



ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY



Ron Munro och Frank MacCulloch

HANTERING AV TORVRELATERADE PROBLEM PÅ LÅGTRAFIKERADE VÄGAR

Praktiskt Sammandrag

Hantering av torvrelaterade problem på lågtrafikerade vägar

PRAKTISKT SAMMANDRAG

Juli 2006

Ron Munro
Munroconsult Ltd

Frank MacCulloch
Forestry Civil Engineering

FÖRORD

Rapporten som följer är ett praktiskt sammandrag av de två ROADEX II rapporterna "Dealing with bearing capacity problems on low volume roads constructed on peat" (Munro 2005) och "Guidelines for the risk management of peat slips on the construction of low volume/low cost roads over peat" (MacCulloch, 2006), som båda är tillgängliga på ROADEX webbsida.

Rapporten hämtar ur båda dokumenten, diskuterar de viktiga ting som bör beaktas vid planering av rehabiliterande åtgärder för vägar flytande på torv och erbjuder vägledning för att identifiera problem där det är möjligt.

Den syftar till att vara en manual för arbete som fokuserar på de viktigaste faktorerna som måste beaktas. Den har inte för avsikt att ersätta de många utsökta referensarbeten eller handböcker som finns tillgängliga inom ämnet utan förhoppningen är att de olika sammanfattningarna skall ge läsaren en större förståelse för de möjligheter som erbjuds, såväl som fallgröparna, vid byggande på underlag av torv.

De båda författarna är praktiserande ingenjörer med säte i Highlands i Skottland - ett område med rikedom på torvmark. Mika Pyhähuhta vid Laboratorio Uleåborg designade den grafiska layouten.

Författarna vill framföra ett tack till ROADEX III styrande kommitté för dess uppmuntran och rådgivning under detta arbete.

Copyright © 2006 Roadex III Project

Alla rättigheter reserverade

Roadex III Lead Partner: Vägverket, Region Norr, Box 809, S-971 25 Luleå, Sverige.
Projektets co-ordinator: Mr. Krister Palo.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

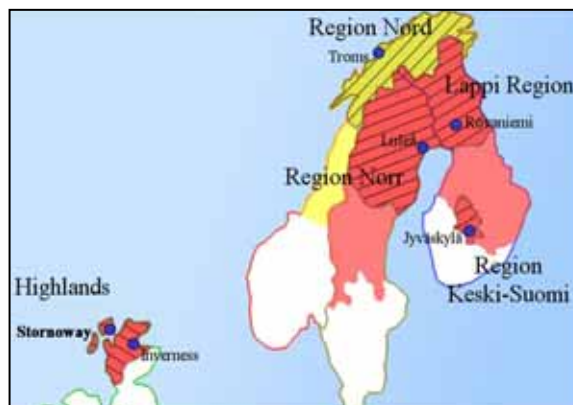
| | |
|---|----------|
| KAPITEL 1. INLEDNING..... | 2 |
| 1.1 ROADEX - PROJEKTET | 2 |
| 1.2 VÄGKONSTRUKTION ÖVER TORV | 2 |
| KAPITEL 2. INITIALA ÖVERVÄGANDEN..... | 2 |
| 2.1 BILDANDET AV TORV | 2 |
| 2.2 GRUNDLÄGGANDE EGENSKAPER HOS TORV | 2 |
| 2.3 BETEENDE HOS TORV | 2 |
| KAPITEL 3. REHABILITERINGSPROCESSEN | 2 |
| KAPITEL 4 UNDERSÖKNINGAR & MÄTNINGAR | 2 |
| 4.1 PLATSUNDERSÖKNINGSMETODER | 2 |
| 4.2 GRUNDUNDERSÖKNINGAR | 2 |
| KAPITEL 5. INTEGRERAD ANALYS..... | 2 |
| KAPITEL 6. REHABILITERINGSMETODER | 2 |
| 6.1 GRUNDLÄGGANDE ÖVERVÄGANDEN..... | 2 |
| 6.2 REHABILITERINGSÅTGÄRDER | 2 |
| KAPITEL 7. ÖVERVAKNING & REGISTER | 2 |
| 7.1 ALLMÄNT | 2 |
| 7.2 INSTRUMENTERING FÖR ÖVERVAKNING..... | 2 |
| KAPITEL 8. AVSLUTANDE NOTERINGAR..... | 2 |
| REFERENSER:..... | 2 |

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.

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, ROADEX II, som pågick 2002-2005.



Figur 1.1. Europas Norra Periferi och Roadex II partners

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 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 VÄGKONSTRUKTION ÖVER TORV

Konstruktion och underhåll av vägar byggda på torv tenderar att anses som 'svartkonst' av många ingenjörer. Som en konsekvens tenderar ett stort antal ingenjörer, utan erfarenhet av torv, att undvika risker vid konstruktion och föredra säkrare, mer konservativa former av konstruktioner varvid torvavsnitt längs vägens rutt helt och hållet schaktas ur och byts ut mot rena, sunda, material för grundläggning av väg. Denna praxis ignorerar dock några mycket goda tekniska lösningar utvecklade under långa tidsperioder i nordliga latituder och är en kostsam lösning samtidigt som den medför primär användning av knappa naturtillgångar och som man egentligen bara har råd med vid konstruktion av nationella vägar med hög hastighet.

Lägre klasser av vägar, och speciellt lågtrafikerade vägar, kan ha stora fördelar genom att bibehålla torv som undergrund (fördelar såsom ekonomi, miljömässig hållbarhet, mindre användning av material, etc.) och utveckla mer kostnadseffektiva och platsspecifika lösningar än att helt enkelt alltid gräva ut materialet och köra bort det. Detta gäller speciellt i rehabiliteringsprojekt för vägar som 'flyter' på torv där det inte är troligt att en enkel lösning som en hel urgrävning, en ny sträckning eller en lokal delning är möjlig. Om så skulle vara fallet hade den ursprunglige designern av vägen troligen gjort det i första skedet.

Minskande nationella budgetar för vägar och behovet av att få mer vägkilometer per Euro, utgör nu drivkrafter för att konservativa konstruktionslösningar åter tas under övervägande. Problemet med bärigheten för vägar på torv blev identifierat som ett gemensamt problem över den Norra Periferin i ROADEX pilotprojekt och den påföljande ROADEX II-rapporten "Hantering av bärighetsproblem på lågtrafikerade vägar byggda på torv" (Munro 2005) redovisade kunskapsläget vid konstruktioner av väg på torv i partnernas områden.

Denna rapport kommer att åskådliggöra svårigheterna vid rehabilitering av existerande vägar på torv, primärt de så kallade "flytande vägarna", och diskutera hur moderna undersöknings-, övervaknings- och konstruktionsmetoder kan bistå ingenjörer vid bedömning och utvärdering av vägavsnitt med problem så att 'ändamålsenliga' lösningar kan utvecklas och implementeras, som inte innebär behov av att tillgripa urgrävning vid alla tillfällen.

Rapporten summerar de huvudsakliga överväganden som bör göras vid planering av dessa typer av arbeten och erbjuder vägledning ett känna igen problem där så är möjligt. Dess syfte är att bli en praktisk vägledning för lokala vägunderhållsingenjörer/designers som kan användas för att hantera vanliga problem som uppstått på vägar med en undergrund av torv.

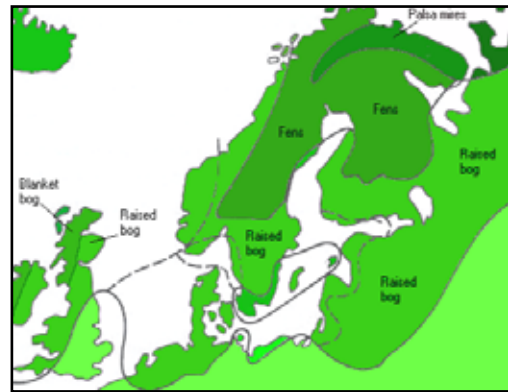
Kapitel 2. INITIALA ÖVERVÄGANDEN

Torv är inte ett oföränderligt material och en grundläggande förståelse för dess egenskaper krävs innan en lösning kan övervägas.

2.1 BILDANDET AV TORV

Termen 'torv' kan täcka en brett område av organiska typer av jordmån men för ändamålet med denna rapport kommer 'torv' att vara begränsat till de högvegetabiliska material som bildas i sankmarker när den naturliga processen av växters sönderfall inte går i takt med den mängd vegetation som produceras. I den Norra Periferin kan fyra huvudtyper av torvlandskap identifieras:

- Myrar – där torv just nu bildas och ackumuleras och ännu inte har nått nivån för vad som klassas som riktig torv.
- Blötmyrar – där den etablerade torven får sitt vatten och näring från jordmånen, berget och grundvattnet men också från regn och/eller snö.
- Högmossar – där den etablerade torven får sitt vatten enbart från regn och/eller snö som faller på dess yta.
- Torvmossar – där torven täcker terrängen som en matta.



Figur 2.1 Myrzonor i Norra Europa
Succow & Jeschte 1990

Dessa transnationella torvlandskap ger upphov till många gemensamma problem för vägunderhållsmyndigheterna i den Norra Periferin och 'lärda läxor' och bra fungerande tillämpningar som utvecklats av en organisation kan delas med andra utan de ska behöva lära sig samma läxa.

Vidden av olika landskap och formationer av torv ger dock upphov till en rad olika typer av torv. Inom varje landskap kan torven variera mycket i karaktär på grund av sättet som den bildats och likaså ha stor variation av egenskaper inom varje fyndighet, både horisontellt och vertikalt. Det är därför viktigt att utveckla en förståelse för hur den särskilda torven växer på plats, dess "geomorfologi", för att kunna bestämma dess grundläggande tekniska egenskaper som är intressanta för ingenjören.

