

Flygaska-Grönlutslamstabiliserad skogsbilväg – Fallstudie Iggesund

Josef Mácsik, Åsa Erlandsson och Bengt-Arne Wexell

Flygaska-Grönlutslamstabiliserad skogsbilväg

Fallstudie Iggesund

**Fly-ash and Green liquor as binder in gravel road
stabilization**

Pilot study at Iggesund

Josef Mácsik, Åsa Erlandsson och Bengt-Arne Wexell

Q6-630

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
Mars 2009
ISSN 1653-1248

Abstrakt

Stabilisering av en skogsbilväg utfördes på en ca 2 km lång vägsträcka 1 mil väster om Iggesund. Bindemedlet bestod av flygaska, grönlutslam och cement.

Laboratorieundersökning utfördes med avseende på hållfasthetsutveckling, frostbeständighet och lakningsegenskaper. Uppföljningen i fält visade att miljöpåverkan från vägkonstruktionen var mindre än ringa. Fallviktsmätningens resultat visade att referenssträckan var något svagare än de stabiliserade sträckorna. Den stabiliserade sträckan har dessutom likvärdig bärighet i höger och vänster hjulspår, till skillnad från referenssträckan där bärigheten varierar mellan hjulspåren. Fallviktsmätningen nästa vår (våren 2009) kommer att utvisa hur den stabiliserade vägkonstruktionen klarar tjällossningen. Resultat från denna undersökning bifogas som Bilaga A.5 under september 2009.

Sammanfattning

Skogsbilvägars kvalitet är viktig för den allmänna trafiken och inte minst för skogs- och träindustrin. Tjällossning medför att många vägar blir obrukbara på grund av försämrad bärighet, sättningar och spårbildning. Under senare tid har tjälproblematiken förvärrats orsakade av mildare vintrar. Behovet av att förbättra dessa vägars kvalitet och minimera perioden som vägarna måste stängas av är därmed stort. Det finns flertalet svenska och finska exempel där pappersindustrins restprodukter har nyttjats i syfte att förbättra grusvägars bärighet.

Projektiden, att nyttja grönlutslam och flygaska för stabilisering av grusvägar, baserades på erfarenheter från ett FoU-projekt där pelleterad aska och grönlutslam tillverkades och spreds på skogsbestånd för att förbättra näringsbalansen i skogsmark. I det nu aktuella projektet ingick att undersöka möjligheten att använda en blandning av flygaska, grönlutslam från Iggesund Paperbord och cement som bindemedel vid stabilisering av grusvägar. Målsättningen var att i fält visa om det gick att förbättra grusvägarnas bärighet, främst under tjällossningsperioden. Målgruppen för projektet var bl.a. vägföreningar och skogsindustrin, pappersindustrin som producerar de aktuella restprodukterna flygaska och grönlutslam samt miljömyndigheter.

Arbetet startades med en laboratorieunderökning för att ta fram lämpligt blandningsrecept på flygaska och grönlutslam som bindemedel av ballastmaterial. Baserat på tidigare erfarenheter i fält- och laboriearbeten gjordes bedömningen att cementtillsats behövdes för att förbättra frostbeständigheten. Hållfasthetsutveckling, frostbeständighet, totalinnehåll och lakningsegenskaper på den stabiliserade ballasten undersöktes. Laborieförsöken visade på bra stabiliseringseffekt. Miljömässigt bedömdes stabiliseringsarbetet medföra ringa påverkan på omgivningen. Baserat på erhållna laborieresultat lämnades en anmälan in till miljökontoret i Hudiksvall. Miljökontoret godkände arbetet men utökade miljöundersökningsinsatsen. Under våren 2008 stabiliserades två provsträckor på totalt 2 km med bindemedlet. Stabiliseringsarbetet utfördes under ca 3 arbetsdagar. Vägföreningens subjektiva bedömning fram till hösten var att vägens kvalitet förbättrades markant efter stabiliseringsåtgärden. Fallviktsmätningen, som utfördes under oktober 2008, visade att de stabiliserade sträckorna var bättre än referenssträckan. Det noterades också att skillnaden i ytmodul mellan höger och vänster hjulspår var mindre på den stabiliserade sträckan än på referenssträckan. Fallviktsmätningen som planeras till våren 2009 kommer att ge information om hur den stabiliserade sträckan klarar tjällossningsperioden. Någon miljöpåverkan på omgivande ytvatten kunde inte noteras under provtagningsperioden.

Projektets resultat följs med stort intresse av vägföreningen, pappersindustrin och miljömyndigheterna. Hur den stabiliserade vägen klarar tjällossningen kommer att ges svar på under våren 2009. Den förbättrade vägstandarden, så här långt, har uppskattats av de berörda parterna. Sökord: *stabilisering, grusväg, flygaska, grönlutslam, miljöbedömning.*

Summary

The quality of gravel roads is of importance for public and the forestry industry. Frost damages lead to the closure of roads due to reduced bearing capacity, settlements and tracks made by wheel. Lately these frost damages have worsened due to milder winter temperatures. The need to improve the quality of these roads and to minimize the periods when the roads are closed is ever increasing. Several Swedish and Finish projects have shown that rest materials from the paper industry can improve bearing capacity of roads.

Both green liquor and fly ash was used successfully in an earlier project as pelletized mineral nutrient in forest soil. In this project fly ash and green liquor from Iggesund Paperboard was used as a binder during stabilization of a gravel road. The aim was to improve bearing capacity of a gravel road, mainly during the thawing period. The target group of the project was local road associations, forestry industry, which have a need to improve road quality, the paper industry which produce suitable rest materials and local environmental agencies.

During an initial laboratory investigation proper binder recipe, based on fly ash, green liquor and cement was chosen. The laboratory investigation and earlier studies indicate in order to increase resistance to frost damage cement should be included in the binder. The aim was to stabilize ballast and improve the stabilized road materials shear strength, frost susceptibility. Total elemental content and Leachability was also investigated. Based on the results the local environmental agency was notified. During spring of 2008 two road sections, about 2 km was stabilized. The stabilized road was investigated during autumn 2008 regarding bearing capacity and environmental impact.

The stabilization of the road section was estimated to cause minor impact on the recipient. The local environmental agency approved the stabilization of the road section, however increased the follow up effort with more analyses. Stabilization of the road section took about three working days. The local road association's subjective assessment, during the first half year, was that stabilization improved the quality of the road. Deflection measurements performed during October 2008 did show some improvement of the stabilized roads bearing capacity compared to the reference section. A significant improvement was that left and right wheel track had more homogeneous surface modulus then on the reference section. A measurement of deflection during the spring of 2009 will give information on how the stabilized road withstood frost damage. Surface water samples do not show any impact from the stabilized road section.

The results of this project are followed with interest by the local road association, the paper industry and the local environmental agency. How the road manages to withstand frost damage will be answered during May 2009. The improved quality of the stabilized road section was enjoyed by the concerned. Key words: *Stabilization, gravel-road, fly-ash, green-liquor, environmental assessment.*

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Beskrivning av forskningsområdet	2
1.3	Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet	3
1.4	Mål och målgrupp	3
2	SKOGSBILVÄGAR	4
2.1	Generellt	4
2.2	Geotekniska förutsättningar	4
2.3	Skogsbilvägen söder om Ofärne i Forsa s:n	4
3	MATERIAL OCH METOD	6
3.1	Material	6
3.2	Blandningsrecept och laboratorieundersökning	6
3.3	Fält – utförande och undersökning	11
4	RESULTATREDOVISNING OCH DISKUSSION	13
4.1	Allmänt	13
4.2	Receptoptimering – Laboratorieundersökning	13
4.3	Totalinnehåll och lakbarhet	19
4.3.1	<i>Anmälan</i>	21
4.4	Fältutförande	22
4.4.1	<i>Material och materialmängder i konstruktionen</i>	22
4.4.2	<i>Utförande i fält</i>	23
4.5	Uppföljning	28
4.5.1	<i>Kontroll och uppföljning 2008</i>	28
4.5.2	<i>Kontroll och uppföljning 2009</i>	32
5	UTVÄRDERING I FÄLT	33
5.1	Kontroll	33
5.1.1	<i>Densitet och vattenkvot (TS)</i>	33
5.1.2	<i>Bärighet (fallviktsmätning) 2008</i>	34
5.1.3	<i>Miljö, 2008</i>	34
6	SLUTSATSER	37
7	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	38
8	REFERENSER	39
A	BILAGOR	40
A.1	ANMÄLAN - ANVÄNDANDE AV BALLAST STABILISERAT MED FLYGASKA OCH GRÖNLUTSLAM I EN GRUSVÄGSKONSTRUKTION, PÅ ENSKILD VÄG	40
A.2	FÄLTDAGBOK	49
A.5	FALLVIKTSMÄTNING VÅREN 2009 (RESULTATEN BIFOGAS SEPTEMBER 2009)	

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Siltjordar förekommer bl.a. i Norrlands älvdalar under högsta kustlinjen. Dessa jordar kännetecknas av att de kan förlora sin hållfasthet exempelvis vid tjällossning. Orsaken är att de har stor kapillaritet och en permeabilitet i ett intervall som kan bidra till tjälskador. Runt Iggesund ingår silt i den huvudsakliga jordarten, bl.a. som silt, siltig sand och siltig morän. Många grusvägkonstruktioner innehåller därför en stor mängd silt. Dessa grusvägar kräver ofta ett årligt underhåll och påbyggnad med mera ballast för bibehållen funktion.

Alternativa material som bl.a. flygaskor baserade på bio- och kolbränslen har använts länge i väg- och anläggningsbyggnad, Lahtinen (2001). Dessa material har nyttjats även i Sverige i bär- och förstärkningslager i grusvägar bl.a. i Uppsala, Norberg, Hallstavik och Töre. För användning av flygaskabaserade produkter i grusvägar finns idag huvudsakligen två typer av produkter:

- Flygaska i ett lager (100 % flygaska i 0,2 – 0,4 m skikt i bär- och förstärkningslagret)
- Där flygaska blandas med grusmaterial och i 0,1 – 0,2 m skikt i bär- och förstärkningslagret. Andelen flygaska i blandningen är generellt mellan 20 – 60 %.

Mängden flygaska som behövs per löpmeter väg varierar utifrån förstärkningsåtgärd, se Tabell 1 (antaget en 5 m bred väg). Vid användning av 100 % flygaska i skikt är materialåtgången stor, 2-5 ton/m väg. Då gruset blandas med bindemedelsblandning; flygaska + bindemedel (ex cement el Merit) minskas åtgången av flygaska till 0,2-0,5 ton/m väg. Produkten stabiliserat grus, med flygaska som bindemedel, minskar åtgången av flygaska till 0,2-0,5 ton/ m väg.

Tabell 1. Användning av flygaska i bär- och förstärkningslager i grusväg (efter SGI Information 18.4 (2006)).

Table 1. Use of fly ash in bear- and course layer in gravel road (SGI Information 18.4 (2006))

	Enbart flygaska	Flygaska med bindemedel	Flygaska blandat med grus	Flygaska+bindemedel blandat med grus
Användning	Skikt t= 0,2-0,4 m	Skikt t= 0,2-0,4 m	Grus i befintlig väg kan nyttjas Skikt t = 0,1-0,2 m	Grus i befintlig väg kan nyttjas Skikt t = 0,1-0,2 m
Användning av flygaska (5m bred väg)	2 -5 ton/m	2 -5 ton/m	1- 1,5 ton/m	0,2-0,5 ton/m
Exempel på blandningsförhållanden (TS)	100 % (enbart flygaska)	flygaska +bindemedel 90/10 till 97/3	flygaska/grus 30 - 50/70 - 50 (Lätta-tunga fordon)	flygaska+bindemedel /grus 10/3/87 till 15/5/80

Erfarenhet Bl.a. Lahtinen (2001) visar att genom att använda produkter baserade på flygaska kan grusvägskonstruktioner, både nya och sådana som ska förstärkas och underhållas, anläggas med:

- högre bärförmåga och beständighet
- bättre tjälegenskaper
- en lättare väggkropp

Pellets tillverkad av 65 % barkaska och 35 % grönslutslam från Iggesund Paperboard har spritts i skog och undersöktes med avseende miljöpåverkan och effekter på vegetation.

Försöken visade bl.a. att:

- För att få god hållfasthet bör flygaska med låg halt oförbränt användas Greger & Nilsson (2005)
- Cd halten ökade på en av fyra försöksytor i blåbärsplantor efter sju år,
- Försöksytorna uppvisade ingen påverkan på miljön, dvs. ingen ackumulation av övriga metaller i undersökta blåbärsplantor efter sju år.
- Det var dyrt att framställa pellets.

Sju år efter att pellets spreds i skogen kunde opåverkad pellets hittas på marken, muntlig referens Wexell (2006). Baserat på materialets beständighet bedömdes flygaska och grönslutslam ha potential att kunna nyttjas som stabiliseringsmedel i grusvägar.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Återbruk av industriella restprodukter i konstruktionstekniska applikationer är ett aktuellt forskningsområde. Restprodukter i bl.a. vägkonstruktioners bär- och förstärkningslager ersätter ballast, grus, krossat berg mm. Flertalet restmaterial, som slagger, askor, slam mm har ofta bra tekniska egenskaper som gör dessa lämpliga som konstruktionsmaterial, Mácsik (2003), Stenmarck & Sundqvist (2006), Vägverket (2007:110), Mácsik & Svedberg (2006). Rätt använd kan restmaterial bidra till samma eller bättre funktion som naturliga material. Restmaterial ersätter därmed naturliga material och i vissa fall kan materialåtgången i konstruktionen och därmed transpoten av material minskas, Kärrman et al. (2006). Idealfallet är när även konstruktionens livslängd kan förlängas och då drift och underhållskostnader kan minska, Svedberg et al. (2007).

Återvunnet material innerhåller dock ofta förhöjda totalhalter och lakbara halter av metaller och eller organiska ämnen, vilket kräver extra försiktighet vid användning. Bendz et al. (2006) ger riktlinjer för användning och kontroll av askor i anläggningbyggande. För bedömningar miljöegenskaper och teknik krävs kunskap om ingående material, konstruktionens utformning och omgivningen. Svedberg (2003), Edeskär (2006) och Lidelöw (2008).

Ett pågående projekt som utföts av SGI och LTU handlar om att „Säkra skogsbilvägar i ett nytt klimat“. Målet med projektet är bl.a. hitta optimalt sätt att säkra grusvägar med obundna ballastmaterial, konventionella stabiliseringsmedel (cement) och/eller flygaska, samt att prioritera vägar som behöver klimatsäkras och analysera åtgärden i ett livscykelperspektiv.

Risken för spridning av ämnen från restmaterialen i en konstruktion bedöms traditionellt utifrån standardiserade lakteter. Traditionellt baseras miljöbedömningar på

lakningstester utförda på laboratorium. Det finns enbart ett fåtal dokumenterade fullskaliga fältförsök, Arm (2003), Lidelöw (2008).

1.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

I det nu aktiella projektet har två restmaterial använts som vägkonstruktionsmaterial. Både laboratorie och fältförsök utfördes och fokus på undersökningen låg på både tekniska egenskaper och miljö. I projektet görs jämförelser mellan laboratorie och fältförsök.

1.4 Mål och målgrupp

I december 2005 samlades representanter från Iggesund Paperboard, Ofärnevägarnas samfällighetsförening, Miljökontoret Hudiksvalls kommun, Länsstyrelsen Gävleborgs län, Värmeforsk och Ecoloop AB. Målet med mötet var att som i ett tidigt samråd förankra projektet och styra det mot intressenternas önskemål. Miljökontoret ville främja en miljöriktig återanvändning av restmaterial. Vägföreningen och skogsindustrin önskade vägar med bättre bärighet och med mindre underhåll och vägar som klarar tö- och fryscykler bättre än de befintliga så att de kan nyttjas större del av året än idag.

Syftet med detta projekt var att förbättra en befintlig grusvägs bärighet med hjälp av inblandning av stabiliseringsmedel baserat på restprodukter från pappersindustrin. Vägens bärighet under tjällossningsperioden var en nyckelfråga. Inriktningen är att utreda tekniska egenskaper hos flygaska/grönlutslam i bär-/ förstärkningslagret i grusväg. Förutom fokus på vägens tekniska egenskaper var bedömning av den eventuella miljöpåverkan som återbruk av restprodukter medför en fråga av stort intresse. Därför dokumenteras och bedöms den stabiliserade vägens miljöegenskaper.

Det långsiktiga målet är att i laboratorie- och fältundersökningar ta fram flygaskabaserade stabiliseringsmedel som höjer grusvägars tjälbeständighet.

Målgruppen för projektet är väghållare, skogs- och pappersindustrin samt miljömyndigheter.

2 Skogsbilvägar

2.1 Generellt

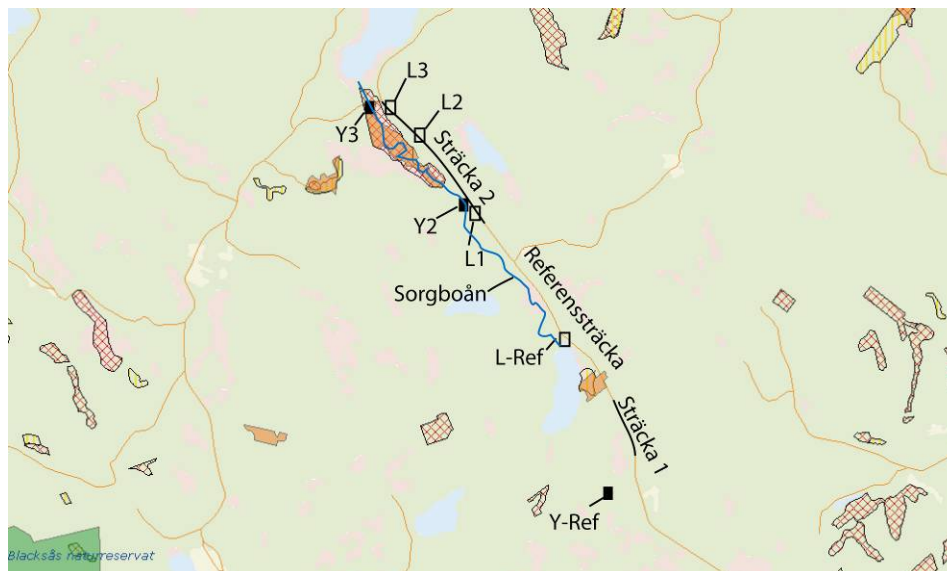
Vägnätets kvalitet och tillgänglighet är en viktig fråga för bl.a. skogs- och träindustrin. För skogsbruket innebär sämre vägar bland annat att transporter av skogsråvara blir svårare. Allt kortare tid med tjäle och intensiva regnperioder medför att skogsbilvägarna kräver högre kvalitet än tidigare för att bibehålla dagens funktion.

2.2 Geotekniska förutsättningar

I området runt Iggesund ingår silt och finsand i den huvudsakliga jordarten, bl.a. som silt, siltig sand och siltig morän. Många grusvägkonstruktioner innehåller därför en stor andel silt. Silt är ett tjälfarligt material och på grund av tjälskador kräver dessa grusvägar ofta ett årligt underhåll och påbyggnad med mera ballast för bibehållen funktion. Skogsbilvägen som ingår i fallstudien präglas under stora delar av året av skador orsakade av tjäle. Detta medför att vägen måste stängas av/underhållas årligen av under tjällossningsperioden.

