

# ASKBLANDNINGAR I ANLÄGGNINGSPROCESSER

Användning av askblandningar vid:  
Provväg och täckning av tipp



Utskriven: 2002-01-10  
k:\81\_2\810582\eu-rapport\eu\slutrapport\eu-rapport (2003-03-24).doc

**SCANDIACONSULT SVERIGE AB**

Norra Kajen 1, Box 454  
851 06 Sundsvall  
Tfn 060-66 36 00  
Fax 060-61 49 84

**Kontor i region Nord:**  
Luleå • Härnösand • Hörnefors • Sundsvall •  
Umeå • Östersund

**Regionkontor finns i**  
Göteborg • Malmö • Stockholm •  
Luleå • Örebro

Säte i Stockholm • Org. nr 556133-0506

## Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	ii
Förord .....	iv
1 Sammanfattning.....	1
2 Bakgrund .....	2
3 Projektbeskrivning och uppfyllelse av syfte mål och målgrupp .....	5
3.1 Syfte.....	5
3.2 Mål.....	5
3.3 Målgrupp .....	5
3.4 Verksamhetsbeskrivning.....	6
4 Indikatorer .....	7
4.1 Nya skapade arbetstillfällen.....	7
5 Projektets påverkan på de genomgående (horisontella) kriterierna .....	8
5.1 Miljöförändrande insatser.....	8
5.2 Jämställdhetsinsatser .....	8
5.3 Internationalisering.....	8
6 Projektets övriga resultat och erfarenheter .....	9
6.1 Tätskikt, delprojekt 1 .....	9
6.1.1 Provytor .....	9
6.1.2 Lämpliga askor och bindemedel och blandningsförfaranden.....	9
6.1.3 Utförande.....	10
6.1.4 Byggande.....	13
6.2 Provväg, delprojekt 2.....	16
6.2.1 Projektering .....	16
6.2.2 Askor och bindemedel.....	16
6.2.3 Blandningsförfarande och masshantering .....	17
6.2.4 Byggande.....	19
6.3 Erfarenheter från försöken med provytor .....	22
6.3.1 Provyta Ålandsbrottippen (Ålandtippen), delprojekt 1 .....	22
6.3.2 Erfarenheter från utförandet.....	23
6.3.3 Kontroll av permeabilitet.....	23
6.3.4 Utvärdering av testcellen.....	24
6.4 Erfarenheter från provväg, delprojekt 2 .....	25
6.4.1 Erfarenheter från utförandet.....	25
6.4.2 Fältundersökningar .....	29
6.5 Kontroll av utlakning från askväg riksväg 90 .....	32
6.5.1 Bakgrund .....	32
6.5.2 Borrprovtagning.....	32
6.5.3 Analysparametrar och analysmetoder .....	34
6.5.4 Resultat .....	35
6.5.5 Diskussion.....	45
6.6 Slutsatser – Miljö.....	47
6.7 Tekniska krav .....	48
6.8 Ekonomi.....	48
6.9 Slutsatser.....	50
6.10 Framtida användning.....	51
6.10.1 Allmänt .....	51
6.10.2 Marknad.....	52

6.10.3	Potential.....	52
6.10.4	Materialprocessen vs Byggprocessen.....	53
6.10.5	Miljögeoteknisk bedömning.....	54
7	Resultatspridning samt skyltning.....	54
8	Övrigt.....	55
9	Litteraturreferenser.....	55
Bilaga 1	Materialundersökning och redovisning av undersökningsresultat.	
Bilaga 2	Kolonntest.	
Bilaga 3	Fältundersökningar.	
Bilaga 4	Utvärdering av sättningar på Riksväg 90.	
Bilaga 5	Flygaska som vägbyggnadsmaterial, Bygg och teknik, 1-2003.	
Bilaga 6	Markvattnets pH, m.m. och innehåll av metaller, Mitthögskolan.	
Bilaga 7	Miljöbalksseminarium om aska och slagg som alternativa vägbyggnadsmaterial.	

## Förord

Användning av aska och askblandningar i anläggningsprocesser är ett förhållandevis nytt tvärvetenskapligt område. För att arbetet med framtagning av restproduktbaserade material i anläggningstekniska applikationer ska kunna ge resultat krävs det att producenter, användare och miljömyndigheter har gemensamma mål, dvs. att höja återanvändning av restprodukter, minska åtgång av naturmaterial, bibehålla eller höja kvalitén på anläggningar och sist men inte minst begränsa miljöpåverkan.

Inom detta utvecklingsprojekt är ett stort antal intressenter engagerade, från askproducenter till användare. Härnösand Energi AB (HEMAB) är projektets huvudman. Scandiaconsult Sverige AB utförde ledning, planering och sammanställning av utvecklingsprojektet. I projektet har följande personer, utan inbördes rangordning bidragit med synpunkter och idéer: Bengt Taflin Envirodesign, Benny Ersson Vägverket Region Mitt, Bruno Edlund Kommunbränsle i Ådalen AB, Görgen Loviken SCA, Håkan Pihl Nordkalk, Ingemar Johansson SENAD, Ingmar Agrell Serva, Kjell Svedman SENAD, Lars Marcusson Cementa, Lotta Lind Merox, Roland Jonsson SCC, Per Skoglund SCC, Josef Mácsik SCC, Thomas Nilsson SCC, Per Westberg Skanska, Per-Lennart Svensson SUAB, Peter Edwall Dynäs AB, Peter Häggström HEMAB, Peter Rehnman Vägverket Region Mitt, Petter Lundqvist NCC, Sven Knutsson Luleå Tekniska Universitet, Rikard Thurdin Mitthögskolan, Torbjörn Carlsson Merox, Ulla Lundström Mitthögskolan, Valter Stenman Timrå kommun och Mariela Lindström Sollefteå kommun.

Rapporten som är sammanställd av Josef Mácsik SCC, inkluderar även en detaljerad undersökning av utlakning från teststräckan på riksväg 90, (kapitel 6) utförd av Rikard Thurdin, Mitthögskolan under ledning av professor Ulla Lundström.

Projektet finansierades med hjälp av medel från EU:s strukturfond Mål 1, SBUF, Vägverket region mitt, NCC, Skanska, Cementa, Merox/SSAB, Nordkalk, Scandiaconsult Sverige AB, Sundsvall Energi, SENAD, Härnösand Energi och Miljö AB.

Härnösands Energi och Miljö AB

Scandiaconsult Sverige AB  
Projektledare

Sigfrid Tjärnlund

Roland Jonsson

## 1 Sammanfattning

Denna nu aktuella rapport föregicks av två tidigare arbeten:

- inventering av restprodukter från pappersindustrin i Sundsvallsområdet (etapp 1)
- fältförsök där tätskiktstruktioner baserade på restprodukter från pappersindustrin undersöktes på Älandsbrotippen (etapp 2).

*Observera att ansökans beteckning för det aktuella projektet (etapp 3) var etapp 2. Av praktiska skäl används projektbeteckningen etapp 3 för denna rapport)*

Syftet med projektets etapp 3 var att visa vägen för ökad användning av askor och identifiera produkter/applikationer som med beaktande av miljökrav kan nyttjas i industriell anläggningsteknik. Under februari månad 2001 har studieresa/seminarium hållits för deltagare i projektet och andra intresserade. Regelbundna möten har hållits och information och kunskapsutbyte skett kontinuerligt inom projektgruppen.

I etapp 3 – delprojekt 1 utfördes förbättringsarbeten på den i etapp 2 byggda försökscellen på Älandsbrotippen, Härnösand. I etapp 3 delprojekt 2 utfördes fältförsök, baserat på laboratorieresultat, på en vägsträcka på riksväg 90. Avsikten med *hela projektet* var:

- att skapa mervärden för askproducenter, entreprenörer, samhället etc. genom framtagande av nya produkter, baserade på aska från biobränsle
- att kunna visa på positiva miljöeffekter genom ett sådant förfarande och att därigenom lägga grund för entreprenörskap, företagande/sysselsättning och bättre miljöprestanda på produktområdet.

I den första projektdelen utfördes förbättringsarbeten på en tidigare byggd försökscell (från etapp 2). Förbättringsarbetena utfördes för att få en bättre uppfattning om permeabiliteten hos de olika askblandningarna som nyttjades vid försöket. Kontrollen som utfördes efter förbättringsarbetet visade dock att testcellerna hade en lägre täthet än målet på  $10^{-9}$  m/s. Utvärderingen visade att det inte var tätskiktmaterialen, bestående av deponiaska (Älandsbrotippen), flygaska (SCA-Ortviken), grönlutslam (SCA-Östrand) och bentonit i olika blandningar och proportioner, som gav upphov till hela läckaget av vatten. Den teoretiskt beräknade permeabiliteten på ca  $10^{-6}$  m/s hos materialblandningarna orsakades i verkligheten av kantflöden som kan anses vara dominerande. I rapporten ges det förslag på utformning av framtida testceller för att undvika randeffekter och kantflöden som kan ge svårtolkade resultat.

Byggandet av vägsträckan (delprojekt 2) utfördes under vecka 25 och 26, 2001. Inför fältarbetet utfördes laboratorieförsök, där tre olika blandningsrecept togs fram. Dessa var blandning mellan färsk flygaska (SCA-Ortviken), deponiaska (Älandsbrotippen), Merit 5000 (finmald hyttsten med aktivator), cement och osläckt kalk. Blandningsrecepten, med tillhörande hållfasthets- och lakningsegenskaper samt permeabilitetsstudier, togs fram inför fältapplikationen. Askblandningarna har undersökts i laboratorium och fält med hjälp av nedanstående:

1. Grundläggande geoteknisk undersökning av befintlig provsträcka.
2. Bestämning av optimala proportioner vad gäller askblandningarnas sammansättning.
3. Analyser av totalinnehåll och lakningstest på en av blandningarna, stabiliserad med olika stabiliseringsmedel.
4. Optimering av bindemedelsblandning och bindemedelsmängd.

5. Fördjupad laboratorieundersökning inför fältförsök/fullskaleförsök. Vidare undersökningar på valda blandningar vad gäller tryckhållfasthet, tjäl- och frostbeständighet. Dessa utökade försök har utförts på blandningar som har valts ut för fältapplikation.
6. Övriga tester: värmeledningsförmåga och kapillaritet.
7. Fältundersökning vad gäller miljötekniska egenskaper. Jord- och grundvattenprover har undersökts vad gäller lakbarhet av metaller.