2.2 GRUNDLÄGGANDE EGENSKAPER HOS TORV

Torv anses hamna inom 3 huvudgrupper för tekniska syften: 'amorft-granulär torv' (d v s väl förmultnad torv), 'finfibrig torv' och 'grovfibrig torv' (Radforth, 1969). Den amorft-granulära torven har starkt kolloidala beståndsdelar och tenderar att hålla fast vatten i adsorberat tillstånd omkring kornstrukturen i likhet med lera. De två typerna av fibrös torv, "finfibrig" och "grovfibrig", är träigare och håller det mesta av sitt vatten inuti

torvmassan som fritt vatten. Dessa grundläggande grupper reflekterar generellt hur torv fyndigheten växte och bestämmer de huvudsakliga tekniska egenskaperna.

En torvfyndighet kan klassificeras genom 2 system, båda med användning av en enkel visuell identifikation: a) Radforth-systemet, med 3 huvudklasser enligt ovan, och b) Vost Post 'graden av humifierings'-systemet som baserar sin klassificering på graden av förmultning hos torven med hjälp av beskrivningar från handkramade prover. Alla detaljer på dessa system presenteras i ROADEX II-rapporten "Hantering av bärighetsproblem på lågtrafikerade vägar byggda på torv" (Munro 2005).

Hög vattenhalt är förmodligen det mest utmärkande kännetecknet för en fyndighet av ung torv förutom dess höga växtinnehåll och de flesta av de grundläggande tekniska egenskaperna för torv som ett grundläggingsmaterial beror av denna enkla egenskap. Skärhållfastheten hos torvlagret beror på dess vatteninnehåll, graden av förmultning och mineralinnehåll. Skärhållfastheten är en nyckelparameter för vägapplikationer och normalt är att ju högre vatteninnehåll i torven desto lägre är dess skärhållfasthet, ju mer fibrös torv desto större skärhållfasthet, och ju högre grad av humifiering och mineralinnehåll hos torven desto högre är dess skärhållfasthet. Styrkan hos torven i en enskild fyndighet är sällan beroende av djupet. Ofta visar torvmossen avtagande styrka beroende av djupet på grund av förändringar av karaktären hos torven, i synnerhet där den blir mindre fibrös och mer amorf med djupet.

1.4.2 Summering av typiska torvegenskaper

Denna tabell listar några av de mest intressanta tekniska egenskaperna hos en torvfyndighet, av vilka den mest användbara är vattenhalt

Resultaten av en enkel **visuell klassificering** tillsammans med **vattenhalten** kan ge en indikation på många av de viktiga parametrar som är av intresse för ingenjören och **båda rekommenderas som ett minimum** vid på lågtrafikerade vägar

| Egenskap | Typ av Torv | | |
|--|---------------------|----------------------|---------------------|
| | Fibrös torv | Medelförmultnad torv | Förmultnad torv |
| Vattenhalt % | 1400 - 2500 | 900 - 1400 | 500 - 900 |
| Askinnehåll % | 1.5 - 3.0 | 3 - 8 | 8 - 30 |
| Hålrums halt % | 22 - 40 | 13 - 22 | 9 - 13 |
| Skärhållfasthet (kPa) | 5-15 | 5-15 | 5-15 |
| Permeabilitet (cm/sec) | $10^{-3} - 10^{-4}$ | $10^{-4} - 10^{-5}$ | $10^{-5} - 10^{-6}$ |
| Skrymdensitet i fält (kg/m^3) | 900 - 1100 | 900 - 1100 | 900 - 1100 |

Tabell 2.1 Översikt över av typiska egenskaper hos torv

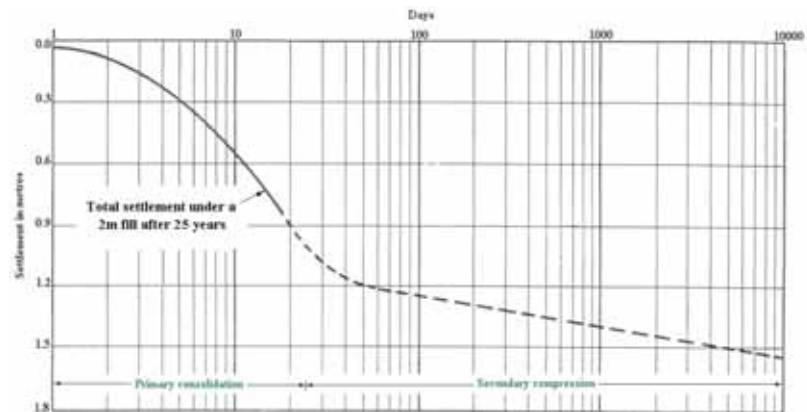
2.3 BETEENDE HOS TORV

Torv konsoliderar och sätter sig vid belastning och behöver därmed belastas långsamt, och tillåtas få tillräcklig tid för att öka i styrka, om den är tänkt att användas som ett material för grundläggning. Om den belastas för snabbt kommer den att brista och falla.

Konstruktionen av en bank på torv när den utförs långsamt, pressar och komprimerar torven under belastning, vilket gör att en större del av belastningen kan tas av den växtfibrermatris som finns i torven och detta medför en motsvarande ökning av styrkan i den belastade torven. Fler detaljer om denna förstärkningsprocess finns givna i ROADX II-rapporten "Hantering av bärighetsproblem på lågtrafikerade vägar byggda på torv" (Munro 2005).

Den vanliga formen för en långsam kontrollerad konsolidering av torv framgår av följande sättningsdiagram för en bank utförd på torv.

'Primär konsolidering' fortgår normalt inom den tid det tar att bygga en bank och dess storlek beror på bankens vikt och tjockleken hos torvlegret och ev andra kompressiva lager. Efter det att den initiala fasen har passerat fortsätter sättningen under lasten i en mycket långsammare 'sekundär kompressions' hastighet, vanligen accepterad som linjär i ett logartmiskt tidsdiagram



Figur 2.2 'Tid versus Sättning' diagram för en bank på torv.
(The Muskeg Engineering Handbook. National Research Council of Canada)

Vad som inte visas i grafen är den parallella ökningen av styrkan hos torven, med tid och konsolidering, eftersom torven komprimeras till en mer kompakt volym. Detta kännetecken bör hållas i åtanke vid funderingar på underhålls- och rehabiliteringsåtgärder för vägar byggda på torv. Vid någon tidpunkt kommer en belastad torv att ha nått ett tillstånd av jämvikt under den belastningen som den utsätts för. Detta kommer att vara en balans mellan applicerad belastning, graden av uppnådd sättning, den ökade styrkan hos torvens matris, grundvattennivån och flytförmågans effekt. Om en rubbning av detta partiella jämviktstillstånd uppkommer, såsom ett lasttillskott i form av ett nytt slitlager eller en ändring av platsens hydrologi genom en fördjupning av diken, kommer att störa den balans som skapats med tiden i väg/torv konstruktionen och orsaka att en förändring kommer att inträffa, normalt en ytterligare konsolidering och sättning. Detta bör naturligtvis undvikas om det inte har designats i rehabiliteringsåtgärden och de resulterande effekterna är förväntade.

Kapitel 3. REHABILITERINGSPROCESSEN

Rehabilitering av vägar som lider av problem relaterade till torv har än så länge varit en mycket lokal sak, som vanligen baserats på praktisk erfarenhet hos de lokala ingenjörer som berörts, utan fördelen att få dela erfarenheterna med någon. Detta har producerat några mycket innovativa lösningar av ett antal ingenjörer i vissa områden, men vanligen har detta resulterat i en enda lösning i ett område, som använts för att passa alla fall. Detta har dock inte alltid resulterat i permanenta lösningar över lång tid och i några fall, där ytterligare vikt har lagts till under arbetet, har åtgärden till och med påskyndat utvecklingen av defekter snarare än att bli av med dem.

Denna rapport förespråkar en 5 stegs process för rehabilitering av flytande vägar på torv:

1. identifiera underliggande problem genom lämpliga undersökningar
2. analysera informationen som samlats in från undersökningen
3. välj den mest lämpliga rehabiliteringsåtgärden
4. övervaka arbetet under byggandet
5. registrera och dela resultaten med andra

Vid första anblicken kan punkterna 1 till 3 i denna process kanske verka vara en kostnad som kan sparas in under tider med begränsad finansiering, men detta skulle vara ett förhastat beslut. Kostnaden för en undersökning, analys och urval kan uppgå till 2-4 % av den totala finansieringen av projektet, beroende på arbetets storlek, men det är pengar som är väl spenderade för att ta fram den mest lämpliga långsiktiga lösningen. Budskapet från ROADEX-projektet är att tillräckliga resurser alltid bör allokeras för att diagnostisera de underliggande problemen hos de skadade vägvagnsnitten. Och i detta rapportsammanhang innebär det att rehabiliteringsarbeten involverande torv alltid bör baseras på relevanta insamlade data.

Det är värt att nämna här att alla data som samlats in för ett projekt inte är en investering för "engångsanvändning". Alla data, som en gång samlats in, kan användas på många sätt i många år, inte bara vid design eller rehabilitering av vägar utan också för tillståndsutveckling av den färdiga vägkonstruktionen och dess funktionstid. Med bra övervakning och arkivhållning kan data som samlats in lagras i en fil för framtida arbeten och användas som en referenskälla, som ökar den kollektiva erfarenheten. Data som samlats in nu, och delas med andra, kan bidra till att nuvarande och framtida ingenjörer producerar bättre, 'ändamålsenliga' designer och förhindra dem att falla i fällan att gå på gång 'återuppfinna hjulet' varje gång liknande omständigheter uppstår. Bra data, väl insamlade och systematiskt sparade, är viktiga för undersökning, analys, design, övervakning och register, nu och i framtiden. Med detta i åtanke, rekommenderas att alla data bör sparas med dess länkning, genom GPS eller liknande, så att de kan bli återanvända och användas samtidigt igen i framtiden.

Kapitel 4 UNDERSÖKNINGAR & MÄTNINGAR

4.1 PLATSUNDERSÖKNINGSMETODER

Det finns normalt en ekonomisk gräns för den mängd platsundersökningar som kan utföras på lågtrafikerade- / lågkostnadsvägar över torv på grund av begränsningar i budgetar och i tid för ingenjören. Ett urval av lämpliga undersökningsmetoder för lågtrafikerade vägar presenteras i Tabell 4.1, tillsammans med en kort beskrivning av den information som de kan ge och ytterligare detaljer angående dessa tekniker framgår av ROADEx II-projektets rapporter.