2.3 Skogsbilvägen söder om Ofärne i Forsa s:n

Vägen som har valts för fallstudien är lokaliserad ca en mil väster om Iggesund. Vägsträckan, en enskild väg, ägs av Ofärnevägarnas samfällighetsförening och ligger inom skogsfastigheten som ägs av föreningen. Två delsträckor om totalt ca 1,4 km har valts ut för projektet. Delsträckornas lokalisering visas i Figur 1.



Figur 1. Principskiss. Provsträckan, som består av två delsträckor är ca 1.6 kilometer lång. Y1, Y2 och Y-Ref är provtagningsplatser för ytvatten och L1-L3 samt L-Ref är installerade lysimetrar.

Figure 1. Principal road section divided in two parts, in total around 1.6 km. Y1, Y2 and Y-Ref are sampling sites of surface water sampling and L1-L3 and L-Ref are installed lysimeters.

Sträckan valdes efter platsbesök och genomgång av SGU:s brunnsarkiv samt Naturvårdsverkets kartverktyg för *Skyddad natur*. Utmed den avsedda vägen ligger endast skogsfastigheter utan hushåll, den avsedda vägsträckan kunde därför helt stängas av under byggnationstiden.

Sorgboån rinner parallellt den aktuella vägsträckningens delsträcka 2. Ån är viktig eftersom restaurering av vägtrummor har gjorts för att öka öringens möjlighet att vandra upp i ån (Tomas Eriksson, SVO, muntligen 07-12-10). Med hänsyn till detta sattes minsta avståndet mellan ån och den för stabilisering aktuella sträckan till > 20 m. Inga grundvattentäkter eller brunnar finns inom 200m från vägsträckningen. I anslutning till Bottentjärnen som vägen passerar ligger en skoglig nyckelbiotop. För att säkerställa att biotopen eller tjärnen inte skulle påverkas av utförandet och/eller den färdigställda vägen gjordes ingen förstärkning inom 50 m meter från dessa.

3 Material och metod

3.1 Material

I detta aktuella projekt stabiliserades ballastmaterial med flygaska, grönlutslam och cement. Nedan sammanställs information om materialen.

Den flygaska som användes i fallstudien kom från förbränning av barkprodukter som rensats bort innan papperstillverkning vid Iggesunds Paperboard AB. Pannan är en rosterpanna. Efter pelletering bedömdes askan kunna uppfylla Skogsstyrelsens rekommenderade minimi- och maximihalter av ämnen som kan återföras till skog, Andersson-Sköld & Suér (2005). Barkprodukterna som förbränns kan variera, vilket beror på olika gynnsam förbränningstemperatur. Detta innebär en något skiftande oförbränt på ca 9 %. Flygaskans innehåll av främst sulfat, klorid och krom medför att den inte klassas som inert-avfall Andersson-Sköld & Suér (2005). Vid laboratorieförsöket hade flygaskan vattenkvot på ca 2,5 %. Vid pilotförsöket var flygaskan färsk och hade en vattenkvot på ca 43 %.

Grönlutslam bildas ur restvattnet från papperstillverkning, slammet innehåller framför allt lignin och är den rest som blir kvar efter ett processteg där kemikalier återvinns. Det grönlutslam som använts i projektet kommer från Iggesunds Paperboard AB. Analyser av Iggesundsslammets visar att det innehåller låga halter av tungmetaller, Larsson (1995). Halterna av Mg och Mn ligger dock en tiopotens högre än naturliga jordar i regionen, Larsson (1995). I samma utredning bedöms lakbarheten av tungmetaller ligga i samma storleksordning som för morän. Vid laboratorieförsöket hade grönlutslammets vattenkvot på ca 98 %. Grönlutslammets vattenkvot låg på ca 85 % vid fältförsöket.

I en studie mellan 1995 och 2004 har effekten av spridning av pelleterad flygaska och grönlutslam på markvegetation, skogsproduktion och tungmetallupptag i blåbär undersökts av Greger och Nilsson (2005). Undersökningen visade att blåbären hade i storleksordning samma halter av metaller som i referensområdet.

En liten andel cement användes för att erhålla en snabbare härdning och därmed hållfasthetsökning av vägmaterialet. Cementens vattenkvot låg på ca 0 % vid fältförsöket.

Vi laboratorieförsöken användes bergkross med fraktion 4/11 mm. Grusmaterialets vattenkvot låg på 0 %, dvs materialet var torrt. I pilotförsöket nyttjades befintligt vägmateriale efter uppfräsning som ballastmaterial. Det uppfrästa grusmaterialet från den befintliga vägen var siltigt sandigt grus, 0/11 mm, och höll homogen vattenkvot på ca 7-9 %.

3.2 Blandningsrecept och laboratorieundersökning

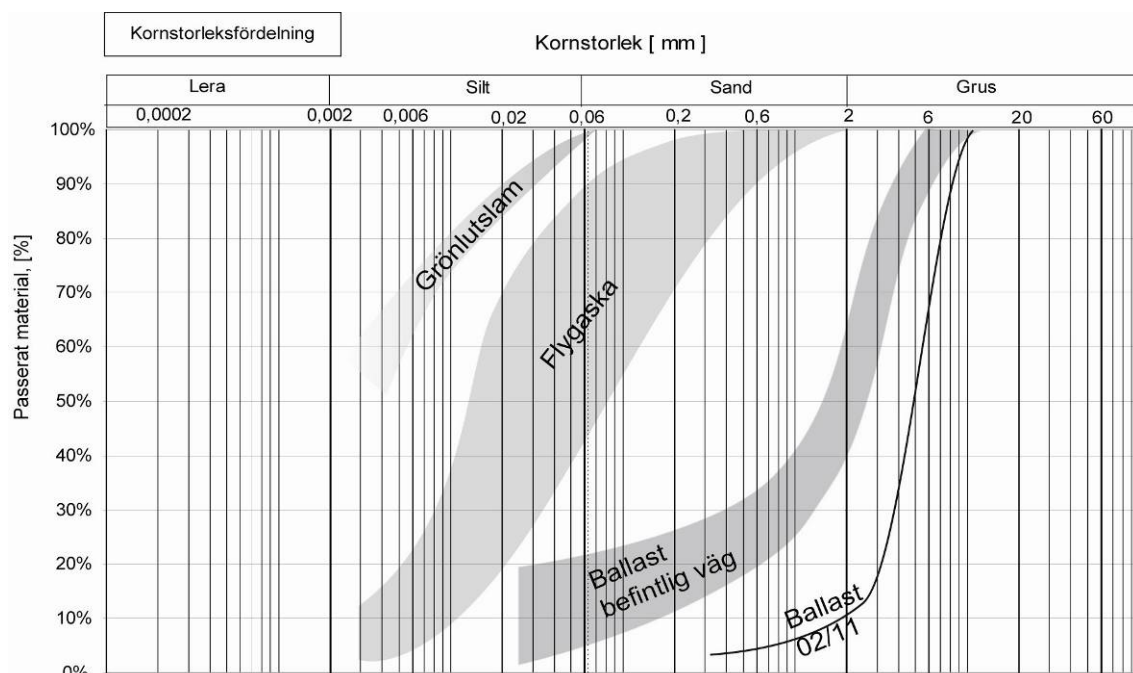
Provblandningar tillverkades med blandning av ballastmaterial och bindemedelsbandning enligt recept, se Tabell 2. Laboratorierarbetet utfördes av Complab, Luleå tekniska universitet. Baserat på tidigare erfarenhet, bl.a. Mácsik (2003) och Mácsik et

al. (2007) gjordes bedömningen att andelen inblandad bindemedelsmängd (flygaska, grönlutslam och cement) vid laboratorieförsöken skulle variera mellan 15 och 30 %, medan ballastmaterialets andel bestämdes till mellan 70 och 85 %. Som det framgår av Figur 2 som redovisar en schematisk kornstorlekssammansättning för respektive material, är grönlutslam siltig, medan flygaskans kornstorlekssammansättning är siltig/sandig. Det bör observeras att ballastmaterialets kornstorlekssammansättning i laboratorieundersökningen var mer ensgraderad och grovkorning än det ballastmaterial som stabiliserades i fält.

Tabell 2. I projektet undersökta materialsammansättningar, recept A, B och C. Procentandelen är baserad på TS vikt.

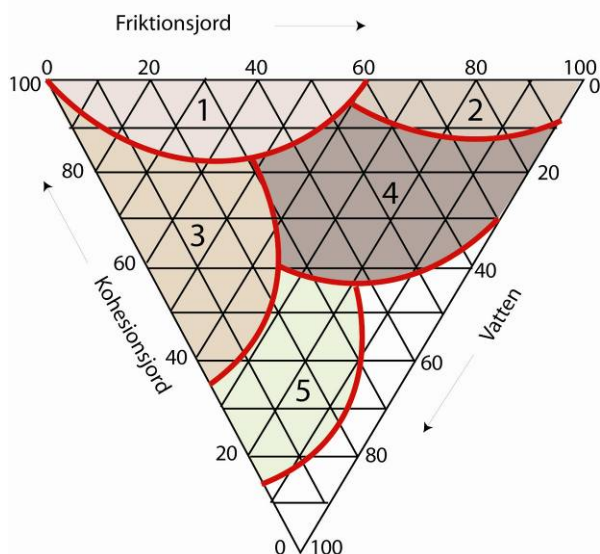
Table 2. In the project investigated material compound of recipe A, B and C. Per cent part based on TS-weight.

Recept	Ballast %	Bindemedelsblandning			Summa Bindemedels- blandning %
		Flygaska %	Grönlutslam %	Cement %	
A	70	27	3	0	30
B	80	16	3,6	0,4	20
C	85	10,5	4,05	0,45	15



Figur 2. Kornstorleksfördelning, schematisk bild.

Figure 2. The spread of grain size (schematic).



Figur 3. Ungefärlig procentuell sammansättning vid stabilisering, Kézdi (1979).

Figure 3. Approximate percentage composition of the mixtures prepared by stabilization, Kézdi (1979).

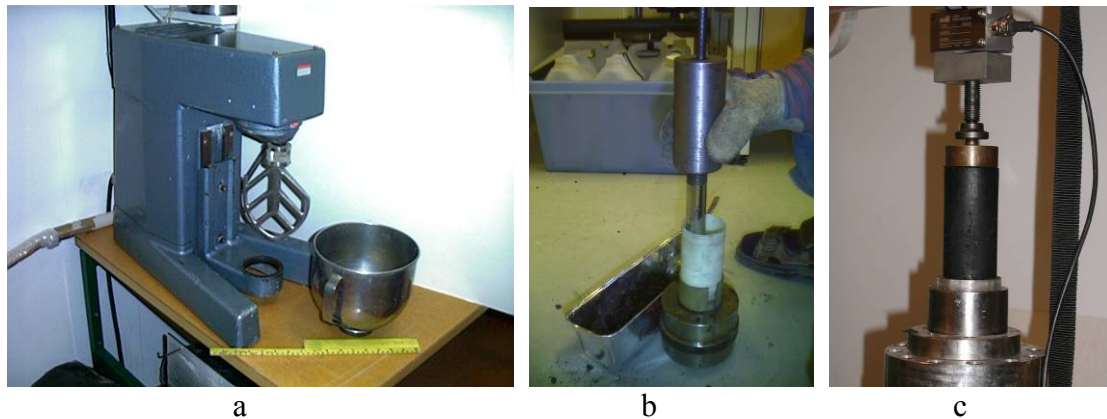
Beroende på sammansättning av jordmaterial (baserat på kornstorlek) och vatteninnehåll hos det stabiliserade materialet har Kézdi (1979) föreslagit olika cementjordkategorier: 1) Terrasstabilisering 2) Stabilisering av obundna lager. 3) Djupstabilisering (pelar- & mass-). 4) Pasta (lining). I det nu aktuella materialet var den ungefärliga sammansättningen ca 75 % friktionsjord, 15 % kohesionsjord (< siltfraktion) och ca 10 % vatten, dvs i område 2) *Stabilisering av obundna lager* i Figur 3. Det bör observeras högre kohesionshalt (finjordshalt) och vatteninnehåll medför att det stabiliserade materialet förskjuts mot område 1) och 4).

Blandningarnas packningsegenskaper undersöktes med hjälp av Proctor-försök. Syftet var att bestämma de olika receptens optimala vattenkvot¹ och högsta densitet. Det stabiliserade ballastmaterialet packades vid olika vattenkvoter. Vattenkvoten kontrollerades dels genom att mängden tillsatt vatten var känd och dels genom att efter packning och densitetsbestämning kontrollera materialets vattenkvot.

Efter utförd Proctor-försök tillverkades provkroppar för respektive recept, figur 4 a och b. De tillverkade provkropparna fick härda under 14, 30 och 90 dygn innan tryckhållfastheten undersöktes, Figur 4c och Figur 5. Dubbelprov tillverkades för samtliga serie.

¹ Vattenkvot, $w = \frac{m_w}{m_s}$, där m_w är mängden vatten och m_s är mängden torrs substans och torrhalten

(TS) är $TS = \frac{1}{(1 + w)}$.



Figur 4. a) Provblandning utfördes med blandare, b) packning i provtub utfördes med handhållen fallviktsinpackning och b) provkroppens tryckhållfasthet undersöktes med enaxligt tryckförsök.

Figure 4. a) Sample mixture made in mixer, b) packing of sample tubes made by hand hold fall weights packing and c) share strength measurements



Figur 5. Provkropp efter utförd enaxligt tryckförsök efter 14 dygns härdningstid.

Figure 5. Unconfined compression test after curing for 14 days.

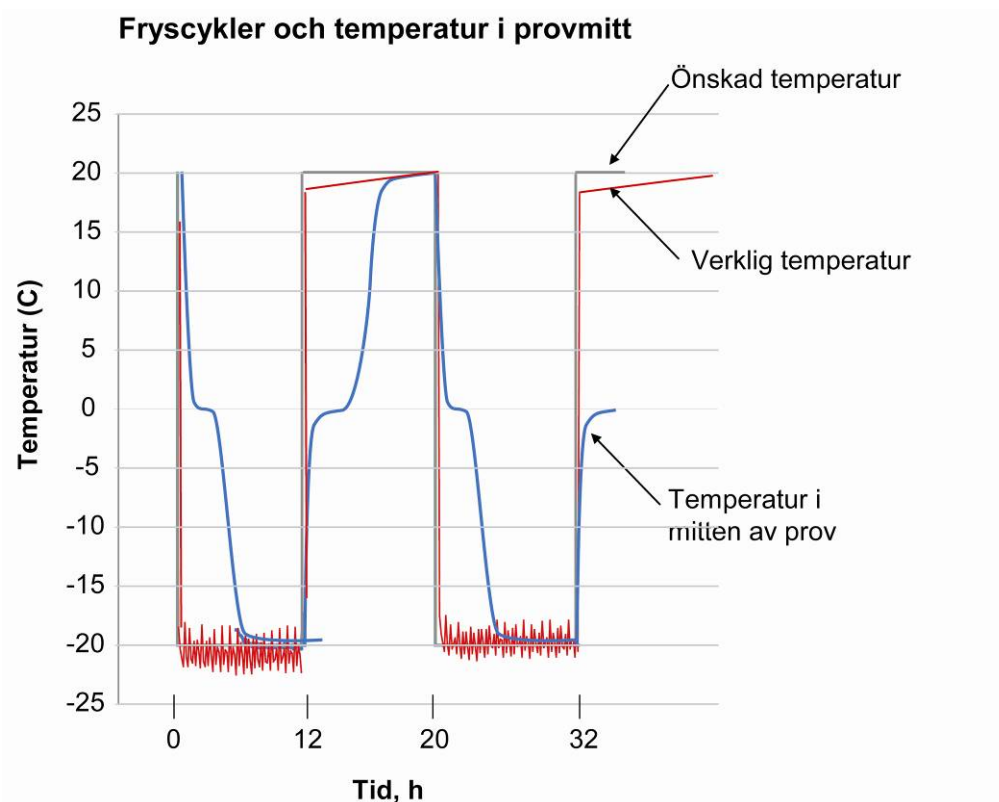
Utöver receptvariation och härdningstid så har inverkan av frysning och upptining på hållfastheten undersökts. Blandningsrecepten som valdes för dessa försök var en provkropp med recept A och tre provkroppar med recept B (se Tabell 2). Provkropparna fick härda i 30 dygn på kapillär matta innan dessa utsattes för frysning/tiningscykler. Försöket utfördes genom att proverna sattes i frysskåp med minus 20 grader och tilläts frysa under 12 timmar. Därefter lyftes proven ut ur frysskåpet och placerades på en kapillär matta vid rumstemperatur plus 20 grader för tining under 8 timmar, se Figur 6. Proverna placeras sedan med den nyligen fuktade sidan upp i frysskåpet och en ny frysning/tiningscykel. Dessa frysning och upptiningscykler upprepades sedan 12 gånger. Det tinade provet undersöktes sedan med avseende på tryckhållfasthet efter olika härdningstider. Ett prov för respektive recept undersöktes ett dygn efter avslutad tining, medan för recept B undersöktes en provkropp 30 dygn och en provkropp 90 dygn efter avslutad tining. Detta i syfte att kontrollera om härdningen kunde fortsätta efter frysning/tiningsförsöken. Grå kurva i Figur 7 visar önskad tempkurva. Streckad kurva

är uppmätt temperatur i mitten av provkroppen. Den verkliga omgivningstemperaturen runt provet låg nära den gråa kurvan, se Figur 7.



Figur 6. Frysta och upptinade prover på kapillärbädd under upptiningsfasen. Observera att material lossnar från provernas underkant.

Figure 6. Samples after frost susceptibility test on a capillary matt after thawing. Notice able is the loss of material on the matt.



Figur 7. Frysnings och upptiningsförloppet för två frysnings- tiningscykler (schematisk).

Figure 7. Two cycles of freezing and thawing during frost susceptibility test (Schematic).

Val av lämpligt recept

Baserat på erhållna laboratorieresultat valdes receptblandning inför fältförsöket. Avgörande kriterie för receptet var erhållen tryckhållfasthet i det stabiliserade lagret och att kvoten mellan tryckhållfastheten efter cykler av frysning- och tining och tryckhållfastheten före:

$$\frac{\tau^{\text{efterF-T}}}{\tau^{\text{föreF-T}}}$$

är maximerad, samt att tryckhållfastheten åter ökar med tiden efter avslutat frysningstiningförsök, Lahtinen (2001). Vid en minskning av hållfastheten efter 12 cykler av frysning tining på mer än 40 % rekommenderas större cementtillsats i syfte att klara frys-töcykler i fält, Lahtinen (2001). Motsvarande rekommendation finns i Svedber et al. (2007).

Totalhalt och Lakningsegenskaper

Ingående materials totalhalter och valt recepts lakningsegenskaper undersöktes. Det stabiliserade ballastmaterialets lakbarhet jämfördes med halter föreslagna av Naturvårdsverket (på remiss) för återbruk av restmaterial.

Kommunikation

I god tid före utförande hölls ett startmöte för berörda intressenter; materialägare, vägförening, miljömyndigheter och entreprenör. Mötets syfte var att informera om projektet och att ta emot förslag och synpunkter om tex val av maskinpark, arbetsmoment för entreprenörerna. Samtidigt var det av intresse att informera om vikten av rätt kvalitet på ingående material (flygaska och grönlutsslam) med avseende på vattenkvot och blandningens homogenitet.