De optimerade blandningarna består till 50 % av torrsbstans (TS) deponiaska och 50 % av TS flygaska. Av denna grundblandning har tre olika recept tagits fram för pilotförsöket, med 5 % av olika stabiliseringsmedel (av TS askblandning):

- |   |   |
|---|---|
| 2 | grundblandning + 2,5 % cement och 2,5 % osläckt kalk. |
| 3 | grundblandning + 2,5 % cement och 2,5 % Merit 5000.   |
| 4 | grundblandning + 5 % cement.                          |

Fältarbetet bestod i att bygga en teststräcka (på riksväg 90) och instrumentera den inför framtida kontrollmätningar av tekniska parametrar och miljöduglighet. Arbetet med att hitta lämplig blandningsrecept och blandningsverktyg fungerade bra. Delsträckans tekniska egenskaper och miljöduglighet följdes upp under 2001 - 2002, dvs. drygt ett år efter utläggning. Provtagning i fält och geotekniska fältarbeten utfördes i flera omgångar. Provtagning av jord och vatten utfördes innan teststräckan byggdes och i olika omgångar efter avslutat vägbygge. Under byggnation installerades fältinstrument för mätning av sättningar, temperaturprofil, grund och porvatten.

Undersökningarna visar att de undersökta askblandningarna ger styvare väg enligt utförd fallviktsmätning. Askblandningarnas vattenkvot bör inte avvika mer än ca 5 % från materialets optimala vattenkvot. I grundvattenprov från grundvattenrören kunde inga förhöjda halter av metaller detekteras. Resultat som togs fram av Mitthögskolan visar att utlakningen av spårelement från askblandningarna är minimal och att bakgrundshalterna i vissa fall kan vara högre. Resultaten bör följas upp med fler provtagningar och analyser.

## 2 Bakgrund

Ansvar för olika restprodukter ligger numera på producenterna, vilket innebär att dessa även har ansvaret för att utveckla nya tekniker i syfte att minska avfallsmängder och utveckla nya produkter.

Omfattande utredningar har utförts i såväl Sverige som Finland gällande restprodukters olika användningsområden och möjliga miljöbelastningar. I Finland har under ett antal år restprodukter som aska mm använts vid vägbyggnad, utfyllnader, bindemedel vid djupstabilisering och tippäckning med gott resultat. I Sverige finns lämpliga restprodukter men det har funnits få användningsområden bl.a. orsakat av oklarheter om miljöduglighet och tekniska egenskaper.

I och med avfallsskatten som infördes 2000-01-01 kommer intresset att använda restprodukter som konstruktionsmaterial att öka såsom det har gjort i Finland. Deponiskatten uppgår idag till ca 370 kr/ton.

Scandiaconsults dotterbolag VIATEK OY i Finland har en ledande ställning beträffande forskning och produktutveckling inom området, dels vad beträffar undersökning av tekniska

och miljömässiga egenskaper, dels optimering av blandningsrecept för att uppnå specifika egenskaper. Scandiaconsult har arbetat med följande pilotprojekt beträffande restprodukter, huvudsakligen aska:

- Förbättring av grusvägar genom användning av avfallsprodukter från industrin, nedan kallat etapp 1.
- Tätskikt genom användning av askprodukter, nedan kallat etapp 2.

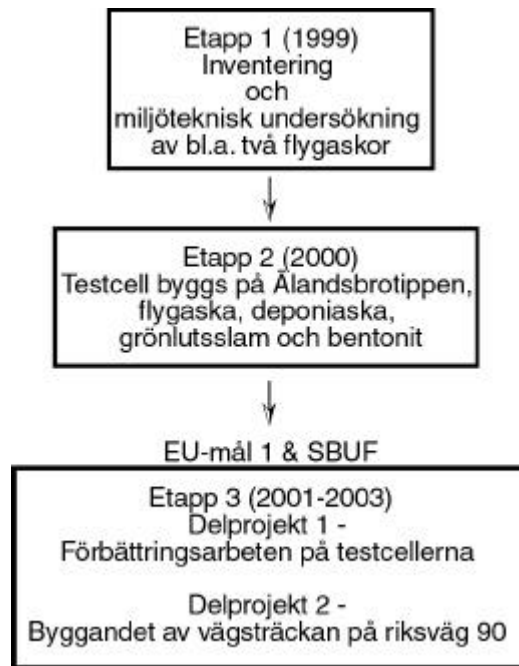
Intressenter och finansiärer i det första projektet är Vägverket Region Mitt, SCA och MODO samt Cementa förutom Scandiaconsult och VIATEK. I det andra projektet är det Härnösand Energi- och Miljö AB, (HEMAB), Vägverket Region Mitt, Banverket, Luleå Tekniska Universitet, Mitthögskolan, Länsstyrelsen i Västernorrlands Län, EU strukturfond, SCA, SENAD AB, Scandiaconsult Sverige AB, EnviroDesign och NCC som är involverade.

I samband med att projektet utökades har ytterligare intressenter kommit in i projektet; Merox, Nordkalk, Skanska, Timrå kommun och Sundsvalls Energi AB.

Inom Västernorrlands län finns det stora mängder aska och industriavfall samtidigt som behovet av bl. a. lämpligt vägbyggnadsmaterial och tipptäckningsmaterial är stort. Förutsättningar bedöms därför som goda att omvandla dessa avfall till lämpliga konstruktionsprodukter.

Inom projektets *etapp 1* har två askors lämplighet som överbyggnad i grusvägar undersökts, figur 2-1. Askorna som undersöktes var från MODO och SCA. Askorna bedömdes vid denna undersökning vara lämpliga att användas såväl med avseende på tekniska egenskaper som miljö. Ur teknisk synpunkt var det cement som var det bästa bindemedlet för askorna.

Inom projektets *etapp 2* har inventering av restprodukter i Västernorrland utförts liksom kravspecifikationer och litteraturinventering, figur 2-1. Laboratorieundersökning har utförts på blandningar av flygaska och grönlutslam från SCA samt aska från värmeverket i Härnösand med cement och bentonit som bindemedel. Lämpliga produkter har tagits fram och en provyta med tipptäckning har utförts på tre ytor med olika produkter samt en referensyta.



Figur 2-1 Projektens etappindelning.

Målet med etapp 1 och 2 var att stå som grund för ett blandningsförsök i större skala, *etapp 3*. I ansökans Etapp 2 är detta projekts etapp 3. I etapp 3 skulle målsättningen vara att definiera minst en produktblandning för fullskaleanvändning, samt projektera och inrätta industriella blandnings- och leveransfunktioner för vägar och/eller deponitäckning. Huvudman för projektet var Härnösand Energi AB.

Tabell 2.1 Nationell offentlig finansiering (uppdateras senare)

Namn	Betald kontantinsatts	Redovisad egeninsatts	Summa
Kommunbränsle i Ådalen AB	88485	1540	90025
Sundsvall Energi AB	50179	3821	54000
Härnösands Energi och miljö	48000	57756	105756
Timrå kommun	0	11075	11075
Länsstyrelsen	177000	0	177000
Vägverket Region Mitt	0	297530	297530
Mitthögskolan	0	75010	75010
Luleå Tekniska Högskola	0	35522	35522
<b>Summa</b>			<b>845918</b>

### **3 Projektbeskrivning och uppfyllelse av syfte mål och målgrupp**

#### **3.1 Syfte**

Syftet med utvecklingsprojektet (etapp 3) är att öka användning av askor, identifiera produkter/applikationer som utifrån nu rådande miljö kvalitets- och återvinningsmål kan nyttjas i industriell anläggningsteknik.

#### **3.2 Mål**

Inom detta arbete har fältförsök utförts vid täckning av en deponicell i Älandsbro i Härnösand och vid en 90 m provsträcka på riksväg 90, nordväst om Sollefteå. Avsikten med projektet är att skapa mervärden genom framtagande av nya askprodukter, att kunna visa på positiva miljöeffekter genom ett sådant förfarande och att därigenom lägga grund för entreprenörskap, företagande/sysselsättning och bättre miljöprestanda på produktområdet.

Inom den första delen av etapp 3 har försökscellerna (från etapp 2) konfigurerats för att få en bättre uppfattning om permeabilitetsvärden hos de olika blandningarna. Byggande av tätskikt, bestående av olika blandningar av askor utfördes 2000 (etapp 2) och modifieringsarbetet utfördes hösten 2001 (etapp 3).

Den andra delen av etapp 3, byggandet av delsträckan på riksväg 90 (Rv 90), där två olika askor, en lagrad och en färsk aska, blandades, utfördes 2001. Till blandningen tillsattes stabiliseringsmedlen, cement, kalk, och/eller Merit 5000. Blandningsrecept, med tillhörande hållfasthets- och lakningsegenskaper, permeabilitetsstudier ingick i laboratoriestudien. Fältarbetet bestod i att tillverka askblandningarna, bygga teststräckan (Rv 90) instrumentera den inför framtida kontrollmätningar och följa upp tekniska och miljöegenskaper.

I planeringsskedet av fältarbetet antogs luftbetong från SENAD ingå i en delsträcka. Askblandningar med cement har nyttjats i samtliga tre provsträckor. Däremot har luftporbildande materialblandning inte nyttjats, då luftbetong inte har hunnit undersökas i tillräcklig utsträckning.

Utöver EU:projektets ekonomiska ramar togs extra jordprover och dessa undersöktes i samarbete med Mitthögskolan. Provtagningsprogram för detta och analys av tagna prover utfördes av Mitthögskolan som ett led i ett pågående doktorandarbete.

Utifrån det koncept som togs fram i detta projekt planerar Vägverket Region Mitt att dels följa upp den befintliga vägsträckan och dels bygga en ca 1 km lång sträcka. Här kommer det att ges tillfälle att på ett bättre sätt följa upp frågor som berör ekonomi och produktionsteknik i en storskalig applikation.

#### **3.3 Målgrupp**

Målgruppen för projektet var askproducenter (energiföretag, industrier), anläggningsföretag (byggföretag, konsulter, Vägverket m. fl.) och miljöansvariga på kommun, länsstyrelse och industrinivå samt kunskapsföretag som konsulter och högskola.

Inom detta utvecklingsprojekt är ett stort antal intressenter engagerade, från askproducenter till användare. I projektet har följande företag, utan inbördes rangordning bidragit med synpunkter och idéer:

Envirodesign, Vägverket Region Mitt, Kommunbränsle i Ådalen AB, SCA, Nordkalk, SENAD, Serva, Cementa, Merox, SCC, Skanska, SUAB, Dynäs AB, HEMAB, NCC, Luleå Tekniska Universitet, Mitthögskolan, Timrå kommun och Sollefteå kommun.

