

Kontroll och uppföljning av askvägar – kommunikation och acceptans

Josef Mácsik, Tommy Edeskär, Fredrik Hellman

**Kontroll och uppföljning av askvägar –
Kommunikation och acceptans**

**Control and follow-up of fly ash roads -
communication and acceptance**

Josef Mácsik
Tommy Edeskär
Fredrik Hellman

Q9-715

Abstract

Stabilization of unbound layers of road structures is a promising technique from technical, economical and environmental point of view. The need of demonstration projects on road sections to show the relationship of laboratory measurements and field measurements are great in order to promote this stabilization technique.

Förord

Rapporten riktar sig till dem som utför eller planerar att utföra stabilisering av obundet lager eller terrass i grusvägar eller industriytor, med bindemedel där en viktig bindemedelskomponent är flygaska från bio- torv eller kolbränsle.

Resultat från uppföljning av flera stabiliserade sträckor och industriytor presenteras, där flygaska är en bindemedelskomponent. Resultaten kompletterar vägledningen, Munde et al. (2006) med avseende på beständighet, miljöegenskaper på flera års perspektiv. Vår förhoppning är att rapporten ska kunna fungera som ett stöd för genomförande av demonstrationsprojekt av stabiliserade terrass eller obundet lager med flygaska som bindemedelskomponent.

Projektet har finansierats av Värmeforsk, Stiftelsen Skogsindustriernas. Vatten- och Luftvårdsforskning (SSVL), Trafikverket, RagnSells AB, Jämtkraft AB, Holmen Paper, Hallstavik, Vattenfall, Skogsstyrelsen, Riksförbundet Enskilda Vägar (REV), VTI och Ecoloop.

Projektets referens- och styrgrupp har bestått av Claes Ribbing, Åsa Lindgren (Trafikverket), Birgitta Strömberg (Värmeforsk), Gunnar Johansson (SCA, Lilla Edet), Mats Carlsson (Stora Enso Fors), Peter Rehnman (Trafikverket Region Mitt), Jonas Vestun (Jämtkraft), Anna-Maria Berglund (Holmen Paper Hallstavik) Håkan Arvidsson (VTI), Leif Kronkvist (REV), Johan Lagerlund (Vattenfall) och Thomas Fägerman / Marcus Åberg (RagnSells AB).

Sammanfattning

Stabilisering av obundna lager i vägöverbyggnader är en tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt lovande teknik. Det saknas en svensk vägledning för metoderna stabilisering av terrass och stabilisering av obundet lager, vilket leder till att tekniken används sparsamt. Metoden bedöms trots detta ha stor potential i och med att bärigheten är en allt viktigare fråga. Stabilisering med cement, kalk och Merit, som används traditionellt som bindemedel, är en förhållandevis dyr metod. Goda geotekniska egenskaper och lägre bindemedelskostnad är de största incitamenten till att använda flygaska som bindemedelkomponent. En viktig drivkraft hos producenter av flygaska är att hitta avsättning för stora volymer. Flygaska nyttjas främst som lager (monolit) och vid stabilisering av bär-/ förstärkningslager på industriytor och grusvägar. Kunskapen om de stabiliserade lagrens beständighet är begränsad till en förhållandevis korta tid.

Projektets mål var att visa vad som bör mätas/redovisas för att visa att ett stabiliserat lager i en vägkonstruktion ger högre bärighet och längre livslängd. Målet var att ge stöd för att använda tekniken att stabilisera obundna lager och för att nyttja flygaskor som bindemedel. Målgruppen var nyckelaktörer som väghållare, utförare och miljömyndigheter.

Inom projektets ramar har erfarenheter från fyra pilotprojekt, Rv90, Hallstavik, Lungviksverket, och Dåvamyrans industripark, summerats vad gäller bärförmåga och/eller miljötekniska egenskaper. Det genomfördes också en intervjustudie med nyckelaktörer för att utreda möjligheter och hinder för stabilisering med flygaska som bindemedel.

Projektets resultat visar att de projekt som genomförts under senare tid med flygaskor som bindemedel har utförts enligt befintlig vägledning för ”Flygaska i mark och vägbyggnad”. Intervjuresultatet visar samtidigt att byggkontroll är ett viktigt instrument för att erhålla god vägkvalitet. Packningskontroll och kontroll av vattenkvot eller TS-halt är viktiga parametrar för att säkra vägens bärförmåga och goda tjälegenskaper. Det saknas en svensk vägledning för stabilisering av terrass och obundna lager, vilket lyftes som ett hinder för användning av flygaska som bindemedel. Exempelvis visar erfarenheter från vägsträckan utanför Hallstavik att det stabiliserade obundna lagret är ett tätt material. Grundvattenprover som togs i grundvattenrör installerade i vägdikesområdet längs provsträckan indikerar att halterna av metaller ligger på samma nivå eller under de halter som har uppmätts i referenspunkten. Besiktning av vägens tillstånd hösten 2009 visade att den stabiliserade sträckan håller god kvalitet, medan referenssträckan är i behov av åtgärd på grund av potthål etc. Resultaten från Lungviksverket visar att infiltrerat vatten med hög organiskt innehåll kan leda till utlakning av bl.a. As från flygaskan. En sammanställning av detta arbete pekar på att det finns ett stort behov av att objekt ska dokumenteras från planering till drift. Flera demonstrationsprojekt behövs för att styrka olika oberoende aktörers erfarenheter vad gäller livslängd, ekonomi, miljö, drift och underhållskostnader. Ett av problemen idag är att en sådan sammanhållen empiri saknas. Viktiga kontrollparametrar som bör kopplas till vägens livslängd är tillståndsbedömning, mätning av ytans jämnhet, spårbildning, beläggningsskador och vägens bärighet.

Projektets resultat och intervjuerna indikerar flygaskans positiva långtidsegenskaper som konstruktionsmaterial i väg. Fältarbetena i Lungviken och Dåvamyrans industripark som utfördes inom ramen för detta projekt följde vägledningen för ”Flygaska i mark och vägbyggnad”, vilket bidrog till att sprida informationen om metodiken hos aktörer, som väghållare, vägtekniker, geotekniker, askleverantörer och miljömyndigheter.

Nyckelord: Stabilisering, terrass, obundna lager, bindemedel, flygaskor, kontroll och uppföljning.

Summary

Stabilization of unbound layers of road structures is a promising technique from technical, economical and environmental point of view. The method is not commonly in practice in Sweden for public roads. Although, this method is believed to have good potential as it increases the road constructions bearing capacity. The most common binder used is cement, lime and slag, but alternative binders like fly ash are also of interest. Due to the comparatively short time stabilized layers have been used in Sweden, experience of durability is limited. A Swedish manual for stabilizing terrace and unbound layers is lacking and as a result of that the method as well as fly ash as binder component has a long way before being accepted. One major objective against the stabilization technique is the lack of experience in cold climate regions. Fly ash has good geotechnical properties and has been used as binder replacement. An important driving force of ash producers is to find deposition alternatives for big volumes of fly ash. Today fly ash is mainly used as leveling layer in landfills, to stabilize unbound layers in constructions of industrial areas with demand on high bearing capacity and in some cases in gravel roads.

The aim of this project was to evaluate what parameters should be measured in order to show how bearing capacity of the road develops and to evaluate the life time of the construction. The objectives were to aid the use of stabilization of unbound layers with fly ash as binder component. The target groups of the project were road administration, entrepreneurs and environmental authorities.

Four pilot objects were studied within the frame of this project, a national highway (Rv90), a gravel road outside Hallstavik and two industrial areas, one at Lungviksverket (Östersund) and one at Dåvamyran (Umeå). These sites were investigated with regard of bearing capacity and/or environmental properties. An interview series were conducted with 12 key actors and a SWOT (strength, weakness, opportunity threat) was made for fly ash as binder component.

The interview result concludes that the manual for stabilization of gravel roads with fly ash, Munde et al. (2006) is used, though mostly in pilot studies. Furthermore it is well understood that control and follow up during construction is an important instrument to get good road quality after stabilization. Compaction and water content are important to control in order to secure high bearing capacity and frost resistance of the stabilized road. Experience shows that fly ash gives a good function. A follow up study shows that permeability of the stabilized road construction at Hallstavik is low and groundwater samples from the road section indicates that metal contents in the water is the same or lower than in reference samples. An assessment of the roads surface conditions show that the stabilized section had no occurrence of cracks, unevenness or potholes and was generally in good condition after 5 years in use in contrast to the reference road section with poor road conditions. Results from Lungviksverket indicate that infiltration of surface runoff water with high organic content (BOD – Biological oxidation demand) can lead to leaching. Water in contact with timber infiltrated the road and leached high As from the fly ash. This can be efficiently hindered if runoff water is drained before entering the road. Results from field studies and interviews indicate that fly ash as binder component has a positive effect on the constructions life span. Life span, economy, environment, and cost for maintenance are not followed up today. In order to promote the use of stabilization of terrace and unbound layer in road construction a better understanding is needed of the correlation of laboratory and field results and a documentation of different objects from planning to drift in order to improve design. Thereby more reference roads with laboratory and long term follow up studies are needed.

Key words: Stabilization terrace, unbound layers, binder, binder components, fly ash, follow up.

Extended summary

Stabilization of unbound layers of road structures is a promising technique from technical, economical and environmental point of view. Excavation and transport of excavated soil can be minimized and use in situ/on site is maximized. Deep stabilization is an established method, where soft soils, like clay, gyttja peat are stabilized. Fine material in terraces is considered difficult to use in road construction due to high content of water and poor frost properties etc.

Stabilization of terraces and unbound layers is not commonly in practice in Sweden for public roads outside Skåne. Although this method is believed to have good potential as it increases the road constructions bearing capacity. The most common binder used is cement, lime and slag though alternative binder components, like fly ash are of interest. Fly ash has good geotechnical properties and can be used as binder replacement. An important driving force of ash producers is to find deposition alternatives for big volumes of fly ash, typically > 10 000 ton fly ash at one site. In these applications fly ash is used as ballast material with some hardening capacity, which depends on moisture content, storage time, fuel etc. Today fly ash is mainly used as leveling layer in landfills, to stabilize unbound layers in constructions of industrial areas with demand on high bearing capacity and in some cases in gravel roads. Earlier studies, such as Svedberg et al. (2007) Mácsik et al. (2004) showed that fly ash in base and sub-base applications are not frost lifting and that durability against frost and thaw cycles are good. Resistance against frost can be improved by addition of 3 – 7 % cement to the fly ash. Follow up studies of earlier built constructions are few and mostly limited to environmental properties such as leaching. Economy and maintenance have not been a priority in investigations.

Due to the comparatively short time stabilized layers have been used in Sweden, experience of durability is limited. The aim of this project was to evaluate what parameters should be measured in order to show how bearing capacity of the road develops and to evaluate the life time of the construction. The objectives were to aid the use of stabilization of unbound layers with fly ash as binder component. The target groups of the project were road administration, entrepreneurs and environmental authorities.

Four pilot objects were studied within the frame of this project, a national highway (Rv90), Figure 1a and b, a gravel road outside Hallstavik, Figure 2a, b and c, two industrial areas, one at Lungviksverket (Östersund), Figure 3a, b and c, and one at Dåvamyran (Umeå) Figure 4a and b. These sites were investigated with regard of bearing capacity and/or environmental properties. An interview series were conducted with 12 key actors using and a SWOT was made for fly ash as binder component.



Figure 1. a) The national highway Rv90 was stabilized during summer 2001 and b) the road section 2003.

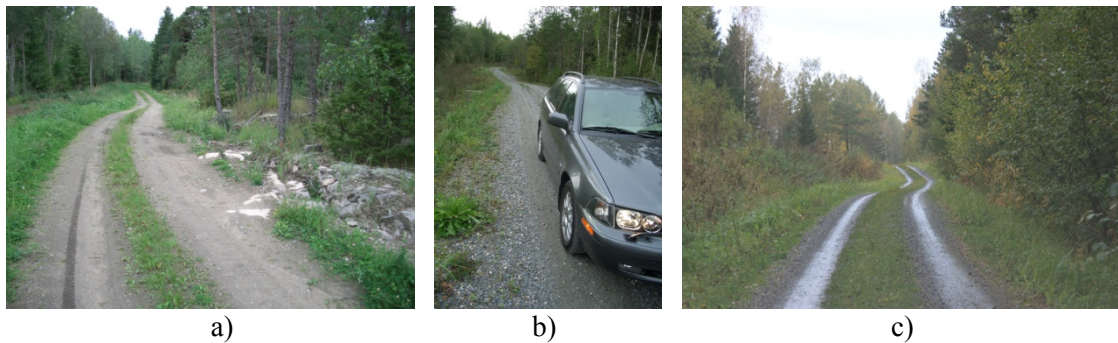


Figure 2. Ehnsjövägen, a) before stabilization (2004), b) two years after stabilization (2006) and c) five years after stabilization (2009).

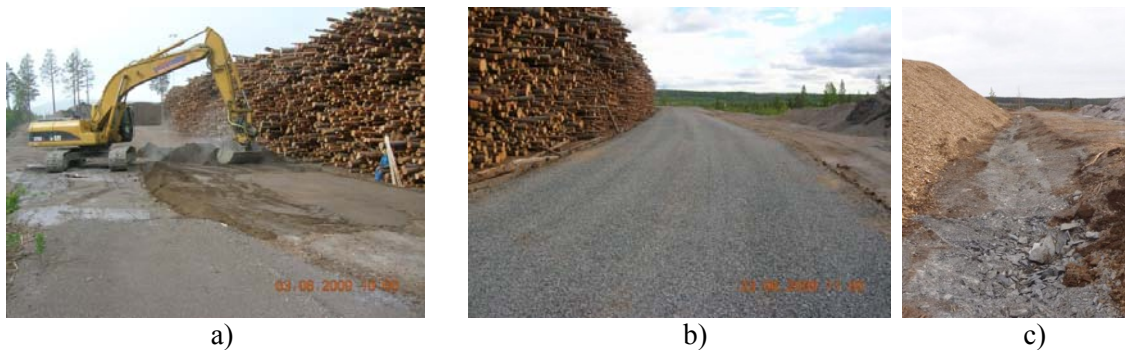


Figure 3. a) Lungviksverket, the construction of the road section with fly ash, b) the finished road construction and c) installed road ditch. (Photo: Daniel Ivarsson, Jämtkraft).



Figure 4. Construction of the industrial site with a) installation of gravel on top of the ash layer and b) ditch and till embankment.

A Swedish manual for stabilizing terrace and unbound layers is lacking and as a result of that the method as well as fly ash as binder component has a long way before being broadly used. One major objective against the stabilization technique is the lack of experience in cold climate regions. Terrace stabilization of different soil types, such as till and clay, is an alternative to reuse these materials in a road construction in situ, Handboken Bygg (1984), Lindh (2000) och Lindh (2004). A master thesis shows that terrace stabilization of a till gives a material which is frost resistant Sandberg (2006). Stabilization of unbound layers (gravel) improves the layer's bearing capacity and by using selected binders it can be frost resistant. Thereby, stabilization of a layer can lead to less transport and thinner road construction and improved geotechnical properties.

The interview result concludes that the manual for stabilization of gravel roads with fly ash is used, though mostly in pilot studies. Furthermore it is well understood that control and follow up during construction is an important instrument to get good road quality after stabilization. Compaction and water content are important to control in order to secure high bearing capacity and frost resistance of the stabilized road. Experience, from the four investigated constructions, shows that fly ash as binder component gives a good function. The permeability of the stabilized road construction at Hallstavik is low and groundwater samples from the road section indicates that metal contents in the water is the same or lower than in reference samples. An assessment of the road surface conditions show that the stabilized section had no occurrence of cracks, unevenness or potholes and was generally in good condition. The reference road section was littered with potholes and had poor road conditions. Results from Lungviksverket indicate that the stabilized road has low permeability. However, infiltration of surface runoff water into the construction caused increased leaching of As from the stabilized road. This is probably due to high As content in the fly ash and a leachate with high organic content (BOD – Biological oxidation demand) after being in contact with timber. This can be efficiently hindered if excess water is drained away through ditches.

Binder components

The development of stabilization of road constructions is driven by the Swedish road administration, forestry industry, harbors have focus on technical and economical issues, and one driving force is to improve a road construction's function and durability. The development in solidification stabilization of sediments and terraces are examples where increased bearing capacity, low permeability and/or improved frost resistance gives a better construction. Binders used in these cases are cement, Merit 5000 and or lime. In some cases fly ash is used as binder component. In these cases only fly ash with binder quality is used and storage which conserves these properties is required.

Fly ash producers try to find environmentally sound use for fly ash, for example in stabilization of terraces and of unbound layers in road constructions and industrial areas. Several objects were constructed using Munde et al. (2006) as guide. One important driving force of ash producers is to find applications where big quantities of fly ash can be used, such as in sub-base layers typically > 10 000 ton fly ash at one site. In these applications fly ash is used as ballast material with some hardening capacity, which depends on moisture content, storage time, fuel etc. Earlier studies, such as Svedberg et al. (2007) Mácsik et al. (2004) showed that fly ash in these applications are not frost lifting and that durability against frost and thaw cycles are acceptable. Resistance against frost can be improved by addition of 3 – 7 % cement to the fly ash. Follow up

studies of earlier built constructions are few and mostly limited to environmental properties such as leaching. Economy, maintenance are not a priority today.

Stabilization as a method

During earth construction works secondary masses will be produced. The major part of the excavated soil masses are landfilled due to contamination or reused as low quality fill material. One way to reuse secondary soil masses is to modify the soils geotechnical and or environmental properties. Stabilization is one way to improve soil properties through modification, where a binder is added in order to improve geotechnical and or environmental properties and satisfy quality requirements.

Binder component or construction material

Cement, lime and Merit 5000 are binders usually used in stabilization of soft soils. The binders are dry and quality is well defined. In order to find acceptance for fly ash as binder component together with cement, lime it is essential to ensure the quality of fly ash. This requires dry storage. However, fly ash is mostly stored after adding minor quantity of water, up to water content of 20 % or more. Wet stored fly ash is losing its binder qualities with time. Storage time > 2 weeks is enough to reduce binder qualities to a minimum. The quality of fly ash as binder is dependent on incineration processes, fuel, storage (dry/wet) and storage time. How cementing quality of fly ash decreases is investigated today by Lagerlund (2011).

Fly ash which has been watered and stored can be used to improve the bearing capacity and frost resistance of a road construction. This depends though on the quality of the fly ash, water content and storage time as well as addition of cement etc. Other application where fly ash is used is leveling layer and barrier layer on landfills, Tham and Andreas (2008). This is due to low permeability and high stability of the fly ash, Carling (2007). Today fly ash is used mostly in landfill applications and construction of industrial areas where high bearing capacity is required. The following applications with fly ash in road constructions are most common:

- as monolith layer, where fly ash layer between 0,2 – 1,5 m is packed in layers. This application gives good bearing capacity and a lightweight construction, however requires big quantities of fly ash. It can be stored wet or dry.
- as binder when stabilizing unbound layer in road constructions. The unbound layer is usually gravel or bottom ash.
- terrace stabilization where road material, mostly till and clay is stabilized in situ with cement and/or lime with fly ash as a binder component.
- deep stabilization of soft soils, where fly ash is used as a binder component, only used in pilot studies /tests.

Fly ash quantities required are listed in Table 1. Notable is that the limited quantity of fly ash is restricting the use of fly ash in bigger projects. This is due to small quantities falling out daily and limited dry storing capacity. Thereby the use of fly ash as binder component is restricted to shorter road sections with geotechnical problems like low bearing capacity roads with frost/thaw related problems. Together with other binders fly ash has good potential as binder component in terrace stabilization and in stabilization of unbound layer. In these applications fly ash is used together with cement and/or lime. The quantity of fly ash required for these applications are

much lower than to use fly ash in monolithic layers, though dry storage is not required in the latter application.

Table 1. Use of fly ash in base and sub base layers in gravel road (after Munde et al. (2006)).

	Fly ash as construction material	Fly ash as construction material with binder^s	Fly ash stabilized gravel	Fly ash/cement stabilized gravel
Layer thickness	0,2-1,5 m	0,2-1,5 m	0,1-0,2 m	0,1-0,2 m
Amount of fly ash in 5m broad road section.	1,5 -11 ton/m	1,5 -11 ton/m	1- 1,5 ton/m	0,2-0,5 ton/m
Example of mixing relation (TS%)	100 % (only fly ash)	Fly ash/binder ^s 90/10 - 97/3	Fly ash/gravel 30/70 – 50/50	Fly ash/binder ^s /gravel 10/3/87 - 15/5/80

^s cement

Success criteria

Hallstavik is an example where stabilization of unbound layer/ terrace was used based on laboratory works including geotechnical properties of the stabilized layer. Total content and leaching properties were investigated and followed up on site during a six year period. The road was a gravel road and the unbound layer / terrace was stabilized with 30 % (DS) fly ash from Holmen Paper Hallstavik. The fly ash had low water content (< 10%) and was mixed with the gravel (unbound layer) on site. The road was stabilized during 2004, partially based on the Finish guidelines for stabilization of unbound layer. After admixture of the binder, water content was increased to the level required by the optimum water content of compaction. After compaction the road surface was leveled and an additional compaction followed. Lysimeters were placed under the road construction in order to measure permeability of the road and leaching from the fly ash stabilized road construction. The investigation shows that stabilized road can have a designed quality. Quality of the soil (gravel), water content of the soil and the admixture, compaction depth, and achieved compaction grade as well as stabilizer quantity admixed are of importance. Observance has to be paid to specifications and checked upon by measurements in order to secure road quality. Result from Hallstavik indicate that the quality of the road, five years after construction is good, no potholes or unevenness could be observed, while the reference section is of poor quality, littered with potholes. Fly ash stabilized road construction has after 5 years marginal effect on ground water quality.

Different key actor's viewpoints were summoned to point out important issues to 1) motivate the use of stabilization as a technique and 2) use binders partially based on fly ash. The interview results show that control of the quality of different sites is limited. Key actors agree on that stabilized road sections should be followed up and controlled and road quality and maintenance documented. Empiric knowledge, accumulated from several road projects, is missing. This leads to limited knowledge of life span, economy, environmental issues and maintenance. The following parameters were suggested to be of importance to follow up:

- Design
 - Laboratory and field parameters
- Life time and durability of the construction
 - Mechanical degradation
 - Frost resistance
- Environment
 - Environmental assessment
 - Recourses used
- Economy
 - Binder quality and quantity
 - Binder development
 - Maintenance costs
 - Investments

Two main ways have been identified, 1) where fly ash is used as a construction material/binder component with or without cement and 2) where focus is on the development of stabilization as a method:

- 1) New roads and industrial sites are built with fly ash as construction material. Slowly, acceptance increases. Ash producers are in close cooperation with an entrepreneur. The driving force is cost efficient use of fly ash combined with high bearing capacity of the construction, instead of land filling. No continuity, which means that different producers "invent the wheel" over and over again. Fly ash is stabilized with cement (0 – 30 %).
- 2) Stabilization of unbound layer in road constructions is prioritized. Fly ash is used as binder component in addition other binders. Fly ash has to be stored dry. Driving force is to produce cost efficient roads and to develop binders for less cost, decrease CO₂ release etc. Volume of fly ash can be adjusted to the need. Stabilization as a method has to be established first.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	BESKRIVNING AV FORSKNINGSOMRÅDET	1
1.3	FORSKNINGSUPPGIFTEN OCH DESS ROLL INOM FORSKNINGSOMRÅDET	3
1.4	SYFTE OCH MÅLGRUPP	3
1.5	METODBESKRIVNING	3
2	GENOMFÖRANDE.....	5
2.1	INTERVJU MED NYCKELAKTÖRER (SWOT).....	5
2.2	KONTROLL OCH UPPFÖLJNING (KOU)	5
2.2.1	Östersund, Jämtkraft.	6
2.2.2	Dåva industripark, Umeå, RagnSells AB.....	6
2.2.3	Sollefteå, Rv90, Vägverket Region Norr.....	6
2.2.4	Hallstavik, Ehnsjövägen, Holmen Paper AB - Hallsta Pappersbruk.....	6
2.3	SYNTES.....	7
3	STABILISERING SOM METOD.....	8
3.1.1	Bindemedel och bindemedelskomponent.....	9
3.1.2	Stabilisering - vägledning.....	9
3.2	TILLFRÅGADE NYCKELAKTÖRER	10
3.3	AV NYCKELAKTÖRER OMNÄMND A PROJEKT	12
3.4	INTERVJUSVAR OCH MINIWORKSHOP, SWOT-ANALYS	15
3.4.1	Metoden stabilisering av obundna lager – inre styrkor och svagheter	15
3.4.2	Metoden stabilisering av obundna lager – yttre möjligheter och hot	16
3.4.3	Askor som bindemedelskomponent vid stabilisering av obundna lager – inre styrkor och svagheter	17
3.4.4	Askor som bindemedelskomponent vid stabilisering av obundna lager – yttre möjligheter och hot	18
4	KONTROLLPARAMETRAR	20
4.1	AV NYCKELAKTÖRER FÖRESLAGNA KONTROLLPARAMETRAR	20
4.1.1	Förstudie/vägutredning	21
4.1.2	Arbetsplan/Bygghandling.....	21
4.1.3	Bygghandling/Utförande	21
4.1.4	Drift och Underhåll	21
4.2	SUMMERING AV PARAMETRARNA.....	22
5	UPPFÖLJNING	23
5.1	GENERELLT	23
5.2	TYPFALL RIKSVÄG 90.....	24
5.2.1	Förstudie och Arbetsplan/Bygghandling.....	24
5.2.2	Anmälan.....	25
5.2.3	Utförande	25
5.2.4	Drift & underhåll	26
5.2.5	Kontroll - Fallviktsmätning.....	26
5.3	TYPFALL HALLSTAVIK.....	27
5.3.1	Förstudie	27
5.3.2	Arbetsplan/Bygghandling.....	28
5.3.3	Anmälan.....	29
5.3.4	Utförande	29
5.3.5	Kontroll.....	30

5.3.6	<i>Drift & underhåll</i>	32
5.4	JÄMTKRAFT	32
5.4.1	<i>Förstudie</i>	32
5.4.2	<i>Arbetsplan/Bygghandling</i>	34
5.4.3	<i>Anmälan</i>	34
5.4.4	<i>Utförande</i>	34
5.4.5	<i>Kontroll - Miljöteknik</i>	35
5.4.6	<i>Drift & underhåll</i>	38
5.5	RAGNSELLS AB	39
5.5.1	<i>Förstudie</i>	39
5.5.2	<i>Arbetsplan/Bygghandling</i>	45
5.5.3	<i>Anmälan</i>	46
5.5.4	<i>Utförande</i>	47
5.5.5	<i>Drift & underhåll</i>	47
6	DISKUSSION	48
6.1	DRIVKRAFT	48
6.2	GENERELLT OM STABILISERING	48
6.3	FLYGASKOR SOM BINDEMEDELSKOMPONENT (MILJÖ- OCH TEKNIK)	49
7	SLUTSATSER	50
8	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	52
9	REFERENSER	53

Bilagor

- A INTERVJUUNDERLAG TILL STAKEHOLDERS
- B PM-UPPFÖLJNING AV FLYGASKASTABILISERAD GRUSVÄG, EHNSJÖVÄGEN (2004-2009)
- C MILJÖGEOTEKNISK BEDÖMNING AV ASKVÄG – JÄMTKRAFT
- D ASKA I VÄGKONSTRUKTION – MILJÖBEDÖMNING, FÖRORENINGSRISK
- E RIKSVÄG 90

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Stabilisering av obundna lager i vägöverbyggnader är en tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt lovande teknik. Genom inblandningen av bindemedel fås stabiliserade lager/konstruktionsdelar som medför att vägkonstruktioner får förbättrade bärighets- och tjälegenskaper. Samtidigt som lagrets motståndskraft mot frys/tö -cykler förbättras kan också materialåtgången reduceras och behovet av utskiftning minskas vid vägbyggande Lahtinen (2001), Scandiaconsult (2003), Vestin et al. (2011).