3.3 Fält – utförande och undersökning

Fältundersökningen hade fokus på utförande, tekniska egenskaper hos det stabiliserade grusmaterialet och miljö med avseende på lakning. Packningsgrad och vägens bärighet undersöktes. Bärigheten undersöktes med hjälp av fallviktsmätare ca 4 månader efter att vägen renoverades. Yt- och grundvatten samt lysimetervatten undersöktes med direktanalys av vattenprover samt med hjälp av passiv provtagare. Vattenproverna togs ca 3,5-4 månader efter installation.

Vägförstärkningsarbetet genomfördes under maj 2008, då det silthaltiga vägmaterialet torkat upp. För att erhålla bästa möjliga bärighet på den färdiga vägkonstruktionen krävdes en homogen blandning utifrån givet recept, samt optimal vattenkvot. De ingående materialens vattenkvot och densitet följdes upp. Med kunskap om materialens vattenkvoter och densiteter vägdes aska, slam och cement upp efter recept B och blandades. Vägen frästes upp och jämnades av med en väghyvel. Blandningen lades ut jämntjockt på vägbanken, den utlagda blandningens tjocklek bestämdes av mängden grusmaterial som frästes upp. Vägen frästes upp i tjocklek som motsvarar ca 0,11 m. Därefter lades bindemedlet ut med en skiktjocklek på ca 5 cm.

Miljöuppföljningens första etapp utfördes under hösten 2008 (mellan den 15 september och den 2 oktober). Etapp två planeras till våren 2009 i samband med tjällossningen. Provtagningen för respektive etapp består av provtagning av lysimetervatten (a) och provtagning av vatten från diken och närliggande vattendrag (b).

a) Lysimetervattnet provtogs i syfte att bedöma vägmaterialets permeabilitet (täthet) och det uppsamlade vattnets innehåll av metaller, klorid och sulfat, samt pH och elektrisk konduktivitet. Lysimetrarna installerades innan vägen renoveras, på ca 0,5 m djup under det stabiliserade skiktet. Tre lysimetrar installeras på den stabiliserade vägsträckan (L1, L2 och L3) och en lysimeter installeras på en referenssträcka (L-Ref). Ungefärlig placering redovisas i Figur 1. Provtagning och tömning av lysimetrarna utfördes första gången 2 oktober 2008. Nästa provtagning utförs under våren 2009.

b) Vattenprovtagning av ytvatten utfördes under hösten 2008 i två provpunkter (Y1 och Y2), samt i en referenspunkt uppströms provsträckan (Y-Ref). Ungefärlig placering redovisas i Figur 1. Mätning av metallhalterna utfördes med direkt analys av halter i vatten efter filtrering (0,45 μ m) och med passiv provtagningsmetod². Passiva provtagare placeras ut i aktuell provtagningspunkt och hämtades in efter ca 314-315 timmar (ca 13 dygn). De i provtagaren ackumulerade ämnena analyserades. Resultaten presenteras som medelvärden av de biotillgängliga koncentrationerna under perioden. Därmed minskas riskerna att missa utsläppstoppar. Kvantitativ halt beräknas för analyserade ämnen, (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, U). Vattnets pH och elektriska konduktivitet mättes och halten av metaller, klorid och sulfat analyseras i samband med hämtning av de passiva provtagarna. Passiva provtagare installeras nästa gång under våren 2009.

Stabiliseringen utfördes i syfte att förbättra vägens bärighet generellt och i samband med tjällossning. Ytmodul och medelmodul som beskriver vägkonstruktionens styvhet följer Vägverkets metodbeskrivning VVMB 114:2000, bearbetning av deflektionsmätdata, erhållna vid provbelastning av väg med FWD-apparat. Utvecklingen av vägens bärighet undersöktes den 2 oktober med hjälp av fallviktsmätning. Vägen är ca 5 m bred och möten sker på mötesplaster. Mätningarna utfördes på sträcka 1 och sträcka 2 som var 600 m respektive 1400 m långa, samt på en referenssträcka på 600 m. Avståndet mellan mätpunkterna var 50 m med en förskjutning på 25 m mellan riktningarna. På sträcka 1 utfördes även mätningar mellan hjulspår, dvs vägmitt. Fallviktsmätningen utfördes den 18 september 2008. En jämförande fallviktsmätning kommer att utföras på samma sträcka under i samband med tjällossningen under 2009. Höstens mätning kommer att fungera som en „nollmätning“ i jämförelse med framtida mätningar. Mätningen vid tjällossningen kommer att ge bra mått på vägkonstruktionens frostbeständighet.

² Passiv provtagare för metaller består av ett filter, ett hydrogel och en jonbytare. Metalljoner i vattnet ackumuleras i jonbytare, partiklar filtreras bort. Längre provtagningsperiod ökar mängden joner som ackumuleras. Endast den bio-tillgängliga fraktionen, dvs det som organismer kan ta upp som ackumuleras. Jonerna sköljs sedan ur jonbytare med en syra och analyseras. Klorid, sulfat, pH och elektrisk konduktivitet mäts separat på vattenprov eftersom den föreslagna provtagaren inte fungerar för dessa analyser.

4 Resultatredovisning och diskussion

4.1 Allmänt

Finska erfarenheter visar att stabilisering av bär- och förstärkningslager med bindemedel ger ökad bärighet och förbättrade tjälegenskaper, Lahtinen (2001). Resultatet av stabiliseringsarbetet är beroende av ballastmaterialet, val av bindemedel och bindemedelsmängd, men packningsarbete, vattenkvot/TS är materialspecifika egenskaper som är avgörande för att få ett lyckat resultat. Dessutom påverkar omgivningsfaktorer som grund- och ytvattennivåer, nederbörd etc. Härdningstiden från utläggning till den första frosten är också en viktig faktor som påverkar stabiliseringseffekten. Generellt gäller därför att ta fram lämpligt bindemedel och bindemedelsmängd samt utreda härdningstidens effekt i laboratorieskala. Det bäst lämpade blandningsreceptet kan sedan nyttjas vid fältförsök i syfte att bekräfta laboratorieresultaten. Eventuell miljöpåverkan är också en viktig fråga speciellt då bindemedlets huvudkomponenter består av restprodukter. Totalinnehåll och lakningsegenskaper i laboratorietester kan användas som underlag till anmälan. I anmälan redovisas konstruktionens utformning, materialens och konstruktionens bedömda lakningsegenskaper och mängden restprodukt totalt och per löpmeter väg. I vissa fall kan ett program tas fram för att följa upp yt- och eller grundvattnet intill den aktuella vägsträckningen.

4.2 Receptoptimering – Laborarieundersökning

I det aktuella fallet undersöktes ett bindemedel baserat på flygaska, grönlutslam och cement från pappersindustrin, Iggesund Paperboard. Följande receptblandningar undersöktes i laboratorium:

- A – 70 % ballast, 30 % bindemedel (bestående av 27 % flygaska och 3 % grönlutslam)
- B – 80 % ballast, 20 % bindemedel (bestående av 16 % flygaska, 3,6 % grönlutslam och 0,4 % cement)
- C – 85 % ballast, 15 % bindemedel (bestående av 10,5 % flygaska, 4,05 % grönlutslam och 0,45 % cement)

Receptblandningarnas packningsegenskaper, skrym- och torrdensitet och tryckhållfasthet samt frostbeständighet undersöktes.

Packningsegenskaper

Proctor-packning användes i syfte att ta fram optimal vattenkvot och maximal densitet för respektive receptblandning. Vid försöket packades det stabiliserade materialet vid olika vattenkvot. Bestämd mängd vatten tillsattes blandningen varefter utfördes packning och mätning av densitet. Proverna torkades därefter. Resultaten visade att mängden vatten som tillsattes och mängden vatten som uppmättes efter torkning skilde sig åt. Vid tillverkningen av provkropparna noteras att den tillsatta mängden vatten var markant högre än den vattenmängd som mättes via torkning, se Tabell 3 och Figur 8. Avvikelsen kan förklaras av att härdningen förbrukar vatten (binder vatten) och avger värme (vatten avdunstar). Eftersom avvikelsen var stor bedömdes detta kunna ge

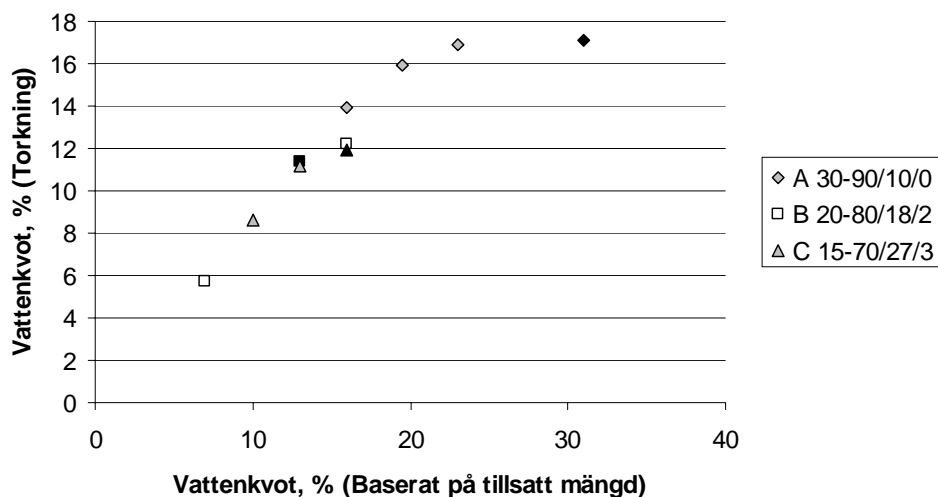
svårtolkade resultat vid fältförsöket då det kan vara svårt att bestämma vattenkvot/vatteninnehåll i en större volym material. Som det framgår av Figur 8 ökar vattenupptagning hos blandningen med ökad mängd bindemedel.

Tabell 3. Vattenkvotsavvikelser mellan vattenkvot baserat på mängd tillsatt vatten och vattenkvot baserat på torkning.

Table 3. Differences between water content based on amount of added water and measured dry solid content after drying.

Recept	Tillblandad, sökt vattenkvot %	Kontrollerad erhållen vattenkvot efter torkning %	Skillnad mellan blandad och kontrollerad %
A	16	13,9	13,1
	19,5	15,9	18,5
	23	16,9	26,5
	31 ^{&}	17,1 ^{&}	44,8
B	7	5,7	18,6
	13 ^{&}	11,4 ^{&}	12,3
	16	12,2	23,8
C	10	8,6	14,0
	13	11,2	13,8
	16 ^{&}	11,9 ^{&}	25,6

[&] optimal vattenkvot för respektive blandningsrecept



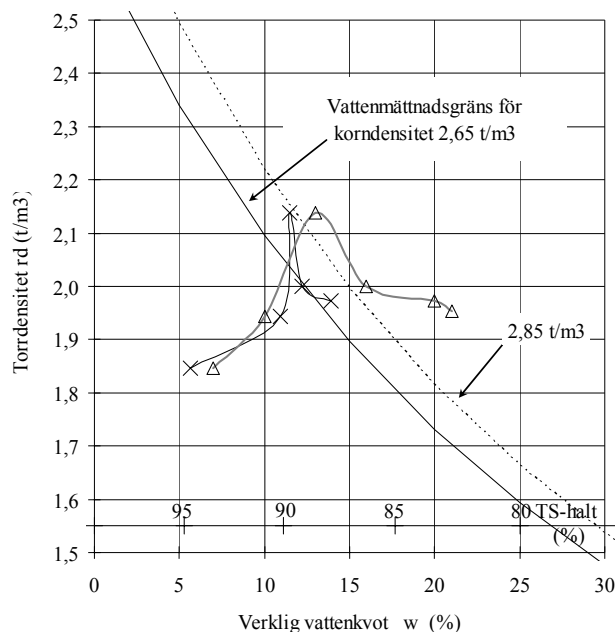
Figur 8. Förhållandet mellan vattenkvot baserat på tillsatt mängd och vattenkvot efter torkning. Svart markering visar respektive recepts optimala vattenkvot.

Figure 8. Relationship between water content based on amount of added water and drying. Black marking shows optimal water content for each recipe.

Recept A: 30 % bindemedel, fyllde väl ut porerna mellan kornen (ballastmaterialet). Blandningen upplevdes dock som svår att arbeta med på grund av en lerig siltig konsistens. Askans och grönlutslammets siltiga beteende träder fram tydligt då vattenkvoten ökar. Ökad vattenkvot gav upphov till flytande konsistens. Blandningens maximala torrdensitet var $1,81 \text{ ton/m}^3$ vid en optimal vattenkvot på 17,1 % (efter torkning), Figur 8.

Recept B: 20 % bindemedel, var relativt lätt att hantera och blanda. Blandningen höll ihop och hade jordig konsistens och var fast vid blandning och packning. Provtuben gick att jämna av efter inpackning. Blandningens maximala torrdensitet var $2,14 \text{ ton/m}^3$ vid en optimal vattenkvot på 11,4 % (efter torkning), se Figur 9. Mängden vatten som tillsattes blandningen för att uppnå maximal densitet var 13 %.

Recept C: 15 % bindemedel, var stenig vid blandning och bearbetning. Den låga halten av bindemedel medförde att gruset fick en framträdande roll i mixen. Provtuben var svår att avjämna efter packning. Blandningens maximala torrdensitet var $2,09 \text{ ton/m}^3$ vid en optimal vattenkvot på 11,9 % (efter torkning), Figur 8.



Figur 9. Resultat från proctorpackning av provserie B.

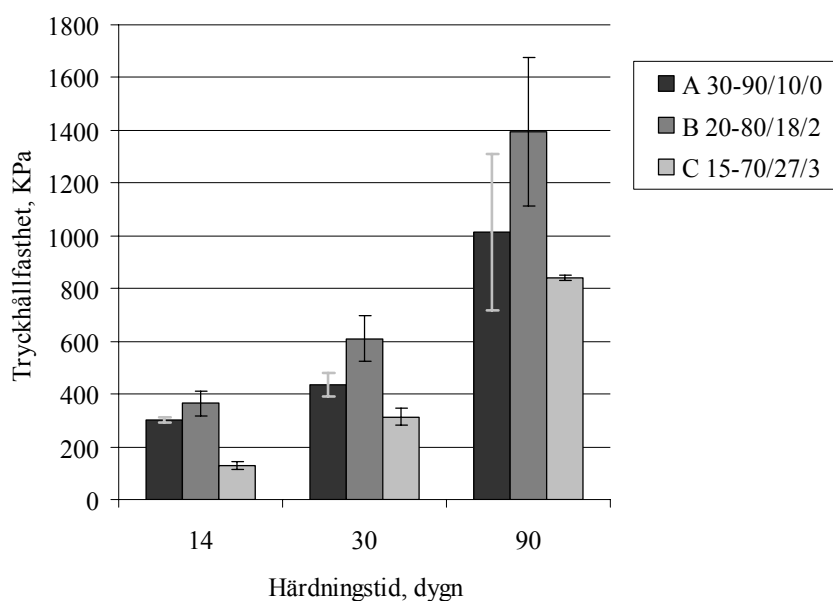
Figure 9. Proctor result for sample serie B.

Recept A (30-90/10/0): Tryckhållfastheten ökade med tiden, men uppvisade stor variation, Figur 10. Provkropparna uppvisade stor variation i skrymdensitet, dvs blandningen var inhomogen. Skrymdensiteten låg mellan $2,02 \text{ ton/m}^3$ och $2,19 \text{ ton/m}^3$ med ett medianvärde på $2,12 \text{ ton/m}^3$, Figur 11. Tryckhållfastheten ökade med tiden, från 302 kPa (medianvärde efter 14 dygn) till ca 1014 kPa (medianvärde efter 90 dygn), se Figur 12. Frysning och tiningsförsök som utfördes efter 30 dygn härdning gav en 61 %-ig reduktion jämfört med tryckhållfastheten efter 30 dygn, se Figur 12. Baserat på rekommendationer av Lahtinen (2001) bedöms materialet inte ha tillräcklig

frostbeständighet. Recept B ger lägre hållfasthetsvärden och har sämre frostbeständighet än Recept B, Figur 14.

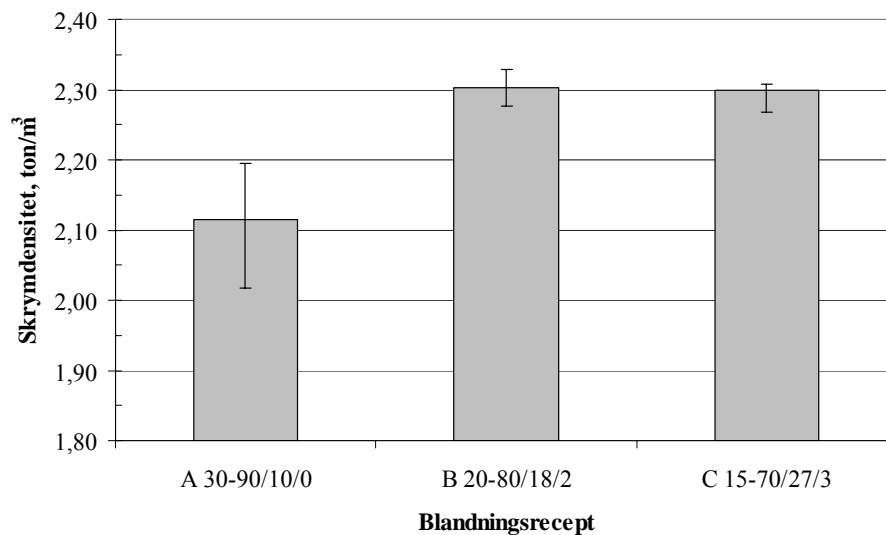
Recept B (20-80/18/2): Tryckhållfastheten ökade med tiden och hade de högsta värdena av de undersökta recepten, Figur 10. Skrymdensitet på ca $2,3 \text{ tom/m}^3$ (medianvärde), med max- och minimivärde mellan $2,28 \text{ ton/m}^3$ respektive $2,33 \text{ ton/m}^3$, se Figur 10 och Figur 13. Tryckhållfastheten ökade med tiden, från 364 kPa (medianvärde efter 14 dygn) till ca 1394 kPa (medianvärde efter 90 dygn), Figur 10. Frysning och tinningsförsök som utfördes efter 30 dygns härdning gav en ca 40 %-ig reduktion jämfört med tryckhållfastheten efter 30 dygn, se figur 12. Två provkroppar fick härda efter ytterligare 14 respektive 30 dygn efter avslutat frostbeständighetsförsök, Figur 12. Tryckhållfastheten ökade, och provkroppen som undersöktes efter 14 dygn hade tryckhållfasthet på ca 800 kPa. Provet som undersöktes efter 30 dygns härdning hade tryckhållfasthet på 541 kPa. Den stora variationen hos provernas tryckhållfasthet kan bero på att vid tryckning av proverna knäcks provet på grund av tryckytan är ojämn. Tryckhållfastheten reducerades mellan 33 och 50 % efter FT-försök. Härdningen fortsätter efter avslutat FT-försök och hållfastheten utvecklas med tiden, Figur 12. Blandningsrecept B valdes för försöket, Figur 14. Av Figur 15 framgår att proverna blir sprödare med ökande hållfasthet och att det finns en tendens att Frysning och tining (FT) mjukar upp materialet, gäller provserierna A och B.

