem. I Kapitel 4.3 presenteras en operativ modell för undersökning och analys av försvagning orsakad av tjällossning hos vägar. Modellen presenterar ett exempel på en kombination av undersökningar som skulle kunna användas under rehabiliteringsprocessen men också de slutsatser som kan dras.

När undersökningar och rehabiliteringsåtgärder på lågtrafikerade vägar diskuteras bör det förstås att varje investering som genomförs inte är en engångsinvestering. Data som en gång har samlats in på vägnätverket kan användas i många år, inte bara vid utformning och utförande av reparationsåtgärder av tjällossningsskadade vägar utan också vid funktionskontrollen av reparerade vägar. Pålitliga undersöknings- och uppföljningsdata kan vara extremt viktiga för att lära sig att

identifiera de svaga vägavsnitt som sannolikt kommer att bli skadade kort tid efter att vägrehabiliteringen följts av borttagning av lastrestriktioner. Dessutom kan insamlade uppföljningsdata ge värdefull information om livslängden för olika förstärkningsåtgärder. Därigenom är de data som samlats in värdefulla för senare användning.

4.2 INTEGRERADE ANALYSER AV UNDERSÖKNINGSDATA

De undersökningsdata som samlats in kan nu användas för att göra en riskanalys av de identifierade vägavsnitten. Vid en riskanalys bör vägen delas in i enskilda avsnitt baserat på integrerad analys av undersökningsdata och följande nyckelelement som påverkar vägens livslängdsprestanda (se Saarenketo 2001):

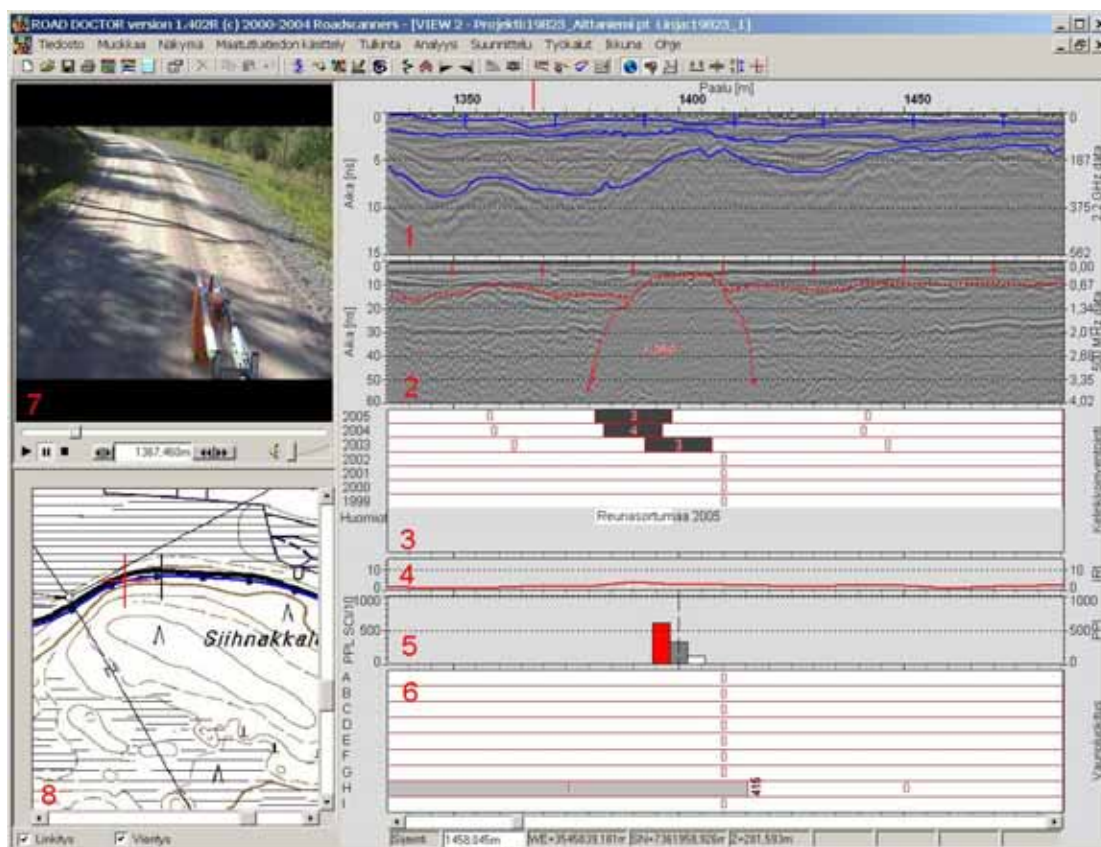
- dräneringstillstånd
- slitlager/beläggning/tillstånd hos andra bundna lager
- bedömning av tillståndet hos obunden vägöverbyggnad
- utmattning relaterad till tjälaktivitet i undergrunden
- undergrundsskada beroende på mycket svag undergrund (silt, torv) och
- lokala skador på den undersökta vägen, som sättningar, trummor etc.

Genom att använda dessa kännetecken och riskanalys kan problemavsnitten och avsnitten med potential att bli problem i den närmaste framtiden, identifieras. Dessa avsnitt kan då ges en detaljerad problemdiagnos för att kunna klassificera typen av strukturella defekter och deras orsaker. Klassifikationssystemet presenterat i Kapitel 2.3 rekommenderas för detta.

Figur 4.1 presenterar ett exempel på en integrerad analys av undersökningsdata där Road Doctor mjukvara från Roadscanners har använts. I det här fallet bestod undersökningsdata av följande data:

- georadardata, GPR (data 1 and 2)
- tjällossningsskador – historiska data (data 3)
- ojämnhetsinformation mätt med accelerometer (data 4)
- bärighetsmätningar med fallvikt, FWD (data 5)
- digital video and GPS (data 7)
- baskarta (data 8).

Vid användning av integrerad analys kan de skadade platserna klassificeras (data 6 i Figur 4.1) med hjälp av klassificeringssystemet som presenterades i Kapitel 2.3. Denna klassificering kan också anses som ett grundläggande diagnosverktyg för typen strukturella defekter och deras orsaker. När diagnosen är genomförd kan data från undersökningen av vägen och annan information användas för att välja den mest lämpliga förstärkningsåtgärden(erna) för varje speciell typ av vägskada på varje vägavsnitt (Saarenketo 2001).



Figur 4.1. Ett exempel på den integrerade analysmetoden som skapats med Road Doctor mjukvara.

Genom att veta det precisa läget för en skada och sätta in rehabiliteringsåtgärder baserat på skadans orsaker, kan onödigt konstruktionsarbete och oriktiga rehabiliteringsåtgärder undvikas (Saarenketo 2001). Dessutom kan detaljerad riskanalys identifiera de vägavsnitt med sannolikt rimlig livslängd som inte behöver tillsyn och tillåter resurserna att riktas på mer effektiva åtgärder i de sektioner av vägen som är i behov av en reparation. Förstärkningsmetoder för tjällossnings-skadade vägavsnitt beskrivs i Kapitel 5.

4.3 OPERATIV MODELL FÖR UNDERSÖKNING OCH ANALYS AV VÄGAR SOM FÖRSVAGATS VID TJÄLLOSSNING

Ett exempel på en typiska steg-för-steg procedur för undersökning och analys av en väg för rehabiliteringsåtgärder presenteras nedan. Stegen som listas är ordnade för att samla tillräckligt pålitlig och representativ information om de kännetecken som påverkar tjällossningsförsvagningen. Proceduren är passande både för grus- och belagda vägar. Extra steg för ytterligare undersökningar kan läggas till om det behövs.

A. GPR Mätningar – Vinter

På vintern rekommenderas undersökningar med Georadar (GPR) för grusvägar då GPR inte alltid är så effektiv på sommaren då dammbindande tillsatser används. Ett system som använder sig av 400 – 500 MHz markbunden antenn används för att mäta vägkonstruktionens lagertjocklekar och eventuella sammanblandningar av lager. GPR-data insamlade på frusen mark kan också sörja för god information om tjäldjupet och islinser och dessutom kan platser med berggrund och torv lokaliseras exakt. Vanligtvis kan en långsgående GPR-profil ge tillräcklig information för lågtrafikerade vägar men om mer noggranna data behövs kan flera körfält mätas.

Fältnätningar av tjällyftning kan snabbt identifiera skador relaterade till försvagning vid tjällossning men de kan också vara ganska dyra att genomföra. Digital video och GPS-data insamlade samtidigt som GPR-mätningarna är billigare och ett effektivt substitut till mätningar av tjällyftning (Figur 4.2). Platser med ojämn tjällyftning kan ungefärligt bestämmas genom att använda digital videoinspelning på vintern. Accelerometer- och profilometerteknik kan också användas ifall mer noggranna data behövs.



Figur 4.2. Digital video och GPS installerade på GPR-mätbilen.

B. Läge och historik för problemavsnitt

Detta stycke behandlar hur identifiering utförs av vägvagn som lider av tjällossningsförsvagning. Dessa inkluderar både nya skadade platser och reparerade platser som fortfarande lider av försvagning vid tjällossning. Riskanalyser bör också genomföras av andra vägvagn som inte uppvisar nedbrytning men vilka har en hög risk för skador efter att lastrestriktionerna har tagits bort.