### 3.4 Verksamhetsbeskrivning

I den nu aktuella projektetappen har följande utförts:

- kontroll av långtidsbeständighet i laboratorium hos de olika blandningarna
- identifiering av tre produkter, baserade på askblandningar, för fullskaleanvändning
- storskalig blandning
- uppföljning av teknik och miljö

Arbetet följer stegen i SCC-modellen, se figur 3-1 och innefattar delarna: inventering, materialkaraktärisering och fältförsök.



Scandiaconsult Sverige AB

Figur 3-1 SCC-modellen för användning av restprodukter i anläggningstekniska applikationer.

Vid användning av alternativa material kan utvecklingen delas in i flera steg. I förstudiestadiet har ett antal restprodukter inventerats och dess materialtekniska egenskaper karakteriserats. I utredningsstadiet utreddes lämpliga användningsområden som liner material vid toppäckning av deponier och som vägbyggnadsmaterial. Materialens miljöduglighet undersöktes i laboratorium. Materialens ingående halter av tungmetaller och Cs<sup>137</sup> kontrollerades och de olika blandningarnas lakbarhet och permeabilitet likaså. Baserat på den miljögeotekniska utredningen har två fältförsök utförts. Det första var linerapplikationen. Erfarenheterna från detta försök har nyttjats vid det andra fältförsöket på Rv 90. Utvärdering av materialens tekniska och miljömässiga egenskaper i fält kommer att ge indikation om materialens användbarhet.

## 4 Indikatorer

Det nu avrapporterade projektet är en del av ett långsiktigt utvecklingsprojekt, där målet är att få fram ett antal produkter baserade på biobrännslaskor. Askblandningarna som nyttjades i detta projekt uppfyller ej myndighetskrav på  $10^{-9}$  m/s. När det gäller askblandningar i vägkonstruktioner har i projektet tagits fram tre blandningar som fungerar både ur miljöteknisk och teknisk synpunkt. Dessa askblandningar kan utgöra bas för vidare projekt där huvudsyftet bör vara att lösa logistik- och entreprenadsfrågor.

### 4.1 Nya skapade arbetstillfällen

I detta skede är det för tidigt att bedöma projektet med indikatorer uttryckt som skapade arbetstillfällen och nybildade företag etc. Det står däremot klart att på lång sikt, 1 – 5 år, finns det en stor potential att:

- skapa arbetstillfällen hos större askproducenter, relaterade till hantering av askor där kvalitetssäkring, lagring, försäljning etc. ingår. Alternativt att en entreprenör köper upp askor från flera askleverantörer för distribution.
- skapa arbetstillfällen hos entreprenörer relaterat till tillverkning och utläggning av askblandningar. Under sommarhalvåret skulle blandning, transport och utläggning kunna sysselsätta ca fem personer.

På längre sikt skulle hantering, försäljning och utläggning kunna sysselsätta tre till fyra personer i Sundsvallsregionen. Idag finns det några tungt vägande bromsande faktorer vad gäller utveckling av ”askblandningprodukten”. Några av dessa faktorer är att:

- tillgången av torr biobrännslaska är begränsad till vinterhalvåret
- det saknas torrförvaringsmöjlighet
- krävs investeringskostnader för torrförvaring och uttag av torra flygaskor
- deponi och avfallskatten ligger på en för låg nivå idag för att initiera utvecklingen.

## **5 Projektets påverkan på de genomgående (horisontella) kriterierna**

### ***5.1 Miljöförändrande insatser***

De positiva miljöpåverkan kan summeras av följande:

- Minskad nyttjande av naturresurser som sand grus moränmassor.
- Ökad återanvändning.
- Bättre vägkonstruktion ur teknisk synpunkt, vilket kommer att minska behovet av underhåll på vägsträckan. Mindre material- och bränsleåtgång tack vare minskat behov av underhåll.
- Avsättning av restprodukter som konstruktionsmaterial.
- Minskade kostnader för skador på bilar, genom en jämnare och bättre väg, dvs. mindre känslighet mot tjälskador på vägen.
- Delar av transporten av askblandningen kan utföras exempelvis med ”tomma” transportbilar.

### ***5.2 Jämställdhetsinsatser***

Under projekttiden har könsfördelningen förbättrats genom anställning av en kvinnlig utredare (Scandiaconsult Sverige AB). Övrigt har fördelningen i projektgruppen inte förändrats under projektets gång.

### ***5.3 Internationalisering***

Erfarenheter vad gäller nyttjande av alternativa material har hämtats in från Finland, SCC-VIATEK. SCC-VIATEK utförde de miljögeotekniska undersökningarna som stod till grund för pilotförsöket på Rv 90. Projektgruppen startade projektet med en kombinerad studieresa/seminarium 2001, där SCC-VIATEK visade sitt laboratorium etc. Finska erfarenheter visar att nyttjande av biobränsle och kolaska i vägapplikationer är en ur miljö- och ekonomisk synpunkt bra och lönsam lösning.

## 6 Projektets övriga resultat och erfarenheter

### 6.1 Tätskikt, delprojekt 1

#### 6.1.1 Provytor

Tidigare blandningar av aska och cement, där cementinblandningen var ca 4 – 7,5 vikt % av torr substansen (TS), har visat att hållfasthetsökningen var markant, men att materialets permeabilitet var fortsatt hög,  $> 10^{-9}$  m/s. För att sänka askans permeabilitet har inblandning av andra restprodukter från pappersindustrin undersökts i detta projekt.

Täckningens syfte är att förhindra läckage av lakvatten genom att minimera lakvattenbildningen. Genom att minimera vatteninflödet minskas utflödet av lakvatten från en deponi. Täckningen ska motstå nedbrytande krafter, som kan medföra ett ökat läckage av vatten. Erosion, frostpåverkan, kemisk nedbrytning, uttorkning, rotgenomträngning, skadedjurspåverkan och grävning är exempel på de ”nedbrytande” processerna som linermaterial måste motstå.

Askan från Älandsbrotippen refereras i detta delprojekt som Älandaska. Utifrån de ovan beskrivna försöksresultaten har följande material valts ut för vidare undersökning:

Älandaska, ÄN

Flygaska (Ortviken) FO1

Grönlutslam, GLS

Portlandcement, PC

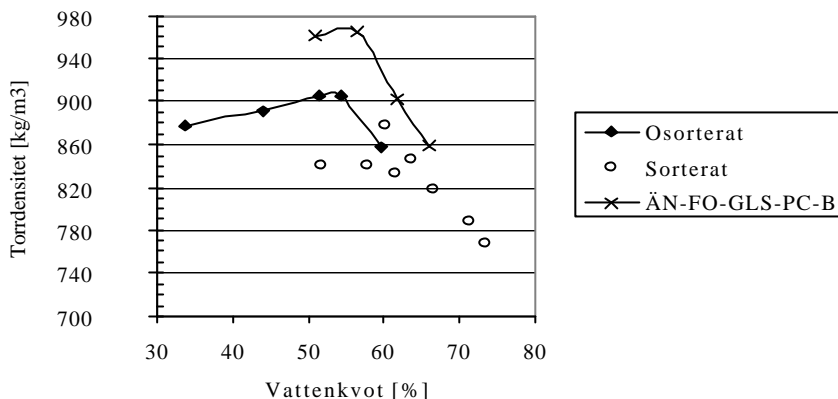
Bentonit, B.

#### 6.1.2 Lämpliga askor och bindemedel och blandningsförfaranden

Åtta blandningar har gjorts mellan ovan beskrivna material. Resultaten visar att blandningarnas maximala torrdensitet,  $\rho_d$ , ligger mellan 800 - 900 kg/m<sup>3</sup>, figur 6.1. Maximal  $\rho_d$  uppnås vid en vattenkvot mellan 50 och 55 %. Resultaten från mätning av permeabiliteten visar att blandningarna har en för hög permeabilitet jämfört med det krav på  $10^{-9}$  m/s som har ställts. Permeabiliteten var  $> 10^{-8}$  m/s i samtliga materialprov. De höga permeabilitetsvärdena beror bl. a. på att:

- blandningarnas vattenkvot var högre än den optimala,  $w$  var ca 5 % högre än  $w_{\text{optimal}}$ , se figur 6-1.
- Älandaskan var osorterad och innehöll en stor andel partiklar med fraktion  $> 2$  mm.
- Flygaskan från Ortviken var blöt, vilket medförde att askan härdade innan blandningen tillverkades. Detta medförde att flygaskan blev grovkornig och med sämre cementerande egenskaper.

För att få bättre bearbetbarhet på blandningarna är det viktigt att komma nära den blandningens optimala vattenkvot. De enskilda materialens vattenkvot låg mellan 87 och 100 %. Tillsatsmedlen bentonit och portlandcement var torra material, vilket sänkte blandningens vattenkvot. Vattenkvot som är högre än den optimala medför att materialets torrdensitet blir lägre än den maximala, vilket i sin tur medför att permeabiliteten hos materialet höjs.



Figur 6-1 Proctorkurva, osorterat och sorterat material, blandning av Älandaska och flygaska, grönlutslam, portlandcement och bentonit.

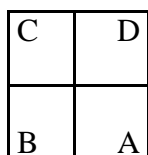
Åtgärder inför fältförsöket:

Älandaskan torkades och siktades, fraktionen < 20 mm användes. Askan torkades för att minska dess vattenkvot.

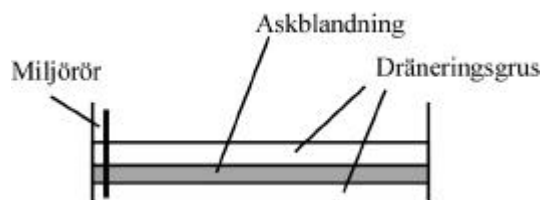
Flygaskan befuktas vid uttag från processen i SCA. Flygaskan nyttjades i blandningen ca 24 timmar efter uttag. Detta för att utnyttja askans härdningskapacitet i blandningen och för att undvika bildning av stora härdade agglomerat.

### 6.1.3 Utförande

Deponicellen är indelad i fyra delceller, A – D, figur 6-2 . I tre av cellerna har askbaserade barriärmaterial installerats, figur 6-3.



Figur 6-2 Försöksutformning, med cellerna A, B, C och D.



Figur 6-3 Cellutformning.

Materialen som har nyttjats var Älandaska ( $w \approx 106\%$ ), flygaska ( $w \approx 54,4\%$ ), grönlutslam ( $w \approx 70,1\%$ ), portlandcement ( $w \approx 0\%$ ) och bentonit ( $w \approx 10\%$ ). Blandningsarbetet utfördes i en  $6\text{ m}^3$  mouler rotortransporterare, figur 6-4. Blandarens rotationshastighet och blandningstiden varierade mellan ca 3 timmar (material till cell A) och 40 minuter, tabell 6-1. Blandningen till cell B tillverkades i två sats. Till cell A och B användes enbart en blandningssats, dvs. hälften av den planerade mängden.