Recept C (15-70/27/3): Tryckhållfastheten ökade med tiden. Dubbelprovernas tryckhållfasthet uppvisade lite variation, men hade de lägsta värdena, Figur 10. Recept C med 15 % bindemedel hade skrymdensitet på ca $2,3 \text{ tom/m}^3$ (medianvärde), med max- och minimivärde mellan $2,27 \text{ ton/m}^3$ respektive $2,31 \text{ ton/m}^3$, Figur 11. Tryckhållfastheten ökar med tiden, från 128 kPa (medianvärde efter 14 dygn) till ca 840 kPa (medianvärde efter 90 dygn), se Figur 13. FT-försök utfördes inte på denna serie. Av Figur 15 framgår att proverna är spröda även vid låg tryckhållfasthet. Denna blandning undersöktes ej med avseende på tjälegenskaper.



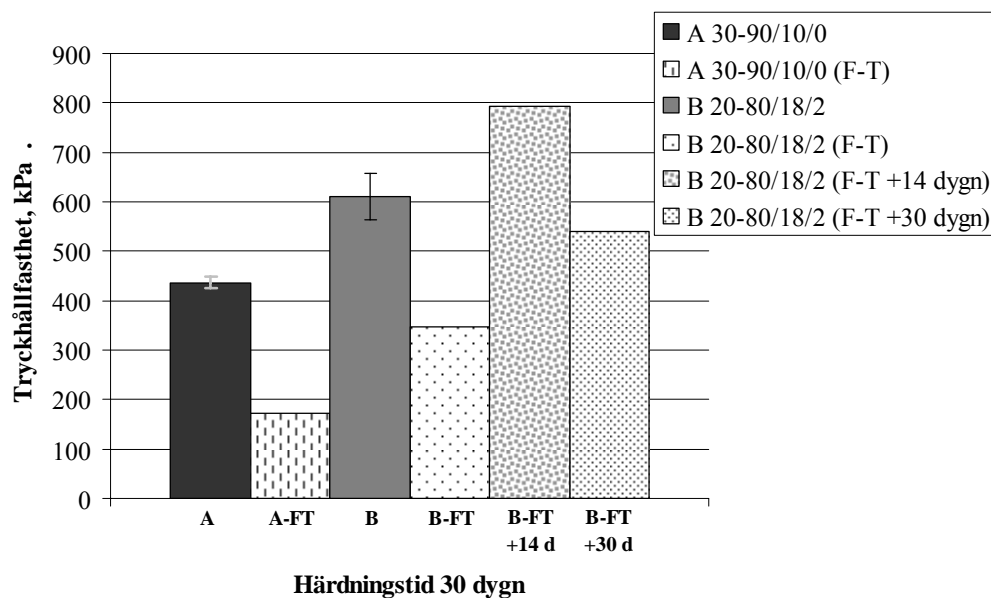
Figur 10. Respektive recepts tryckhållfasthet (medianvärde) och uppmätta max- och minvärden.

Figure 10. Sher strength of each sample serie (medan value) and measured max and min values.



Figur 11. Respektive recepts skrymdensitet (medianvärde) och uppmätta max- och minvärden.

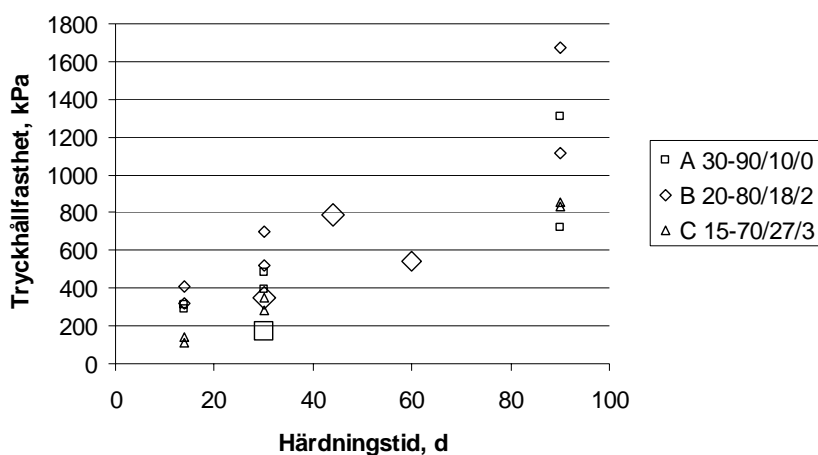
Figure 11. Density of each sample serie (medan value) and measured max and min values.



Figur 12. Tryckhållfasthet (medianvärden) och uppmätta max- och minvärden efter 30 dygns härdning, och tryckhållfasthet efter frysnings- och tingsförsök FT för blandningsserie A and B. För serie B undersöktes provkroppar efter 14 och 30 dygns härdning efter FT försök.

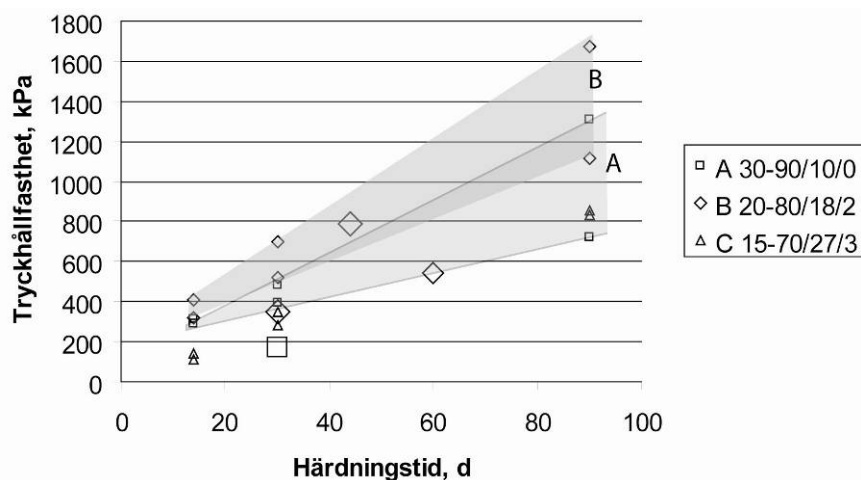
Figure 12. Shear strength of sample serie A and B (medan value) and measured max and min values after 30 day curing time, and after frost susceptibility test. Shear strength of sample serie B were tested after an additional curing time of 14 and 30 days following the frost susceptibility test.

En okulär observation var att vid frysning och tining försöken sker viss uppfrysning av gruskorn i provcylindern, vilket sker närmast ändytan. Detta är något försvårande för provningsresultatet eftersom försök till avjämning av dessa uppfrysade ändytor resulterar i försvagning av kornstrukturen i provets över- och underytor. Provingen utfördes på de frysta och tinade provkropparna på samma sätt som för de ofrusna proverna, det vill säga att endast en ringa avjämning skedde innan ytorna ströks med vaselin och provtryckningen utfördes.



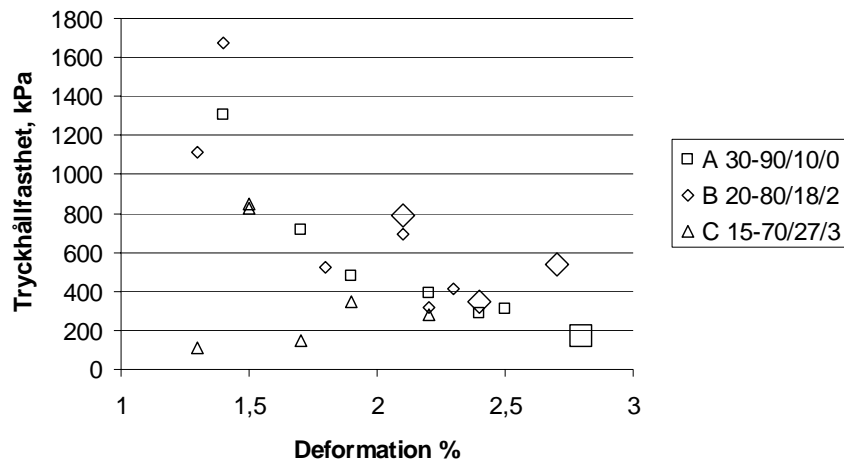
Figur 13. Härningstidens betydelse för utveckling av tryckhållfasthet hos respektive provserie. Större markering visar tryckhållfasthet efter utfört frysning och tining försök.

Figure 13. Influence of time on strength development of laboratory samples. Bigger signes show shear strength after frostsusceptibility tests.



Figur 14. Härningstid ger ökad tryckhållfasthet. Blandningsrecept B valdes för försöket.

Figure 14. Curing time gives increased shear strength. Mixture B was chosen for the field test.



Figur 15. Med ökande tryckhållfasthet hos respektive provserie blir proverna sprödare. Rödmarkering visar tryckhållfasthet efter utfört frysnings och tningsförsök.

Figure 15. With increasing shear strength samples are more brittle. Bigger signes show samples after frostsusceptibility tests.

4.3 Totalinnehåll och lakbarhet

Flygaska och grönlutslam är restprodukter och innehåller generellt förhöjda halter av metaller och förhöjda halter av lakbar sulfat och klorid. Stabiliserat ballastmaterial, tillverkat enligt recept B, undersöktes med avseende på lakningsegenskaper enligt skakförsök EN 12457-3 med L/S 2 och 10. Det stabiliserade materialet, som bestod av 80 vikt% ballast och 20 vikt% bindemedel. Bindemedelsammansättningen var 80 vikt% flygaska, 18 vikt% grönlutslam och 2 vikt-% cement. Materialet som lakades fick härda i 30 dygn innan lakförsöket startades. Resultaten visade att metallhalterna var generellt låga, för flertalet metaller ligger halterna under detektionsnivån. Halterna av sulfat och klorit var dock förhöjda vid låg L/S kvot, se Tabell 4.

Tabell 4. Uppmätta halter i vattenprov vid L/S 2, L/S 2-10 och summa lakad mängd per kg TS efter L/S 10.

Table 4. The leachates contents at L/S 2, L/S 2-10 and Leached amount per dry solid after L/S 10.

ELEMEN T	B80/18/2 L/S 2, mg/l	B80/18/2 L/S 2-10 mg/l	B80/18/2 L/S 10 mg/kg TS
Ca	720	462	5070
Fe	<0.004	<0.004	<0.04
K	1630	73,7	3460
Mg	<0.09	<0.09	<0.9
Na	172	10,2	385
S	375	23,1	847
	µg/l	µg/l	
Al	2,98	38,6	0,324
As	<1	<1	<0.01
Ba ³	323	787	7,06
Cd	<0.05	<0.05	<0.0005
Co	0,137	<0.05	<0.000652
Cr	106	8,34	0,254
Cu	9	4,17	0,0501
Hg	<0.02	<0.02	<0.0002
Mn	2,57	1,8	0,0193
Mo	64,2	7,24	0,172
Ni	<0.5	<0.5	<0.005
Pb	6,34	2,26	0,0297
Sb	0,156	<0.1	<0.001
Se	16,1	1,05	0,0368
Zn	400	156	1,99
	mg/l	mg/l	
DOC	279	21	661
Cl	299	12	622
F	<0.81	0,38	4,55
SO ₄	942	54	2090
pH	12,7	12,3	12,3
	mS/m	mS/m	mS/m
Kond.	1420	501	501

Naturvårdsverket håller på att ta fram riktlinjer för återvinning av avfall i anläggningsarbeten, ”Kriterier för återvinning av avfall i anläggningsarbeten”. Riktlinjerna är på remiss. Kriteriet innebär i praktiken att ett material som har halter av utfasningsämnen som är lägre än 90 % av bakgrundshalten (90 per-centilen) kan fritt användas i anläggningstekniska applikationer. Vid halter > 90 per-centilen görs en

³ Lösligheten av bariumsulfat är låg, Krauskopf (1985). Bariumsulfat är mindre löslig än kalciumsulfat och koncentrationen av Ca²⁺ vid 25 C grader är ca 340 000 gånger högre än Ba²⁺. Överslagsmässig bedömning ger att Ca²⁺ halt på 720 mg/l innebär en Ba²⁺ halt på < 6µg/l. Dvs. < 2 % av förekomsten av barium kan vara Ba²⁺.

miljöbedömning av material, applikation och omgivning. Görs bedömningen att användningen inte medför > än ringa risk tas en anmälan fram som beskriver materialanvändningen och dess konsekvenser. I Tabell 5 görs en jämförelse mellan riktlinjer för Kategori 1⁴ och totalhalt samt utlakad mängd efter L/S 10.

Tabell 5. Naturvårdsverkets riktlinjer för kategori 1 (Naturvårdsverket (2007) remiss), totalhalt och utlakad mängd vid L/S 10.

Table 5. Target values of contents and leaching suggested by the Swedish Environmental Agency, (Naturvårdsverket (2007) remiss version) and total content and leachability at L/S 10 of the sample serie B.

Metaller	NV			Stabiliserat material ^(B) mg/kg	Stabiliserat material ^{(B)(C)} , mg/kg L/S = 10
	Halt mg/kg	L/S = 0,1 ^(A) mg/liter	L/S = 10 ^(A) mg/kg		
Bly	20	0,09	0,31	12	0,030
Kadmium	0,2	0,004	0,01	1,5	<0.0005
Kvicksilver	0,1	0,001	0,004	0,06	<0.0002
Arsenik	10	0,001	0,13	5	<0.01
Koppar	40	0,09	0,31	16	0,05
Zink	120	0,64	2,2	584	1,99
Krom tot	40	0,09	0,42	10	0,254
Nickel	35	0,18	0,6	10	<0.005
Klorid		84	147		622
Sulfat		78	227		2090

^(A) Naturvårdsverkets riktlinjer baseras på kolonntest NEN 7343.

^(B) Recept B (80/18/2) med 80 % ballast, 16 % flygaska, 3,6 % grönluts slam och 0,4 % cement. (vikt % av TS).

^(C) Det stabiliserade materialet lakades enligt EN 12457-3 (skakförsök).

Som det framgår av Tabell 5 ligger halterna av Cd och Zn över de värden som redovisas i NV (2007-Remiss), medan de lakbara mängderna ligger under riktvärdena. För Cl och sulfat är utlakningen högre än riktvärdena för Kategori 1, Tabell 5.

Applikationen i det aktuella fallet är en grusväg med stabiliserat ballast. Det stabiliserade materialets täthet bedömdes vara hög, bl.a. baserat på rapport av Stenmarck och Sundqvist (2006). Låg permeabilitet medför att utlakning sker långsamt. Utspädnings- och adsorptionseffekten bedöms som stor.

4.3.1 Anmälan

En anmälan gjordes och bedömningen av miljöeffekter baserades på enskilda materialens halter, lakningsegenskaper på blandningsrecept B, konstruktionens utformning och omgivningen. Flygaskan och grönluts lammet har bedömts separat i olika studier. Klassificering av flygaskan visade att materialet kan med undantag av enstaka ämnen som bl.a. klorid, sulfat, krom, molybden och zink klassas som inert

⁴ I kategori 1 har människor i nuläget tillträde till området och/eller kommer i framtiden att ha tillträde till området

avfall, Andersson-Sköld och Suèr (2005). Undersökning av grönlutslam visade att lakningsegenskaperna var jämförbara med moräner, Larsson (2005). Greger och Nilsson (2005) visade att blandning av flygaska och grönlutslam kan i pelleterad form återföras till skogen, och att halterna av tungmetaller ligger klart under de gränsvärden som Skogsstyrelsen anger.

Flygaska/grönlutslam kommer i den aktuella applikationen att användas som stabiliseringsmedel vid stabilisering av grus (ballast). Packningsresultat visar att vid optimal packning erhålls ett kompakt och tätt material. Torrdensiteten på det stabiliserade lagret kommer att ligga mellan 1,8 – 2,1 ton/m³. Den stabiliserade konstruktionsdelen erhåller sin täthet efter packning med vält. Detta medför att mängden vatten som perkolerar igenom konstruktionen bedömdes bli liten, från några enstaka liter per kvadratmeter och år (mm/år) till runt 25 mm/år. Stor utspädning, kombinerat med liten mängd perkolat och ett material med låga lakbara halter medför att i den aktuella applikationen bedömdes vägkonstruktionen med det stabiliserade lagret utgöra mindre än ringa föroreningsrisk. Bedömningen baserades på totalhalter och lakningsegenskaper hos ingående material och en generell bedömning baserat på miljöriktlinjer för askor, Bendz et. al (2006). Komplet anmälan med komplettering redovisas i Bilaga Anmälan.

4.4 Fältutförande

4.4.1 Material och materialmängder i konstruktionen

Blandningen flygaska/grönlutslam bedömdes ha härdande effekt, öka vägens hållfasthet och därmed bärighet samt förbättra konstruktionsdelens frostbeständighet. Cementtillsats behövs för att höja frostbeständigheten. Blandningsrecept B (sammansättningen redovisas i Tabell 6) hade bäst potential att nyttjas i det stabiliserade lagret, Figure 6. Blandningsreceptet gav ett kompakt och tätt med de högsta tryckhållfasthetsvärdena. I Tabell 7 redovisas materialåtgången (torrvikt) per kilometer vägsträcka vid en vägbredd på 5 m och en lagertjocklek på det stabiliserade lagret på 0,15 m. Detta medför att beroende på val av recept kommer mellan 1890- 2520 ton ballast, 504- 729 ton flygaska, 81- 113 ton grönlutslam och upp till ca 13 ton cement att användas på 2 km vägsträcka.

Tabell 6. Blandningsrecept B valdes inför pilotförsöket.

Table 6. Mixture B was chosen to be used during the field test.

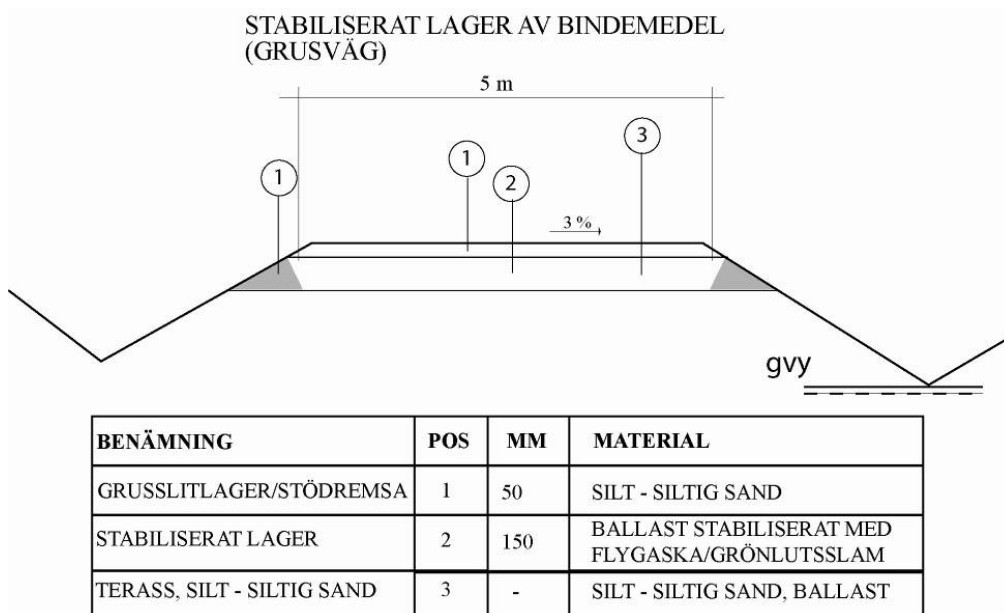
Ballast TS vikt%	Flygaska TS vikt%	Grönlutslam TS vikt%	Cement TS vikt%	TS	Torrdensitet ton/m ³	Tryckhållfasthet t kPa (30 dygn)
80%	16%	3,6%	0,4%	88% - 90%	2,1	500-700

Tabell 7. Materialåtgång vid stabilisering av 1 km vägsträcka.