Denna identifiering kan utföras genom att använda historiska data, och/eller uppföljningsdata, insamlade från vägar med problem. Om sådana databaser inte är tillgängliga, rekommenderas att problemfyllda vägvagn övervakas

visuellt under 1-2 år för att samla bra data. De GPR-data som samlades in i steg A ovan är också värdefulla för denna riskanalys. Mest värdefulla data för grusvägar är observationer av tjällossningsskador och för belagda vägar ojämnhets- och spårbildningsdata från en profilometer. Om denna typ av övervakning inte är möjlig p g a tidsbrist, kan beläggningsskador kartläggas genom dataanalys från digital video och intervjuer med driftspersonal och väganvändare kan genomföras för att utvärdera utveckling av och platser för nedbrytning.

C. Integrerad analys av undersökningsdata

Efter identifiering av problemsektionerna kan den initiala problemdiagnosen (kapitel 2.3) och det första förslaget till förstärkningsmetod göras. Beskrivningen av den integrerade analystekniken som används här framgår av Kapitel 4.2. Det är viktigt att den första diagnosen med orsakerna till skadan blir gjord i denna fas så att resultaten kan bli verifierade senare på plats.

D. Platsbesök – Vår

Besöket på våren på plats utförs för att verifiera lokaliseringen av sektionerna med problem och identifiera eventuella nya avsnitt som lider av försvagning vid tjällossningen. Den initiala diagnosen av problemen kan också bekräftas och det första förslaget till förstärkningsmetoder kontrolleras. Besöket på plats är bäst att planlägga till våren när de flesta diken är fulla med smältvatten och vägen är i sitt svagaste tillstånd. Detta är också den bästa tiden för att göra en analys av dräneringens tillstånd såväl som att identifiera avsnitt med svag bärighet på vägrenarna.

Tillståndet hos vägens dränering bör kontrolleras visuellt på sträckor med problem vid denna tidpunkt och längs hela vägen. Detta bör genomföras för att förbättringar av dräneringen kommer att förhindra, eller försena, utvecklingen av andra defekter på vägen. GPR-data kan tillföra användbar information om tillståndet hos dräneringen som ett tillskott till den visuella utvärderingen vid denna tid. Det är ofta värdefullt att samla in digital video under det här besöket på plats så att visuella data kan utvärderas igen efteråt om det skulle behövas. Ett två-kamerasystem med digital video kan användas, en kamera kartlägger vägen medan den andra är riktad mot diket.

E. GPR-Mätningar – Sommar

Dessa GPR-mätningar utförs på sommaren då vägens överbyggnad och undergrund är helt ofrusna. En 1,0–2,2 GHz antenn används för att ta reda på tjockleken hos slitlagret/beläggningen och bärlagren (Figur 4.3). 'Spårbildningstillstånd' (se Dawson och Kolisoja 2005) kan också klassificeras vid

detta tillfälle genom GPR med användning av en 400 MHz antenn tvärs över vägen i tvärsektioner. Borrprov kan tas ut för att kalibrera GPR-tolkningen. Om problemen tros vara relaterade till de obundna materialen bör materialet analyseras med lämpliga metoder avseende materialkvalitet och vattenkänslighet. Analys vid laboratorier kan också användas, t ex för att indikera om yttöppmjukningen har en koppling till kvaliteten på slitlagret. En parameter som har visat sig vara effektiv vid utvärdering av kvalitet hos obundna vägkonstruktioner är dielektricitetsvärdet. Användningen och egenskaperna hos dielektricitetsvärdet beskrivs i ROADDEX II projektrapport "Material Treatment" (Kolisoja och Vuorimies 2005).



Figur 4.3. GPR-mätbil med 1 GHz hornantenn i fronten.

En analys av slitlagret hos grusvägar kan också genomföras med GPR-mätningar.

F. Bärighetsmätningar – Sensommar eller tidig höst

Bärighetsmätningar på grusvägar används mestadels till att bekräfta GPR-tolkningen, bedömningen av jordartstyp i undergrunden och utvärdering av kvaliteten av de obundna vägkonstruktionerna. Fallviktsdeflektometer (FWD Figur 4.4) är den bästa tekniken att använda om vägens problem är kopplat till svagt tillstånd hos undergrunden. En dynamisk konpenetrometer (DCP) kan också användas om den största kornstorleken hos stenmaterialet inte är för stor. FWD mätningar, tillsammans med spårbildningstillstånd kan ge bra information om källan till problem med bärighet. Spårbildningstillståndet bör klassificeras i denna fas om den inte har klassificerats tidigare.



Figur 4.4. KUAB fallviktsdeflektometer (Aho 2004).

FWD-data tillsammans med data på vägkonstruktionens tjocklek, importerat från GPR-undersökningens resultat, kan också användas för att beräkna yt-bärigheten för belagda vägar. Materialens modulvärden bestäms först genom 'baklängesräknande' mjukvara. Därefter kan traditionell dimensionering enligt Odemark nyttjas för att ge en initial bedömning av bärigheten för vägkonstruktionen. Detta kan användas vid bedömning av storleken på de förstärkande åtgärderna. Speciella index såsom Surface Curvature Index (SCI) och Base Curvature Index (BCI) kan också användas för analys av bärigheten.

Det bör emellertid påpekas, vid utvärdering av risken för permanent deformation, att FWD-data insamlade under de torra månaderna på sommaren ofta kan ge i överkant optimistiska värden på bärigheten på grund av absorptionsförmågan. Rent generellt kan sägas att om värdena hos bärigheten är rimliga, kan vägen fortfarande ha problem med frost och permanent deformation – men om dessa uppmätta parametrar får dåliga värden är vägen alltid i dåligt strukturellt tillstånd. Värdena från bärigheten är bäst upprepbara och jämförbara om insamlingen av data sker sent på sommaren eller tidigt på hösten när fukthalten är mer "normal".

G. Detaljerad problemdiagnos och design för rehabilitering

I detta sista steg uppdateras den grundläggande diagnosen av problemen som utfördes i steg C med hjälp av data insamlade under steg D-F. Data som insamlats vid undersökningen av vägen, och annan information, används till att designa de mest passande rehabiliteringsåtgärderna för varje typ av defekt på vägen på varje vägvagns. I detta steg rekommenderas att den design strategi för att undvika permanenta deformationer som presenterades i ROADDEX II rapport "Permanent Deformation" (Dawson och Kolisoja 2005) används. Lagertjocklekar kan också bestämmas via traditionell dimensionering genom att använda Odemarks formler.

I allt som sagts ovan är det viktigt att alla undersöknings- och designdata, och efter utförandet även kvalitetssäkringsdata, samlas in och sparas systematiskt för att senare kunna användas till att kontrollera beständigheten hos reparerade vägar. Data som sparats kan också användas till att analysera effekten av åtgärderna gjorda under rehabiliteringen och kan vara användbara som ingångsdata vid framtida design av rehabilitering. Det rekommenderas att data sparas för framtida användning kopplade på ett sådant sätt att det medger en samtidig bedömning.

Kapitel 5. Förstärkningsåtgärder för tjällossningsskador

5.1 ALLMÄNT

Problemet med förstärkning av tjällossningsskador är, som beskrivs i Kapitel 3, att nya skador ofta uppstår på nya platser efter det att de ursprungliga tö-försvagade platserna har blivit reparerade och tung trafik återkommer efter att lastrestriktionerna har hävts. Om detta inte uppmärksammas, och åtgärdas, kan det skapa en dålig bild av det hela för användarna av vägen och det är därför viktigt att informera användarna att det pågående reparationsprojektet är en 2-4 års rehabiliteringsprocess som syftar till att förbättra hela vägen. Det betyder att alla åtgärder, förbättringar av dräneringen liksom andra underhållsåtgärder, behöver utföras på hela längden av vägen samtidigt med de rehabiliterande åtgärderna. Ytterligare kontroller av tjällossningsskador bör inte ta slut efter den första reparationsfasen.

Risken för skador på grund av tung trafik under förstärkningsarbetet kan reduceras genom god tajming och klokt utförande. Idealiskt bör förstärkande åtgärder för tjällossningsskador utföras på sommaren då vägkroppen är torr och stark nog att tåla belastningen från konstruktionsarbetet. Belastningar på vägen under rehabiliteringen kan reduceras genom att använda fordon med reducerad last och tillåta tillräcklig tid för återhämtning hos vägens konstruktion mellan lastbilarnas passering. Teorin bakom tiden för återhämtning diskuteras mer i detalj i ROAD EX II projektrapport "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo och Aho 2005).

5.2 LIVSCYKELKOSTNADER FÖR REHABILITERADE KONSTRUKTIONER

Förstärkning av tjällossningsskadade platser bör enbart genomföras om vägens region har tillräckliga resurser för utförande av åtgärder som varar över en längre period. Stora misstag har begåtts när vägavsnitt har förstärkts genom användning av otillräckliga överbyggnader som har varit för svaga. Aho (2004) gjorde några beräkningar angående livscykelkostnader för standardiserade förstärkningsåtgärder vid reparation av grusväg. Resultaten bekräftade att det inte finns någon enskild standardiserad ekonomisk strukturell lösning för att reparera alla tjällossningsskador. Beroende på de rådande förhållandena på en plats med tjällossningsskador kan livslängden hos en standardiserad konstruktion vara kortare och sålunda kan livscykelkostnaderna bli högre.

Enligt resultaten från analysen, är de tunnaste strukturella åtgärderna de mest känsliga för variation hos livslängden. Om den nya konstruktionen inte är stark nog för de uppkommande tjällossningsskadorna, kommer livslängden för konstruktionen

att vara kortare och kostnaden per år kommer att öka snabbt. Denna förkortning av livslängden är inte vanlig hos tjockare konstruktioner och av denna anledning bör tjockare konstruktioner (400-500 mm) föredras vid reparationer av svåra tjällossningsskador.

