

HANDBOK

Flygaska i mark- och vägbyggnad, Grusvägar

Hanna Munde, Bo Svedberg, Josef Mácsik, Aino Maijala, Pentti Lahtinen, Peter Ekdahl, Jens Néren

HANDBOK

Flygaska i mark- och vägbyggnad, Grusvägar

MANUAL

Fly ash in civil engineering, Gravel roads

Hanna Munde, Bo Svedberg, Josef Mácsik,
Aino Maijala, Pentti Lahtinen, Peter Ekdahl, Jens Néren

Q4-270

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
Januari 2006
ISSN 1653-1248

Förord

Flygaska, baserad på bio- och kolbränslen, uppvisar goda tekniska egenskaper för nyttiggörande i väg- och anläggningsbyggnad. Detta material är också ekonomiskt konkurrenskraftigt och miljömässigt. Trots detta är användningen av flygaska begränsad idag. I syftet att verka för en regelmässig användning av flygaskor har kunskaper och erfarenheter sammanställts i denna handbok. Rapporten baseras på vunnen kunskap i Sverige och Finland och vänder sig till konsulter och entreprenörer men även till väghållare, myndigheter och materialägare.

Projektet utfördes i samarbete mellan Vattenfall AB Värme Norden, Ecoloop och Ramböll. Arbetet genomfördes av Hanna Munde (Vattenfall AB Värme Norden) med erfarenhet från användning, Bo Svedberg och Josef Mácsik (Ecoloop AB) med kunskap inom alternativa material, miljögeoteknik och erfarenhet från provvägar, Peter Ekdahl och Aino Maijala och Pentti Lahtinen (Ramböll) med kunskap inom vägteknik och erfarenhet från användning. Jens Nerén (Mälarenergi AB) har bistått med beskrivning av utförda industriytor.

Projektet har finansierats av Värmeforsk och Vattenfall AB Värme Norden. Projektets referens- och styrgrupp har bestått av Claes Ribbing (Värmeforsk), Åsa Lindgren & Peter Rehnman (Vägverket), Kent Enkell och Karl-Johan Loores (VTI), Jens Nerén (Mälarenergi AB), Mats Carlsson (Stora Enso), Henrik Johansson (E.ON), Yvonne Rogbeck (SGI).

Vår förhoppning är att handboken ska kunna fungera som ett stöd vid användning av flygaska och bidra till en ökad användning av ett värdefullt anläggningsmaterial.

2005-11-15

Hanna Munde

Vattenfall AB Värme Norden

Abstract

Fly ash, based on biofuels or coal, improve properties of road constructions such as bearing capacity, frost and thaw performance and durability. In this project a manual regarding the use of products based on fly ash in base and subbase for gravel roads are presented. This report mainly handles design and construction issues of gravel roads. The project has been carried out parallel to another ongoing national project titled “Guidelines, Use of alternative materials in civil engineering”.

Sammanfattning

Flygaskor baserade på bio- och kolbränslen har använts länge i väg- och anläggningsbyggnad. De nyttjas till exempel som bär- och förstärkningslager i grusvägar i Uppsala och Södermanlands län, Västmanland och i Finland. Erfarenheterna är goda och materialet har bidragit till god funktion som t ex förbättrad bärförmåga, bättre tjälegenskaper och god beständighet hos vägkonstruktioner. Vilket också har lett till reducerade drift- och underhållskostnader för väghållaren.

Syftet med föreliggande projekt är att ta fram en handbok för användning av flygaska i vägkonstruktioner. Målsättningen är att projektet skall skapa en bas för regelmässig användning. I handboken sammanställs erfarenheter från utredningar, pilotobjekt och användning av flygaskor. Handboken avser användning av produkter i bär- och förstärkningslager i grusvägar och körytor med fokus på vägtekniska aspekter. Handboken riktar sig främst till sakkunniga inom vägteknik, t ex konsulter och entreprenörer, men fungerar även som stöd för väghållare, myndigheter och materialägare. Handboken har tagits fram parallellt med projektet "Vägledning, Alternativa material i väg- och anläggningsbyggnad" vars syfte är att ta fram ett gemensamt förhållningssätt till alternativa material i allmänhet.

För användning av flygaska i grusvägar finns två typer av lösningar en med enbart flygaska och en där flygaska blandas med grusmaterial. Funktionen som skapas beskrivs bland annat av funktionella egenskaper som högre styvhet, stabilitet och förbättrade tjälegenskaper hos konstruktionen som helhet respektive låg permeabilitet och god frostbeständighet hos produkten. Styvhetsmodulen hos produkterna beror bland annat av flygaskans kvalitet, utförande och ålder hos konstruktionen och är överlag högre än gängse traditionella lösningar. Askans egenskaper kan förbättras ytterligare genom tillsats av bindemedel (cement, Merit, kalk). Användning av flygaska ska alltid ske över grundvattenytan med god marginal samtidigt som god avvattning av konstruktionen skall tillgodoseas. Föroreningsrisken förknippad med denna användning kan normalt betraktas som obetydlig eller ringa. Vid användning rekommenderas att anmälan görs till den kommunala miljömyndigheten. Utförande med produkter baserade på flygaska skiljer sig från hanteringen av sand och grus framför allt med avseende på aspekter som hållfasthetsutveckling, damning och känslighet för nederbörd. Med kunskap om dessa aspekter är produkten enkel att hantera.

Arbeten med handboken visar att vissa egenskaper bör verifieras med kontroll och uppföljning i fält för att förenkla framtida dimensionering och utförande. Detta avser bland annat egenskaper som tjälegenskaper hos konstruktionen, styvhetsmodul och frostbeständighet hos produkten.

NYCKELORD

Flygaskor, Grusvägar, Skogsbilvägar, Ytor, Handbok, Dimensionering, Utförande, Bärförmåga, Beständighet, Tjäle, Frostbeständighet, Styvhetsmodul

Summary

Fly ash based on biofuels or coal has been used as construction material for a long time in roads and other civil engineering applications. Some example, where it has been used in roadbase and subbase of gravel roads, are in the counties of Uppsala, Södermanland, Västmanland and in Finland. The use of fly ash has contributed to good function for example as bearing capacity, thaw and frost capacity and good durability. This has also reduced costs for maintenance.

The objective of this project was to develop a manual to provide a base for contemporary use of fly ash in road constructions. In the manual experience from studies, field tests and regulations has been compiled. The manual handles fly ash as base for products to be used in base and subbase in gravel roads. Future user of the guidelines are mainly consultant engineers and contractors. However the aim of the manual is to also support road administrators, environmental authorities and industry. The project has been carried out parallel to another ongoing national project titled "Guidelines, Use of alternative materials in civil engineering". The objective of that project is to establish a base for handling of alternative materials in Sweden.

Flyash in gravel roads are mainly used in two typical applications, one without any additive in a single layer and one with fly ash mixed with gravel. The use of flyash provides functional properties such as increased stiffness, stability and enhanced frost and thaw capacity for the roadconstruction in total. Furthermore the products based on fly ash will have low permeability and good frost and thaw durability. These properties are for example related to fly ash quality, design and construction and are in general expected to be better than for traditional constructions using, for example, sand or gravel. The properties can be enhanced further by using binders such as cement and Merit. Fly ash should always be used above the ground water table with acceptable margin to ensure good dewatering of the road construction. The environmental impact is generally expected to be marginal or low. However it is advised to always apply for a permit at the local authorities on a regular base when fly ash is to be used. The handling of products based on fly ash is different to traditional materials due to curing properties, dust and aging effects due to rain. These aspects are easy to handle if brought to attention.

To enable easier design and construction with products based on fly ash in the future, it is recommended that road properties related to frost and thaw behaviour, E-modulus and long term durability are followed up and verified in full scale tests.

KEYWORDS

Fly ash, Gravel roads, Unpaved Roads, Forest roads, Trafficked areas, Pavements, Manual, Design, Construction, Bearing capacity, Durability, Soil frost, Frost resistance, Elasticity modulus.

Diskussion

I handboken har erfarenheter från utredningar, pilotobjekt och användning av flygaskor i Sverige och Finland sammanställts. Den struktur som använts för framtagande av handboken har tagits fram i ett parallellt projekt med titeln ”Vägledning, Alternativa material i väg- och anläggningsbyggnad”. Detta angreppssätt har tydliggjort på vilka punkter det erfordras kompletteringar för att underlätta dimensionering och utförande. Samtidigt har angreppssättet också lett till att egenskaper som ska eller bör bestämmas har identifierats och även att positiva egenskaper lyfts fram, t ex tjälegenskaper och bärförmåga. Behovet av flygaska för olika användningsområden har tydliggjorts och kan vägleda vid planering av materialförsörjning till projekt. Det är påvisat att tillsats av bindemedel kan förbättra egenskaperna hos produkten ytterligare samtidigt som det leder till ett mindre behov av flygaska per löpmeter grusvägar. Användningen av produkten sker vanligen med enbart flygaska i ett lager. Erfarenheterna av användning av flygaskor med bindemedel i grusvägar är dock begränsade i Sverige idag.

Handboken kan idag användas av förhållandevis avancerade användare. I de fall noggrannare dimensionering erfordras kan användare hitta goda typlösningar i de projektexempel som beskrivs i handboken. Handboken har också lett till tydligare krav på det underlag som erfordras för användning av produkter baserade på flygaska. Arbeten visar att vissa egenskaper bör verifieras med kontroll och uppföljning i fält för att förenkla framtida dimensionering och utförande. Dessa avser bland annat bärförmåga, beständighet och tjälegenskaper hos en konstruktion samt styvhetsmodul och frostbeständighet hos produkten. Då torde också enkla tumregler kunna etableras och användningen av flygaskor i mark- och vägbyggnad skulle förenklas ytterligare.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	2
1.1	Definitioner.....	3
1.2	Användningsområden.....	7
1.3	Materialbeskrivning.....	11
2	PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	13
2.1	Miljöpåverkan.....	13
2.2	Materialkvalitet.....	14
2.3	Dimensioneringsförutsättningar	17
2.4	Konstruktiv utformning	21
3	REDOVISNING I BYGGHANDLING	23
4	UTFÖRANDE	24
4.1	Enbart flygaska	25
4.2	Flygaska blandat med grus	26
4.3	Kontroll av utförande.....	26
5	DRIFT- OCH UNDERHÅLL.....	27
6	ÅTERBRUK, DEPONERING ELLER ÖVERLÅTELSE.....	28
7	KVALITETSKRAV OCH KONTROLL	29
7.1	Kontroll av utförande.....	29
7.2	Verifiering av utförande	29
8	Referenser och hänvisningar.....	30
Bilagor		
1-1	Skogsbilväg, Norberg	
1-2	Skogsbilväg, Hallstavik	
1-3	Lättfyllnad, Librobäck	
1-4	Grusväg, Börje	
1-5	Grusväg, Luopionen	
1-6	Grusväg, Koria	
1-7	Industriytör, Mälardalen	

1 INLEDNING

Flygaska baserat på bio- och kolbränslen har använts under många år som material i mark- och vägbyggnad. Det används bland annat som bär- och förstärkningslager i grusvägar i Uppsala län, Västmanland och i Finland. Exempel på användning i belagda vägar finns också t ex i Vägverket Region Mitt, i Finland och på andra platser. Erfarenheterna är goda och materialet har bidragit till god funktion, t ex förbättrad bärförmåga, bättre tjälegenskaper och god beständighet vilket lett till reducerade drift- och underhållskostnader hos vägkonstruktionen.

Flygaska kan dessutom användas i en rad andra applikationer som t ex tätskikt i deponier, underbyggnad för väg och järnväg, stabilisering av lösa jordar, vägterrasser, och sediment eller muddermassor. Genom att nyttiggöra flygaska kan också naturresurser ofta sparas och en god teknisk funktion skapas i linje med miljöbalkens intentioner.

I denna handbok har dagens kunskap sammanställts för att underlätta användning av flygaska i grusvägar. Handboken har tagits fram parallellt med arbetet att ta fram en "Vägleddning – Alternativa material i väg- och anläggningsbyggnad", Vägverket (2005). Syftet är att handboken ska fungera som stöd för avnämare, konsulter och entreprenörer men även till miljömyndigheter. Handboken beskriver bl a det underlag som erfordras för projektering och lyfter fram centrala aspekter med avseende på utförande. Handboken innefattar följande delar:

- Inledning
- Projekteringsförutsättningar
- Redovisning i bygghandling
- Utförande
- Drift- och underhåll
- Återbruk, deponering eller överlåtelse
- Kvalitetskrav och kontroll
- Projektexempel (bilagor)

1.1 Definitioner

1.1.1 Beteckningar

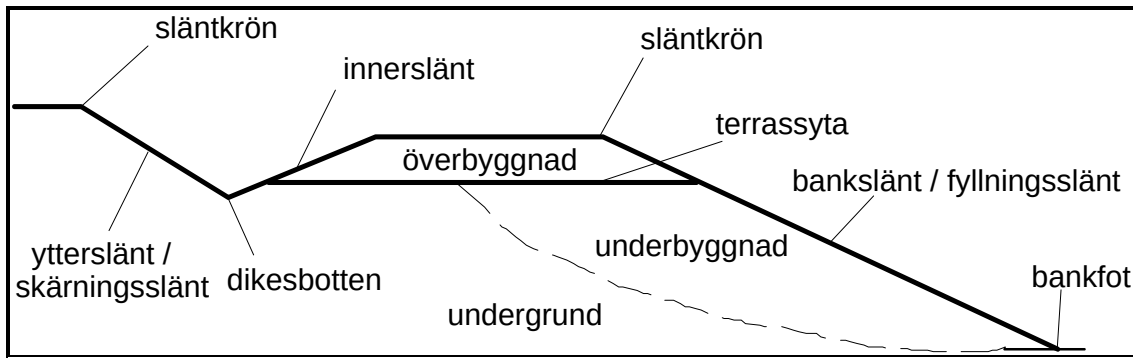
ATB Väg	Allmän teknisk beskrivning som innehåller Vägverkets krav vid upphandling av vägobjekt
APB Skogsbilväg	Anvisningar för projektering och byggande av skogsbilväg klass III och IV
EN	Europanorm
ISO	Internationell standard
SP	Provningsmetod angiven av Sveriges Provnings- och forskningsinstitut.
SS	Svensk standard, utgiven av SIS.
SS-EN	Europanorm utgiven av SIS
VVMB	Vägverkets metodbeskrivningar
Rapport 870	Rapport XXX från Värmeforsk
Q4-238	Pågående projekt, QX-YYY, hos Värmeforsk

1.1.2 Benämningar

Aska	Restmaterial som bildas vid förbränning. Askor som bildas kan bli botten-, bädd- eller flygaska. Olika typer av förbränning och bränsle gör att fördelningen mellan olika typer av askor varierar.
Ballast	Vanlig benämning för sönderdelat eller granulärt material för anläggningsändamål, kan vara t ex krossat berg, grus eller något återvunnet material.
Bindemedel	Kan vara hydrauliska eller bituminösa exempel är cement, Merit, flygaska, bitumen mm
Biobränsle	Trä och övriga biobränslen innefattande torv. (ej kol som är ett fossilt bränsle)
Bulkdensitet	Skrymdensitet vid transport
Bunden överbyggnad	Med bindemedel t ex cement, bitumen) bundet slit-, bär- eller förstärkningslager.
Byggvarudeklaration	Innehåller neutral och kvantifierad information, bl a relevanta miljöaspekter om en produkt, se t ex BYKR (2005).
Bärighet	Högsta last, enstaka eller ackumulerad, som kan accepteras med hänsyn till uppkomst av sprickor eller deformationer. Mått i N10 - antal tunga fordon. Avser hela vägkonstruktionen.
Bärförmåga	Snarlikt bärighet. Avser förmåga att bära last hos hela konstruktionen men även konstruktionsdel, t ex ett lager i överbyggnaden. Mått i styvhet, stabilitet och deformation. (Materialet i sig kan inte inneha en bärförmåga – men kan vara beständigt)

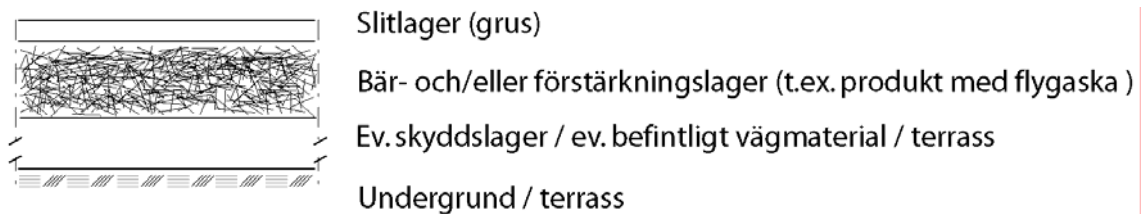
Certifierad produkt	Produkt certifierad av organ som ackrediterats av Styrelsen för teknisk ackreditering, SWEDAC, eller av SWEDACs avtalspart. Certifieringen utförs på basis av provning och besiktning enligt krav som anges för respektive produkt.
Fallviktsförsök	Metod för bestämning av styvhetsmodul på utlagt lager av eller färdig yta, se även VVM112:1998 och VVMB 114:2000
Finjord	Sammanfattande namn på mineraljordsfraktionerna
Finkornig jord	ler (<0,002 mm) och silt (0,002 – 0,06 mm).
Flygaska	Jord med finjordshalt > 40 viktprocent av material <60 mm, samt halt av block och sten mindre än 40 viktprocent av den totala jordmängden.
Frostbeständighet	Samlingsnamn i denna handbok för rökgasreningsprodukt och flygaska enligt SS 18 71 10 baserade förbränning av på biobränsle och kol.
Råvara	Skjuvhållfasthet på tillverkade provkroppar före och efter frys- och tiningscyklar.
Hårdningsegenskaper	Råvara för flygaska avser det material som uppkommer direkt vid produktionsstället, dvs det material som faller vid förbränningsanläggningen.
Förbättring	Ökningen av skjuvhållfasthet över tiden, mäts t ex med enaxiellt tryckförsök (kPa)
Kolaska	Åtgärd för att förbättra egenskaper hos konstruktioner, anläggningar och anordningar över den nivå som avsetts vid byggande
Kompaktdensitet	Aska som genereras vid förbränning av kol
Packningsgrad	Betecknar den fasta fasens densitet och är kvoten mellan den fasta fasens massa och den fasta fasens volym.
Plattbelastningsförsök	Förhållandet mellan torrdensiteten och maximal torrdensitet vid tung stampning eller vibrering.
Porositet	Metod för bestämning av ytmodul på översta utlagda obundna lager eller färdig yta, se även VVMB606.
Portal	n, förhållandet mellan porvolymen och totala volymen
Produkt	e, $e = n/(1-n)$, förhållandet mellan porvolymen och den fasta volymen.
Skrymdensitet	Avser i denna handbok produkter baserade på råvara av flygaska.
Skjuvhållfasthet	Förhållandet mellan ett materials totala massa, (summan av gas, vatten och fast fas) och totala volym.
	Mäts med exempelvis enaxiella tryckförsök. Under försöket registreras axiellasten som funktion av deformationen.