Table 7. Required material quantities during stabilization of 1 km road section.

Vägbredd m	Bundet lager m	Torrdensitet Ton/m ³	Materialåtgång per kilometer väg			
			Ballast Ton (TS)	Flygaska Ton (TS)	Grönlutslam Ton (TS)	Cement Ton (TS)
5	0,15	2,1	1260	252	57	6,3

Konstruktionens utformning redovisas i Figur 16. Slitlager på 0,05 m läggs ut på det stabiliserade konstruktionsdelen. Det stabiliserade lagret bedöms bli mycket tätt. Motsvarande konstruktion med ballast stabiliserat med flygaska erhåller en täthet som motsvarar < 5 mm/år till 25 mm/år vid en årsnederbörd mellan 500 – 700 mm. Detta medför att mängden vatten som kommer i kontakt med konstruktionsdelen är begränsad. Fyra lysimetrar installerades, varav en på referenssträckan.



Figur 16. Princip, typsektion på provsträckan.

Figure 16. Principle section for the road.

4.4.2 Utförande i fält

Det stabiliserade vägmaterialets vattenkvot är en viktig faktor som kan påverka packningsgraden. De ingående materialens vattenkvot var därför av intresse. Flygaskan och grönlutslammet bedömdes vara homogena med avseende på vattenkvot, w . Veckan innan fältarbetet togs prover på ballastmaterialet längs vägsträckan, på flygaskan respektive på grönlutslammet. Respektive materials vattenkvot bestämdes och redovisas i Tabell 8.

Tabell 8. I bindemedlet ingående materialens vattenkvot.

Table 8. Binder and water contents

Material	w %	TS %	Andel %
Flygaska	43	70	80
Grönlutslam	85	54	18
Cement	0	100	2
Bindemedel	49,6	66,9	100

Baserat på materialens vattenkvot bestämdes uppfräsningsdjupet, till ca 11 cm, Tabell 9.

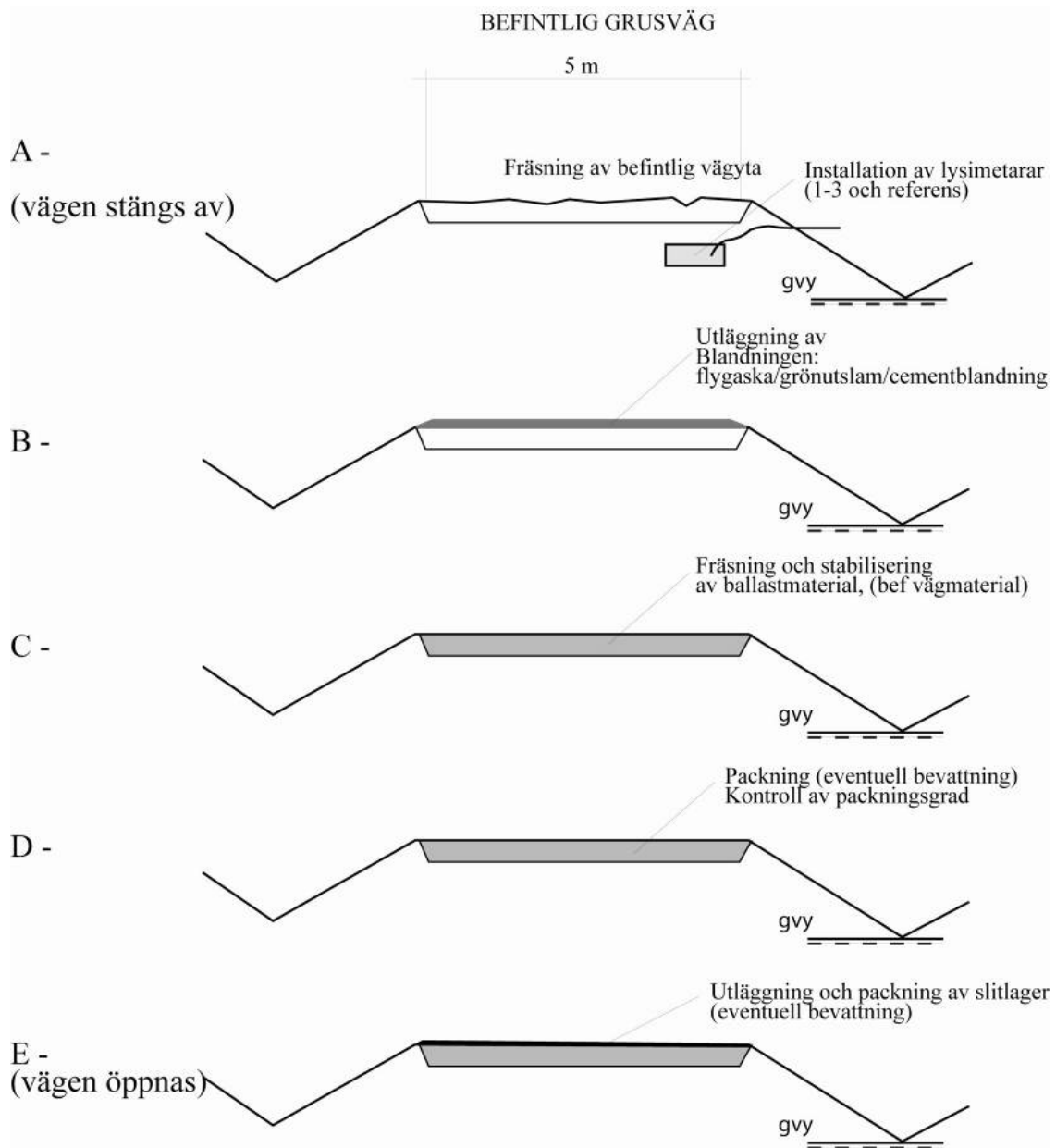
Tabell 9. Indata vägmateriel och bindemedel, samt resulterande vattenkvot (TS).

Table 9. Water content and Dry solid of the stabilised road material.

	Andel, %	w, %	TS, %	Skrymdensitet, ton/m ³
Vägmateriel	80	7	93	1800
Bindemedel	20	49,6	66,9	1350
Stabiliserat väg mtrl	-	16	87	-

Det mesta flöt på exemplariskt, vädret var varmt och torrt, vilket också medförde att vattenhalten i den stabiliserade vägen minskade under arbetets gång. Fräsningen och hyvlingen fungerade mycket bra, eventuellt skulle man för att optimera arbetsinsatsen kunna avstå att fräsa innan blandningen läggs ut, men det kräver att vägmaterialet är homogent och inte innehåller för mycket stora stenar. Nedgrävningen av lysimetrar var tänkt att utföras dag 3 men pga maskinskada kunde det inte göras förrän eftermiddag dag 4, se Figur 19d. Detta resulterade i att endast en av lysimetrarna (L3) hamnade i vägbanan där den var tänkt att vara. De andra två (L1 och L2) grävdes ner i anslutning till den redan stabiliserade vägbanan i mötesplatser, som sedan stabiliserades de också. Referenslysimetern (L-Ref) installerades i en mötesplats på referenssträckan mitt emellan de två provsträckorna. Den lades i mötesplatsen av två anledningar; för att efterlikna förhållandena för L1 och L2; för att inte störa byggandet av vägen och därmed de lastbilar som konternerligt transporterade ask- och grönlutsslamblandning och slitlager. Att blanda aska, slam och cement på deponi var effektivt och säkert, dock bör klumar av grönlutslam siktas bort efter blandning för att minska risken för att dessa rullar ner i vägdiken vid utläggning.

På Figur 17 redovisas arbetsgången steg för steg. Vägen stängdes av och frästes upp, Figur 18 a. Lysimetrar installerades. Den uppfrästa vägytan jämnades av med väghyvel, varefter bindemedlet lades ut på vägen, Figur 18 b. Det utlagda bindemedlet jämnades av med väghyvel, Figur 18 c. Därefter frästes vägmateriel och bindemedel ihop, Figur 18 d.



Figur 17. Beskrivning av utförandet av stabiliseringsarbetet, steg för steg

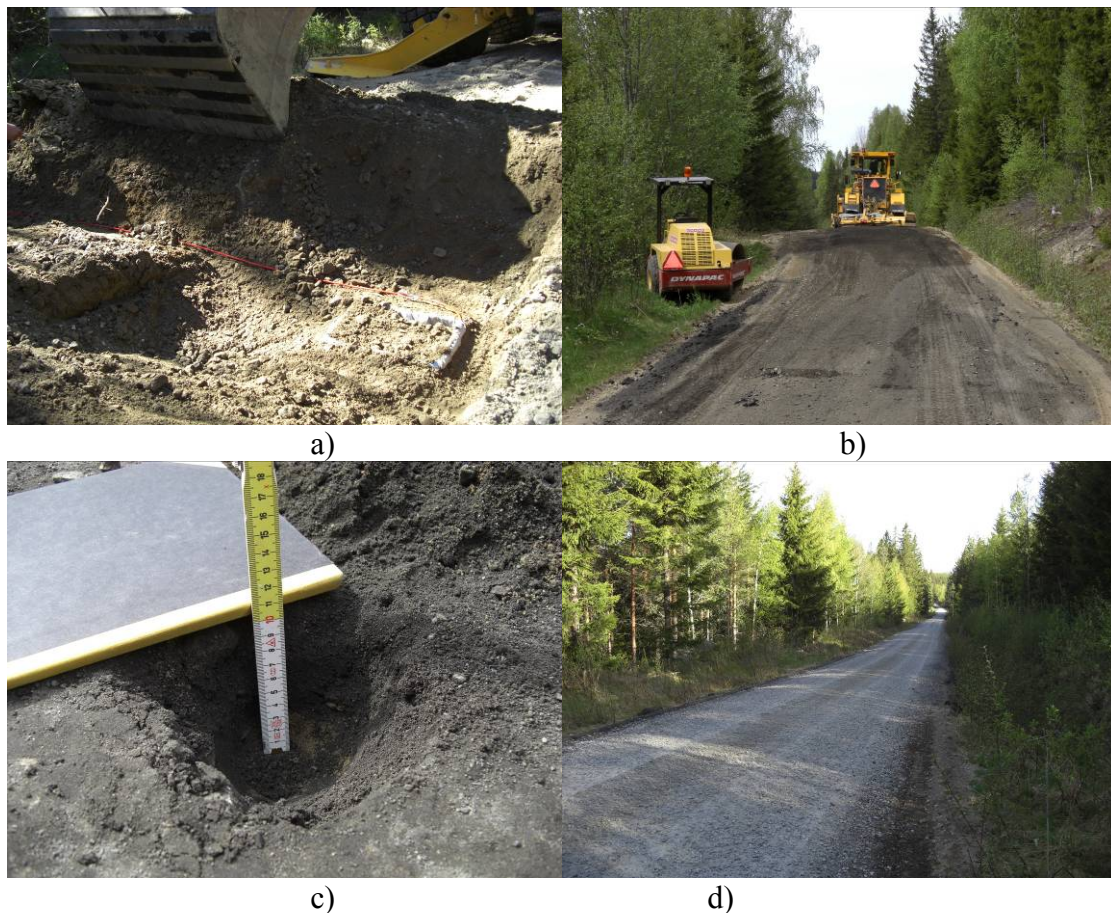
Figure 17. Description of the stabilization action step by step.



Figur 18. a) Befintliga vägen fräses upp. b) Utläggning av bindemedelsblandningen (recept B). c) Bindemedlet jämnas ut med väghyvel. d) Bindemedel och ballastfräses ihop.

Figure 18. a) The road material was broken up with a milling cutter. b) Binder was installed on the road surface. c) The road surface was levelled with a road grader. d) Road material and binder was mixed with the milling cutter.

Utläggningen fungerade relativt bra då kättingar användes för bakluckeöppning, dock var det svårt att erhålla ett jämt lager och efterföljande hyvling var nödvändig Figur 18b. Genom att använda utmatande flak (typ asfaltsutläggare) skulle precisionen på utläggningen höjas och behovet av efterföljande hyvling minskas. Packningen var tänkt att utföras noggrant och direkt efter att blandningen frästs in i vägen och hyvlats av, se Figur 19a. Pga manfall eftersattes packningen, varför hjulspåren där arbetsfordonen körde erhöll en god packning medan mittsträngen och kanterna blev packningen något sämre. I viss mån åtgärdades den uteblivna packningen genom efterföljande bevattning och packning.



Figur 19. a) Lysimeter installeras.. b) Hyvling och packning av den stabiliserade vägsträckan c) Det stabiliserade skiktets djup ca 10 cm. d) Den färdiga vägen direkt efter utläggning av slitage.

Figure 19. a) Lisimeter is installed. b) Road planing and packing of the stabilized road material. c) The stabilized road layer with a thickness of ca 10 cm. d) The finished road after laying out the wear layer.

Vattenkvot och packningsgrad redovisas i Tabell 10. Som det framgår av resultaten låg det stabiliserade ballastmaterialets vattenkvot på ca 11 % (TS lika med 90 %). Det stabiliserade ballastmaterialets torrdensitet var ca 2054 kg/m³. I enstaka punkter, där materialets packningsgrad var skenbart > 100 % var materialets torrdensitet > 2054 kg/m³. Det bör observeras att packningsgraden var lägre i enstaka punkter. Orsaken kan vara inhomogen blandning, exempelvis högre halt av grönlutslam. I övrigt framgår det tydligt att vägmaterialet packades effektivt i hjulspåren och hög packningsgrad, > 90 %, kunde uppnås. Mellan hjulspåren var packningen sämre, ca 50 %.

Baserat på erfarenheter från andra stabiliseringsprojekt, Lahtinen (2001) och Svedberg et al. (2007) höjdes cementshalten på en 50 m sträcka i syfte att förbättra tjälegenskaperna. Sträcka 2 mellan 1100 – 1150 m var cementshalten 1 ca 0,8 % cement istället för 0,4 % på resten av provsträckan.

Tabell 10. Uppmätt vattenkvot, torrdensitetsvärden och beräknad packningsgrad längs sträckan. Packningsgraden baseras på maximal torrdensitet på 2054 kg/m³.

Table 10. Measured water content, dry density and calculated compaction grade, D. D is based on an maximum dry density of 2054 kg/m³.

Mätpunk t	Vattenkvo t	Torrdensitet, kg/m ³	Packningsgrad
mitt	11%	1441	70%
hjulspår	3%	1911	93%
mitt	4%	1265	62%
mitt	11%	1036	50%
mitt	11%	1129	55%
mitt	11%	1206	59%
mitt	3%	1464	71%
mitt	11%	1117	54%
mitt	11%	1931	94%
mitt	11%	1059	52%
hjulspår	11%	1321	64%
hjulspår	11%	2059	100%
hjulspår	11%	1001	49%
hjulspår	11%	1982	96%
hjulspår	11%	2127	104%
hjulspår	3%	2477	121%
hjulspår	11%	1892	92%
mitt	11%	1246	61%
hjulspår	7%	1864	91%
hjulspår	11%	1779	87%

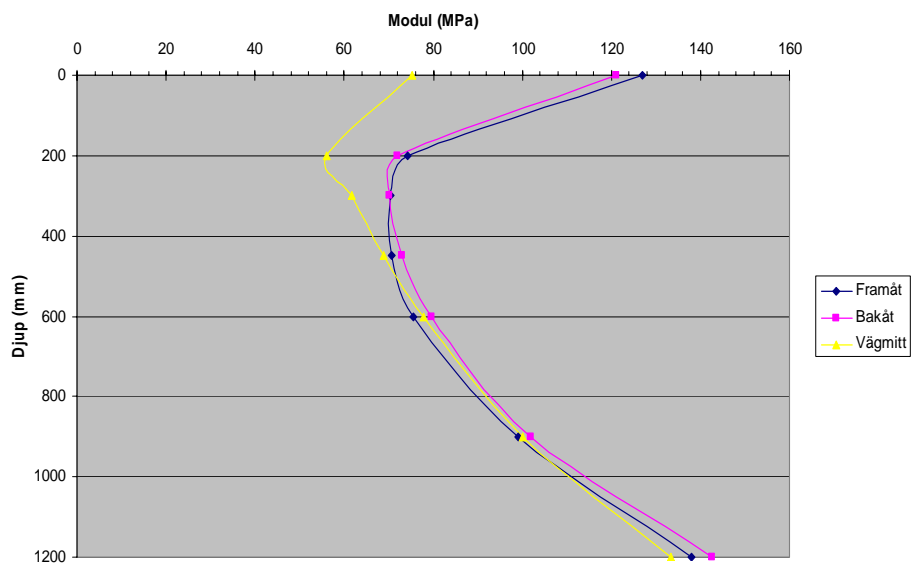
4.5 Uppföljning

Vägkonstruktionens bärlighet och miljöegenskaper skulle kontrolleras vid två tillfällen, under hösten 2008 och efter tjällossningen 2009. Vägens bärlighet kontrollerades med hjälp av fallviktsmätning. Mätningen och tolkningen av resultaten utfördes av VTI. Miljöegenskaperna kontrollerades med hjälp av analys av lysimetervatten och analys av ytvatten intill vägen.

4.5.1 Kontroll och uppföljning 2008

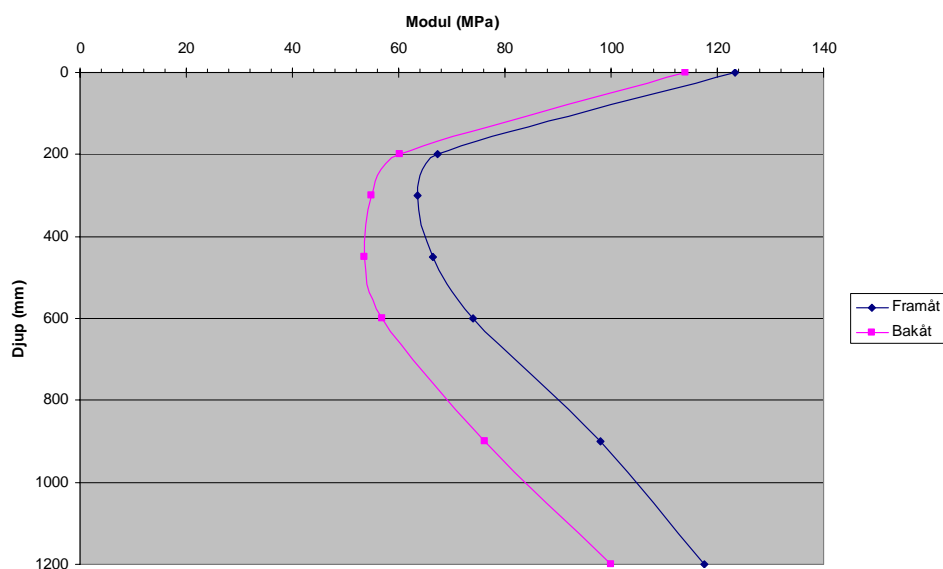
4.5.1.1 Fallviktsmätning

Resultaten i sin helhet redovisas i en separat rapport "Fallviktsmätning på stabiliserad grusväg väster om Iggesund", Carlsson (2008). Till förutsättningarna hör att undergrunden på sträcka 2 är något styvare än på sträcka 1 och referenssträckan. Resultaten visade att referenssträckan var något svagare än de stabiliserade sträckorna. På de stabiliserade sträckorna var det ingen skillnad i styvhet mellan de olika hjulspåren ("framåt" och "bakåt") medan på referenssträckan var skillnaden större mellan vänster och höger hjulspårens styvhet, se Figur 20 och Figur 21. Det bör också noteras att styvheten på vägmitt var låg i jämförelse med hjulspårens styvhet, Figur 20.