Tabell 4.1

| Undersökningsmetod | Beskrivning | Kommentarer |
|------------------------------------|--|---|
| Skrivbordsundersökning | Kontorsbaserad undersökning av lokala kartor, register, rapporter, nätverksdefekter, underhållshistorik såväl som liknande lokala projekt, egenskaper hos lokala torvmarker, resultat av projekt m m. | Initial bakgrundsundersökning för projektet i syfte att samla alla relevanta registrerade data för att möjliggöra en projektplanering. En nödvändighet. |
| Platsbesök & Besiktning till fots | Visuell inspektion på platsen av en erfaren ingenjör med tidigare erfarenhet av konstruktioner innehållande torv. | Praktisk lågkostnadsundersökning för att få ett intryck av platsen och de problem som finns där. En nödvändighet. |
| Sticksondering | Stålstänger sticks ner i torvlagret för att mäta djupet. Någon form av sondering är nödvändig i varje projekt som innehåller torv. | En enkel, robust metod för att bestämma djupet hos torvlagret eller för kalibrering av någon oförstörande provningsmetod som GPR. Nödvändigt. |
| Georadar, GPR | Oförstörande provningsmetod som i ökad utsträckning används för undersökning av torvmarker; särskilt användbar för att undersöka tjockleken av befintliga väglager och undergrundslagrens mäktighet före breddning och förstärkning. | Radargram kan visa klara gränser mellan vägkroppen, underliggande torvlager och bergövertyta och kan användas för att övervaka vägens långtidssuppförande med god noggrannhet. Rekommenderas. |
| Digital Video | Videoinspelning av den synliga delen av vägen med referenser till befintlig längdmätning eller med GPS. | Den inspelade videon kan användas som en formell registrering av tillståndet eller analyseras vidare t ex avseende dränering eller värdering av skador. Rekommenderas |
| Provtagning | Förstörande grundundersökning för att ta ut fysiska prov för användning till bestämning av tjocklek och egenskaper hos vägkroppens och undergrundens jordarter. | Borring & provtagning kan också ge användbara data för att kalibrera och komplettera andra metoder. Viss provtagning rekommenderas. |
| Trycksondering | Liknar sticksondering men sonden mäter den relativa styvheten och styrkan i de lager den passerar igenom. | Kan vara en användbar metod när det finns lager av torv och andra lager under vägen. |
| Bärighetsmätning med Fallvikt, FWD | Oförstörande provningsutrustning som simulerar lasten av ett tungt fordon på vägytan. | Kan ge bedömning av bärighet, undergrundsjordart, närvaro av torvlager och lokalisering av berg. |
| Accelerometer/ Profilometer | Fordonsmonterade sensorer som kvantifierar ojämnheten hos en väg | |

| | | |
|--|---|--|
| | genom deflektions- och vibrationsmätningar. | |
|--|---|--|

De två första metoderna som listas i Tabell 4.1, skrivbordsundersökningen och platsbesöket, kan vid första åsynen verka vara enkla övningar som kan utlämnas om finansieringen är begränsad. Denna åtgärd skulle dock vara felaktig ekonomiskt. En god skrivbordsundersökning kan få fram värdefull historisk information över vad som har hänt tidigare såsom underhållshistorik, data från liknande lokala arbeten, tidigare grundundersökningar, egenskaper hos torv, tillgängliga material, etc, och dessa är vitala om läxan skall läras från gamla erfarenheter. Alla fakta från projekt, såväl bra som dåliga, kan ge bidrag till kunskapsbasen för ett projekt och kan regelbundet ge upphov till användbara lösningar om designers är öppna för nya idéer.

Besiktningen till fots producerar t ex det mycket praktiska resultatet bestående av en detaljerad bild och förståelse av platsens särdrag, såsom utsträckningen hos torvlagret, förekomst av diken, vattendrag, rör under vägytan, yttopografi, torvarbeten, vattenmättade områden, områden med fritt vatten, etc.

Både skrivbordsstudien och besiktningen till fots är vitala förberedelser för den kommande stora platsundersökningen och den efterföljande analysen av platsen men det är sällan kostnadseffektivt att använda alla de nämnda metoderna. Det kommer vanligtvis att vara nödvändigt att välja den mest lämpliga kombinationen av metoder för en särskild plats för att tillförsäkra att all relevant information samlas in så att en korrekt analys av platsen kan utföras. Det är för övrigt mycket viktigt att tillräcklig information samlas in, på vilken designen skall baseras. Allt för ofta frestas hårt pressade ingenjörer att utelämna fasen för platsundersökning av anledningar som ekonomi och tidspress. Detta är alltid ett misstag. Rehabiliteringsarbeten som innefattar torv måste baseras på data med bra kvalitet.

ROADEX erfarenhet rekommenderar en kombination av 6 undersökningsmetoder för problem relaterade till torv på lågtrafikerade vägar:

- En skrivbordsundersökning
- Ett platsbesök & en besiktning till fots
- Sticksondering
- Georadar, GPR
- Bärighetsmätning med fallvikt, FWD
- Digital video

ROADEX Projektets partners har funnit att kombinationen av dessa metoder ger en bra bas för faktabaserad information på vilken det går att etablera lämpliga 'ändamålsenliga' rehabiliteringslösningar. Med sådan information tillgänglig kan nästa fas, en "integrerad analys", inledas för att förstå de underliggande problemen.

4.2 GRUNDUNDERSÖKNINGAR

Som nämns i Tabell 4.1 är vissa grundundersökningar och provtagningar rekommenderade i arbeten som involverar torv. Normalt är dessa:

- Typ av torv och graden av humifiering genom skruvborr
- Torvlagrets mäktighet genom sticksondering och/eller GPR
- Skrymdensitet och vattenhalt från ostörda prov om möjligt.

Ostörda prov är svåra att anskaffa från torv på grund av dess mycket höga vattenhalt men en enkel och effektiv provtagare har utvecklats av Svenska Geotekniska Institutet. "SGI provtagaren" har en vass cirkulär vågtandad skärspets monterad på ett plaströr med 100 mm i diameter täckt med ett robust slaghuvud på toppen. Rörets längd går att variera och bestämmer längden på provet som erhålls, men normalt är en 1,0 m lång provtagare tillräcklig. Graden av störning i provet beror till största delen på den metod som används för att driva ner provtagaren i marken och man har kommit fram till att de bästa resultaten vanligtvis uppnås när provtagaren drivs ner i torven genom att använda en lättviktig slagmaskin eller lätt knackande med en hammare. Denna typ av lågkostnadssystem rekommenderas för att anskaffa prover av torv på lågtrafikerade vägar.



Figur 4.1 Fotografi på Svenska Geotekniska Institutets provtagare som används.

Källa: Svenska Geotekniska Institutet.

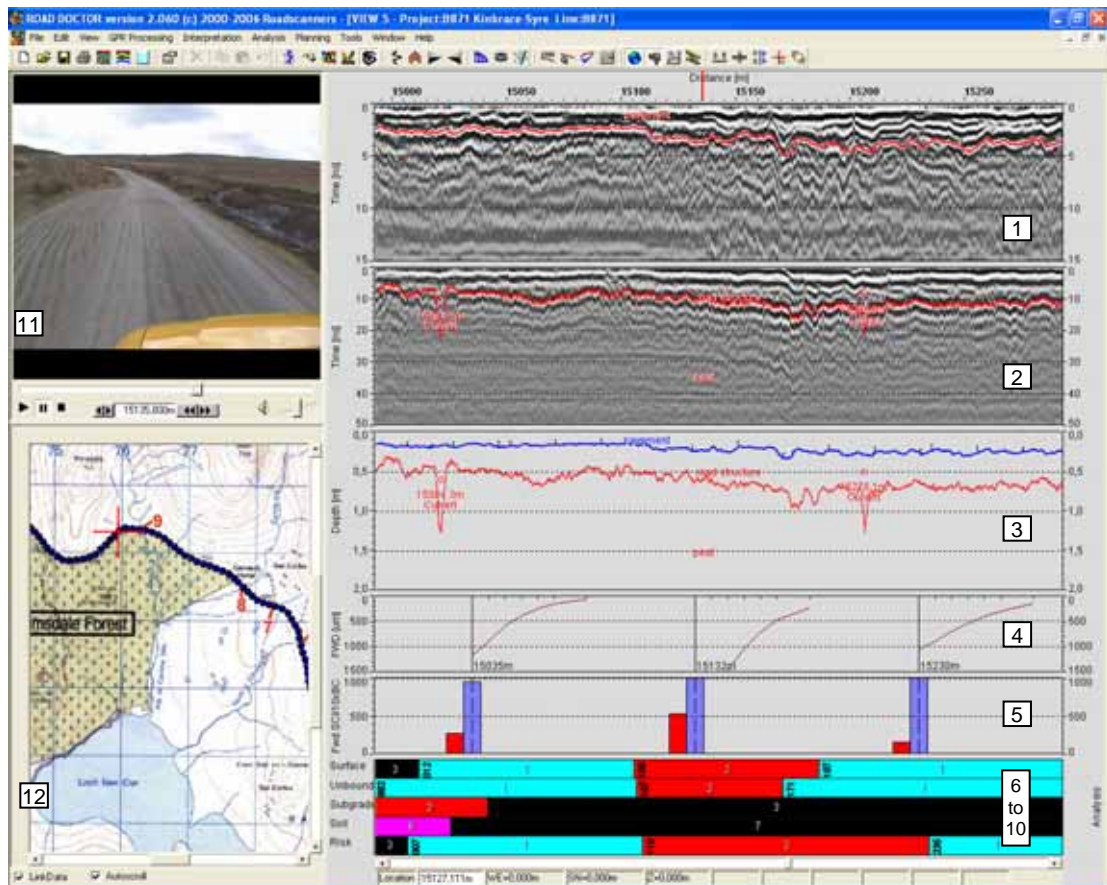
Kapitel 5. INTEGRERAD ANALYS

ROADEX metod av "integrerad analys" sammanför alla relevanta undersökningsdata till en plats för analys och design. Genom att kombinera undersökningsdata på detta sätt ges projektets team det bästa möjliga tillfället att 'diagnostisera' de lokala underliggande problemen och deras respektive orsaker på den platsen genom a) identifiering av de särskilda problemområdena på varje vägavsnitt och fokusera all uppmärksamhet på dessa, och b) främja valet av den mest lämpliga rehabiliteringsåtgärden

(-rna) för de avsnitt som har behov.