Stabilisering	Förbättring av ett obundet materials (ballast) egenskaper, t ex genom inblandning av bindemedel.
Styvhetsmodul	Beskriver den elastiska deformationen i relation till påfört belastningstryck och uttrycks i MPa. I denna handboks används styvhetsmodul som också tillämpas i ATB Väg. Ibland betecknas styvhetsmodul även elasticitets-, E- eller lagermodul.
Terrass	Den yta som bildas genom att planera, undergrund eller ev befintlig konstruktion i väglinjen. Terrassytan bildar gräns mellan över- och underbyggnaden, se figur 1.
Torrdensitet	Kvoten mellan kornens massa och den totala volymen.
Torrlagrad flygaska	Torr flygaska, vid befuktning ska den användas inom kort tid (timmar – dagar).
TS, halt torrsubstans	Halten torrsubstans, TS, i förhållande till massan hos provet (fast fas, vatten och gas), mäts i mg/kg TS. Förhåller sig till vattenkvot w enligt följande: $TS = 1/(1+w)$
Underbyggnad	Del av konstruktion till vilken last överförs, exempelvis fyllning, lättfyllnadsmaterial, grundförstärkning etc, Figur 1.
Underhåll	Åtgärder för att återföra egenskaper hos konstruktioner, anläggningar och anordningar till den nivå som avsetts vid byggande.
Undergrund	Del av mark till vilken last överförs från grundkonstruktionen för en byggnad, bro, en väg, järnväg eller dylikt, Figur 1.
Vattenkvot	w , förhållandet mellan vattnets massa och den fasta fasens massa.
Vattenmättnadsgrad	S_r , förhållandet mellan porvattnets volym och porvolymen.
Våtlagrad flygaska	Flygaska med tillsats av vatten, som har lagrats, exempelvis på deponi (deponiaska).
Väggkonstruktion	Väggkropp med undergrund, diken, avvattningsanordningar, slänter och andra väganordningar, se princip i Figur 1.
Värmeledningstal	λ , Värmeledningsförmåga (värmekonduktivitet), den värmemängd som vid en temperaturdifferens av 1° passerar per ytenhet av ett material
Överbyggnad	Del av väggkonstruktion, se princip i Figur 1 & 2.



Figur 1: Delar i en vägkonstruktion, ATB Väg.

Figure 1. Illustration of different parts belonging to a road construction.

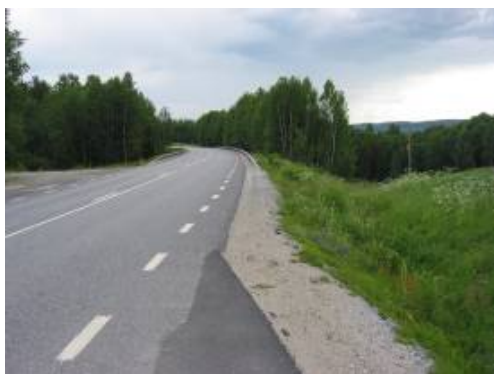


Figur 2: Principiell uppbyggnad av överbyggnad hos en grusväg.

Figure 2. Principle of a pavement structure for a gravel road.

1.2 Användningsområden

Flygaska kan användas för att förbättra funktionen hos många olika konstruktioner inom mark- och anläggningsbyggande. Egenskaper som **hög hållfasthet** och **god frostbeständighet** gör att flygaska till exempel kan användas för att **förbättra tjälegenskaper** hos vägar och industrier. Materialets **stabiliserande egenskaper** och **låga permeabilitet** gör det dessutom lämpligt att använda för olika typer av stabilisering eller som tät- och avjämningskikt på deponier se Figur 3, 4, 5 och 6.



Figur 3: Bärighetshöjande åtgärder, belagda vägar och industrier.
Figure 3: Increased bearing capacity for paved roads and fields.



Figur 4: Ökad bärförmåga, minskad tjälproblematik, grus- och skogsbilvägar.
Figure 4: Increased stability and reduced frost and thaw related problems for gravel roads and roads for forestry.



Figur 5: Stabilisering av lösa jordar, terrass & muddermassor, markexploatering.
Figure 5: Stabilization of soft soils, subgrade, sediments, development of land.



Figur 6: Tät- och avjämningskikt för deponier.
Figure 6: Liners and other layers for covering of landfills.

I denna handbok beskrivs konstruktioner där produkter baserade på flygaska nyttjas som bär- och förstärkningslager i grusvägar, nedan ges en kort sammanfattning av de andra nämnda användningsområdena.

- Belagda vägar och industrier

Flygaska kan också användas i belagda vägar och ytor företrädesvis i förstärknings och skyddslager, se t ex riksväg 90, HEMAB (2003) eller för industrier som i Mälardalen (Bilaga 1-7). Noterbart är dock 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.

- Stabilisering av lösa jordar, terrass- och muddermassor

Flygaskans stabiliserande egenskaper kan nyttjas för att förbättra hållfastheten och för att fastlägga föroreningar i lösa jordar och muddermassor. Ett område med stor potential är vid stabilisering av terrasser då god funktion skapas och behovet av flygaska är lägre per löpmeter grusväg jämfört användningen som bär- eller förstärkningslager. Ett annat exempel på denna typ av användning är stabiliserad fiberlera för användning i vägbyggnad, se Rapport 915.

- Tät- och avjämningskikt på deponier

Flygaskor används ofta vid sluttäckning av deponier, där nyttiggörs bl a dess stabiliserande egenskaper och låga permeabilitet. Ett sådant exempel är blandning av flygaska och avloppsslam för användning som tätskikt, se projekt Q4-237. För användning av flygaskor och andra typer av askor på deponier är en handbok under framtagande, se projekt Q4-258.

1.2.1 Utformning av grusvägar

Genom att använda produkter baserade på flygaska kan grusvägskonstruktioner, både nya och sådana som ska förstärkas och underhållas, anläggas med:

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

För användning av flygaska i grusvägar finns idag två typer av produkter, en där den nyttjas i ett lager och en där flygaskan blandas med grusmaterial, se Figur 7. Flygaska härddar olika beroende på lagring och dess sammansättning. I båda fallen kan bindemedel (t ex Cement, Merit) tillsättas för att styra slutprodukten egenskaper, jämför tillverkning av betong med olika tillsatser.



Figur 7: Två enbart flygaska i ett lager och två flygaska blandat med grus som bär- och förstärkningslager.

Figure 7: Use of flyash as base and subbase coarse material, flyash in a single layer (left) and flyash mixed with gravel (right).

Den förbättrade funktionen som kan skapas kan beskrivas av funktionella egenskaper hos konstruktionen som helhet map högre styvhet och stabilitet, bättre tjälegenskaper respektive hos produkten map låg permeabilitet och god frostbeständighet. För utformning av en grusväg med flygaska är det centralt att beakta följande:

- Vilka leverantörer och volymer som finns att tillgå?
- Tillgången på material över året?
- Kostnaderna för råvara och transporter?
- Aktuella flygaskors egenskaper?
 - Karaktärisering av råvara kan ske enligt denna handbok
 - Gruppering kan ske med stöd av Rapport 870.
 - Grupp A: Låg skjuvhållfasthet (< 1 MPa, 28 dgr), låg frostbeständighet, bindemedel erfordras för användning
 - Grupp B: Måttligt hög skjuvhållfasthet (1-3 MPa, 28 dgr) frostbeständigheten kan förbättras genom tillsats av bindemedel
 - Grupp C: Hög skjuvhållfasthet (> 3MPa, 28 dgr), ofta hög frostbeständighet, bindemedel erfordras undantagsvis

Notera att hållfastheten för många flygaskor tilltar även efter 28 dagar. Maximal hållfasthet mäts efter 90 – 200 dagar men för många flygaskor fortsätter hållfasthetsutvecklingen i ytterligare flera år.

Givet att en grusväg ska byggas eller åtgärdas sammanställs nedan olika aspekter relaterade till nyttiggörande av flygaska i bär- och/eller förstärkningslager, se Tabell 1.

Tabell 1: Aspekter på användning av flygaska som bär- och/eller förstärkningslager i grusvägar.

Table 1: Aspects on use of flyash as base or subbase coarse in gravel roads.

	Enbart flygaska	Flygaska med bindemedel	Flygaska blandat med grus	Flygaska, bindemedel blandat med grus
Grupp	C, ofta B	B och C, ofta A	C, ofta B	B och C
(Rapport 870)				
Användning	Delsträckor (50-200 m) för att ge bättre bärförmåga	Delsträckor (50-200 m) för att ge bättre bärförmåga	Sträckor (> 200m) för att ge bättre bärförmåga	Sträckor (> 200m) för att ge bättre bärförmåga
	Skikt t = 0,2-0,4m	Skikt t = 0,2-0,4m	Grus i befintlig väg kan nyttjas Skikt t = 0,1-0,2m	Grus i befintlig väg kan nyttjas Skikt t = 0,1-0,2m
Materialbehov	2 – 5 ton/m	2 – 5 ton/m	1- 1,5 ton/m	0,2 – 0,5 ton/m
(5m väg)				
Exempel på blandningsförhållanden (TS)	100% (enbart flygaska)	flygaska/bindemedel 90 – 97 / 10 – 3	flygaska/grus 30 - 50/70 - 50	flygaska/bindemedel/grus 10/3/87 till 15/5/80
Ekonomi	Låg materialkostnad	Låg materialkostnad	Låg materialkostnad	Låg materialkostnad
	Minskad underhållskostnad	Minskad underhållskostnad	Minskad underhållskostnad	Minskad underhållskostnad
Exempel i bilaga	1-1 Norberg 1-4 Börje	Inblandningskostnad 1-6 Koria 1-7 Mälardalen	1-2 Hallstavik 1-3 Librobäck 1-4 Börje	Inblandningskostnad 1-5 Luopionen 1-6 Koria

Vid nämnda användning av flygaska får vägen vanligen en bättre tjältålighet än en konstruktion med traditionella material. Tjältåligheten ökar dessutom normalt med tiden som en följd av flygaskans härdande egenskaper. Produktens frostbeständighet och konstruktionens tjältålighet kan förbättras ytterligare genom tillsats av bindemedel, t ex cement och Merit. Tillsats av bindemedel leder normalt också till att vägen kan trafikerats tidigare.

Miljö

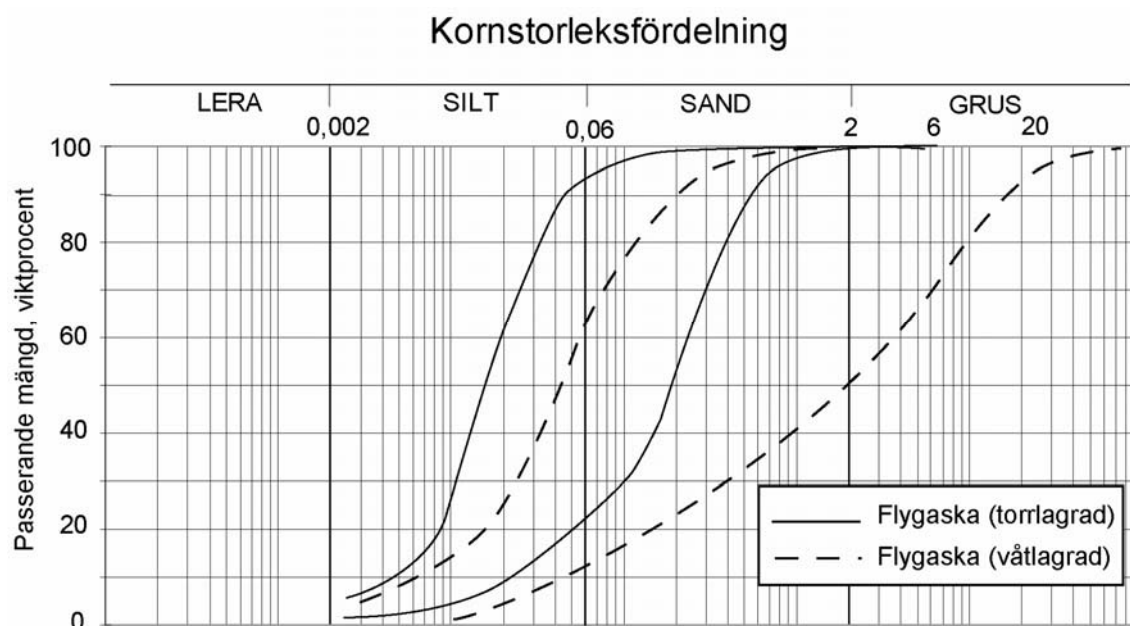
Föroreningsrisken förknippad med användning av kol- och biobränslebaserade flygaskor som bär- och/eller förstärkningslager i grusvägar kan normalt betraktas som obetydlig eller ringa. Vid nyttiggörande kan också ofta påvisas att uttag av naturresurser och energianvändning begränsas.

Vid användning av flygaska i mark- och vägbyggnad rekommenderas att regelmässigt anmäla detta till den kommunala miljömyndigheten. Anmälan upprättas i enlighet med miljöbalken och Förordningen om miljöfarlig verksamhet (SFS 1989:899). Som en del av anmälan ingår att utföra en miljöriskbedömning.

I denna handbok beskrivs närmare hur projektering (karaktärisering av råvara, dimensionering, utformning), utförande och kontroll kan utföras för konstruktion av grusvägar med flygaska.

1.3 Materialbeskrivning

Flygaska genereras i samband med förbränning för energiproduktion t ex för fjärrvärme-, el- och ångproduktion. Med flygaska avses i denna handbok antingen flygaska eller en rökgasreningsprodukt enligt SS187110 "Bestämning av asktyper" baserade på biobränsle och kol. Utmärkande för flygaskor är dess härdande egenskaper. Beroende på bland annat bränsle, typ av förbränning och lagring kommer materialets härdande egenskaper att variera. Materialspecifika faktorer som styr härdning är den specifika ytan, CaO och vattenkvot mm. Kornstorleksfördelning, se Figur 8, är av sekundär betydelse för att beskriva materialets egenskaper men kan användas för att ge en indikation på hur materialet har lagrats och därmed indirekt dess härdande egenskaper.



Figur 8: Exempel på kornstorleksfördelning hos torr- och våtlagrad flygaska.

Figure 8: Example of grain size distribution of flyash stored dry or wet.

Den aska som uppkommer hanteras i olika led från framställning av råvara och lagring, via tillverkning av produkt till utförande, se Figur 9.



Figur 9: Fr v; Uttag av råvara, tillverkning av produkt och utförande.

Figure 9: From left: Loading of rawmaterial, manufacturing and construction of road.

Råvara/lagring

Flygaskans sammansättning och egenskaper beror till stor del på hur den hanterats (bränsle, förbränningsteknik, lagring etc.). Den karaktäriseras bl a med avseende på dess kornstorleksfördelning, vattenkvot, härdande egenskaper och packningsegenskaper. Tillskott av vatten medför att egenskaperna förändras på grund av härdning. Våtlagrad flygaska (flygaska som har förvarats under en längre tid) har ofta sämre härdnings-, packningsegenskaper och grövre kornstorlekssammansättning samt lägre sluthållfasthet än den ursprungliga flygaskan. För att uppnå bäst härdningseffekt och minska behovet av bindemedel bör flygaskan därför vara torrlagrad.

Tillgång på råvara

Tillgång på råvara är en central aspekt för användning i mark- och vägbyggnad. De volymer som ”faller” vid förbränningsanläggningar under eldningssäsongen är mellan 100-tals ton till 1000-tals ton. För att identifiera volymer, tillgång över året och leverantörer av flygaska kan bl a följande stöd användas:

- Lokala förbränningsanläggningar.
- SGUs inventering (avser volymer > 1 000 ton)
<http://www.swedgeo.se/publikationer/ovrigt/pdf/SGU-rapport-031202.pdf>
- Databasen ALLASKA www.askprogrammet.com (primärt egenskaper och bränslen för olika askor)
- I regionala och/eller kommunala materialförsörjningsplaner kommer alternativa material i vissa fall att vara upptagna.

Tillverkning av produkt

Tillverkningen resulterar i en produkt. Produkten kan vara en blandning av råvara (flygaska), bindemedel och grus. Inblandning av bindemedel görs för att åstadkomma högre hållfasthet, bättre hållfasthetsutveckling och förbättrad frostbeständighet hos produkten. Bindemedlet kan t ex vara en annan flygaska, cement och/eller Merit. Tillverkning kan ske i en blandningsstation eller direkt i vägkonstruktionen.

Utförande

Vid utförandet genomförs momenten etablering av underlag, (tillverkning) och utläggning av produkt, packning, utläggning och packning av överliggande lager och kontroll för verifiering av utförandet.

2 PROJEKTERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

I detta kapitel beskrivs vilka materialparametrar som ska hanteras vid dimensionering. Det är viktigt att notera att flygaskor skiljer sig från gängse granulära material på en rad punkter, de är bl a hårdande, finkorniga och att deras permeabilitet är låg. Det är också viktigt att notera att flygaskans egenskaper förändras t ex under lagring och varierar vid tillverkning och utförande.

2.1 Miljöpåverkan

Nyttiggörande av flygaskor baserade på kol- och biobränslen sker regelmässigt på olika håll i Sverige. I Uppsala län är flygaska ett idag allmänt accepterat material för anläggningsändamål. Där har en generell miljökonsekvensbeskrivning tagits fram och en praxis etablerats. Praxis innebär att en anmälan upprättas, baserat på den generella miljökonsekvensbeskrivningen och tillställs miljömyndigheten för varje enskilt objekt som ska utföras, se exempel i Appendix till Bilaga 1-4. I andra län och kommuner sker platsspecifika miljöriskbedömningar från fall till fall. För skogsbilvägar som faller under skogsvårdslagen anges i 30 § vilken hänsyn som måste tas till natur- och kulturmiljön. Här framgår bland annat att skador på miljön ska undvikas eller begränsas.

Vid användning av flygaska i mark- och vägbyggnad rekommenderas att regelmässigt anmäla detta till den kommunala miljömyndigheten. Anmälan upprättas i enlighet med miljöbalken och Förordningen om miljöfarlig verksamhet (SFS 1989:899). Som en del av anmälan ingår att utföra en miljöriskbedömning.

Miljöriskbedömning

I samband med platsspecifika miljöriskbedömningar är det bland annat andelen oförbränt material i flygaskan, tungmetaller, Cesium (Ce^{137}) och salter som ska uppmärksammas. För information om enskilda flygaskors miljötekniska egenskaper hänvisas till materialleverantörer.

Produktens permeabilitet är normalt låg, men vid stor vattenbelastning kan viss flygaska i en konstruktion frigöra bl a salter som klorid och sulfat (Cl^- och SO_4^{2-}). En annan viktig aspekt är damning som föranleder åtgärder i form av skydd under lagring, bevattning under utförandet och användning av flygaskan under ett täckande slitlager.

Sammantaget gäller att föroreningsrisken förknippad med användning av biobränsle-baserade flygaskor som bär- och/eller förstärkningslager i grusvägar normalt kan betraktas som obetydlig eller ringa. Vid nyttiggörande av flygaska kan också ofta påvisas att uttag av naturresurser och energianvändning begränsas. Samtidigt gäller dock att en bedömning alltid ska göras.

Som stöd för miljöriskbedömningar finns bl a ”Miljöriktlinjer för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande”, Q4-238. I Vägledning för alternativa material i väg- och anläggningsbyggnad beskrivs också system för miljöriskbedömning, Vägverket (2005).

2.2 Materialkvalitet

I detta kapitel beskrivs materialegenskaper från råvaran till den färdiga produkten. Produkten kan alltså bestå av flygaska, blandat med eller utan grus respektive bindemedel. Ingående material i en produkt ska ha kända och dokumenterade egenskaper som har betydelse för dess användning.

För att optimera egenskaper, som t ex styvhet, frostbeständighet mm och minska behovet av flygaska kan bindemedel, som t ex cement eller Merit, användas. T ex kan en tillsats av cement ge ökad frostbeständighet och samtidigt minska behovet av flygaska i konstruktionen.

2.2.1 Egenskaper hos råvara (vid anläggning eller lager)

Flygaskan indelas i grupper baserat på primära (ska undersökas) och sekundära (bör undersökas) egenskaper, se Tabell 2. De primära egenskaperna erfordras för en gruppering av flygaskorna och bedömning av användbarhet. De sekundära egenskaperna erfordras bland annat för bedömning av hantering, transport och miljögeoteknik.