Tekniken är förhållandevis ung i Sverige men tillämpas regelmässigt i bl.a. Tyskland. I Sverige och Finland finns flertalet vägar med stabiliserade obundna lager som är äldre än fem år. Dessutom finns ett flertalet planerade objekt där flygaskor kommer att användas som bindemedelskomponent tillsammans med bl.a. cement och Merit 5000.

Det underlag som finns i genomförda utredningar gäller vanligen enskilda projekt och är följaktligen inte sammanhållet. Med anledningen av den förhållandevis korta tid dessa objekt funnits är också kunskapen om dess beständighet begränsad. Med beständighet avses här konstruktionens eller del av konstruktionens förmåga att bibehålla sin funktion över avsedd tid, dvs. tekniska livslängd.

De positiva resultat som erhålls med stabilisering av obundna lager i vägkonstruktioner sprids inte på en bred front. Väghållare och konstruktörer känner inte till eller vågar inte nyttja tekniken och materialet med hänvisning till att det idag saknas normer och eller empirisk erfarenhet. För att vinna genomslag med stabilisering av obundna lager i vägkonstruktioner behöver goda exempel lyftas fram. Beständigheten och erfarenheter från flera av de genomförda pilotprojekten behöver redovisas och utvärderas. Det är vidare viktigt att fler objekt byggs så att uppföljning över lång tid blir möjlig och de resultat som erhålls blir jämförbara mellan olika studier.

Det finns med andra ord ett stort behov av att vunna erfarenheter sammanställs, att de kontroller som utförs i nya projekt följs upp på ett validerbart sätt, att bakgrundsvärden tas och att de förväntade goda erfarenheterna kommuniceras till berörda målgrupper som väghållare, bindemedelsleverantörer, projektörer (väg- och geotekniker), entreprenörer och inte minst miljömyndigheter.

I ett framtida hållbart vägbyggande kommer väghållaren att behöva tillämpa kostnadseffektiva och miljömässiga lösningar. Stabilisering av obundna lager och terrasstabilisering förväntas ha en god potential bl.a. genom minskad materialåtgång och minskade drift- och underhållskostnader.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Stabilisering av obundna lager i vägkonstruktioners bär- och förstärkningslager är en applikation med stor potential. Bindemedel består traditionellt av cement, kalk och/eller Merit 5000 samt lämpliga flygaskor. Handboken *Flygaska i mark och vägbyggnad; Grusvägar*, Munde et al. (2006) och miljöriktlinjer nyttjas av allt fler. Dagens situation är dock fortfarande så:

- att miljömyndigheter visar skepsis
- att vägprojektörer saknar underlag och indata på materialparametrar
- att entreprenörer bygger baserat på erfarenhet med traditionella material
- att kvalitén på flygaskan som levereras kan variera

Det finns idag ett flertal vägar där flygaska har använts som bindemedelskomponent i vägkonstruktioner. Ett stort antal nya projekt är planerade. För att besvara teknik- och miljöfrågeställningar har bl.a. Värmeforsk delfinansierat projekt som exempelvis:

- Laborativa insatser, Mácsik et al. (2004), Lahtinen et al. (2005a och 2005b)
- Pilotförsök i Hallstavik, Mácsik och Svedberg (2006)
- Handbok - *Flygaska i mark- och vägbyggnad*, Munde et al. (2006)
- Miljöriktlinjer, Bendz et al. (2006)
- Dimensioneringsunderlag, Svedberg et al. (2007)

Parallella pågående projekt:

- Q9-705, Effektivt askutnyttjande i vägar, som är ett EU Mål 2 projekt. Projektet startades 2008 med Skogsstyrelsen som huvudprojektledare. Laboratorie- och pilotförsök utfördes med SCA-Ortvikens flygaska på en skogsbilväg belägen i Sörkrånge, Timrå kommun. Vägen är indelad i fyra delsträckor – en delsträcka utan uppgradering, en delsträcka med vanlig uppgradering och två delsträckor vilka har uppgraderats med . Stabiliseringsarbetet utfördes enligt *Handbok - Flygaska i mark och vägbyggnad*. Kontroll och uppföljning pågår under 2011 och 2012. En del av arbetet är avrapporterat, Vestin et al. (2010).
- Q9-722, Från disponering till användning av slaggrus, där slaggrus stabiliseras med flygaska från Mälarenergi och cement. Arbetet är ett doktorandprojekt som har fokus på lakningsegenskaper hos stabiliserat slaggrus och från konstruktion med stabiliserat slaggrus. Byggnation av en demonstrationsyta planeras till våren 2011.
- Q9-711, Miljöprövning av alternativa material i anläggningsarbeten. I projektet utfördes intervjuer och ett seminarium med nyckelpersoner från miljömyndigheter och näringsliv. Målsättningen är att skapa en lösningsinriktad dialog kring miljöprövning av askor och andra alternativa material i anläggningsarbeten. Ambitionen är att identifiera möjligheter till förbättring av arbetet och eventuella områden för samverkan. Miljö- och hälsorisker vägs ihop med möjligheter till resurshushållning och återvinning. En kärnfråga är, hur kan beslutsunderlaget förbättras och arbetsgången utvecklas?
- Ett arbete som sammanställer dagens kunskap om terrasstabilisering utförs av VTI på uppdrag av trafikverket, Franzén et al. (2011-prel version). Syftet med arbetet är att sammanställa befintlig kunskap om terrasstabilisering och visa metodens möjligheter och begränsningar.
- Arbete pågår, finansierat av Svenska Energiaskor, med att ta fram en handbok för användning av askor. Arbetets syfte är att återvinna askor rätt, att underlätta miljöprövning av användning av askor och underlätta för verksamhetsutövare att ta fram ansökningar som uppfyller myndigheternas krav. Arbetet beräknas pågå under 2011.

För att få en bredare acceptans, av flygaska i vägkonstruktioner, hos Trafikverket, väghållare, entreprenörer, konsulter och miljömyndigheter krävs det uppföljningskontroll av redan utförda projekt och att dessa resultat kommuniceras ut. Kontroll och uppföljning behöver ge svar på de

frågeställningar som är viktiga för de olika aktörerna. Parametrar som behöver följas upp är sådana som beskriver vägens ursprungliga tillstånd (teknik och miljö), dess bärförmåga, utlakning av metaller, driftkostnader, underhållsbehov etc. och hur dessa egenskaper utvecklas med tiden. Det är också viktigt att visa hur tekniska egenskaper och miljöbedömningar som har gjorts överensstämmer med dem som prognostiserades. En annan viktig faktor för en bred och generell användning av flygaskor är att följa upp och visa de positiva effekterna på flera platser.

Det finns därmed behov av att kontrollera hur askvägarna fungerar på lång sikt och att skapa underlag för att informera intressenter om hur flygaskor kan nyttjas i vägkonstruktioner. Detta underlag bör också innehålla bakgrundsinformation om teknik och miljö, Svedberg (2003).

1.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

I detta KoU-projekt integreras flertalet delprojekt, från planerade och nybyggda till vägobjekt som är äldre än fem till åtta år. De nya pilotprojekten bör även ha fokus på bakgrundsinformation, uppföljning och dokumentation. Detta för att möjliggöra en framtida erfarenhetsåterföring. För de äldre pilotförsöken ligger fokus på att undersöka beständighetsaspekter med avseende på bärförmåga, lakningsegenskaper etc. Även för dessa objekt är bakgrundsinformation av stort intresse och behövs för bedömning av omgivningsförändringar.

1.4 Syfte och målgrupp

Projektet syftar till att undersöka och visa vad som bör mätas och redovisas för att visa att en vägkonstruktion är bärkraftig och beständig (kräver litet underhåll och har liten omgivningspåverkan).

Målet är att ge stöd för en tryggare användning av tekniken att stabilisera obundna lager och nyttjande av askor som bindemedelskomponent. Målgruppen är nyckelaktörer som väghållare, utförare och miljömyndigheter.

1.5 Metodbeskrivning

I projektet intervjuades nyckelaktörer om stabiliseringsmetodens styrkor och svagheter och om flygaska som bindemedelskomponent. Intervjuerna kompletterades genom en miniworkshop med referensgruppen för att beskriva nuläget och fundera över en vision angående stabilisering med flygaska som bindemedelskomponent.

Nyckelaktörerna var material- och bindemedelsleverantörer, entreprenörer, miljömyndigheter, konsulter, universitet och statliga institut. I arbetet utfördes en översiktlig inventering av projekt där flygaska användes som bindemedelskomponent, eller där flygaskor bedöms ha stor potential. Två objekt byggdes där erfarenheter från projektet togs tillvara, en grusväg i Östersund på ca 100 m och en expansionsyta i Umeå på ca 0,7 hektar. Objekten byggdes baserat på Munde et al. (2006). Dessutom kontrollerades bärigheten på Rv90 och Hallstavik med fallviktsmätning. I Hallstavik undersöktes och sammanställdes miljötekniska egenskaper efter fem år, där kontroll av lysimetrar, dikes- och ytvatten ingick.

Fallviktsmätning ger information om vägens bärighet och redovisas som deflektionen, vilket beskriver den genomsnittliga styvheten från ytan ner till och med undergrunden. Ju lägre

deflektion som erhålls desto styvare är konstruktionen (högre bärighet). Vad gäller miljöegenskaper har fokus legat på yt-, drän- och lysimetervattnets kemiska sammansättning, dvs pH, elektrisk konduktivitet och innehåll av metaller. Dels har utvecklingen hos analyserade vattenprovs kvalitet undersökts (Hallstavik) och dels har halter jämförts med jämförvärden exempelvis med Naturvårdsverkets ”Återvinning av avfall i anläggningsarbeten, Naturvårdsverket (2010).

Erfarenheterna från utförda försök, uppföljning av äldre pilotobjekt och resultat av intervjuerna redovisas i rapporten. Arbetet sammanfattas slutligen med kontroll och uppföljningsrekommendationer.

2 Genomförande

I projektet utfördes intervjuer med huvudaktörer - från askproducenter till Trafikverket - och en serie av teknik- och miljömässiga kontroll- och uppföljningsåtgärder i ett antal flygaska-stabiliserade vägar. Målsättningen med intervjuerna var att ta fram viktiga kriterier som kan visa för- eller nackdelar med stabilisering av terrass- och obundna lager. I slutet av projektet genomfördes en syntes av erhållna resultat och intervjusynpunkterna, för att visa teknikens effekter för miljö, livslängd och underhåll, och hur framtida kontroll av stabiliserande vägar bör genomföras.

2.1 Intervju med nyckelaktörer (SWOT)

Inventeringen utfördes genom intervjuer av materialleverantörer, väghållare (t.ex. Vägverket), entreprenörer, konsulter och miljömyndigheter. Målsättningen var att ta fram underlag till hur kontroll- och uppföljningsprogram ska utformas.

Under vintern 2009-10 gjordes intervjuer med nyckelaktörer för att ge underlag till en sammanställning av vägprojekt där stabilisering användes som förstärkningsåtgärd i terrass, underbyggnad eller som monolit. De intervjuade aktörerna fick samtidigt beskriva styrkor och svagheter som framkommit inom projektens tillstånds-, genomförande- och uppföljningsfasen. I Bilaga B återfinns frågeformuläret som användes som underlag för intervjuerna. En sammanfattning av frågorna till nyckelaktörerna redovisas enligt följande:

- Känner du till några vägar/områden där stabilisering använts som förstärkningsåtgärd?
- Vilka styrkor och svagheter finns med stabiliseringstekniken?
- Vilka styrkor och svagheter finns med olika bindemedel (konventionella och flygaska)?
- Vad tycker du bör mätas/bedömas vid uppföljning för att visa att en väg har tekniskt god kvalitet (t.ex. bärighet, livslängd och kostnadseffektivitet)?
- Vad tycker du bör mätas/bedömas vid uppföljning för att visa att en väg med stabiliserat bärlager är miljömässigt bra?

2.2 Kontroll och uppföljning (KoU)

KoU utfördes på ett antal objekt och redovisas i denna rapport. KoU-programmen är anpassade för de olika pilotobjekten och följer projektens syfte. De pilotobjekt som ingår i detta projekt är lokaliserade utanför Umeå, Sollefteå (RV90), Östersund, och Hallstavik. Objekten utanför Hallstavik och Sollefteå är fem respektive åtta år gamla. Båda objekten är undersökta med avseende på bakgrundsvärden (varierande grad) innan vägarna stabiliserades. Anmälan till miljökontor gjordes för samtliga objekt enligt miljöbalken och förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Kontroll- och uppföljningsprogrammet kommer att ha fokus på hur vägarna är idag och efter fem respektive åtta år efter byggandet. Jämförelser kommer även att göras mot bakgrundsvärden som togs innan vägbygget. I Umeå och Östersund utfördes vägbygget under 2009. Erfarenheter från respektive objekt diskuteras.

2.2.1 Östersund, Jämtkraft.

I projektet ingick byggandet av en pilotväg som färdigställdes under juni 2009 med flygaska i bär/förstärkningslagret. Sträckan byggdes som ett monolager och enligt Munde et al. (2006). Projektets fokus ligger på utförande och miljökontroll mha lysimetrar osv. Flygaskan som användes var en x flygav typen CFB och bränslet Biobränsle, returflis och torv. Under maj 2011 kompletterades sträckan med vägdiken för att leda bort vatten som tidigare infiltrerade lagret av flygaska. Hur denna åtgärd kommer att påverka mängden vatten som samlas upp i lysimetrarna och hur utlakning från vägkonstruktionen påverkas hinner inte tas med i denna rapport.

2.2.2 Dåva industripark, Umeå, RagnSells AB

RagnSells AB byggde en expansionsyta norr om sin kretsloppsanläggning inom Dåva Industripark. Expansionsytan är ca 3,2 ha, varav ca 0,7 ha utförs med bioaska i konstruktionen. Förstärkningslagret lades ut under juni 2009. I projektet ingick att ta fram underlag till anmälan och bedöma flygaskornas lämplighet ur teknisk och miljösynpunkt. Volymen bioaska som användes i förstärkningslagret är ca 7000 m³, dvs. konstruktionsdelen med aska har ca 1 m mäktighet. Ytan asfalterades under våren 2010. Mellan expansionsytan och vägbanken installerades en bank av morän och ett internt avvattningsdike för att hantera ytvattnet genom fastighetens lakvattensystem. Bioaskan som användes kom från fyra askproducenter. Två med fluidiserande bädd, SCA Obbola och Malå Såg, och två med rosterpanna. Alla fyra anläggningar har biobränsle, bark, spån och flis. SCA Obbolas bioaska var en 50/50 % blandning av flyg och bottenaska.

2.2.3 Sollefteå, Rv90, Vägverket Region Norr

Vägverket har byggt en provsträcka på ca 90 m med flygaska i vägkonstruktionen, Mácsik et al. (2003) och Thurdin (2004). Flygaska från SCA-Ortviken kommer från en BFB-panna och bränslet var biobränsle (stödeldning med olja). Flygaskan från Ålandtippen var en bioaska. Härnösand har använts i förstärkningslagret. Konstruktionen byggdes sommaren 2001. Vägens bakgrundstillstånd, jord och porvatten är undersökta innan vägen stabiliserades med flygaska. Vägens bärighet kontrollerades 2003. Inom ramen för detta projekt kontrollerades provsträckans bärighet med fallviktsmätning under 2009, och vägens tillstånd jämfördes med referenssträckan samt den tidigare mätningen från 2003.

2.2.4 Hallstavik, Ehnsjövägen, Holmen Paper AB - Hallsta Pappersbruk

Grusvägsträcka på ca 1,6 km stabiliserades i april 2004 med flygaska från Holmen Paper Hallstavik, Mácsik & Svedberg (2006). Anläggningen var av typen BFB och bränslet var bioslam, med. Bärlagret stabiliserades med flygaska. Den stabiliserade sträckan och en referenssträcka undersöktes m h a. fallviktsmätning hösten 2004 och våren 2005. Miljöuppföljning av yt-, grund- och lysimetervatten utfördes sedan hösten 2004. I det nu aktuella projektet utfördes miljöuppföljning 2006, 2007, 2008 och 2009 och fallviktsmätning hösten 2009. Utöver detta utfördes en bedömning med avseende på vägens tillstånd och miljöegenskaper. I detta ingick kontroll av yt-, drän- och lysimetervattnets innehåll av metaller samt fallviktsmätning och en okulär besiktning av vägens tillstånd.

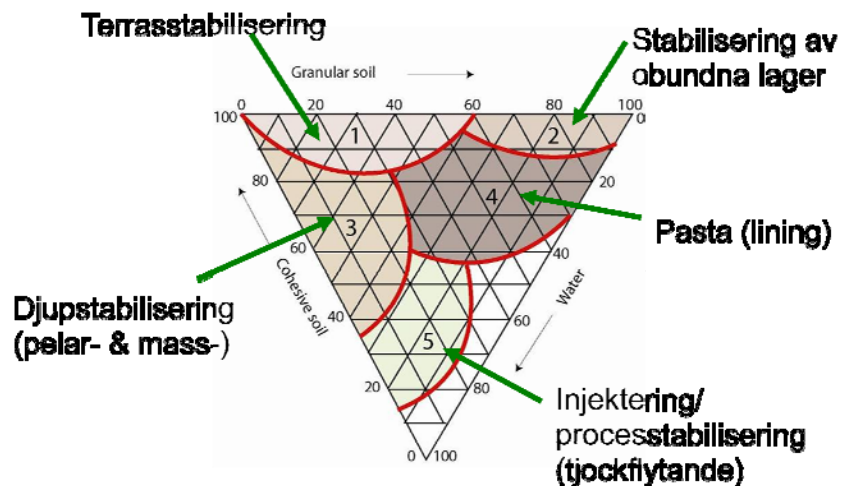
2.3 Syntes

Kritiska frågeställningar diskuteras baserat på erhållna resultat i fält och från intervjuerna. Det ges förslag på kontroll- och uppföljningsåtgärder för att visa vad terrasstabilisering ger för effekt, samt vad flygaska som bindemedelskomponent medför. Slutligen diskuteras behoven av kompletteringar.

3 Stabilisering som metod

Materialmodifiering med stabilisering avses där bindemedel tillsätts till en jord i syfte att förbättra dess geotekniska egenskaper. Exempel på stabiliseringsmetoder och jordmaterial som kan stabiliseras redovisas i figur 3.1. Genom stabilisering modifieras ett undermåligt material så att materialet uppfyller uppsatta kvalitetskrav och kan användas i exempelvis en vägkonstruktion. Transporter av massor och materialutskiftning kan därmed minimeras och material kan i stor utsträckning nyttjas i väglinjen utan att vägkonstruktionens kvalitet och livslängd äventyras. Svenska (Carlsson, 2008) och Finska erfarenheter Lahtinen (2001) visar att behovet av underhåll minskar på grusvägar stabiliserat med flygaska och flygaska/cement.

Djupstabilisering (mass- och pelarstabilisering) är en väl etablerad metod i Sverige. Metoden är anpassad för att stabilisera lera, gytta och torv. Finkorniga jordar i ytligare jordlager, t.ex. terrasser, betraktas idag som svåra att hantera i och med deras känslighet för vattenöverskott och frost. Genom att tillämpa s.k. terrasstabilisering se figur 3.1, visar studier att olika jordar, t.ex. moränlera, som behandlas med bindemedel får egenskaper som gör att de kan nyttiggöras i anläggningsbyggande, Lindh och Eriksson (2007) Lindh (2004). Stabilisering av obundna lager (grus) liknar terrasstabilisering, se figur 3.1. Metoden kan nyttjas om grusmaterialet inte uppfyller kvalitetskraven på obundna lager och syftet primärt är att förbättra de geotekniska egenskaperna hos det lager som stabiliseras. Förbättrade egenskaper hos enskilda lager ger också möjligheter för den som dimensionerar vägen att optimera konstruktionen och en potential att minska volymen av material som tas i anspråk.



Figur 3.1. Olika applikationer för stabilisering beroende på det stabiliserade materialets kornstorleksfördelning och vattenkvot efter Kézdi (1979).

Figure 3.1. Different applications for stabilization depending on grain size and water quota of the material, Kézdi (1979).

3.1.1 Bindemedel och bindemedelskomponent

Vid stabilisering sker ett antal kemiska reaktioner som i sin tur bildar olika reaktionsprodukter. Cement, Merit 5000 och kalk är relativt sett enhetliga produkter till skillnad från flygaskor vars karakteristika beror främst på bränsle, panntyp, förbränningstemperatur och hantering. I rapporten Svedberg et al. (2007) och Mácsik et al. (2004) har olika flygaskor grupperats efter deras härdningsegenskaper. Reaktiviteten hos cement (hydraulisk), Merit 5000 (latent hydraulisk) och flygaska (puzzolan) beror bland annat på förhållandet mellan kalciumoxid och kiseloxid, $\text{CaO}:\text{SiO}_2$. Hos en blandning av cement och flygaska ger cement en snabb hydraulisk reaktion följt av en långsammare puzzolan reaktion från flygaskan. Stabilisering medför att det skapas en monolitisk struktur med förändrade egenskaper som högre hållfasthet, låg permeabilitet etc. Generellt gäller att om frost befäras ge nedsatt hållfasthet kan tillsats av cement förbättra hållfasthetsegenskaperna och frostbeständigheten.

Det optimala bindemedlet vid stabilisering av jord eller ballast beror bl.a av:

- Bindemedlets sammansättning.
- Jordmaterialets egenskaper som:
 - Kornstorleksfördelning och mineralsammansättning
 - Jordens innehåll av organiskt material (humus etc.)
 - Jordens vattenmättnadsgrad
 - Jordens och vattnets surhetsgrad
- Omgivningsförhållanden:
 - Dränerande eller odränerade förhållanden
- Krav på funktionella egenskaper hos applikationen och konstruktionsdelar
 - Bärförmåga och beständighet mot tjäle
 - Styvhetsmodul, hållfasthet, frostbeständighet, etc.
 - Härdningstid

3.1.2 Stabilisering - vägledning

Stabilisering av obundna lager och terrasstabilisering är exempel applikationer som innebär att egenskaperna hos konstruktionsdelar i en vägöverbyggnad kan förbättras genom inblandning av bindemedel och härdning. Etablerade bindemedel för stabilisering är bl.a. cement, Merit 5000 och kalk. Anvisningar för kontroll och kvalitetskontroll vid cementstabilisering för CG och CBÖ beskrivs i bl.a. ATB Väg 2005, finska Vägverkets anvisningar för cementstabilisering (Finska Vägverket, 1995 - översatt), och Svedberg et al (2007). Väg 55 mellan Öresundsbro och Lidslena användes platsblandat cementstabiliserat grus (CG) enligt dessa anvisningar. Samtidigt finns flera exempel där stabiliserade lager med flygaskor från bio- och kolbränslen som bindemedelskomponent med eller utan cement har använts. Dessa material nyttjas främst i bär- och förstärkningslager i grusvägar, samt i kör- och uppställningsytor för tunga fordon. Erfarenheterna är generellt goda och stabiliserade obundna lager har bidragit till god funktion vilket också har lett till reducerade drift- och underhållskostnader för väghållaren, Lahtinen (2001) and Mácsik et al. (2009).