En typisk 'integrerad analys' skärmbild, som visar kombinerade data från undersökningar, framgår av Figur 5.1 genom användning av 'Road Doctor', en mjukvara utvecklad av Roadscanners Oy i Rovaniemi, Finland. Skärmbilden som visas presenterar de utvalda undersökningsdata för ett vägavsnitt som refererar till ett längdmätningssystem och/eller GPS. Den innehåller uppifrån till höger:

- 2 GPR radargram (data 1 och 2) med tolkning av beläggningsslager, banktjocklek och mäktigheten hos underliggande jordlager (data 3). Tjockleken hos väg-överbyggnaden kan vara särskilt användningsbar vid bedömning av existerande last på undergrunden av torv och, genom beräkning, dess nuvarande skärhållfasthet.
- Resultat från fallviktsmätning (data 4). Dessa data är användbara vid värdering av styvheten hos lagren i väggroppen och vid bedömning om det undersökta körfältets problem är relaterade till undergrunden av torv eller andra orsaker.
- En serie av tolkningar av insamlade data: surface curvature index (SCI), den röda stapeln, som ger en indikation om styvheten i beläggningen och bundna bärlager (data 5), base curvature index (BCI), den blå stapeln, som ger en indikation på lastspridningsförmågan över den svaga undergrunden (data 5), klassifikationer av olika väglager (data 6-10), ytlager, obundna lager, undergrund, klassificering av undergrundsjord och en övergripande riskbedömning av det aktuella vägavsnittet.
- Digital video (data 11) som kan användas för bedömning av platsens helhetsbild och torvmarkens omfattning, utsträckningen av problemområdet, avvattningen genom diken, infrastruktur och ägor som kan påverkas.
- En grundkarta (data 12).



Figur 5.1 Skärmbild av integrerad analys i Road Doctor från allmänna vägen B871, Skottland (två GPR-profiler, deflektionsbassänger från Fallviktsmätningar och tolkning, grundkarta och video, alla data i samma längdmätning. Dessa undersökningsdata användes tillsammans för att göra en bedömning av väglagren och undergrunden för att ta fram en riskanalys av vägen för att prediktera de troliga vägskadorna innan timmertransporter utfördes. Analysprocessen, som rapporterats i ROADEX II-projektet, visade sig i efterhand vara korrekt över en treårsperiod av timmertransporter).

Denna form av 'integrerad analys' skärm, som visar kombinerade undersökningsdata, tillåter den designande ingenjören att korsanalysera alla valda data på en plats utan komplikationen att behöva referera till flera fristående rapporter och sektioner med olika referenssystem. Denna egenskap är en verklig styrka för det 'integrerade analys' systemet och erbjuder signifikanta besparingar i tid jämfört med traditionella analys-system.

Genom att veta den exakta positionen för den särskilda platsen och defekterna, och genom implementering av precisa rehabiliteringsåtgärder baserade på deras orsaker, kan dessutom onödiga konstruktionsarbeten och opassande rehabiliteringsåtgärder undvikas (Saarenketo 2001).

Kapitel 6. REHABILITERINGSMETODER

6.1 GRUNDLÄGGANDE ÖVERVÄGANDEN

Den överskuggande grundläggande regeln i alla lokala rehabiliteringar av väg över torv är, som ett tillägg till att försöka förbättra de existerande omständigheterna, att inte göra något arbete på den existerande väg/torv balansen som skulle orsaka ytterligare skada, eller för att säga det enklare, 'att inte göra mer skada'.

Det är ett positivt särdrag hos en existerande väg över torv, även en som har sättningsproblem, att torven under vägen vanligtvis har blivit belastad över en längre tid och ökat i styrka för att bära den vanliga vikten av vägen. Denna ökning i styrka, i grund och botten en 'förbelastning', kan användas till fördel vid rehabilitering av en väg, förutsatt att inget är gjort som skulle orsaka att ytterligare konsolidering sätts igång, om inte genom en avsiktligt utförd design där konsekvenserna är kända och accepterade.

Detta är emellertid inte alltid så enkelt då varje rehabilitering av en väg medför sina egna praktiska platsspecifika underhållsproblem såsom:

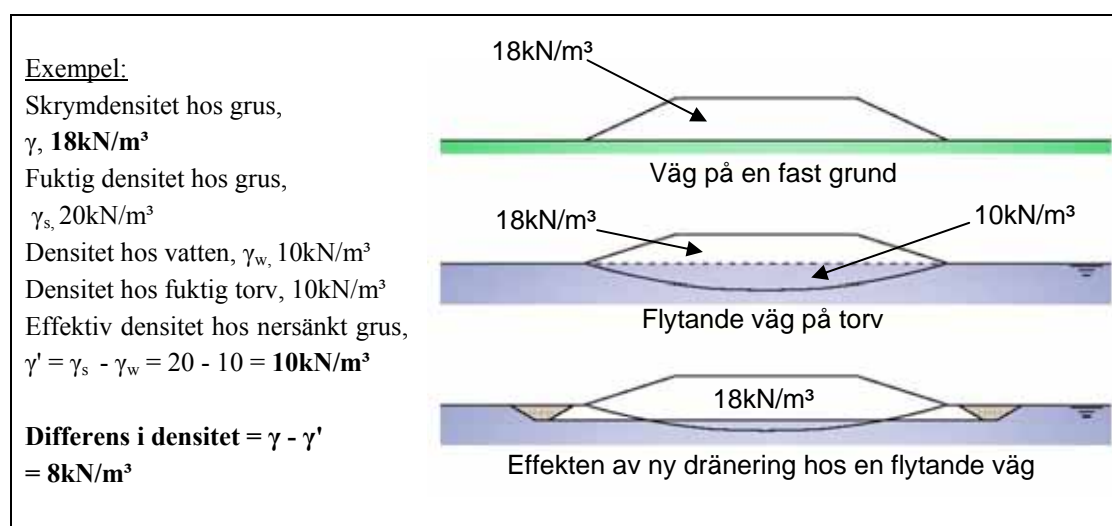
- Trafikledning – hantering av existerande trafikflöden längs vägen. Detta kan involvera vägvängning, arbete på ett körfält eller byggande av en temporär förbifartsväg om tillräcklig mark finns att tillgå längs den befintliga vägen. Hanteringen av befintliga trafikflöden kan vara av avgörande betydelse för typen av rehabilitering som är möjlig på vägvägningsnittet.
- Utförande av arbetet – kan arbetet utföras inom det tillgängliga området och trafikledningen? En rehabilitering genom användning av stålnät kräver till exempel att stålnäten läggs tvärs vägen med full vägbredd på ca 30 cm djup utan längsgående skarv. Detta kanske inte är möjligt på en plats med livliga trafikflöden och ett mer passande alternativ kan vara att bygga ovanpå den befintliga vägen och acceptera den sättnings som kommer att uppstå. Det slutliga beslutet kommer att vara en balans mellan de tillgängliga tekniska lösningarna och deras effekter.
- Byggtrafik. Effekterna av tung byggtrafik på de schaktade ytorna måste tas med i beräkningarna. Arbetscykler måste planeras i detalj för att säkerställa att tillräcklig styrka finns i de återstående väglagren för att bära byggtrafiken. Undersökning med georadar utförd i förarbetet till rehabiliteringen kan hjälpa till att identifiera tjocklekar och styrkor hos lager för detta.

Som ett resultat kan det vara så på vissa platser att urgrävning av befintlig väg inte kan genomföras och att rehabiliteringsåtgärder kommer att behöva lägga till lager till vägen. I dessa fall måste ytterligare belastning accepteras, men dess effekter måste förstås också vara väntade av dem som designar rehabiliteringen. (En rehabiliteringslösning för belagda vägar som använder armerad asfalt eller nya asfaltlager diskuteras senare i denna rapport. Detta medför sättnings.)

Sammanfattningsvis bör syftet med rehabiliteringsarbeten över torv vara att 'inte orsaka mer skada' om inte effekterna kan förutses och accepteras. 'Skada' i samband med rehabiliteringsarbeten innefattar att lägga till belastning eller att ändra hydrologin för vägen och dess omgivning för att orsaka en sänkning av grundvattennivån.

Som tidigare nämnts i Kapitel 2, byggs i vanliga fall ett tillstånd av jämvikt upp mellan en väggropp och den underliggande torven varvid torven får tillräcklig styrka genom att frigöra porvatten för att bära väggroppens vikt. Efter att denna tidiga jämvikt har skapats fortsätter vägen att sätta sig under en längre tid i en mycket långsammare 'sekundär kompressions' takt. Varje tillskott av ny belastning när jämvikten en gång har etablerats (såsom ett nytt slitlager) eller en förändring av torvens vattenhalt (såsom med en fördjupning av dräneringen) kommer att orsaka en störning som kommer att starta om konsolideringen och sättningprocessen på nytt.

I detta scenario kommer en sänkning av grundvattennivån att ha samma effekt som att lägga till vikt på vägen. När grundvattennivån sänks inuti en flytande väg reduceras det hydrostatiska uppträcket på vägen, dess "flytförmåga", och den dränerade vägen kommer, som en konsekvens, att befinna sig högre i vattennivån än tidigare. Detta verkar så att vägen blir tyngre än tidigare och resulterar i att en tyngre belastning uppstår på den underliggande torven vilket skapar ytterligare kompression och sättning. Dessa förändringar i vattennivå tar naturligtvis tid, och uppträder inte som en enstaka händelse, men effekten över lång tid är densamma. Belastningen ökas och sättning inträffar. Mekanismens händelseförlopp kan illustreras med följande figur.