Om tillräckliga resurser inte finns tillgängliga till förstärkning av vägkonstruktioner, är den mest effektiva metoden att kämpa mot tjällossningsproblemen att förbättra dräneringssystemen och att underhålla dem med god funktion. Olika dräneringstekniker, men också deras livscykelkostnader, har rapporterats mera i detalj i ROADEX II projektrapport "Drainage on Low Volume Roads" (Berntsen och Saarenketo 2005) och vidare i ROADEX III projektets rapporter om dränering.

5.3 REHABILITERINGSÅTGÄRDER FÖR GRUSVÄGAR

Rehabiliteringar och förstärkningsdesign av grusvägar är relativt okomplicerade när orsaken till skadan är väl definierad. Valet av förstärkningsåtgärd på grusvägar görs vanligtvis baserat på kännetecknen beskrivna i Kapitel 2.3 och de mest frekvent använda rehabiliteringsmetoderna på grusvägar är presenterade i Tabell 5.1. Skisser och reparationsmetoder för varje enskild rehabiliteringskonstruktion tillhandahålls i åtgärdskort vilka återfinns i Appendix 1. Vid studier av dessa konstruktioner bör det uppmärksammas att de är baslösningar och varje speciellt särdrag för varje plats med skador bör beaktas vid utförandet av rehabiliteringen. Det är också viktigt att inte glömma bort betydelsen av ett effektivt dräneringssystem för funktionen hos en rehabiliterad konstruktion. Dräneringsförbättringar bör alltid utföras på vid samma tillfälle, eller till och med tidigare, än förstärkningsåtgärder.

Tabell 5.1. Arbetsgång vid rehabilitering av grusvägsöverbyggnad.

I BASÅTGÄRD
1. borttagning av gammalt slitlager
2. homogenisering av obundna lager 300 mm (vid behov)
3. geotextil, fiberduk
4. bärlager 200 – 300 mm
5. slitlager 100 mm
II ARMERING MED STÅLNÄT
1. borttagning av gammalt slitlager
2. borttagning av gammalt material 100 – 150 mm (vid behov)
3. geotextil, fiberduk
4. bärlager 100 mm
5. stålnätsarmering
6. bärlager 200 mm
7. slitlager 100 mm
III HÖJNING AV PROFILLINJEN
1. borttagning av gammalt slitlager
2. homogenisering av obundna lager 300 mm (vid behov)
3. geotextil, fiberduk
4. förstärkningslager \geq 200 mm
5. bärlager 200 mm
6. slitlager 100 mm

IV MATERIALUTSKIFTNING
1. borttagning av gammalt slitlager
2. borttagning av gammalt material ≥ 600 mm
3. geotextil, fiberduk
4. skyddslager ≥ 300 mm
5. bärlager 200 – 300 mm
6. slitlager 100 mm
V FÖRSTÄRKNING AV VÄGRENAR
flera olika metoder t ex
- materialutskiftning på vägrenarna
- breddning av innerslänterna
VI ANDRA ÅTGÄRDER
flera olika metoder t ex
- stabilisering
- frostisolering etc.

Den mest passande åtgärden för rehabilitering bör väljas efter det att problemet diagnostiserats. Tjockleken för respektive åtgärd bestäms sedan baserat på svårighetsgraden hos den inspekterade skadan. Förstärkningsmetodernas lämplighet för olika skadeklasser beskrivs kort i texten som följer.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDERNA I. "BASÅTGÄRD" OCH III. "HÖJNING AV VÄGENS PROFILLINJE"

Basåtgärden kan ses som den minsta förstärkningen som bör göras på tjällossningsförsvagade vägvagnsnitt på grusvägar. I grund och botten är konstruktionen lämplig för att reparera tjällossningsskador i varje skadeklass A-H i Tabell 2.2. Under vissa omständigheter behövs tyngre konstruktioner för att garantera en väl fungerande väg. Exempel på detta är:

- när de tjällossningsproblem som framträder på objektet är medelsvåra eller svåra (skadeklass II och III) och bärighetsförbättringen vid användning av Basåtgärden sannolikt är otillräcklig
- när ett antal av medelsvåra och/eller svåra tjällossningsskador anträffas på ett vägvagnsnitt som passerar genom en lågt liggande dal eller när skadan är relaterad till en låg profillinje hos vägen.
 - undergrund av morän, platt och jämnt område (Tabell 2.2, klass B)
 - undergrund av lera och/eller silt, platt och jämnt område (Tabell 2.2, klass E)
 - undergrund av lera och/eller silt, fuktigt och lågt liggande sänka (Tabell 2.2, klass F)
 - undergrund av torv, platt och jämnt område eller fuktigt och lågt liggande sänka (Tabell 2.2, klass G)

Tjockleken hos förstärkningsåtgärden kan bestämmas genom att använda en dimensioneringsstrategi liknande den som presenteras i ROADDEX II projektrapport

”Permanent Deformation” (Dawson och Kolisoja 2005). I de fall där skadorna är relaterade till vägens profil sker den bästa förstärkningen genom att höja profillinjen och då används en 500 – 600 mm tjock ny konstruktion som visas i förstärkningsåtgärd III. Denna tjockare konstruktion kan dock bara användas där höjning av vägens profil och bredd är möjlig.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD II. ”STÅLNÄTSARMERING”

Vid fall av svag och/eller eftergivlig undergrund (Tabell 2.2, klasserna E, F och G) bör risken för ojämna sättningar noggrant övervägas om tjock förstärkning skall användas. Ojämna sättningar kan begränsas genom användning av förstärkningsåtgärd II (se Tabell 5.1) där en del av det obundna lagret kan minskas genom armering med stål nät (Figur 5.1). Armeringen fungerar också bra mot permanenta deformationer och den reducerar också vägens breddning genom utpressning av vägkanten vid tjällossning.



Figur 5.1. Installation av stål nät sarmering (K. Niva).

Förstärkningsåtgärder som innehåller stål nät sarmering rekommenderas inte för användning på skadade platser som är belägna på sluttande mark (Tabell 2.2, klasserna A, D och H). Den ojämna tjällyftning som uppstår på dessa platser kan få stål nätet att pressas upp till vägytan. Förstärkning med stål nät bör också undvikas på platser där trummor, rör och kablar korsar vägen eftersom de kan behöva underhållas i framtiden. På dessa avsnitt kan stål armering hindra framtida reparationer.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD IV. ”MATERIALUTSKIFTNING”

När tjällossningsskadan är allvarlig, med svårartade ojämna tjällyftningar, är det enda sättet i många fall att lösa detta problem genom materialutskiftning (Tabell 5.1, förstärkningsåtgärd IV). Tjock materialutskiftning är emellertid sällan en ekonomisk lösning på lågt trafikerade vägar fastän det kan vara effektivt att byta ut material mot icke tjälfarligt och vattengenomsläppligt material i de fall där berggrunden befinner

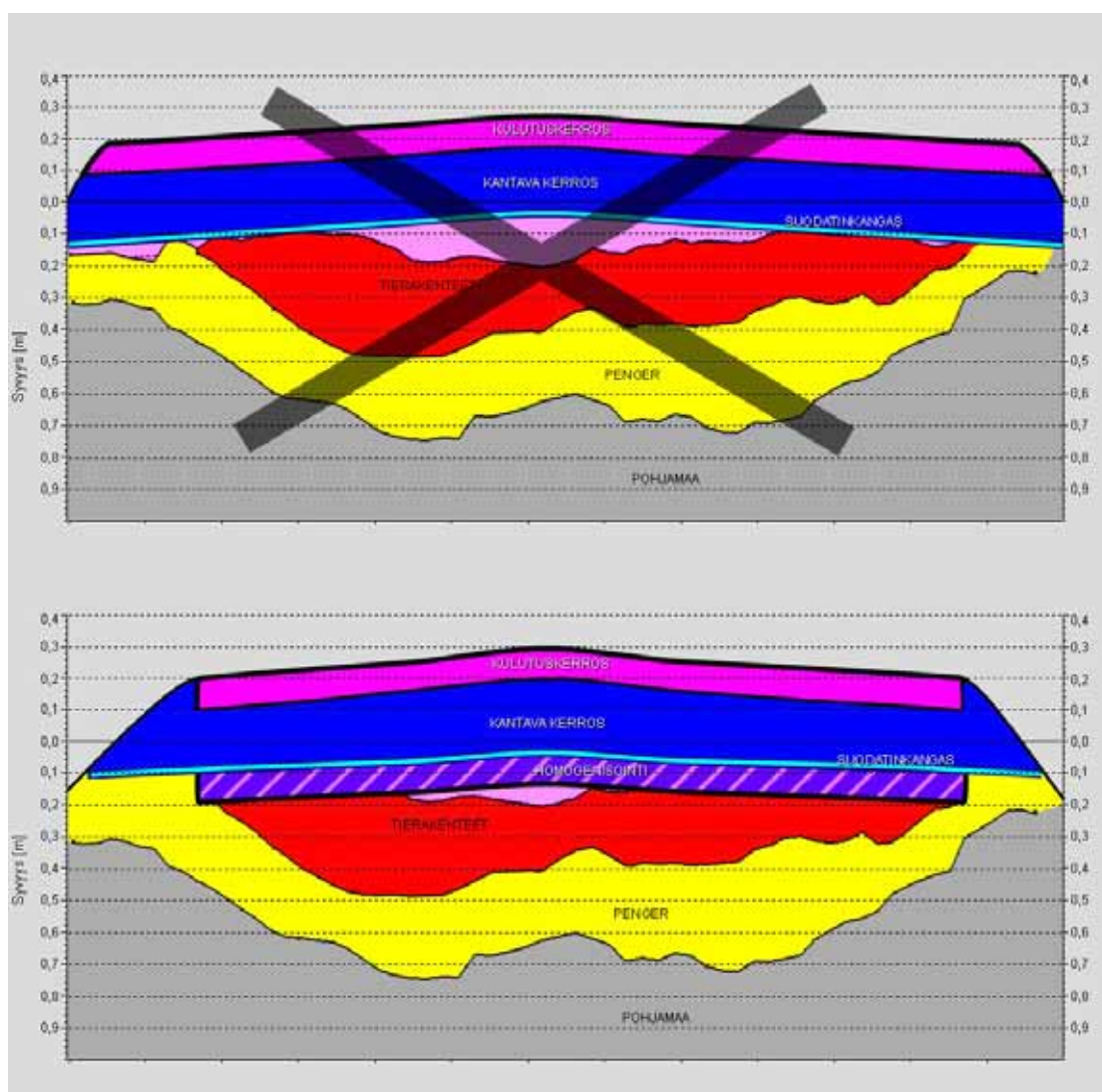
sig nära vägytan (Tabell 2.2, klass H.III). Materialutskiftning är dock inte den mest lämpliga förstärkningsåtgärden på de platser där berggrunden blockerar vatten. I sådana fall bör sprängning av berget övervägas eller användning en åtgärd som innehåller isolering (Tabell 5.1, förstärkningsåtgärd VI).