Tabell 2: Primära (ska) och sekundära (bör) egenskaper hos råvara.

Table 2: Primary and secondary properties of raw material.

Primära egenskaper (ska)	Enhet	Exempel	Metod
Lagring (ålder och tillsats av vatten)	Dygn	dagar	-
Tryckhållfasthet (28 dagar)* Råvara	kPa	100 – 10 000	SS-EN 17892-7:2004
Packningsegenskaper Optimal torrdensitet Optimal vattenkvot Packningsgrad etc.	ton/m ³ vikt % %	0,8 – 1,7 30 - 60 70 – 95	SS-EN 13286-2:2004
Frostbeständighet	-	0,4 – 1,0	SS-EN 14617-5:2005
Tjältest – segregationspotential	mm ² /Kh	0,1 – 0,5	TPPT-R07, Onninen (2007)
Vattenkvot	Vikt %	0 – 20	SIS-CEN ISO/TS 17892-1:2005
Porositet och portal	-	-	SS 027117
Skrymdensitet	ton/m ³	0,7 – 2	SIS-CEN ISO/TS 17892-2:2005
Korndensitet	ton/m ³	1,9 – 2,6	SS EN 1097-6

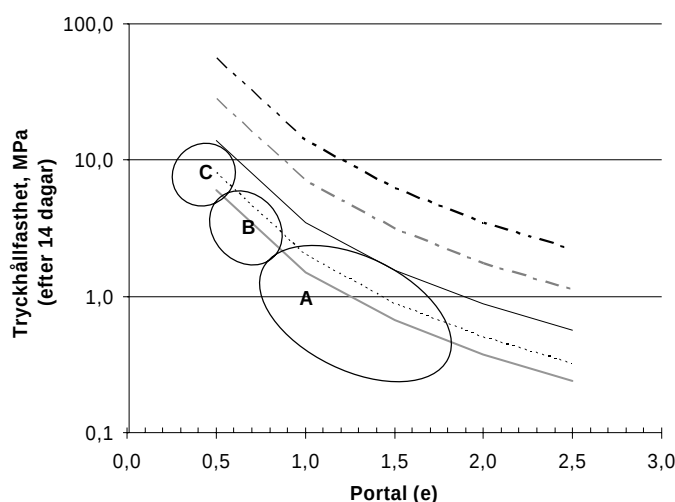
Sekundära egenskaper (bör)	Enhet	Exempel	Metod
Kornstorleksfördelning	-		SS-EN 933-1
Oförbränt	vikt %	0 - 10	SS 187187
Värmeutveckling	C-grader	0 - 100	SS-EN 196-8

* Notera att hållfastheten för många flygaskor tilltar även efter 28 dagar. Maximal hållfasthet mäts efter 90 – 200 dagar men för många flygaskor fortsätter hållfasthetsutvecklingen i flera år.

För enklare applikationer, t ex skogsbilvägar, eller i tidiga skeden kan ett sk muggprov användas för bedömning av en råvarans potential att användas med avseende på dess härdande egenskaper. Metoden finns beskriven i projekt Q4-231 och bygger på att flygaskor blandas med vatten och förvaras i plastmuggar. Hållfasthetsutvecklingen bedöms sedan genom att med handkraft klämma på muggarna vid olika tidpunkter.

2.2.2 Gruppering av råvara (vid anläggningen el lager)

Flygaskor kan delas in i olika grupper (A, B och C) efter dess tekniska egenskaper, se Figur 10 och Rapport 870. Det portal (förhållandet mellan porvolymen och den fasta fasen) som kan åstadkommas vid optimal packning varierar mellan olika flygaskor. Linjerna i Figur 10 visar att tillsats av bindemedel kan höja tryckhållfastheten avsevärt. Skjuvhållfasthet vid 90 % packningsgrad och tillhörande portal ska tas fram för att kunna gruppera flygaskorna.



Figur 10: Gruppering av flygaskor efter användningsområde, Källa: Rapport 870.

Figure 10: Flyash arranged after potential applications.

Väl utförd packning är central för att uppnå bästa möjliga hållfasthet hos slutprodukten, se vidare under kapitel 4 Utförande.

Grupp A

Flygaskor som tillhör grupp A är oftast våtlagrade (tex på deponi). En våtlagrad flygaska har under längre tid varit utsatt för vatten. Vattnet kan härstamma från processen, bevattning vid uttag för att minska damningsrisken och/eller från nederbörd. Även vissa torrlagrade flygaskor kan hänföras till denna grupp. I allmänhet har dessa flygaskor låg hållfasthet (< 1 MPa, 28 dygn) och frostbeständigheten hos materialet är i allmänhet $< 0,6$ (dvs. $\tau_{fu}(\text{frys-tining}) / \tau_{fu}(28) < 0,6$).

Vissa askor har långsam hållfasthetsutveckling och kan då ge sken av att ha dåliga egenskaper och tillhöra kategori A trots att de går utmärkt att använda givet att man följer deras hållfasthetsutveckling under längre tid. I annat är tillsats av bindemedel i form av torrlagrad flygaska, cement och/eller Merit en nödvändighet för att kunna nyttja material från grupp A i bär- och/eller förstärkningslager.

Grupp B

Flygaskor som tillhör grupp B är torrlagrade, men den process som flygaskan kommer ifrån ger inte höga hållfasthetsvärden ($1 - 3$ MPa, 28 dygn). Torrlagrade flygaskor förlorar snabbt sin härdningskapacitet vid tillsats av vatten och ska därför bevattnas i direkt samband med utförande. Hållfasthet och frostbeständighet kan höjas med hjälp av tillsats av bindemedel i form av annan flygaska, cement och/eller Merit. Vid frostbeständighet $< 0,6$ är tillsats av bindemedel i form av torrlagrad flygaska, cement och eller Merit nödvändig för att kunna nyttja materialet.

Grupp C

Flygaska som tillhör grupp C är torrlagrade, har höga hållfasthetsvärden (> 3 MPa, 28 dygn) och i vissa fall är beständig mot tjäle. Torrlagrade flygaskor förlorar snabbt sin hårdningskapacitet vid tillsats av vatten och ska därför bevattnas i direkt samband med utförande. Vid frostbeständighet $< 0,6$ (dvs. $\tau_{fu}(\text{frys-tining}) / \tau_{fu}(28) < 0,6$) är tillsats av bindemedel i form av torrlagrad flygaska, cement och eller Merit nödvändig för att kunna nyttja materialet.

2.2.3 Egenskaper hos produkten (vid tillverkningsstället)**Enbart flygaska**

Bestämning av egenskaper enligt Tabell 2. Så kallade ”bör” egenskaper enligt Tabell 3 ska också bestämmas tillsammans med vattenkvot hos levererat material.

För lager med enbart flygaska kan det idag göras en sammanställning av styvhetsmoduler som underlag för beräkningar av bärighet, se 2.3.1.1.

Egenskaper som erfordras för beräkning av tjällyftning hos konstruktionen som helhet, se kapitel 2.3.3 Tjäle.

För övriga produkter hänvisas idag till utredning i det enskilda fallet, baserat på laboratorieförsök enligt nedan.

Flygaska med bindemedel / flygaska (ev bindemedel) blandat med grus

Den slutliga produkten kan då bestå av flygaska med bindemedel, flygaska blandat med grus och eventuellt bindemedel. I laboratorium tas det fram viktiga egenskaper för produkten, se Tabell 3. Baserat på dessa kan sedan en dimensionering ske. Egenskaper som erfordras för beräkning av tjällyftning hos konstruktionen som helhet, se kapitel 2.3.3 Tjäle.

Tabell 3: Primära (ska) och sekundära (bör) egenskaper hos produkt

Table 3: Primary and secondary properties of rawmaterial.

Primära egenskaper (ska)	Enhet	Exempel	Metod
Tryckhållfasthet (28 dagar)*	kPa	100 – 10 000	SS-EN 17892-7:2004
Packningsegenskaper			
Optimal torrdensitet	ton/m ³	0,8 – 1,7	SS-EN 13286-2:2004
Optimal vattenkvot	vikt %	30 - 60	
Packningsgrad etc.	%	70 - 95	
Frostbeständighet	-	0,4 – 1,0	SS-EN 14617-5:2005
Tjältest – segregationspotential	mm ² /Kh	0,1 – 0,5	TPPT-R07, Onninen (2007)
Porositet och portal	-	-	SS 027117
Skrymdensitet	ton/m ³	0,7-1,8	SIS-CEN ISO/TS 17892-2:2005
Sekundära egenskaper (bör)	Enhet	Exempel	Metod
Permeabilitet vid optimal vattenkvot	m/s	$< 10^{-7}$	SIS CEN ISO/TS 17892-11:2005

*Notera att hållfastheten för många flygaskor tilltar även efter 28 dagar. Maximal hållfasthet mäts efter 90 – 200 dagar men för många flygaskor fortsätter hållfasthetsutvecklingen i flera år. Triaxialtest är förhållandevis dyrt och kommer liksom enaxiella försök också att erfordra verifiering i fält. Praxis bör därför vara att nyttja enaxiella test. Triaxialtest används främst i forskningssyfte.

2.2.3.1 Ingående material

För alla produkter som tillverkas av flygaska ska följande anges för ingående material, dvs bindemedel och ballast:

- Benämning, typ, ålder, vattenkvot kompletterad med
 - Information om miljötekniska egenskaper t ex i en byggvarudeklaration
 - Kornstorleksfördelning (för ballast benämning enligt SGF (1982))
- Förhållande mellan ingående material (% TS)

2.2.4 Klassificering av produkt

Produkten ska uppfylla krav på bärförmåga och beständighet för aktuell användning. Idag finns många tester av produkten utförda på laboratorium men få som verifierats i fält med långtidsobservation av funktionen hos konstruktionen.

Med kompletterande fallviktsundersökningar i fält och okulärbesiktning kan de slutliga bärighetsvärdena på färdig konstruktion och dess ingående komponenter korreleras till resultat från laboratorieförsök. Detta kommer då möjliggöra en indelning av produkten i olika klasser relaterade till olika användningsområden. Med tiden uppbyggd erfarenhet av korrelation mellan laboratorievärden och fältförsök kan fältdelen successivt minskas och begränsas. Syftet är att på ett enkelt sätt skaffa relevant indata (styvhetsmoduler) till dimensionering av överbyggnader.

2.3 Dimensioneringsförutsättningar

2.3.1 Bärighet

Bärighet definieras enligt ATB VÄG som ”Högsta last, enstaka eller ackumulerad, som kan accepteras med hänsyn till uppkomst av sprickor eller deformationer”. De två kriterier som finns för vägkonstruktioner är horisontell dragtöjning i underkant bitumenbunden beläggning och vertikal trycktöjning på terrassens yta.

Styvhetsmoduler

För att kunna dimensionera konstruktion, t ex med PMS Objekt (Vägverkets dimensioneringsprogram) behövs lagertjocklekar och styvhetsmoduler (styvhetsmoduler). Detta innebär att produkten behöver vara beskriven med avseende på sin styvhetsmodul. Styvhetsmodulen skall vara definierad för olika säsonger enligt ATB Väg då olika material har olika egenskaper beroende på fukttinnehåll, temperatur och frysegenskaper.

De existerande styvhetsmodulerna för andra material i ATB Väg (kapitel C4) är framtagna så att kravekvationerna har vägts mot det långsiktiga tillståndet på ytan och mot direkta mätningar med fallvikt i fält. Detta medför att andra produkter också bör definieras på samma sätt och gärna med en god koppling till laboratorietester (enaxiella / triaxiella). Resultaten från dylika försök kan sedan ställas i relation till befintliga material i ATB Väg. Med erfarenhet om sambandet mellan laboratorium, fältförsök och den långsiktiga hållbarheten för produkter för ett mindre antal projekt kan sedan generaliseringar göras för att med hjälp av enbart enaxiella tryckhållfasthetsförsök få en tillräcklig kunskap om produktens styvhetsmodul i konstruktioner.

2.3.1.1 Bär- och förstärkningslager

Enbart flygaska

För färsk flygaska visar erfarenheter att styvhetsmodulen varierar mellan 50 och 150 MPa. Normalt kan en styvhetsmodul på 80 MPa nyttjas för en torrlagrad flygaska. Om produkten nyttjats i konstruktionen längre kan styvhetsmodulen öka och variera mellan 150 och 350 MPa och ibland även upp mot 500 MPa på sikt. Detta medför att man beräkningsmässigt kan använda ett styvhetsvärde på 200 i dimensioneringen. I de fall ingen undersökning utförts avseende produktens styvhetsegenskaper för olika säsonger kan inledningsvis Tabell 4 användas.

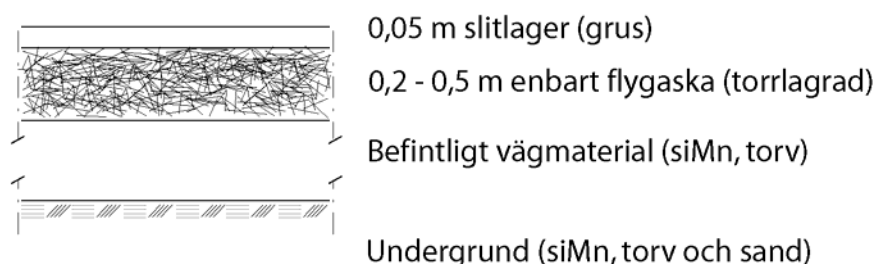
Tabell 4: Generella styvhetsmoduler för användning vid dimensionering. [MPa]

Table 4: General E-modulus for design. [MPa]

Tid från utförande	Vinter	Tjälvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
< 1 mån	1000	1000	20	35	80	80
> 1 år	1000	1000	45	90	200	200

Ovanstående moduler är att betrakta som indikationer eftersom varje material är unikt och bör testas enligt ovan för att kunna säkerställa en fullgod bärighet. Sammanställningen i Tabell 3 är konservativ och baseras på Finergy (1999) & Lahtinen P. (2001) och avser biobränslebaserade flygaskor. Vid genomförande av laboratorie- och/eller fält undersökningar kan normalt högre värden förväntas.

Speciellt årstidsvariationerna bör kartläggas genom fallviktsmätning eftersom variationen med temperatur och fukttinhåll i konstruktionen kan vara stor. I Figur 11 redovisas ett exempel på typsektion för en vägkonstruktion med enbart flygaska.

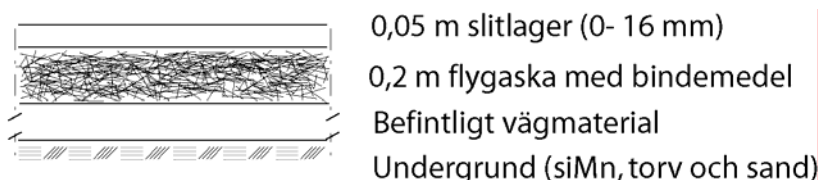


Figur 11: Principsektion skogsbilväg Norberg, (se även Bilaga 1-1).

Figure 11: Principle pavement structure of a forest road in Norberg (se Appendix 1-1).

Flygaska med bindemedel

Utifrån erfarenheter kan man generellt säga att man vid en god inblandning/stabilisering uppnår ungefär dubbelt så stora styvhetsmoduler (150 – 1 000 MPa) för flygaskor med bindemedel jämfört med flygaskor utan tillsats av bindemedel. Detta är en indikation och för dessa produkter, flygaskor med bindemedel, gäller dock att egenskaperna idag måste utredas i det enskilda fallet. I Figur 12 redovisas exempel på en typsektion för en vägkonstruktion med flygaska och bindemedel.



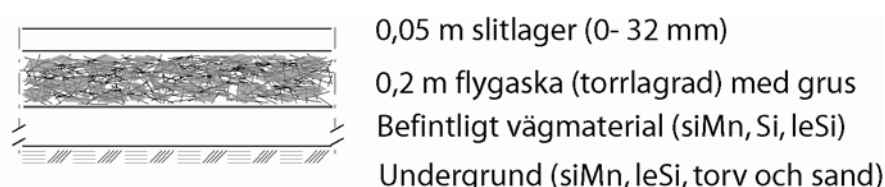
Figur 12: Principsektion grusväg Luopioinen, (se även Bilaga 1-5).

Figure 11: Principle pavement structure of a gravel road in Luopioinen (se Appendix 1-5).

Flygaska blandat med grus (ev bindemedel)

Vid underhåll av grusvägar ger en blandning av flygaska med bindemedel av cement och befintligt vägmateriel god frostbeständighet hos den produkt som tillverkas. Används enbart flygaska för att stabilisera befintligt vägmateriel kommer behovet av flygaska ofta att vara större jämfört om bindemedel nyttjas.

För dessa produkter, flygaskor (med eller utan bindemedel) blandade med grus, gäller att egenskaperna idag måste utredas i det enskilda fallet. Styvhetsmoduler för denna typ av produkt är enligt finska erfarenheter av storleksordningen 1 000 – 3 500 MPa. I Figur 13 och 14 redovisas exempel på typsektioner för utförda konstruktioner där flygaska blandats med grus.



Figur 13: Principsektion skogsbilväg Hallstavik och Börje, (se även Bilaga 1-2, 1-4).

Figure 13: Principle pavement structure of forest roads in Hallstavik and Börje (se Appendix 1-2, 1-4).

2.3.2 Mekanisk, kemisk nedbrytning

Produktens förmåga att motstå mekanisk (nötning) och kemisk nedbrytning skall påvisas. Idag finns enstaka konstruktioner där detta är verifierats med typprovning. Exempel på verifiering genom erfarenheter där konstruktioner med flygaska fungerat väl, se t ex Lahtinen (2001) och Bilagor.

2.3.3 Tjäle

Konstruktionen som helhet

Erfarenhetsmässigt visar att konstruktioner med flygaska i bär- och/eller förstärkningslager ökar vägens bärförmåga och beständighet. Det finns idag inga exempel på beräkningar som verifierats mot empiriska resultat (erfarenheter från fält).

En traditionell konstruktions isoleringsförmåga är betydligt lägre än en där flygaska används. Beräkningar indikerar att överbyggnad med 1 m mäktighet med flygaska motsvarar en traditionell överbyggnad med 1,8 m mäktighet. Lahtinen (2001).

Vid projektering där Vägverket är väghållare finns krav relaterade till största tillåtna tjällyftning, avsnitt A6.3 i ATB VÄG. Tjällyftningen kan verifieras med beräkning enligt VVMB 301. Denna metodbeskrivning kan användas för att beskriva storleksordningen men det är viktigt att beakta att verifiering mot resultat i fält kommer att erfordras. Följande egenskaper ska bestämmas för beräkning av tjällyftning.

- Vattenhalt
- Torrdensitet
- Porositet
- Vattenmättnadsgrad
- Max lyfthastighet
- Värmeledningsförmåga (ofrusen/frusen)

Produkten

Produkter baserat på flygaska (med eller utan bindemedel) ger i sig inte normalt upphov till tjällyftning. Vid blandning av flygaska (med eller utan bindemedel) med grus måste detta dock bedömas särskilt.

Finska erfarenheter gör gällande att minsta erforderliga frostbeständighet erhålls där kvoten är 0,6 och att god frostbeständighet erhålls vid kvoten 0,8 – 1. Dvs kvoten mellan skjuvhållfastheten i fruset respektive ofruset tillstånd, se Tabell 2 och 3.

Vidare gäller att vid tjältest är den sk segregationspotentialen SPo 0,1 – 0,2 hos en mycket bra flygaska. En flygaska med $SPo < 0,5$ är erfarenhetsmässigt lämplig att använda i bär- och förstärkningslager. När SPo närmar sig 1 är flygaskans egenskaper sämre.