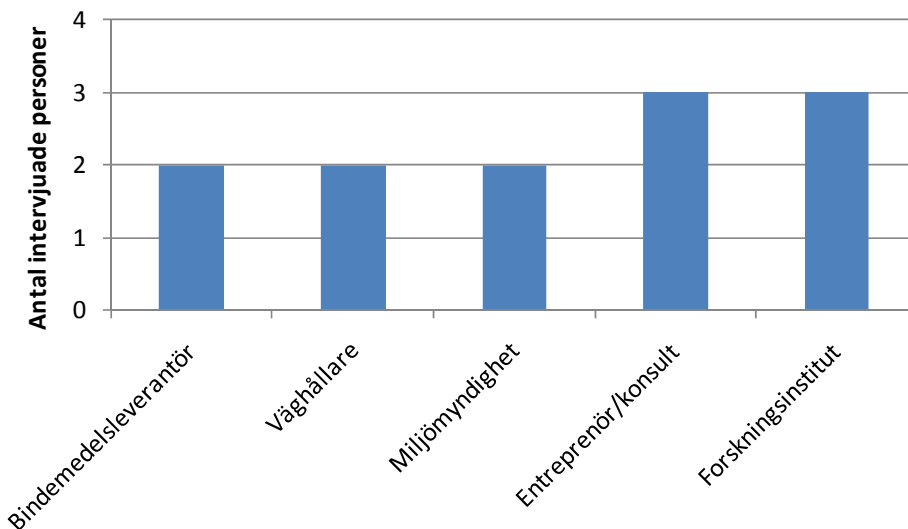
Tillämpningen av askor i grusvägar och kör- och uppställningsytor sker idag huvudsakligen på empirisk bas, dvs. baseras på erfarenheter från praktiska försök. Ofta utförs arbetet som

pilotförsök baserat på Munde et al. (2006). I samband med FUD-Sala-projektet, Svedberg et al. (2007) togs även fram arbetsinstruktioner för stabilisering av obundna lager med bindemedel baserat på cement och flygaska.

En regelmässig tillämpning i allmänna vägar saknas idag. För en sådan användning behövs bl.a. att bärighet, livslängd verifieras med kontroll och uppföljning i fält för att förenkla både dimensionering och utförande, samt att metoden accepteras av Trafikverket. En kunskapssammanställning utförs idag av VTI, Franzén et al. (2011- prel).

3.2 Tillfrågade nyckelaktörer

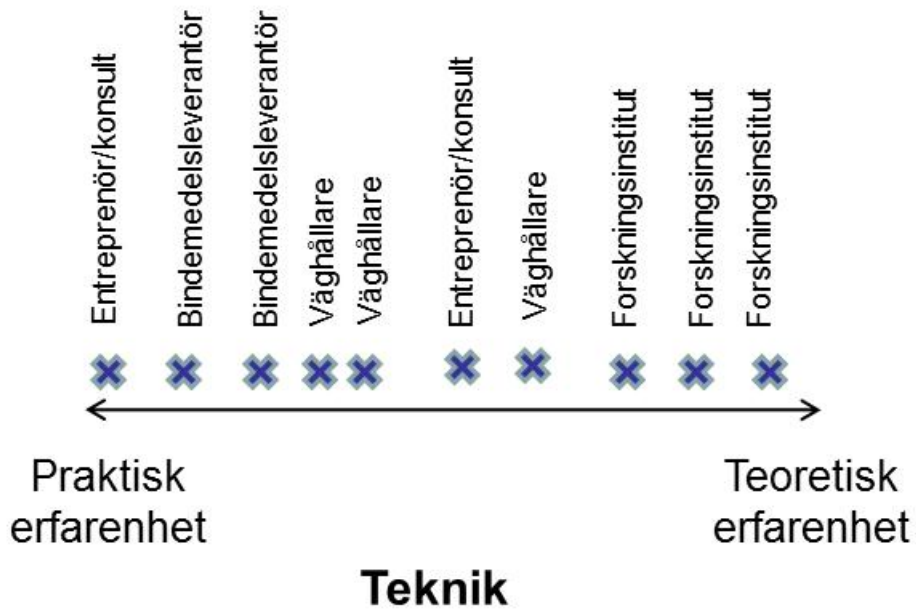
För att fånga en bredd av åsikter kring metoden stabilisering av obundna lager och om flygaskanvändning som bindemedelskomponent har nyckelaktörer från olika skrå intervjuats. Nyckelaktörerna som tillfrågades representeras av bindemedelsleverantörer, väghållare, konsulter, miljömyndigheter, entreprenörer/konsulter och forskningsinstitut. Alla tillfrågade aktörer har stor erfarenhet av stabilisering av obundna lager, användning av askor och/eller tillståndsärenden. För att få en kunskapsspridning intervjuades 2-3 personer från respektive skrå se Figur 3.2. för fördelning.



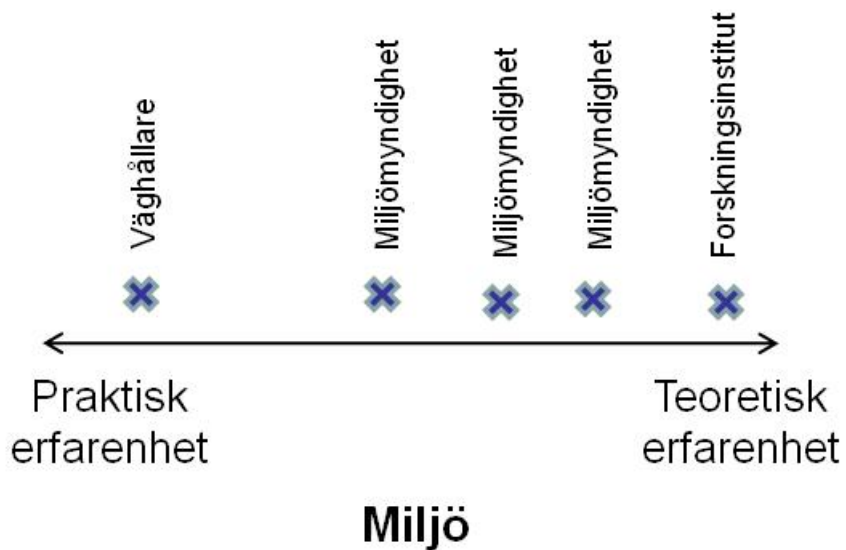
Figur 3.2. Antal intervjuade nyckelaktörer från respektive skrå.

Figure 3.2. Number of key actors from different guilds.

För att beskriva de intervjuade aktörernas olika kunskapsbaser har i Figur 3.3. och 3.4. de representerade kunskapsbaserna plottats. Aktörerna är placerade i figuren utifrån om de främst har praktisk-, teoretisk eller både praktisk och teoretisk kunskap. Figur 3.3 visar aktörernas tekniska kunskapsbas, aktörerna är placerade i figuren utifrån om deras bakgrund främst är praktisk, teoretisk eller både och. Det bör noteras att det finns aktörer som har enbart miljö- eller enbart teknikområdet som bas, medan enstaka har båda områdena som bas. Majoriteten av intervjudeltagarna hade teknikområdet som bas, sju personer. Två personer hade enbart miljö som bas, medan tre personer hade både teknik och miljö. Totalt intervjuades 12 personer.



Figur 3.3. Schematisk beskrivning av de intervjuade nyckelaktörernas med kunskapsbas inom teknik.
 Figure 3.3. Schematic description of the technical knowledge base of the interviewed key actors.



Figur 3.4. Schematisk beskrivning av de intervjuade nyckelaktörerna med kunskapsbas inom miljö.
 Figure 3.4. Schematic description of the environmental knowledge base of the interviewed key actors.

3.3 Av nyckelaktörer omnämnda projekt

En inventering utfördes av vägprojekt med stabilisering. Inventeringens fokus ligger på stabilisering av terrass och obundna lager. Djupstabilisering redovisas inte, med undantag av ett projekt där flygaska från SCA Lilla Edet ingick i bindemedelsrecept tillsammans med cement och kalk. Som det framgår av tabell 3.1 är terrasstabilisering väl etablerad i Skåne. Bindemedlet är baserat på cement, Merit 5000 och kalk, där kalk utgör en viktig komponent bl.a. för att det kan binda vatten vilket förbättrar packningsegenskaperna. En sammanställning av utförda projekt där stabilisering använts i terrasser presenteras i Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Exempel på terrasstabilisering, där lermorän stabiliserades med bindemedelsblandning av cement, kalk och Merit 5000.

Table 3.1. Examples of stabilization of terraces with cement, lime and Merit 5000 as binder.

	Projekt	Ort	Byggår	Yta
Terrasstabilisering	Cramo	Malmö	2009	7 000m ²
	Hyllie	Malmö	2008	90 000m ²
	Cramo	Malmö	2007	40 000m ²
	Lomma	Lomma	2006	50 000m ²
	Biltema	Halmstads hamn	2006	43 000m ²
	Lorensborgsgatan	Malmö	2002/2003	-
	Yttre ringvägen	Malmö	1989/1999	-

Flygaska som bindemedelskomponent har använts i flertalet projekt vid stabilisering av obundna lager, Tabell 3.2. Flygaskor nyttjas ofta i pilotprojekt. Undantaget är bl.a. Mälarenergi Västerås och Vattenfall Uppsala, som använder flygaskor som bindemedelskomponent i större skala. Detta är möjligt tack vare att Mälarenergi Västerås och Vattenfall Uppsala producerar stora volymer flygaska, har lagring och blandningsstationer samt har utvecklad kontakt med miljömyndigheterna som hanterar miljöprövningsärenden. Användningsområdet domineras av kör- och uppställningsytor för tunga fordon och grusvägar.

Tabell 3.2. Stabilisering av obundna lager.
 Table 3.2. Stabilization of the unbound layers.

	Projekt	Ort	Byggår	Yta	Jordmaterial	Bindemedel
Stabilisering av obundna lager	Öviks Energi	Örnsköldsvik	2010	2 000 m ²	Ballast	Flygaska, cement
		Jönköping	2010		0/32 ballast	Kalk, merit, cement
	Skälby Gård	Enköping	2010	26 000 m ²	Pullver-bottenaska	Flygaska (kol-, torv- och biobränsle)
	Esplunda Gård, Etapp 2	Enköping	2008-2010	8 000 m ²	Bottenaska	Flygaska (kol-, torv- och biobränsle)
	Kungsåra bilmontering	Västerås	2008-2010	30 000 m ²	Bottenaska	Flygaska (kol-, torv- och biobränsle)
	Munkboängen	Västerås	2006-2010	60 000 m ²	Bottenaska	Flygaska (kol-, torv- och biobränsle)
	Sörkrånge 5:2	Timrå kommun	2009 juli	500 m väg, provsträcka	Grus/vägmateriäl	Flygaska, SCA
	Dåva Industripark	Umeå	2009	7000 m ²	Blandbottenaska	Flygaska (biobränsle)
	Mälarenergi	Västerås, flertalet egna vägar	2002 - 2009	-	Bottenaska	Flygaska, (kol- och biobränsle) Cement och Merit
	Iggesund	Forsa	2008	L 1 000 m, B 5 m	Grus/vägmateriäl	Flygaska, grönslutslam och cement
	Esplunda Gård, Etapp 1	Enköping	2007-2008	2 000 m ²	Bottenaska	Flygaska (kol-, torv- och biobränsle)
	Cramo	Malmö	2007	30 000m ²	Lermorän	Kalk, merit, cement
	Enköpings bilmontering	Enköping	2006-2007	20 000 m ²	Bottenaska	Flygaska (kol, torv och biobränsle)
	Björnbo Gård	Enköping	2005 juni	30 000 m ²	Bottenaska	Flygaska (kol-, torv- och biobränsle)
	Hallstavik	Hallstavik	2004	L 1200 m, B 4 m	Grus	Flygaska, Holmen Hallstavik
	Börje	Uppsala	2002	L 2 000 m, B 4 m	Grus/monolager	Flygaska (Vattenfall Uppsala)
	Librobäck	Uppsala	2001-2002	6 000 m ²	Grus/monolager	Flygaska (Vattenfall Uppsala)
	Väg 55	Örsundsbro-Lidslena	1996	3 km	Grus	Cement i förstärkningslager
	E 20	Eskilstuna		-	Grus	Cement

En alternativ användning av flygaskor är att nyttja flygaska i ett stabiliserat lager (monolit) i bär/förstärkningslager. Exempel på projekt ges i Tabell 3.3. Inblandningen (bindemedlet) utförs exempelvis på en blandningsstation. Efter att alla torra komponenter är färdigblandade, tillsätts vatten för att uppnå optimal vattenkvoten (optimal för packning). Efter utläggning och packning av materialet erhålls en monolit.

Tabell 3.3. Stabiliserat lager av bindemedel, monolager (monolit).

Table 3.3. Stabilized layer of fly ash (monolith)

	Projekt	Ort	Byggår	Yta	Bindemedel
Monolit	Norrviken, Norrskog	Jämtland	2010	-	Blandaska (flyg- och bottenaska), SCA, CFP
	Skogsbilvägar, nybyggnation	Lilla Edet	2006	2-3 mil	Fiberaska, SCA, CFP
	Väg 694	Töre	2002	2 ggr L 50 m, B 5 m	Flygaska i bär och förstärkningslager, (Billerud, BFP)
	RV 90	Sollefteå	2001	L 90 m, B 8,5 m	Flygaska (solitärt - flera referenssträckor), SCA, CFP
	Häverö	Hallstavik	2008	ca 500 m	Flygaska Hallstavik, CFP
	Provyta/väg Munkebo	Munkebo	2006	100 m	Fiberaska (från returfiber) (SCA, BFB)
	Mälarenergi	Munkboängen	2004 - 2008	10 000 m ² 20 000 m ² 20 000 m ²	Flygaska och cement (CE)
	Norberg	Norberg	2003	L 90 m, B 4 m	Flygaska (Stora Enso Fors, CFP)
	Börje	Uppsala	2002	L 950 m, B 4 m	Flygaska (Vattenfall Uppsala, pullverpanna)

I ett pågående SGI-projekt utvärderas resultat från pelarstabilisering av lera, där hållfasthetstillväxt i fullskala hos pelare stabiliserade med kalk/cemet jämförs med kalk/cement/flygaska (KCE), där flygaskan kommer från Lilla Edets pappersbruk, Tabell 3.4. Arbetet finansieras av Trafikverket.

Tabell 3.4. Pelarstabilisering med bindemedel baserat på kalk-cement och flygaska.

Table 3.4. Column stabilization with Lime, Cement and fly ash

	Projekt	Ort	Byggår	Yta	Jordmaterial	Bindemedel
Pelar-/masstabilisering	RV 45	Småröd	2008-2010	Provpelare	Lera	Flygaska/cement/ bränd kalk 33/33/33 Flygaska från SCA Lilla Edet, CFP

Kombiterminalen i Helsingborgs hamn utfördes stabilisering av förorenade massor, där förorenade fyllnadsmaterial stabiliserades med kalk, Merit 5000 och cement, på en 6 ha yta. Syftet vara att kunna nyttja befintliga massor som konstruktionsmaterial. I Norra Hamnen i Malmö stabiliserades avfall i en deponi med cement, Tabell 3.5. Avfallet grävdes upp, sorterades och organiskt material stabiliserades med cement i ca 0,3 m lager. Målsättningen var att eliminera nedbrytning av organiskt material och metanbildning, Fridh (2011).

Tabell 3.5. Exempel på projekt med stabilisering av förorenad jord och avfall.

Table 3.5. Examples of projects with stabilization of contaminated soil and waste.

	Projekt	Ort	Byggår	Yta/Volym	Jordmaterial	Bindemedel
Förorenad jord/avfall	Kombiterminalen	Helsingborgs hamn	2004/2005	60 000m ²	Fyllmaterial (förorenat)	Kalk, merit, cement
	Norra Hamnen	Malmö	2010	33 200 m ³	Avfall	Cement

3.4 Intervjusvar och miniworkshop, SWOT-analys

I form av en SWOT-analys (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) fångades de intervjuade nyckelaktörernas och referensgruppens kunskap och åsikter upp kring metoden stabilisering generellt och användning av flygaska som bindemedelskomponent vid stabilisering specifikt. Nedan följer en summering av intervjusvaren och miniworkshopen.

3.4.1 Metoden stabilisering av obundna lager – inre styrkor och svagheter

De största styrkorna med metoden stabilisering av obundna lager är enligt de tillfrågade att metoden ger en bättre bärighet och en längre livslängd än obundna lager. Andra fördelar som lyftes fram var att stabiliserade konstruktioner har bra tjälegenskaper samtidigt som tunnare överbyggnad behövs och därmed en mindre mängd ballast används, samt att ballastmaterial med sämre kvalitet kan uppgraderas. Stabilisering av obundna lager bedömdes som en enkel teknik.

De svagheter som omnämndes av de intervjuade var följande: 1) Metoden är dyrare i anläggningsskedet än att inte stabilisera. 2) Utförandet kan medföra damning som är negativ ur arbetsmiljösynpunkt. 3) Dimensioneringen försvåras eftersom det i dagsläget inte finns någon fullständig bild av nedbrytningsmekanismerna. Det lyftes fram att stabilisering av obundna lager inte löser problem om vägdiken saknas eller inte fungerar. Ett problem med att få acceptans för stabiliseringsmetoden är att den är svår att få in i dagens upphandlingssystem. Detta kan underlättas genom att få in stabilisering i AMA-texter vilket underlättar att metoden prissätts och hanteras i upphandlingssystemet.

3.4.2 Metoden stabilisering av obundna lager – yttre möjligheter och hot

Yttre möjligheter som talar för stabiliseringsmetoden är att det finns ett stort behov av att minska geokonstruktioners underhållskostnader och öka deras bärighet. En teknik som ger konstruktionen en ökad livslängd och minskat underhållsbehov är därför ett ekonomiskt intressant val. Sammantaget bedömdes att stabilisering av obundna lager/terrass ger en förbättrad bärförmåga hos vägkonstruktionen. Kommunikation och resultatspridning är viktig för att vinna acceptans och för kommersialisering av tekniken.

Ett hot mot metoden stabilisering av obundna lager som de intervjuade upplever är negativ publicitet. De intervjuade påpekade att det räcker med att en aktör missköter sig så påverkas hela branschen. Oseriösa entreprenörer, leverantörer, beställare m.fl. kan snabbt förstöra det förtroende som byggts upp. Ett annat externt hot mot metoden är undergrundsproblem – om dåliga markförhållanden inte åtgärdas blir stabiliseringsåtgärden ineffektiv, en risk är i dessa fall att metoden förknippas med halvdana hållfasthetsresultat. Många beställare har en konservativ inställning; man gör som man alltid gjort. Eftersom det idag saknas en funktionell kunskapsöverföring mellan stabiliseringsprojekt blir effekten att ”vi uppfinner hjulet” i varje nytt projekt”.

En summering av det flest förekommande åsikterna om metoden att stabilisera obundna lager redovisas i Figur 3.5.

Styrkor <i>Bättre bärighet</i> <i>Längre livslängd</i> <i>Kostnadseffektivt</i> <i>Enkel teknik</i>	Svagheter <i>Dåligt resultat om dålig bärighet i undergrund</i> <i>Damning</i>
Möjligheter <i>Stort behov av ökad bärighet och minskat underhåll</i> <i>Engagemang kan utveckla och förenkla logistisk och arbetsbeskrivning</i>	Hot <i>Konservativ inställning</i> <i>Negativ publicitet</i> <i>Ingen kontinuitet, uppfinner hjulet gång på gång?!</i>

Figur 3.5. Generellt om styrkor/svagheter/möjligheter/hot (SWOT) för stabilisering som förstärkningsåtgärd.

Figure 3.5. A general SWOT on stabilization as a soil improvement method.

3.4.3 Askor som bindemedelskomponent vid stabilisering av obundna lager – inre styrkor och svagheter

De största incitamenten till att använda flygaska vid stabilisering är att det är ett material med goda geotekniska egenskaper som kan erhållas till ringa kostnad. Med hjälp av tillsats av cement till flygaskor kan det stabiliserade materialets frostbeständighet förbättras samtidigt som de inte är tjällyftande eller nämnvärt isolerande. Det finns flygaskor med god och homogen kvalitet. Generellt sett bidrar tillsats av cement till att säkra flygaskors homogenitet som bindemedel vad gäller härdning, hållfasthet, beständighet. Bättre bärighet och längre livslängd hos stabiliserade vägar nämndes som styrka. En annan styrka som nämndes var att ett nyttjande av resursen flygaska ligger i linje med mål om återanvändning och kretslopp.

En svaghet som nämndes om att använda flygaska som bindemedelskomponent i obundna lager är flygaskans begränsade kvantitet. En annan svaghet är att kvaliteten varierar mellan olika satser från samma bruk och mellan olika bruk. Torrlagring av flygaska kräver silos som fördyrar hanteringen, medan öppen lagring påverkar askornas härdningsegenskaper negativt. En karakterisering/kvalitetssäkring av flygaskorna måste därför göras för att entreprenören ska kunna garantera vägens funktion. Kvalitetssäkring av flygaskorna är fördyrande eftersom den kräver dokumentation av flygaskans egenskaper, samt vad eventuella variationer av bränsle, lagring, ålder vid tillsats av vatten medför för flygaskans egenskaper. Flygaskor är avfall, vilket leder till att dessa bedöms annorlunda än konventionella bindemedel. Detta leder till ökat

kontrollbehov vilket komplicerar och fördyrar byggprocessen. Om grusslitlagret är för tunt kan den stabiliserade flygaskan hamna ”i dagen” vilket kan ge större negativ miljöpåverkan genom damning.

3.4.4 Askor som bindemedelskomponent vid stabilisering av obundna lager – yttre möjligheter och hot

En möjlighet för användning av askor som bindemedelskomponent är att det är politiskt korrekt att återanvända restmaterial. Ett annat argument är att askor bidrar till att sänka bindemedlets CO₂-belastning (konventionella bindemedel bidrar till relativt stor belastning). Att använda en blandning av flygaska och konventionella bindemedel kan därför vara en möjlighet för att kostnadseffektivisera och minska CO₂-belastningen samtidigt som hållfastheten säkras. Eftersom det finns engagerade leverantörer, entreprenörer och konsulter kan logistik och arbetsbeskrivningar utvecklas och förenklas.

Ett yttre hot mot användning av bioaskor som konstruktionsmaterial är användningens konkurrens mot målet om askåterföring till skog. Eftersom flygaskor klassas som avfall blir användningen i anläggningstekniska applikationer omständigt; att få svar på ett anmälningsärende tar flera veckor. Ett annat problem med att askor klassas som avfall är att även askleverantörerna betraktar sina askor som avfall, vilket kan leda till att olika bränslen blandas, från rent biobränsle till returflis. Kvaliteten på flygaskorna kan därmed variera. Ett annat hot är komplexa metodbeskrivningar för askanvändning, beskrivningen för entreprenören måste bli enkel annars kommer inte metoden att kunna konkurrera mot billig sten och grus.

En summering av de flest återkommande åsikterna om flygaska som bindemedelskomponent vid stabilisering av obundna lager redovisas i Figur 3.6.

Styrkor <i>Klimatsmart förstärkningsåtgärd</i> <i>Kretslopp</i> <i>Bättre bärighet</i> <i>Enkel teknik</i> <i>Kostnadseffektiv</i>	Svagheter <i>Begränsad tillgång</i> <i>Tar lång tid att göra anmälan</i>
Möjligheter <i>Politiskt korrekt att återföra</i> <i>Sparar naturresurser</i> <i>Bindemedelsblandning av cement och aska säkrar tillgången</i>	Hot <i>Varierande kvalitet på flygaskor</i> <i>Om någon missköter sig påverkas hela branschen</i> <i>Konkurrens om askan för skogsåterföring</i>

Figur 3.6. SWOT för flygaska som bindemedelskomponent vid förstärkningsåtgärd
Figure 3.6. SWOT on fly ash as binder component for stabilization.

4 Kontrollparametrar

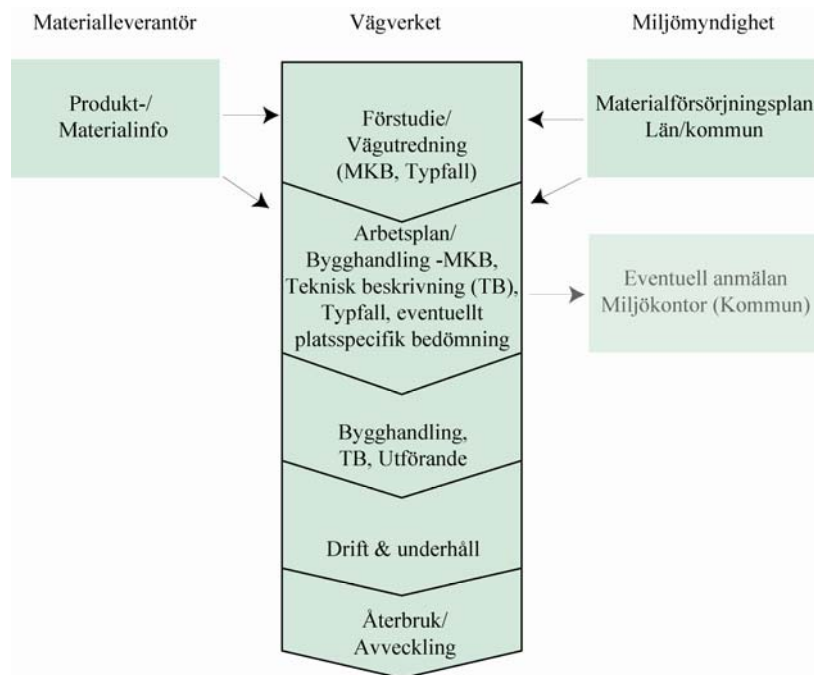
4.1 Av nyckelaktörer föreslagna kontrollparametrar

Trafikverkets planeringsprocess för vägar består av idéskede, förstudie, vägutredning och arbetsplan, Figur 4.1. Efter byggskedet tar drift och underhåll vid vars syfte är att bibehålla vägkonstruktionens funktion. Drift och underhåll utgår från ett antal effektsamband som beskriver nyttan med olika åtgärder utifrån följande kriterier:

- framkomlighet
- trafiksäkerhet
- tillgänglighet

De viktigaste variabler som beskriver skicket hos den belagda vägytan är

- ytans jämnhet
- spårbildning
- beläggningsskador
- vägens bärighet



Figur 4.1 Schematisk beskrivning av vilka åtgärder som faller under respektive del av Trafikverkets byggprocess.

Figure 4.1 Schematic descriptions of material choice and supply in correlation with the building process of the Swedish Road administration.