Figur 6-4 Blandningsverktyg.

En sats motsvarade ca 10 - 26 cm utlagt barriärmaterial, beroende på blandningstyp, vattenkvot och packningsgrad. Packningen utfördes med hjälp av padda.

Tabell 6.1 Blandningsdata.

Blandnings data	totalt [minut]	Aktivitetsvarv på rotor		
		4-6 rpm	12rpm	4-6 rpm
		fyllning [minut]	blandning [minut]	tömning [minut]
Cell A	200	90	10	100
Cell B:1	45	15	10	20
Cell B:2	49	20	10	19
Cell C	74	35	10	29

#### Arbetsgång:

- Geomembran lades ut i fyra celler med bottendimensionen 5 x 5 m<sup>2</sup> per cell och en höjd på 1,5 m. Membranytan lutar mot ytterhörnen. Här ansamlas perkolerat lakvatten. Det är detta vatten som ska provtas och dess volym kontrolleras.
- Geotextil installerades som skydd för geomembranet.
- Nedre dräneringsgruslagret på 0,3 m installerades ovanpå geotextilen. Provtagningsrör sattes i ytterhörnen i varje cell.
- Ett nytt lager av geotextil installerades på dräneringsgruset.
- Barriärmaterial på 0,3 m installerades i två lager. Tre olika blandningar har använts. Barriärmaterialens torrdensitet har kontrollerats under utläggningsarbetet. Bentonittätning utfördes längs cellkanterna för att förhindra okontrollerat vattenläckage.
- Geotextil lades ut ovanpå barriärlagret.
- Ett övre dräneringsgruslager på 0,3 m lades ut på geotextilen.
- Det övre dräneringslagret vattenfylldes efter en härdningstid på 24 timmar. Detta ger en konstant belastning på barriärmaterialiet med ca 0,3 m vattenpelare.

Cell A – Älandaska (60 %), flygaska (30 %), portlandcement (5 %) och bentonit (5 %), figur 6-5.

Cell B – Älandaska (40 %), flygaska (30 %), grönlutslam (20 %), portlandcement (5 %) och bentonit (5 %), figur 6-5.

Cell C – Älandaska (60 %), flygaska (30 %) och bentonit (10 %), figur 6-5.

Cell D – Referenscell med geomembran. Geomembranmattan har svetsats i mitten.



Figur 6-5 Cellerna A-D, cell A närmast kameran, cell B vänster om cell A osv.

I tabell 6-2 redovisas de ingående materialens vattenkvot.

Tabell 6.2 De fem material som har använts i blandningarna.

Material	Skrymdensitet [kg/m <sup>3</sup> ]	w [%]
Älandaska	640	106
Flygaska	650	54,4
Grönlutslam	-	70,3
Portlandcement	-	0
Bentonit	-	10

#### 6.1.4 Byggande

Cell A – Älandaska, flygaska, portlandcement, bentonit

Blandningen utfördes med:

- 4032 kg älandaska, w 106%.
- 1140 kg flygaska, w 54,4 %.
- 164 kg portlandcement, w 0 %.
- 180 kg bentonit, w ca 10 %.
- blandningens vattenkvot var 85,1 %.
- i cellen har 5516 kg material lagts ut ( $m$ ),  $m_s$  var ca 3000 kg.

På grund av inkörningsproblem tog det lång tid att tillverka denna sats, ca 200 minuter. Materialet, efter blandning, såg bra ut till en början. Det gav ett ”torrt” intryck, det var lätt att packa. Det sista uttaget, ca 3,5 timmar efter start, var ett uppblött material, bestående av småkuler (pellets). Pelletmaterialets diameter var mellan 2 till 5 cm. Från en pulverformig konsistens bestod materialet mer och mer av pellets. Tiden som blandningen bearbetas under har en stor betydelse för materialets konsistens. I denna cell lades enbart en sats. Höjden på barriären blev ca 28 – 22 cm. Cellkanterna tätades med hjälp av bentonitpulver och bentonitpasta. Även provtagningsröret tätades. Blandningens, dvs. linermaterialets, vattenkvot,  $w$ , var 85,1 %, tabell 6-3. Materialets optimala vattenkvot ligger på 57 % och maximala torrdensitet,  $r_d$ , var 869 kg/m<sup>3</sup>. Den uppnådda  $r_d$  i fält var 737 kg/m<sup>3</sup>, dvs packningsgraden var 84,8 %. Efter packningsarbetet lades det ut geotextil och ett ca 5 cm gruslager. Därefter packades materialet med en tung padda. Efter packningsarbetet lades det ut drängrus, totalt ca 30 cm. Kontroll av  $r_d$  och packningsgrad kommer att utföras i nästa etapp.

Tabell 6.3 Blandningsförhållanden i cell A. Blandningens  $w$  var 85,1 % vilket är ca 20 % högre än materialets optimala  $w$ .

A	Planerad andel	Andel	w	$m_s$ [kg]	$m$ [kg]
Älandaska	60%	65%	106%	1957	4032
Flygaska	30%	24%	54%	738	1140
Cement	5%	5%		164	164
Bentonit	5%	5%	10%	164	180
Blandningen			85,1%	ca 3000	5516

Erfarenheterna från arbetet med cell A visar att packningsarbetet bör begränsas för att undvika pelletsbildning och uppblötning av materialet. De ingående materialens vattenkvot låg på 85,1 %. Denna vattenkvot ligger 19 % över den optimala. Blandningens skrymdensitet,  $r$ , ökade med tiden. Den initiala skrymdensiteten,  $r$ , var ca 780 kg/m<sup>3</sup>, efter ca 1,5 timmar var  $r$  860 kg/m<sup>3</sup> och efter ca 3 timmar 920 kg/m<sup>3</sup>. Pelletiseringen medför med andra ord en porminskning, dvs. kompaktering av materialet.



Figur 6-6 Utläggingsarbete i cell A.

Blandningen transporterades från blandare till cell med hjälp av en hjullastare, figur 6-6. Skopan som användes till arbetet med cell A byttes ut till en större för de andra cellerna. Antalet transporter minskade från ca 8 – 10 till hälften. Därmed kunde blandningstiden minskas avsevärt. I cell B och C användes den större skopan, samt en extra hjullastare för spridning av den utlagda blandningen.

#### Cell B – Ålandaska, flygaska och bentonit

Blandningen per sats utfördes med:

- 4045 kg Ålandaska, w 106%.
- 1135 kg flygaska, w 54,4 %.
- 362 kg bentonit, w ca 10 %.
- blandningens vattenkvot var 80,0 %, sats 1 och 83,2 %, sats 2.
- i cellen har 5542 kg material lagts ut ( $m$ ) i 2 satser,  $m_s$  var ca 3050 kg per sats.

Tillverkningen av denna sats, från inmatning till uttag, tog ca 40 minuter. Materialet, efter blandning, såg bra ut under hela processen. Det gav ett ”torrt” intryck, det var lätt att packa. Det sista uttaget gjordes efter ca 40 - 45 minuter. Blandningens konsistens var som en odlingsjords, dvs. jordig. En tid på < 45 minuter ger bra materialkonsistens. I denna cell lades blandningen ut i två satser. Både den första och andra satsen har packats. Före packning var första satsens tjocklek ca 30 cm. Totalhöjden på barriären efter packning av båda satserna blev 29 cm. Cellkanterna tätades med hjälp av bentonitpulver och bentonitpasta för båda skikten. Även provtagningsröret tätades. Efter packningsarbetet lades det ut geotextil och ett ca 30 cm gruslager. Därefter packades materialet med en tung padda.

Erfarenheterna från arbetet med cell B visar att blandningsarbete som inte överstiger ca 45 minuter ger inte upphov till pelletsbildning och uppblötning av materialet. Det sista uttaget innehöll dock en mindre andel pelletsmaterial. Blandningens skrymdensitet ökade inte med tiden under för de första 40 minuterna. Den initiala skrymdensiteten,  $r$ , var ca  $780 \text{ kg/m}^3$ , efter ca 40 minuter var  $\rho$   $740 \text{ kg/m}^3$ . Sats 1 hade en konstant skrymdensitet med tiden,  $780 \text{ kg/m}^3$ .  $r$  i sats 2 varierade mellan 700 och  $780 \text{ kg/m}^3$ .

Blandningarnas vattenkvot låg på 80,0 % för sats 1 och 83,2 % för sats 2, tabell 6-4 och 6-5. Materialets optimala vattenkvot är 60,2 % och maximala torrdensitet är 877 kg/m<sup>3</sup>. Cellmaterialets torrdensitet var 600 kg/m<sup>3</sup> och packningsgrad 68,4 %.

Tabell 6.4 Blandningsförhållanden i cell B sats 1 och 2. Blandningarnas  $w$  var 80,0 %, vilket är ca 20 % högre än materialets optimala  $w$ .

B(sats1)	Planerad andel	Andel	$w$	$m_s$ [kg]	$m$ [kg]
Älandaska	60%	65%	106%	1964	4045
Flygaska	30%	24%	54%	735	1135
Bentonit	10%	11%	10%	329	362
Blandningen			80%	ca 3050	5542

Tabell 6.5 Blandningsförhållanden i cell B sats 2. Blandningarnas  $w$  var 83,2 %, vilket är 23 % högre än materialets optimala  $w$ .

B(sats2)	Planerad andel	Andel	$w$	$m_s$ [kg]	$m$ [kg]
Älandaska	60%	65%	106%	1964	4045
Flygaska	30%	24%	54%	735	1135
Bentonit	5%	11%	10%	329	362
Blandningen			83,2%	3050	5542

Cell C – Älandaska, flygaska, grönlutslam, portlandcement och bentonit

Blandningen utfördes med:

- 2969 kg älandaska,  $w$  106%.
- 1249 kg flygaska,  $w$  54,4 %.
- 680 kg grönlutslam,  $w$  70 %.
- 181 kg portlandcement,  $w$  0 %.
- 199 kg bentonit,  $w$  ca 10 %.
- blandningens vattenkvot var ca 71 %.
- i cellen har 5278 kg material lagts ut ( $m$ ),  $m_s$  var ca 3080 kg.