Figur 20. Sträcka 1. Medelvärde för beräknad yt- och medelmodul

Figure 20. Road section 1. Average value for calculated surface- and average modulus.



Figur 21. Referenssträcka. Medelvärde för beräknad yt- och medelmodul

Figure 21. Reference section. Average value for calculated surface- and average modulus.

4.5.1.2 Miljöprovtagning

I miljöprovtagningen ingick provtagning och analys av vatten från lysimeter och ytvatten. Lysimetrar installerades ca 0,5 m under vägytan, en referens och tre på stabiliserad sträcka. Målsättningen var att mäta mängden vatten som perkolerar igenom vägytan, samt genom analys undersöka perkolatet. Ytvattenproverna är hämtade från

Sorgboån vilken avvattnar området där båda vägsträckorna ingår. Avrinningsområdet är skogsbeväxt och de torra partierna domineras av gran. De mera låglänta områdena kring ån omfattar sankmark med torv. Referensprovpunkten för ytvatten (Y-Ref) är belägen uppströms provsträckorna (ca 50 m nedanför Klogstavallen). Området kring Y-Ref karakteriseras av sank- och torvmark. Vattenprovet var ”ciderfärgat” vilket tyder på högt humus innehåll. Provpunkt 2 (Y2) är placerad i höjd med den 2:a provsträckan, direkt efter tillflödet av en bäck som leds i trumma under vägen. Området kring (Y2) är torrare och mera kuperad än referenspunkten, skogen växer nära vattendraget. Provpunkt 3 (Y-3) är lokaliserad strax innan ån rinner under vägen som leder till sydväst mot Kåxboåsen. Området kring Y-3 karakteriseras av stor granskog och tendenser till rostutfällningar återfinns i vattendraget. Mätning av ytvattnets halter utfördes med direkt analys på vattnet efter filtrering med 0,45 µm filter (dvs kolloider ingår i analysen) och med hjälp av passiv provtagare, som motsvarar den biotillgängliga andelen.

Lysimeterresultat

Den första tömningen av lysimetrarna skedde den 1 oktober 2008, 129 dagar efter installation. Under perioden hade 347 mm regn fallit (mätstation Nianfors från den 27 maj – 30 september). Referenslysimetern (L-Ref) är placerad i en mötesplats mellan de två provsträckorna. Lysimeter 1, 2 och 3 (L1, L2 och L3) är placerade i den 2:a provsträckan, L1 och L2 i mötesplatser och L3 under vägbanan. Vid provtagningstillfället den 1 oktober 2008 fanns inget vatten i varken L-ref eller i L2 (Tabell 11). L3 innehöll endast 0,65 dl vatten medan L1 låg under grundvattennivån och inte gick att töma. Efter ca 6,6 liter sinade flödet när L2 tömdes, dock ökade flödet på nytt efter ca 20 minuters paus. I Tabell 11 redovisas uppmätta vattenvolymer, lysimetervattnets pH och elektriska konduktivitet.

Lysimetervattnets metallhalter och halt av klorid och sulfat redovisas i Tabell 11. Lysimetervattnets pH låg på ca 7 – 7,6 medan pH vid laboratorielakning var > 12. Generellt var de uppmätta halterna i lysimetervattnet under de som uppmättes vid lakning i laboratorieförsök, L/S 2 och 10.

Tabell 11. Från lysimetrarna uppsamlat vatten i okt 2008

Table 11. Data from the installed lysimeters from Oktober 2008.

	L-Ref	L1	L2	L3
Vatten (dm ³)	-	>6,6	-	0,065
pH	-	7,1	-	7,6
Konduktivitet (mS/m)	-	117	-	243

Tabell 12. Analysresultat, lysimetvatten, ytvatten och ytvatten med passiv provtagare i sept-okt 2008.

Table 12. Results from lysimeter and surface water analyses, from September-Oktober 2008.

Prov	Lysimeteranalys		Ytvattenanalys			Passiv provtagare		
	L1	L3	Ytvatten- ref	Ytvatten -2	Ytvatten -3	PP-ref	PP-2	PP-3
Filtrerad	JA	JA	JA	JA	JA			
Ca mg/l	120	192	2,67	2,75	3,24			
Fe mg/l	0,0241	0,744	1,11	0,769	0,732	226	21,6	29,3
K mg/l	73,2	39,4	0,709	0,825	0,84			
Mg mg/l	10,8	59,9	0,805	0,861	1,06			
Na mg/l	76,7	214	2,04	1,91	2,19			
S mg/l	100	13,5	0,918	0,929	0,957			
Al µg/l	65,9	14,1	503	557	470	64,9	18,6	18,6
As µg/l	<1	6,49	<1	<1	<1			
Ba µg/l	86,5	141	8,6	9,86	7,57			
Cd µg/l	0,132	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,006	0,005	0,004
Co µg/l	1,83	17,1	0,377	0,321	0,169	0,170	0,024	0,057
Cr µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,603	0,557	<0,01	<0,01	<0,01
Cu µg/l	4,7	<1	<1	1,35	<1	0,064	0,037	0,047
Hg µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02			
Mn µg/l	625	5510	27,4	43,2	26,9	8,9	3,5	9,4
Ni µg/l	4,11	37	0,691	3,16	3,05	0,451	0,132	0,131
Pb µg/l	<0,2	<0,2	0,701	0,345	0,286	0,090	0,008	0,008
Zn µg/l	6,75	5,4	4,06	4,49	3,63	1,6	1,2	1,1
Cl mg/l	32	209	13	2,4	2,5			
SO4 mg/l	253	<0,50	1,1	3,3	2,5			
pH	7,1	7,6	4	5,8	6,1			
Kond. mS/m	117	243	7,65	2,65	3,09			
U						0,016	0,022	0,020

Mängden vatten som samlas upp av lysimetrarna är kopplad till vägkonstruktionens täthet. Lysimeter 1 kunde inte användas eftersom ytligt grundvatten infiltrerade i lysimetern. Lysimetrarna i referenspunkten och i L2 var torra, vilket tyder på effektiv ytavrinning och minimal (ej detekterbar) infiltration. Lysimetern L3 samlade upp 0,65 liter vatten under 129 dygns uppsamlingsperiod. Den effektiva ytan på lysimetern är 0,12 m². detta motsvarar en täthet på konstruktionen på ca 1,5 mm/år (dvs 1,5 liter/m² och år), se ekvationen nedan:

$$\frac{\left(\frac{0,065 \text{ liter}}{0,12 \text{ m}^2} \right)}{\frac{129 \text{ dygn}}{365 \text{ dygn/år}}} = 1,5 \text{ mm / år}$$

Vägkonstruktionen var tät och mängden vatten som infiltrerar är liten.

Provpunkter ytvatten

Ytvattnets halter efter filtrering visar att referensvattnets halter ligger i samma nivå som ytvattnet längs vägen. Ytvattnets pH och konduktivitet motsvarar de värden som är vanlig i regionen, Rapport 2005:16. Det bör noteras att Referenspunktens lägre pH och högre konduktivitet orsakas av att torv-/våtmarksområde avvattnas genom bäcken. Halterna uppmätta med passiva provtagare visar på låga metall halter och de högsta halterna är generellt uppmätta i referenspunkten, se Tabell 12.

4.5.2 Kontroll och uppföljning 2009

Mätningen har inte utförts vid avrapporteringstillfället och resultaten redovisas separat september 2009.

5 Utvärdering i fält

5.1 Kontroll

På sträckan kontrollerades packningsgraden under utförandeskedet, bärigheten och miljöegenskaperna (lakningsegenskaperna) ca 4 månader efter stabiliseringsåtgärden.

5.1.1 Densitet och vattenkvot (TS)

Optimal vattenkvot är viktig för att uppnå maximal densitet, dvs hög packningsgrad. Vid laborieförsöken framkom att optimal vattenkvot låg runt 11 – 13 % och att maximala torrdensiteten var ca 2140 kg/m³. Kontrollen av vattenkvot, packningsgrad visade att det stabiliserade ballastmaterialet hade homogen vattenkvot på ca 11 %. I hjulspåren var packningen effektivast och låg på nära 100 %. Vägmitt hade en packningsgrad mellan 50 – 90 %. Tjockleken på det stabiliserade ballastmaterialet efter packning var ca 9,5 cm tjockt.

Generellt hade vägen bra kvalitet, med undantag av enstaka kortare sträckor på sträcka 2, se Figur 22. Svaghetszonen korsas av en trumma. Enstaka potthål förekommer också på sträcka 2.



Figur 22. Svaghetszon på sträcka 2.

Figure 22. Soft zone on section 2.

5.1.2 Bärighet (fallviktsmätning) 2008

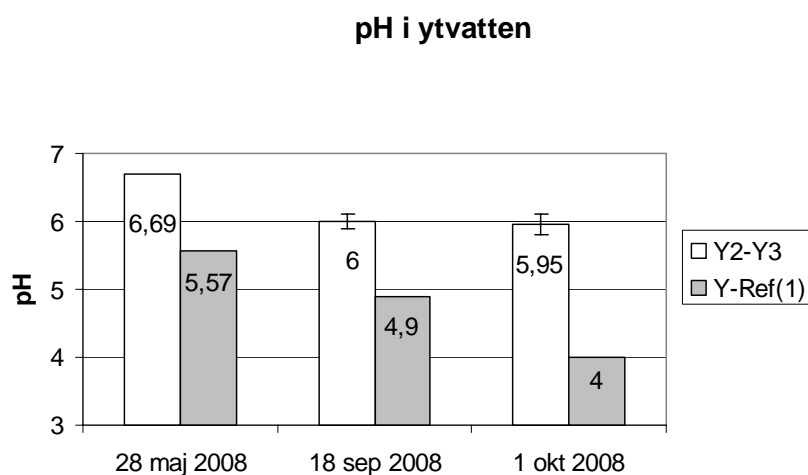
Den första fallviktsmätningen utfördes 129 dygn efter stabiliseringsåtgärden. Nästa fallviktsmätning planeras till våren 2009. Efter den andra fallviktsmätningen som utförs efter tjällossningen 2009 kan slutsatser dras om det stabiliserade vägmaterialets frostbeständighet. Utvärderingen av den första mätningen visade att de stabiliserade vägsträckorna var mer homogena mellan vänster och höger hjulspår än referenssträckan. Resultaten visade att spårmiten hade en klart sämre styvhet än hjulspåren, vilket kan förklaras av att vägmitten hade lägre packningsgrad.

5.1.3 Miljö, 2008

De 25 maj 2008 mättes pH och konduktivitet för första gången i dikesvatten och närliggande vattendrag. Mätningstillfället var innan vägen stabiliserades och kan ses som nollpunkt.

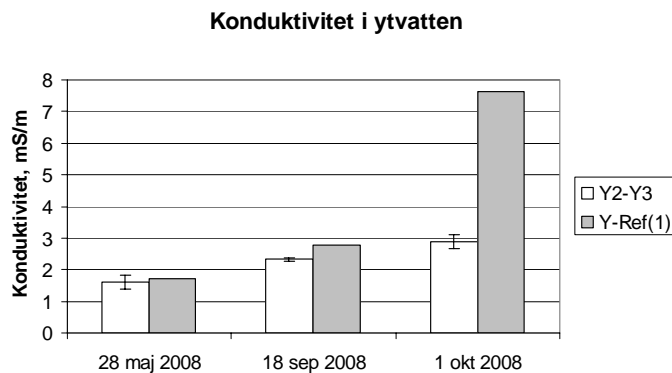
Analyserna för pH och konduktivitet har gjorts vid två ytterligare tillfällen, vid installation av passiva provtagare den 18 september och vid upptag av dessa den 1 oktober. Provtagning av metaller som har gjorts utöver passiv provtagare har gjorts enbart den 1 oktober.

pH- och konduktivitetmätningarna på ytvattenproverna visar att referenspunktens pH och konduktivitet varierar markant mellan de olika provtagningstillfällena. pH varierade mellan 6,7 som högsta värde på våren med låg vattenströmning och 4 på hösten med stora flöden, Figur 23. På motsvarande sätt varierade även ytvattnets elektriska konduktivitet, Figur 24. Ytvattenproverna längs den stabiliserade sträckan uppvisar mindre variation och har jämnare pH och konduktivitet. Referenssträckan bedöms vara påverkad av torv-/våtmarksområden.



Figur 23. Ytvattenprovernas pH i Y2 och Y3 samt i referenspunkten Y-Ref.

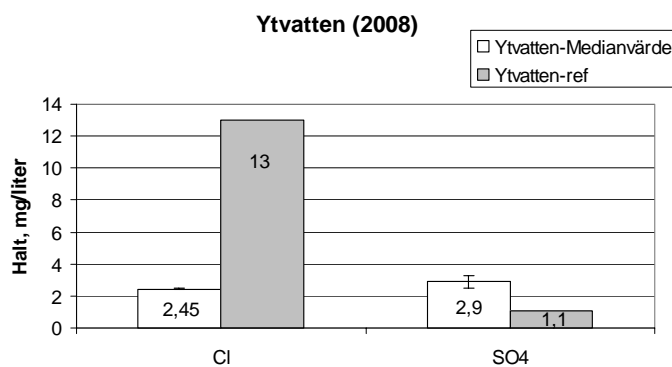
Figure 23. pH and surface water samples from Y1, Y2 and the reference point Y-Ref.



Figur 24. Ytvattenprovernans elektriska konduktivitet.

Figure 24. Electric conductivity of surface water samples.

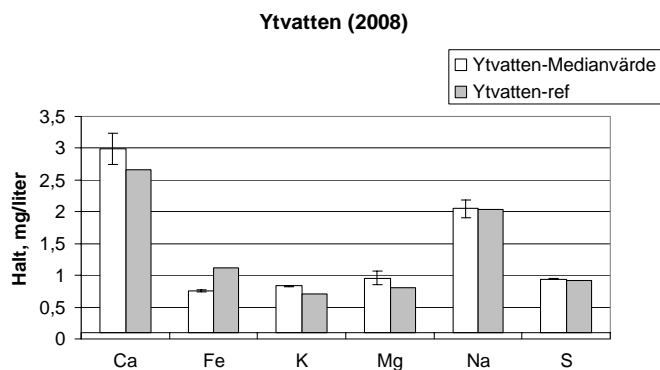
Den höga elektriska konduktiviteten vid mätningen den 1 oktober 2008 kan förklaras av hög kloridhalt i referenspunktens ytvatten, Figur 25.



Figur 25. Ytvattnets klorid- och sulfathalter.

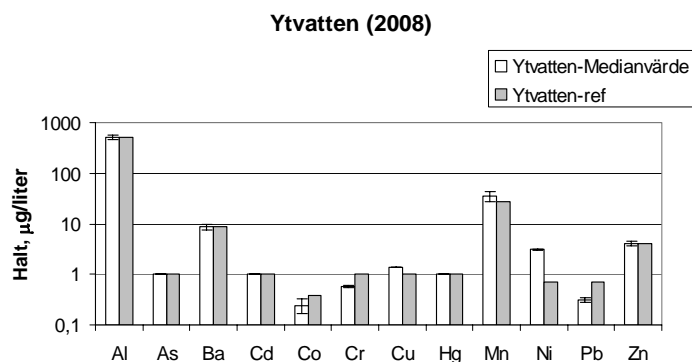
Figure 25. Cl and SO_4^{2-} contents of surface water samples.

Det förekom inte någon större haltskillnad mellan provsträckans och referenspunktens ytvatten, se Figur 26 – 27.



Figur 26. Ytvattnets halter av Ca, Fe, K, Mg, Na och S.

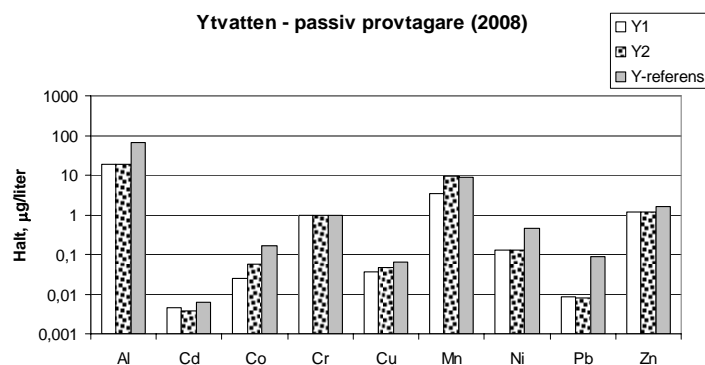
Figure 26. Surface waters contents of Ca, Fe, K, Mg, Na and S.



Figur 27. Ytvattnets halter av övriga undersökta element.

Figure 27. Surface waters contents of the other investigated elements.

Passiva provtagare var i kontakt med ytvattnet under 13 dygn. Som det framgår av Figur 28 låg metallhalternas medelvärde under perioden högre i referenspunkten än i Sorgboån (Y1 och Y2).



Figur 28. Analysresultat baserat på passiva provtagare. Ytvattenprover.

Figure 28. Contents based on passive sampling. Surface water.

6 Slutsatser

En skogsbilväg ca 15 km väster om Iggesund stabiliserades med bindemedel bestående av flygaska, grönlutslam och cement. Målsättningen var att i fält visa om det gick att förbättra grusvägarnas bärighet, främst under tjällossningsperioden. Innan stabilisering av vägsträckan utfördes hade den aktuella vägen sämst bärighet under hösten och efter tjällossningen. Stabiliseringsarbete i fält föregicks av laboratoriarbeten där recept på bindemedel togs fram. Labundersökningen visade att härdningstiden, det stabiliserade ballastmaterialets optimala vattenkvot och packningsgrad har betydelse för tjälegenskaperna.

Blandningen av bindemedlet i fält utfördes enligt recept som togs fram i lab. Bindemedlet som bestod av 80 % flygaska, 18 % grönlutslam och 2 % cement blandades med hjälp av en tvångsblandare på Iggesund Paperbords deponi. Blandningskvaliteten var generellt bra, men i det färdigblandade bindemedlet förekom en del klumpar av oinblandat grönlutslam.

Metodiken att stabilisera vägen involverade flera steg där utförandekvaliteten var viktig. Följande steg ingick: (1) uppfräsning av vägen, (2) vägghyvlning, (3) utläggning av bindemedlet, följt av (4) vägghyvlning och (5) infräsning (där bindemedel och ballast frästes ihop) samt (6) packning och (7) utläggning av slitlager.