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD V. "FÖRSTÄRKNING AV VÄGRENARNA"

Vid analyser av vägavsnitt med tjällossningsproblem som har blivit reparerade och åter skadats, är en faktor som upprepande gånger har observerats skapa problem, att vägar har blivit förstärkta tvärs över hela den breddade tvärsektionen. De breddade vägrenarna har nästan ingen överbyggnad vilket resulterar i ojämna tjällyftningar och tunga fordon som färdas på den 'till utseendet stabila vägrenen' orsakar skador. Egentligen kan de vägavsnitt som lider av svag bärighet på vägrenarna inkluderas i varje skadeklass som presenteras i Tabell 2.2.

För att undvika sådana situationer bör bredden på tvärsektionen smalas av när förstärkning utförs. Figur 5.2 visar en typiskt misslyckad tvärsektion tillsammans med en tvärsektion som illustrerar hur en förstärkning bör utföras. Om det inte är möjligt att göra vägen smalare, bör en tjockare överbyggnad utföras på vägrenarna. Ett annat alternativ är utföra materialutskiftning på vägrenarna varvid de tunna överbyggnaderna och undergrunden schaktas ur och ersätts med tjockare överbyggnader. I Sverige är sannolikt materialutskiftning på vägrenarna den allra vanligaste metoden för att förstärka vägrenar.

Många olika konstruktioner har testats för att kunna identifiera effektiva lösningar för förstärkning av vägrenar. Intressanta nya tester har utförts där stål nät har använts för förstärkning av vägrenar. I dessa fall har stål näten installerats längsgående följande vägrenen för att motverka deformationer på vägrenen.



Figur 5.2. Typisk tvärsektion som kommer att brytas ner och en tvärsektion som visar hur förstärkning bör utföras.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD VI. "ANDRA ÅTGÄRDER"

Denna kategori inkluderar de förstärkningsmetoder som ännu inte är så frekvent använda vid reparation av skador från tjällossning på grusvägar. Således innefattar förstärkningsåtgärd VI förstärkningstekniker som bara används i speciella fall eller som fortfarande är under utveckling. Denna kategori inkluderar såväl slitlagerförgrovnig som åtgärder innehållande frostisolering, geotextilförstärkning eller bi-produkter från industrin.

Slitlagerförgrovnig kan anses som den primära förstärkningsåtgärden i de fall där yttöuppmjukning uppträder som är relaterad till ett tjockt slitlager med högt innehåll av finmaterial. I dessa fall blandas nya och grövre material med det gamla slitlagermaterialet i förutbestämda proportioner. Denna metod av slitlagerförgrovnig kan bara användas för att reparera skador som uppstått p g a yttöuppmjukning.

Isolering mot tjäle kan vara en effektiv förstärkningsåtgärd för tjällossningsskador på våta och sidlutande vägavsnitt. Genom att använda tjälisolering, kan grundvatten flyta fritt under vägen och islinser som blockerar vattnet uppstår därför inte. I sådana fall kan tjälisolering också förhindra uppkomsten av ojämna tjällyftningar (Saarenketo et al 2002). Även fastän det är kostsamt kan tjälisolering betraktas som en konkurrenskraftig förstärkningsåtgärd i de fall där schaktning av berg är ett alternativ.

5.4 FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER FÖR BELAGDA VÄGAR

5.4.1 Allmänt

Förstärkningsstrategin för belagda vägar med problem relaterade till försvagning beroende på tjällossning är en lika okomplicerad process som den för grusvägar. Alla lösningar för belagda vägar är normalt mer kostsamma än de för grusvägar och tjockleken hos beläggningslager har stor effekt på de förstärkningsåtgärder som kan användas. Av denna anledning har belagda vägar i denna rapport blivit uppdelade i två kategorier: vägar där den totala tjockleken för beläggningslager och bitumenbundna lager är totalt 20 – 100 mm och vägar där den totala tjockleken för de bundna lagren är mer än 100 mm. Gamla grusvägar med mycket tunn ytbehandling betraktas som specialfall där den rehabiliteringsstrategin bör väljas från fall till fall från åtgärdsalternativen för grusvägar eller belagda vägar.

5.4.2 Vägar med tunna beläggningar – beläggningstjocklek 20 – 100 mm

Generella lösningar och konstruktionsprocesser för förstärkning av belagda vägar med tunna beläggningar som lider av tjällossningsförsvagning presenteras i Tabell 5.2. Det bör dock påpekas att alla lager nämnda i Tabellen behöver packas.

Den totala tjockleken hos förstärkningsåtgärderna för belagda vägar bör bestämmas i varje specifikt fall genom att använda den strategi som presenteras i ROADDEX II projektrapport "Permanent Deformation" (Dawson och Kolisoja 2005) eller genom att använda någon traditionell dimensioneringsmetod till exempel Odemark. Åtgärdsalternativ för förstärkningsmetoder till belagda vägar presenteras inte i denna rapport men reparationsmetoderna för varje åtgärdstyp liksom deras lämplighet för att reparera olika tjällossningsskador beskrivs i följande text.

Tabell 5.2. Konstruktionsprocessen för förstärkningsåtgärder till belagda vägar. Processens beskrivning listar inte packning som alltid måste utföras ordentligt.

I. NY BELÄGGNING
1.justering eller fräsning av gammal beläggning 2.ny beläggning eller remixing av befintlig beläggning
II. FÖRSTÄRKNING MED STÅLNÄT/GEOTEXTIL
1.borttagning av gammal beläggning/knäckning av gammal beläggning/infräsning av gammal beläggning i obundet bärlager 2.borttagning av gammalt dåligt bärlager 100 – 150 mm (vid behov) 3.profilering 4.bärlager 50 - 100 mm (grovt stenmaterial för att säkerställa samverkan med armeringen) 5.stål/geotextil armering 6.bärlager 200 mm (kan till viss del vara bundet) 7.ny beläggning
III. HÖJNING AV PROFILLINJEN
1.borttagning av gammal beläggning/knäckning av gammal beläggning/infräsning av gammal beläggning i obundet bärlager 2.homogenisering 300 mm (vid behov) 3.profilering 4.förstärkningslager \geq 200 mm 5.bärlager 200 mm (kan till viss del vara bundet) 6.ny beläggning
IV. MATERIALUTSKIFTNING
1.borttagning av gammal överbyggnad \geq 600 mm (ner till terrass) 2.geotextil, fiberduk 3.isolerlager eller förstärkningslager \geq 300 mm 4.bärlager 200 – 300 mm (kan till viss del vara bundet) 5.ny beläggning
V. STABILISERING OCH ANDRA BEHANDLINGSTEKNIKER
1.stabilisering av de översta 80 – 200 mm av överbyggnaden 2.ny beläggning
VI. HOMOGENISERING
1.infräsning av gammal beläggning i obundet bärlager 50 – 200 mm 2.profilering av vägytan (hyvling, tillsats av nytt bärlagermaterial) 3.ny beläggning
VII. KONVERTERING AV BELAGD VÄG TILLBAKA TILL GRUSVÄG
1. borttagning av gammal beläggning/infräsning av gammal beläggning i obundet bärlager 2. profilering av vägytan (hyvling, tillsats av nytt bärlagermaterial) 3. nytt slitlager
VIII. ANDRA FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER
Ett flertal andra metoder t ex: - tjälisolering - urgrävning.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD I. "NY BELÄGGNING"

En ny beläggning är vanligtvis en adekvat åtgärd för att förstärka vägar i de sektioner där det inte är några större tjällossningsförsvagande problem, där det är en liten risk för ytterligare skada (ingen risk eller låg riskklass, se ROADEX II rapport "Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions" av Saarenketo 2005) och/eller bärighetsklassen är hög. Ny beläggning kan normalt användas i varje vägskadeklass (A-H in Tabell 2.2) såvida det inte uppstår några problem med ojämn tjällyftning. I dessa fall avjämnas den gamla beläggnings vanligtvis med massa eller genom fräsning till rätt tvärfall innan den nya beläggnings läggs.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD II. "ARMERING MED STÅLNÄT"

Stålnät har använts till att förhindra reflexionssprickor på belagda vägar under ett antal år men nyligen har erfarenheter i fält visat att stålnätsarmerade konstruktioner också kan användas för att förhindra permanenta deformationer på platser med skador från tjällossning. Fördelarna med stålnätsarmering verkar vara större på svagare undergrunder och de är därför rekommenderade att användas på skadade platser klass E-G i Tabell 2.2. Vid användning av stålnätskonstruktioner, antingen på belagda vägar eller på grusvägar, är det viktigt att installera stålnäten tillräckligt djupt (det optimala djupet är 250 mm från ytan) och tillse att vägens konstruktion inte innehåller några stora stenblock, som eventuellt kan trycka upp nätet till ytan. Misslyckanden har inträffat när stålnätsarmering har installerats för tidigt på våren innan undergrunden varit helt urtjälad.