På grund av att blandningen var för fuktig, flygaskan hade en för hög vattenkvot, 54,4 % istället för < 15 %, och grönlutslammet hade en  $w$  på 70 %, tillverkades enbart en sats av denna blandning. Blandningsförhållandena har justerats redan från start, mängden grönlutslam som har använts minskades ner till ca hälften av den planerade mängden. Grönlutslammet innehöll en del mesa/kalk.

Tabell 6.6 Blandningsförhållanden i cell A. Blandningens  $w$  var 85,1 % vilket är ca 18 % högre än materialets optimala  $w$ .

C	Planerad andel	Andel	$w$	$m_s$ [kg]	$m$ [kg]
Älandaska	40	48%	106%	1441	2969
Flygaska	30	27%	54%	809	1249
GLS	20	13%	70%	399	680
Cement	5	6%		181	181
Bentonit	5	6%	10%	181	199
Blandningen			71,3%	3080	5278

Blandningen har pelletiserats direkt. Diametern på pelleten var 6–10 cm. Pelletiseringen orsakades av grönlutslammet (GLS). GLS hade en lerig konsistens och var svår att homogenisera med askorna. Pelletens kärna bestod av GLS. Blandningen hade en förhöjd vattenkvot, 71,3 %, tabell 6-6. Den optimala vattenkvoten ligger på 56,4 %. Packningsarbetet

försvårades av denna höga vattenkvot. Pelletmaterialet har kompakterats med hjälp av en skopa. Skopan har pressat sönder pelleten och komprimerat blandningen. Kanterna har tätats med bentonitpasta och bentonitpulver. Barriären packades med en lätt padda. Blandningens torrdensitet var  $846 \text{ kg/m}^3$ . Materialets maximala torrdensitet ligger på  $965 \text{ kg/m}^3$ , vilket ger en packningsgrad på 87,7 %.

Tjockleken på barriären blev 10,5 cm, dvs. en tredjedel av den planerade tjockleken. Efter packningsarbetet lades det ut geotextil och ett ca 5 cm gruslager. Därefter packades materialet med en tung padda. Efter packningsarbetet lades det ut drängrus, totalt ca 30 cm.

Erfarenheterna från arbetet med cell C visar att materialets vattenkvot är en viktig faktor vid blandningen. En för hög vattenkvot hos materialet ger liknande effekt som en för lång blandningstid, dvs. blandningen pelletiseras. De ingående materialens vattenkvot låg på 71,3 %. Denna vattenkvot ligger över den optimala.

*Cell D – Referenscell med geomembran.*

Som referenscell används geomembran som är svetsad i mitten.

## **6.2 Provväg, delprojekt 2**

### *6.2.1 Projektering*

Provsträckan är 120 m, och bestod av tre olika askblandningar (30 m var), samt en referenssträcka (30 m). I referenssträckan har traditionellt material använts i överbyggnaden. Inför fältarbetet har vatten och jordprover tagits längs provsträckan. Detta för att kunna jämföra eventuella halt- och innehållsförändringar. Tre grundrecept på blandningar har tagits fram baserade på laboratorieundersökningar vad gäller teknik och miljö. Provsträckan har instrumenterats för att följa upp sättningar, tjällyftning, temperatur, innehåll och lakbarhet. Fältsträckan följdes upp till och med sommaren 2003. Blandningen utfördes på Älandsbrotippen, ca 12 mil från provsträckan, då det av praktiska skäl inte var möjligt att utföra blandningen på plats. Den ursprungliga vägprojekteringen utfördes av VUAB. Provsträckan var ett problemområde med stora skador orsakade av tjäle.

### *6.2.2 Askor och bindemedel*

Valet av de askor och askblandningar som nyttjades i pilotprojektet baserades på tidigare utförda undersökningar. Två askor, en deponiaska och en färsk flygaska nyttjades vid försöket.

Deponiaskan är en blandning av flyg och bottenaska från torv- och biobränsleförbränning. Askan har legat på deponi under en längre tid, > 1 år. Deponiaskan har härdat, har hög vattenkvot (<120 %) och dess pH ligger runt 8. Deponiaskan har minimal härdningsförmåga.

Den färsk flygaskan är från SCA –Ortviken, från förbränning av biobränsle. Uttag av flygaska utfördes i samband med bygget av försökssträckan och flygaskan var inte äldre än högst några dagar. Flygaskan kunde inte tas ut i torrt tillstånd, pga damningsrisken. Vid uttaget tillsattes därför ca 10 – 20 % vatten. I och med att askan var varm avdunstade en stor del av vattentillsatsen. Tillsats av vatten medför härdning, vilket minskar askans kvarstående härdningspotential. Flygaskans ursprungliga pH var ca 12,7.

Tillsatsen av färsk flygaska till deponiaskan görs för att askblandningen ska kunna härda ihop. För att förbättra härdningen har även cement, kalk och Merit 5000 tillsats i basblandningen.

Laboratorieundersökning utfördes med olika blandningsförhållanden mellan askor och tillsatsmedel. Utifrån dessa blandningsrecept togs tre grundrecept fram och undersökts vidare vad gäller tekniska egenskaper och miljöduglighet.

Laboratorieundersökningen utfördes på en basblandning bestående av deponiaska (50 % av TS) och flygaska (50 % av TS). Till denna basblandning har tre olika stabiliseringsmedel tillsatts.

- |              |  |
|--------------|--|
| Blandning 1. | 2,5 % portlandcement och 2,5 % kalk (osläckt). |
| Blandning 2. | 2,5 % portlandcement och 2,5 % merit 5000.     |
| Blandning 3. | 5 % portlandcement.                            |

Laboratorietillverkade provkroppar undersöktes med avseende på hållfasthet, tjälbeständighet, beständighet mot frost och upptining etc. bilaga 1. Totalinnehåll och lakning av miljöbelastande ämnen kontrollerades på blandningarna, bilaga 2. Resultaten från laboratorieundersökningen visar att dessa tre recept ger olika resultat. Askblandningen med 5 % cement ger de högsta hållfasthetsvärdena. Askblandningen med 2,5 % cement och 2,5 % kalk ger de bästa frostbeständighetsvärdena medan inblandning av 2,5 % cement och 2,5 % Merit 5000 ger den lägsta lakbarheten för ett stort antal metaller.

För samtliga blandningar gäller att den optimala vattenkvoten är ca 55 % och den högsta torrdensiteten, vid 100 % packningsgrad, ligger på ca 900 – 950 kg/m<sup>3</sup>. Askblandning med högre vattenkvot medför att kompakteringen blir ineffektiv, med sämre teknisk prestanda som resultat. Lägre vattenkvot medför att härdningen inte kan komma igång och askblandningens hållfasthet blir sämre. Laboratorieundersökningen visade att vattenkvoten bör ligga på optimal vattenkvot ± 10 %.

Kontroll av askornas vattenkvot visade att deponiaskans w låg på ca 90 – 100 %, flygaskans w låg på ca 0 – 10 %. Tillsatsmedelens vattenkvot var ca. 0 %. Den färdiga blandningens vattenkvot låg mellan 48 – 60 %.

### 6.2.3 *Blandningsförfarande och masshantering*

Blandningsverk för att blanda massorna hyrdes in från Br. Andersson Åkeri&Gräv. Blandningsverket hyrdes under en vecka. Blandarverket är en tvångsblandare byggd på lastväxlararm för blandning av aska och bindemedel. Utrustningen består av:

- Styrsystem.
- Vågar.
- Bindemedelssilo.
- Bandmatare.
- Elverk.
- Drivkälla DEUTZ FL6 912.
- IBC godkända dieseltankar.
- Oljenivåvakter och automatstopp för att minimera utsläpp av olja i naturen vid t. ex. slangbrott.
- Alla maskiner är utrustade med spillberedskap.
- Fullständig verkstadsutrustning i container för att kunna minimera ev. stillestånd och ändra inställningar.

Verktygets kapacitet ligger på ca 40 ton färdig blandning per timme. Noggrannhet för bindemedelsinblandning anges till 5% av tillsatsmängden.

Vidare tillkom bindemedelsbuffert, bulksläp, lastmaskin samt vattentank.

Blandningen och utläggningen av askblandningen utfördes vecka 26, 25 – 29 juni. Under vecka 24 har deponiaskan grävts upp från deponin och lagts upp i strängar. Syftet var att minska deponiaskans vattenkvot från 120 – 200 % till under 100 %. Flygaska från SCA-Ortviken transporterades ut till deponin den 21, 25 –28:de juni. Kontroll av den färdiga blandningens vattenkvot visade att den låg mellan 48 – 60 %. På grund av torrt och varmt väder under utförandeperioden har deponiaskans vattenkvot minskat till ca 90 %.

Uppläggning av deponiaskan i strängar var en effektiv torkningsmetod.

För att beräkna blandningsförhållandet i fält kontrollerades askornas vattenkvot och skrymdensitet. Utifrån dessa parametrar beräknades volymförhållandet mellan askorna. Askorna blandades i volymproportion: en skopa flygaska och två skopor deponiaska. Detta för att uppnå en blandning mellan deponiaska och flygaska som motsvarar ca 50 % TS flygaska och 50 % TS deponiaska. Som det framgår av tabell 6-7 var förhållandet i fält 55 % TS deponiaska och 45 % TS flygaska. I och med att deponiaskan blev allt torrare ökade TS andelen deponiaska till ca 57 % TS mot slutet av fältarbetet. Laboratorieundersökningen gjordes på blandningar med 50 % TS deponiaska respektive flygaska.

Askblandningen har lagts upp skopvis i hög. När ca 30 m<sup>3</sup> har tagits fram har blandningen lastats över i en behållare. Från behållaren matades blandningen med hjälp av bandmatare försedd med våg. I blandningsbehållaren tillsattes rätt mängd, 5 %, stabiliseringsmedel till askorna. Efter homogenisering genom tvångsblandaren, matades den färdiga blandningen ut med bandmatare, se figur 6-7. Utmatningshastigheten låg på ca 40 ton/timme. Från lastning på Ålandsbrotippen till provsträckan tog det ca 4 – 6 timmar.