Figur 6.1 Flytförmågans effekter hos flytande vägar (efter Carlsten)

Den övre skissen i detta exempel visar en vägbank konstruerad på fast grund med liten eller ingen sättning. Dränerande åtgärder har få ogynnsamma effekter på denna typ av konstruktion och är generellt mycket positiva. Den mellersta skissen visar en typisk 'flytande väg' över torv där vägen har satt sig i torven, den underliggande torven har konsoliderats och flytförmågan har en effekt. I detta arrangemang reduceras den

effektiva nersänkta densiteten för banken under vattenytan från 18 kN/m³ till 10 kN/m³ med motsvarande reducering av belastningen på den underliggande torven. Den nedre skissen visar effekten av att sänka vattennivån genom dikning (visat i grått) efter att ett jämviktstillstånd har etablerats. Här åstadkommer sänkningen av vattennivån en reducering av den etablerade effekten av flytförmågan och ökar den effektiva densiteten hos banken under marknivå från 10 kN/m³ till 18 kN/m³ med en konsekvent ökning av belastningen på den underliggande torven som undantagslöst utlöser en förnyad sättning.

I detta exempel kommer sänkningen av vattennivån med 1,0 meter genom dikning att orsaka en potentiell ökning av belastningen med 8kN/m³ på torven. En sänkning av vattennivån med mer blygsamma 0,5 meter kommer att orsaka en potentiell ökning av belastningen med 4kN/m³. Naturligtvis kommer det att ta tid innan dessa förändringar i vattennivå uppstår, och banken kommer att svara successivt när vattennivån sänks, men effekten över längre tid kommer att bli densamma. Belastningen på den underliggande torven kommer att öka och en sättning kommer äga rum.

Av denna anledning är den ideala rehabiliteringslösningen en som inte kommer att skapa några nya belastningar på torven och inte heller ändra den etablerade dräneringens tillstånd – men som tidigare nämnts, detta är inte alltid möjligt.

6.2 REHABILITERINGSÅTGÄRDER

Denna rapport kommer att behandla 4 vanliga rehabiliteringsproblem relaterade till 'flytande vägar' på undergrund av torv på lågtrafikerade vägar:

1. Sättning och ojämnheter hos körbanor
2. Sättning hos bank, inklusive höjning av profillinjen
3. Breddning av väg

Beskrivningarna av dessa problem, och de lösningar som erbjuds, kommer att försöka arbeta efter principen 'gör inte mer skada' som tidigare beskrivits. Dessa generella lösningar kommer att inrikta sig på att resultera i rehabiliterade vägar som har samma vikt, eller lättare, än den tidigare vägen. Det är hur som helst accepterat att denna praxis inte kommer att vara möjlig i alla projekt och där det inte är möjligt att gräva ur den existerande vägen kan de presenterade lösningarna istället användas som tillägg till befintliga väglager som topplager, bidragande med höjd och vikt till vägens överbyggnad. I dessa fall måste sättning vara förväntad att inträffa.

6.2.1 Sättningar och ojämnheter på körbanor

Torvrelaterade problem på körbanor yttrar sig i flera olika former; ojämna vägytor, sättningar och ojämna sättningar, längs- och tvärgående sprickor, nedbrytning av vägranter, sönderfall av asfalt och annat. Dessa effekter kan vara av varierande svårighetsgrad och utgöra ett antal olika faror för trafiken, resulterande i ökad vibration, reducerad körkomfort och hastighet. Den direkta responsen från vissa vägmyndigheter på sådana ojämna vägar är att försöka omforma körbanan genom att lägga över den ojämna ytan. Detta fungerar sällan för någon längre tid särskilt för vägar som flyter på torv, eftersom den extra vikten från de lager som lagts ut på vägen bara ökar den lokala belastningen på torven och detta framtvingar snabbt ytterligare konsolidering och sättning med det förväntade resultatet – ojämnheterna i körbanan återkommer till sitt tidigare tillstånd, eller värre. Som ett exempel, en 10 cm rehabiliterande påläggning (uppskattningsvis till 0.2 ton/m²) kan tveklöst försvinna under ett år och den omlagda vägen återgår till sitt forna tillstånd som var innan rehabiliteringen. En rehabiliteringslösning för belagda vägar, som använder en armerad asfalt eller ett bituminöst slitlager, diskuteras senare i det här kapitlet, men de kommer att orsaka en sättning. Om de gamla kan fräsas bort innan det nya lagret läggs kommer detta inte att öka vikten på vägen eller sätta igång ytterligare sättning.

Rehabiliteringsåtgärder bör därför utföras inom den existerande vikten för vägens överbyggnad, och helst lättare, om vidare konsolidering och sättning inte ska uppstå i den underliggande torven. Idealt bör den rehabiliterade vägen vara lättare än den tidigare vägen för att säkerställa ett lyckat resultat. Där detta kan utföras är 3 typer av behandlingsåtgärder möjliga:

- A. Där problemet kan vara begränsat till överbyggnadslagren (mindre sättningar, sprickor, krackelering) och rehabiliteringen kan utföras inom vägens överbyggnadslager utan att tillföra ytterligare vikt.
- B. Där problemet är begränsat till överbyggnadslagren (måttliga sättningar, sprickor, deformationer) och rehabiliteringen kan utföras inom vägens överbyggnadslager med användning av lättviktsmaterial.
- C. Där problemet inte är begränsat till överbyggnadslagren (markanta sättningar, deformationer, översvämning) och rehabiliteringen måste inkludera ett utskiftning av en del av, eller hela, vägbanken med lättviktsmaterial.

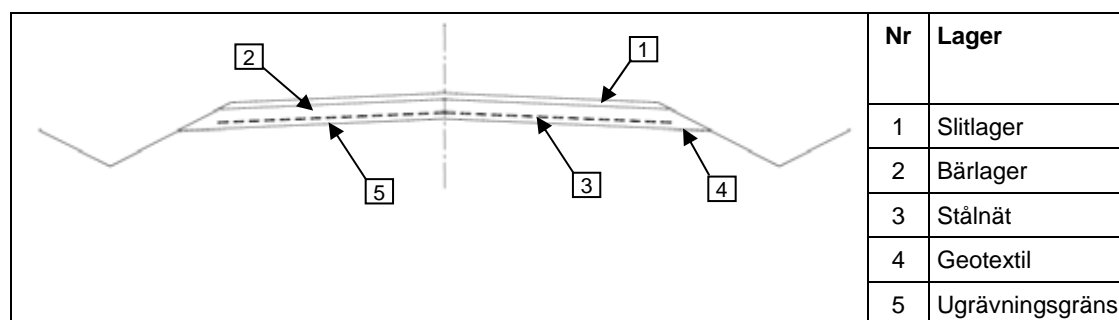
Fall A: 'Standardöverbyggnaden'

Den fundamentala rehabiliterande konstruktionen för fall A, en väg på torv uppvisande defekter på körbanan, är

A – STANDARDÖVERBYGGNAD FÖR REHABILITERING

1. borttagning av gammalt slitlager
 2. borttagning av gammalt material (till ett djup som tillåter nya konstruktionslager, dvs 400mm i detta exempel)
 3. inbyggnad av en fiberduk som materialskiljare
 4. utläggning av nytt obundet bärlager 100mm
 5. utläggning av ny stålårsarmering
 6. nytt obundet bärlager 200mm
nytt obundet slitlager 100mm (eller nya flexibla beläggningslager för en belagd väg)
-

Djupet för det material som skall avlägsnas från vägen vid detta utförande bör vara samma som, eller större än, summan av de nya vägöverbyggnadslagren. Om detta kan uppnås bör den rehabiliterade vägen uppvisa samma, eller lägre, belastning på undergrunden. Den geotextila materialskiljaren i konstruktionen bör väljas för att passa det bärlagermaterial som används och vara stark nog att motstå åverkan av det nya materialet.



Figur 6.2 Standardöverbyggnad för rehabilitering

Vid användandet av stålårsarmering i den rehabiliterande överbyggnaden (och detta rekommenderas), måste vikten av stålnätet inkluderas i vikten för rehabiliteringsåtgärderna. Armering med stålårs över trummor, rör och kablar kan orsaka problem för framtida underhållsarbeten och dessa bör utelämnas på dessa platser eller designas noggrant för att undvika framtida problem.

Fall B: 'Lättviktsöverbyggnad'

En alternativt ersättande överbyggnad, användande lättviktiga fyllnadsmaterial, kan också övervägas om det finns ett passande och inte alltför dyrt lättviktsmaterial tillgängligt lokalt. Tabell 6.1 nedan listar ett urval av de mer vanligen använda lättviktsmaterialen vid vägbyggnad.

Tabell 6.1 Typiska lättviktiga fyllnadsmaterial.