2.4 Konstruktiv utformning

Konstruktion ska utformas så att ojämna tjällyftningar inte uppstår. Vid breddning av väg, underhåll och bärighetsförbättring skall särskild vikt läggas vid att tillse att tjällyftningar i sidled på breddad och åtgärdad del kontra befintlig del, inte skiljer sig åt.

Tillgodose god avvattning

Vatten som kan perkolera och ansamlas i en konstruktion påverkar både miljö- och tekniska egenskaper. För att reducera mängden vatten ska terrass, ingående lager och terrass förläggas i tydlig lutning så att avrinning underlättas. Särskild vikt skall läggas vid utformning av:

- utspetsningar vid övergång mellan sträckor med olika tjällyftning
- eventuella anslutningar till broar, tunnlar, trummor och ledningar

Använd alltid produkten över grundvatten ytan med god marginal och tillgodose god avvattning av konstruktionen.

Beakta påverka på angränsande konstruktionsdelar

Produktens förhållandevis höga konduktivitet, jämför t ex krossad betong eller hyttsten, kan leda till korrosion på utrustning. Därför undviks installation av väg- eller banutrustning i anslutning till produkten.

Vid förbättrings- och underhållsåtgärder ska befintliga vägkanter ”dras in” till sin ursprungliga position, se även Figur 14 & 15 i kapitel 4.

Tillverkning

Tillverkning av produkten sker antingen direkt i vägen eller med hjälp av en mobil/stationär anläggning som blandar material som sedan läggs ut. I fallet med blandning i en mobil/stationär anläggning kan blandning normalt ske med större precision vad gäller blandningsförhållanden och vattenkvot.

Vid blandning med grus kan i vissa fall befintligt grusmaterial från den aktuella sträckan nyttjas. Nackdelen med ett sådant förfarande är blandningsförhållandet och vattenkvoten är svåra att styra. Samt att kvaliteten på det befintliga materialet i väglinjen kan variera stort.

Minsta lagertjocklek

Produktens lagertjocklek bör inte understiga 100 mm.

En överbyggnad med ett lager av produkten ska alltid överlagras av ett lager krossmaterial till exempel ett slitlager med avseende på damning.

2.4.1 Arbetsmiljö

Råvaran, bindemedel och ballast påverkar arbetsmiljön i olika skeden från generering av råvaran, förvaring, tillverkning och utförande nedan redogörs för några aspekter.

Damning

Torr produkt dammar vilket ska beaktas vid hantering. Produkten bör därför vid utläggning ha optimal vattenkvot, vilket motsvarar 30 – 60 % vatten. I och med detta reduceras damning. Det ska beaktas att produkten kan torka upp snabbt och ge upphov till damningsproblematik vid vind eller trafiköverfarter. Produkt ska skyndsamt täckas med slitlager eller motsvarande för att minska risken för damning.

Ögon

Flygaska består av finmaterial med innehåll av osläckt kalk. Nödanordning för ögonsköljning ska finnas på arbetsplatsen.

Bindemedel och ballast

Hänsyn ska vidtas vid hantering av ingående bindemedel (cement, Merit) och ballast, se bl a byggvarudeklarationer och ev anvisningar för hantering av material.

3 REDOVISNING I BYGGHANDLING

På arbetsritningar för konstruktioner ska förutom sedvanlig redovisning (ritningar etc) anges följande:

- o Ingående material
- o Hänvisning till
 - o utförd miljöbedömning
 - o utförd dimensionering
 - o denna handbok

4 UTFÖRANDE

Hantering av produkter baserade på flygaska skiljer sig från den gängse hanteringen av traditionella material som sand och grus. Detta gäller framför allt med avseende på aspekter som hållfasthetsutveckling, damning, högt pH och hög konduktivitet samt känslighet för klimat, t ex nederbörd eller översvämning, kyla. Därför ska involverade i utförandet informeras och operatörer inskolas.

Uppläggning av flygaska

Vid eventuell uppläggning av flygaska i anslutning till objektet ska dessa skyddas mot nederbörd. Ett minimikrav är att lägga flygaska i ”stackar” med branta sidor som underlättar ytavrinning.

Uppläggning på fruset underlag bör ej utföras. I det fall uppläggning på fruset underlag blir aktuell ska detta vara beaktat inför användningen av flygaskan.

Damning

Det blir begränsad damning av fuktiga askor vid utläggning, men om ytor belastas med trafik innan man får på någon form av täckning (slitlager) sker damning. Detta blir ett större problem sommartid då sol och vind torkar upp ytor med flygaska. Bevattning av ytor ger enbart kortfristig minskning av damningen. Ytor med flygaska ska därför täckas med annat lager så fort den nått rätt nivå täckas eller om vägen/plan skall användas för transporter under byggtiden, grusas av.

Materialet fastnar lätt på maskiner och utrustning och kan vara svår att avlägsna. Det är därför viktigt med regelbunden rengöring.

Terrassering / etablering av yta

Terrassering ska utföras så att tvärfall erhålls map avvattning. Vatten ska ej tillåtas bli ”stående” i konstruktionen.

En central åtgärd vid förbättrings- och underhållsåtgärder är att vid hyvling ”kantskära och dra in kanter”, se Figur 14 & 15. Målsättningen med denna åtgärd är att förbättra avvattningen av vägkonstruktionen.



Figur 14 & 15: Indragning av kanter, central åtgärd vid förstärknings- och underhållsarbeten av grusvägar, för att förbättra avvattning av konstruktionen.

Figure 14 & 15: Arrangements to provide good dewatering, for example using dikes, of gravel roads.

Utläggning och packning

Produkten läggs ut på vägen eventuellt spill i slänter, dike mm ska omhändertas.

Produkt eller material bör ej läggas på fruset underlag alternativt inte utsättas för minusgrader under de 7 första dygnet efter utförandet.

Packning är mycket viktig för att erhålla bästa egenskaper hos konstruktionen såväl som hos lager med flygaska. En väl avvägd vattenkvot hos produkten är central för att åstadkomma en hög packningsgrad.

För packning rekommenderas ett stegvist förfarande baserat på finska erfarenheter. Efter utläggning av produkt sker packning (utan vibration) med 2 överfarter följt av packning 3-4 överfarter med vibrationsvält. Efter utläggning av överliggande gruslager, ≤ 50 mm, utförs ytterligare packning med vibrationsvält 3-4 överfarter. Packning ska ske till packningsgrad av minst 92 %. För lagertjocklekar se 4.1 och 4.2 nedan. Antalet överfarter kan ökas om kontroll av bärighet på ytan inte resulterar i erforderliga resultat.

Under torra och varma väderleksförhållanden behöver vägen normalt bevattnas (efter installation av slitlager) för att nå optimal hållfasthetsutveckling.

Slitlager påförs omedelbart och successivt efter att färdig nivå nåtts alternativt så avgrusas etablerade ytor. Detta för att reducera damning och erhålla en fastläggning av grusmaterial i produkter med flygaska.

Kallt klimat

Erfarenheter från Uppsala (se Bilaga 1-4) visar att arbeten även kan utföras för enklare grusvägar under kallare klimat. En sådant utförande tillför dock problematik som måste beaktas. Vid tillverkning av produkt kan t ex ångbildning ske som försvårar eller omöjliggör hantering. Vid utförandet leder kall väderlek till att hållfasthetsutvecklingen fördröjs vilket i sin tur gör att vägens tillgänglighet och framkomlighet begränsas under den första tiden.

4.1 Enbart flygaska

Tillverkning av produkt kan ske nära arbetsplatsen, t ex med blandningsstation, se exempel i HEMAB (2002). Alternativt så appliceras produkten direkt i vägen, se exempel i Bilaga 1-1.

Produkten, med eller utan bindemedel, läggs ut på terrass.

Packning utförs i lager med mellan 100 - 200 mm tjocklek.

4.2 Flygaska blandat med grus

Tillverkning av produkt kan ske nära arbetsplatsen, t ex med blandningsstation eller med hjullastare (se Bilaga 1-4). Alternativt så tillverkas produkten direkt i vägen genom att flygaska (med eller utan bindemedel) blandas med grus, se Figur 16. Grusmaterialet kan utgöras av befintligt vägmaterial eller material från täkt.



Figur 16: Blandning av flygaska med befintligt vägmaterial genom infräsning.
Figure 16: Manufacturing of flyash mixed with base- and subbase coarse.

Packning utförs i lager med mellan 100 - 200 mm tjocklek.

4.3 Kontroll av utförande

Kontroll av ingående material och packning är central för att åstadkomma en bra produkt och en god funktion hos konstruktionen. Nedan föreslås ett antal punkter som bör ingå i ett kontrollprogram:

- Information / arbetsberedning
- Arbetsmiljö
- Undergrund, nederbörd och temperatur
- Inblandning,
 - Ingående material (förhållande TS)
 - Vattenkvot hos ingående material
 - Vattenkvot hos tillverkad produkt
- Nivåer utlagda skikt
- Packningsarbete
- Nivåer färdiga skikt
- Utläggning av överliggande lager
- Bevattning

5 DRIFT- OCH UNDERHÅLL

Finska erfarenheter indikerar ett minskat drift- och underhållsbehov relativt traditionella lösningar för grusvägar.

Behov av dammbindning

Som en följd av att bär- och förstärkningslagret bl a har en lägre permeabilitet indikerar finska erfarenheter att en grusväg med produkt av flygaska kommer att damma något mer jämfört en konventionell lösning till följd av att slitlagret blir ”torrare”. Mer om dammbindning se ”Grus under maskineriet”, Svenska kommunförbundet (2003).

Slitlager ska underhållas regelbundet för att minska risk för damning.

6 ÅTERBRUK, DEPONERING ELLER ÖVERLÅTELSE

En bedömning av hur produkten ska hanteras efter bruksskedet görs i det enskilda projektet. Som stöd för en sådan bedömning kan "Miljöriktlinjer för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande" användas, se projekt Q4-238.

Återbruk

Produkten kan normalt inte återbrukas i samma funktion.

Återvinning

Produkten är lätt att ta fram och särskilja från omgivande material. Produkten kan normalt krossas och användas som ballast eller fyllnadsmaterial.

Deponering

Produkten kan deponeras i fraktion som jord, sten eller block.

Notera att produkten är härdad och kan behöva brytas upp med kraftig utrustning.

Överlåtelse

Det rekommenderas att användningen av produkter bör dokumenteras inför en eventuell framtida överlåtelse av väg.

7 KVALITETSKRAV OCH KONTROLL

Kvalitetskrav och kontroll syftar i detta kapitel primärt på att säkerställa att erforderlig funktion erhålls på konstruktionen som helhet. Det vill säga vad avnämaren bör kontrollera med avseende på ingående material, produkt och projektering samt utförande. Kraven avser grusvägar i allmänhet och kan i praktiken också tillämpas för skogsbilvägar. Det är utförarens uppgift att säkerställa att momenten i utförandet kvalitetssäkras så att en god slutprodukt erhålls vilket i sin tur kan kontrolleras av avnämaren. I Tabell 5 redovisas en schematisk skiss över kvalitets- och kontrollkrav.

Tabell 5: Schematisk skiss över kvalitets- och kontrollkrav.

Table 5: Principle for quality assurance and corresponding controll.

Aktör	Moment	Egenskaper	Dokument
Materialleverantör	Ingående material	Miljö/Teknik	Byggvarudeklaration Analys av befintligt grusmaterial
Konsult	Projektering	Miljöbedömning Dimensionering	Anmälan Bygghandling
Utförare	Kontroll av utförande	Se kap 4.	Kvalitetsplan
Utförare/avnämaren	Verifiering av utförande	Blandning Bärighet Nivå	Relationshandling

7.1 Kontroll av utförande

Se kapitel 4.3.

7.2 Verifiering av utförande

Produkten indelas i egna kontrollobjekt och ska alltid kontrolleras avseende nivå och bärighet, se Tabell 6. Ett kontrollobjekt enligt ATB Väg är normalt minst av storleken ca 400 m väg.

Tabell 6: Exempel på kontroll för verifiering av utförande.

Table 6: Example of methods for verification of properties.

Verifiering	Metod
Blandning	Kontroll mot kvalitetsplan
Bärighet	Fallviktsmätning Uttag av provkroppar
Nivå	Lagertjocklek, linjal Jämnhet med rätskiva Tvärfall med rätskiva och lutningsmätare

7.2.1 Dokumentation

Dokumentation ska göras i form av en relationshandling bl a innefattande resultat från kontroll och verifiering av utförande.

8 REFERENSER OCH HÄNVISNINGAR

Lagar och föreskrifter

SFS 1998:808 Miljöbalk

SFS 1979:429 Skogsvårdslag

SFS 1989:899 Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd

Publikationer och skrifter

Vägverket (2005): *Vägledning för alternativa material i väg- och anläggningsbyggnad*. Pågående projekt som planeras avrapporteras under våren 2006. Kontaktperson Åsa Lindgren, Vägverket, Yvonne Rogbeck SGI (013-201800) eller Bo Svedberg Ecoloop AB (08-4427760).

Tekniska beskrivningar

ATB Väg 2004 Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion, Vägverket.

APB Anvisningar för projektering och byggande av skogsbilväg klass III och IV, Skogsvårdsstyrelsen.

Metodbeskrivningar

VVMB 112:1998 "Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat", Vägverket Publikation 1998:80

VVMB 114:2000 "Bearbetning av deflektionsdata, erhållna vid provbelastning med fallviktsapparat", Vägverket Publikation 2000:29

VVMB 606, "Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning"

VVMB 301, "Beräkning av tjällyftning", Vägverket. Publikation 2001:101

"Provningsmetoder alternativa material", Vägverket Publikation 2001:34

SGF (1982): Jordarters indelning och benämning, Svenska geotekniska föreningen, SGF och Byggeforskningsrådet, T21:1982.

Värmeforsk

Rapport 870: Mácsik J., Svedberg B., Lenströmer S., Nilsson T. (2004): *FACE, Flygaska i geotekniska anläggningar, Etapp 1: Inventering/Tillämplighet*. Värmeforsks rapportserie Q4-107, Miljöriktig användning av askor, nr 870.

Rapport 879: Håkansson K., Wik O., Bendz D., Helgesson H., Lind B. (2004): *Miljöriktlinjer för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande- del 1*. Värmeforsk rapportserie Q4-104, Miljöriktig användning av askor, nr 879.

Rapport 915: Lahtinen P., Maijala A., Mácsik J., (2005): *Produkter baserade på blandningar av fiberslam (fiberaskor) för vägbyggande*. Värmeforsks rapportserie Q4-228, Miljöriktig användning av askor, nr 915.

Rapport 918: Lahtinen P., Jyrävä H., Maijala A., Mácsik J., (2005). *Flygaskor som bindemedel för stabilisering av grusmaterial*. Värmeforsks rapportserie Q4-275, Miljöriktig användning av askor, nr 918.

Pågående projekt inom Värmeforsks askprogram, se www.askprogrammet.com

Q4-229: *Flygaska som förstärkningslager i väg*. Värmeforsk Service AB Stockholm.

Q4-231: *Styrd utlakning ur bioaska som sprids i skogsmark*. Värmeforsk Service AB Stockholm.

Q4-237: *Pilotförsök med flygaskastabiliserat avloppsslam (FSA) som tätskikt*. Värmeforsk Service AB Stockholm.

Q4-238: *Miljöriktlinjer för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande*. Värmeforsk Service AB Stockholm.

Q4-258: *Askanvändning i deponier*. Värmeforsk Service AB Stockholm.

Q4-285: *Skogsbilvägsrenovering av Ehnsjövägen, Hallstavik*. Värmeforsk Service AB Stockholm.

Fördjupningslitteratur

BYKR (2005): *Mall för byggvarudeklaration*.

http://www.kretsloppsradet.se/Projekt_och_skrifter.asp#byggvarudekl, 2005.

EFO Energiaskor (1998): *Energiaskor för väg- och anläggningsändamål, miljöaspekter*. Oktober 1998.

Finergy. (1999): *Tuhkarakentamisohje. Tie, katu- ja kenttärakenteisiin. Osa A: Materiaalit. Osa B: Suunnittelu. Osa C: Rakentaminen*. Tuhkat hyötykäyttöön- projekti.

Forssblad L.(1987): *Packning av jord- och bergmaterial*. AB Svensk Byggtjänst. Kristanstad.

Havukainen J.K. (2003): *More than 20 years' experience of coal ash utilization in Helsinki*.

HEMAB (2003): *Askblandningar i anläggningsprocesser (etapp 2)*.

<http://www.projektbanken.z.lst.se/rapporter/Fil-200344102553.pdf>.

Hjalmarsson AK., Bjurström H., Sedendahl K. (1999): *Handbok för restprodukter från förbränning*. Fjärrvärmeföreningen, ÅF- Energikonsult AB.

Lahtinen P. (2001): *Fly ash mixtures as flexible structural materials for low-volume roads*. Finnra Reports 70/2001.

Onninen H (1999): Method description, TPPT-R07, Frost heave test, thaw compression test. Draft 31-10-1999. VTT Communities and Infrastructure. <http://www.tkk.fi/Yksikot/Osastot/R/Pohja/TC8/R07-routanousukoe1.htm>

Svedberg B. (2003): *Miljögeotekniskt bedömningssystem, - Applikation på väg- och järnvägsbyggnadsmaterial*. Luleå tekniska universitet, 2003:46, ISSN:1402-1757, ISRN: LTU-LIC—03/46—SE.

Svenska Geotekniska Föreningen. (2003): *Att bygga med avfall. Miljörättsliga möjligheter och begränsningar för återvinning av avfall i anläggningsändamål*. Rapport 1:2003.

Svenska Kommunförbundet (2003): *Grus under maskineriet*. Svenska kommunförbundet, Stockholm – Hammarby, ISBN 91-7289-190-4.

Skogsbilväg, Norberg

Flygaska som bär- och förstärkningslager



1 UNDERHÅLL AV SKOGSBILVÄG

Under hösten 2003 användes flygaska som bär- och förstärkningslager vid underhållsarbeten av Stensjövägen i Norberg. Projektet utfördes i Stora Enso Fors AB:s regi och ingår som pilotstudie i Värmforsprojektet *”Flygaska som förstärkningslager i väg”*, Q4-229. Syftet var att använda enbart flygaska i ett lager och studera utläggningsarbeten i full skala, uppskatta ekonomiska effekter och påbörja ett kontrollprogram. I arbetet utfördes också en miljögeoteknisk bedömning av flygaskan som nyttjades i projektet.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Plats

Projektet skedde strax utanför Norberg, Västmanlands län, ca 1 200 m från korsningen Stensjövägen/väg 270. En 60 m lång sträcka med flygaska som bär och förstärkningslager samt en ca 80 m lång referenssträcka renoverades. Referenssträckan renoverades enbart genom att grusmaterial lagdes ut över sträckan.

2.2 Omgivning/undergrund

Undergrunden på den aktuella sträckan är sandig siltig morän och klassificeras enligt Vägverkets ATB VÄG 2004 som mycket tjällyftande jordart. Den befintliga vägen bedömdes ha dålig bärighet under tjällossningsperioden. Omgivningen består av skogsmark. Askskiktet installeras i den omättade zonen, dvs. över grundvattenytan.

2.3 Trafiklast/klimat

Vägen är en skogsbilväg och under hösten 2004 åkte ca 90 timmerlastbilar på sträckan. Enligt Vägverkets ATB VÄG 2004 så ligger Stensjövägen i klimatzon 3.