I detta avsnitt redovisas parametrar som beskrevs av de tillfrågade aktörerna för att visa att en vägkonstruktion är bra ur teknisk-, ekonomisk- och miljömässig synvinkel. Dessa parametrar relateras till Trafikverkets byggprocess, se Figur 4.1. Fokus i detta projekt ligger på *kontroll* och

Uppföljning (KoU) av vägens tillstånd, men nedan diskuteras parametrar från *förstudie* till *utförande*. KoU av vägens tillstånd försöker ge svar på vägens tekniska livslängd och när vägen är i behov av underhållsåtgärd.

4.1.1 Förstudie/vägutredning

Stabilisering av obundna lager och terrasstabilisering är en förhållandevis outnyttjad och ny teknik i Sverige. Till detta kommer att vid användning av flygaskor som bindemedelskomponent introduceras ett ”nytt” material och applikation. En potentialbedömning ska ha fokus på hur flygaskan som bindemedel jämfört med exempelvis cement påverkar ekonomi, teknik, miljö- och resursperspektiv.

4.1.2 Arbetsplan/Bygghandling

Kritiska faktorer tas fram med avseende på material, konstruktionsdel och konstruktion. Fokus är på materialegenskaper (material) och funktionella egenskaper (konstruktionsdel /konstruktion). Kritiska faktorer tas fram med hjälp av laboratorieförsök, exempelvis tryckhållfasthet, frostbeständighet, innehåll av urfasningsämnen/lakbarhet mm. Det är viktigt att den alternativa lösningen (teknik/material) är med i den miljökonsekvensbeskrivning (MKB) som upprättas. Rekommendationer avseende hantering av alternativa material i MKB finns i Vägverkets publikation 2007:110.

Laboratorieförsök ger dimensioneringsunderlag. Det stabiliserade materialets packnings- och hårdningsegenskaper, frostbeständighet, innehåll och lakbarhet etc. ger viktigt underlag till bygghandlingen.

4.1.3 Bygghandling/Utförande

I bygghandlingsskedet görs en fördjupad bedömning av ekonomi, teknik, miljö/resursperspektiv och marknad (tillgång, efterfrågan). Fördjupad undersökning av kritiska materialegenskaper och konstruktionsdelens funktion (primärt baserat på laboratorieundersökningar). Dimensioneringen baseras på resultatet av fält- och/eller laboratorieundersökningar. Utförande- och kontrollbeskrivning, motsvarande Finska Vägverkets anvisningar för cementstabilisering, Finska Vägverket (1995), ”Handbok – Flygaska i mark- och vägbyggnad”, Munde et al. (2006), eller ”FUD-Sala–Provsträcka med stabilisering av obundna lager”, Svedberg et al. (2007), används.

Bindemedlets kvalitet, det stabiliserade lagrets vattenkvot vid packning, erhållen packningsgrad och lagertjocklek är viktiga faktorer som påverkar konstruktionens funktion och livslängd. Svedberg et al. (2007) redovisar ett program för kontroll och uppföljning med avseende på utförande. Syftet med programmet är att kontrollera funktionella egenskaper.

4.1.4 Drift och Underhåll

Målsättningen med drift- och underhållsåtgärder är att bevara vägens funktion. Finska erfarenheter, Lahtinen (2003) visar att stabilisering av grusvägar med flygaska och cement som bindemedel ger en livslängd på > 15 år, jämfört med referenssträcka med traditionell grusvägskonstruktion med en livslängd på ca 3–4 år. Verifiering av materialets egenskaper i full skala saknas idag. Här finns det behov av att konstruktionens och dess funktion med det

stabiliserade materialet verifieras, konstruktionens livslängd bedöms och en empiribas byggs upp. De parametrar som de intervjuade nämnde som viktiga vid kontroll och uppföljning för att bedöma vägens tillstånd och livslängd var följande:

- Bärighet
 - Stabilitet med fallvikt
 - Kompressionsmodul med seismisk metod (lab. och fält)
 - Lasermätning av jämvikt (IRI)
- Tillståndsmätning
 - Tillståndsmätning (vår, sommar och höst) samt skadeförlopp
 - Spårbildning
 - Sprickbildning
 - Tjällyftning
 - Hur terrassens bredd förändras med tiden – tiden för att underhållsåtgärd måste till
 - ATB-väg; kvalitetssäkring på plats, hållfasthet, lagertjocklek och okulärbesiktning
 - Om/att vägen kan trafikeras under längre tid om året
- Bekräfta med provtagning
 - Nedbrytning
 - Skjuvmodul på lab. och fält
 - Mekaniska egenskaper och IRI-mätning
 - Miljömässiga egenskaper (innehåll och lakning)
 - Platsspecifik bedömning och vad som händer miljömässigt i ett långsiktigt perspektiv

4.2 Summering av parametrarna

Vägytans jämnhet, spårbildning, beläggningsskador och vägens bärighet är variabler som Trafikverket hanterar som indikatorer vid bedömning av drift och underhållsbehov. Vad gäller terrasstabilisering och stabilisering av obundna lager saknas idag en empirisk bas för bedömning av vägens tillstånd och livslängd. Nyckelaktörerna bedömde att det var viktigt att bygga upp denna empiriska bas för att möjliggöra återkoppling mellan olika projekt. Data som beskriver vägens tillstånd och bärighet möjliggör en jämförelse av olika vägkonstruktioner. För att kunna göra jämförbara bedömningar mellan konstruktioner med obundna lager och konstruktioner som stabiliserats med flygaska krävs fler ytor och längre stabiliserade sträckor än de som finns idag och motsvarande kontroll på referenssträckor.

5 Uppföljning

5.1 Generellt

Fyra delprojekt ingick i uppföljningsprogrammet. I Tabell 5.1 redovisas en kort sammanfattande beskrivning av det underlag som togs fram i respektive projekt.

Tabell 5.1. En sammanfattande redovisning av det underlag som ingick i respektive delprojekt.
Table 5.1. A short description of the investigation in this project.

FUD-process	RV90	Hallstavik	Lugnvikverket	Dåva industripark
Behov/Idé (Potentialbedömning)	Nej	Potentialbedömning - baserat på finska erfarenheter	Nej	Nej
Utredning (Litteratur, lab. och småskaliga försök)	Laboratorieutredning - Teknik/miljö Anmälan Småskaligt försök - Teknik/miljö (Älandtippen)	Finska erfarenheter (Lahtinen 2001) Laboratorieutredning - Teknik/miljö Anmälan/Platsspecifik bedömning	Vägledning (Munde et al. 2006) Laboratorieutredning - Teknik/miljö Anmälan/Platsspecifik bedömning Småskaligt försök - teknik/miljö (50 m)	Vägledning (Munde et al. 2006) Laboratorieutredning - Teknik/miljö Anmälan/Platsspecifik bedömning
Pilotprojekt (Demonstration)	Demoprojekt- Teknik/miljö (platsspecifik) (100 m)	Demoprojekt- Teknik/miljö (platsspecifik) (1,2 km)	Nej	Demo - Teknik/miljö, (0,7 ha)
Etablering (Produktifiering)	Nej	Ja, det finns flertalet vägar byggda med tekniken.	Nej	Nej

Riksväg 90 (RV90) byggdes sommaren 2001. Byggandet av vägsträckan (delprojekt 2) utfördes under vecka 25 och 26, 2001. Inför fältarbetet utfördes laboratorieförsök, där tre olika blandningsrecept togs fram. Dessa var blandning mellan färsk flygaska (SCA-Ortviken), deponiaska (Älandsbrotippen), Merit 5000 (finmald hyttsten med aktivator), cement och osläckt kalk. Blandningsrecepten, med tillhörande hållfasthets- och lakningsegenskaper samt

permeabilitetsstudier, togs fram inför fältapplikationen. Fältsträckan följdes upp med fallviktsmätning våren 2005 och hösten 2009. Miljöprovtagning utfördes mellan 2001 och 2003 och redovisas i Thurdin (2004).

Skogsbilvägen strax norr om Hallstavik byggdes hösten 2004. Laboriestudier utfördes under 2003-2004 för att utreda flygaskans tekniska- och miljöegenskaper. En platsspecifik bedömning och anmälan gjordes inför fältarbetet. Pilot-/demoförsöket utfördes baserat på erhållna laboratorieresultat, Lahtinen et al. (2004). Uppföljning av miljöegenskaper utfördes årligen med hjälp av analys på uppsamlat lysimeter-, grund- och ytvatten. Vägens tillstånd bedömdes våren 2004 innan åtgärd och hösten 2009. Fallviktsmätning utfördes hösten 2004, våren 2005 och hösten 2009.

Vägarna byggda av Jämtkraft (Lugnviksverket, Östersund) och av RagnSells (Dåvamyrans industripark, Umeå) utfördes sommaren 2009. I båda fallen utfördes laborieförsök i syfte att bekräfta flygaskornas lämplighet ur teknisk- och miljösynpunkt. Anmälan med en platsspecifik bedömning lämnades in till respektive miljökontor. I dess båda fallen har få analyser gjorts i fält.

5.2 Typfall Riksväg 90

Riksväg 90 norr om Sollefteå renoverades under sommaren 2001. Orsaken till åtgärderna var tjälskador, ojämna sättningar och spårbildning. En del av åtgärderna var att skifta ur ca 1,8 m siltig jordmaterial och ersätta detta material med ballastmaterial.

Ett sätt att minska urgrävningsvolymen, uttaget av ballastmaterial och transporterna var att ersätta en del av ballastmaterialet med ett material som har isolerande egenskaper och hög bärighet. Två flygaskor, cement, Merit 5000 och kalk användes för att ta fram lämpligt material som hade hög tryckhållfasthet, låg permeabilitet och inte var tjälfarligt. Askorna var en deponiaska (biobränsle) och en färsk flygaska från SCA-Ortviken. På provsträckan grävdes 0,9 m jordmaterial ut som ersattes med 0,4 m stabiliserad flygaska och ca 0,5 m ballastmaterial. Vägsträckan undersöktes med avseende på miljöegenskaper, Scandiaconsult (2003) och Thurdin (2004).

5.2.1 Förstudie och Arbetsplan/Bygghandling

Provsträckan var ett problemområde med stora skador orsakade av tjäle. Tre lämpliga askblandningar togs fram baserat på laborieundersökning med avseende på tekniska egenskaper, totalinnehåll och lakningsegenskaper. Blandningsrecept togs fram baserat på resultat i laborieförsök. En beskrivning av logistik vad gäller transport, volymer färsk flygaska (SCA-Ortviken) och volym deponiaska togs fram baserat på laborieresultat. En enkel teknisk beskrivning togs fram för blandningsförfarandet på Älandsbrotippen, transportlogistik, eftersom avståndet till den aktuella vägen var ca 12 mil. Tre typfall med olika blandningsrecept togs fram. Utlägningsarbetet beskrevs i detalj. Utläggning i skikt och packning direkt efter utläggning. Underlag togs fram för en platsspecifik bedömning av miljöegenskaper. Detta material utgjorde basen till anmälan. En detaljerad beskrivning av utförandet finns i Scandiaconsult (2003). Följande blandningar användes på sträckan.

Teststräcka	Längd	Stabiliserade materialet och dess mäktighet
Cell 1:	0-30 m	0,4 m flygaska + 5 % cement och 0,5 m överbyggnad
Cell 2:	30-60 m	0,4 m flygaska + 2,5 % cement + 2,5 % Merit 5000 och 0,5 m överbyggnad
Cell 3:	60-90 m	0,4 m flygaska + 2,5 % cement + 2,5 % kalk och 0,5 m överbyggnad
Referens:	100-130 m	0,9 m överbyggnad

5.2.2 Anmälan

Anmälan enligt miljöbalken och förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd lämnades in till miljökontoret i Sollefteå kommun. Miljökontoret beviljade projektet efter samtal med berörda fastighetsägare.

5.2.3 Utförande

Entreprenaden utfördes av NCC. Tre olika askblandningar användes på tre delsträckor som var 30 m var, samt en referenssträcka (30 m). I referenssträckan hade traditionellt material använts i överbyggnaden. Pilotsträckan utfördes parallellt med övrig entreprenadsarbeten vilket bidrog till höga driftkostnader. Det konstaterades att framgångsrik avsättning av alternativa material kräver utveckling på entreprenadsidan, som utveckling av blandningsutrustning, utläggningsteknik och logistik. Det konstaterades också att pilotprojektet var fragmenterat i och med att tre grundrecept användes i fält. Detta medförde logistikproblem i alla led, från tillverkning av askblandning, transporter till utläggning. Blandningen utfördes på Ålandsbrotippen, se figur 5.1, ca 12 mil från provsträckan, då det av praktiska skäl inte var möjligt att utföra blandningen på plats. En annan viktig faktor som försvårade arbetet var att empirin var begränsad och att det inte fanns en generell arbetsinstruktion och kontrollprogram etc, se figur 5.2.a., 5.2.b. och 5.2.c..



Figur 5.1 Blandningsstation på Ålandstippen 12 mil från provsträckan på Rv90.

Figure 5.1. Mixing station at Ålandstippen, 120 km away from the test site at the Route 90 (Rv90).

5.2.4 Drift & underhåll

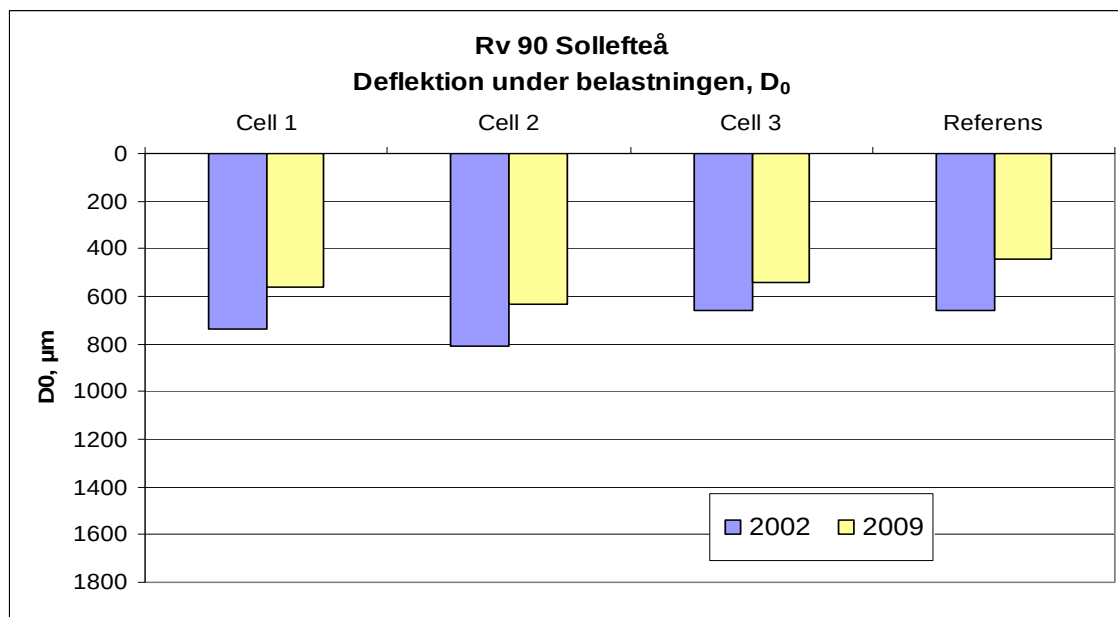
Sträckan på Rv90 som åtgärdades 2001 har fått ett för tjockt asfaltlager, som medförde spårbildning. Detta orsakades av kompaktering i asfaltlagret i hjulspåren. Sträckan, inklusive pilotsträckan, åtgärdades och nytt asfaltlager har lagts ut. I övrigt har inga andra åtgärder vidtagits på sträckan.



Figur 5.2. a) Provsträckan 2001 innan åtgärd, b) under arbetets gång sommaren 2001 och c) 2003.
 Figure 5.2 a) The road before stabilization 2001, b) stabilization during summer 2001 and c) the road section 2003.

5.2.5 Kontroll - Fallviktsmätning

Fallviktsmätning utfördes vid två tillfällen, sommaren 2002, året efter förstärkningsarbetet och hösten 2009. Mätningen 2009 utfördes för att studera nuvarande status och långtidsegenskaper. Mätningarna redovisas som medelvärdet för varje sträcka i båda mätriktningarna, se Figur 5.3. Mätpunkterna var placerade var 5:e meter i höger hjulspår i båda riktningarna. Provsträckan var indelad i fyra celler, Cell 1, 2 och 3 samt en referenssträcka. Resultaten redovisas som deflektionen mitt under belastningen, D0, vilket beskriver den genomsnittliga styvheten från ytan ner till och med undergrunden. Ju lägre deflektion som erhålls desto styvare är konstruktionen (högre bärighet). D0-parametern redovisas här för att det var enbart den som redovisades i ”byggrapporten” för Sollefteå, Scandiaconsult (2003). Resultaten från Rv 90 Sollefteå redovisas i Figur 5.3. Samtliga celler uppvisar en ökning av styvhet från 2002 till 2009. Referenssträckan har bättre/lägre D0-värde än övriga 2009.



Figur 5.3. Medelvärde av deflektionen, D_0 , för varje cell och mätår.

Figure 5.3 Average deflection values, D_0 for each test section and for 2003 and 2009.

Resultaten från mätningarna tyder på att askförstärkningar ger tveksamma förbättringar på dessa sträckor jämfört med referenssträckorna utan askinblandning. Hänsyn till meteorologiska- och klimatförhållanden har inte tagits i den här jämförelsen, vilket skulle kunna förklara avsaknad av förbättringar, om det finns några. Alla tre asksträckorna i Sollefteå har bättre värden 2009 än 2002. Samtidigt har referenssträckorna förbättrats mer. Bidragande orsak kan vara att förbättring av avvattning (diken) har en betydande effekt och kan räcka för att få förbättringar på vägens tillstånd. En annan bidragande orsak till att vägen har högre styvhet är kompaktion hos materialen i vägkonstruktionen. Det bör också noteras att det stabiliserade sträckavsnittet placerades på en av de sämsta sträckorna.

5.3 Typfall Hallstavik

Hösten 2004 stabiliserades Ehnsjövägen med flygaska. Flygaskan nyttjades i syfte att stabilisera ballastmaterial och därmed förbättra vägens bärighet, tjälegenskaper och standard. Tekniska egenskaperna hos vägen och de initiala miljöegenskaperna redovisas i en separat Värmeforskrapport, Mácsik och Svedberg (2006).

Undersökningsserien, som nu omfattar mätningar under 5 år redovisas i detalj i Bilaga C.

5.3.1 Förstudie

Underhållsbehovet på Ehnsjövägen var stort våren 2004, vägsträckan hade bärighetsproblem under tjällossningen. Detta är problem på flera sträckor på bl.a. Holmen Skogs grusvägar. Ehnsjövägen höll dålig kvalitet, med stort inslag av bl.a. pothål och vägbanan hade omvänt tvärfall och var deformerad i tvärlängd. Höga vägkanter hindrade vattnet att rinna av från vägen. Vägen bedömdes vara i omedelbart behov av åtgärder för att förebygga en fortsatt snabb nedbrytning av vägen. Holmen Skog planerade avverkning av skog i anslutning till Ehnsjövägen

vilket aktualiserade åtgärder. Behovet av åtgärder ökade från sträcka 1 med lägst behov till sträcka 4 med högst behov.

Finska erfarenheter visade att genom att nyttja flygaska som förstärkningslager på ”problemsträckor” kan tjälskadorna minimeras, Lahtinen (2001). Underhållsbehoven minskade och vägarna kunde hållas öppna under tjällossningen. Flygaskor har isolerande egenskaper vilket gör att tjälnedträngningen blir mindre och tjälskadorna uteblir. Genom att nyttja flygaskor i vägkonstruktioner minskar användandet av ändliga naturresurser som grus och berg, Lahtinen (2001), Kärrman et al. (2004) Kärrman et al. (2006).

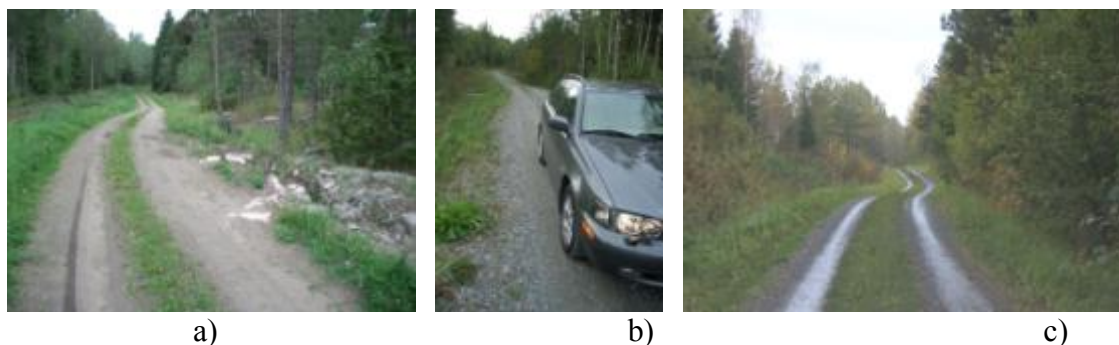
Stabilisering av vägsträckan med flygaska var en alternativ åtgärd. Flygaska från Holmen Paper undersöktes med avseende på tekniska- och miljöegenskaper och Lahtinen et al. (2005b). Diskussion fördes med Miljökontor och Länsstyrelsen för att kunna nyttja flygaska på grusvägar av typen Ehnsjövägen. Ehnsjövägen blev ett pilot-/demoprojekt, där en femårig uppföljning var kravet från miljömyndigheterna för att kunna använda flygaska som bindemedelskomponent även på andra sträckor.

5.3.2 Arbetsplan/Bygghandling

En enkel bygghandling skrevs, som sedan till delar användes i Munde et al. (2006). Teknisk beskrivning, och en platsspecifik bedömning gjordes och en anmälan lämnades in till Miljökontoret och Länsstyrelsen. Utförandebeskrivning togs fram för att stabilisera 1,2 km av den totala 1,6 km långa Ehnsjövägen, Figur 5.4.

På sträckan installerades nio stycken lysimetrar för att kontrollera vägens täthet och för att kunna samla upp perkolerat vatten för analys av främst metaller. Grund- och ytvatten ingick också i uppföljningen mellan 2004 och hösten 2009. Sträckans tillstånd undersöktes också med hjälp av fallviktsmätning, våren 2004, hösten 2004 och hösten 2009. Sträckorna delades in i fyra delsträckor, där referenssträckan, Sträcka 1, var i minst behov av åtgärd, slitlager lades ut på sträckan. På Sträcka 2, och 3 är tjockleken på det stabiliserade grusmaterialet 0,2 m respektive 0,2-0,3m. På sträcka 4 var det stabiliserade lagret av flygaska 0,3-0,4 m, varav ca 0,2 m var ett flygaskalager (monolit) och ca 0,15 m var ett lager av stabiliserat grus.

Teststräcka	Längd	Stabiliserade materialet och dess mäktighet
Delsträcka 1	0-400 m	Referenssträcka, enbart slitlager, ingen ytterligare åtgärd.
Delsträcka 2:	400-800 m	Flygaskastabiliserat gruslager och 0,05 m slitlager. Tjockleken på det stabiliserade lagret var 0,2 m.
Delsträcka 3:	800-1200 m	Flygaskastabiliserat gruslager och 0,05 m slitlager. Tjockleken på det stabiliserade lagret var 0,2 – 0,3 m.
Delsträcka 4:	1200-1600 m	Flygaskastabiliserat gruslager och 0,5 m slitlager. Tjockleken på det stabiliserade lagret var 0,3 – 0,4 m, vara 0,2 m monolit och ca 0,15 m flygaskastabiliserat grus.



Figur 5.4. Ehnsjövägen, a) före renovering 2004, b) två år efter renoveringsarbetet 2006 och c) fem år efter renoveringsarbetet 2009.

Figure 5.4. Ehnsjövägen, a) before stabilization (2004), b) two years after stabilization (2006) and c) five years after stabilization (2009).

5.3.3 Anmälan

Anmälan sammanställdes med beskrivning på bakgrund, lokalisering, teknisk beskrivning och kontrollprogram på teknik och miljö. Bedömning av miljöpåverkan gjordes baserat på laboratorieundersökningar på den aktuella flygaskan och vägmateriel från sträckan samt baserat på tidigare erfarenheter. Vid tidpunkten för anmälan fanns ingen vägledning för användning av flygaskor som bindemedelskomponent.

Anmälan enligt miljöbalken och förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd lämnades in till miljökontoret i Norrtälje kommun. Miljökontoret beviljade projektet med tillägg att en årlig kontroll och bedömning görs under de första sex åren efter installation.

5.3.4 Utförande

Arbetet utfördes av lokala entreprenörer. Logistik och utförande följde den tekniska beskrivning som togs fram för projektet, Mácsik och Svedberg (2004).