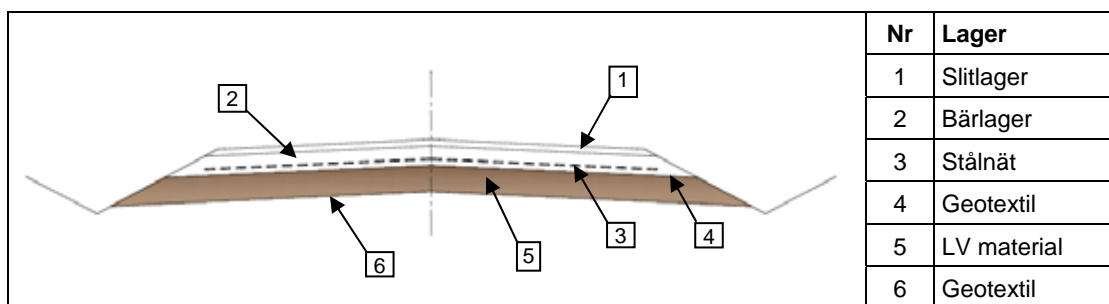
| Material | Torr Densitet kg/m ³ | Skrymdensitet kg/m ³ | Kommentarer |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Lättviktiga expanderade lermineral | 300-900 | 650-1200 | Tillverkad produkt. Lättviktsaggregat tillverkat genom värmeutvidgning av lerpellets. Variationer i densitet beroende på vattenabsorption. Normalt krävs 0,6 m vägöverbyggnad ovanpå. Kan vara svårpackade om de ligger fritt utlagda. |
| Pulvrised oljeaska | 700-1400 | 1300-1700 | Biprodukt vid koleldade kraftstationer. Naturligt ihopbindande, speciellt användbar som bakfyllning till brostöd. |
| Slagg | 1000-1400 | 1400-1800 | Biprodukt från stålindustrin. Generellt tillhörande den 'tyngre' delen av lättviktsmaterialen. Utlakning kan vara ett miljöproblem. |
| Luftporrik slagg | 500-1000 | 1100-1700 | Skummad biprodukt bildad genom snabb avkylning av smältande slagg i vatten. |
| Vulkanisk aska | 650-1000 | 1400-1700 | Naturligt material (särskilt användbart på Island). |
| Bark/träflis | 100-300 | 800-1000 | Åldrad bark kan ha bra egenskaper för vägbyggnad ge stor användarnytta men den kan ge utlakningsproblem i känsliga miljöer. |
| Expanderad Polystyren | 20 | 100 för design | Tillverkad produkt. Extremt lättvanligen tillverkad i skivor, ganska dyra, 100 kPa minimum tryckhållfasthet. Utlagt lager täcks vanligen med en betongplatta. Måste skyddas mot olja, eld och UV-strålning. |
| Skumbetong | 600-1800 | 1000-1800 | Tillverkad produkt. Skum tillsätts på lägningsplatsen till färdigblandat bruk, 4 MPa minimum tryckhållfasthet. |
| Komprimerade torvbalar | 200 | 600-800 | Tidigare installationer uppvisar 20% lyftkraft efter 10 års vattenmättnad, i allmänhet inte tillgängliga. |
| Skummat glas | 100-500 | 100-500 | En ny produkt tillverkad av förbrukade TV-skärmar, stabilt, inert material, tryckhållfasthet 6-12 MPa. |
| Balar av bildäck | 500-650 | 500-650 | Förbrukade däck sammanpressade i balar och ihopbundna med galvaniserad stålwire. |

Vid rehabiliteringsarbeten på vägar är dessa lättviktiga material primärt använda till att reducera den totala vikten för vägen och därmed reducera belastningen på torven. En typisk lättviktig överbyggnad, baserad på standardöverbyggnaden för rehabilitering, framgår nedan.

B – LÄTTVIKTIG ÖVERBYGGNAD FÖR REHABILITERING

1. borttagning av gammalt slitlager
2. borttagning av gammalt material (detta djup kommer att bestämmas av behovet av att kunna byta ut tillräckligt av existerande tungt material mot lättviktigt material för att producera en lättare ersättande vägöverbyggnad)
3. inbyggnad av en fiberduk som materialskiljare
4. nya lättviktiga fyllnadsmaterial
5. täckning av den materialskiljande geotextilen
6. utläggning av nytt bärlagermaterial 100mm
7. installation av ny stålarmering
8. nytt bärlagermaterial 200mm
9. nytt slitlager 100mm (eller nya flexibla asfaltlager för en belagd väg)

När den används på rätt sätt, kan denna typ av lättviktig lösning återställa en vägprofil till sin forna nivå utan att tillföra vikt till vägen och, där omständigheterna tillåter, medge att terrassytan kan höjas vid ett dränerings- eller infrastrukturproblem. Det lättviktiga materialet i den nya överbyggnaden bör vara inneslutet av en lämplig materialskiljande geotextil vald för att passa den lättviktiga fyllningen och stark nog att motstå påfrestningarna från stenmaterialet i bärlagret.



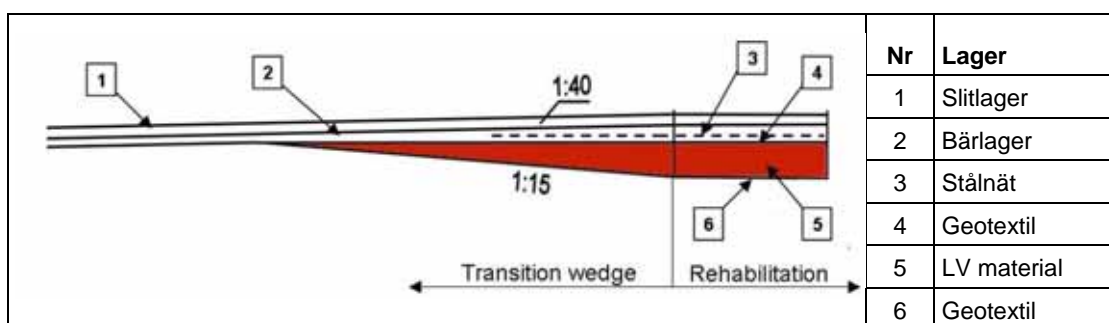
Figur 6.3 Lättviktig överbyggnad för rehabilitering

Det rekommenderas att ett minimum på 400 mm vägbyggnadsmaterial läggs ovanpå de lättviktiga materialen som ett strukturellt lager. Detta djup av lager utgör också en värmelagrande massa för att motstå variationer av frystillstånd längs den färdiga körbanan mellan sektioner med normal vägöverbyggnad och lättviktiga fyllnader. Detta har stor betydelse i områden med långa kalla vintrar.

Utspetsningskilar

Övergångszonen, vad avser denna rapport, är övergången från en fast undergrund till en undergrund av torv. Detta händer där vägen går över till torvmark och där den lämnar torven. Dessa områden skapar regelbundet problem om de inte behandlas korrekt och nyckeln till en effektiv lösning ligger i skapandet av en teknisk övergång mellan det 'hårda' och det 'mjuka' som tillåter vägen att anpassa sig till en ändring i bärighetsmässiga förhållanden utan otillbörlig sättning eller sprickbildning.

För att det skall inträffa måste en 'utspetsningskil' konstrueras av ett fast material och ha nått det fulla djupet innan rehabiliteringen på torven. Om den är konstruerad på torvlagret kommer den att falla. En typisk utspetsningskil visas nedan.



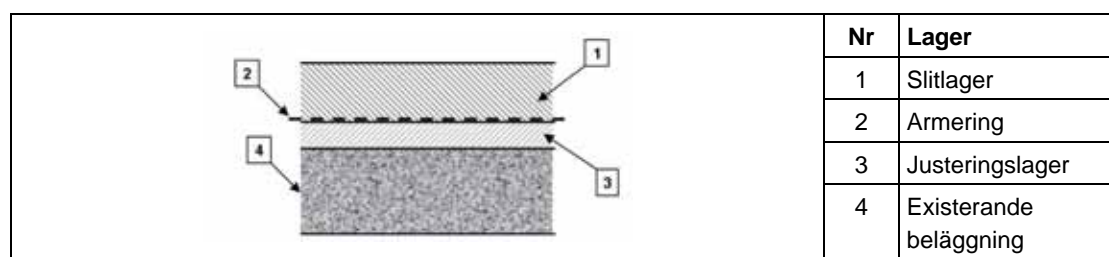
Figur 6.4 Längsgående sektion genom en övergångskil

Det lättviktiga materialets övergångslängd bör utföras med en lutning på 1:15 och bärlagret mot en lutning på 1:40. (Aho & Saarenketo, 2006, "Design and Repair of Roads Suffering Spring Thaw Weakening")

Fall A1: 'Armerade asfaltlager för belagda vägar'

Som nämndes tidigare i kapitel 6.2.1 är det möjligt att använda armerade asfaltlager som rehabiliteringslösningar för deformerade och spruckna belagda vägar där sättningar i körbanan inte är något stort bekymmer. Sådana förstärkta asfaltlager har använts med goda resultat på lågtrafikerade vägar i glesbygden på Skotska Högländet både med geonät av polyester och med nät av stålwire. Den grundläggande konstruktionen av dessa installationer visas nedan

| A1 ARMERADE ASFALTLAGER FÖR BELAGDA VÄGAR | |
|---|--|
| 1. | omforma deformerade körbanor med asfaltmaterial |
| 2. | lägg nytt armeringsnät. Polyesternät kräver att ytan sprayas med ett klister. Stålnät kräver fastspikning. |
| 3. | nytt slitlager av asfalt 50-60mm |