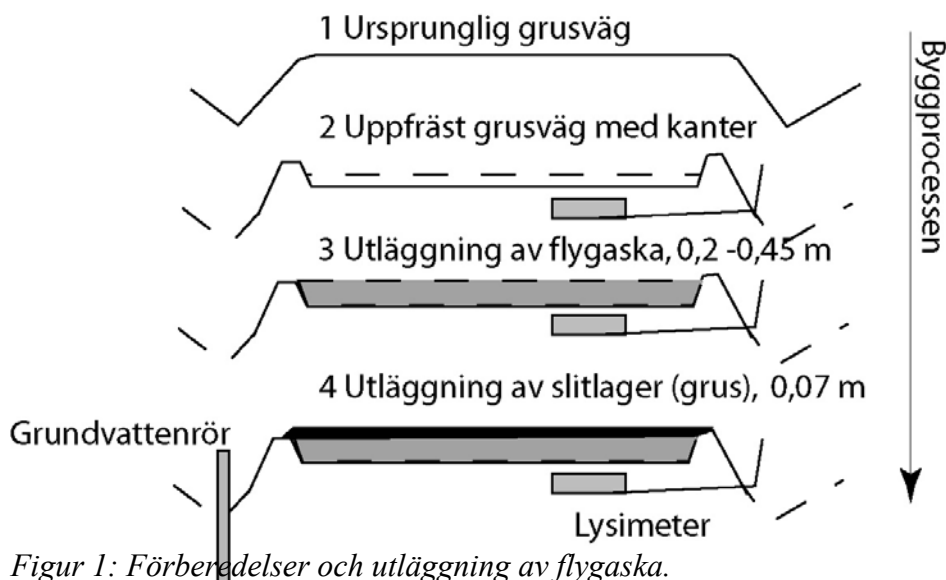
2.4 Material

Vid renoveringsarbetet nyttjades flygaska från Stora Enso Fors AB. Flygaskan eldas i en CFB-panna och bränslet är bark, flis, pellets och en mindre del slam med innehåll av lera och krita. Andelen oförbränt är mindre än enstaka procent av TS.

3 KONSTRUKTION

3.1 Utformning / Dimensionering

Flygaska med en optimal vattenkvot användes i ett 0,3-0,4 m skikt som bär och förstärkningslager. Renovering av grusvägen skedde enligt följande schematiska beskrivning, Figur 1.



Figur 1: Förberedelser och utläggning av flygaska.

3.2 Miljö

En anmälan, enligt miljöbalken och SFS 1998:899, upprättades och godkändes av Norbergs kommun.

4 UTFÖRANDE

Underhållsarbetet påbörjades med terrassering med traktorgrävare. Därefter påfördes flygaska som omedelbart jämnades av med traktorgrävare Figur 2a och 2b. Vatten tillsattes vid uttag för att erhålla optimal vattenkvot och transporterades sedan till vägen inom enstaka timmar och användes direkt.

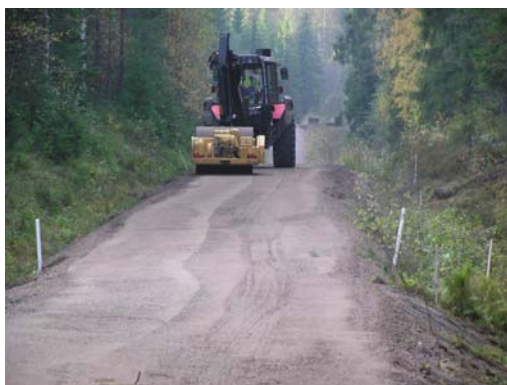


Figur 2a: Utläggning av flygaska



Figur 2b: Avjämning med skopa

Utlägningsarbetet upprepades för varje lass flygaska. Tjockleken på skiktet med flygaska var mellan ca 0,3 till 0,45 m. När all flygaska var utlagd och utjämnad med traktorgrävaren, kopplades en vibrovält på traktorn, Figur 3a. Traktorn körde två gånger på sidorna och 4 gånger i mitten med vibrovälten, dock utan påslagen vibration eftersom detta minskade risken för uppluckring av flygaskan. Den packade flygaskan bomberades sedan i syfte att underlätta avrinning av nederbördsvatten. Sist lades det ut slitlager (grus) över försöks- och referenssträckorna, den färdiga vägen kan ses i Figur 3b. Totalt har grus från två lastbilar med släp tippats ut på vägen och totalt levererades 96 m³ flygaska vid renoveringsarbetet. Slutligen packades sträckan med vibrovält. Efter att gruset har lagts på, packades även vägslänterna. Därefter hyvlas vägen åter för att få ett jämnt gruslager på vägsträckan. Gruslagret blev ca 0,07 m tjockt.



Figur 3a: Packning med vibrovält



Figur 3b: Färdig väg

5 ERFARENHETER

5.1 Utförande

Erfarenheter från projektet visar att det fungerar väl att hyvla vägen, lägga ut askan och packa den. Detta fungerade där det fanns tillräckligt mycket befintligt vägmateriäl att hyvla upp. Avsaknad av befintligt vägmateriäl medför att metodiken inte är tillämplbar. På vägsträckan i Norberg fungerade dock utläggningsmetoden.

5.2 Drift & underhåll

5.2.1 Bärighet

Erfarenheter från provsträckan indikerar att härdning och trafiklast kan med tiden kompensera sämre packningsgrad. Störst negativ påverkan under våren sker i pga av dålig dränering/dikning. Resultaten indikerar att med fungerande vägdiken kan bra bärighet uppnås. Projektet visar att flygaska ger bra bärighet under höstperioderna men under tjällossningsperioden reducerades vägens bärighet dock i mindre utsträckning än för referenssträckor utförda på konventionellt vis. Vägens bärighet hade troligen kunnat förbättras ytterligare givet att en bättre avvattningsgenom terrassen.

5.2.2 Miljö

Konstruktionen med invallning har den fördelen att flygaskan inte sprids utanför vägen, bl.a. i vägdiket. Nackdelen var att invallningen har visat sig vara förhållandevis tät, vilket ledde till att vatten som har infiltrerat genom flygaskan inte kunde rinna vidare ner i marken utan följde vägens lutning i längdled. Vattenansamling ca 65 – 75 m från sträckans start medförde att vägkroppens vattenkvot blev hög. Ansamlingen av vatten i vägkroppen har lett till två negativa effekter, nämligen att:

- Vägens bärighet minskade, genom frostsprängning samt att härdning inte kunde komma igång i vattendränkt tillstånd
- Utlakning från flygaskan ökade, vilket har lett till att lösliga ämnen som Na, K sulfat får en större spridning.

Flygaskornas halter av As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni och Zn är något förhöjda, men lakförsök visar att urlakningen av dessa ämnen är marginell från askorna. Urlakningen av de så kallade miljöbelastande ämnena är låga

6 AKTÖRER

Beställare/Avnämare: Stora Enso Fors AB

Konsult: Ramböll Sverige

Entreprenör: Lokal anlitad av Stora Enso Fors AB

Materialleverantör: Stora Enso Fors AB

Övriga medverkande: Ecoloop

Kontaktperson: Josef Mácsik Ecoloop AB, 08-442 77 60, josef.macsik@ecolooop.se

Skogsbilväg, Hallstavik Flygaska blandat med grus (krossat berg) Bär- och förstärkningslager



1 UNDERHÅLL AV SKOGBILVÄG

Det finns stora problem beträffande bärigheten på sträckor vid bl a Holmen Papers skogsbilvägar. Många vägar stängs av under tjällossningen p g a den dåliga bärigheten längs vissa sträckor. Genom att nyttja flygaska vid dessa "problemsträckor" kan tjälskadorna minimeras. Underhållsbehoven minskar därmed samtidigt som vägarna kan hållas öppna under tjällossningen. Att göra vägarna tillgängliga året om på traditionellt sätt, genom t. ex. urgrävning av tjälfarliga material, leder till höga kostnader och användning av naturresurser som sand och grus.

Under hösten 2004 genomfördes ett projekt där flygaska användes tillsammans med grus vid underhållsarbeten av en skogsbilväg, se projekt Q4-285. Ehnsjövägen var en befintlig en skogsbilväg med låg standard, se Figur 1. Sträckan är ca 1 300 m lång och innehåller en 50 m lång referenssektion utförd på traditionellt sätt.



Figur 1: Ehnsjövägen före renovering

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Plats

Ehnsjövägen är en mindre skogsbilväg som ligger norr om Hallstavik, Stockholms län, och på östra sidan av sjön Edeboviken. Vägen går till en slamdamm och omgivningen består av skogsmark. Den aktuella provsträckan som är ca 1 300 m lång ägs av Holmens Bruk AB.

2.2 Omgivning/undergrund

Enligt SGU:s jordartskarta 12 J Grisslehamn SV består jordlagren längs vägsträckan till större del av morän som är stenig. Det förekommer även lera. Berg i dagen är tämligen vanligt i området. Grundvattenytan ligger ca 0,5 m under terrassen.

2.3 Trafiklast/ klimat

Under 2005 kommer skog att avverkas och köras ut via Ehnsjövägen. Enligt Vägverkets ATB VÄG 2004 ligger Ehnsjövägen i klimatzon 2.

2.4 Material

Flygaskan som användes var från Hallsta pappersbruk (Holmen Paper), se Figur 2. Flygaskan kommer från A-pannan (BFB) och bränslet var avloppsslam och returpappersslam. I projektet användes torrlagrad flygaska med en vattenkvot på ca 20 %.

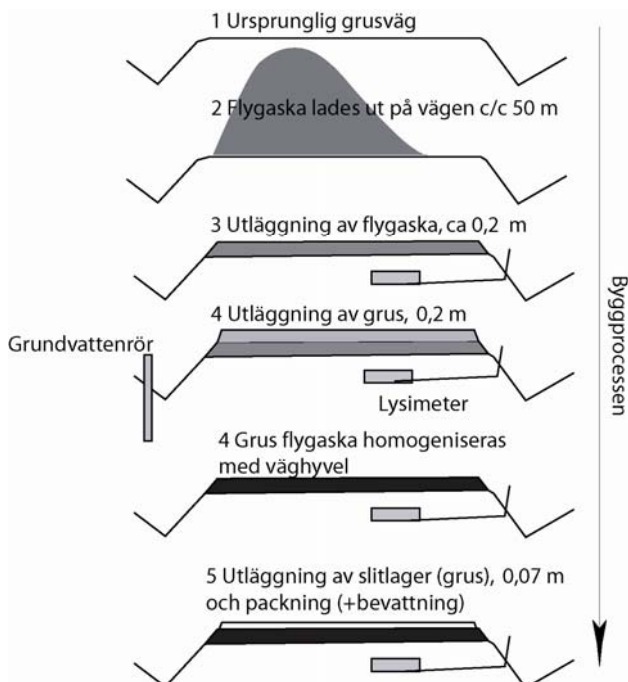


Figur 2: Flygaska från Hallsta pappersbruk

3 KONSTRUKTION

3.1 Utformning/Dimensionering

Vägen utformades med ett 0,2 m tjockt bär- och förstärkningslager av flygaska och grus (krossat berg). Blandningförhållandet som valdes var 30 % flygaska och 70 % grus (TS). Detta förhållande valdes baserat på laboratorieundersökning utförd av Ramböll Finland. Renoveringen av skogsbilvägen skedde enligt följande schematiska beskrivning, Figur 3:



Figur 3: Förberedelser och byggnation av skogsbilväg.

3.2 Miljö

En anmälan upprättades enligt miljöbalken och SFS 1998:899 till Norrtälje kommun.

4 UTFÖRANDE

De ursprungliga planerna var att återanvända befintligt grusmaterial från vägen men det visade sig att den hade ojämn och dålig kvalitet. Därför beslutades under projektets gång att grus från en bergtäkt skulle användas. Grusmaterialets granulometriska sammansättning och vattenkvot undersöktes på Luleå tekniska universitets geotekniska laboratorium.

Två olika metodiker utfördes vad gäller utläggning av flygaska. Halva vägsträckan lades det ut flygaska först, följt av grusmaterial. På den andra halvan av sträckan lades grusmaterialet ut först, följt av flygaska. I det fallet där flygaskan lades ut först, lades flygaskan ut på vägsträckan, med ca 10 ton per lass. Avståndet mellan utlastningsplatserna var mellan 20 – 30 m, se Figur 4.



Figur 4: Flygaskan utlagd i högar med ca 20 – 30 m mellanrum.

Därefter jämnades stackarna med flygaska av över vägytan med grävmaskin, Figur 5a, för att slutligen jämnas ut med en väghyvel i ca 0,2 m skikt. Därefter påfördes grus vartefter flygaska och grus blandades med väghyvel, Figur 5b. Blandningen bedömdes vara homogen.



Figur 5a: Utläggning av flygaska



Figur 5b: Färdig blandning av flygaska och grus.

På de sträckor där grusmaterialet lades ut först, följt av flygaska, kördes flygaskan ut med grusbil och lades ut i ca 0,2 m skikttjocklek, Figur 6. Därefter blandades flygaska och grus med väghyvel. Utlägningsarbetet på dessa sträckor gick avsevärt snabbare i och med att flygaskan lades ut direkt i "rätt" skikttjocklek.

För att höja blandningens vattenkvot till ca 12 – 15 %, som är materialets optimala vattenkvot, bevattnades vägen innan materialet packades med vibrovält över hela sträckan, Figur 7. Mängden flygaska som har nyttjats på hela sträckan är 350 ton inklusive ca 28 m³ vatten. Slutligen påfördes ett slitlager av grus, se Figur 8.



Figur 6: Utläggning av flygaska



Figur 7: Packning med vibrovält



Figur 8: Slitlager av grus påförs.

5 ERFARENHETER

5.1 Utförande

Fältförsöket visar att utläggning av grusmaterial, följt av utläggning av flygaska i skikt är effektivare än utläggning av flygaska i stackar. Detta förutsätter dock att det finns kontinuerlig tillgång till flygaska antingen från fabrik eller från lager.

5.2 Drift & underhåll

5.2.1 Bärighet

Resultat av utförda fallviktsmätningar kommer att utvärderas under hösten 2005.

5.2.1 Miljö

Laboratorieundersökningen indikerar att det stabiliserade grusmaterialets halter av metaller ligger inom det intervall som naturlig jord. Vissa metaller som koppar och nickel lakas ut mer från det stabiliserade gruset, medan grusmaterialet lakar mer aluminium, bly, zink och arsenik. Kompletterande analys av vatten från lysimetrarna samt analys av grund- och ytvatten kommer att utföras under hösten 2005. Resultaten indikerar att det flygaskastabiliserade grusmaterialets genomsläpplighet i konstruktionen ligger mellan några liter till ca 20 mm/m² och år. Metallhalterna i grund och ytvattnet, samt i vatten uppsamlat i lysimetrar kommer att följas upp i ytterligare 4 år av Holmen Paper, Hallstavik. Vatten som har samlats upp i lysimetrarna har förhöjda metallhalter jämfört med referensernas halter. Grund- och ytvattnets halter av exempelvis bly är lägre och halten av koppar högre längs vägsträckan jämfört med referenspunkterna. Viktigt att notera att grundvattenytan längs vägsträckan ligger > 0,5 m under det flygaskastabiliserade skiktet.

6 AKTÖRER

Beställare/Avnämare: Holmen Paper AB

Konsult: Ecoloop

Entreprenör: Lokal entreprenör anlitad av Holmen Paper AB

Materialleverantör: Holmen Paper AB

Övriga medverkande: Miljökontoret Norrtälje kommun

Kontaktperson: Josef Mácsik Ecoloop AB, 08-442 77 60, josef.macsik@ecoloop.se

Återvinningsstation, Librobäck Flygaska blandat med grus



1 PROJEKTET

Uppsala Kommun Entreprenör skulle anlägga en återvinningscentral på uppdrag av Tekniska kontoret i Uppsala kommun. Återvinningscentralen skulle användas som en uppställningsyta för containrar och en plats för privatpersoner att lämna avfall. Återvinningscentralen innefattade bl a en uppkörningsramp för fordon och runt den en hårdgjord köryta på cirka 6 000 m².

De geotekniska förutsättningarna på platsen medförde dock risker för att anläggningen skulle få sättningsskador om konstruktionen (anläggningsmaterialet) var för tung och deformierbar. Traditionellt material kunde enbart användas med förutsättning att undergrunden förstärktes. Grundförstärkning genom så kallad djupstabilisering skulle kräva ca 11 000 m kalkcementpelare för hela ytan och vara mycket kostsam. Alternativet att utföra en kostnadsbesparande och lastfördelande konstruktion valdes därför.

Torvflygaska från Vattenfalls förbränningsanläggning i Uppsala valdes med hänsyn till dess hårdande egenskaper och lastfördelande effekt. Flygaskan blandades med grus och produkten användes som fyllnadsmaterial för uppkörningsrampen och som förstärkningslager i den hårdgjorda ytan. Anläggningen byggdes under åren 2001 – 2002.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Plats

Återvinningscentralen är belägen centralt i Uppsala vid Söderforsgatan i Librobäck, Uppsala län. Ungefär hälften av återvinningscentralen angränsar till åkermark och den andra hälften till industriområde. Mot norr, öster och söder finns åkermark. I väster ligger en gata och ett lager för arbetsbodar och arbetsmaskiner (materiel för uthyrning). I nordväst finns ett område med industribyggnader. Inga bostäder finns i området. Den aktuella ytan är cirka 6 000 m².

2.2 Omgivning/undergrund

Jordlagret består av mäktiga lager av lera. Området ligger inom yttre vattenskyddsområde.

2.3 Material

Råvara

Torvflygaskan som användes kom från Vattenfall Värmes anläggning i Uppsala. Flygaskan genereras vid förbränning i två pulverpannor som båda eldas med torv. Den ena pannan är en kraftvärmepanna och den andra en hetvattenpanna. Vid eldning tillsätts dolomitpulver i eldstaden samt släckt kalk före spärrfiltret för att rena rökgaserna från svaveloxider. Ett överskott av dolomit och släckt kalk hamnar därför också i askorna. Den höga andelen kalk i askorna gör att de är självhårdande. Andelen oförbränt (LOI 550°) är > 1%.

Produkt

I en hetvattenpanna överdoseras kalk i eldstaden för att reducera utsläppet av svavel vilket gör att askan innehåller cirka 60 % kalk. Askan blir på grund av detta reaktiv då den blandas med vatten och kan inte transporteras direkt efter inblandning av vatten. Görs det så härdar askan på cirka 40 min och värmeutvecklingen blir så kraftig att flaket buktar sig. För att undvika detta går askan direkt efter inblandning av vatten ut på en yta där det blandas i cirka 50 % grus (0,8 mm) för att fördröja reaktionen.

Figur 1 och 2 visar hur flygaskan tippas och blandas med grus. I Figur 2 syns tydligt värmeutvecklingen från askan då vatten avgår som ånga.



1)



2)

I kraftvärmeverkspannan överdoseras också dolomit och kalk men inte i lika stor utsträckning (ca 20%) vilket gör att värmeutvecklingen inte är lika kraftig och flygaskan är av karaktären långsamt härdande. På grund av det behövs inte inblandningen av grus direkt utan askan från kraftvärmeverkspannan kan levereras direkt till platsen.