Det första steget i förstärkning av en väg med en relativt tunn beläggning genom användning av stålnät är att ta bort, knäcka eller fräsa in den gamla beläggnings eller ytbehandlingen och homogenisera den övre delen av vägöverbyggnaden. Om den belagda ytans nivå inte kan höjas, kan det övre lagret av överbyggnaden också tas bort under denna fas. Innan stålnätet placeras ut bör vägen formas så att den får rätt tvärfall bör ca 50 – 100 mm (0-35 mm, 0-55 mm) grovkornigt stenmaterial läggas ut för att säkerställa samverkan med nätet (Figur 5.3). Sedan kan stålnätet installeras och bärlagermaterial kan läggas ovanpå varefter överbyggnaden packas. Bärlagrets tjocklek är normalt designat att vara 200 – 400 mm beroende på svårighetsgraden hos tjällossningsskadan.



Figur 5.3. Grovkornigt stenmaterial bör användas under stål nätet för att säkra samverkan mellan stenmaterial och nät (T.Ruohomäki)

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD III. "HÖJNING AV VÄGENS PROFILLINJE"

I de fall där tjällossningsskadan är relaterad till låg vertikal linjeföring hos en väg är den bästa förstärkningsåtgärden att höja vägens profillinje. Att höja profillinjen kan också övervägas om vägens dränering inte kan förbättras. Denna åtgärd förbättrar också vägen geometri och reducerar i hög grad problem med driften under vintern förutsatt att profillinjen inte höjs så mycket att skyddsräcke behövs.

Denna åtgärd fungerar bäst där problemen klassas till skadeklasserna B och E-G (se Tabell 2.2). Den kan också användas på andra klasser fast tjockare konstruktioner kan behövas om tjällossningsskadorna som framträder är svårartade. Den totala tjockleken av den nya konstruktionen bör planeras i varje specifikt fall genom dimensionering av överbyggnaden. Vid höjning av profillinjen är utformningen av tvärsektionen viktig för att vara säker på att de nya konstruktionerna kan utföras i det befintliga vägområdet och/eller att vägens innerlänter inte blir för branta.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD IV. "MATERIALUTSKIFTNING"

När allvarliga tjällossningsskador och svårartade ojämna tjällyftningar finns på samma vägvagnsnitt är det enda sättet att lösa problemet att ta bort den tjälfarliga jordarten och vägöverbyggnaden och bygga en ny vägöverbyggnad. Materialutskiftning är en dyr åtgärd på grund av den stora mängden nya vägmateriell som behövs och dess användning på lågtrafikerade vägar måste noggrant övervägas. Det är dock i flesta fall den enda lösningen för att åtgärda ojämna gupp.

Materialutskiftning med grovkorniga material kan fungera bra där det finns berggrund (klass H.III) men inte om berggrunden har visat sig blockera grundvattnets flöde. I sådana fall bör bergschakt i diken också övervägas. Dessutom kan en konstruktion som innehåller ett tjälisolerande lager vara ett effektivt val (konstruktion VII i Tabell 5.2).

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD V. "STABILISERING OCH BEHANDLINGSTEKNIKER"

Stabilisering och behandlingstekniker kan vara effektiva att förstärka en väg mot tjällossningsförsvagning, speciellt om en betydande del av den permanenta deformationen sker i de övre delarna (0 – 250 mm) av överbyggnaden. Denna metod är ett bra val om bärlagret har hög andel finkornigt material och det inte är möjligt att höja vägens profillinje. Vid användning av denna förstärkningsåtgärd är det alltid nödvändigt att ta prov på och analysera bärlagret i laboratorium för att bekräfta problemet och för att definiera rätt typ och rätt proportioner av tillsatsmedel. Vid design av stabilisering är det mest viktiga att försäkra sig om att det stabiliserade materialet inte absorberar vatten där sådant finns. I våta tillstånd, såsom vid skadeklasserna B och E-G i Tabell 2.2, bör tillsatsmedel med hydrofoba egenskaper användas.

En väl utförd stabiliseringsåtgärd kommer att reducera belastningsnivån i de obundna lagren till en nivå där permanenta deformation inte kan utvecklas. Dock kan ojämna tjällyftning orsaka funktionella prestandaproblem, såsom långsgående sprickbildning på stabiliserade vägar. Av denna anledning bör stabilisering noggrant övervägas om de skadade platserna ligger på sluttande mark eller på platser med berggrund (klasserna A, D och H i Tabell 2.2).

Mer information om stabilisering och behandlingstekniker finns i ROADEX II projektrapport "Material Treatment" (Kolisaja och Vuorimies 2005) och i ROADEX III projektrapport om stabilisering.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD VI. "HOMOGENISERING"

Om det finns begränsade resurser tillgängliga kan homogenisering av den övre delen av överbyggnaden och ny ytbehandling eller ny kallblandad beläggning vara en av de billigaste teknikerna för att rehabilitera belagda vägar som lider av tjällossningsskador. I grund och botten kan homogenisering användas för alla skadeklasser A-H som presenteras i Tabell 2.2 om beläggningsen inte är tjockare än 100 mm.

Vid användning av homogenisering fräses först den befintliga beläggningsen ner i bärlagret (Figur 5.4). Fräsdjupet är normalt 50 – 200 mm, eller djupare, men det bör inte vara så djupt att det medför att stora stenar och stenblock kommer närmare ytan. Efter homogeniseringen formas vägytan till optimal form med en vägghyvel och det homogeniserade materialet packas, varefter ett nytt slitlager läggs på. Denna teknik är speciellt bra på vägar som har problem med stora spårdjup som annars är svåra att laga. En ytterligare fördel är att vägens tvärfall också kan förbättras så att vattnet inte längre ligger kvar på beläggningsen.



Figur 5.4. Befintlig ytbehandling fräses först in i bärlagret (T. Tuohomäki)

Tillsättning av nytt bärlagermaterial, vilket också gör det homogenerade bärlagret tjockare och förbättrar dess gradering, har också använts på vägar med större deformationsproblem under tjällossningen (underklasserna II och III i Tabell 2.2). I denna teknik fräses först den befintliga beläggningen in i det gamla bärlagret varefter det nya bärlagret placeras ovanpå och en ny fräsning utförs innan hyvling, packning och påläggning av nytt slitlager. Andra versioner av tekniken finns där det nya bärlagret läggs ut på beläggningen innan homogeneringsprocessen startar.

Homogenering har provats i Finland på några grusvägssträckor med tjällossningsproblem. I några fall, har små mängder av slaggsand tillsatts under den homogenerande processen för att förbättra materialets kvalitet.

FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRD VII. “ KONVERTERING AV BELAGD VÄG TILLBAKA TILL GRUSVÄG”

Om den bituminösa beläggningen på ett vägvagnsnitt har haft återkommande svårartade problem med potthål, sönderfall och spårbildning och användning av lastrestriktioner inte hjälper (eller om de inte kan användas), är den billigaste metoden för att reducera höga driftskostnader att konvertera tillbaka vägen till en grusväg.

Under de senaste åren har dessa åtgärder blivit utförda på ett flertal vägar i Finland och Sverige, där resurser har saknats för att göra strukturella förbättringar. Under de första åren mottogs dessa åtgärder av en hel del negativ feedback från den lokala befolkningen, men förarna av tunga fordon har visat en bättre förståelse för anledningarna till dessa åtgärder. Vägen vid platsen för Ängesby Percostation i Sverige i ROADX projektet är ett bra exempel på en väg där problemen har minskat efter bytet tillbaka till grus.

5.4.3 Vägar med tjocka beläggningar – beläggningstjocklek > 100 mm

Normalt har inte lågtrafikerade vägar i Norra Periferi-området tjocka beläggningsslag lager förutom i Skottland där tjockleken ofta är större än 100 mm hos den bitumenbundna

konstruktionen. På sådana vägar följer väghållaren vanligen samma principer som beskrivs i avsnitt 5.4.2 här ovan, även om, som redan nämnts, de vinterproblem som Skottland har att övervinna är de dagliga frys-tö-cyklerna tillsammans med ökat fukttinnehåll i undergrundsjordarna. Under dessa omständigheter kommer det alltid att vara nödvändigt att utföra allmänna förbättringar hos dräneringen på vägen som en del av förstärkningsprojekten.

Vid val av förstärkningsmetod för en väg med tjock bituminös beläggning behöver problemets natur först utredas genom att klassificera skadetyper hos beläggningen.