Under de fem första åren utfördes provtagning av vatten vid följande tidpunkter:

- den 13 maj 2005, ca 8 månader efter installation
- den 8 september, ca 12 månader efter installation
- den 3 oktober 2006, ca 25 månader efter installation
- den 3 oktober 2007, ca 37 månader efter installation
- den 1 oktober 2008, ca 49 månader efter installation
- den 1 oktober 2009, ca 61 månader efter installation

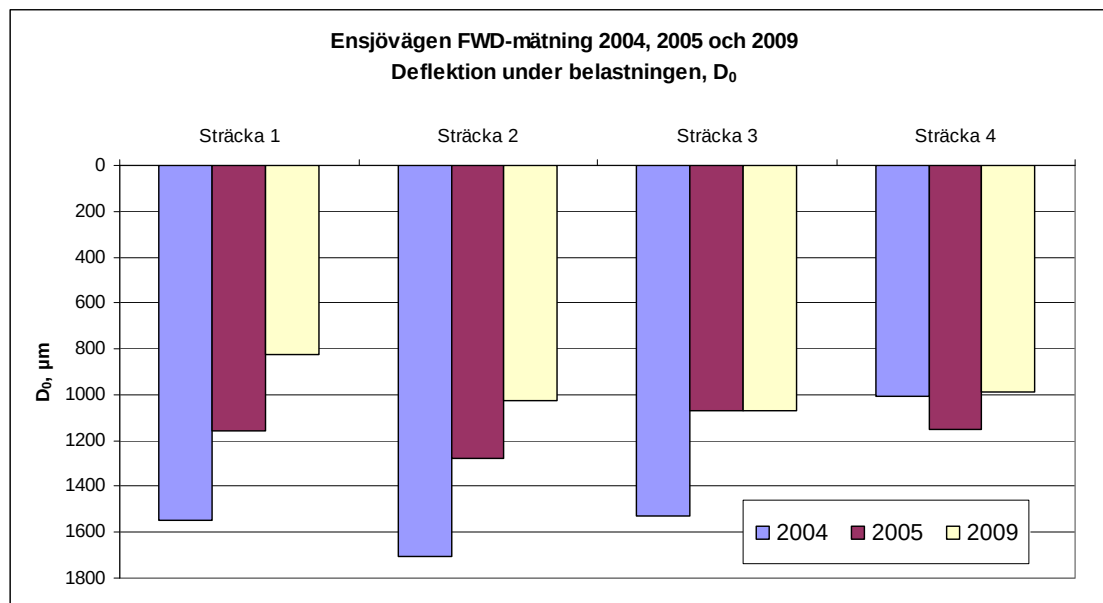
Undersökningsserien, som nu omfattar mätningar under fem år, ger en unik bild av miljöegenskaperna hos flygkastabiliserat ballastmaterial. Baserat på undersökningen görs bedömningen att vägen medför mindre än ringa risk med avseende på yt- och grundvatten. Bedömningen, baserat på analys av grund-, yt- och lysimetervatten är att lakningspotentialen minskar med tiden. Mätningsserien visar att grusvägen stabiliserad med flygaska, är ett tätt material. Grundvattenprover som togs i grundvattenrör installerade i vägdikesområdet längs provsträckan indikerar att halterna av metaller ligger på samma nivå eller under de halter som har

uppmätts i referenspunkten. Halten av lätt lakbara ämnen som sulfat (redovisad som S) ligger efter fem år på samma nivå som grundvattnets bakgrundsvärde. Resultaten redovisas i Bilaga E.2.2.

5.3.5 Kontroll

5.3.5.1 Fallviktsmätning

Fallviktsmätning utfördes vid tre mättillfällen på Ehnsjövägen. Metoden som användes var FWD, (Falling Weight Deflectometer). Mätningarna redovisas som medelvärde för varje sträcka i båda mättriktningarna, Figur 5.5. Ju lägre deflektion som erhålls desto styvare är konstruktionen (högre bärighet). Referenssträckan, Sträcka 1, som inte åtgärdades med askinblandning har förbättrats vad gäller D_0 -värdet år från år. Vid mätningen 2009 hade denna sträcka högst bärighet i jämförelse med övriga tre sträckor. Sträcka 2 har också förbättrats varje år efter åtgärd till och med 2009. Sträcka 3 förbättrades något efter åtgärd för att sedan stabiliseras, samma D_0 -värde både 2005 och 2009. För sträcka 4 kan man inte se någon förbättring utan snarare en svag försämring till 2005 för att sedan i princip återgå till resultat före åtgärd 2009. Resultaten från Hallstavik redovisas i Bilaga E.2.2.



Figur 5.5. Deflektionen, D_0 (medianvärde) för varje delsträcka och mätår. 2004 är uppmätt före åtgärd, övriga efter förstärkning. Sträcka 1 är referens/oförstärkt.

Figure 5.5 Registered average deflection values, D_0 , for each road section before (2004) and after stabilization (2005 & 2009). Median values of 400 m road sections. Section 1 is reference without stabilization.

Hösten 2009 utfördes en besiktning av vägens tillstånd, som visade att den askstabiliserade sträckan håller god kvalitet, dvs. få inslag av bl.a. potthål. Det finns ett underhållsbehov på sträckan nämligen hyvling och justering av slitlager och vägdike. Det förekommer gräs mellan hjulspåren på kortare sträckor vilket behöver åtgärdas för att bibehålla vägens kvalitet.

Tillståndsvärdena för ojämnheter och korrugering är 1–2 på Sträcka 2 och 3. Dessa sträckor byggdes med stabiliserat grus. Vägbanan är jämn och fast. Enstaka potthål och korrugering förekommer på vissa avsnitt, men körhastigheten behöver inte sänkas. På Sträcka 4 är tillståndsvärdena för ojämnheter och korrugering 2–3, och körhastigheten måste ibland sänkas och ojämnheter måste beaktas. Denna sträcka byggdes med ett lager av flygaska följt av ett lager av stabiliserat grus. På referenssträckan, Sträcka 1, är tillståndsvärdena för ojämnheter 3–4 och sträckan är i stort behov av åtgärd. Stora delar av vägbanan är ojämn på grund av potthål och körhastigheten måste oavbrutet ändras och anpassas på grund av ytans tillstånd.

5.3.5.2 Miljöteknik

Grusvägen med flygkastabiliserat grus i bär-/förstärkningslagret är förhållandevis tät konstruktion. Av en total nederbörd mellan 478 – och 672 mm/år är det < 20 mm/år som perkolerar igenom konstruktionen, dvs. > 95 % av nederbörden, som faller på vägytan, ytavrinner eller avdunstar.

Grundvattennivån i området ligger > 0,5 m under bär-/förstärkningslagret med flygaska. Flygaskan i vägkonstruktionen utsätts därför inte för lakning genom direkt kontakt med yt- eller grundvatten. Vägdiken fyller en viktig del i konstruktionen genom att dessa begränsar utlakningen och maximerar utspädningen.

Grundvattenrören är installerade i vägdiket, dvs. i vägområdet. Lysimetrar är placerade under konstruktionsdelen med flygaska. Det vatten som samlas upp i lysimetrarna är inte utspätt. Därmed har lysimetervattnet de högst uppmätta koncentrationerna av ämnen som sulfat, Na, K och andra lakbara metaller. Grund och ytvattnet ca 1 m från vägkonstruktionen är utspädd ca 6 – 10 gånger, baserat på Na och S halter.

Lysimetervatten

Lysimetervattnets halter minskar med tiden för de flesta ämnen. För vissa ämnen som sulfat och krom ökade halterna något under perioden mellan 2005 och 2007 för att sedan minska 2008 och 2009. Vid mätningen 2007 låg halten krom i lysimetervattnet > 10 gånger under gränsvärdet för förpackat dricksvatten, SLV FS 2001:30.

Grundvatten

Innan det perkolerade vattnet från det flygkastabiliserade skiktet når grundvattnet kommer dess innehåll på metaller att minska genom adsorption, utfällning och i viss utsträckning utspädning. Halterna är därmed normalt lägre i grundvattnet (i grundvattenrören) än i lysimetrarna. Grundvattenrören, som finns installerade i dikesområdet, var torra 2006 och 2009. Under perioden 2005 och 2007-2008 var As halten något högre än detektionsvärdet på 1 µg/liter. Halterna låg mellan 1,48 och 1,7 µg/liter. Övriga grundvattenrör hade halter under detektionsvärdet 1 µg/liter. (Halten för tjänligt dricksvatten från allmän anläggning ligger på 10 µg/liter, SLV FS 2001:30.). Vid mätningen 2008 var As halten i referenspunkten ca 11,4 µg/liter, dvs ca sex gånger högre än i lysimetervattets halter. För metaller som Pb, Ni, Zn m fl visar undersökningen att vatten i grundvattnet intill vägen har lägre halter än i referenspunkten. Detta gäller hela mätperioden från 2005 – 2009. Halterna är dock överlag låga och ligger i storleksordning på samma nivå i referenspunkten som i övriga provtagningspunkter. Den högsta halten sulfat i grundvattnet uppmättes 2007, och var ca 100 mg/liter, vilket motsvarar kriteriet för

Gränsvärde för tjäniligt med anmärkning, SLV FS 2001:30. Vid provtagningen 2008 låg sulfathalten på 5,7 mg/liter.

Ca, Na, K och sulfater kan lakas ut från den flygaskastabiliserade vägkroppen. Utlakningen är begränsad, pga. tätt material och halterna som når grundvattnet inom vägområdet var låga. Utlakningen avtar med tiden. Fram till 2006 låg halterna i grundvattnet på samma nivå som hos grundvattenreferensen. Vid mätningen 2007 var halterna av Ca, Na, K och sulfat högre än i referenspunkten. Halterna 2008 var referenspunktens halter generellt högre eller i nivå med grundvattnet inom vägområdet. Som jämförelse kan nämnas att halterna ligger väl under riktvärdena för dricksvatten, SLV FS 2001:30, under hela mätperioden, med undantag av Ca och sulfat.

5.3.6 Drift & underhåll

Någon drift och underhållsåtgärd har inte utförts på Ehnsjövägen sedan hösten 2004. Undersökningsserien, som nu omfattar mätningar under 5 år visar att halten av lätt lakbara ämnen som sulfat ligger efter fem år på samma nivå som grundvattnets bakgrundsvärden. Vägens tillstånd, baserat på Vägverket (2005:60), bedöms vara avsevärt bättre på den stabiliserade sträckan trots sämre markförhållanden än på referenssträckan. Referenssträckan är i stort behov av renovering.

5.4 Jämtkraft

Jämtkraft AB genomförde ett pilotprojekt på Lugnviksverket där flygaska användes som konstruktionsmaterial i bär-/förstärkningslagret. Som slitlager användes bergkross. Arbetet utfördes under juni-juli 2009. Underlaget där pilotförsöket utfördes används som en bränsleplan och underlaget är uppbyggd av schaktmassor och bottenaska från sandbäddspannorna på Lugnviksverket. Bakgrundsbeskrivning redovisas i Bilaga D.

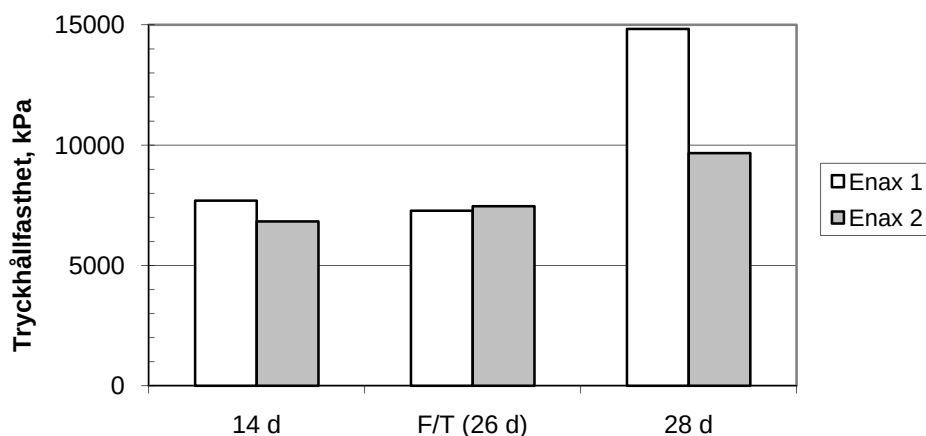
För att kontrollera konstruktionens miljögeotekniska egenskaper installerades lysimetrar. Två lysimetrar placerades under vägkonstruktionen med flygaska och en referenslysimeter anlades på bränsleplanens nordvästra hörn. Inför försöket analyserades prover på flygaskan med avseende på metallinnehåll och flygaskans lakningsegenskaper undersöktes genom skakförsök vid L/S 2 och 10. Under hösten 2009 och våren 2010 kontrollerades mängden vatten som lysimetrarna samlade upp. Där vattenmängden var tillräckligt stor analyserades vattnet på innehåll av metaller, pH och elektrisk konduktivitet. Vid mätningen 2010 kontrollerades även vattnets BOD-halt som är ett mått på mängden lätt nedbrytbart organiskt material (Biochemical Oxygen Demand).

Målsättning med pilotförsöket var att bedöma flygaskans miljögeotekniska egenskaper i en applikation som bär-/förstärkningslager i en grusväg. Mängden vatten som perkolerar igenom asklagret och dess innehåll ger underlag för en miljögeoteknisk bedömning. I en referenspunkt togs rent dagvatten som referens.

5.4.1 Förstudie

Flygaskorna undersöktes med avseende på packningsegenskaper, hållfasthetsutveckling och tjäleenskaper. Miljöegenskaperna undersöktes med avseende på totalhalter och lakningsegenskaper.

Flygaskans hållfasthetsutveckling kontrollerades efter 14 och 28 dygns härdning. Vid försöken användes dubbelprov. Flygaskans torrdensitet ligger på ca 1,55 ton/m³. Optimal vattenkvot ligger på ca 23 – 25 %. Provkroppar packades och fick härda vid optimal vattenkvot på ca 23 %. Undersökningen av ryckhållfasthet visar att flygaskan har bra härdningsegenskaper. Hållfastheten efter 14 dygn ligger på ca 7 MPa, medan efter 28 dygn har hållfastheten ökat till uppemot det dubbla värdet. Ena dubbelprovet hade ett hållfasthetsvärde på nästan 15MPa medan värdet för det andra provet var ca 10 MPa. Frys-töförsök utfördes på dubbelprov som först har härdat under 14 dygn. Som det framgår av Figur 5.6, bibehöll provkropparna sin hållfasthet och påverkas inte av cyklisk frysning och tining. Trots 11 frys- och töcykler som pågick under 12 dygn hade provkropparna 7 MPa i tryckhållfasthetsvärde, vilket är i storleksordning samma som efter 14 dygns härdning. Flygaskan bedöms vara frostbeständig utan tillsats av cement som bindemedel.



Figur 5.6. Härdningstidens betydelse för utveckling av tryckhållfasthet hos tillverkade provkroppar, dubbelprov. Tryckhållfasthet hos provkroppar efter 26 dygn frys-/töförsök.

Figure 5.6. Influence of time on strength development of laboratory samples, double samples. Strength of samples after freezing- thawing (F/T).

Flygaskan undersöktes med avseende på totalinnehåll, pH och elektrisk konduktivitet, samt lakningsegenskaperna kontrollerades med hjälp av skakförsök, se Bilaga D. En jämförelse med Naturvårdsverkets kriterier för Kategori 1 i Naturvårdsverket (2010), dvs. för allmän användning utan restriktioner visar att flygaskan innehåller förhöjda halter av bl.a. As, Pb, Zn, Cr. Lakningsförsöken indikerade att med undantag av Cr, sulfat och klorid var utlakningen lägre än de halter som anges i Naturvårdsverket (2010), Tabell 5.2. Konstruktionen bedömdes bli tät och bedömningen var att flygaskan inte kommer i kontakt med stora mängder vatten, vilket bidrar till att utlakningen minimeras.

Tabell 5.2. Flygaskans innehåll och lakningsegenskaper jämfört med Naturvårdsverkets kriterier för Kategori 1, dvs. för allmän användning utan restriktioner.

Table 5.2. Total content and leachability of fly ash from Jämtkraft in comparison with Naturvårdsverkets criteria for use without restriction.

Element	Innehåll ¹ mg/kg	Kumulativa halter ¹ L/S = 10 mg/kg	Flygaska ² 2009-05-12 mg/kg	Flygaska ² L/S = 10 mg/kg
Bly,	20	0,31	291	0,0728
Kadmium	0,2	0,01	5,2	<0.000712
Kvicksilver	0,1	0,004	0,72	<0.0002
Arsenik	10	0,13	101	<0.01
Koppar	40	0,31	336	<0.01
Zink	120	2,2	3030	0,145
Krom	40	0,42	219	1,95
Nickel	35	0,6	70,6	<0.009
Klorid	-	147		5560
Sulfat	-	227		1550

5.4.2 Arbetsplan/Bygghandling

Jämtkraft AB genomförde detta pilotprojekt enligt Munde et al. (2006). Flygaska användes som konstruktionsmaterial i vägkroppen och ett lager av grus utgör slitlagret. Underlaget där vägen placerades är uppbyggd av schaktmassor och bottenaska från sandbäddspannorna på Lugnviksverket.

Två lysimetrar installerades under vägkonstruktionen och en referenslysimeter anlades på bränsleplanens nordvästra hörn i syfte att undersöka det genom konstruktionen perkolerande vattnets innehåll under en längre tid.

5.4.3 Anmälan

Anmälan gjordes av Jämtkraft. Anmälan har, enligt miljöbalken och förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, lämnats in till miljökontoret i Östersunds kommun. Miljökontoret beviljade projektet.

Trots att flygaskans totalinnehåll var högre än Naturvårdsverkets kriterier för Kategori 1, gjordes bedömningen att konstruktionen är tät och att mängden vatten som kommer i kontakt med flygaskan i konstruktionen var liten och eventuell utlakning begränsas därmed. Vägkonstruktionen skulle följas upp under en längre tid för att bekräfta detta i fält.

5.4.4 Utförande

Vägkonstruktionen byggdes med start den 3 juni 2009. Underlaget där vägen byggdes bestod till största del av bottenaska och schaktmassor. Flygaskan matades ut ur silon via en befintlig befuktningsanläggning. Enligt utförda laboratorieförsök var flygaskans optimala vattenkvot (optimal för packning) ca 23 %. Verklig vattenkvot efter bevattning blev 20,5 % i medelvärde,

¹ Naturvårdsverkets kriterier för Kategori 1, dvs. för allmän användning utan restriktioner.

² Flygaska 2009, Jämtkraft

dvs flygaskans vattenkvot blev inte optimal för bästa packning. Det var svårt att ställa in tillsatsen av vatten för att nå optimal vattenkvot. Ytterligare ett problem var att vattentillsatsen inte blev homogen. Om flygaskans vattenkvot blev för hög gick den inte att packa då materialet var flytbenäget. Den totala mängden flygaska som användes i konstruktionen var 420 ton.

Eftersom underlaget var relativt plant och saknade lutning så bestämdes det att det första lagret av befuktad flygaska skulle användas till att avjämna vägsträckan, Figur 5.7 a. flygaskan transporterades med lastbil och tippades ur på den tänkta vägsträckan. Därefter planade en grävmaskin ut lagret av flygaska till ett jämnt lager på ca 12 cm innan sträckan packades med en 13,5 tons vält.

När lager nummer två var nästan klart tog den färska flygaskan slut i silon. För att kunna göra klart det andra lagret togs ett beslut att använda en lagrad flygaska. Den lagrade flygaskan hade legat öppet under ca ett år. Den lagrade flygaskan hade lägre vattenkvot (var torrare) än den färska flygaskan. Det var dock inget problem att hantera den. Arbetet gjorde ett uppehåll i ca 1-2 veckor för att kunna fortsätta med färsk flygaska i det tredje och sista lagret. Detta lager skulle justera vägens ytskikt och justera vägens lutning så att avrinning kan ske. Den 22-23 juni anlades det sista asklagret och ett ca 3 cm lager av grus, 16-32 mm, vältades i ytskiktet, se Figur 5.7 b. Anledningen till att grus vältades in var för att höja friktionen i vägbanan vid regnväder samt att minska eventuell damning. Välten som användes var en traktordragen modell med en vikt på 6 ton. Det var svårt att nå rätt vatteninblandning i flygaskan så vägen vattnades rikligt efteråt.



a)



b)

Figur 5.7. a) Utförande av vägkonstruktionen med flygaska och b) den färdiga vägen med slitlager (Foto: Daniel Ivarsson, Jämtkraft).

Figur 5.7. a) Construction of the road section with fly ash and b) the finished road construction (Photo: Daniel Ivarsson, Jämtkraft).

5.4.5 Kontroll - Miljöteknik

Vid kontroll av lysimetrarna visade det sig att lysimeter 2 var torr vid provtagningstillfällena oktober 2009 och maj 2010, se Tabell 5.3. Detta indikerar att mängden vatten som perkolerar igenom lagret av flygaska är under detektionsgränsen. Lysimeter 1 samlade upp stora mängder vatten jämfört med de övriga lysimetrarna, se Tabell 5.3. Analys av lysimetervattnets halter av

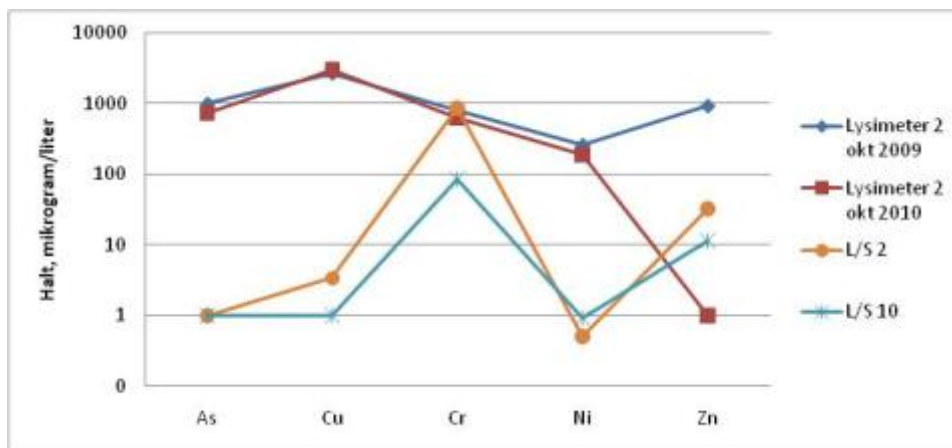
metaller visar att utlakningen av As, Cu, Cr, Ni och Zn var mycket högre än vad laboratorieundersökningen indikerade. Halten av As ligger under detektionsgränsen ($< 1 \mu\text{g/liter}$) i laboratieförsöket (skakförsök), medan halten i lysimeter 1 vid första mättillfället oktober 2009 var $1000 \mu\text{g/liter}$, Figur 5.8 och Tabell 5.4.

Tabell 5.3 Perkolationen i flygaskakonstruktionen lysimeter 1 och 2 och i referenspunkten.

Table 5.3 Percolation of the ash layer in lysimeter 1 and 2, and permeability of the reference road.

Lysimeter	Permeabilitet, mm/år	
	2009-10-13	2010-05-18
Lysimeter 1	0	0
Lysimeter 2	161	68
Lysimeter referens	9	0

Vid mätningstillfället maj 2010 undersöktes även halten BOD (halt av biologiskt nedbrytbart organiskt material- Biochemical Oxygen Demand). BOD är ett mått på att avgöra hur snabbt organismer förbrukar syrgas i en given mängd vatten. BOD på 120 mg/liter är en mycket hög halt och medför att vattnet kan betraktas som starkt anaerobt. BOD bedöms komma från bränsleupplaget, dvs från upplaget med träbränsle.



Figur 5.8. Halter i vattenprover från Lysimeter 2 och lakvatten från skakförsök med L/S2 och L/S 10.

Figure 5.8. Contents of different element in the Lysimeter water and in leachate water from Batch test L/S 2 & 10.

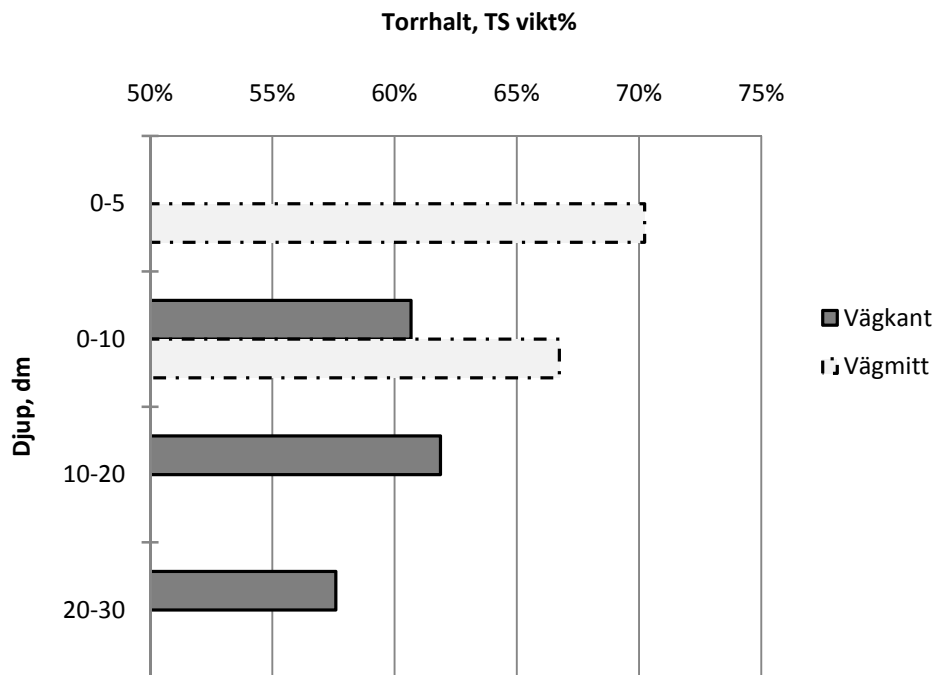
Förklaringen till de förhållandevis stora mängderna vatten i lysimeter 2 är att vatten från bränsleplan kunde infiltrera vägkonstruktionen med flygaska. De höga halterna av bl.a. As kan förklaras med att vattnet som infiltrerade flygaskan innehöll organiska ämnen som har lakats ut från trävirket, därav de höga BOD-halterna.

Tabell 5.4. Halter uppmätta i lysimeter 1 och 2 samt halter i lakvatten vid skakförsök vid L/S 2 och 10.

Table 5.4. Contents measured in lysimeter 1 and 2, and contents of leachate water with L/S 2 and 10.

Ämne	Halt	2009-10-13	2010-05-18	2009-10-13	Skakförsök 2009-06-11	
		Lysimeter 2	Lysimeter 2	Lysimeter referens	Jämtkraft L/S 2	Jämtkraft L/S 10
As	µg/l	1000	740	30	<1	<1
Pb	µg/l	16	7,4	60	21	5,03
Cd	µg/l	1,2	12	0,24	<0.2	<0.05
Co	µg/l	29	34	11	0,0617	<0.05
Cu	µg/l	2700	3000	260	3,38	<1
Cr	µg/l	800	620	170	863	85,5
Ni	µg/l	260	190	77	<0.5	0,92
V	µg/l	660	1300	25	108	13
Zn	µg/l	930	ud	9600	32,1	11,6
pH	>	-	11	-	12,1	11,7
κ	mS/m	-	3000	-	1480	258
BOD(7)	mg/l	-	120	-	-	-

Planer finns att gräva ett dike uppströms flygaskavägen för att förhindra att vatten med högt BOD-innehåll rinner in i vägen. En annan effekt av det infiltrerade vattnet var att konstruktionsdelen med flygaska var vattenmättad i botten på konstruktionen, se Figur 5.9. Detta visar också att lysimeter 2 som hade förhöjda halter av arsenik inte infiltrerade från vägytan, utan rann in i vägkonstruktionen från sidan av vägen. Den höga TS halten i vägmitt, Figur 5.9, och avsaknad av vatten i lysimeter 1, indikerar att flygaskan i vägkonstruktionen har låg permeabilitet och att vatteninfiltrationen i lysimeter 2 sker från vägkanten.