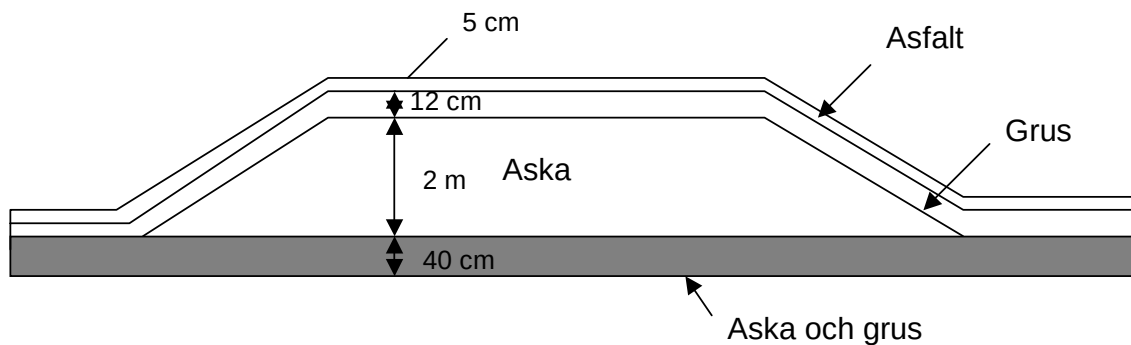
2.4 Trafiklast/klimat

Den största delen av ytan utsätts för en statisk belastning då den fungerar som uppställningsyta för cirka 30 stycken 10 tons containrar. Dagligen körs också 10-tals lastbilar på ytan samt en intensiv trafik av privatpersoner. Enligt Vägverkets ATB Väg 2004 ligger Librobäck i klimatzon 2.

3 KONSTRUKTION

3.1 Utformning / Dimensionering

Flygaskan används dels som fyllnadsmassor i en uppkörningsramp för fordon, dels som förstärkningslager i en hårdgjord yta runt rampen, se Figur 3 nedan. Den totala ytan som askan användes till var cirka 6 000 m². Flygaskans torrdensitet är ca 1,6-1,7 t/m³.



Figur 3: Principskiss uppkörningsramp

3.2 Miljö

En anmälan enligt Miljöbalken (21§ förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd) upprättades. Tillståndsmyndigheten godkände projektet som ett pilotförsök. I godkännandet togs också hänsyn till att användningen sker inom ett väl avgränsat område med goda möjligheter till kontroll av omgivningspåverkan. Det ansågs också positivt att en återvinningsyta byggdes med återvunnet material.

Ett separat kontrollprogram uppfördes för projektet och ytan konstruerades med ledningar och brunnar så att det möjliggjorde provtagning på lakvattnet från askan utan sammanblandning av dagvatten. I dräneringsvattnet togs lakvattenprover två gånger per år och ett antal utvalda parametrar analyserades.

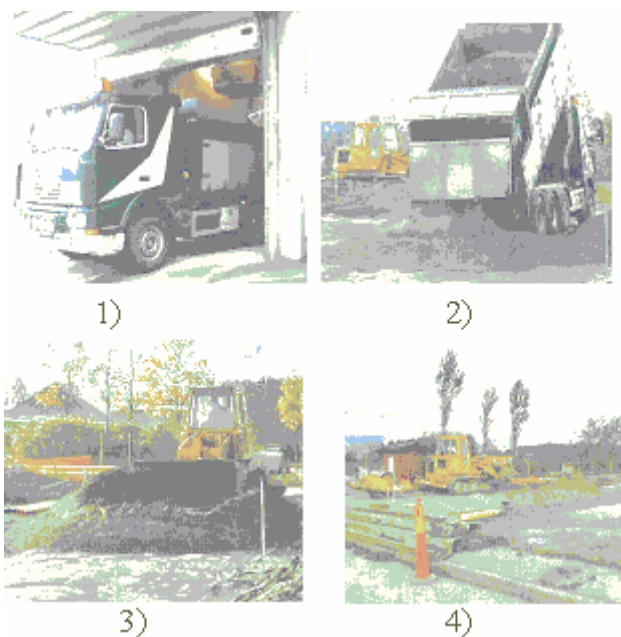
4 UTFÖRANDE

Ytan terrasserades genom att ett lager matjord avlägsnades. På terrassen lades en geotextil och geonät, se Figur 4. Geotextilen fungerar som materialskiljande lager och geonätet används för att sprida lasten jämnt på undergrunden.



Figur 4. Utläggning av geotextil och geonät på terrass

Flygaskan lastades från silo till transportfordon via en askblandare (en modifierad betongblandare). I blandaren blandas flygaska och vatten (cirka 25%) till en jordfuktig konsistens innan tömning till lastbil, se Figur 5. Flygaskan transporterades sedan till ytan i Librobäck där den tippades, Figur 6. Arbetsfordon kunde trafikera det utlagda materialet omedelbart. Flygaskan planades sedan ut kampanjvis med hjälp av en frontlastare (Figur 7) och avjämnades till ett ca 400 mm tjockt lager. Slutligen packades flygaskan med vält (Figur 8). Tidpunkten för anläggningsarbeten med flygaska var i oktober 2001 till januari 2002.



En ca 2 m hög stödmur av betong anlades för rampen mitt på ytan. Ett lager på cirka 1800 mm bestående av aska las som fyllnadsmaterial.

Under februari 2002 packades den sista flygaskan och ytan lämnades för att härda. Smältvatten från snö rann in över området som var lägre beläget än omkringliggande ytor vilket gjorde att hårdningen av askan fördröjdes. I april hade rampen härdat men ytan var fortfarande lös på vissa ställen. En vecka innan invigningen bedömdes att man trots det skulle lägga på bär- och slitlager. Hela ytan inklusive ramp täcktes då med ett bärlager med naturgrus på ca 120-130 mm. Därpå i sin tur las ett slitlager med asfalt på cirka 50 mm, se färdigställd yta Figur 9.



Figur 9: Färdigställda körytor och uppkörningsramp, våren 2002

5 ERFARENHETER

5.1 Utförande

En bättre avvattning av ytan under byggtiden hade avsevärt minskat problem med vattenansamling och långsam härdning av flygaskan.

Då överliggande lager utfördes hade inte flygaskan härdat klart på vissa ställen. På dessa delar lades extra tjockt slitlager av asfalt samtidigt som ytan stängdes av för tyngre transporter under en månads tid. Idag finns inga spår av bärighetsproblematik på ytorna.

Det är nog att rengöra maskinerna dagligen då flygaskan fastnar och är mycket svårt att avlägsna.

Då flygaskan lades ut utvecklades ånga på grund av värmeutveckling i samband med härdning av flygaskan. Entreprenören ansåg att det ångade så mycket att det blev dålig sikt och de riskerade att köra på varandra under utläggningen. För att reducera ångbildning blandades det stundtals in mer grus i askan.

Det var en relativt varm vinter och anläggningarna genererade mindre aska än beräknat. Detta gjorde att leveransplanerna inte kunde hållas och materialet fick levereras i den takt det var möjligt.

Under utläggningsperioden analyserades askan med avseende på tungmetallinnehåll. Medelvärdet av samtliga prover var i linje med vad som kunde förväntas. Variationen var dock inte kartlagd tillräckligt. Ur ett praktiskt utförande perspektiv hade det varit bättre att utnyttja "snabbtester" för att bedöma innehåll av tungmetaller före leverans - istället för att få testresultat i efterhand när leverans redan hade skett.

5.2 Drift & underhåll

Inga underhållsåtgärder har gjorts på ytan. Vid okulära besiktningar syns inga tecken på sättningar eller dylik.

5.2.1 Miljö

Inga förhöjda halter i lakvattnet påvisades och kontrollprogrammet omprövades och avslutades under 2004.

6 AKTÖRER

Beställare/Avnämare	Uppsala Kommun, Tekniska kontoret
Entreprenör	Uppsala Kommun Entreprenör
Materialleverantör	Vattenfall AB Värme Uppsala
Övriga medverkande	Månkarbo Frakt AB

Kontaktperson: Johan Ericsson Vattenfall AB Värme Uppsala, 018-269717,
johan.ericsson@vattenfall.com

Grusväg, Börje

Enbart flygaska och flygaska med grus som bär- och förstärkningslager



1 GRUSVÄG - BÖRJE

Vägföreningen Altsa-Börje i Uppsala kommun hade för avsikt att rusta en mindre grusväg. Vägföreningen intresserade sig för att provbelägga vägen med torvflygaska från Vattenfall AB Värme Uppsalas anläggning. Materialet hade tidigare tillsammans med inblandning av grus uppvisade goda tekniska egenskaper samtidigt som de mindre enskilda vägarna inte kunde bära kostnaderna för traditionella ballastmaterial.

Mängden flygaska var i den första etappen 2002 totalt beräknad till ca 2 000 m³ och den aktuella grusvägen var en cirka 3 km lång. Avsikten med provbeläggningen var att se om flygaskan kunde användas utan grusinblandning samt om bärigheten kan förbättras på en väg med dålig undergrund. Efter godkänd anmälan inklusive tillhörande kontrollprogram anlades provsträckor med olika inblandningar av grus i bärlagret. Under vinterhalvåret anlades en sträcka med inblandning av grus och en med ren aska, under våren anlades ytterligare två sträckor med respektive utan grus. Detta för att även studera säsongens inverkan på resultatet.

Då projektresultatet föll ut väl fortsattes vägnätet i området att byggas ut och efter de belagda provsträckan på cirka 3 km har ytterligare cirka 7 000 ton aska levererats och cirka 8 km väg renoverats i området. För dessa vägsträckor har inget kontrollprogram upprättats och anmälan till miljömyndigheten görs enligt ett förenklat förfarande.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Plats

Objektet är beläget ca 1 mil nordväst om Uppsala stad och är en cirka 3 km lång grusväg som passerar skogs- och åkermark.

2.2 Omgivning/undergrund

Vägsträckan ligger på en undergrund av företrädesvis lera. Enskilda närboende finns utefter vägen och inga dricksvattenbrunnar finns närmare än 30 meter i från vägen. Vägarna ligger inte inom vattenskyddsområde. Detta sammantaget gjorde att lokaliseringen inte bedömdes som känslig ur miljösynpunkt.

2.3 Material

Råvara

Torvflygaskan som användes kom från Vattenfall Värmes anläggning i Uppsala. Flygaskan genereras vid förbränning i två pulverpannor som båda eldas med torv. Den ena pannan är en kraftvärmepanna och den andra en hetvattenpanna. Vid eldning tillsätts dolomitpulver i eldstaden samt släckt kalk före spärrfiltret för att rena rökgaserna från svaveloxider. Ett överskott av dolomit och släckt kalk hamnar därför också i askorna (ca 20 %_{vikt}). Andelen oförbränt (LOI 550°C) är ca >1% Den höga andelen kalk gör askan självhårdande. Flygaskan är av karaktären långsamt hårdande.

Produkter

Till de olika vägsträckorna levererades dels enbart flygaska och dels flygaska med inblandning av grus. Flygaskan lastades ut från en silo till transportfordon via en askblandare (en modifierad betongblandare). I blandaren blandas flygaska och vatten (cirka 25 %) till jordfuktig konsistens innan tömning till lastbil (se 1 i bilden nedan). Flygaskans hårdningsegenskaper (relativt långsamma) gör det möjligt att lagra den i jordfuktigt tillstånd flera veckor under förutsättningen att den inte packas.

För flygaskan som skulle blandas med grus lades den direkt ut på en yta där det blandades i cirka 30 %_{vol} grus (0,40 mm). På bilden nedan ses askan tas ut från silon (1), tippas (2) samt blandas med grus (3). I bild 2 kan man också se värmeutvecklingen från askan som orsakas av att askan blir varm då kalk reagerar med de nyligen inblandade vattnet.



1)



2)



3)

För de vägsträckor som anlades med enbart flygaska matades askan direkt ut på lastbil från silon för transport till Börje. De mängderna som levererades under våren (då anläggningen inte var i drift) var så pass små (cirka 1 000 ton) att silon (1 300 m³) räckte för den lagring som behövdes.

2.4 Trafiklast/klimat

Vägavsnittet är en mindre trafikerad enskild väg. Trafiken består av enstaka personbilar och traktorer. Enligt Vägverkets ATB Väg 2004 ligger Börje i klimatzon 2.

3 KONSTRUKTION

3.1 Utformning / Dimensionering

Tidigare hade man framgångsrikt konstruerat grusvägar av torvflygaska stabiliserad med grus. Dessa vägar hade uppvisat god bärighet. Däremot saknades erfarenhet om att använda endast flygaska i bärlagret för grusvägar. Syftet med att enbart använda flygaska var att reducera kostnaderna, minska transporter och underlätta logistiken genom att slippa inblandning av ballast. Syftet med projektet var också att verifiera flygaskans lämplighet och dess hanterbarhet under olika väderleksförhållanden. Följande vägsträckor anlades under våren 2002:

- en vägsträcka på cirka 700 m med 100 % aska cirka 30 cm tjockt lager
- en vägsträcka på cirka 900 m med 30 % grusinblandning cirka 30 cm tjockt lager

Följande vägsträckor anlades under vintern 2002/2003:

- en vägsträcka med ren aska på cirka 250 m cirka 30 cm tjockt lager
- en vägsträcka på cirka 1100 m med 30% grusinblandning cirka 30 cm tjockt lager

Alla delsträckor täcktes med ett slitlager av cirka 50 mm naturgrus (0-40mm) för att dammbinda materialet.

3.2 Miljö

En anmälan (enligt Miljöbalken och 21§ förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd) och ett separat kontrollprogram upprättades i samband med projektet. Befintliga dräneringsbrunnar belägna längs med vägen användes för att ta referensprover på lakvattnet innan beläggningsarbetena påbörjades. Avvattningsanordnades så att det ytvatten som ledes från vägen till diken gick vidare till provtagningsbrunnar.

4 UTFÖRANDE

Våren 2002:

I första etappen kördes ca 1 000 ton ut och tippades direkt på markberedd traktorväg. Lantbrukarna i vägföreningen anlade sedan vägen med egna maskiner och packningen utfördes med inhyrd vält. Ovan lagret av flygaska lades ett slitlager av grus, cirka 50 mm (0-40 mm), se Figur 4.



Figur 4: Färdig väg, 2002.

Vintern 2002/2003:

Under vinterhalvåret användes ytterligare ca 1 000 ton flygaska. Flygaskan tippades direkt på markbredd traktorväg, efter det att eventuell snö hade skottats bort. Utläggningen skedde sedan på samma sätt som under våren 2002.

Fortsatt arbete:

Vägnätet (av äldre undermåliga traktorvägar) har byggts ut gradvis i samma område under hösten och vintern. Inget nytt kontrollprogram har behövts för dessa etapper – då de ligger inom samma område. För att underlätta miljöprövningen togs i samråd med miljömyndighet en förenklad blankett fram för att söka tillstånd för de ytterligare vägsträckor (se exempel i bilaga 1).

5 ERFARENHETER

5.1 Utförande

Fördelen med detta projekt var att avnämarna (lantbrukare) var flexibla när det gällde att bygga i takt med att flygaskan genererades. Att upprätta hållbara leveransplaner hade tidigare varit ett problem då det är svårt att bedöma hur mycket flygaska som kommer att genereras då det i sin tur är beroende av väderlek och efterfrågan på fjärrvärme.

Under vinterhalvåret var det lättare att komma ut till platsen i Börje då marken var tjälad. Framför allt under våren hade vägarna dålig bärighet och lastbilarna (30-ton) hade ibland svårt att ta sig fram.

Det är nog att rengöra maskinerna dagligen då flygaskan fastnar och är mycket svårt att avlägsna.

Utlägningsarbetena gick lika bra under vinterhalvåret som under sommaren. Försöken visade att om enbart flygaska läggs ut under vinterhalvåret kommer askan att härda först några veckor efter tjällossningen. Därför kan vägen behöva stängas av till dess att flygaskan härdat. Försöken visade därmed att flygaskorna inte nödvändigtvis behöver säsongslagras utan att de kan avsättas i takt med att den genereras. Samtidigt kan konstateras att det underlättar om bärlagret stabiliseras om det ska anläggas under vinterhalvåret.

Förutsatt att det inte regnar eller att konstruktionen inte påverkas av smältvatten kan en grusväg med (50% flygaska och 50% grus) trafikeras omedelbart av enstaka personbilar. Blandas ytterligare grus in (50%) kan vägen omedelbart trafikeras av enstaka tunga fordon. Samtidigt gäller att en vägar efter upptorkning får en god bärighet även om nederbörd och vatten förekommit vid utförandet.

Det har varit svårt att få ut lakvatten i samband med provtagning under vår och höst. Lager med flygaska har blivit så täta att endast mindre mängder vatten kan tränga igenom produkten. Det mesta vattnet avrinner därför i ytan till diken och bildar ytvatten. Lakvatten analyserna visade initialt marginellt förhöjda halter av klorid och sulfater. Metallhalterna däremot var generellt längre än för referensprovet.

Den blankett som togs fram i samband med försöken i Börje används sedan dess i Uppsala för alla objekt med flygaska. Det visade sig vara ett smidigt sätt att hantera anmälan på både för materialleverantören, avnämaren och tillståndsmyndigheten, se appendix A.

5.2 Drift & underhåll

5.2.1 Bärighet

Inga underhållsåtgärder har gjorts på vägarna sedan utförandet. Årliga okulära besiktningsarna har gjorts under sommar och vinter säsong och efter utläggningen har vägarna bedömts ha oförändrade god kvalitet.

5.2.2 Miljö

Efter utförandet har vattenprover tagits ut två gånger per år (vår och höst) och ett antal utvalda parametrar analyserats. Marginellt förhöjt pH-värde registrerades vid de första proverna annars har inga nämnvärda förhöjda halter i lakvattnet påvisats. Jämfört med referensprovet på provsträckorna visade sig vissa halter generellt vara lägre efter utläggningen av aska än innan. Kontrollprogrammet omprövades och avslutades under 2004.

6 AKTÖRER

Beställare/Avnämare	Markägare; Alsta Börje Vägförening
Materialleverantör	Vattenfall AB Värme Uppsala
Övriga medverkande	Månkarbo Frakt AB

Kontaktperson: Kjell Karlsson Vattenfall AB Värme Uppsala, 018-269714,
kjell.karlsson@vattenfall.com

**7 ANMÄLAN ENLIGT 21 § FÖRORDNINGEN OM MILJÖFARLIG
VERKSAMHET OCH HÄLSOSKYDD FÖR NYTTJANDE AV ASKA TILL
ANLÄGGNINGSÄNDAMÅL – ANMÄLAN TILL MILJÖKONTORET****Allmänna uppgifter**

Företag		Organisations/personnr	
Kontaktperson			
Adress			
Telefon	Mobiltelefon	Fax	
Objektets adress		Objektets fastighetsbeteckning	

Materialets egenskaper

Beskrivning av materialets nyttjande, metoder, utbredning, etc.			
Beräknad volym som ska nyttjas			
Materialets följer upprättad MKB		Ja ☐	Nej ☐
Vid nej ange avvikelsen:			
Materialet kommer från förbränning av	Torv/trä ☐	Köttmjöl ☐	Kol ☐
Beräknas påbörjas		Beräknat avslut	
<i>Projektets tidplan</i>			

**Projektet
Synpunkter****Ja Nej**

Närboende är informerade om projektets tidplan?	☐	☐	☐
Närboende är informerade transporter av material?	☐	☐	☐
Objektet ligger inom vattenskyddsområde?	☐	☐	
Avstånd från objektet till sjö, å, bäck är mindre än 30 m?	☐	☐	
Avstånd till vattentäkt är mindre än 30 m?	☐	☐	
Finns närhet till naturskyddat eller ekologiskt känsligt område?	☐	☐	
Har anmälan enligt Miljöbalken 12:6 gjorts eller avses sådan att göras till länsstyrelsen?	☐	☐	
Är sökande ägare av marken?	☐	☐	
Har medgivande inhämtats ifrån markägaren/markägarna?	☐		☐
Övriga upplysningar enligt bilaga	☐	☐	

Datum	Underskrift anmälare
-------	----------------------

Regler med hänvisning till miljöbalken för hantering och nyttjande av flygaska från förbränning vid Vattenfall AB, Värme Uppsala

Damning

- Materialet skall hanteras så att damning till kringboende undviks.
- Materialet håller en fukthalt av ca 20 % vid leverans.
- Markägaren svarar för att dammbindning sker på erforderliga delar av ytan vid behov.
- Markägaren svarar för att ytskiktet i framtiden är intakt för att förhindra damning från askmaterialet.