Om vägen lider av skadetyper 1, spårbildning beroende på dålig kvalitet hos bärlagret (se Dawson och Kolisoja 2005), och beläggningen är 100 – 140 mm tjock, skulle det optimala förstärkningsalternativet kunna vara att lägga en tjockare beläggning ovanpå den befintliga beläggningen. Resultat från ROADEX II projektet (Dawson och Kolisoja 2005) har visat att ett 200 mm tjockt beläggningsslag kan reducera belastningsnivån till en nivå där inga permanenta deformationer bör äga rum. Om beläggningen är i väldigt dålig kondition kan eventuellt ett bättre val vara homogenisering genom nedfräsning av den befintliga beläggningen i det obundna bärlagret.

Där beläggningens tjocklek är 100 mm och djupa spår och/eller snabb spårbildning kan anses vara relaterad till mycket svag undergrund (detta kan bekräftas genom FWD-data eller tvärsektioner uppmätta med GPR), är det mest ekonomiska alternativet att fräsa bort de bitumenbundna lagren för återvinning och, om möjligt, lägga ut ett tjockare obundet bärlager och en ny beläggning. Ett bra val i dessa fall är ett stålnät, speciellt om det finns risk för ojämna sättningar på grund av en alltför mjuk undergrund. Goda erfarenheter har erhållits med geonät installerade i de bituminösa lagren i Skottland och detta är ett rekommenderat val om de bituminösa lagren är tjockare än 200 mm.

Ibland kan beläggningsskador i tjockare beläggningar vara relaterade till svåra sönderfall av bitumenlagren på grund av dålig dränering under lagren (stripping). Detta kan ge upphov till hydrauliska tryck i lagren under påverkan av den tunga trafiken vid töperioder. I sådana fall är den enda lösningen att förbättra dräneringen, fräsa bort asfaltlagren, placera ett vattengenomsläppligt material på den preparerade ytan (makadam eller öppengraderat bärlager) och avsluta med en ny beläggning.

Om beläggningens skadetyper i huvudsak är längsgående sprickbildning med krackelering nära vägrenen kan dessa problem relateras till ojämna tjällyftningar eller sättningar orsakade av tjällossning i vägens tvärled. Om detta är fallet kan anledningen vara dålig dränering på sluttande mark eller en inkorrekt breddad väg. Den primära metoden för reparation i dessa fall är en kraftigt förbättrad dränering. Om sprickbildningen ligger nära hjulspåret, bör beläggningen fräsas bort och de obundna lagren förstärkas med stålnät innan allt avslutas med nya asfaltlager precis som förut.

Kapitel 6. Kvalitetssäkring och funktionskontroll av förstärkta vägar

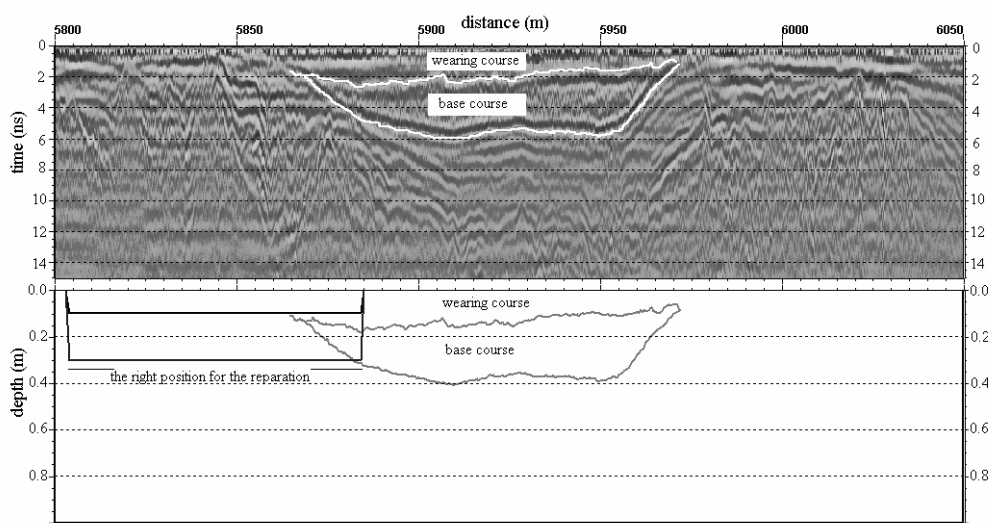
Forskning angående funktionen och livscykelkostnaderna för reparerade grusvägs-konstruktioner (Aho 2004) antydde att den största anledningen till de misslyckade förstärkta konstruktionerna var att de rehabiliterade konstruktionerna inte hade byggts så tjocka som designen hade föreskrivet. Av denna anledning rekommenderas att mera fokus bör läggas på kvalitetssäkring av utförande-processen. I synnerhet rekommenderas att entreprenören bör vara skyldig att bevisa kvaliteten på förstärkningsarbetet. Detta bör inte bara bestå av kvalitetssäkring av de material som används utan också kvalitetssäkring av tjocklek på utlagda lager, packning och den korrekta placeringen av förstärkningsåtgärderna.

Som ett resultat av krympande budgetar, utförs förstärkningsåtgärder för tjällossningsförsvagade vägar bara på de delar av vägen som lider av tjällossningsförsvagning. Detta betyder att precisa lägesangivelser för defekterna behövs, så att de sektioner av vägen med rimlig förväntad livslängd kan lämnas utanför projektet och investeringar bara genomförs på de platser som är i behov av reparation. För denna typ av "exakt rehabilitering" är det nödvändigt att ha ordinär positionering av de undersökningar som utförs innan rehabiliteringen och för de utförda förstärkningsåtgärderna. Om inte kan förstärkningsåtgärder i värsta fall appliceras på fel platser, där defekter inte har förekommit.

Förutom den korrekta platsen för förstärkningsåtgärderna är det också nödvändigt att säkerställa tjockleken hos de utförda konstruktionerna. Detta kan göras genom att helt enkelt mäta tjockleken i en provgrop utförd för detta syfte. Lagertjockleken kan också verifieras genom GPR mätningar. Georadar har visat sig vara ett utmärkt verktyg för att mäta de utförda lagrens tjocklek genom att ge en kontinuerlig profil av vägkroppen och, på samma gång, säkerställa den korrekta platsen för förstärkningsåtgärderna.

Kontroll av packning på grusvägsavsnitt med tjällossningsproblem är svår att utföra då den befintliga konstruktionen och undergrundsjordarna vanligtvis är så svaga. Men vid belagda vägar bör kontroll av packning alltid utföras för att undvika spårbildning. Densiteten bör verifieras genom användning av de accepterade metoderna för varje land. En kombination av GPR och FWD är också att rekommendera.

Figur 6.1 visar ett utmärkt exempel på resultat framtagna genom användning av GPR som en kvalitetssäkrande metod på finska grusvägar. Det går lätt att se från tolkade GPR-data att slitlager och bärlager har lagts tjockt nog men att platsen för rehabiliteringen är inkorrekt.



Figur 6.1. Fel plats för utförd förstärkningsåtgärd verifierat med GPR (Pälli et al. 2005)

Om nya skador framträder kort efter rehabilitering på reparerade platser, kan de vara relaterade till dålig kvalitet hos de använda materialen och speciell uppmärksamhet bör riktas på detta vid kvalitetskontrollen. Nationella specifikationer för material, deras tjälfarlighet och gradering, bör följas upp vid utförande av förstärkningsåtgärder. Det är också god praxis att entreprenören tillfrågas att verifiera kvaliteten hos använda material.

Alla avvikelser i läge, lagers tjocklek eller kvalitet på material är viktiga att identifiera så att anledningar till eventuella nya skador lätt kan konstateras. Entreprenörer bör alltid vara tvingade att reparera vägvavnitt med bristfälligheter i utförandet. Exakt dokumentation av utförda förstärkningsåtgärder, deras lägen och utformning, är också en förutsättning för funktionskontroll av de rehabiliterade vägarna.

Som nämnts i Kapitel 3 bör kvalitetssäkring av förstärkningsprocessen följas av en systematisk funktionskontroll av de rehabiliterade vägarna. Denna process bör inkludera analys och rehabilitering av eventuella nya skador så att, då tillgången på data växer från undersökningar och uppföljningar, det kommer att bli möjligt att förbättra förutsägbarheten för tjällossningsskador som bildas efter att lastrestriktioner tas bort. Funktionskontroll ger också värdefull information beträffande funktionstiden för förstärkningsåtgärder och deras lämplighet för olika skadeklasser.

Kapitel 7. Referenser

Aho S. (2004). Sorateiden kelirikkokorjausten toimivuus ja elinkaarikustannukset. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. (English abstract)

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

Aho S., Saarenketo T. and Kolisoja P. (2005b). Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen. Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito –tutkimusohjelma. Tiehallinnon selvityksiä 64/2005, Tiehallinto. Helsinki. (English abstract)

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

Dawson, A. and Kolisoja, P. 2005. Permanent deformation. ROADEX II report. www.roadex.org

Kolisoja P. and Vuorimies N. (2005). Material Treatment. ROADEX II report. www.roadex.org

Launonen P. ja Turunen P. (1995). Sään ja hydrologisten tekijöiden vaikutus kevätkelirikkoon. Tielaitoksen selvityksiä 20/1995. Kuopio. (in Finnish)

Niva, K. (2004). Finnish Road Administration, Lappi District. Photo.

Pälli A., Aho S. and Pesonen E. (2005). Ground Penetrating Radar as a Quality Assurance Method for Paven and Gravel Roads in Finland. 3rd International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar. May 2-3, 2005. Delft, The Netherlands.

Pennanen O. and Mäkelä O. (2003). Raakapuukuljetusten kelirikkohaittojen vähentäminen. Metsätehon Raportti 153, 19.8.2003. (in Finnish)

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

Ruohomäki, T (2004). Skanska. Photos.