Figur 5.9. Den stabiliserade flygaskans vattenkvot i profilen i vägkanten mot bränsleplan (vänster vägkant i Figur 5.7b) och i vägmitt. Provtagning under maj 2010.

Figure 5.9. The water content in the stabilized fly ash layers profile, the left edge of the road (Figure 5.7) and in the middle of the road. Sampled during May 2010.

5.4.6 Drift & underhåll

Vägdiken installerades den 2 maj 2011 på vardera sida av vägkroppen. Djupet på dikesbotten anpassades så att den ligger djupare än vägkonstruktionens botten, dvs. djupare än lagret av flygaska och lysimeterarnas överkant. För att få avrinning från det västra diket anlades en trumma under vägen, lokaliserat ungefär på vägsträckans mitt. Tjälkrok behövdes för att komma igenom vägkonstruktionen eftersom grävmaskinen på ca 11 ton inte kunde ta sig igenom vägen med en smal tandad kabelskopa. Bedömningen var att hela vägkroppen har härdat, Daniel Ivarsson, Jämtkraft (Muntlig referens). Lysimetrarna kommer att sköljas och nytt vattenprov tas under hösten 2011. Målsättningen är att se dikningens effekt på utlakningen från vägkonstruktionen.

5.5 RagnSells AB

På RagnSells kretsloppsanläggning på Dåva Industriområde, bedrivs verksamhet med inriktning på omhändertagande och bearbetning av verksamhetsavfall till produkter såsom bränsle men även råvaror som plaster, metaller och papper avsedd för leverans till industri. Vidare har bolaget en anläggning för jordframställning genom kompostering av företrädesvis industriella slammer lämpade för ändamålet.

5.5.1 Förstudie

RagnSells bygger en ca 3,2 ha stor expansionsyta norr om sin kretsloppsanläggning inom Dåva Industripark. Bioaska i konstruktionens bär-/förstärkningslager planerades på en yta av 0,7 ha. Industriparken inkluderar bl.a. en industrieponi som angränsar kretsloppsanläggningen. Spillvatten från totalt 10 ha hanteras av RagnSells lakvattenanläggning innan den släpps ut till recipient, varav befintlig kretsloppsanläggning är ca 7 ha.

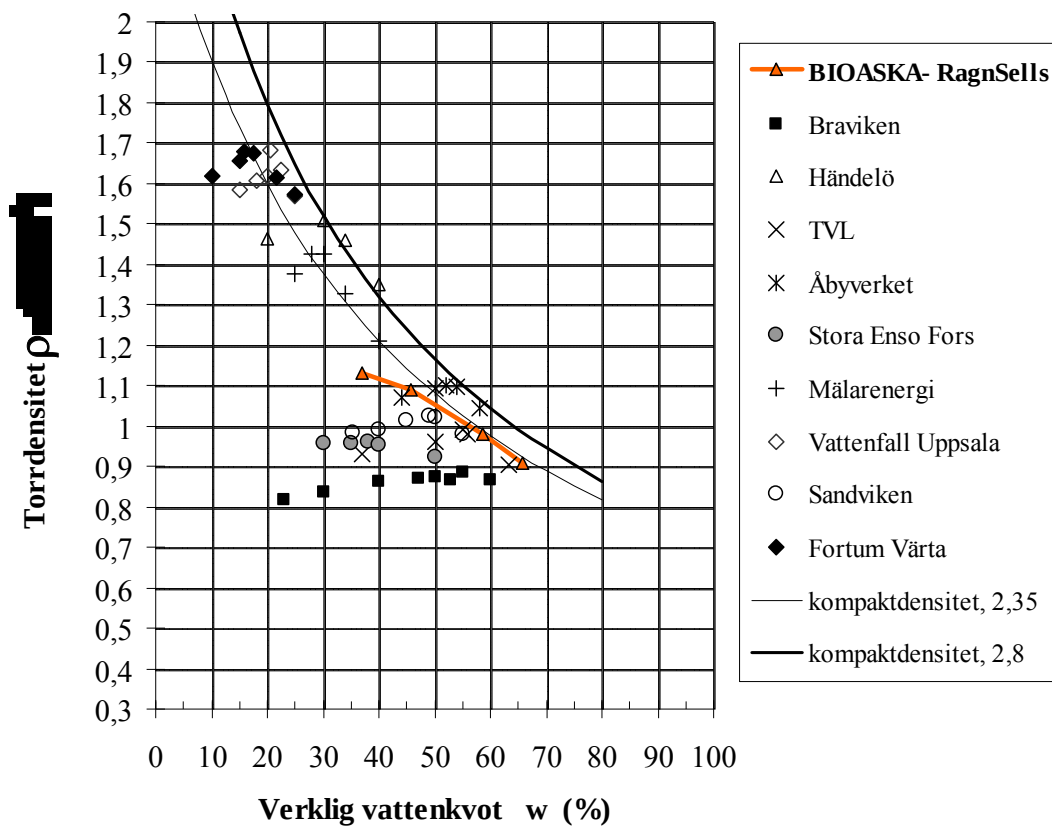
En myr ligger väster om Industriparken. Ett avvattningsdike finns ca 20-30 m väster om en vägbank som avgränsar Industriparken. Diket avvattnar området söderut. Efter ca 4 km mynnar diket ut i Tavelån.

Flygaskor från fyra askproducenter användes som konstruktionsmaterial. Bioaskorna från Kåge Såg, Malå Såg och Rundviks Såg var flygaskor, medan bioaskan från SCA Packaging Obbola AB var en blandning av botten- och flygaska som blandades i fabrik. Vattenkvoten hos den botten och flygaskablandningen var ca 70 %.

Bioaskorna mellanlagrares på SCAs industrieponi i Obbola. SCA Obbola. De olika bioaskorna blandades innan utläggning som bär- och förstärkningslager. Bioaskans ålder varierade mellan några månader och upp till två år. De primära egenskaperna som erfordras för en gruppering av flygaskorna och bedömning av användbarhet gav följande.

Kornstorleksmässigt är materialet sammansatt av ca 22 % partiklar i siltfraktion, ca 46 % i sandfraktion och resterande 32 % i grusfraktion. Den största partikelstorleken var ca 35 mm. Packningsegenskaperna hos bioaskan undersöktes med standard Proctor, Figur 5.10. Resultaten redovisas i Figur 5.10. Materialets optimala vattenkvot är ca 30 – 37 %. Vid optimal vattenkvot är materialets torrdensitet ca 1,13 ton/m³. Materialets kompaktdensitet, ρ_s , bedöms vara ca 2,35 ton/m³. Detta ger att materialet har en porositet, n , motsvarande ca 52 % och dess portal, e , är ca 1,1. Portalen, e , är en funktion av materialets torrdensitet och korndensitet (kompaktdensitet), se nedan:

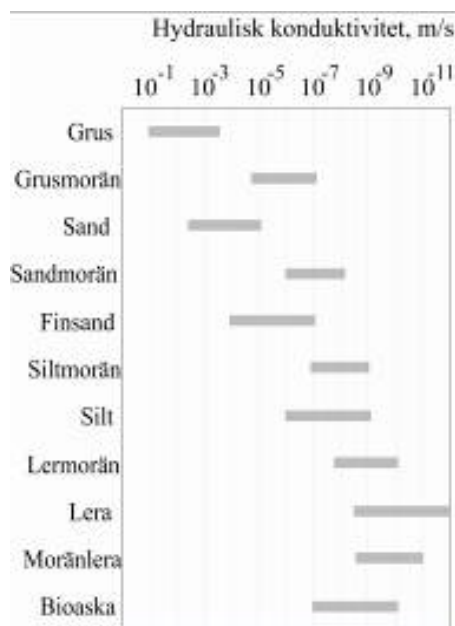
$$e = \left(\frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 \right) = \frac{n}{1 - n}$$



Figur 5.10. Packningskurva för bioaskan. I diagrammet redovisas även andra flygaskors packningsegenskaper, efter Mácsik et al. (2004)

Figure 5.10. Proctor results for the actual bio ash compared with fly ash from earlier studies, after Mácsik et al. (2004).

Efter packning härdat materialet och tätheten kommer i stort sett att motsvara flygaskans täthet. För att erhålla en tät konstruktion är det viktigt att bioaskan i bär- och förstärkninglagret packas homogent och till hög packningsgrad. Bioaskors permeabilitet ligger generellt i storleksordning $10^{-7} - 10^{-9}$ m/s, se Figur 5.11. Tätheten ökar med ökande packningsgrad. Den aktuella bioaskans permeabilitet bedöms vara i storleksordning $10^{-8} - 10^{-9}$ m/s. Bärlagrets permeabilitet bedöms bli $> 10^{-4}$ m/s, dvs bärlagret (sand/grus) tjänstgör som ett dräneringslager medan den asfalterade ytan minimerar infiltration till bärlagret.



Figur 5.11 Bedömd permeabilitet hos jungfruligt material jämfört med bioaska (generellt).

Figure 5.11 Permeability values of virgin natural materials compared with bio ash (in general).

Härdningsegenskaper och frostbeständighet - För applikationen bedöms tjäle inte vara ett problem. Tidigare försök med flygaska i andra vägapplikationer visar att flygaskor inte uppvisar tjällyft, Svedberg et al. 2007. Material från samlingsprov användes även för att okulärbedöma materialets härdningskapacitet med hjälp av så kallad muggtest, där aska blandades med vatten och packas i en plastbehållare. Efter viss tids härdning kontrollerades provernas hårdhet för hand. Hållfastheten undersöktes okulärt efter två månaders härdning och askblandningen bedömdes ha medelhög hållfasthet. Provernas tryckhållfasthet uppskattats vara i storleksordning ca 2 MPa.

Totalhalter & lakningsegenskaper - Konstruktionsmaterialet, bioaskan, som användes på askplanen är en blandning av följande askor:

- SCA Obbola 40%
- Rundviks såg (SCA) 40%
- Kåge Såg 10%
- Malå Såg 10%

Askorna från SCA Timber och sågverken Kåge och Malå är analyserade med avseende på totalhalter (metaller). I Tabell 5.5 redovisas bl.a. halterna för askorna. Den första veckan i juni 2009 togs kompletterande prover från den färdiga ytan. Två delprov och ett blandningsprov undersöktes med avseende på totalhalter, Tabell 5.6. Ett samlingsprov gjordes och materialet undersöktes med avseende på lakningsegenskaper med hjälp av kolonn- och skakförsök, Tabell 5.6. Element som redovisas baseras på Naturvårdsverket (2010).

Tabell 5.5 Askornas totalhalt av metaller i mg/kg.
Table 5.5 Total content of the ash with different origin.

Element	Flygaska SCA Timber, Kåge & Malå mg/kg TS	Flygaska SCA Obbola mg/kg TS	Bottenaska SCA Obbola mg/kg TS
Bly,	10,8 - 81,6	60	44
Kadmium	0,99 - 14	9	0,19
Kvicksilver	< 0,043 – 0,11	0,73	< 0,02
Arsenik	4,8 - 25,7	19,0	2,1
Koppar	42,4 - 130	140	260
Zink	305 - 1700	2800	340
Krom	27 - 108	37	53
Nickel	19,2 - 51,4	59	46

Tabell 5.6 Bioaskans totalhalt av metaller och utlakad mängd vid lakning, vid skak- respektive kolonnstest.

Table 5.6 Total contents of bio ash and leachate water contents from batch test and column test.

Element	Totalhalter, mg/kg TS			Skaktest	Kolonnstest	
	Delprov nr 6	Delprov nr 10	Samplingsprov	mg/kg L/S = 10	mg/liter L/S = 0,1	mg/kg L/S = 10
Bly,	76	85	1,7	0,058	ud	ud
Kadmium	8,9	7,4	5,3	0,0052	ud	ud
Kvicksilver	0,5600	0,8	0,4	ud	ud	ud
Arsenik	10,0	19	7,6	0,05	ud	ud
Koppar	94	270	60	0,14	ud	ud
Zink	2300	1600	1400	0,55	ud	ud
Krom	55	55	2,9	2,1	5,9	2,8
Nickel	38	34	34	0,012	ud	ud
Klorid	-	-	-	8972	16000	6700
Sulfat	-	-	-	6382	24000	13000
pH	-	-	-	9,9	12	11,5

ud – under detektionsgräns

I Tabell 5.7 och 5.8 jämförs bioaskans totalhalt av metaller och lakningsegenskaper med riktvärden från Naturvårdsverket (2010) för återvinning av avfall i anläggningsarbeten. Askorna undersöktes med avseende på:

- totalhalter i två delprover och ett samlingsprov
- resultat från skakförsök med total utlakad mängd efter L/S 10
- resultat från kolonnförsök med utlakad halt vid L/S = 0,1 och total utlakad mängd vid L/S = 10

I Naturvårdsverket (2010) anges riktvärden för totalinnehåll, halt i lakvatten vid L/S 0,1 och kumulativt utlakad mängd efter L/S 10. I tabell 5.7 görs jämförelse med fri användning utan anmälan. I tabell 5.8 görs jämförelse med fri användning utan anmälan inom deponiområde.

Analysresultaten, där förhöjda halter av metaller kunde detekteras, indikerar att en fördjupad miljöbedömning behövs för att visa att användningen är miljöriktig. Oberoende användning medför halterna att en fördjupad miljöbedömning och anmälan behöver göras.

Utförda skak- och kolonnförsök visar att trots förhöjda totalhalter är det enbart krom, klorid och sulfat som ligger mer än de värden som anges i NV:s remiss för fri användning. Kolonnförsöket ger något högre pH än skakförsöket, se tabell 2.4. Resultaten tyder på att utlakning av metaller är minimal, de flesta ämnen ligger under detektionsgränsen.

Tabell 5.7. NV:s kategori 1 – Fri användning jämfört med bioaskans halter och lakbarhet.
Table 5.7 NVs category 1 – Aim values for use without limitations compared with contents and leachability of the bio ash.

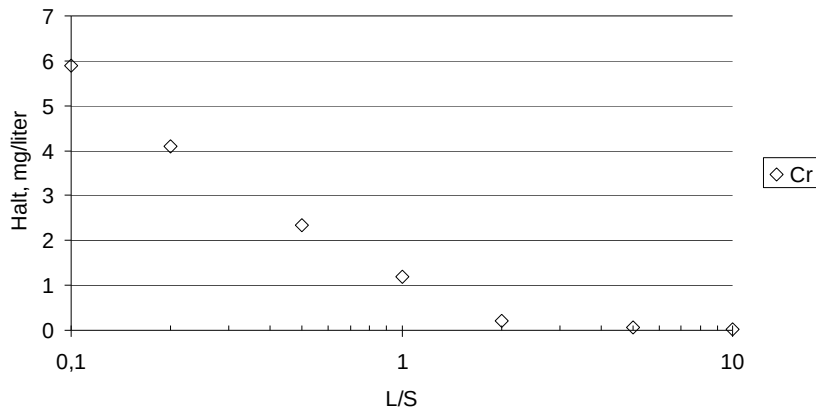
Element	NV - Kategori 1			Totalhalt mg/kg TS			Skaktest	Kolonnstest	
	Tot.halt mg/kg	Halt L/S = 0,1 mg/liter	Kumulativ halt L/S = 10 mg/kg	Delprov nr 6	Delprov nr 10	Samplingsprov		Halt L/S = 0,1 mg/liter	Kumulativ halt L/S = 10 mg/kg TS
Bly,	20	0,09	0,31	76	85	1,7	0,058	ud	ud
Kadmium	0,2	0,004	0,01	8,9	7,4	5,3	0,0052	ud	ud
Kvicksilver	0,1	0,001	0,004	0,5600	0,8	0,4	ud	ud	ud
Arsenik	10	0,001	0,13	10,0	19	7,6	0,05	ud	ud
Koppar	40	0,09	0,31	94	270	60	0,14	ud	ud
Zink	120	0,64	2,2	2300	1600	1400	0,55	ud	ud
Krom	40	0,09	0,42	55	55	2,9	2,1	5,9	2,8
Nickel	35	0,18	0,6	38	34	34	0,012	ud	ud
Klorid	-	84	147	-	-	-	8972	16000	6700
Sulfat	-	78	227	-	-	-	6382	24000	13000
pH	-	-	-	-	-	-	9,9	12	11,5

Tabell 5.8. NV:s kategori 2 – Fri användning inom deponiområde jämfört med bioaskans halter och lakbarhet.

Table 5.8 NVs category 2 – Aim values for use within landfill area, compared with contents and leachability of the bio ash.

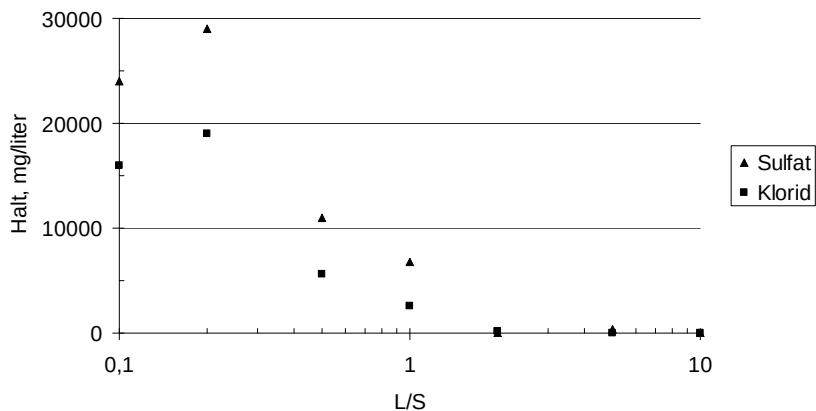
Element	NV - Kategori 2			Totalhalt mg/kg TS			Skaktest	Kolonnstest	
	Tot.halt mg/kg	Halt L/S = 0,1 mg/liter	Kumulativ halt L/S = 10 mg/kg	Delprov nr 6	Delprov nr 10	Samplingsprov		Halt L/S = 0,1 mg/liter	Kumulativ halt L/S = 10 mg/kg TS
Bly,	200	0,095	0,33	76	85	1,7	0,058	ud	ud
Kadmium	1,5	0,004	0,01	8,9	7,4	5,3	0,0052	ud	ud
Kvicksilver	1,8	0,001	0,01	0,6	0,8	0,4	ud	ud	ud
Arsenik	10	0,051	0,44	10,0	19	7,6	0,05	ud	ud
Koppar	80	0,19	0,64	94	270	60	0,14	ud	ud
Zink	250	0,76	2,6	2300	1600	1400	0,55	ud	ud
Krom	80	0,055	0,26	55	55	2,9	2,1	5,9	2,8
Nickel	70	0,19	0,62	38	34	34	0,012	ud	ud
Klorid	-	6200	11000	-	-	-	8972	16000	6700
Sulfat	-	2900	8500	-	-	-	6382	24000	13000
pH	-	-	-	-	-	-	9,9	12	11,5

I Figur 5.12 och 5.13 redovisas laktionsförloppet för Cr, klorid och sulfat. Lakvattnets halter minskar från $L/S = 0,2$ med ökande L/S -kvot. Vid L/S 1 till 2 kan utlakning betraktas som i det närmaste avslutad.



Figur 5.12 Uppmätta Cr-halter i lakvatten vid olika L/S -kvot.

Figure 5.12 Cr content in leachate water at different L/S ratio.

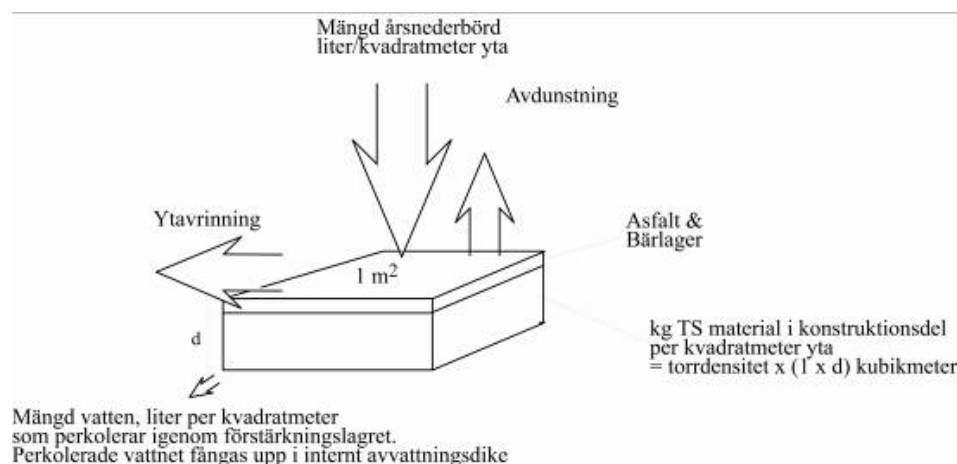


Figur 5.13 Uppmätta halter i lakvatten vid olika L/S -kvot.

Figure 5.13 Sulfate and Cl contents in leachate water at different L/S ratio.

Bioaskan nyttjas som konstruktionsmaterial i förstärkningslager på en yta 80 m gånger 88 m, ca 7000 m². Förstärkningslagrets tjocklek är ca 1 m (varierar mellan 0,4 till 1,4 m). Bärlager av grus läggs på förstärkningslagret och ytan asfalteras. Ytan kommer att ha en lutning på 2,5%, vilket bidrar till effektiv ytavrinning, Figur 5.14. Årsnederbörden bedöms vara ca 600 liter per kvadratmeter. Snöröjning, avdunstning och ytavrinning begränsar mängden vatten som perkolerar igenom askan, Figur 5.14. En infiltration på 1 - 5 % bedöms vara rimlig mängd. Mängden bedöms bli mindre än 30 liter per m² (vid 5 % infiltration). Askans torrdensitet är ca 1,13 ton per m². Denna perkolation medför att det kommer att ta > 38 år att uppnå L/S 1. Utlakningen bedöms bli långsam. Vid låga L/S kvoter är halterna av metaller, sulfat och klorid högst. Halterna minskar med ökande L/S kvot.

Vid en infiltration på 30 liter/m² kommer i storleksordning 7000 m² x 30 liter/ m² och år, dvs ca 210 m³ vatten att infiltrera i bioaskan. Ytavrinning från expansionsytan (3,2 ha) medför en utspädning på > 50 ggr. Det utspädda vattnet leds, tillsammans med ytavrinning med ytterligare ca 8000 m³ till en bassäng och pumpas sedan till ett sandfilter för rening innan den släpps till recipient. Utspädningen i dagläget är ca 2 ggr, men kommer att öka i takt med att nya ytor beläggs. Den totala utspädningen är > 100 ggr i dagläget med den infiltration som redovisas ovan. Redan innan rening bedöms haltnivåerna ligga i nivå med detektionsgränsen för utförd analys.



Figur 5.14 Modell för bedömning av infiltration.

Figure 5.14 Model for evaluation on infiltration.

På den aktuella kretsloppsanläggningen (idag ca 10 ha) bedrivs verksamhet med inriktning på omhändertagande och bearbetning av bl.a. verksamhetsavfall, jordframställning etc. Verksamheten har krav på rening av uppsamlat vatten från området. Bidraget från bioaskan i förstärkningslagret bedöms bli litet i jämförelse med verksamheten som helhet och kommer att minska tack vare:

- minskad lakbarhet med tiden
- ökad ytavrinning från kretsloppsanläggningen i och med allt större andel hårdgjord yta

Föroreningsrisken från användning av bioaska i den aktuella användningen bedöms bli mindre än ringa.

5.5.2 Arbetsplan/Byggghandling

Arbetsplan, teknisk beskrivning och platsspecifik bedömning togs fram. Det aktuella konstruktionsmaterialet är en blandning av flyg- och bottenaska, här kallad bioaska. Bioaskan lagrades i upp till 2 år innan användning. Andelen flygaska är ca 55 % och resterande är bottenaska. Bioaskans ursprung blandningsförhållande redovisas i Tabell 5.9.

Tabell 5.9 Mängden aska och dess ursprung.

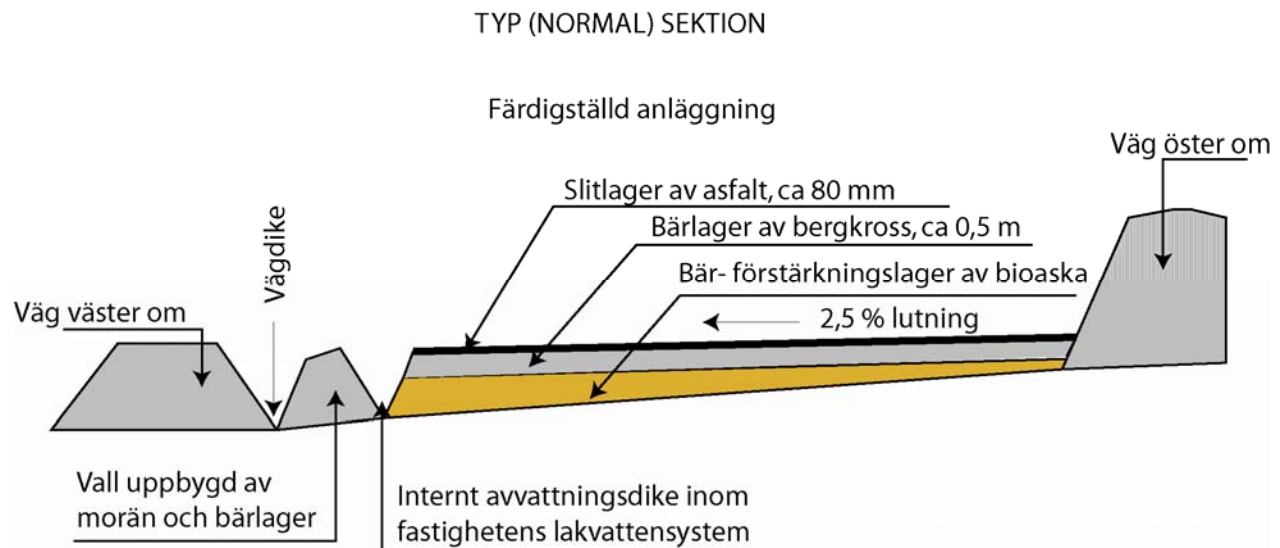
Table 5.9 The amount of ashes produced yearly at different producers.