Arbetet med renovering av ca 2 km väg tog ca 3 arbetsdagar, mycket tack vare genomgång och angagerade entreprenörer. Ballast och bindemedel blandades väl, men förekomst av klumpar av grönlutslam försvårade infräsningens arbetet. Klumparna spreds i vissa fall till dikena. Resultaten från mätning av packningsgrad och fallviksmätning visade att hjulspåren erhöll önskad packning, medan packningen i vägmitt blev sämre. Orsaken bedöms vara att hjulspåren blev bättre packade och hade samma nivå (höjd) som vägmitten. Vid packning med vält packades hjulspåren ytterligare, medan spår mitt packades bara marginellt.

Den färdiga vägen upplevdes jämn och solid redan direkt efter packning och utläggning av slitlager. Bedömningen som gavs av Vägföreningen var mycket positiv under hela hösten. Enbart på ett ställe har mindre problem med bärighet förekommit. På sträcka 2 kunde en del pothål noteras vid det sista provtagningstillfället den 1 oktober 2008, då även fallviksmätning utfördes. Fallviksmätningen visade att vägen på de stabiliserade sträckorna var jämna med avseende på styvhet i höger och vänster hjulspår. Vidare hade de stabiliserade sträckorna bättre bärighet än referenssträckan. Miljöprovtagningen visade att ytvattnet inte påverkats av vägen. Halterna av metaller, sulfat och klorid är naturligt låga och bedöms ej vara påverkade. Halterna av undersökta biotillgängliga metaller ligger på samma nivå i referenspunkten som längs den stabiliserade vägsträckan.

Denna avrapportering sker innan den första vintern och tjällossningen. För att kontrollera hur vägen klarade tjällossningen kommer att fallviksmätning utföras under våren 2009. Dessa resultat avrapporteras i september 2009.

7 Förslag till fortsatt arbete

Inför liknande projekt rekommenderas ett startmöte dag 1 för att involvera alla medverkande entreprenörer i arbetet och på så sätt öka förståelsen för de kritiska momenten i processen och säkerställa att dessa hanteras på bästa sätt. Viktigt för utförandet är:

- att det blandade materialet följer angett recept och blir homogent;
- att utläggningen blir jämn och att inget material hamnar i diket;
- att infräsningen håller ett jämt djup;
- att hyvlingen bidrar till god avrinning;
- att packningen utförs noggrant, över hela vägytan och omgående

Dålig kvalitet på bindemedel, på infräsning och packning medför sämre bärighet och större miljöpåverkan i form av utlakning. FoU-projektet i Iggesund gav uppslag till följande delsteg i processen som har potential att modifieras för processoptimering. En sådan optimerad arbetsgång skulle kunna vara:

- Hyvling av vägen, fixa diken och väglutning
- Startmöte, materialspecifik info till alla entreprenörer
- Kontroll av ingående material, vattenkvoter, densiteter etc.
- Blandning bindemedel i detta fall aska, slam och cement, efter recept
- Kontroll av homogeniteten, fokus på klumpar av grönlutslam
- Utläggning av bindemedelsblandningen, jämt, gärna med utmatning
- (Eventuellt hyvling)
- Infräsning av blandningen i vägmaterialet
- Hyvling av vägen, fixa rätt väglutning
- Viktigt att förpackning sker av hela vägytan, även vägmitt.
- (Vattna, beroende på erhållen vattenkvot)
- Packning med vält, omgående innan uttorkning sker.
- Utläggning av slitlager, omgående för att minska uttorkning
- Inspektion av diken, ta bort spill som rullat av vägbanan
- Ytterligare bevattning och packning kan utföras vid behov.

På smala vägar kan förpackningen av vägmitt utföras med hjälp av väghyvel. Risk finns dock för att vägslänten körs sönder. I vissa fall kan vägbredden anpassas för att underlätta förpackning över hela vägytan.

8 Referenser

- Andersson-Sköld Y och Suèr P. 2005 *Miljömässig karakterisering av flygaskor från Iggesund Paperboard*. Statens Geotekniska Institut.
- Arm M. 2003. *Mechanical Properties of residues as Anbound Road Materials – Experimental tests on MSWI bottom ash, crushed concrete and blast furnace slag*. Doctoral thesis, KTH.
- Bendz D., Wik O., Elert M. och Håkansson K. 2006. *Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande*. Värmeforsk, Miljöriktig användning av askor rapport 979 www.varmeforsk.se/databas/databas_index.html .
- Carlsson H. 2008. *Fallviktsmätning på stabiliserad grusväg väster om Iggesund*
- Edeskär T. 2006. *Use of Tyre Shreds in Civil Engineering Applications- Technical and Environmental properties*. Doctoral thesis, Luleå University of Technology.
- Greger M. och Nilsson T. 2005. *Spridning av pelleterad aska och grönlutslam i olika skogsbestånd – effekter på markvegetation, markkemi, skogsproduktion och tungmetallupptag i blåbär*. Stockholms Universitet och SLU.
- Kézdi, A., 1979. *Stabilized earth roads – Development in geotechnical engineering 19*. Elsevier Scientific Publishing Company. ISBN (vol 19) 0-444-99786-5.
- Kärrman E., Ohlsson S, Magnusson Y. och Petersson A (2006). *Miljösystemanalys för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande*, Värmeforsk rapportserie, www.varmeforsk.se/databas/databas_index.html
- Krauskopf K. 1985. *Introduction to geochemistry*. McGraw-Hill Book Company
- Lahtinen P. 2001. *Fly Ash Mixtures as Flexible Structural Materials for Low-Volume Roads*. Doctoral thesis for Helsinki University of Technology. Finnra Report 70/2001.
- Larsson L. 1995. *Utlakningsegenskaper hos grönlutslam från Iggesunds bruk*. Statens Geotekniska Institut.
- Lidelöw S. 2008. *Environmental assessment of constructio with recycled materials*. Doctoral thesis, Luleå University of Technology.
- Mácsik J. (2003). *Askblandningar i anläggningsprocesser*. www.z.lst.se/eu/index.htm
- Mácsik J. och Svedberg B. 2006. *Skogsbilvägsreovering av Ehnsjövägen, Hallstavik*. Askprogrammet. Rapportnummer: 968
- Naturvårdsverket. 2007-Remiss. *Kriterier för återvinning av avfall i anläggningsarbeten - Handbok 2007:xx med Naturvårdsverkets rekommendationer för återvinning av avfall i anläggningsarbeten*.
- SGI Information 18.4. 2006. *Handbok - Flygaska i mark- och vägbyggnad. Grusvägar*. www.swedgeo.se/publikationer/sgi-inf.html
- Stenmarck Å. och Sundqvist J-O. 2006. *Användning av täta organiska restprodukter som tätskikt i deponier*. IVL rapport.
- Svedberg B. 2003 *Miljötekniskt bedömningsssystem – Applikation på väg och järnvägsbyggnadsmaterial*. Licentiatuppsats. Luleå University of Technology.
- Svedberg B., Ekdahl P., Mácsik J., Maijala A., Lahtinen P., Hermansson Å., Knutsson S. och Edeskär T. 2007. *FUD-SALA, Provsträcka med stabilisering av obundna lager* . Miljöriktig användning av askor, Värmeforsk.
- Vägverket (2007:110): *Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad*. Vägverkets distributör, www.vv.se
- Wexell B-A (2006). *Muntlig referens*.

A BILAGOR

A.1 Anmälan - Användande av ballast stabiliserat med flygaska och grönlutslam i en grusvägskonstruktion, på enskild väg

BAKGRUND OCH SYFTE

Siltjordar förekommer bl.a. i Norrlands älvdalar under högsta kustlinjen. Dessa jordar kännetecknas av att de kan förlora sin hållfasthet exempelvis under tjällossningen. Orsaken är att de har stor kapillaritet och en permeabilitet i ett intervall som kan bidra till tjälskador. Runt Iggesund ingår silt i den huvudsakliga jordarten, bl.a. som silt, siltig sand och siltig morän. Många grusvägskonstruktioner innehåller därför en stor mängd silt. Dessa grusvägar kräver ofta ett årligt underhåll och påbyggnad med mera ballast för bibehållen funktion.

Alternativa material som bl.a. bioflygaskor har sedan länge använts för väg- och anläggningsändamål. Dessa material har nyttjats i bär- och förstärkningslager i grusvägar runt bl.a. Uppsala, Norberg, Hallstavik och Töre.

Syftet med denna anmälan är att i ett FoU-projekt utföra en förstärkning av en ca 2 km grusvägsträcka. Förstärkningsåtgärden avser ett bundet lager bestående av ballast stabiliserat med en blandning av flygaska och grönlutslam från Iggesund Paperboard AB och eventuellt cement. Cementtillsatsen nyttjas ifall det stabiliserade lagrets frostbeständighet behöver höjas. Undersökning av konstruktionsdelens geotekniska egenskaper utförs vid geotekniska laboratoriet vid Luleå tekniska universitet (LTU). Den förstärkta vägsträckan förväntas erhålla en god funktion med avseende på bärighet, hållbarhet och frostbeständighet samt fordra betydligt mindre underhåll än traditionella lösningar/material.

ADMINISTRATIVA UPPGIFTER

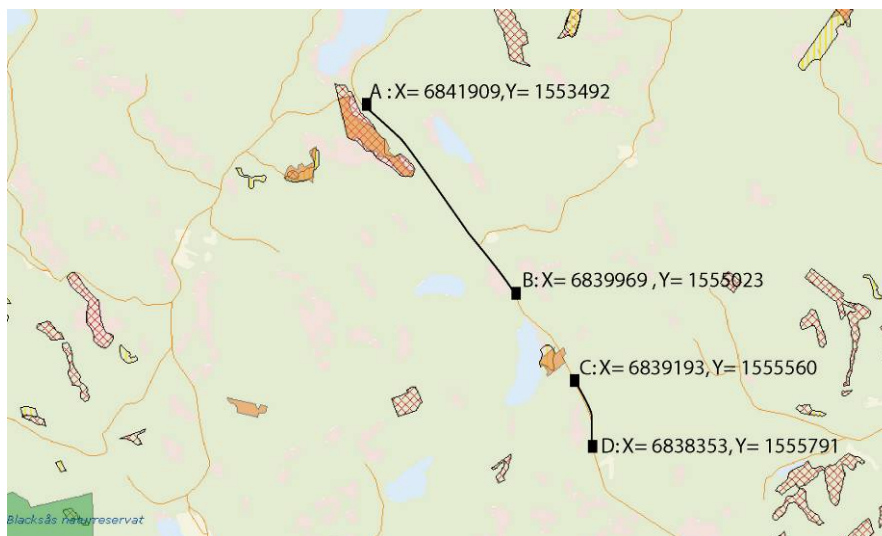
Anmälan enligt förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd och tillhörande bilaga med hänvisning till SNI-kod 90.007-2 C, SFS 1998:899.

Vägsträckan, en enskild väg, ägs av Ofärnevägarnas samfällighet förening och ligger inom skogsfastigheten som ägs av föreningen. Materialen som utgör förstärkningen i det bundna lagret är grus (70 – 80 %) stabiliserat med en blandning bestående av 20 – 30 % flygaska och grönlutslam. Flygaskan och grönlutslammet är restprodukter från pappersindustrin på Iggesund Paperboard AB. Innehållet i de båda restmaterialen uppfyller Skogsstyrelsens kriterier för askåterföring och bedöms medföra mindre ringa risk vid användning som vägkonstruktionsmaterial.

Information om verksamhetsutövaren

Verksamhetsutövare

Ofärnevägarnas sammfälligt förening



Figur 1 Lämplig sträcka som är ca 2 kilometer lång, väljs ut mellan punkterna A-B och C-D.

BESKRIVNING AV VERKSAMHETEN

Lokalisering

Vägen som avses är lokaliserad ca en mil väster om Iggesund. Två delsträckor om totalt ca två km har valts ut för projektet. Delsträckorna är lokaliserade mellan punkterna A-B och C-D, Figur 1. Koordinaterna redovisas i Tabell 1.

Tabell 1 Sträckornas ungefärliga koordinater.

	x	y	Längd, m
A	6841909	1553492	
B	6839969	1555023	2471
C	6839193	1555560	
D	6838353	1555791	871,1837

Ingående material

Den flygaska som avses användas kommer från förbränning av barkprodukter som rensas bort innan papperstillverkning vid Iggesunds Paperboard AB. Pannan är en rosterpanna. Askan uppfyller Skogsstyrelsens rekommenderade minimi- och maximihalter av ämnen, för spridning av askprodukter Tabell 2. Barkprodukterna som förbränns kan variera, vilket medför olika gynnsam förbränningstemperatur. Detta innebär en något skiftande halt av oförbränt, vanligtvis över 10 % men partvis över 20 %, Greger och Nilsson, (2005). Eftersom en för hög halt av oförbränt kan komma att påverka tjälegenskaperna negativt kommer halten oförbränt att hållas nere.

Grönlutslam bildas ur restvattnet från papperstillverkning, slammet innehåller framför allt lignin och är den rest som blir kvar efter ett processteg där kemikalier återvinns. Det grönlutslam som avses att användas i projektet kommer från Iggesunds Paperboard AB.

Analysen av Iggesundsslamm visar att det innehåller låga halter av tungmetaller, Tabell 1. Halterna av Mg och Mn ligger dock en tiopotens högre än naturliga jordar i regionen (Larsson, 1995). I samma utredning bedöms lakbarheten av tungmetaller ligga i samma storleksordning som för morän.

Tabell 2. Totalhalter i Barkaska och i pellets bestående av barkaska (65%) och grönlutslam (35%) jämfört med Skogsstyrelsens rekommenderade lägsta och högsta halter, Greger & Nilsson (2005).

Ämne	Halt	Barkaska	Barkaska(65%)/Grönlutslam(35 %)	Rekommenderade halter (Skogsstyrelsen)	
				Lägsta	Högsta
SiO ₂	vikt %	22,7	16		
CaO	vikt %	30,1	31,7	17,5	
K ₂ O	vikt %	4,9	2,6	3,6	
MnO ₂	vikt %	1,3	1,1		
P ₂ O ₅	vikt %	2,1	1,5	2,3	
Al ₂ O ₃	vikt %	3,9	3,8		
Fe ₂ O ₃	vikt %	1,6	1,4		
MgO	vikt %	2,9	2,8	3,3	
Na ₂ O	vikt %	1,1	1,3		
TiO ₂	vikt %	0,17	0,18		
As	mg/kg	<22	<23		30
Ba	mg/kg	2010	1540		
Be	mg/kg	<0,6	<0,59		
Cd	mg/kg	8,5	7,7		30
Co	mg/kg	9,9	9,5		
Cr	mg/kg	49,7	48,4		100
Cu	mg/kg	88,7	78,5		400
Hg	mg/kg	<0,19	0,31		3
La	mg/kg	15,1	13,5		
Mo	mg/kg	<6			
Nb	mg/kg				
Ni	mg/kg	22,4	50,7		70
Pb	mg/kg	62,6	59,5		300
S	mg/kg	11600	14100		
Sc	mg/kg	<1,2	<1,2		
Sn	mg/kg	<24	<24		
Sr	mg/kg	557	465		
V	mg/kg	21,3	29,8		70
W	mg/kg	<24			
Y	mg/kg	8,7	7,4		
Yb	mg/kg	1,52	1,6		
Zn	mg/kg	3880	2920	1000	7000
Zr	mg/kg	104	40		

Vid blandning av barkaska (flygaska) och grönlutslam erhålls ett halvfast - fast material med goda geotekniska egenskaper. Under 2005 genomfördes ett försök att använda pelleterad barkaska-grönlutslam med, halterna 65 % aska och 35 % grönlutslam, som

näringsåterföring i skog (Greger & Nilsson, 2005). Den pelleterade blandningen uppfyllde Skogsstyrelsens rekommenderade högsta halter men uppfyllde inte helt uppsatta lägsta halter för återföring av näringsämnen.

Pellets bestående av barkaska-grönlutslam spreds 1996 på fyra försöksytor i Iggesunds kommun. Undersökningen utförd av Greger och Nilsson (2005) indikerar att den undersökta blandningen gav ett hållfast och beständigt material efter härdning. Fem år efter spridning kunde hela korn hittas på spridningsplatsen.

Dessa resultat har lett till det nu aktuella FoU-projektet där ballast stabiliserat med flygaska och grönlutslam kommer att användas i ett stabiliserat lager i en grusvägskonstruktion. Det stabiliserade grusmaterialets geotekniska egenskaper undersöks med avseende på packningsegenskaper, hållfasthet och hållfasthetsutveckling, samt tjälegenskaper. Tjälegenskaperna kommer att kontrolleras i fält genom fallviktsmätning, varav ett av mätningstillfällena görs efter den första tjällossningsperioden 2009.

Geotekniska egenskaper

- Blandningen flygaska/grönlutslam ger en härdande effekt, ökar vägens hållfasthet och därmed bärighet samt förbättrar konstruktionsdelens frostbeständighet.
- Eventuell cementtillsats kan behövas för att höja frostbeständigheten.

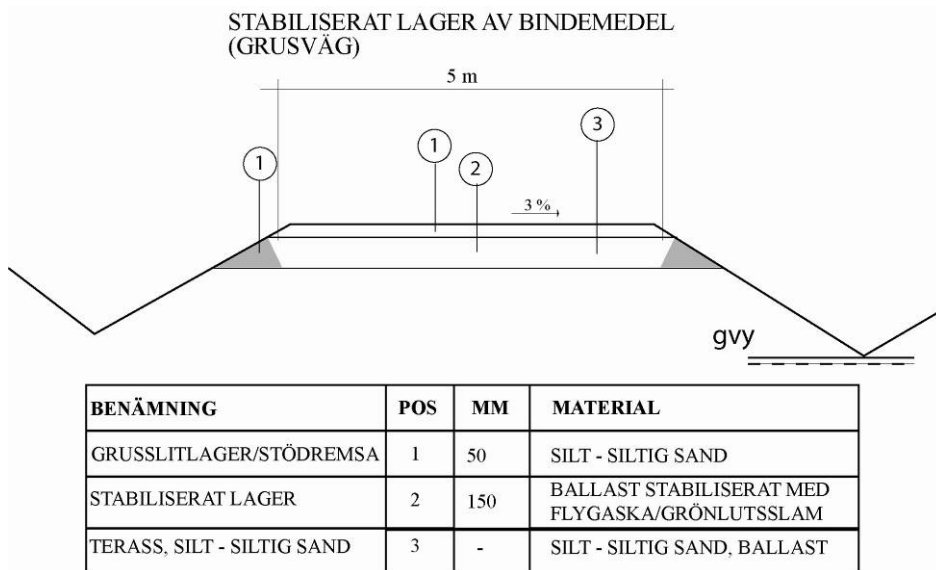
Två blandningsrecept har potential för att nyttjas i det stabiliserade lagret, Tabell 3. Blandningsrecept 2 ger ett mer kompakt, tätare och hållfastare material. I Tabell 4 redovisas materialåtgången (torrvikt) per kilometer vägsträcka vid en vägbredd på 5 m och en lagertjocklek på det stabiliserade lagret på 0,15m. Detta medför att beroende på val av recept kommer mellan 1890 – 2520 ton ballast, 504 – 729 ton flygaska, 81 – 113 ton grönlutslam och upp till ca 13 ton cement att användas på 2 km vägsträcka.

Tabell 3 Möjliga blandningsrecept för pilotförsöket.