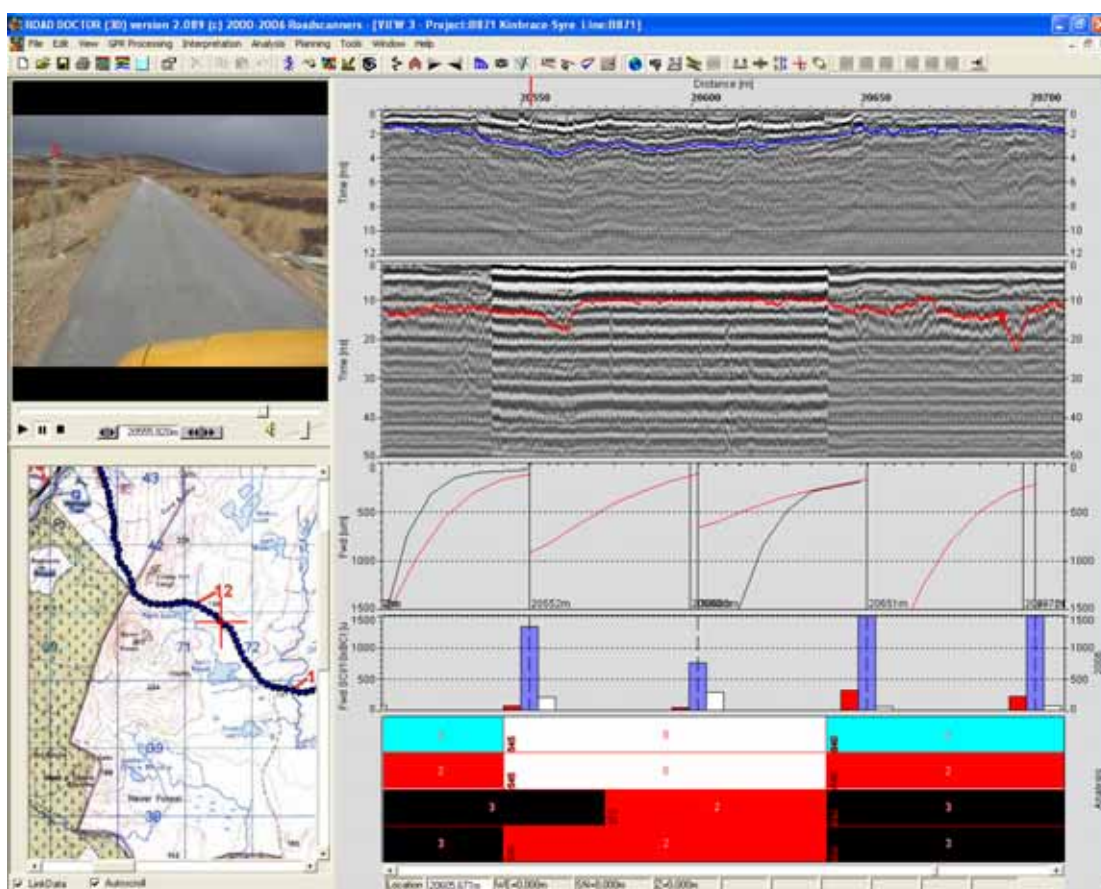


Figur 6.5 Armerat asfaltlager för belagda vägar

Denna konstruktion ådrar sig dock sättningar då den bidrar med extra belastning till en befintlig flytande bank och detta bör inte underskattas vid planering av rehabiliteringsarbeten som använder denna teknik. Effekten av Maccaferri 'Roadmesh' stålnätsarmering av dubbeltvinnad wire på vägprestanda kan ses i den 'RoadDoctor' skärmbild som presenteras i Figur 6.6 nedan.

Om det existerande asfaltlagret är tjockt nog för att tillåta fräsning är det möjligt att utföra denna åtgärd inom vikten för den befintliga vägen vilket rekommenderas. I detta fall blir processen som följer:

| A1 ARMERADE ASFALTLAGER FÖR BELAGDA VÄGAR | |
|---|--|
| 1. | fräs bort 100mm av den existerande asfaltbeläggningen |
| 2. | fäst nytt armeringsnät. Polyesternät kräver att ytan sprayas med ett klister. Stålnät kräver fastspikning. |
| 3. | nytt slitlager av asfalt 50-60mm |



Figur 6.6 Integrerad analys på skärmbild från Road Doctor, från B871, allmän väg, Skottland.

Denna skärmbild visar resultaten av en stålarmerad asfaltbeläggning på en enfältig belagd väg i norra Skottland. Det stålarmerade avsnittet sträcker sig från 20540 till 20640 och framgår i GPR-profilen som ett område med starka signalstörningar. Förbättringen i belägningsprestanda framgår av graferna av fallviktmätningarna utförda före projektet (svarta linjer) och efter stålärmsarmering (röda linjer). Det använda stålätet var ett "Roadmesh" av tvinnat stål från Maccaferri.

6.2.2 Sättning hos bank

Sättning hos bank på torv täcker ett brett register av områden och konsekvenser, vilka inte alla kan behandlas i detta enkla sammandrag avseende rehabilitering. En introduktion till bärigheten, stabiliteten och sättningen hos bankar på torv ges i ROADDEX II-rapporten "Hantering av bärighetsproblem på lågtrafikerade vägar byggda på torv" (Munro 2005) och läsare hänvisas dit för att få en bakgrund.

Denna rapport kommer att beakta det typiska rehabiliteringsproblemet med en flytande vägbank som sätter sig i torv, med möjlig översvämning av körbanan, och hantera problemet med användning av den generella principen att 'inte skapa ytterligare skada'.

Fall C: Utskiftning av en bank med lättviktsmaterial

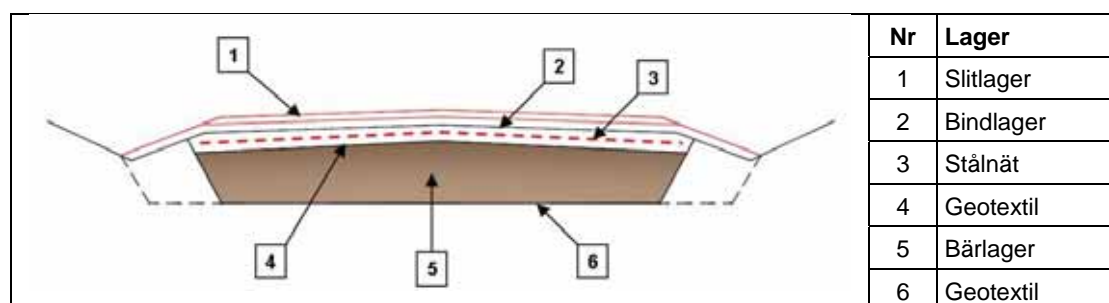
Turordningen för byggaktiviteterna på plats för rehabiliteringen av en flytande bank på torv följer vanligen den som anges i Fall B, lättviktig bankfyllning av en körbana, men med större medvetenhet om behovet att skydda den existerande etablerade vattennivån och de hydrostatiska upptryckseffekterna på banken. Dessa hydrostatiska krafter är nödvändiga för att kunna bevara den etablerade jämvikten i torven och stora ansträngningar bör göras för att förstå innebörden av de förändringar som föreslås och deras effekt på de permanenta arbetena.

De rehabiliterande delmomenten är som tidigare:

| C – UTSKIFTNING AV BANK MED LÄTTVIKTSMATERIAL | |
|---|--|
| 1. | borttagning av gammalt slitlager |
| 2. | borttagning av gamla överbyggnadslager |
| 3. | borttagning av befintlig flytande bank (detta djup kommer att bestämmas av behovet att kunna ersätta tillräckligt mycket existerande tungt material med lättviktigt material för att producera en lättare ersättningsbank) |
| 4. | geotextil, materialskiljande |
| 5. | ersättning med lättviktiga material. |
| 6. | geotextil, materialskiljande |
| 7. | bärlagermaterial 100mm |
| 8. | stålarmering |
| 9. | bärlagermaterial 200mm |
| 10. | slitlager 100mm (eller nya flexibla beläggningslager för en belagd väg) |

I detta fall är det vanligen nödvändigt att fullständigt avlägsna hela den gamla vägbanken för att maximera potentialen för att 'avlasta' torven. Om avlastningsförhållandet för vikten av den gamla banken till vikten av den nya banken kan vara 2 eller mer bör den resulterande rehabiliteringen av vägen vara fri från signifikant sättning i ett medellångt till långt tidsperspektiv.

En typisk konstruktion som använder lättviktsmaterial visas nedan:



Figur 6.7 Rehabilitering av en vägbank med lättviktiga material

Överförbarheten av rehabiliteringspraxis, och fördelarna med att dela teknologier tvärsöver Norra Periferin, kan ses i två liknande projekt från Finland och Skottland som 'avlastade' existerande vägbankar genom användning av lättviktigt material. Fastän de är separerade geografiskt av 2 000 km, och att de har skilda kulturer, språk och

valutor, producerade de två projekten framgångsrika lösningar för gemensamma problem.



Figur 6.8
Projekt med lättviktsrehabilitering i Finland



Figur 6.9
Projekt med lättviktsrehabilitering i Skottland

Ytterligare detaljer för projekten, och andra som använder olika typer av lättviktiga material, finns angivna i ROADEX II-rapporten "Hantering av bärighetsproblem på lågtrafikerade vägar byggda på torv" (Munro 2005).

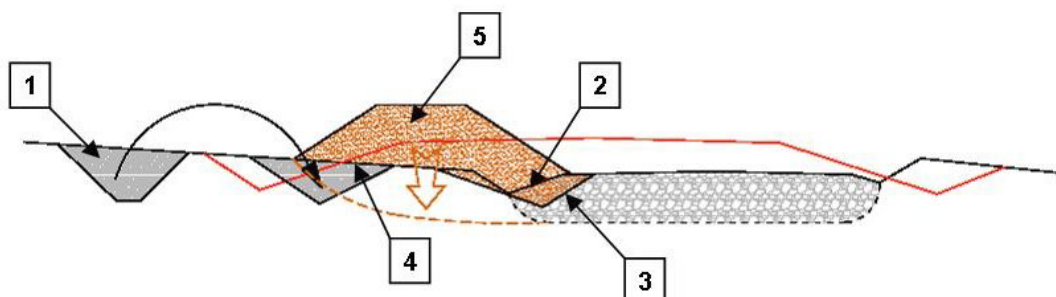
Denna lösning kan också användas för att höja en vägbank förutsatt att tillräckligt djup av tungt material kan tas bort från den befintliga vägkonstruktionen för att tillåta en ökning i höjd med lättviktsmaterialet. De 'superlätviktiga' egenskaperna hos extruderad polystyren, EPS, kan vara mycket användbara i detta fall och ett antal praktikfall om användning av EPS finns redovisade i Munro (2005).

6.2.3 Breddning av väg

Breddning av en väg grundlagd på fast mark är vanligen en relativt enkelt uppgift som uppnås genom att först bredda den existerande vägbanken och sedan konstruera den breddade körbanan ovanpå. Ett liknande tillvägagångssätt kan också användas för en vägbank på torv genom att gräva ut den angränsande torven och bygga den nya breddningen på det exponerade fasta lagret. Detta kan dock vara en dyr praxis, speciellt för 'flytande vägar' över djup torv och det kan också innebära verkliga problem om den nya breddningens områden agerar som linjär dränering för att avvattna torven under den befintliga vägen och orsaka sättning, konsolidering och deformation.

En billigare och mindre skadlig lösning för breddning av 'flytande' lågtrafikerade vägar över torv är att använda förbelastning. Denna metod kan vara en kostnadseffektiv lösning där den befintliga väggroppen anses ha blivit tillräckligt stabil under sin livstid för att tillåta att den behålls i det nya arbetet. Under dessa omständigheter kan förbelastning, stödd av en överlast, användas för att få den närliggande mossen att öka i styrka så att den blir jämbördig med den hos torven under vägen. När det uppnåtts kan den nya breddade vägen byggas på den gemensamma banken. Mer information om denna typ av förbelastning redovisas i ROADEX II-rapporten "Hantering av bärighetsproblem på lågtrafikerade vägar byggda på torv" (Munro 2005).