Saarenketo, T. 2005. Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions. 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

Saarenketo T. and Aho S. (2003). Kelirikkoteiden painorajoitusten yhtenäistäminen, Tiemestarikysely-tutkimuksen raportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi, Tampere. (in Finnish).

Saarenketo T., Lähde A., Peltoniemi H. ja Rantanen T. (2002). Vaasan sorateiden korjaussuunnittelun kehittäminen. Tutkimusraportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi. (in Finnish)

Saarenketo, T., 2001. GPR Based Road Analysis - a Cost Effective Tool for Road Rehabilitation Case History from Highway 21, Finland. In Proceeding of 20th ARRB Conference, Melbourne, Australia 19-21 March, 19 p.

Tielaitoksen selvityksiä 2/1993 (1993). Massanvaihto. Geotekniikan informaatiojulkaisuja. Tielaitos, Helsinki. (in Finnish)

White T.D. and Coree B.J. (1990). Threshold Pavement Thickness to Survive Spring Thaw. Third International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields Proceedings. Volume 1. Trondheim, Norway. 3-5 July 1990.

Appendix 1

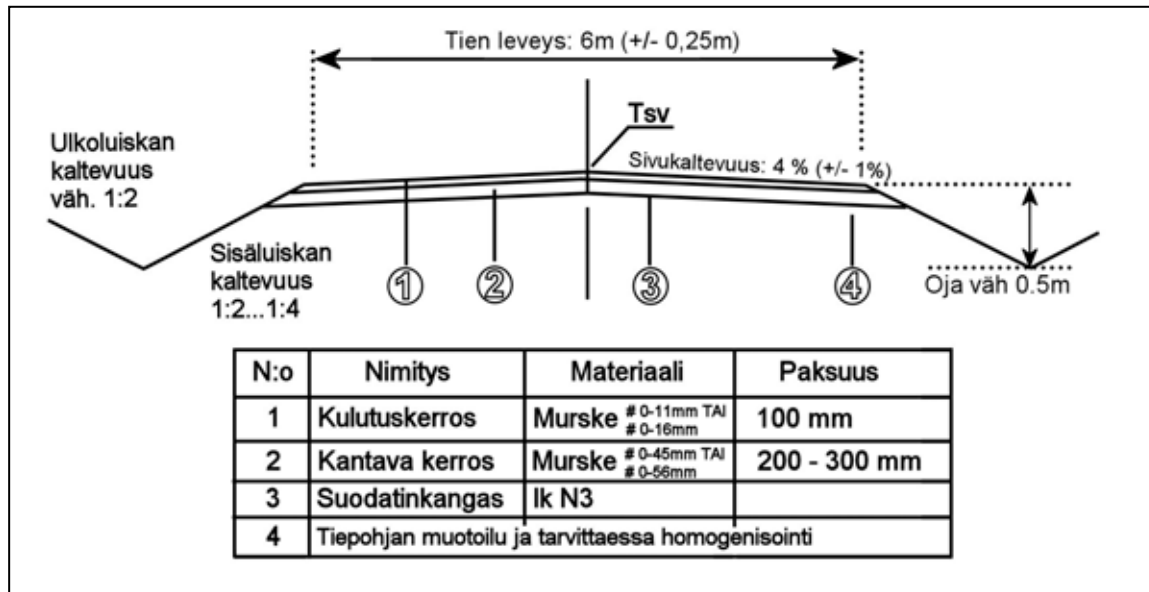
ÅTGÄRDSKORT FÖR FÖRSTÄRKNING AV GRUSVÄGSÖVERBYGGNADER

- I. Basåtgärd, BS
- II. Armering med stålnät, SRI
- III. Höjning av vägens profillinje, RA
- IV. Materialutskiftning, SRP

ÄTGÄRDSKORT

FÖRSTÄRKNING AV GRUSVÄG

METOD: Förstärkningsåtgärd I
Basåtgärd, BS



ARBETSGÅNG:

Borttagning av gammalt slitlager, Homogenisering av undergrunden

Rehabiliteringen startar med borttagning av befintligt slitlagermaterial till ett djup av 50 – 150 mm från vägytan. Allt gammalt slitlagermaterial bör också tas bort från utspetsningskilarna. Slitlagermaterial med hög andel finmaterial bör inte lämnas kvar under den nya konstruktionen men det kan återanvändas senare som nytt slitlagermaterial eller på vägrenarna. Efter borttagning av det gamla slitlagret bör de översta 300 mm av överbyggnaden homogeniseras vid behov. Homogenisering utförs för att ta bort stenar och stenblock och skapa en homogen plattform för den nya överbyggnaden. Innan geotextilen (fiberduken) placeras bör vägen formas med ett tvärfall på 4 % och packas.

Fiberduk, bärlager och slitlager

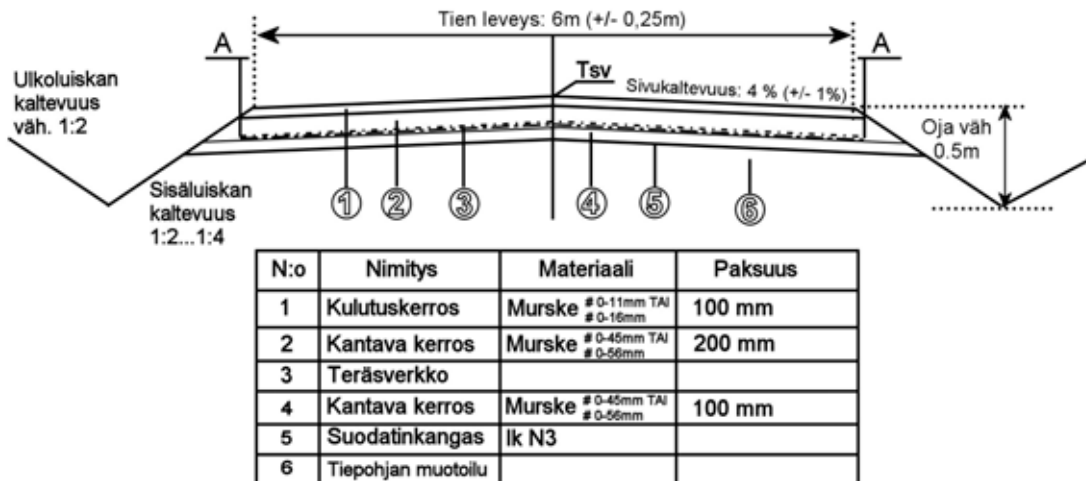
Geotextilen placeras tvärs vägens längdriktning med minst 500 mm överlappning. Bärlagret läggs ovanpå geotextilen och packas. Bärlagrets tjocklek är normalt 200 eller 300 mm. Bärlagret hyvlas så att tvärfallet blir 4 % och 100 mm slitlagermaterial läggs på och formas igen till tvärfall 4 %. Om gammalt slitlagermaterial skall återvinnas skall en proportionering utföras där det nya slitlagret får innehålla max 50 % gammalt material. Utspetsningskilarna rekonstrueras genom att forma bärlagermaterialet i lutning 1:40 medan slitlagret konstrueras med full tjocklek på 100 mm. Geotextilen (fiberduken) används inte på utspetsningskilarna.

En analys av dräneringens tillstånd och förbättring bör genomföras innan arbetsfaserna som beskrivs ovan utförs. Utvärderingsprocessen för dräneringens tillstånd som presenterades i Rodex III projektrapport "Skötsel av dränering på lågtrafikerade vägar" (Aho och Saarenketo 2006) rekommenderas att användas.

ÄTGÄRDSKORT

FÖRSTÄRKNING AV GRUSVÄG

METOD: Förstärkningsåtgärd II
Armering med stål nät, SRI



ARBETSGÅNG:

Borttagning av gammalt material

Rehabiliteringen startar med borttagning av befintligt slitlagermaterial till ett djup av 50 – 150 mm från vägytan. Gammalt slitlagermaterial bör också tas bort från utspetsningskilarna. Slitlagermaterial med hög andel finmaterial bör inte lämnas kvar under den nya konstruktionen men det kan återanvändas senare som nytt slitlagermaterial eller på vägrenarna. Efter borttagning av det gamla slitlagret bör de återstående 100 – 150 mm av det gamla materialet tas bort om grunden ser ut att variera. Senare kan detta gamla material användas till vägrenarna vid behov. Urgrävningen bör göras minst 300 mm bredare än den nya vägrenen. Innan geotextilen (fiberduken) läggs ut skall vägen hyvlas så att tvärfallet blir 4 % och packas.