*Tabell 6.7 Blandningsförhållanden i fält.*

	Deponiaska	Flygaska
Skrymdensitet, kg/m <sup>3</sup>	660,1	570,7
Vattenkvot, %	100	5
Vikt, kg (per m <sup>3</sup> )	660,1	570,7
Torrdensitet, kg/m <sup>3</sup>	330	540
Fältblandning - skopmängd	2	1
TS förhållandet %	55	45

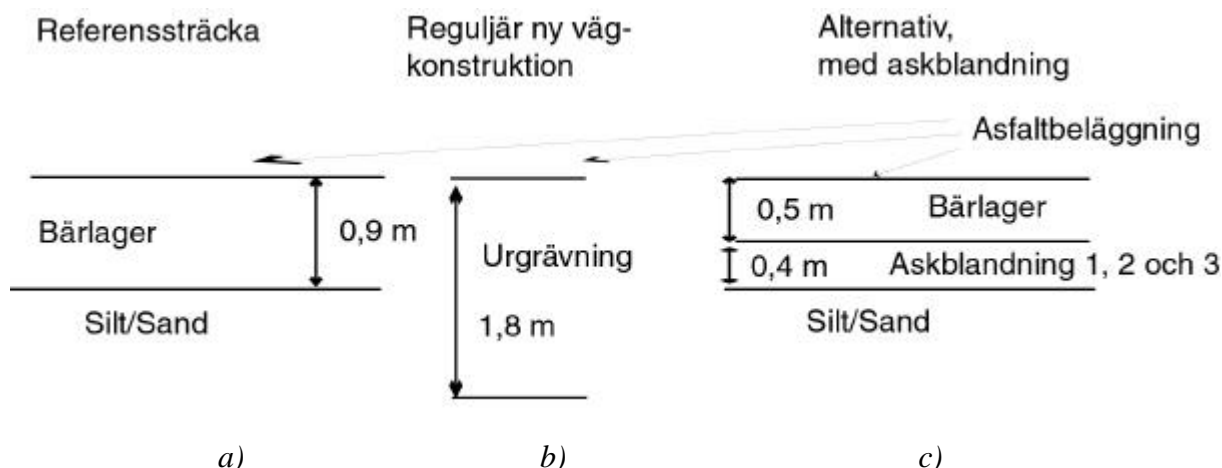


*Figur 6-7 Tillverkning av askblandningen med hjälp av blandningsverk och lastning av den färdiga blandningen på lastbilar, Ålandsbrotippen, Härnösand.*

Askorna har efter blandning transporterats ut till Rv 90. Lastbilarnas kapacitet låg på mellan 25 – 35 ton askblandning per last. Askans skrymdensitet låg på ca 780 – 900 kg/m<sup>3</sup>.

#### 6.2.4 Byggande

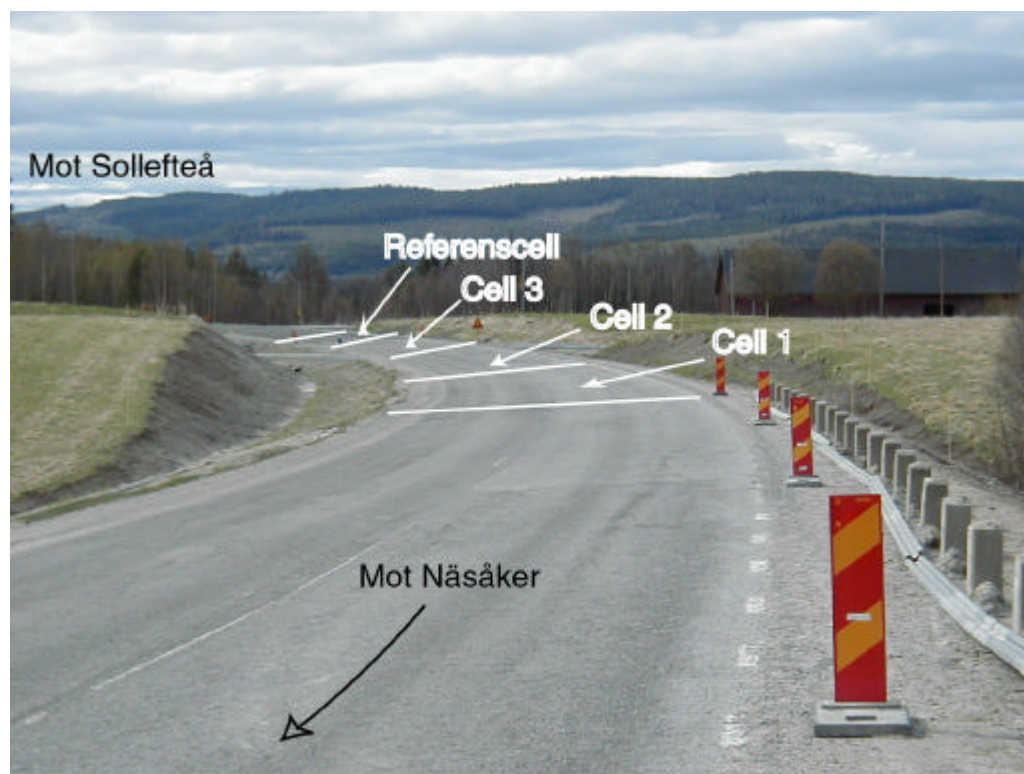
Teststräckans profil ligger i skärning, den naturliga jorden utgörs av silt och sand. Före reparationen av vägen var överbyggnaden ca 0,9 m. Motsvarande konstruktion användes vid försöken som referenssträcka, figur 6-8 a. Konventionell förstärkning innebär 1,8 m urgrävning och återfyllning med förstärknings- och bärlager, figur 6-8 b och c. Teststräckan, där askblandningen installerades, grävdes ur 0,9 m och 0,4 m askblandning lades ut och kompakterades. Utläggningen utfördes i två skikt. Skrymdensiteten på den packade askblandningen var mellan 1,2 och 1,5 ton/m<sup>3</sup>. Packningsgraden ligger på ca 85 – 90 %. På askan lades sedan en överbyggnad på ca 0,5 m. Vid utläggningsarbetet installerades ena halvan av vägbanan först, medan trafiken kunde släppas fram på den andra halvan. Efter utläggning av förstärkningslager på askblandningen kunde trafiken släppas fram på den nyinstallerade halvan, medan den andra halvan kunde åtgärdas.



Figur 6-8 Principskiss, a) före reparation och referenssträcka, b) den nya vägkonstruktionen och c) den nya vägkonstruktionen med askblandning.

Teststräckan delades in i tre delsträckor, figur 6-9. I delsträcka 1 har en blandning bestående av deponi/flygaska med cement och kalktillsats använts. I delsträcka 2 nyttjades tillsatsmedlen av cement och Merit 5000. I den sista delsträckan var det enbart cement som användes som tillsatsmedel. Följande tre askblandningar installerades på teststräckan:

- Delsträcka 1 (4/900 – 4/870) består av askblandning 70:30 med 5 % cementtillsats.
- Delsträcka 2 (4/840 – 4/840) består av askblandning 70:30 med 2,5 % cement- och 2,5 % merit 5000.
- Delsträcka 3 (4/840 – 4/810) består av askblandning 70:30 med 2,5 % cement- och 2,5 % kalktillsats.
- Den fjärde delsträckan är referenssträckan (4/810 – 4/780).



Figur 6-9 Cellindelning av provsträckan på Rv 90.

Tabell 6.8 Överslagsmässig beräkning av totala mängden askblandning som har lagts ut i väggkroppen.

	Deponiaska	Flygaska	CaO	Cement	Merit 500	Blandning
w, %	85	10	0	0	0	50
TS, %	45	100	100	100	100	-
1 ton blandning består av, kg	667	286	7,9	31,7	7,9	1000
1 ton blandning består av kg torrs substans	360	260	7,9	31,7	7,9	668
Tillsats av vatten						
Torr densitet ton/m <sup>3</sup>						0,87
Volym, m <sup>3</sup>						301
total TS i ton						262
Total TS fördelning, %	54,0	38,9	1,2	4,8	1,2	100
Totalt TS i ton	141,3	101,8	3,1	12,4	3,1	262
<b>Totalt i våtvikt i ton</b>	<b>261</b>	<b>112</b>	<b>3,1</b>	<b>12,4</b>	<b>3,1</b>	<b>392</b>

Från vägningen av uttransporterad askblandning framgår att ca 392 ton material har transporterats ut till Rv 90, se tabell 6-9. I tabell 6-8 har en överslagsmässig beräkning på materialåtgång gjorts. Med antagandet att deponiaskans  $w$  ligger på ca 85 % och att flygaskans  $w$  är 10 %. Dessa värden och blandningsförhållandet 1:1 i TS vikt ger att blandningens vattenkvot ligger på ca 50 %. Den totala volymen som har lagt ut är ca 301 m<sup>3</sup>.

Fältblandningen utfördes överslagsmässigt. De värden som användes för att beräkna mängdförhållandet utgick från att askornas vattenkvot och densitet var homogen. I det aktuella fallet var en för låg vattenkvot ett problem, pga. varmt sommarväder med mycket sol och inget regn. Ihållande regn kan påverka resultatet åt andra hållet, askblandningen blir då för fuktig, vilket kan försvåra utläggning och packning av materialet.

Utläggning av delsträckorna utfördes under tre dagar, se tabell 6.9.

Tabell 6.9 Mängd askblandning som har lagts ut i cellerna 1 – 3 och askblandningens skrymdensitet efter packning. C/K är blandningen med cement/kalk, C/M är cement/merit och C/C är enbart cement.

Cellnummer	Datum	Mängd, ton	Blandning	w, %	Skrymdensitet, ton/m <sup>3</sup>
3:1 (vvh)	26 juni	84	C/K	59	1,4
2:1(vvh)	27 juni	59,7	C/M	43	1,2
1:1(vvh), 1:2(hvh)	27 juni	131,3	C/C	45 - 54	
2:2(hvh)	28 juni	65,9	C/M	52	1,3
3:2(hvh)	28 juni	51,2	C/K	44	1,2

vvh – vänster vägghalva

hvh – höger vägghalva

### 6.3 Erfarenheter från försöken med provytor

#### 6.3.1 Provyta Älandsbrottippen (Älandtippen), delprojekt 1

I denna projektdel undersöktes restprodukter från ved- och torvförbränning samt från pappersindustrin. Restprodukterna som användes var aska från Älandtippen, flygaska från SCA-Ortviken, grönlutslam från SCA-Östrand. För att förbättra restprodukternas materialtekniska egenskaper i applikationen som barriärmaterial, har portlandcement och bentonit använts i blandningarna. De i undersökningen använda materialen har bedömts och förädlats i syfte att förbättra slutproduktens materialtekniska egenskaper.