Blandnings- recept	Ballast	Flygaska	Grönlutslam	Cement	Torrdensitet TS	Torrdensitet ton/m ³	Tryckhållfasthet t kPa (30 dygn)
	TS vikt%	TS vikt%	TS vikt%	TS vikt%			
1	70%	27%	3%	0%	83% - 85%	1,8	390-425
2	80%	16%	3,6%	0,4%	88% - 90%	2,1	500-700

Tabell 4 Materialåtgång vid stabilisering av 1 km vägsträcka.

Vägbredd m	Bundet lager m	Torrdensitet Ton/m ³	Materialåtgång per kilometer väg			
			Ballast Ton (TS)	Flygaska Ton (TS)	Grönlutslam Ton (TS)	Cement Ton (TS)
5	0,15	1,8	945	365	41	0
5	0,15	2,1	1260	252	57	6,3



Figur 2 Delar i den planerade anläggningskonstruktionen (principskiss).

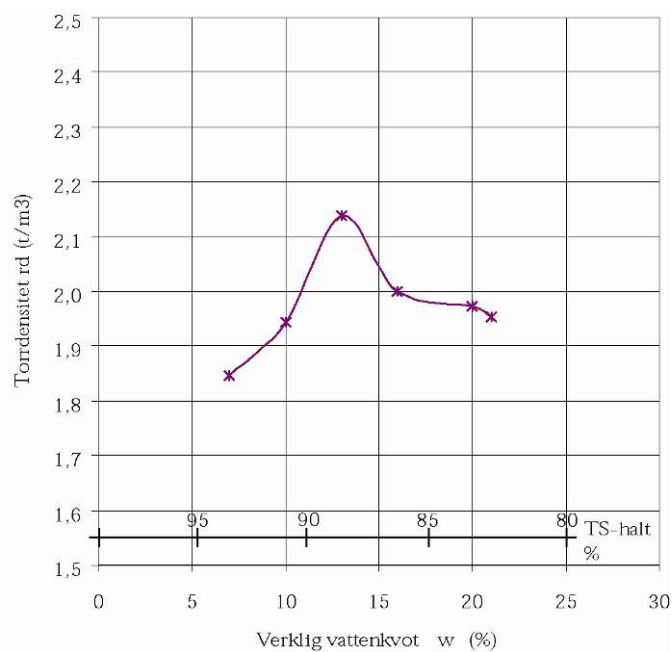
Konstruktionens utformning redovisas i Figur 2. Av den framgår att ca 0,05 m slitlager kommer att läggas ut på det stabiliserade konstruktionsdelen. Det stabiliserade lagret bedöms bli mycket tätt. Motsvarande konstruktion med ballast stabiliserat med flygaska erhåller en täthet som motsvarar < 5 mm/år till 20 mm/år vid en årsnederbörd mellan 500 – 700 mm. Detta medför att mängden vatten som kommer i kontakt med konstruktionsdelen är begränsad.

BESKRIVNING AV MILJÖEFFEKTER

Bedömningen av miljöeffekter baseras på enskilda materialens halter och lakningsegenskaper, konstruktionens utformning och omgivningen. Flygaskan och grönlutsslamm har bedömts separat olika studier. Klassificering av flygaska visade att materialet kan med undantag av enstaka ämnen som bl.a. klorid, sulfat krom, molybden och zink klassas som inert avfall, Andersson-Sköld och Suèr (2005). Undersökning av grönlutsslam visade att lakningsegenskaperna var jämförbara med moräner, Larsson (2005). Greger och Nilsson (2005) visade att blandning av flygaska och grönlutsslam kan i pelleterad form återföras till skogen, och att halterna av tungmetaller ligger klart under de gränsvärden som Skogsstyrelsen anger.

Flygaska/grönlutsslam kommer i den aktuella applikationen att användas som stabiliseringsmedel av grus (ballast). Packningsresultat från Luleå tekniska universitets geotekniska laboratorium visar att vid optimal packning erhålls ett kompakt och tätt material. Torrdensiteten på det stabiliserade lagret kommer att ligga mellan 1,8 – 2,1 ton/m³, Figur 3. Lagret Den stabiliserade konstruktionsdelen erhåller sin täthet efter packning med vält. Detta medför att mängden vatten som perkolerar igenom konstruktionen är liten, från några enstaka liter per kvadratmeter och år (mm/år) till runt 25 liter per kvadratmeter och år. Stor utspädning, kombinerat med liten mängd utlakning och ett material med låga lakbara halter medför att i den aktuella applikationen bedöms vägkonstruktionen med det stabiliserade lagret utgöra mindre än ringa föroreningsrisk. Bedömningen baseras på totalhalter och lakningsegenskaper hos

ingående material och en generell bedömning baserat på miljöriktlinjer för askor, Bendz et. al (2006).



Figur 4 Packningsegenskaper hos stabiliserad ballast, enligt blandningsrecept 2, se Tabell 3.

Båda materialen har låg 137Cs halt, dvs halten är << SSI rekommenderade dosraten i väg- eller fyllnadsmaterial, Analysresultat. Eventuell damningsrisk minimeras genom att bindemedlet håller jordfuktigt tillstånd. Blandingen ballast, flygaska och grönlutslam håller ca 10 – 15 % vattenhalt (TS lika med 85 – 90 %).

ANVÄNDNING AV STABILISERAT BALLAST I FÖRHÅLLANDE TILL HÄNSYNSREGLERNA I 2 KAP. MILJÖBALKEN.

Kunskapskrav (2§)

Ingående material och blandning är väl undersökta. Materialens tekniska och miljöegenskaper är väl definierade. En utvärdering fem år efter återföringsförsöket av barkaska-grönlutslam till skogsmark (Greger & Nilsson, 2005) visar på en svag höjning av pH och en tydligt förhöjd salthalt i humuslagret. Efter fem år kunde man inte påvisa ökad tillväxt av skogsbestånd eller signifikant ökat metallinnehåll i blåbär.

Det ny aktuella FoU projekts syfte är att i fält verifiera resultat erhållna i LTU:s laboratorium.

Sträckan valdes efter platsbesök och en genomgång av SGU:s brunnsarkiv samt Naturvårdsverkets kartverktyg för Skyddad natur. Utmed den avsedda vägen ligger endast skogsfastigheter utan hushåll, den avsedda vägsträckan kan därför helt stängas av under byggnation.

Sorgboån rinner parallellt den aktuella vägsträckningen. Restaurering av vägtrummor har gjorts för att öka öringens möjlighet att vandra upp i ån (Tomas Eriksson, SVO, muntligen 07-12-10). Med hänsyn till detta kommer minsta avståndet mellan ån och den för stabilisering aktuella sträckan att bli > 20 m.

Inga grundvattentäkter eller brunnar finns inom 200m. I anslutning till Bottentjärnen som vägen passerar ligger en skoglig nyckelbiotop. För att säkerställa att varken biotopen eller tjärnen kan komma att påverkas av varken utförandet eller den färdigställda vägen görs ingen förstärkning inom 50 m meter från nyckelbiotopen eller tjärnen.

Försiktighetsmått (3§)

Planering, projektering och utförandet av konstruktionen sker med stöd av ”Vägledning Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad”, Vägverket (2007) och Handbok - Flygaska

i mark- och vägbyggnad, SGI Information 18.4 - 2006. Dokumentation sker i relationshandlingar, se Figurerna 1 och 2 (plan-, sektion- och profilritningar etc.).

Arbetet utförs under våren 2008 vilket leder till att risken för damning minimeras. Sträckan byggs inte intill bostadshus. Inga brunnar finns inom ett område på ca 200 m från vägsträckan. Det stabiliserade lagret kommer att placeras ovan grundvattenytan med god marginal (> 1 m ovan gvy). Stabiliseringsåtgärd utförs enbart på vägsträckor där vägdiken finns på båda sidorna om vägen. För att undvika damning på plats levereras det blandningen flygaska/grönlutslam i ”jordfuktigt” tillstånd.

Tabell 5 Egenkontroll, teknik och miljö.

Prov till analys ^{&}	Antalet prover per år		
	Före utförande Våren 2008	Efter utförande Hösten 2008	Efter tjällossning Vårvinter 2009
Ytvatten ref	1	1	
Ytvatten 1	1	1	
Ytvatten 2	1	1	
Lysimeter 1		1	
Lysimeter 2		1	
Lysimeter 3		1	
Fallviktsmätning 1		1	
Fallviktsmätning 2			1

& Vattenprov, analys utförs exempelvis av enligt analysmetod V-3a (Analytica eller motsvarande) efter filtrering samt mätning av pH och kond.

Stabilisering av ballast sker antingen på vägen, alternativt utförs ballaststabilisering på Iggesund Paperboards fastighet. Utläggning utförs exempelvis med väghyvel. Det utlagda lagret packas med vält och slitlager läggs ut på den packade konstruktionsdelen. Utläggning och kontroll avseende tekniska egenskaper baseras på Vägverket (2007) och SGI Information 18.4 - 2006. Kontrollprogram av applikationens miljöeffekt sker med hjälp av analys av ytvattenprover och före (referens) och efter utförandet samt lysimetervattenprover, Tabell 5. Tre lysimetrar kommer att installeras på sträckan. Tekniska egenskaperna kontrolleras med hjälp av fallviktsmätning vid två tillfällen,

varav en av mätningarna utförs efter den första tjällossningen. Schema för genkontroll/uppföljning redovisas i Tabell 5.

Produktvalsprincipen (4§)

Stabiliserat lager med ballast stabiliserat med flygaska/grönlutslam i bär-/förstärkningslagret har högre bärförmåga än konventionellt använda fyllnadsmaterial. Undersökningar och erfarenheter visar att konstruktionens bärförmåga ökar samtidigt som materialbehovet minskar. Åtgången av ballast, i det aktuella fallet, är i samma storleksordning för enbart ballast som för stabiliserat ballast, förutsatt att samma lagertjocklek läggs ut. Den förväntade besparingen sker genom minskat underhållsbehov, Lahtinen (2001). Genom att inte behöva reparera vägen genom utläggning av nytt ballastmaterial kan materialbesparingen bli mellan 900 – 1300 ton/km per reparationstillfälle vid utläggning av 0,1 – 0,15 m ballastmaterial.

Materialvalet, med stabiliserat ballastmaterial, motiveras med att lösningen inte medför ökad miljöpåverkan och sparar naturresurser samt energiåtgång. Materialet för ändamålet bedöms bli bättre än konventionellt ballast.

Hushållning (5§)

Enligt hushållningsprincipen påyrkas att alla som bedriver en verksamhet skall hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning. I avsett projekt möjliggörs återanvändning av industrirestprodukter, vars goda egenskaper kommer till nytta. FoU-projektets syfte är att utvärdera fullskalig utläggning och minskning av underhållsbehov, samt följa upp omgivningseffekter med hjälp av analys av ytvatten och lysimetervatten.

Angränsande studier visar på att användning av flygaska (bio-, torv- och kolflygaska) i anläggningstekniska applikationer ger miljönytta bl.a. i form av låga emissioner till vatten och besparing av naturresurser och energi (Kärrman, 2006).

När konstruktionen tjänat ut bedöms det stabiliserade materialet kunna återbrukas i vägapplikation på plats.

Val av plats (6§)

Många vägar i Iggesundsomgivningen har på grund av sitt höga siltinnehåll, låg bärighet och kräver därför kontinuerliga reparationer. Provsträckorna som avses i projektet har valts då de ligger nära Iggesund Paperboard där askan och grönlutslammet produceras. Utmed vägsträckorna ligger endast skogsfastigheter utan hushåll vilka kan nås från andra vägar, de avsedda västräckorna kan därför helt stängas av under byggnation.

Inga grundvattentäcker eller brunnar finns inom 200m och heller inga skyddsvärda vattendrag. Arbeten kommer inte att bedrivas närmare än 20 m till Sorgboån som rinner parallellt den aktuella vägsträckningen. I anslutning till vattendraget finns två skogsbiotopskydd (NVR-id 2010143 och 2010494). De vägsträckor som avses att förstärkas ligger med minst 20 meters avstånd till vattendraget och minst 50 m till skogsbiotoperna.

Vägsträckan är dikad och grundvattennivån bedöms ligga > 1 m under det stabiliserade lagret i väg konstruktionen.

Rimlighetsavvägning (7§)

Anmälan avser användning av barkaska-grönlutslam för stabiliserat bär-/förstärkningslager i ett FoU-projekt. Användning av det stabiliserade lagret i konstruktionen har bedömts ge upphov till en platsspecifik föroreningsrisk som är mindre än ringa.

Konstruktionen följs upp med kontrollprogram avseende miljö- och teknik, se tabell 4. Konstruktionen medför tekniska och miljömässiga fördelar genom minskade transporter, bättre resurshållning, minskad energiåtgång och ökad bärförmåga samt minskade drift- och underhållskostnader. Den aktuella användningen har ställts i relation till föroreningsrisk och nödvändiga försiktighetsmått betraktas som uppfyllda.

Referenser (ej bilagda):

- Plan-, sektions- och profilritningar (bifogas)
- Analys av strålning, 137Cs.
- Greger M. och Nilsson T. 2005. Spridning av pelleterad aska och grönlutslam i olika skogsbestånd – effekter på markvegetation, markkemi, skogsproduktion och tungmetallupptag i blåbär. Stockholms Universitet och SLU.
- Larsson L. 1995. Utlakningsegenskaper hos grönlutslam från Iggesunds bruk. Statens Geotekniska Institut.
- Andersson-Sköld Y och Suèr P. Miljömässig karakterisering av flygaskor från Iggesund Paperboard. Statens Geotekniska Institut.
- Vägverket (2007:110): Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad. Vägverkets distributör, www.vv.se
- Bendz D., Wik O., Elert M. och Håkansson K. 2006. Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande. Värmeforsk, Miljöriktig användning av askor rapport 979 www.varmeforsk.se/databas/databas_index.html.
- SGI Information 18.4. 2006. Handbok - Flygaska i mark- och vägbyggnad. Grusvägar. www.swedgeo.se/publikationer/sgi-inf.html
- E. Kärrman, S Ohlsson, Y. Magnusson och Anna Petersson (2006). Miljösystemanalys för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande, Värmeforsk rapportserie, www.varmeforsk.se/databas/databas_index.html
- J. Mácsik (2003). Askblandningar i anläggningsprocesser (etapp 2). EU:s strukturfond Mål 1 Södra skogslänsregionen. www.z.lst.se/eu/index.htm
- P. Lahtinen (2001). Fly Ash Mixtures as Flexible Structural Materials for Low-Volume Roads. Doctoral Thesis Finnra Reports 70/2001. Helsinki University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki Finland.
- Mácsik J. och Svedberg B. 2006. Skogsbilvägsrenovering av Ehnsjövägen, Hallstavik. Askprogrammet. Rapportnummer: 968
- Stenmarck Å. Och Sundqvist J-O. Användning av täta organiska restprodukter som tätskikt i deponier
- Svedberg B., Ekdahl P., Mácsik J., Maijala A., Lahtinen P., Hermansson Å., Knutsson S. och Edeskär T. 2007. FUD-SALA, Provsträcka med stabilisering av obundna lager . Miljöriktig användning av askor, Värmeforsk.

A.2 Fältdagbok

- Dag 1. Vägen hyvldes av med fall på 3 % och dikeskanterna bättrades. Den befintliga vägkonstruktionen frästes upp till ett djup av mellan 9-12 cm.
- Dag 2-3. Vägen hyvldes på nytt av med fall på 3 %. Vattenkvoter och densitet mättes på de ingående materialen (uppfräst vägmateriäl, flygaska, grönlutslam och cement) se Tabell 10. Utifrån data på materialens vattenkvoter och densiteter beräknades blandningsreceptet om till våtvikt. På deponin, där askan och slammet lagrats, vägdes aska, slam och cement till blandningen in med hjälp av trakorskopa. Blandningen omblandades med trumblandare till homogent 'blomjordslignande' lukt och dammfritt material. Blandningen tippades med flakbil så jämt som möjligt på den uppfrästa vägen. Efterfrågad spridningstjocklek av blandningen var för receptet tre cm. Kättingar för bakluckeöppning underlättade utläggningsarbetet och utjämning med hyvel krävdes för att få ett jämntjockt lager. Blandningen frästes in i vägmaterialet till nio cm djup. Därefter hyvldes vägen av på nytt och packades med vält. Inget externt vatten behövde tillsättas, optimal vattenkvot på stabiliserad väg var ca 11 %. På den packade vägen lades 0-16 mm slitlager. Dag två grävdes tre lysimeter ner i den ännu ostabiliserade vägen samt en referenslysimeter mellan de två provsträckorna. Dag tre avslutades den andra provsträckan, den packades och slitlagret lades ut. Resultatet av packningen för olika delar av vägsträckorna testades med vattenvolymeter och ts-bestämning. Vattenprover och referenser togs i vägdiiken och närliggande vattendrag.
- Dag 4. Då packningen av vägen under arbetets gång blivit eftersatt och därför medfört till att vattenhalten i den stabiliserade vägen eventuellt minskat gör mycket genom avdunstning, vattnades vägen och packades på nytt, nu ovanpå slitlagret.

Det mesta flöt på exemplariskt, vädret bjöd på rekordvärme och ingen nederbörd, vilket också medförde att vattenhalten i den stabiliserade vägen minskade under arbetets gång. Fräsningen och hyvlingen fungerade mycket bra, eventuellt skulle man för att optimera arbetsinsatsen kunna avstå att fräsa inna blandningen läggs ut, men det kräver att vägmaterialet är homogent och inte innehåller för mycket stora stenar. Nedgrävningen av lysimetrar var tänkt att utföras dag 3 men pga maskinskada kunde det inte göras förrän eftermiddag dag 4. Detta resulterade i att endast en av lysimetrarna (L3) hamnade i vägbanan där den var tänkt att vara. De andra två (L1 och L2) grävdes ner i anslutning till den redan stabiliserade vägbanan i mötesplatser, som sedan stabiliserades de också. Referenslysimetern (L-Ref) installerades i en mötesplats på referenssträckan mitt emellan de två provsträckorna. Den lades i mötesplatsen av två anledningar; för att efterlikna förhållandena för L1 och L2; för att inte störa byggandet av vägen och därmed de lastbilar som konternuerligt transporterade ask- och grönlutsslamblandning och slitlager. Att blanda aska, slam och cement på deponi var effektivt och säkert, dock bör stora klumar av grönlutslam siktas bort efter blandning för att minska möjligheten till att stora klumpar av grönlutslam rullar ner i vägdiiken vid utläggning. Utläggningen fungerade relativt bra då kättingar användes för bakluckeöppning, dock var det svårt att erhålla ett jämt lager och efterföljande hyvling var nödvändig. Genom att använda utmatande flak (typ asfaltsutläggare) skulle precisionen på utläggningen höjas och

behovet av efterföljande hyvling minskas. Packningen var tänkt att utföras noggrant och direkt efter att blandningen frästs in i vägen och hyvlat av. Pga manfall eftersattes packningen, varför hjulspåren där arbetsfordonen körde erhöll en god packning medan mittsträngen och kanterna blev lidande. Den uteblivna packningen genom åtgärdades efterföljande bevattning och packning.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB

101 53 Stockholm

Tel 08-677 25 80

Fax 08-677 25 35

www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker

Fax 08-677 25 35