Leverantörer	SCA Obbola	Kåge Såg	Malå Såg	Rundviks Såg
Typ av panna	Fluidiserande	Rosterpanna	Fluidiserande	Rosterpanna
Bottenaska	50 %		-	
Flygaska	50 %		100 %	
Blandaska	5000 t/år	400 t/år	500 t/år	600 t/år
Typ av bränsle	Bark, spån, flis	Bark, spån, flis	Bark, spån, flis	Bark, flis
Lager	11000 t/mån	Max 400 t, i silos	Inget lager, direkt från panna	500 t i lager

Arbetet med utläggning av bioaskan i bär- och förstärkningslagret utfördes med vägledning av följande dokument:

- Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad, Vägverkets Publikation 2007:110, Vägverket (2007).
- Flygaska i mark- och vägbyggnad. Grusvägar, Munde et al. (2006).

Utformningen av askplanen redovisas i Figur 5.15. Ytavrinningen från den asfalterade ytan samlas upp i områdets interna avvattningsdike och lakvattensystem.



Figur 5.15 Typsektion på askplan.

Figure 5.15 Section of the site.

5.5.3 Anmälan

Baserat på den samlade informationen togs en anmälan fram. Anmälan enligt miljöbalken och förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd lämnades in till miljökontoret i Umeå kommun. Miljökontoret beviljade projektet.

5.5.4 Utförande

På en ca 7000 m² stor yta användes en askblandning som förstärkningslager. Förstärkningslagret lades ut under juni 2009. Volymen bioaska som användes i förstärkningslagret är ca 7000 m³, dvs. konstruktionsdelen med aska har ca 1 m mäktighet. Terrassen som förstärkningslagret installerades på lutar västerut med en lutning på ca 3,8 %. Terrassmaterialet är morän (grusig sandig morän). Förstärkningslagrets mäktighet ökar från ca 40 cm i öst till ca 120 - 140 cm i väst, se Figur 5.14. Ovanpå förstärkningslagret lades en 0,5 m tjockt bärlager av bergkross, Figur 5.16 a. Ytan fick därefter asfaltlager om ca 80 mm. Den asfalterade ytan hade en lutning på ca 2,5 % mot väst. Mellan askplanet och vägbanken installeras en bank av morän och ett internt avvattningsdike för att hantera ytvattnet genom fastighetens lakvattensystem, se Figur 5.16 b.



Figur 5.16. Anläggningsarbetet på Dåvamyrens Industripark, a), utläggning av förstärkningslager ovanpå konstruktionsdelen med bioaska och b) utloppsdikey och vall av morän.

Figure 5.16. Construction of the industrial site with a) installation of gravel on top of the ash layer and b) ditch and till embankment.

5.5.5 Drift & underhåll

Inga mätningar har ännu utförts på den anlagda ytan.

6 Diskussion

6.1 Drivkraft

Utvecklingen drivs idag från två håll. (1) Producenter av flygaskor försöker hitta miljöriktig avsättning för flygaskor i bl.a. stabilisering av obundet material i vägar och industriytor. Flertalet objekt har byggts med Vägverket (2007:110) och Munde et al. (2007) som bas. Drivkraften är att hitta en trygg avsättning av stora volymer flygaska. I applikationer som bär-/förstärkningslager kan >10 000 ton aska nyttjas på en plats. Det finns också exempel på småskalig användning, där flygaska används som konstruktionsmaterial i bär-/förstärkningslagret och där flygaskan som produceras under dagen läggs ut och packas dagligen. Detta är möjlig sätt om det finns tillgång på maskiner på plats och att bygget kan ta tid.

Uppföljning av tidigare utförda projekt är sällsynt och i de fall uppföljning görs är det främst miljöegenskaper som är i fokus, medan ekonomi, drift- och underhållsaspekter sällan är prioriterade. (2) Avnämare, som Trafikverket, skogsbolag, hamnar etc. har fokus på teknik och ekonomi samt drift- och underhållsaspekter. Drivkraften är att förbättra funktionen hos konstruktioner inom mark- och anläggningsbyggande. Utvecklingen inom stabilisering/solidifiering av muddermassor och terrasstabilisering är exempel där materialmodifiering ger högre bärighet, tät konstruktionsdel och/eller förbättrade tjälegenskaper etc. Bindemedlet är ofta cement, Merit 5000 och/eller kalk och i enstaka fall ingår flygaska i bindemedelsreceptet.

6.2 Generellt om stabilisering

I samband med mark- och anläggningsbyggande uppstår sekundära jord- och schaktmassor. För en stor andel av dessa massor är det svårt att hitta avsättning för i högkvalitativa tillämpningar och ofta blir därför lösningen transport och enkla utfyllnader eller deponering. En metod som effektivt kan öka återanvändning/återvinning är modifiering av materialens tekniska och/eller miljöegenskaper genom stabilisering/solidifiering (s/s).

Stabilisering/solidifiering är en materialmodifieringsmetod där bindemedel tillsätts till ett material i syfte att förbättra dess geotekniska egenskaper och/eller miljöegenskaper, så att det behandlade materialet uppfyller uppsatta krav och kan användas som konstruktionsmaterial. Transporter av massor och materialutskiftning kan därmed minimeras och material kan exempelvis nyttjas i väglinjen med erforderlig kvalitet och livslängd hos vägkonstruktionen. Djupstabilisering enligt pelar- och masstabiliseringsteknik är en väl etablerad metod i Sverige för att stabilisera lösa jordar såsom lera, gytta och torv vid infrastrukturbyggande. Finkorniga jordar i ytligare jordlager, t.ex. för terrasser, betraktas idag som svårhanterade på grund av känslighet för vattenöverskott och frost. Genom att tillämpa s.k. terrasstabilisering visar studier att olika jordar, t.ex. moränlera, som behandlas med bindemedel får egenskaper som gör att de kan nyttiggöras i anläggningsbyggande, Handboken Bygg (1984), Lindh (2004). Ett examensarbete indikerar att terrasstabilisering av moränlera är tjälbeständigt material, Sandberg (2006). Stabilisering kan nyttjas om grusmaterialet inte uppfyller kvalitetskraven på obundna lager och syftet primärt är att förbättra de geotekniska egenskaperna hos det lager som stabiliseras. Stabilisering med bindemedel ger förbättrade egenskaper hos enskilda lager som i sin tur

möjliggör en optimering av vägkonstruktionen och en potential att minska volymen av material som tas i anspråk.

6.3 Flygaskor som bindemedelskomponent (miljö- och teknik)

Cement och Merit 5000 är exempel på bindemedel som används traditionellt. Bindemedlet levereras torrt i bulk med väl definierade egenskaper. För användning som bindemedelskomponent tillsammans med cement och merit är det en förutsättning att även flygaskor torrförvaras. För att flygaskor ska kunna hitta acceptans för flertalet applikationer finns det ett behov att deklarerat egenskaper, kvalitetssäkra m.m. Lagring och förvaring kan oftast inte ske torrt och den största andelen flygaskor kommer att förvaras fuktigt. Hur och när ska flygaska i bindemedelssammanhang kvalitetssäkras är därmed en viktig frågeställning. Dokumenterad förbränningsprocess, bränsle, förvaring och egenskaper är exempel på dokumentation som blir nödvändigt. Hur vattentillsats påverkar flygaskors härdningsegenskaper utreds idag, Lagerlund (2011).

Flygaska kan användas för att förbättra funktionen hos många olika konstruktioner inom mark- och anläggningsbyggande. Egenskaper som hög hållfasthet och god frostbeständighet (beroende på flygaska) gör att flygaskabaserade bindemedel kan användas för att förbättra tjälegenskaper hos vägar och industriytor. Andra applikationer är som tät- och avjämningsskikt på deponier, Tham och Andreas (2008). Detta tack vare flygaskans stabiliserande egenskaper och låga permeabilitet, Carling (2007). Utvecklingen av stabilisering av obundna lager (ballast), terrass samt mass- och djupstabilisering har lett till att flygaska efterfrågas allt oftare, främst inom deponi- och industriområden. Det finns ett antal huvudspår hur flygaskor nyttjas idag. (1) Monolit, där flygaska används som konstruktionsmaterial. Metoden kräver stora volymer flygaska ca $1,5 \text{ ton/m}^3$. (2) Stabilisering av obundna lager, där ballastmaterialet kan vara grus eller andra askor, ca $0,6 \text{ ton/m}^3$. (3) Terrassstabilisering där befintligt vägmateriäl stabiliseras med flygaska som bindemedelskomponent ca 100 kg/m^3 . (4) Mass- och djupstabilisering där lösa leror stabiliseras, $100 - 300 \text{ kg/m}^3$. Materialbehov av flygaska per stabiliserad enhet baseras på utförda projekt.

Noterbart är att tillgången på flygaska kan vara en begränsande faktor varför det rekommenderas att denna typ av lösning används på avgränsade sträckor för att åtgärda tjälproblematik på delsträckor med dålig bärförmåga. Applikationen med flygaska som monolit går också att använda på mindre vägar och där det inte finns tidspress. Metoden utgår från att flygaska som produceras under dagen läggs ut, planas av och packas varje dag. Ett annat område med stor potential är vid stabilisering av terrasser och obundna lager då god funktion skapas. Här kan en del av de traditionella bindemedlen ersättas med flygaskor. Behovet av flygaska som bindemedelskomponent är avsevärt lägre per löpmeter väg jämfört med användning av flygaska (monolit) som bär- eller förstärkningslager.

7 Slutsatser

Projektet syfte var att undersöka och visa vad som bör mätas och redovisas för att visa att en vägkonstruktion är bärkraftig och beständig (kräver litet underhåll och har liten omgivningspåverkan). Målet var att ge stöd för en tryggare användning av tekniken att stabilisera obundna lager och nyttjande av askor som bindemedelskomponent.

Tekniken att stabilisera obundna bärlager med traditionella bindemedel (t.ex. kalk, cement och Merit 5000) har använts under ett tiotal år i södra Sverige. I många andra länder i Europa är tekniken vedertagen och nyttjas frekvent, med framtagna handböcker som stöddokument. Det finns sannolikt flera anledningar till att tekniken inte används så ofta i Sverige. En av anledningarna är förmodligen att Sverige har mycket yta och berg och kan därmed lätt och relativt billigt bryta nytt material för nya byggprojekt. Många europeiska länder är mer tätbebyggda och har därmed färre ytor för bergtäkter inom rimliga avstånd från byggprojekt. Detta innebär att gamla byggmassor måste återbrukas och stabilisering av de obundna lagren nyttjas för att säkerställa lagrets hållfasthet.

Den intervjustudie som utfördes för att sammanställa olika aktörers synpunkter och åsikter om vad som är viktigt att lyfta för att 1) motivera användning av tekniken att stabilisera obundna lager samt 2) tryggt och effektivt kunna nyttja flygaska som bindemedelskomponent visar att stabiliseringsmetoden har stor potential då kraven på återvinning av jord och schaktmassor ökar samt att erfarenheten av metoden generellt är positiv. Flygaskor har använts i flertalet projekt som bindemedelskomponent med goda resultat vad gäller bärighet, miljöegenskaper och beständighet mot kallt klimat. För att tekniken stabilisering av obundna bärlager ska kunna etableras i Sverige krävs tydligare bekräftelse på att åtgärden är tekniskt- och kostnadsmässigt effektiv. Detta genom att visa på bättre bärighet, längre livslängd och minskat behov av drift och underhåll. Dessutom saknas idag dimensioneringsunderlag, dvs hur laboratorieresultat kan tolkas vad gäller fältförhållanden.

Med stabilisering och solidifiering kan befintligt material nyttjas, vilket minskar transporter och uttag av naturresurser. Två stora fördelar med att nyttja askor som komplement till kalk och cement är ett bättre resursutnyttjande och minskad produktion av växthusgaser. Genom att använda askor som konstruktionsmedel kan man minska uttaget av naturresurser och brytning av kalksten. Samtidigt minskas den relativt stora CO₂-belastningen som härrör produktionen av traditionella bindemedel.

Olika bindemedel har varierande egenskaper, de härdar olika snabbt och dess kemiska egenskaper fungerar inte på samma sätt i olika jordar. Många gånger är det en fördel att blanda traditionella bindemedel som cement, Merit 5000, kalk etc. Kvaliteten på kalk och cement anpassas efter marknadens behov. Alternativa bindemedelskomponenter som flygaskor och slaggprodukter är baserade på restprodukter från industrin vars huvudprodukter är t.ex. papper, stål, energi och värme. Detta innebär att de genererade askmängderna fluktuerar över året och producenten är inte inställd på att producera rätt mängd och rätt kvalitet året runt.

Användning av flygaskor som bindemedelskomponent innebär dock osäkerheter kring kvalitet, kvantitet samt tekniska och miljömässiga egenskaper. För att användningen av flygaskor ska

kunna bli vedertagen krävs en utvecklad organisation kring lagring och logistik, detta för att kunna erbjuda tillräckliga mängder till användning som konstruktionsmaterial. Om askor ska kunna vara ett komplement till traditionella bindemedel krävs säkerställande av askornas kvalitet och egenskaper. Skillnader mellan producerade batcher/satser får förekomma om effekten av dessa är dokumenterad och inte påverkar resultatet av stabiliseringen. För askproducenter innebär detta att nyinvesteringar kring teknik, uttag och lagring kommer att krävas.

I detta projekt utfördes inventering av planerade och befintliga objekt, insamling av underlagsdata från befintliga stabiliserade vägar och intervjuer av olika branschaktörer för att komma fram till förslag till kontroll- och uppföljningsmetodik. En sammanställning av detta arbete pekar på att för att nå framgång finns det ett stort behov av att objekt ska dokumenteras från planering till drift. Idag saknas det empiri, baserat på en eller flera FUD-projekt, som kan styrka olika oberoende aktörers erfarenheter vad gäller livslängd, ekonomi, miljö, drift och underhållskostnader etc. Följande punkter bör hållas samman för att kunna bidra till utvecklingen av stabilisering av obundna lager och terrasser:

- Teknik, livslängd & beständighet
 - Mekanisk nedbrytning
 - Frostbeständighet
- Miljö
 - Resursaspekter
 - Platsspecifik bedömning
- Ekonomi
 - Investering maskiner
 - Materialåtgång (geoteknik, miljö och ekonomi)
 - Drift- och underhållskostnader
- Bindemedel
 - Bindemedelsutveckling baserat på cement, Merit 5000, kalk, flygaskor, slagg etc.

8 Rekommendationer och användning

Rekommendationen är att bygga flertalet vägar med stabiliseringsmetoden, där laboratorieresultat och fältmätningar används för att bygga upp empirin som på längre sikt bidrar till att dimensioneringsförfarandet och designen av nya vägar utvecklas. Det är viktigt att kunna redovisa hur vägens standard håller och hur drift och underhållskostnaden påverkas (och för att då kunna jämföra med andra konstruktioner) och för att kunna kalkylera på totalkostnaden för vägen (från planering till avveckling eller renovering, LCA).

Väghållaren vill minska sina underhållskostnader, skogs- och pappersindustrin vill minska driftstörningar orsakade av försämrade vägförhållanden (avstängda vägar) vilket kan leda till driftstopp och förseningar. Det är därför viktigt att visa med demoprojekt hur totalkostnaderna minskar, dvs vägens livslängd ökar och hur driftstörningar minskas.

Två huvudalternativ finns för användning av askor i vägsammanhang:

1. Fortsätta som idag – innebär en långsamt ökad användning och acceptans. En eller flera asktillverkare samverkar. Materialets tjältålighet och lättfyllnadsegenskaper är argument. (Askproducenten är drivande).
 - Drivkraften att få en billig avsättning för flygaska och bättre egenskaper för enstaka vägprojekt. Ingen kontinuitet (uppfinner hjulet gång på gång).
 - Användning av flygaska i monolitlager – 90-100% flygaska, resten cement.
2. Prioritera stabilisering av obundna lager som metodik där bindemedel används. Här finns plats för flygaskor som komplement till traditionella bindemedel. Detta medför att det räcker med mindre volymer flygaska men med högre kvalitet. (Väghållaren, projektören och entreprenören bedöms vara drivande)
 - Drivkraften är att bygga kostnadseffektiva och driftssäkra vägar (optimera byggkostnader mot drift och underhållskostnader)
 - Fokusera på metodetablering oberoende bindemedel genom att visa för väghållare att stabiliserade vägar är kostnadseffektiva
 - När metoden är etablerad kan olika bindemedelsrecept prövas
 - Cementbaserat bindemedel med flygaska (beroende på tillgång och behov)

Ett tredje alternativ är en kombination av alternativen 1 och 2, som nyttjar erfarenheter av flygaskanvändning i alternativ 1 samtidigt som metoden stabilisering av obundna lager utvecklas/implementeras med traditionella bindemedel och de bäst lämpade flygaskorna.

9 Referenser

- Handboken Bygg (1984) *Geoteknik*. Redaktör Avén S. LiberFörlag Stockholm.
- Bendz D., Wik O., Elert M. och Håkansson K., 2006, *Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande - etapp 2*. Askprogrammet. Rapport: 979.
- Carling, M., Håkansson, K., Mácsik, J., Mosakowska och A. Rogbeck Y., 2007. *Flygaskastabiliserat avloppsslam som tätskiktmaterial vid sluttäckning av deponier – en vägledning*. VA- Forskningsrapport 2007-10.
- Carlsson H. 2008. *Fallviktsmätning på stabiliserad grusväg väster om Iggesund*
- Finska Vägverket. 1995. *Anvisningar för cementstabilisering – Kontroll och kvalitetskontroll*. Helsingfors.
- Franzén G., Erlingsson S., Hultqvist B.-Å., Lindh P & Åhnberg H. 2011 - prel. *Kunskapsdokument - Terrasstabilisering*. Trafikverket.
- Fridh R. 2011. *Cementstabilisering av en fd deponi för hushållssopor i Malmö Hamn*. Grundläggningsdagen 2011 - SGF Svenska Geotekniska Föreningen.
- Kézdi, A., 1979. *Stabilized earth roads – Development in geotechnical engineering* 19. Elsevier Scientific Publishing Company. ISBN (vol 19) 0-444-99786-5.
- Kärrman E., Van Moeffaert D., Bjurström H., Berg M. och Svedberg B. 2004. *Förutsättningar för att askor kommer till användning i vägar*. Askprogrammet. Rapport: 849
- Kärrman E., Olsson S., Magnusson Y. och Peterson A 2006. *Miljösystemanalys för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande*. Askprogrammet. Rapport: 953
- Lagerlund J. 2011. *Långtidspåverkan av kalkrika askor vid våtlagring*. (Lägesrapport).
- 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.
- Lahtinen P., Maijala A., Mácsik J. 2005a. *Produkter baserade på blandningar av flygaska och fiberslam (fiberaskor) för vägbyggande*. Askprogrammet rapport 915.
- Lahtinen P., Jyrävä H., Maijala A. och Mácsik J. 2005b. *Flygaskor som bindemedel för stabilisering av grusmaterial*. Askprogrammet rapport 918.
- Lindh P. och Eriksson H. 2007. *Ytstabilisering i kombination med djupgrundläggning - en oslagbar kombination?* Bygg och Teknik 2007, nr 1
- Lindh, P. 2004. *Compaction- and strength properties of stabilised and unstabilised fine-grained tills*. Doctoral thesis, Division of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Lund University. Lund.
- Lindh P. 2000. *Soil stabilisation of fine-grained till soils - Effect of lime and hydraulic binders on strength and compaction properties*. Licentiate Thesis. Department of Geotechnology. Lund University, Lund.
- Mácsik J., Erlandsson Å. och Wexell B.-A. 2009. *Flygaska-Grönlutslamstabiliserad skogsbilväg – Fallstudie Iggesund*. Askprogrammet rapport 1101.
- Mácsik J. och Svedberg B. 2006. *Skogsbilvägsrenovering av Ehnsjövägen, Hallstavik*. Askprogrammet. Rapportnummer: 968
- Mácsik, J., Svedberg, B., Lenströmer, S. & Nilsson, T., 2004: *FACE. Flygaska i geotekniska tillämpningar. Etapp 1: Inventering/tillämpbarhet*. Värmeforsk rapport 870.
- Scandiaconsult (2003). *Askblandningar i anläggningsprocesser*. www.z.lst.se/eu/index.htm
- Munde H., Svedberg B., Mácsik J., Maijala A., Lahtinen P., Ekdahl P. och Néren J. 2006. SGI-Information 18:4. *Flygaska i mark- och vägbyggnad. Grusvägar – Handbok*.

- Naturvårdsverket. 2010. *Kriterier för återvinning av avfall i anläggnings-arbeten - Handbok 2010:01 med Naturvårdsverkets rekommendationer för återvinning av avfall i anläggningsarbeten.*
- Sandberg R. 2006. *En teoretisk och laborativ studie av tjäles inverkan på en kalkstabiliserad terrass av lermorän.* Examensarbete, Luleå tekniska universitet, Väg- och Vattenbyggnadsteknik, Avdelningen för Geoteknik.
- Svedberg B. 2003 *Miljötekniskt bedömningssystem – Applikation på väg och järnvägsbyggnadsmaterial.* Licentiatuppsats. Luleå University of Technology.
- Svedberg B., Ekdahl P., Mácsik J., Majjala A., Lahtinen P., Hermansson Å., Knutsson S. och Edeskär T. 2007. *FUD-SALA, Provsträcka med stabilisering av obundna lager . Miljöriktig användning av askor*, Värmeforsk.
- Tham G. och Andreas L. 2008. *Utvärdering av fullskaleanvändning av askor och andra restprodukter vid sluttäckning av Tveta Återvinningsanläggning.* Avfall Sverige RAPPORT 2008:09.
- Vestin J., Arm M., Nordmark D., Hallgren P., Tiberg C., Lagerkvist A. och Lind B. 2011. *Effektivt askutnyttjande i vägar.* Askprogrammet. Rapport 1169.
- Thuridin R. 2004. *Environmental Impact of Bio Fuel Ash in a Road Construction.* Mid Sweden University, Licentiate Thesis 9.Vägverket (2005:60): *Bedömning av grusvägslag.* Vägverkets distributör, www.vv.se
- Vägverket (2007:110): *Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad.* Publikation 2007:110, Vägverket, Borlänge, Vägverkets distributör, www.vv.se

Bilagor

Bilaga A -

Olika applikationer för användning av flygaska som bindemedel

I bilaga A redovisas aspekter på användning av flygaska i olika stabiliseringsapplikationer.

Exempel	Ekonomi	Exempel på blandningsförhållanden	Materialbehov (flygaska)	Användning	
Stora Enso Fors Vattenfall Uppsala	Låg materialkostnad Minskad underhållskostnad	100 % (enbart flygaska)	2 – 5 ton/m (5m väg)	Delsträckor (50-200 m) för att ge bättre bärförmåga Skikt t = 0,2-0,4m	Monolit – Enbart flygaska
Riksväg 90 Mälarenergi	Låg materialkostnad Minskad underhållskostnad Inblandningskostnad	Flygaska/ bindemedel 90 – 97 % 10 – 3 % av TS	2 – 5 ton/m (5m väg)	Delsträckor (50-200 m) för att ge bättre bärförmåga Skikt t = 0,2-0,4m	Monolit – Flygaska med bindemedel
Holmen Paper, Hallstavik, Dåva Industripark Jämtkraft Vattenfall Uppsala SCA-Ortven	Låg materialkostnad Minskad underhållskostnad	Flygaska/grus 30 – 50 % 70 – 50 % av TS lätta-tunga fordon	1- 1,5 ton/m (5m väg)	Sträckor (> 200m) för att ge bättre bärförmåga Grus i befintlig väg kan nyttjas Skikt t = 0,1-0,2m	Stabilisering av obundna lager – Flygaska
Mälarenergi	Låg materialkostnad Minskad underhållskostnad Inblandningskostnad	Flygaska/ bindemedel/grus 10/3/87 % till 15/5/80 % av TS	0,2 – 0,5 ton/m (5m väg)	Sträckor (> 200m) för att ge bättre bärförmåga Grus i befintlig väg kan nyttjas Skikt t = 0,1-0,2m	Stabilisering av obundna lager – Flygaska, bindemedel
Under utveckling	Låg materialkostnad Ersätter traditionella bindemedel.	Bindemedel/ Flygaska/Terrass material 10/3/87 % till 15/5/80 % av TS	0,1 – 0,2 ton/m (5m väg)	Sträckor (> 200m) för att ge bättre bärförmåga Terrassmaterial stabiliseras	Terrassstabilisering Bindemedel, flygaska
Gävle Hamn, pågående pilot- /demoprojekt	Låg materialkostnad Ersätter traditionella bindemedel.	Bindemedel/ Flygaska 70/30 % till 50/50 % av TS	50 – 100 kg/m ³	Lera eller sediment stabiliseras. Bättre bärförmåga.	Mass- & Djupstabilisering - Bindemedel, flygaska

Bilaga B -

Intervjuunderlag till "Stakeholders"

Kontroll och uppföljning (KoU) – Stabilisering av obundna lager

INTRODUKTION

Stabilisering av obundna lager är en metod som innebär att egenskaperna hos t.ex. ett bärlager i en vägöverbyggnad förbättras genom inblandning av bindemedel. Målsättningen med stabilisering av obundna lager är att förbättra en vägkonstruktions bärförmåga. Stabilisering leder till bl.a. följande:

- vägkonstruktionens frostbeständighet ökar
- vägkonstruktionens överbyggnad kan tunnas ut
- vägkonstruktionens bärighet ökar

Stabilisering av obundna lager förväntas därmed ha en god potential att leda till minskade drift- och underhållskostnader.