Älandaskan, som är en blandning av bottenaska och flygaska, har deponerats på Älandtippen. Askan har befuktats som medförde viss stabilisering genom härdningsprocesser. Älandaskan har visat sig vara ett ”grovt” material, > 20 vikt % TS är i grusfraktion. Askan har därmed en förhållandevis hög permeabilitet, >  $5 \cdot 10^{-9}$  m/s. Laboratorieundersökningen visade att högre torrdensitet ger lägre permeabilitetsvärden. Askan har ”förädlats” genom siktning, dvs. fraktionen > 2 mm har tagits bort. Vidare har askan en hög ursprunglig vattenkvot, > 120 %. Vattenkvoten har sänkts genom att materialet har torkats i fält. Miljöundersökningen visade att askan är ett material som har ett pH på ca 8. Lakningsundersökning visade att askan innehöll något förhöjda halter av As, Cd, Cu, Ni och Zn. Som jämförelse har generella riktvärden för förorenad mark nyttjats. Det är enbart halterna av As och Cd som överstiger riktvärdesnormen för mindre känslig markanvändning med grundvattenskydd (MKM-GV). Lakningsstudien visar att trots intensiv lakning, skakförsök vid L/S lika med 2, var urlakningen av As, Cd, Cu, Ni och Zn enbart några promille av askans totalinnehåll. Urlakningen av de så kallade miljöbelastande ämnena är låga. Fältprover på lakvatten från askdeponin har analyserats vid två tillfällen. Lakvattenprovernas halter av de undersökta elementen (Cd, Cu, Ni, Pb och Zn) låg under Berlinlistans riktvärden för grundvatten och under den dricksvattennorm som gäller för *vatten ur egen brunn utan anmärkning (NV rapport 4311)*. Askornas halter av As, Cd, Cu, Pb, Ni och Zn är något förhöjda, men både lakförsök och fältundersökningar har visat att urlakningen av dessa ämnen är marginell från askorna.

Flygaskan från Ortviken innehåller förhöjda halter av Cd och Zn. Dessa överstiger riktvärdena som gäller vid mindre känslig markanvändning (MKM). Lakningsförsöken visar att utlakningen av Cd och Zn är låga, enbart ca 0,06 % av totalinnehållet har lakats ut vid skakförsöken. Gipsslammet innehåller förhöjda halter av Ni och V, som överstiger de svenska riktvärdena för mindre känslig markanvändning (MKM). Detta material har inte undersökts vad gäller utlakningsegenskaper.

Restprodukterna kommer att användas blandade med bindemedel, portlandcement och bentonit. Vid laboratorieundersökningen har enbart de ”rena” restprodukterna lakats. Tidigare erfarenheter visar att en tillsats av cement kan minska de utlakade mängderna av bl.a. Cd, Cr, Cu, V och Ni, (Mácsik 1999). Cementtillsatsen medför en kemisk-fysikalisk stabilisering av restprodukten, dvs. de nämnda metallerna fastläggs och/eller cementeras.

Vid ”stabilisering” med cement kommer materialets (aska-/cementblandningens) permeabilitet att sänkas. Ju färskare askan är desto lägre blir den uppnådda permeabiliteten. Lägre permeabilitet, en inkapsling av ”askans partiklar” och en eventuell kemisk stabilisering medför en minskad urlakning av eventuella miljöbelastande ämnen. Karbonatisering och mineralbildning kommer att medföra att barriärmaterialens permeabilitet kommer att minska med tiden. Dock är askbaserade linermaterial basiska och fungerar inte bra i sura miljöer.

Arbetet med modifiering av testcellerna är avslutat. Uppföljningen av deponicellerna är av stort intresse. Projektet kommer att fortsätta med Mål 1 pengar från EU:s strukturfond. I detta arbete kommer utvärdering av materialens långtidsbeständighet och tjälningsegenskaper att avslutas.

Av intresse är att kontrollera hur frysning och tining påverkar linermaterialens permeabilitet. Topp- och botten tätning med hjälp av geomembran, och bentonitmatta är en dyr ”behandlingsmetod”. I många fall kan motsvarande tekniska egenskaper uppnås genom användning av förädlade ”restprodukter”. För att ta fram ”alternativa material” behövs det ett fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete.

Inom ramen för projektet har även andra nya material med betongliknande egenskaper tagits fram, baserade på aska och cement. Dessa material har av olika skäl inte kunnat undersökas med samma noggrannhet som de valda blandningarna i vägprojektet men har i vissa fall (SENAD) stor potential, eftersom dess densitet, täthet/vattengenomsläpplighet osv. kan skraddarsys för viss applikation. Dokumentation av dessa material behöver kompletteras vid framtida användning.

### 6.3.2 Erfarenheter från utförandet

Erfarenheterna från utförandet visar att blandning med cementblandare fungerar dåligt. Mängden askblandning som kan tillverkas är liten och kvaliteten på det tillverkade materialet är dålig. Det bildas kulor av materialet som är svår att packa pga. att askblandningarnas vattenkvot låg över optimal vattenkvot. Ett annat problem var att cellkonstruktionen inte höll tätt i kanterna. Detta har medfört att inga prover har kunnat tas. Cellerna har modifierats under hösten 2001 och mätningar av permeabilitet återupptogs under juni 2002.

### 6.3.3 Kontroll av permeabilitet

Vid besiktning av testcellerna (sommaren 2002) var samtliga celler vattenfyllda upp till grusmaterialets överyta. Detta innebar att belastningen på linermaterialen var ca 0,5 m vattenpelare. Vid kontroll av vattennivån under tätskiktet visade det sig att även grusmaterialet under tätskiktet var vattenfyllt. Alla celler var med andra ord vattenfyllda. För att kunna mäta/uppskatta tätskiktets permeabilitet pumpades det nedre gruslagrets vatteninnehåll ut. Det övre dränsiktets vattennivå kontrollerades under utpumpningen. Cellerna A, B och C består av tätskiktetsblandningar som beskrivs nedan:

- Cell A – Älandaska (60 %), flygaska (30 %), portlandcement (5 %) och bentonit (5 %), tabell 6-3.
- Cell B – Älandaska (40 %), flygaska (30 %), grönslutslam (20 %), portlandcement (5 %) och bentonit (5 %), tabell 6-4 och 6-5.
- Cell C – Älandaska (60 %), flygaska (30 %) och bentonit (10 %), tabell 6-6.
- Cell D – Referenscell med geomembran. Geomembranmattan har svetsats i mitten.

Mätningarna visade att cellerna B och C var direktkontakt mellan den övre och den undre grundvattennivån. Sänkningen i den övre vattennivån var momentan vid urpumpning från den undre. Detta tyder på direktförbindelse mellan vattenvolymen som ligger ovan och under tätskiktet. Denna direktförbindelse ger upphov till en skenbart hög permeabilitet för tätskiktetsmaterial. Den skenbara permeabiliteten ligger mycket över riktvärdet  $10^{-9}$  m/s.

I cell A noterades ingen sänkning av vattenytan i det övre lagret efter att det nedre gruslagret pumpades ur. Kontroll efter 24 h visade dock att allt vatten har perkolerat ner till det nedre

gruslagret. En överslagsmässig beräkning, se nedan, visar att tätskiktets skenbara permeabilitet ligger runt  $10^{-6}$  m/s.

Permeabiliteten beräknades med hjälp av "falling head" ekvationen,

$$k = (a l / A t) \ln(h_0/h_1)$$

där  $a$  är arean ovanför tätskiktet,  $A$  är tätskiktets area,  $l$  är tätskiktets tjocklek, Vattennivåns sänkning sker från  $h_0$  till  $h_1$  under tiden  $t$ . I vårt fall är  $a$  och  $A$  lika med  $1 \text{ m}^2$ . Tätskiktets tjocklek är 0,22 m.

$$k = [(1 \times 0,22) / (1 \times 24 \times 3600)] \ln(0,37/0,22) \sim 10^{-6} \text{ m/s}$$

Detta värde skulle motsvara en grovsilts permeabilitet. Tätskiktetsmaterial, som består av aska, grönlutslam, portlandcement, bentonit bör kunna ge lägre permeabilitetsvärden. Detta skenbart höga permeabilitetsvärde beror med stor sannolikhet på att testcellen inte fungerar tillfredsställande. Kantflöde, dvs flöde längst cellkanterna, kan förklara den förhållandevis snabba vattengenomströmningen.

#### 6.3.4 Utvärdering av testcellen

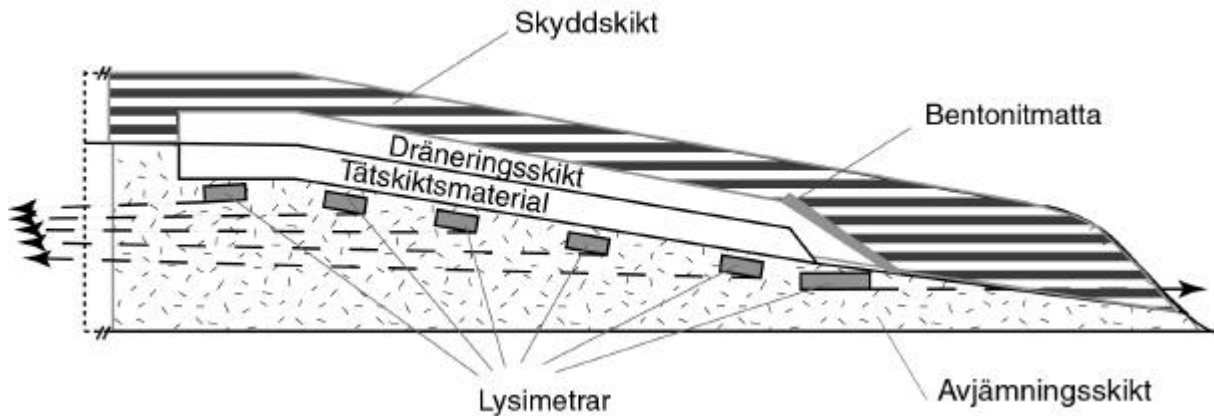
Testcellens konstruktion är behäftad med ett antal "fel".

- det perkolerade vattnet samlas in i en lysimeter för hela cellen
- stor och konstant belastning av vattentryck
- kantflöden påverkar resultaten i stor utsträckning
- svårt att reparera fel som uppstår, sprickor i kanterna
- utformningen skiljer sig från utformningen i full skala
- dräneringsgrusets funktion är att avlasta tätskiktet från "vattenbelastning", i detta fall utgör dräneringsgruset vattenmagasin.

För att undvika eller minimera dessa problem bör en konstruktion ha stora likheter med det "verkliga" utförandet, kantflödets inverkan bör minimeras, vattenbelastningen ska efterlikna verkliga förhållanden, risken att fel i konstruktionen påverkar mätresultaten och därmed utvärderingen bör minimeras genom exempelvis flera mindre lysimetrar istället för en stor. Utformningen av testcellen bör vara sådan att den är enkel och prisvärd att utföra. Konstruktionen bör kunna ge svar på täthet, lakbarhet, sättningar osv.