Utläggning

- Kommer att ske i kampanjer och skall färdigställas med ytskiktet stegvis.
- Materialet vattnas vid behov vid läggning för att påskynda stabiliseringen av ytan.
- Materialet läggs ut och komprimeras med maskin.
- Utläggning och kompaktering av materialet skall ske snarast. Vid otjänlig väderlek avbryts leveranserna.

Ytlayer

- Ytorna skall läggas med fall så att ytvattenavrinningen av vatten underlättas.

Återställning

- På de ställen som utläggningen får en skarp kant mot omgivningen, planas området ut med jord eller schaktmassor.

Kvalitetskontroll

- Vattenfall journalför mängderna som levereras.
- Materialprov tas ut av Vattenfall i asksilos, för att säkerställa jämnhet i ingående material.
- Markägaren svarar för fortlöpande information till närboende.

Övrigt

Skyddsåtgärder, begränsningar och försiktighetsmått som Vattenfall bedömer erforderliga för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten orsakar skada eller olägenhet för människans hälsa eller miljö enligt miljöbalkens 2 kapitel ska vidtas av markägaren

Anmälan

Karta över området med markering av vilka ytor som ska beläggas bifogas anmälan. Anmälan enligt ovan insändes till:

Miljökontoret

Att. Bernt Forsberg

7.1.1.1 Uppsala Kommun

753 75 Uppsala

Avtal

Avtal om leveranser sker med Vattenfall AB Värme Uppsala. Avtal upprättas av:

Vattenfall AB, Värme Uppsala

Roger Svensson

753 82 Uppsala

Kopia på godkänd anmälan från Miljökontoret skall bifogas vid upprättande av avtal

Grusväg, Luopioinen, Finland

Flygaska och bindemedel blandat med grus

Bär- och förstärkningslager

1 GRUSVÄGSRENOVERING I LUOPIOINEN, FINLAND

Projektexemplet beskriver underhåll av en grusväg som genomfördes under sommaren och hösten 2002. Arbeten utfördes som en del i ett LIFE-Environment projekt LIFE02 ENV/FIN/329 (Kukkia Circlet). Projektet Kukkia Circlet (1.12.2001 – 31.12.2004) demonstrerar nya metoder för underhåll av grusvägar med hjälp av alternativa material bl a flygaska och fiberlera från pappersindustrin. Det aktuella projektexemplet utfördes under 2002 och berör användningen av bioaskor från pappersindustrin som komponent för att underhålla befintliga grusvägar.

Före detta projekt hade metoden testats i flera pilotobjekt under 1990-talet. Resultat av pilotobjekten har varit mycket övertygande, t ex har ökad bärighet och minskade tjälskador samt ingen negativa miljöpåverkan påvisats. Projektets syfte har varit att testa den logistiska processen samt teknologin för underhållsarbeten i stor skala med hänsyn till tekniska, miljömässiga och ekonomiska resultat.

Grusvägen MT3201 ligger i Luopioinen kommun. Sträckans längd är ca 12 km varav delar utfördes på traditionellt vis som referenssträckor. Projektet utfördes under 2002 och uppföljning har pågått under två år (2003 och 2004). Sträckor som åtgärdats med flygaska har tills vidare fungerat mycket bra och bärigheten har varit bättre än väntat.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Plats

MT3201 är en typisk finsk lågtrafikerad landsväg. Vägen ligger i sydöstra hörnet av Väst-Finlands län och i Luopioinen kommun. Den över 12 kilometer långa vägen går vid den östra sidan av den vackra sjön Kukkia. Längs vägen ligger enstaka hus och sommarstugor samt jordbruksfastigheter. Delar av sjön Kukkia och dess strandområde hör till Natura 2000 områden vilket ledde till att angränsade delar av vägen inte fick åtgärdas med flygaska..

2.2 Omgivning/undergrund

Vägen har anlagts på en före detta skogsbilväg. En undersökning med georadar gjordes över hela vägen gjordes ett år före renoveringen. Denna undersökning visade att den vägen inte längre hade några tydliga överbyggnadslager. Materialen i vägkroppen var från grövre grus, morän och även silt och lera. Ställvis fanns större stenar och på några delar ligger vägen direkt på berg. Grundvattenytan bestämdes inte.

Hus och gårdar, som ligger vid vägen, har egna täkter för dricksvatten (prov på dricksvatten har tagits före och under arbeten från de täkter som ligger nära stabiliserade sträckor).

2.3 Material

Flygaskan som användes var från Jämsänkoski, UPM-Kymmene Oy:s pappersbruk i Jämsänkoski och Kaipola som ligger ca. 80 kilometer öster om Luopioinen. Förbränningsanläggningen är en så kallad fluidbädd som eldas med bark och torv. I projektet användes färsk flygaska med vattenkvoter, som varierade mellan 5 och 29 %. Färsk och helt torr flygaska kunde inte användas av logistiska skäl. Flygaskan transporterades till lagrings- och inblandningsplatsen, se Figur 1, några dagar i förväg och lagrades under presenning. Högarna fick bevattnas på grund av damning till följd av det mycket torra vädret.



Figur 1: Lagring av flygaska

3 KONSTRUKTION

3.1 Utformning/Dimensionering

Vägen dimensionerades och den konstruktiva utformningen består av ett 200 mm tjockt skikt av flygaska och grusmaterial under ett slitlager av krossat material (ca. 100 mm).

3.2 Miljö

En miljötillståndsansökan upprättades enligt Finlands miljöbalk 86/2000 och lämnades till Luopioinen kommun. Kommunen gav tillstånd under förutsättning att kontroll och uppföljning av miljöpåverkan genomfördes. Uppföljningen har innefattat analyser av jord- och vattenprov, okulära strukturundersökningar samt geotekniska tester (närmast tryckhållfasthet) på prov från olika sträckor, samt bärighetsmätningar.

4 UTFÖRANDE

Vid utförandet återanvändes befintliga materialet från vägen, fastän det inte var av jämn eller bra kvalitet. Syftet var att förbättra kvaliteten och egenskaper hos av det befintliga materialet, utan omfattande omlastning och transport. Receptet för inblandningen bestämdes genom laborietester baserat på flygaska och befintligt materialet från olika sträckor.

Lagring och tillverkning

Bindemedelskomponenter lagrades och inblandningar blandades på ett före detta deponi av kommunen Luopioinen. Inblandningen gjordes med hjälp av en stationär inblandningsstation Figur 2. Inblandningsstationen är effektiv förutsatt att stora mängder ska tillverkas. Projektet använde tre olika blandningar:

- A. Flygaska + cement (3:2)
- B. Flygaska + FTC (3:2);
(FTC = Finnstabi + kalk + cement –blandning från Nordkalk)
- C. Flygaska + svavelavlägsnings restprodukt FGD + cement (3:3:4)

Mängden bindemedel var 10 % av TS.



Figur 2. Tillverkning med blandningsstation.

Utläggning

Avståndet mellan vägen och inblandningsstationen var i medeltal 12 kilometer. Före start hade vägen avjämnats och alla stora stenar hade avlägsnats. Materialet lades ut med en asfaltläggare, utlagd tjocklek var ca. 50 mm. Figur 3. Efter utläggning frästes materialet ihop med det befintliga vägmaterialet till ca. 200 mm djup, Figur 4. Därefter utfördes en avjämnning och packning av slitlager med vält, Figur 5 och 6. Slitlager av krossmaterial påfördes den färdiga produkten efter ca två veckor.



Figur 3: Flygaska före infräsning i befintlig väg



Figur 4: Infräsning till 0,2m djup i befintlig väg



Figur 5: Avjämning med väghyvel



Figur 6: Packning av slitlager

5 ERFARENHETER

5.1 Utförande

Åtgärder genomfördes med en takt av ca 2 kilometer per arbetsskift (åtta timmar). Under hela utförandet gjordes kvalitetskontroll på bindemedelskomponenter (vattenkvot) och färdiginblandat bindemedel (vattenkvot, proctor), och på stabiliserade sträckor (täthetskontroll med Troxler).

Utförandet tycks vara effektivt både kostnadsmässigt (med jämförelse till de sedvanliga renoveringsmetoder) och beträffande produktivitet (ca. 2 kilometer per dag). Detta förutsätter dock att det finns kontinuerlig tillgång till flygaska, att bindemedel kan tillverkas kontinuerligt med en maskin vars kapacitet motsvarar behovet.

Inblandning genomfördes endast så länge bindemedlet användes under samma dag. Detta är viktigt för att försäkra att bindemedlets reaktivitet är tillräcklig.

5.2 Drift & underhåll

5.2.1 Bärighet

Bärighetsmätningar har gjorts under olika årstider och med ca 200 meters mellanrum. När resultat jämförs från år 2000, dvs. före renovering, med de senaste mätningarna, kan konstateras att bärigheten har förbättrats på de renoverade sträckorna. Tryckhållfastheten har mätts på uttagna provkroppar och utfallet i fält har i medeltal varit 4–5 MPa starkare än resultat från laboratorieförsök. Sammantaget ger erfarenheterna att grusvägen fått bättre bärförmåga och beständighet. Därmed förväntas vägen få en fortsatt god funktion och låga drift- och underhållskostnader.

5.2.2 Miljö

Före renovering 2002 samt därefter (2003 och 2004) har kontroll utförts. Prover har analyserats med avseende på innehåll av olika metaller. Tills vidare har ingen miljöpåverkan kunnat påvisas som kan ha orsakats av flygaskan.

6 MER ATT LÄSA

Mer information (finska och engelska) finns på:
<http://www.ramboll.fi/luopioinen/life/index.htm>

7 AKTÖRER

Beställare eller finansiärer: EU-kommission / LIFE-Environment, Regional
Vägförvaltning i Häme, Vägaffärsverket (Tielikelaitos), Finland
Konsult: Ramboll Finland Oy
Entreprenör: Vägaffärsverket med lokala entreprenörer
Materialleverantör: Finncao (UPM-Kymmene) med flera andra
Övriga medverkande: Luopioinen kommun

Kontaktperson: Aino Maijala Ramböll Finland, + 358 207 556 747,
aino.maijala@ramboll.fi

Grusväg, Korja, Finland

Flygaska, med och utan bindemedel, som bär- och förstärkningslager



1 UNDERHÅLL AV GRUSVÄG KORJA, FINLAND

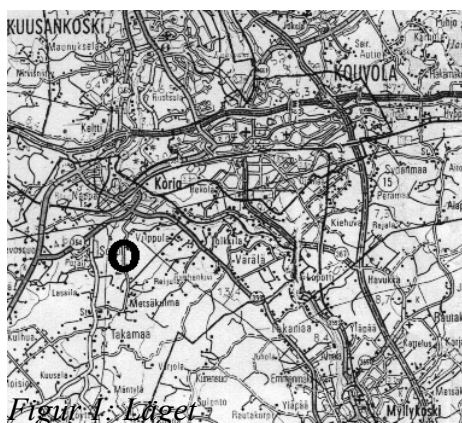
Detta projektexempel beskriver underhållsarbeten avseende en grusväg i Korja, i sydöstra Finland, som utfördes under september 1998. Här har olika typer av flygaskor använts i bär- och förstärkningslager hos en befintlig grusväg (Väg 14567-01, ca 1,5 kilometer) istället för en traditionell lösning genom förstärkning med 20-30 cm krossat bergmaterial. I projektet har också olika andra åtgärder, som t ex stål nät och geotextiler utvärderats, för att höja bärigheten. En delsträcka utfördes med kolflygaska (med bindemedel). Vid andra delsträckor användes flygaskor från pappersbruk (med och utan bindemedel).

Före detta projekt har användningen av flygaska testats i flera mindre pilotobjekt. Erfarenheterna från pilotobjekten har varit mycket goda. Åtgärderna har lett till ökad bärighet, minskade tjälskador samt ingen negativ miljöpåverkan. Kontroll och uppföljning i det aktuella projektet har genomförts till hösten 2002 och den visar att goda resultat, sträckor med flygaska är i gott skikt samtidigt som referenssträckor med traditionell lösning återigen är i behov av underhåll.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Plats, omgivning/undergrund, trafiklast/klimat

Vägen 14567 är en typisk finsk lågtrafikerad landsväg. Vägen ligger i sydöstra delen av Södra-Finlands län (Figur 1). Vägens problem har varit av bärighetskaraktär, svaga vägkanter och blandning av grund. Undergrunden utgörs företrädesvis av mäktiga lager av lerig silt som är mycket tjällyftande.



Figur 1: Läge

2.2 Material

I projektet användes olika flygaskor och även andra alternativa förstärkningsmetoder för vägen enligt Tabell 1. I detta projektexempel beskrivs dock enbart sträckor på vägen där flygaska använts. .

Tabell 1. Korva testbyggnader

Sträcka	Byggnad
1500-1550	Geoförstärkning 1: Stabilenka 100/50 (Kaitos Oy) + krossat bergmaterial 20 cm (inkl. slitlager)
1550-1602	Geoförstärkning 2. Televev 150/150 (ViaPipe Oy) + krossat bergmaterial 20 cm (inkl. slitlager)
1602-1695	Stålnätstruktur, 5/7mm , #150mm (Rautaruukki Oy) + krossat bergmaterial 20 cm (inkl. slitlager).
1695-1840	Flygaska 1: Lahden Lämpövoima Oy flygaska (kol – rooster) med bindemedel Nordkalk Oy:s FT2, 6 %. Pålägg: 10 cm krossat bergmaterial inklusive slitlager (0-16mm).
1860-2000	Flygaska 2: Kymenso Oy:n (Anjalankoski) (fluidbädd - fiberlera och bark) med bindemedel av byggcement, 3 %. Överliggande lager 10 cm krossat bergmaterial inklusive slitlager (0-16mm).
2000-2135	Referenssträcka: Inga åtgärder
2135-2250	Flygaska 3: UPM Voikkaa flygaska (fluidbädd - bark). Inget bindemedel. Överliggande lager 10 cm krossat bergmaterial inklusive slitlager (0-16mm).
2250-2385	Flygaska 4: Myllykoski Paper Oy:s flygaska från deponi (roster – bark). Bindemedel byggcement, 6 %. Överliggande lager 10 cm krossat bergmaterial inkl slitlager (0-16mm).

2385-2550	Referenssträcka med krossat bergmaterial ca. 25 cm (inkl slitlager)
-----------	---

3 KONSTRUKTION

3.1 Utformning / Dimensionering

Sträckorna med produkterna Flygaska 1 – 3 byggdes med en 200 mm tjockt lager. På sträckan där Flygaska 4 användes utfördes ett 250 mm tjockt lager. Bärlager av produkterna täcktes med ett 100 mm lager av krossat bergmaterial (0-16mm).

3.2 Miljö

En anmälan upprättades enligt Finlands miljöbalk **86/2000** och tillställdes Koria kommun. Kommunen godkände anmälan.

4 UTFÖRANDE

4.1 Tillverkning

Alla produkter tillverkades genom inblandning på en stationär blandningsstation, Figur 2. Inblandade komponenter var flygaska, vatten och bindemedel (Produkten flygaska 3 utfördes utan bindemedel). Inblandningsstationen var placerad på deponin i Koria.

Kapaciteten hos blandningsstationen inklusive byggnadsprocessen (transport till byggnadsplats, väghyvel samt packning) var ca 80 ton/h. Transporter från producenter av flygaska till inblandningsstationen visade sig vara det kritiska momentet i hela utförandekedjan.



Figur 2: Tillverkning i stationär blandningsstation

Flygaskorna bevaknades både i färskt tillstånd före lastning från silo till lastbilen och under inblandning. Tillskottet av vatten kunde inte kontrolleras vid lastningen hos tillverkarna. Detta ledde till att vattenkvoten varierade mycket före inblandningen. Kontroll av vattenkvot var enklare att utföra vid inblandningsstationen men kunde inte göras tillräckligt snabbt. Följaktligen varierade blandningarnas vattenkvot relativt mycket och motsvarade inte fastställda kriterier baserade på laboratorieundersökningar. Detta kom att påverka produkternas kvalitet.

Under lagringstiden täcktes material med presenning för att skydda mot regn, förhindra torkning och för att begränsa damning.

4.2 Byggandet

Färdig produkt är relativt lätt och en lastbil kunde lasta ca 10 ton material. Vägen terrasserades först med väghyvel. Produkten breddades sedan ut med väghyvel. Det var möjligt att direkt trafikera den utbredda och endast lätt packade produkten, se Figur 3.



Figur 3: Trafikering är möjligt under vägbyggandet

Ett problem som uppstod under utförandet var att packa jämnt över hela vägbredden. I anslutning till vägens kanter trycktes produkten ut av packningsarbetet. En lösning som då testades var att bygga sidostöd vid vägkanten i samband med terrasseringsarbeten., se Figur 4.



Figur 4: Sidostöd hjälper till att packa jämnt hela vägen

Efter packningen påfördes produkten ett lager av krossat bergmaterial som slitlager, Figur 5.



Figur 5: Täckning med krossmaterial

5 ERFARENHETER

5.1 Utförande

Utförandet tycks vara effektivt både kostnadsmässigt (med jämförelse till de sedvanliga renoveringsmetoder) och beträffande produktivitet. Detta förutsätter dock att det finns kontinuerlig tillgång till flygaska, att bindemedel kan tillverkas kontinuerligt med en maskin vars kapacitet motsvarar behovet.

5.2 Drift & underhåll

Vägen kontrollerats fortfarande, dock med en mindre omfattning i jämförelse med de första 3 – 4 åren efter utförandet.

5.2.1 Bärighet

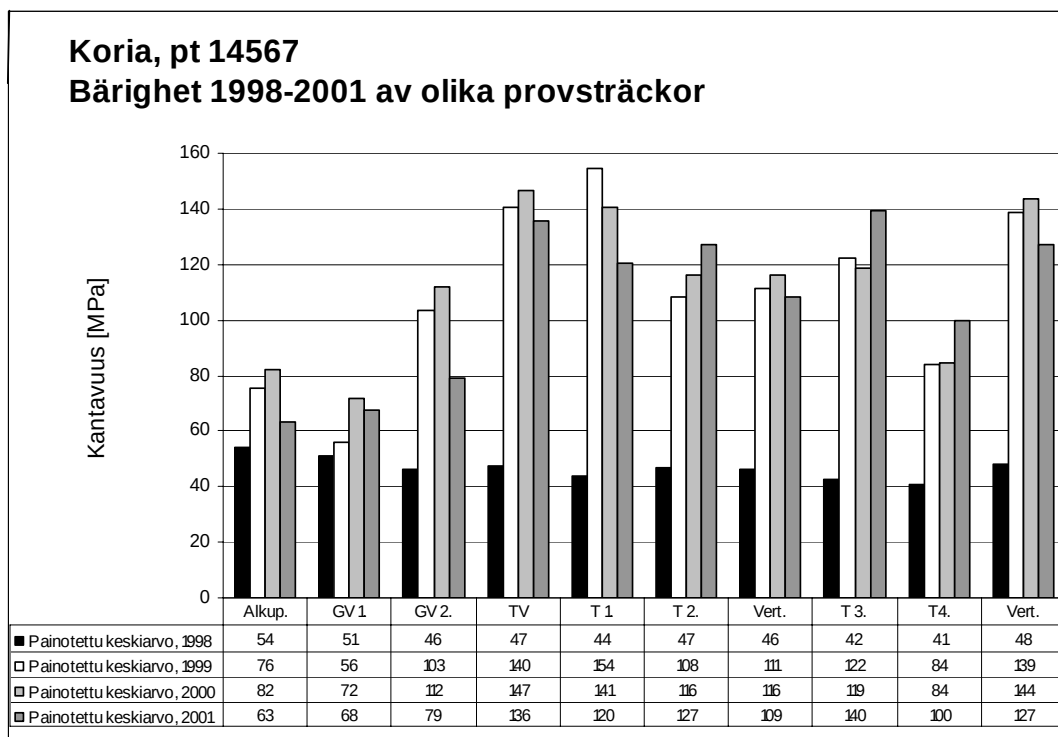
Okulär bedömning

Information från representanter hos den lokala entreprenören är att sträckor med produkt av flygaska fortfarande har mycket bra bärighet och bättre än de sträckor som utförts på traditionellt sätt.