Traditionella bindemedel är cement, Merit 5000, kalk och bitumen. Idag finns även exempel där flygaskor (bio- och kolbränslen) används som bindemedel, ensamma eller i kombination med traditionella bindemedel.

I Handbok – Aska i väg, SGI-information (2007) och Svedberg et al. (2007) beskrivs kontroll och uppföljning för utförandemomenten vid stabilisering av obundna lager både för traditionella bindemedel och för askor som bindemedel. Stabilisering av obundna lager har utförts på många håll i landet, dock finns ingen vedertagen standard på hur den färdigbyggda vägen ska följas upp. Olika parametrar mäts i olika fall.

Under 2009 startades projektet 'Kontroll och uppföljning – stabilisering av obundna lager'. Projektet utförs av LTU, VTI, Sweco AB och Ecoloop AB och finansieras av SSVL, Vägverket Region Mitt, Värmeforsk, Vattenfall, Holmen Paper Hallstavik, Jämtkraft AB, REV och Skogsstyrelsen. Projektets syfte är att öka kunskapen och acceptansen kring tekniken att stabilisera vägar genom förbättrade rutiner vid kontroll och uppföljning av den stabiliserade vägen:

- I det första momentet lyfts 'Vad är viktigt att mäta/bedöma vid kontroll och uppföljning'.
- I det andra momentet analyseras tidigare stabiliserade vägar utifrån vad som mätts vid kontroll och uppföljning samt vilka resultat undersökningen gett.

Denna enkät/djupintervju avser att ta fram underlag för första momentet 'Vad som är viktigt att mäta/bedöma vid kontroll och uppföljning av stabiliserade lager i vägkonstruktioner'. Fokus ligger på KoU efter att vägen är klar. Målet är att lyfta olika aktörers synpunkter rörande teknik, ekonomi, miljö etc. Metoden som används kallas 'Stakeholder Opinion Assessment' (SOA) och består av följande steg:

1. Val av aktörer från olika aktörsgrupper (företag, myndigheter, forskare och NGO:er) som ingår i studien, vanligen 10-20 st. aktörer
2. Sammanställning av enkätfrågor
3. Telefonintervju under ca 30 min där aktören besvarar intervjuarens frågor
4. Sammanställning av preliminär rapport från undersökningen
5. Remissförfarande där samtliga aktörer får tillfälle att yttra sig över och påverka slutrapporten
6. Färdigställande och spridning av rapporten

INTERVJUGENOMFÖRANDE

Intervjun genomförs med följande struktur:

1. Söka möte med valda "Stakeholders"
2. Skicka ut intervjuunderlag ca en vecka innan intervju
3. Möte (fysisk eller per telefon)
4. Sammanställning
5. Remiss
6. Slutlig version

INTERVJU/FRÅGOR:

- 1) "Stakeholder" kategori:
 - a. Väghållare
 - b. Konsult
 - c. Miljömyndighet
 - d. Universitet
 - e. Övrig
- 2) Har du varit involverad i projekt där stabilisering av obundna lager användes?
 - a. Om ja,
 - i. Ange plats och eventuella referenser.
 - ii. Vilka bindemedel nyttjades och vad var din erfarenhet?
 - iii. Varför valdes metoden?
 - iv. Vilket underlag togs fram?
 - v. Vilket år utfördes projektet?
 - vi. Generellt, hur klarar sig vägen jämfört med en konventionell väg?
 1. Tjäle
 2. Säsongsvariationer
 3. Underhåll
 4. Livslängd
 - vii. Hur dokumenteras åtgärder?
 - viii. Kan man iaktta miljöpåverkan?
 - ix. Vad görs när vägen ska grävas upp, byggs om renoveras?
 - b. Om nej,
 - i. Vad vill du veta för att överväga metoden som ett alternativ?
- 3) Anta att det byggs en vägsträcka där stabilisering av obundna lager används som metod.

-
- a. Vilka KoU parametrar är de viktigaste att dokumentera?
 - b. Vad ska vi mäta för att visa att vägen:
 - i. blir bättre?
 - ii. blir mer kostnadseffektiv?
 - iii. får längre livslängd
 - iv. får ökad bärighet
 - c. Ordna dessa med fallande betydelse.
- 4) Anta att flygaska nyttjas som bindemedel. Påverkar detta ditt val av KoU-parametrar som angetts i punkt 3?
- 5) Tillgång på material – I vilka situationer kan applikationen vara ett bra alternativ?
- a. Hotspots eller längre sträckor?
 - b. SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) för lösningen stabilisering av obundna lager, dvs. inre styrkor och svagheter samt yttre möjligheter och hot, se figur nedan.

Styrkor	Svagheter
Möjligheter	Hot

- 6) Vet du ngn person som du tycker sitter på nyckelkompetens inom KoU?

Bilaga C -

PM-Uppföljning av flygkastabiliserad grusväg, Ehnsjövägen (2004-2009)

Hösten 2004 stabiliserades Ehnsjövägen med flygaska. Flygaskan nyttjades i syfte att stabilisera ballastmaterial och därmed förbättra vägens bärighet, tjälegenskaper och standard. Tekniska egenskaperna hos vägen och de initiala miljöegenskaperna redovisas i en separat Värmeforskrapport, Mácsik och Svedberg (2006).

Denna PM som slutrapporterar projektet efter fem års uppföljning, är en sammanställning av resultaten från uppföljningen av vägsträckan mellan 2004-09 med avseende på miljö. Rapporten redovisar även vägtekniska egenskaper från en okulär besiktning av vägens tillstånd, utförd under hösten 2009. För att kontrollera Ehnsjövägens bärighet har fallviktsmätning utförts den 22 september. Den långsiktiga målsättningen är att nyttja erfarenheterna från provsträckan med flygaska från Holmen Paper, Hallstavik. Grundtanken med uppföljningen var att, baserat på pilotförsökets resultat, kunna bygga nya sträckor med flygaska i vägkonstruktionen på ett miljösäkert sätt. Erfarenheterna går även att använda i andra sammanhang, exempelvis användning av flygaskor i deponikonstruktioner som avjämningslager, tät och skyddssikt.

Undersökningsserien, som nu omfattar mätningar under fem år, ger en unik bild av miljöegenskaperna hos flygkastabiliserat ballastmaterial. Baserat på undersökningen görs bedömningen att vägen medför mindre än ringa risk med avseende på yt- och grundvatten. Bedömningen, baserat på analys av grund, yt- och lysimetervatten är att lakningspotentialen minskar med tiden. Mätningsserien visar att grusvägen stabiliserad med flygaska, är ett tätt material. Grundvattenprover som togs i grundvattenrör installerade i vägdikesområdet längs provsträckan indikerar att metallhalterna ligger på samma nivå eller under de halter som har uppmätts i referenspunkten. Halten av lätt lakbara ämnen som sulfat (redovisad som S) ligger efter fem år på samma nivå som grundvattnets bakgrundsvärde.

Besiktning av vägens tillstånd visade att den askstabiliserade sträckan håller god kvalitet, dvs. färre inslag av bl.a. potthål än referenssträckan. Det finns dock ett underhållsbehov på sträckan, nämligen hyvling och justering av slitlager och vägdike. Det förekommer gräs mellan hjulspåren på kortare sträckor vilket behöver åtgärdas för att bibehålla vägens kvalitet.

Bilaga D –

Bakgrundsbeskrivning av askväg – Jämtkraft

Under juni-juli 2009 genomförde Jämtkraft AB ett pilotprojekt på Lugnviksverket där flygaska användes som konstruktionsmaterial i bär- och förstärkningslagret. Som slitlager användes bergkross. Underlaget där pilotförsöket utfördes används som en bränsleplan och underlaget är uppbyggt av schaktmassor och bottenaska från sandbäddspannorna på Lugnviksverket.

Inför försöket analyserades prover på askan med avseende på metallinnehåll och askans lakningsegenskaper undersöktes genom skakförsök vid L/S 2 och 10. För att göra miljöbedömning i fält placerades två lysimetrar under vägkonstruktionen med aska och en referenslysimeter anlades på bränsleplanens nordvästra hörn.

Under hösten 2009 kontrollerades mängden vatten som lysimetrarna samlade upp. Där vattenmängden var tillräckligt stor analyserades vattnet på innehåll av metaller, pH och elektrisk konduktivitet. Lakningsförsöken i laboratorieundersökningen indikerade att lakbarheten av bl.a. As, Cd och Ni var under detektionsgränsen medan för Cu och Co var halterna låga. I fält mättes högre halter As, Cd, Ni samt Cu, Pb och Zn i lysimeter 1 och referenslysimeter.

Projektet följdes upp (under våren 2010) med en ny utredning för att bedöma varför laboratorie- och fältresultaten skilde sig så markant, samt utreda fältförhållandena för att få svar på de förhöjda halterna i lysimetervattnet.

Bilaga E -Fallviktsmätningar i Riksväg 90 och Hallstavik

E.1 Platser

E.1.1 Sollefteå, Rv90

Teststräckans profil ligger i skärning, den naturliga jorden utgörs av silt och sand. Före reparationen av vägen var överbyggnaden ca 0,9 m. Motsvarande konstruktion användes vid försöken som referenssträcka. Konventionell förstärkning innebär 1,8 m urgrävning och återfyllning med förstärknings- och bärlager. Teststräckan, där askblandningen installerades, grävdes ur 0,9 m och 0,4 m askblandning lades ut och kompakterades. Utläggningen utfördes i två skikt. Skrymdensiteten på den packade askblandningen var mellan 1,2 och 1,5 ton/m³. Packningsgraden var ca 85 – 90 %. På askan lades sedan en överbyggnad på ca 0,5 m. Vid utläggningsarbetet installerades ena halvan av vägbanan först, medan trafiken kunde släppas fram på den andra halvan. Efter utläggning av förstärkningslager på askblandningen kunde trafiken släppas fram på den nyinstallerade halvan, medan den andra halvan kunde åtgärdas.

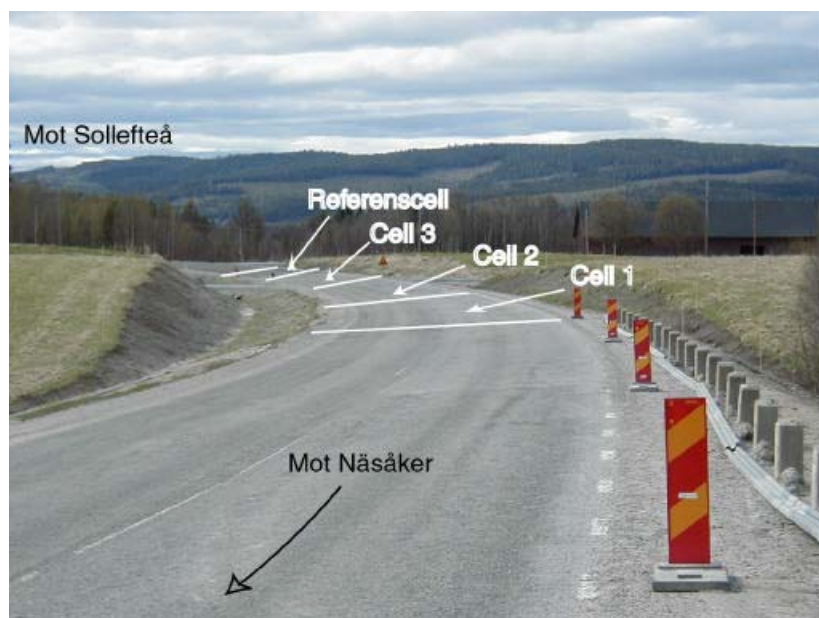
Teststräckan delades in i tre celler, Figur 1. I Cell 1 har en blandning bestående av deponi/flygaska med cement och kalktillsats använts. I Cell 2 nyttjades tillsatsmedlen cement och Merit 5000. I den sista cellen var det enbart cement som användes som tillsatsmedel. I Cell 3 användes Cement, Merit 5000 och osläckt kalk. Följande tre celler installerades på teststräckan:

Cell 1. Km 4+870 till 4+900.

Cell 2. Km 4+840 till 4+870.

Cell 3. Km 4+810 till 4+840.

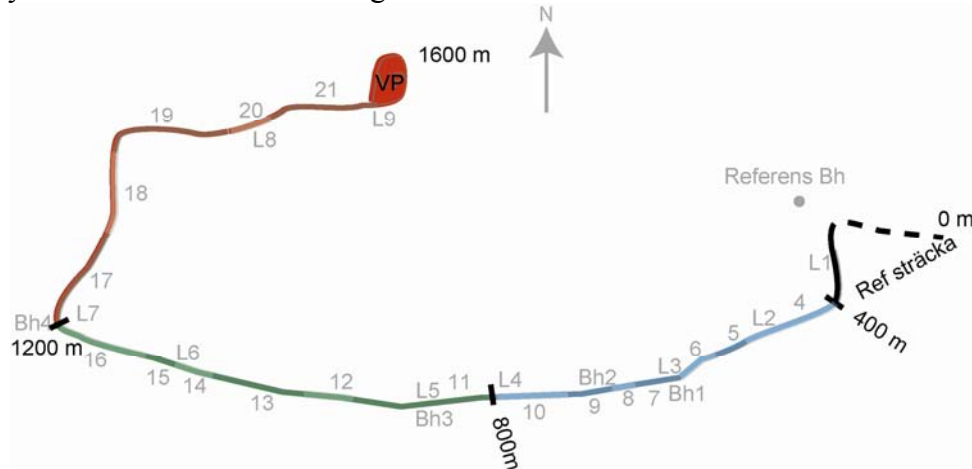
Den fjärde cellen är referenssträckan (4/810 – 4/780).



Figur 1 Cellindelning av provsträckan på Rv 90.

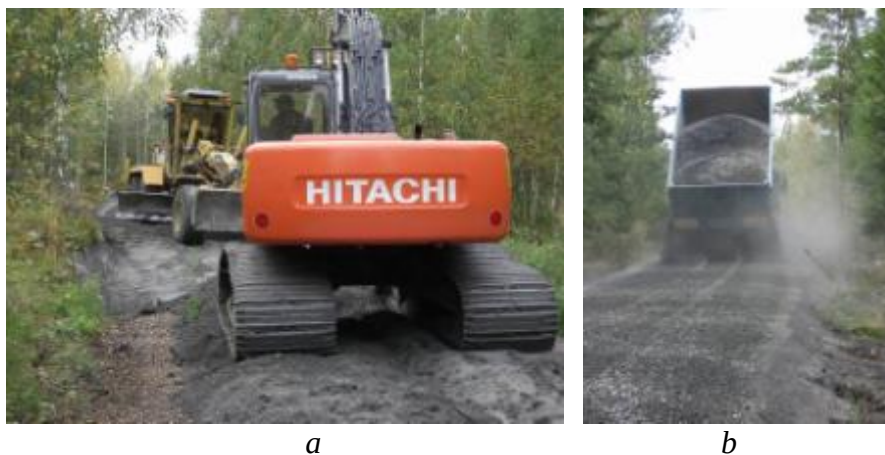
E.1.2 Hallstavik

Inför stabiliseringsarbetet installerades 9 stycken lysimetrar varav en på referenssträckan utan flygaska, figur 2. Lysimetrarna installerades på ca 0,4 – 0,8 m djup för att undvika skador på lysimetrarna under renoveringsarbetet.



Figur 2 Schematisk sammanställning av provtagningspunkter längs Ehnsjövägen, där L2-9 är lysimetrar längs provsträckan, L1 är referenssträckans lysimeter, Bh är grundvattenrör och VP är vändplan.

Delsträckindelningen börjar österifrån med sträcka 1 (referenssträckan) och slutar med sträcka 4 vid vändplan (VP). Vid lysimeter 7 (L7), där vägen svänger norrut, var den befintliga vägytan i nivå med Ehnsjöns högsta vattennivå. Vägen höjdes med en vägbank bestående av stenkross. Bankens höjd var mellan 0,5 – 1 m. Geotextil installerades på vägbanken, därefter lades det ut sand och stenmjöl, ca 0,1 m och grus ca 0,2 m. På sträcka 4 var flygaskans lagertjocklek mellan 0,3 – 0,4 m. Flygaskan jämnades av med väghyvel, figur 3a. Grus lades ut över hela sträckan med en tjocklek på ca 0,2 m. På sträcka 4 och på vändplan, har grusmaterialet lagts ut efter det att askan har lagts ut. Efter att grusmaterialet har lagts ut, figur 3b, har flygaska och grus hyvlats ihop till en till synes homogen blandning, figur 4 a och b.



Figur 3 Stabilisering på sträcka 4, a) avjämning av flygaska och b) utläggning av grusmaterial.



Figur 4 Homogenisering av grus och flygaska(a) och den färdighyvlade vägytan(b).

På sträcka 1 och 2 lades grusmaterialet ut först(0,2 m). Flygaskan lades ut därefter med grusbil och lades ut i ca 0,2 m skiktjocklek, figur 5a. Därefter homogeniserades flygaska och grus med väghyvel. Utlägningsarbetet på sträcka 1 och 2 gick avsevärt snabbare i och med att flygaskan lades ut direkt i ”rätt” skiktjocklek.



Figur 5 Utläggning av flygaska med ”grusbil” (a) och packning med vibrovält (b).

Det stabiliserade grusmaterialet packades med vibrovält över hela sträckan, figur 5b. För att höja det stabiliserade grusmaterialets vattenkvot till ca 12 – 15 %, som är materialets optimala vattenkvot, bevattnades vägen innan materialet packades.

E.2 Fallviktsmätningar på askvägar

Fallviktsmätningar (FWD, Falling Weight Deflectometer) gjorda på Ensjövägen, Hallstavik och Rv 90 Sollefteå redovisas kortfattat här. Fallviktsmätningar har utförts enligt VVMB 112:1998 och data har bearbetats enligt VVMB 114:2000.

Mätningar har gjorts vid tre tillfällen för vägen i Hallstavik. Före åtgärd 2004 och sedan efter åtgärd både 2005 våren (tjällossningsperioden) och 2009 hösten. På Rv 90, Sollefteå, har mätningar gjorts 2002 och 2009. Se även ”byggrapporter” av Mácsik m.fl. SCC: Askblandningar

i anläggningsprocesser” (Rv 90) och Värmeforsk: Rapport 968 ”Skogsbilrenovering av Ehnsjövägen, Hallstavik”

E.2.1 Mätningar

Förutsättningarna för mätningar vad gäller årstid (vår/höst) nederbörd och vattenkvoter har inte studerats i dessa redovisningar.

Sollefteå

Mätpunkterna var (2009) placerade var 5:e meter i höger hjulspår i båda riktningarna. Provsträckan var indelad i fyra celler:

Cell 1:	0-30 m	0,4 m aska + 5 % cement och 0,5 m överbyggnad
Cell 2:	30-60 m	0,4 m aska + 2,5 % cement + 2,5 % merit och 0,5 m överbyggnad
Cell 3:	60-90 m	0,4 m aska + 2,5 % cement + 2,5 % kalk och 0,5 m överbyggnad
Referens:	100-130 m	0,9 m överbyggnad (

Mätningen 2002 var utförd efter askförstärkningen. Mätningen 2009 gjordes för att studera nuvarande status och långtidsegenskaper.

Hallstavik

Mätpunkterna var (2009) placerade var 30:e meter i höger hjulspår åt båda hållen med 15 meters förskjutning mellan riktningarna. Vägen var indelad i fyra sträckor:

Sträcka 1:	0-400 m	Referens
Sträcka 2:	400-800 m	0,2 m grus/askinblandning och 0,1 m grusslitlager
Sträcka 3:	800-1 200 m	0,2-0,3 m grus/askinblandning och 0,1 m grusslitlager
Sträcka 4:	1 200-1 600 m	0,2-0,3 m grus/askinblandning och 0,1 m grusslitlager

Samtliga sträckor åtgärdades med dikning och nytt grusslitlager.

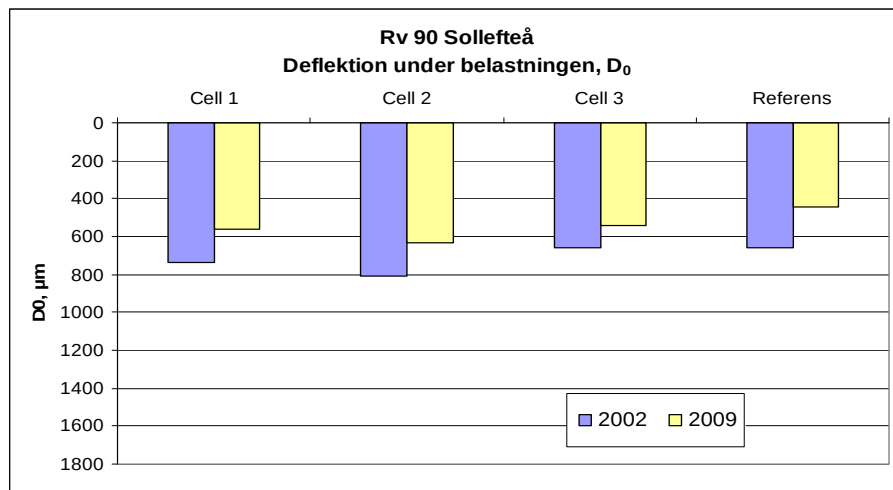
Mätningen 2004 var utförd före askförstärkning medan 2005 utfördes efter åtgärd. Mätningen 2009 gjordes för att studera nuvarande status och långtidsegenskaper.

E.2.2 Resultat

Mätningarna redovisas som medelvärde för varje sträcka i båda mätriktningarna. Resultaten redovisas som deflektionen mitt under belastningen, D_0 , vilket beskriver den genomsnittliga styvheten från ytan ner till och med undergrunden. Ju lägre deflektion som erhålls desto styvare är konstruktion (högre bärighet). D_0 -parametern redovisas här för att det var enbart den som redovisades i ”byggrapporten” för Sollefteå.

Sollefteå

Resultaten från Rv 90 Sollefteå redovisas i figur 6. Samtliga delsträckor/celler uppvisar en ökning av styvhet från 2002 till 2009. Referenssträckan har bättre/lägre D_0 -värde än övriga 2009.



Figur 6 Medelvärde av deflektionen, D_0 , för varje cell och mätår.

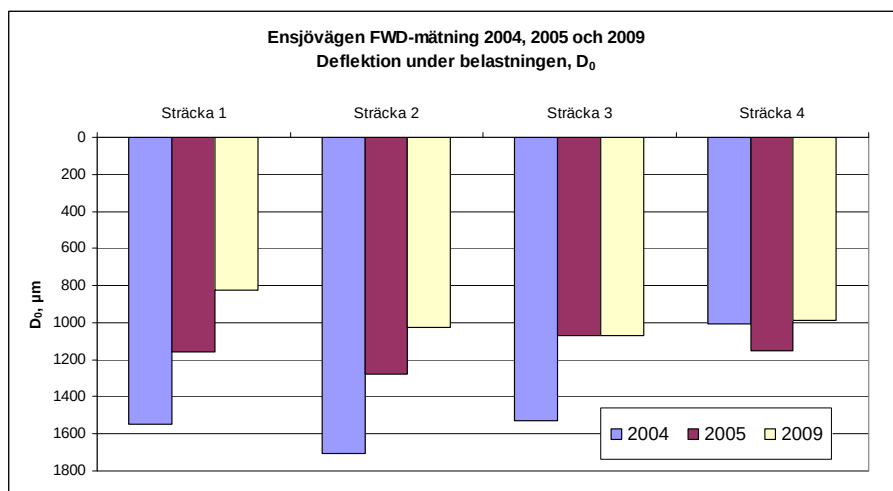
Hallstavik

Resultaten från Hallstavik redovisas i Figur 7. Sträcka 1 som inte åtgärdades med askinblandning har förbättrats vad gäller D_0 -värdet år från år. Vid mätningen 2009 har den högst bärighet i jämförelse med övriga tre sträckor.

Sträcka 2 har också förbättrats varje år efter åtgärd till och med 2009.

Sträcka 3 förbättrades något efter åtgärd för att sedan stabiliseras, samma D_0 -värde både 2005 och 2009. För sträcka 4 kan man inte se någon förbättring utan snarare en svag försämring till 2005 för att sedan i princip återgå till resultat före åtgärd 2009.

Sträcka 2-4 uppvisar likartade resultat vid mätningen 2009.



Figur 7 Medelvärde av deflektionen, D_0 , för varje delsträcka och mätår. År 2004 genomfördes mätningen före åtgärd, övriga mätningar utfördes efter förstärkning. Sträcka 1 är referens/oförstärkt.

E.2.3 Slutsats

Resultaten från mätningarna tyder på att askförstärkningar ger tveksamma förbättringar på dessa sträckor jämfört med referenssträckorna utan askinblandning. Hänsyn till metrologiska och klimatförhållanden har inte gjorts i den här jämförelsen. Vilket skulle kunna förklara avsaknad av förbättringar, om det finns några. Två av tre asksträckor har blivit bättre efter åtgärd i Hallstavik och alla tre asksträckorna i Sollefteå har bättre värden 2009 än 2002. Samtidigt har referenssträckorna i både Hallstavik och Sollefteå förbättrats mer.

Att man gjort en genomtänkt åtgärd på en ”dålig” väg med förbättring av avvattning (diken) har en betydande effekt och kan räcka för att få förbättringar på vägens tillstånd.

Fortsatt arbete

Fortsatt arbete med befintliga data bör ta hänsyn till nedanstående punkter:

- Andra bärighetsmått än D_0 för att bättre analysera lager med aska
- Studera temperatur/klimatskillnader vid mätningstillfällena
- Avvattning, diken, status
- Undergrund, terrängförhållanden, skärning/bank

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk 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