Ett typisk vägbreddningsprojekt som använder principen med förbelastning, som den som utfördes av Svenska Vägverket, finns beskriven nedan:



Figur 6.10 Vägbreddning genom användning av förbelastning (Lars-Göran Svenssen, Vägverket)

Delmomenten vid byggande av denna typ av breddning finns angivna i tabell D nedan.

| D - BREDDNING AV FLYTANDE VÄG | |
|-------------------------------|---|
| 1. | gräv nytt avskärande dike 10 m från den gamla vägen och använd den gamla torven till att återfylla befintliga diken i vägkanten |
| 2. | avlägsna finmaterial från vägrenarna, ca 200 mm djupt |
| 3. | lägg en materialskiljande geotextil på den preparerade vägrenen och återfyll med bra material |
| 4. | lägg en 5 m bred armerande geotextil under den yta som skall förbelastas |
| 5. | börja förbelastningen av vägbreddningen med 1 m lager och fortsätt tills den designade höjden på förbelastningen uppnåtts |
| 6. | lämna förbelastningen på plats i 90 dagar och övervaka utfallet med hjälp av provplattor (se Figur 7.2) |
| 7. | ta bort överskottet av förbelastningsmaterialet efter det att den designade sättningen har uppnåtts |
| 8. | utför vägbreddningen på det sätt som redovisas i rehabiliteringsöverbyggnad A |

Designprocessen för denna typ av breddning behöver en geoteknisk input för att uppskatta höjden och varaktigheten av den förbelastning som krävs tillsammans med den predikterade troliga sättningen som kommer att uppstå men detta bör inte avskräcka icke geotekniska ingenjörer förutsatt att detta råd kan erhållas.

Denna form av breddning kan vanligtvis utföras utan att påverka trafikflödet på den befintliga vägen, vilket kan ses på fotografiet från en arbetsplats i Figur 6.11. En mer detaljerad redogörelse för denna metod, med vidare referenser, finns tillgänglig i Munro (2005).



Figur 6.11 Fotografi från en breddning av en flytande väg över torv med förbelastning.

Exemplet på vägbreddningen, visad av den röda linjen i Figur 6.10, illustrerar en högre, och därmed tyngre, väg som kommer att orsaka en konsolidering och sättning i torven när den nya körbanans överbyggnad är utförd. Denna har lagts ovanpå den existerande vägen för enkelhets skull. Det är emellertid inte nödvändigt att höja vägen för att denna teknik ska fungera. Om den befintliga vägen ska byggas om till samma belastning som den existerande vikten på vägen, och detta är att föredra, bör den nya konstruktionen av vägen utföras enligt vägledningen given i standard Fall A där den nya körbanan ersätter den befintliga.

Kapitel 7. ÖVERVAKNING & REGISTER

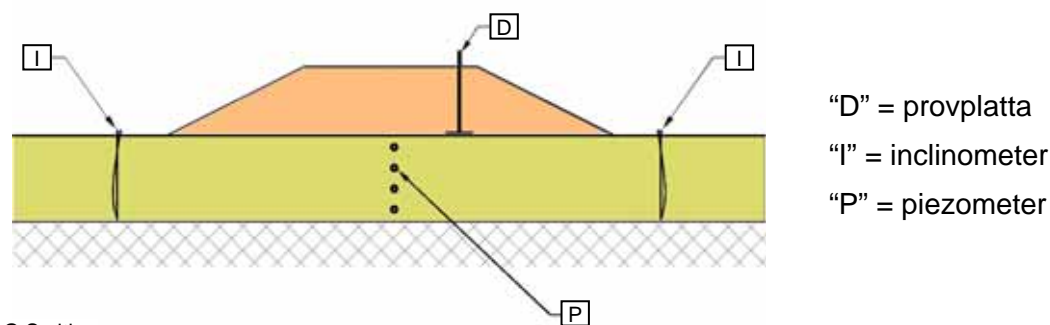
7.1 ALLMÄNT

Övervakningen av prestanda för rehabiliteringsarbeten associerade med torv har ett antal av viktiga fördelar.

- På kort sikt: om inget annat, ett bra system för övervakning kan bekräfta att sättningen och konsolideringen går enligt planerna. Detta är en viktig kontroll. Ett bra system för övervakning kan identifiera alla avvikelser från designen tidigt nog i arbetet så att lämpliga åtgärder kan vidtas.
- På medellång sikt: övervakning kan hjälpa till att identifiera den troliga takten för eftersättningar efter byggandet av 'sekundär kompression' hos vägen. Om denna takt inte är enligt designplanen, kan återigen modifikationer utföras för att få den på rätt spår.
- På lång sikt: register från platsövervakningar är vitala för att bygga upp förbättrade databaser av lokala torvfyndigheter och egenskaper hos torv för användning i framtida projekt. Information från pågående projekt, och all övervakning, bör läggas till i dessa databaser för att öka basen av information för framtida projekt.

7.2 INSTRUMENTERING FÖR ÖVERVAKNING

En typisk installation för övervakning visas nedan:



G Smith

Figur 7.1. Typisk installation av instrument för en bank på torvmark.

Ytterligare detaljer av typiska installationer för övervakning finns givna i ROADEX II-rapporten "Hantering av bärighetsproblem på lågtrafikerade vägar byggda på torv" (Munro 2005).

Den mest användbara utrustningen för övervakning av vägar flytande på torv är en 'ytsättningsplåt'. Detta är en enkel visuell mättningsapparat som normalt består av en slät plåt (vanligtvis 500mm x 500mm) på vilken det är svetsat en stav av tillräcklig längd för att försäkra att änden fortsätter att vara exponerad för att kunna ses när

sättningen har inträffat. Denna plåt anbringas på den yta som skall övervakas, såsom ett överbyggnadslager, ett geotextillager eller en befintlig markyta och ett mått tas på nivån av den synliga änden då sättningen inträffar. Som en ytterligare sofistikerad skydd kan staven skyddas i ett rör för att skydda den under sättningen hos den överliggande fyllningen. Dessa plattor refereras sedan tillbaka till fixerade kontrollpunkter på fast mark för att befästa övervakningen.



Figur 7.2 Provplatta

Kapitel 8. AVSLUTANDE NOTERINGAR

Rehabiliteringen av vägar flytande på torv är ett vanligt vägtekniskt problem över den Europeiska norra periferin, i synnerhet på de lågtrafikerade vägarnas nätverk i glesbygdsområden. Här medför begränsade budgetar för vägunderhåll ökande krav på lokala ingenjörer att leverera mer kostnadseffektiva lösningar som ansträngning för att kunna få deras lokala nätverk att leva upp till kraven från modern tung trafik för transporter.

Detta vägledande dokument syftar till att hjälpa upp denna situation genom att redovisa bästa praxis för rehabilitering av vägar på torv genom användning av väl beprövade erfarenheter från ROADEX Partnernas hela områden. De föreslagna 'ROADEX metoderna' formas av fem steg:

1. identifiera de underliggande problemen genom lämpliga undersökningar
2. analysera den insamlade informationen
3. välj de mest lämpliga rehabiliteringsåtgärderna
4. övervaka arbetet under konstruktionen
5. registrera och dela resultaten med andra

Steg 1 i denna metod är aldrig en bortslösad möda. En liten förbrukning av pengar som spenderats i det preliminära undersökande arbetet kan betala sig bra i reell kunskap som hur en särskild fyndighet av torv bildades, dess platsspecifika egenskaper och tekniska egenskaper såväl som historiken om dess konsolidering under vikt av den befintliga vägen. Denna information är speciellt viktig om lämpliga och 'ändamålsenliga' lösningar, passande för det särskilda vägavsnittet, skall hittas.

I steg 2 beskrivs metoden 'integrerad analys' i rapporten som innebär en praktisk mekanism för att analysera insamlade data på en plats, på en skärm, för att underlätta analysen och designprocessen. Denna metod har använts omfattande i ROADEX-distrikten under ett antal år och med resultat av god kvalitet.

En central princip för metoden är behovet av att bibehålla det etablerade jämviktssystem som har byggts upp mellan existerande väg och underliggande torv över tid. Denna väg/torv jämvikt är en verklig styrka för 'flytandevägmetoden' och måste skyddas under arbetet för att säkerställa att den befintliga kraftbalansen inte går förlorad.

Slutligen, alla rehabiliteringsarbeten som involverar torv bör dokumenteras för framtida användning och som referenser. Ingenjörerna som möter ett rehabiliteringsproblem på torv bör alltid ta en titt i gamla arkiv för att lära. Om man förutsätter att så sker, borde samma ingenjörer också vara beredda på att lägga till sina arkiverade data till projektdatabasen för framtida ingenjörer att lära ifrån.

Referenser:

1. Aho, A. & Saarenketo, T., (2006) Design and Repair of Roads Suffering Spring Thaw Weakening, The ROADEX III Project
2. Carlsten, P., (1988) "Peat Geotechnical Properties and Up-to-Date Methods of Design and Construction", State-of-the-Art-Report Preprint, Statens geotekniska institute Report 215
3. MacFarlane, I.C., (ed.), (1969), "The Muskeg Engineering Handbook", National Research Council of Canada
4. MacCulloch, F., (2006), "Guidelines for the risk management of peat slips on the construction of low volume/low cost roads over peat", The ROADEX II Project
5. Munro, R., (2005), "Dealing with bearing capacity problems on low volume roads constructed on peat", The ROADEX II Project
6. Radforth, N.W., (1969), "The Muskeg Engineering Handbook", National Research Council of Canada
7. Roadex Project, (1998-2001), Northern Periphery. CD-ROM
8. Roadscanners Oy, Rovaniemi, Finland, website www.roadscanners.com
9. 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.
10. Succow, M. & Jeschke, L, (1990), "Moore in der Landschaft, Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore", publisher Harri German, Graefstrasse 47, D-60486 Frankfurt/Main
11. Swedish Geotechnical Institute, SE-581 93 Linköping, Sweden