Slitlagret av krossat bergmaterial har dock inte fungerat. Å andra sidan har behovet av underhåll varit lägre än på de sträckor som utförts på traditionellt vis. Däremot förefaller damning från slitlagret vara större på sträckor med produkt och följaktligen blir behovet av åtgärder att reducera damning större.

Bärighetsmätningar

Mätningar har utförts under tjällossningsperioden. Efter åtgärder har i synnerhet sträckor med flygaska-, stålnät- och referenssträckor fått ökad bärighet. Vid mätningar som utfördes under 2001 var tydligt att sträckor med produkter av flygaska visar på en ökande bärighet, se Figur 6.



Figur 6: Bärighet av olika provsträckor.

Medelvärde av årets mätningar längs olika sträckor. "Alkup" i början = läget före åtgärd; detta tillstånd beskrivs också med svarta staplar. GV = geotextil. TV = stål nät. T1, 2, 3 och 4 avser produkter baserade på flygaska. "Vert" är referenssträckor.

5.2.2 Miljö

Kontroll av grundvatten har utförts årligen med start före arbeten 1998 till 2002. Jordprov har tagits i terrassen före utförandet och sedan 1999 och 2002. Prover har analyserats med avseende på oorganiska ämnen. Ingen miljöpåverkan har noterats.

6 AKTÖRER

Beställare eller finansiärer: Vägverket (idag regionala Vägförvaltningen Sydöstra Finland)

Konsult: Ramboll Finland Oy

Entreprenör: Vägaffärsverket och lokala entreprenörer

Materialleverantör: Flera olika, se Tabell 1

Kontaktperson: Aino Maijala Ramboll Finland, + 358 207 556 747,
aino.maijala@ramboll.fi

Industriytor i Mälardalen

Flygaska med bindemedel



Figur 1: Anläggningar för blandning av aska hos Mälarenergi AB i Västerås

1 INDUSTRIYTOR

I 20 år har Mälarenergi producerat askprodukter med inblandning av bindemedel. Huvudsakligen har projekten bestått av markförstärkning och -stabilisering på ytor som användes för tung belastning. I början var projekten små som parkeringsplatser eller ladugårdsgolv med mängder under 1 000 ton. Projekten har under senare tiden växt till uteslutande större ytor med mer än 40 000 ton aska.

Stora projekt behövs för att minska det administrativa arbetet, underlätta planeringen, effektivisera tillsynen under byggnationen samt efter i drifttagandet kunna följa upp utläggningen med kontrollprogram. Nedan beskrivs ett projekt som har kommit halv vägs i uppbyggnad, med cementstabiliserade askor från Mälarenergi AB.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

Under 2004 erhöles ett tillstånd för upplägg av 75 000 ton inert avfall, från Länsstyrelsen. Tillståndet innehåller flera villkor.

2.1 Plats

Munkboängen, en 5 ha stor åkermark som skall uppgraderas till en industriyta i östra Västerås, Västmanlands län. Marken ägs av Västerås Stads Fastighetskontor och ytan färdigställs åt en arrendator. Ytan ligger i en av Västerås mest expansiva områden med goda kommunikationer med E18, väg 67 och Västerås hamn.

2.2 Omgivning/undergrund

Som i många andra markområden i Mälardalen, finns mycket lera. På ytan varierar lera djupet mellan 3-12 meter, som till övervägande del är lös och endast har ett tunt lager av torrskorpelera. Markanvändningen var tidigare åkermark och innan askan började läggas, schaktades en generell botten där matjord och del av torrskorpan togs bort. Ett av kraven från Länsstyrelsen var att tryckgrundvattennivån inte fick komma i kontakt med askans nivå.

2.3 Trafiklast/klimat

Konstruktionen skall klara kontinuerlig lagring av bränsle i stackar omkring 4 meter samt containerhantering med dels tre containrar på höjden samt containertruckar med axeltryck uppemot 60 ton.

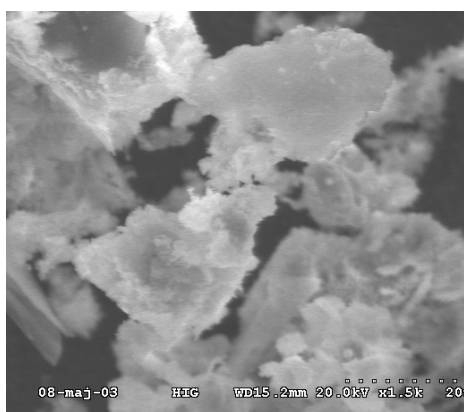
2.4 Material

Som ett avjämningslager i uppbyggnaden har bottenaska från pulvereldning (kol, torv, träpellets) använts.

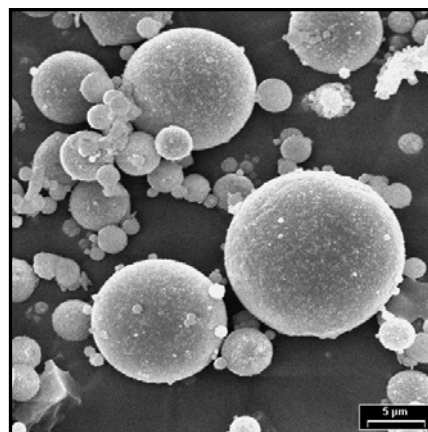
Bottenaskan uppsamlas i ett vattentråg under pannan och kommer mestadels från aska som sotats ner från pannväggarna i Panna 1, 2 och 4. Bottenaskan har utseendet; sandliknande till grovkornig med en förglasad och sintrad produkt. Oförbränt andel ligger på < 10 %. De förglasade kornen har en slät yta och ett poröst inre (likt en leca kula) som ger materialet en låg densitet (< 1 ton/m³). Vid ökad torvanvändning ökas även sandfraktionsdelen varvid densiteten stiger till cirka 1,3 ton/m³. Förväntad bottenask kvantitet 2005/2006 är 10 000 ton TS.

Huvuddelen av materialet, benämnt CE, är en cementstabiliserad aska. CE innehåller till cirka 75 % flygaskan som processas i två stycken blandare (*se figur 1*) där vatten, bindemedel samt ballast tillsätts och blandas till en jordfuktig konsistens.

Flygaskan har ursprunget både från pulvereldningen i Panna 1, 2 och 4 men även från den CFB biobränsle eldade Panna 5. Askan uppsamlas i textila slangfilter och kan lagras torrt vid Kraftvärmeverket. Askan är ljusgrå eller ljusbrun och innehåller från pulverförbränningen runda släta korn (se figur 2b) och från den cirkulerande bädden en kantigare form (se figur 2a). Storleken på kornen motsvarar silt. Flygaskan har självhårdande egenskaper efter inblandning av vatten och hållfasten ökar med tiden. Oförbränt andelen från pulveraskan varierar mellan 5-10 % och från CFB askan <1 %. Förväntad flygaske kvantitet 2005/2006 är 50 000 ton TS.



Figur 2a: Flygaska CFB Biobränsle

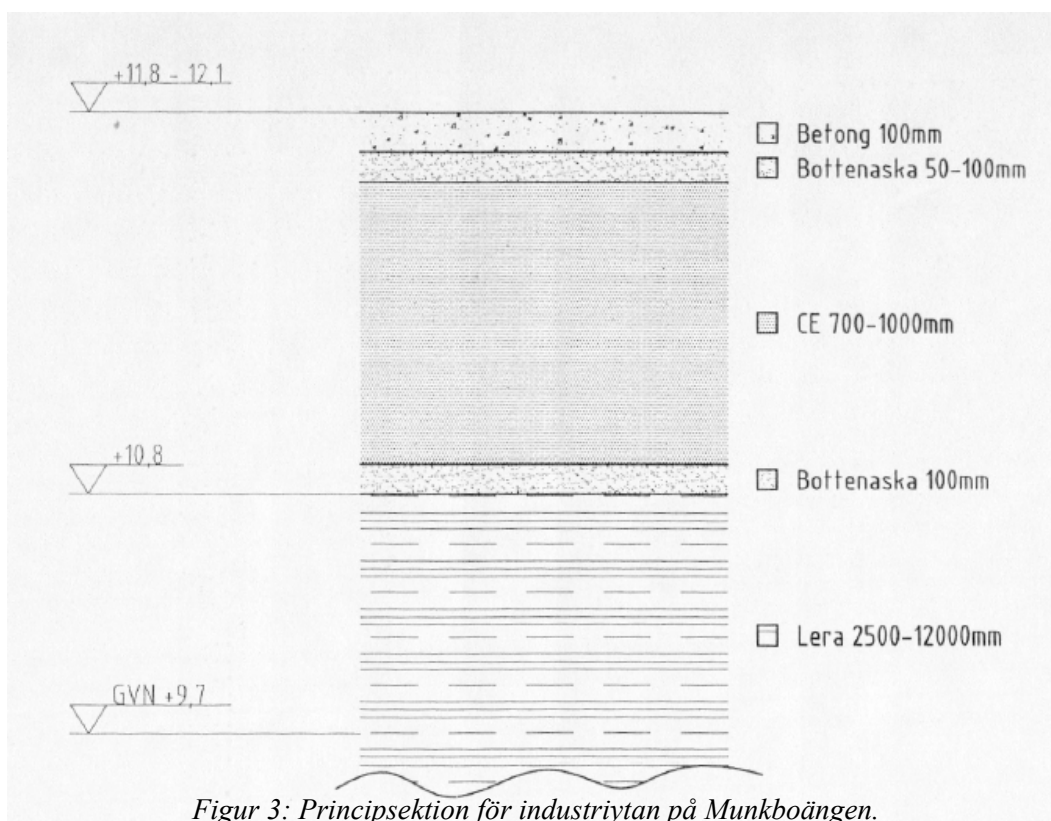


Figur 2b: Flygaska Pulver Kol

3 KONSTRUKTION

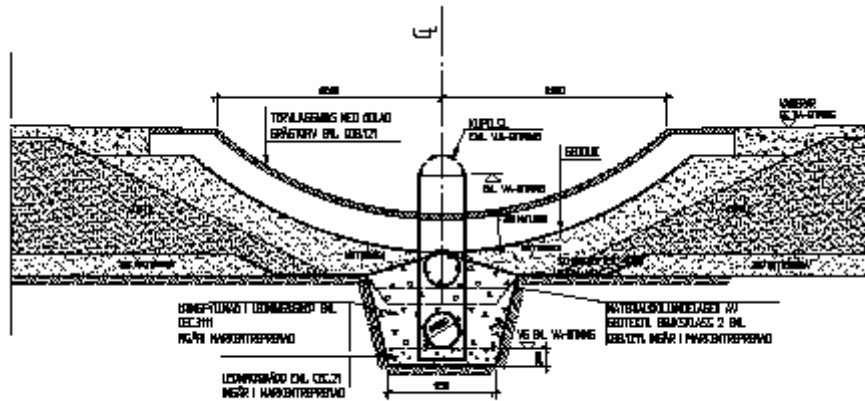
3.1 Utformning/Dimensionering

Längst ner i konstruktionen användes 100 mm bottenaska, därefter 700-1200 mm CE-material. Som avjämning av färdig yta/nivå, påläggs ett lager med bergkross. Som topp- och slitlager har 100 mm vältbetong använts, *se figur 3*.



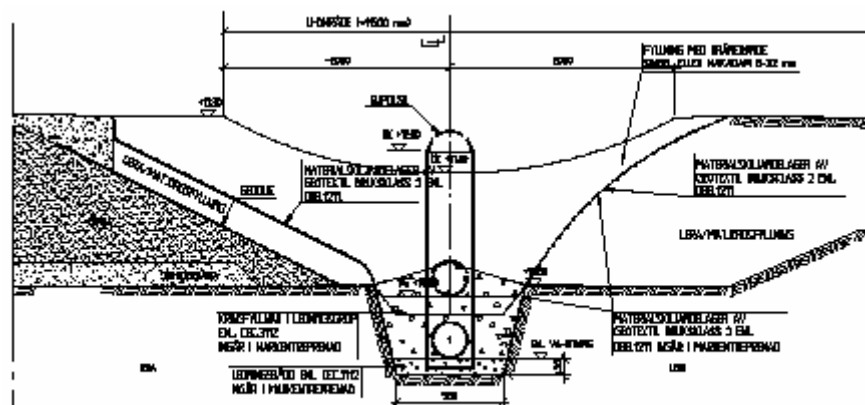
Figur 3: Principsektion för industriytan på Munkboängen.

På ytan finns ett dagvattensystem som lokalt skall kunna fördröja allt uppkommet dagvatten. Genom den avlånga ytan (130 * 380 meter) kommer det att finnas tre stycken uppbyggda gräsdiken, *se princip i figur 4*. Gräsdikena ger ett trevligt inslag mot en annars stor hårdgjord yta. En indelning skapar dock problem med att dikena skall ha överfarter, för att de olika ytorna skall kunna nås. CE:n har lagts så nära ledningsbädden som det går, utan att tappa kvaliteten i packning. Ovan ledningsbädden har bottenaska terrasserats och därefter ligger en gummiduk. Ovan duken finns lera, matjord och en färdig gräsmatta.



Figur 4: Detalj av uppbyggnad av gräsdike som skär genom planen på två ställen

Utefter ytans ena lång- och kortsida finns grusfyllda dräneringsdiken. Dessa har även en gummiduk som "extra" skydd för att vatten inte skall kunna komma åt CE utläggningen. Mot ytans långsida finns en jordvall, se figur 5. Denna fungerar som mothåll mot grusdiktet. Jordvallen möjliggjorde även att ytans fyllnadshöjd bättre smälter in i omgivningen.



Figur 5: Detalj av uppbyggnad av dränerande gräsdike som går efter planens två sidor.

3.2 Utförd miljöbedömning

Anmälan om upplägg av fast avfall har upprättats av Mälarenergi, som är verksamhetsutövare på platsen. Markundersökningar och vissa opartiska värderingar har utförts av SWECO Västerås. Den största delen av anmälan bygger på historik och erfarenheter av tidigare byggda ytor. Grundmaterialet angående miljökonsekvenserna i anmälan kommer från utförda tester på materialen så som lakning, permeabilitet och ingående ämnes tillgänglighet för lakning.

4 UTFÖRANDE

Askan som blandas vid Kraftvärmeverket transporteras med lastbilar, *se figur 6b*. Eftersom bindemedel tillsätts skall materialet tas omhand inom en timme. CE-materialet packas med hyvel, lastmaskin eller hjulburen grävare. Antal packningsöverfarter skall vara många, eftersom opackat material inte klarar de kvalitetskrav som redovisats i anmälan och skall därav grävas bort och återföras till blandarstationen, *se figur 6a*.



Figur 6a: Dåligt packat material



Figur 6b: Trailer lastbil med 30 tons kapacitet

CE-materialet är tacksamt och kan packas med flera olika sorters maskiner vilket gör att flera entreprenörer kan användas för mottagningen, *se figur 7a och 7b*. Vid läggning av en större yta är det viktigt att planera utläggningen, så att man undviker, att köra med lastbilar och andra fordon på packat CE-material. Detta eftersom materialet inte når sådan hållfasthet att den vridning som uppstår, klaras och materialet ruggas upp. Detta kan leda till stora damningsproblem, men löses med att körytor grusas trots att inte fullhöjd i konstruktionen erhållits.



Figur 7a: Packning med lastmaskin



Figur 7b: Packning med hyvel

CE-materialet packas i kanterna/slänkfoten i en lutning som passar de använda maskinerna. Lutningen motsvarar ett förhållande på 1:2, *se figur 8*. Vare sig det gäller gräs- eller grusdikena är det meningen att de inte skall belastas med någon tyngre trafik eftersom underliggande dagvattensystem kan skadas, *se figur 9a och 9b*.



Figur 8: Släntlutning som möjliggör packning av materialet



Figur 9a: Dränerings grusdike



Figur 9b: Dagvattenfördröjande gräsdike

Som slitskit har Mälarenergi och slutförbrukaren nästan uteslutande valt betong, eftersom materialet är överlägset asfalt vad gäller hårt slitande verksamhet med tunga laster och mycket maskiner. Betongen tillverkas på Kraftvärmeverket i askblandningsanläggningen. I detta projekt användes en asfaltsläggare från Tyskland som hade en högpäckande screed, vilket gav ett bra resultat, *se figur 10a och 10b*. Dock räcker det med en normal asfaltsläggare eller en hyvel, för att nå ett acceptabelt resultat.



Figur 10a: Läggning av markbetong



Figur 10b: Slitskit samt avjämnings grus

5 ERFARENHETER

5.1 Utförande

När CE-materialet har funnit rätt fukthalt, kan så tjocka lager som möjligt läggas > 500 mm, för att undvika att det blir flera olika skikt i konstruktionen. Materialet packas bäst med maskin med "dåligt" däckmönster till en hård och hållfast yta, där maskinen kör fram och tillbaka, där mer överfarter ger ett bättre resultat. Dåligt packat material skiftas ut. Då materialet är finkornigt kan det vara svårt att med lastmaskin få ytan helt plan, detta kan lösas med att det översta lagret läggs med hyvel. Avjämningen med grus bör utföras, så att inte betongen läggs direkt på askan, eftersom betongen kan spricka då materialen krymper/sväller olika.

5.2 Drift & underhåll

Bärighet

Projektet med bortemot 1000 mm cementstabiliserat material med slitlager av betong ger högklassiga industriytor, även på mycket dåliga undergrund. Sättningsrisken kan dock vara överhängande, men uppskattningsvis sätter sig troligen den sammanhållande kroppen jämt, utan större sprickor eller deformationer.

Miljö

För konstruktionen finns ett kontrollprogram som skall redovisa dagvattenkvalitet i ett närliggande fördröjningsdike, samt att vattnet i tre stycken nedgrävda lysimetrar skall användas för mätning av volymer och analyser av perkolerande vatten.

Lysimetrarna ligger under askan och är byggda i PVC markavlopp med en uppsamlingsvolym på cirka 15 liter styck. Lysimetern är fylld med sten för att den skall klara belastning vid uppbyggnad av CE-materialet. I botten på lysimetern finns en slang som går upp till en brunn i ytan, där prover kan pumpas upp. Ovanpå lysimetern och under askan ligger en gummiduk på 4 m² som skall vidga provtagningsområdet och leda eventuellt perkolerat vatten till lysimetern.

6 AKTÖRER

Beställare/Avnämare: Mälarenergi AB

Konsult: Mälarenergi AB (dagvatten), SWECO (markundersökning), Kadesjös (Konstruktion)

Entreprenör: NCC (Schakt, dagvatten) PE Betongteknik (Ask- och betongläggning)

Materialleverantör: Mälarenergi AB (Aska och betong) Skanska (Stenkross)

Övriga medverkande: Hermans Schakt, Norells

Kontaktperson: Jens Néren Mälarenergi AB, 021 – 39 53 57,
jens.neren@malarenergi.se

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