Nya lager, Stålarmering

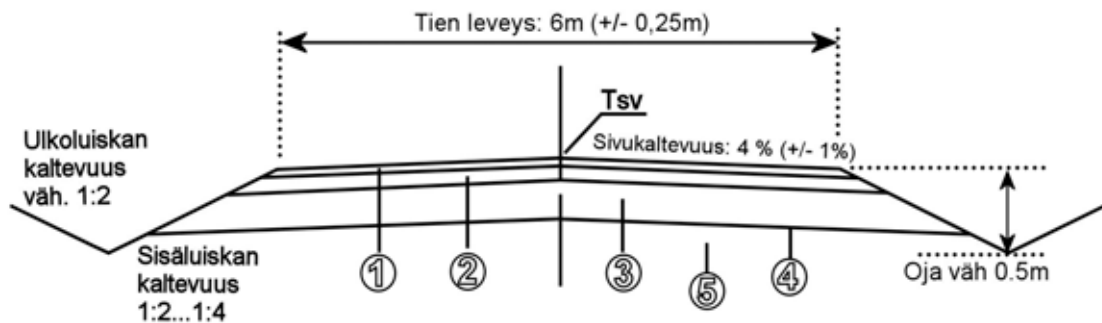
Geotextilen placeras på botten av urgrävningen och 100 mm bärlagermaterial läggs ut ovanpå och packas. Bärlagret hyvlas till tvärfallet 4 % packas och stål nätet läggs ovanpå. Stål nätet bör sträcka sig från innerslänt till innerslänt (längd A enligt figur) på aktuellt djup. Stål nätet bör installeras med de tvärgående stål stängerna underst. Vanligen läggs 200 mm bärlagermaterial ovanpå stål nätet. Bärlagret hyvlas till 4 % tvärfall och packas varefter 100 mm slitlager läggs ut på toppen och formas till tvärfallet 4 % och packas. Om gammalt slitlagermaterial skall återvinnas skall en proportionering utföras där det nya slitlagret får innehålla max 50 % gammalt material. Utspetsningskilarna rekonstrueras genom att forma bärlagermaterialet i lutning 1:40 medan slitlagret konstrueras med full tjocklek på 100 mm. Geotextilen (fiberduken) används inte på utspetsningskilar.

En analys av dräneringens tillstånd och förbättring bör genomföras innan arbetsfaserna som beskrivs ovan utförs. Utvärderingsprocessen för dräneringens tillstånd som presenterades i Rodex III projektrapport "Skötsel av dränering på lågtrafikerade vägar" (Aho och Saarenketo 2006) rekommenderas att användas.

ÄTGÄRDSKORT

FÖRSTÄRKNING AV GRUSVÄG

METOD: Förstärkningsåtgärd III
Höjning av profillinjen, RA



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuserros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 mm
3	Jakava kerros	Murske # 0-56mm TAI # 0-63mm	200-300 TAI >300mm
4	Suodatinkangas	Ik N3	
5	Tiepohjan muotoilu ja tarvittaessa homogenisointi		

ARBETSGÅNG:

Borttagning av gammalt slitlager, Homogenisering av undergrunden

Rehabiliteringen startar med borttagning av befintligt slitlagermaterial till ett djup av 100 – 150 mm från vägytan. Gammalt slitlagermaterial bör också tas bort från utspetsningskilarna. Slitlagermaterial med hög andel finmaterial bör inte lämnas kvar under den nya konstruktionen men det kan återanvändas senare som nytt slitlagermaterial eller på vägrenarna. Efter borttagning av det gamla slitlagret bör de översta 300 mm av överbyggnaden homogeniseras vid behov. Homogenisering utförs för att ta bort stenar och stenblock och skapa en homogen plattform för den nya överbyggnaden. Innan geotextilen (fiberduken) placeras bör vägen formas med ett tvärfall på 4 % och packas.

Nya lager

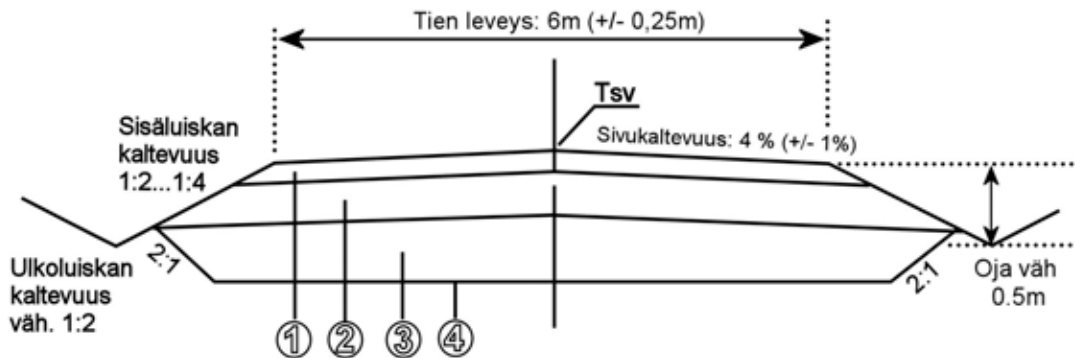
Geotextilen placeras med minst 500 mm överlappning i vägens längdriktning. Sedan läggs 200 – 300 mm (skadeklass IIIA) eller > 300 mm (skadeklass IIIB) förstärkningsmaterial och 200 mm bärlagermaterial ut och packas på geotextilen. De utförda lagren formas till 4 % tvärfall och packas och 100 mm slitlagermaterial läggs ut ovanpå. Också slitlagret hyvlas så att tvärfallet blir 4 % och packas. Om gammalt slitlagermaterial skall återvinnas skall en proportionering utföras där det nya slitlagret får innehålla max 50 % gammalt material. Utspetsningskilarna rekonstrueras genom att forma bärlagermaterialet i lutning 1:40 medan slitlagret konstrueras med full tjocklek på 100 mm. Geotextilen (fiberduken) används inte på utspetsningskilar.

En analys av dräneringens tillstånd och förbättring bör genomföras innan arbetsfaserna som beskrivs ovan utförs. Utvärderingsprocessen för dräneringens tillstånd som presenterades i Rodex III projektrapport "Skötsel av dränering på lågtrafikerade vägar" (Aho och Saarenketo 2006) rekommenderas att användas.

ÅTGÄRDSKORT

FÖRSTÄRKNING AV GRUSVÄG

METOD: Förstärkningsmetod IV
Materialutskiftning, SRP

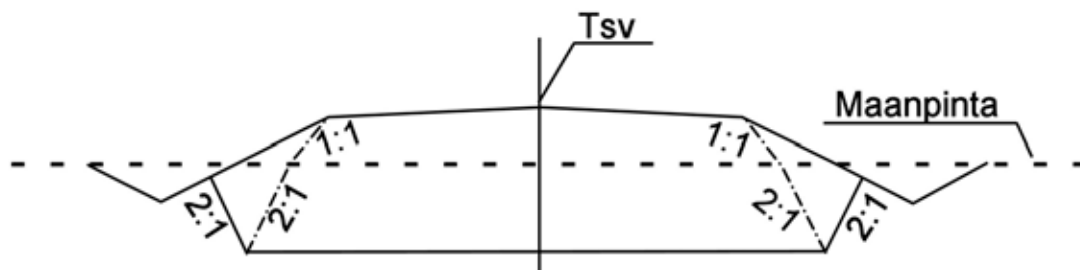


N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuserros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 - 300 mm
3	Suodatinkerros	Hk	300-600 TAI >600mm
4	Suodatinkangas	Ik N3	

ARBETSGÅNG:

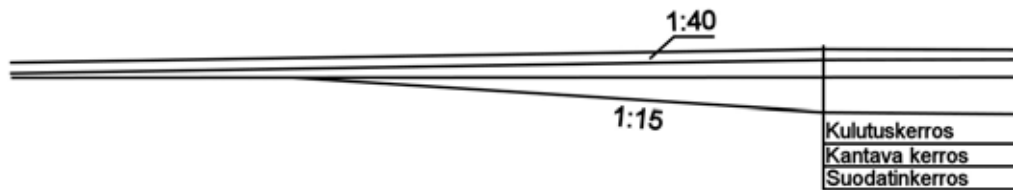
Borttagning av gammalt material, Installation av fiberduk och utspetsningskilar 1:15

Rehabiliteringen startar med borttagning av befintligt slitlagermaterial till ett djup av 100 – 150 mm från vägytan. Gammalt slitlagermaterial bör också tas bort från utspetsningskilarna. Slitlagermaterial med hög andel finmaterial bör inte lämnas kvar under den nya konstruktionen men det kan återanvändas senare som nytt slitlagermaterial eller på vägrenarna. Efter borttagning av det gamla slitlagret schaktas det gamla materialet bort till ett djup av 600 – 900 mm (skadeklass IVA) eller >900 mm (skadeklass IVB) från vägytan. Geotextilen (fiberduken) placeras på botten av utgrävningen. Urgrävningens bredd kan bestämmas med hjälp av Figur 1 (Tielaitoksen selvityksiä 2/1993). En del av det gamla materialet kan återanvändas på vägrenarna vid behov.



Figur 1. Bestämning av urgrävningsbredd.

Utspetsningskilarna, som visas i Figur 2, bör utföras till änden av materialutskiftningsåtgärden. Isoleringsslagret bör utföras med en lutning på 1:15 och bärlagret med en lutning på 1:40. Slitlagret utförs med full tjocklek av 100 mm. Geotextil (fiberduk) används inte i utspetsningskilar.



Figur 2. Längsgående sektion av utspetsningskil

Nya lager

Efter utläggning av geotextilen läggs 300 – 600 mm (skadeklass IVA) eller > 600 mm (skadeklass IVB) isoleringslagermaterial och 200 – 300 mm bärlagermaterial ut och packas. Bärlagret formas till 4 % tvärfall och packas och 100 mm slitlagermaterial läggs ut ovanpå. Också slitlagret hyvlas så att tvärfallet blir 4 % och packas. Om gammalt slitlagermaterial skall återvinnas skall en proportionering utföras där det nya slitlagret får innehålla max 50 % gammalt material.

En analys av dräneringens tillstånd och förbättring bör genomföras innan arbetsfaserna som beskrivs ovan utförs. Utvärderingsprocessen för dräneringens tillstånd som presenterades i Rodex III projektrapport "Skötsel av dränering på lågtrafikerade vägar" (Aho och Saarenketo 2006) rekommenderas att användas.