Ett förslag på en ny och förbättrad konstruktion redovisas i figur 6-10. Denna konstruktion har flera funktioner:

1. vid utförandet kan packbarhet, bearbetbarhet etc. studeras vid släntlutningar som motsvarar verkliga förhållanden på en deponi
2. utläggningsarbetet kan studeras, dvs. hur väl utläggningen av ett viss material (tätskiktetsmaterial) fungerar vid en viss lutning
3. installation av flera lysimetrar medför att kantflöden inte påverkar resultaten på samma sätt som med en lysimeter
4. mer detaljerad information kan fås, beroende på var lysimetrarna är installerade



Figur 6-10 Förslag på utformning av testcell, principskiss.

Det är funktionen hos en tätkonstruktion som är av stor vikt, dvs. i fallet med en deponi för icke farligt avfall är att genomsläppligheten ska vara  $< 50$  liter / m<sup>2</sup> och år. Med hjälp av den i figur 6-10 redovisade konstruktion kan konstruktionens lämplighet bedömas på ett tillfredsställande sätt.

En nackdel med flera mindre lysimetrar är att dessa kan ge stora variationer vid inbyggda inhomogeniteter i tätskiktets konstruktion. Flera lysimetrar kan dock ge information om eventuella variationer.

En viktig parameter som kommer att ge effekt på resultaten, oberoende vilken konstruktion man väljer, är tätskiktets materialets packbarhet. Packbarheten är beroende av materialets vattenkvot och materialets optimala vattenkvot. Vid tillverkning av försökscellerna på Älandsbrotippen var askblandningarnas vattenkvot 10 – 30 % över materialens optimala vattenkvot. Packningsgraden hos materialen blev därmed sämre, vilket i sin tur har en negativ påverkan på tätskiktets permeabilitet. I de fall askblandningen ska läggas ut på en sluttande yta är det av stor vikt att ligga nära blandningens optimala vattenkvot. Med de vattenkvotsvärdena som utläggningen utfördes med i det aktuella fallet på Älandsbrotippen, skulle packnings och utläggningsarbetet inte kunnat genomföras på en slänt på grund av låg hållfasthet samt ras och flytning i materialet. Optimal vattenkvot hos askblandningarna ger ett bra och homogent material som det går att bearbeta genom packning även på icke plana ytor. Fullskaleförsök måste dock till för att hitta vilken lutning materialet klarar av att packas vid.

## 6.4 Erfarenheter från provväg, delprojekt 2

### 6.4.1 Erfarenheter från utförandet

Erfarenheterna från byggandet på Kullamarktippet var av stort värde vid planeringen av provsträckan. Följande delområden är av intresse vad gäller erfarenheter från pilotprojektet:

- blandningsverk
- hantering av deponiaskan
- hantering av flygaskan
- blandningsförhållanden
- transport av askorna
- utläggning av askblandningen
- kontroll och uppföljning av provsträckan



Figur 6-11 Torkning av deponiaska

*Blandningsverk* – Vid blandningen har en tvångsblandare nyttjats. Blandningsverket hade en kapacitet som är tillräckligt stor för fullskalebyggande. Kvaliteten och homogeniteten på blandningen var tillfredsställande. Kapaciteten var ca 40 – 60 ton /timme. Stora klumpar av deponiaska, härdat material kunde ibland blockera materialflödet till blandaren. Detta kan lösas med ett galler som tar bort stora hårda block som kan störa produktionen.

*Hantering av deponiaskan* – Deponiaskans vattenkvot är > 120 %. Materialets vattenkvot måste minskas för att den färdiga askblandningens vattenkvot skulle nå optimal vattenkvot, ± 10 %. För att minska vattenkvoten grävdes deponiaska upp och lades i strängar, figur 6-11. Deponiaskans vattenkvot minskade från >120 % till under 100 % på ca en vecka. Vid utförandet var det mycket varmt och torrt väder. Hanteringen medförde att deponiaskans vattenkvot minskade under arbetets gång. Dag ett och två låg vattenkvoten när 100 %. Sista dagen, dag tre, låg vattenkvoten runt 90 %.

*Hantering av flygaskan* – Flygaskan togs ut i något befuktat tillstånd. Vattentillsatsen var 10 – 20 %, dock avgick en stor del av vattentillsatsen som ånga, figur 6-12. Därmed var flygaskans vatteninnehåll låg, ca 5 – 10 %. Flygaskan förlorade dock en del av sin härdningskapacitet. Undersökningar P. Lahtinen 2001, visar att ju äldre en flygaska är desto sämre blir härdningskapaciteten. Redan en till två dagar kan medföra att askblandningens hållfasthet minskar med upp till 20 %. Flygaskans härdningskapacitet kan därmed påverkas negativt av regn. Vid framtida storskalig användning bör lagring av torr flygaska ordnas och damningsrisken ses över.

*Blandningsförhållanden* – I tabell 6-10 redogörs hur de färdiga askblandningarnas vattenkvoter minskade med tiden. Den 25 juni utfördes enbart försöksblandning. Vattenkvoten låg då på ca 67%, vilket är den



Figur 6-12 Transport av flygaska. Vattenånga avgår efter befuktning.

övre gränsen. Rekommenderad vattenkvot ligger på  $55 \pm 10$  %. Den 28 juni var den sista blandningssatsens vattenkvot ca 43 %. Resultaten visar att askblandningens skrymdensitet varierar. Som det framgår av figur 6-13, liknade askblandningens konsistens en sandig mulljords konsistens. På grund av att deponiaskan blev allt torrare förändrades också blandningsförhållandet under utförandefasen. Dag 1 och 2 låg andelen deponiaska på ca 54 %. Dag 3 var andelen deponiaska ökat till ca 58 %. Detta medförde också att tillsatsen av bindemedel minskade med tiden, från ca 5 % till ca 4,7 %. Vid framtida blandningsutföranden bör de ingående materialens vattenkvot följas upp tätare och inblandningsmängderna anpassas därefter.

Tabell 6.10 Tillverkningsdata.

Dag	Blandning	Tillverkning	Skrymdensitet, kg/m <sup>3</sup>	w	TS
Kontroll	C/K 1	2001-06-25	780	67%	60%
	C/K 1	2001-06-25	748	75%	43%
Dag 1	C/K 1	2001-06-26	900	59%	63%
	C/K 1	2001-06-26	800	59%	63%
	C/K 1	2001-06-26	791	59%	63%
	C/K 1	2001-06-26	845	59%	63%
	C/K 1	2001-06-26	845	59%	63%
Dag 2	C/M 1	2001-06-27	787	43%	70%
	C/M 1	2001-06-27	814	43%	70%
	C/C 1	2001-06-27	837	49%	67%
	C/C 1	2001-06-27	875	45%	69%
	C/C 2	2001-06-27	851	54%	65%
	C/C 2	2001-06-27	835	54%	65%
Dag 3	C/M 2	2001-06-28	795	52%	66%
	C/M 2	2001-06-28	813	52%	66%
	C/K 2	2001-06-28	790	45%	69%
	C/K 2	2001-06-28	890	43%	70%



Figur 6-13 Den färdiga askblandningen.

*Transport av askorna* – Blandningen av askorna utfördes på Älandsbrotippen i Härnösand, ca 12 mil från provsträckan på Rv 90. Detta medförde att transporten av askblandningen tog ca 1,5 – 2 timmar. Lastbilarna kunde ta ca 25 – 35 ton askblandning. Askblandningens skrymdensitet var mellan 748 – 900 kg/m<sup>3</sup>. Totalt gick 14 lass från Älandsbrotippen till Rv 90, se tabell 6-11.

Tabell 6.11 Mängden aska och antalet transporter till Rv 90.

Datum	Askblandning, ton	Transporter
2001-06-26	84	3
2001-06-27	59,7	2
2001-06-27	131,3	5
2001-06-28	65,9	2
2001-06-28	51,2	2
<b>Summa</b>	<b>392,1</b>	<b>14</b>

*Utläggning av askblandningen* – Utläggning av askblandningen utfördes direkt när lasten med askblandning kom fram. Försökssträckan har delats in i tre delsträckor Utläggningen började med cell 3:1, med C/K askblandningen. Dag två installerades cellerna 2:1, 1:1 och 1:2. Cell 2 är med C/M som tillsatsmedel och cell 1 är enbart cement. I tabell 6-12 redovisas askblandningarnas skrymdensitet, vattenkvot och beräknad tjocklek.

Tabell 6.12 Skrymdensitet, genomsnittlig tjocklek och vattenkvot på utlagt askmaterial.

Blandning	Datum	$\rho$ , ton/m <sup>3</sup>	w, %	$\rho$ , ton/m <sup>3</sup>	$\rho_d$ , ton/m <sup>3</sup>	Packningsgrad	Tjocklek, m
C/K 1	2001-06-26	791 -845	59 - 67	1,39	0,876	92 - 100%	0,42
C/M 1	2001-06-27	814	43	1,21	0,847	89%	0,35
C/C 1&2	2001-06-27	835	54	1,34	0,871	82 - 91%	0,39
C/M 2	2001-06-28	812	52	1,29	0,850	89%	0,43
C/K 2	2001-06-28	890	43	1,27	0,890	93%	0,37
<b>Snittvärdet</b>							<b>0,40</b>

*Kontroll och uppföljning av provsträckan* – Inför pilotförsöken har prover tagits på jord och grundvatten för att kunna användas som jämförvärden efter installation av provsträckan. Fyra grundvattenrör installerades intill vägen. Förutom de planerade undersökningarna togs jordprover som undersöktes i samarbete med Mitthögskolan. Provtagningen av jord och vatten utfördes innan teststräckan byggdes och den första efterkontrollen utfördes ca två månader efter avslutat vägbygge. Fyra temperatursonder med 5 mätnivåer installerades i väggkroppen ner till 3,5 m. Två lysimetrar per cell installerades i provsträckan. De fyra grundvattenrören används för att kontrollera det ytliga grundvattnets innehåll, pH och konduktivitet. Utförda fältarbeten redovisas i bilaga 3 och 4. Fallviktsmätning på provsträckan utfördes 2002-05-21. Slangsättningsmätning utfördes på de tre provsträckorna samt på referenssträckan. Sättningsmätningsslang installerades på båda vägghalvorna.

#### 6.4.2 Fältundersökningar

##### Vattenanalyser

Analysresultat av lysimeter- och grundvattenprover redovisas i tabellerna 6-13 – 6-15. Sammanställning av resultaten från borrhål 2, redovisas i tabell 5.4, visar att askblandningens halter av bl. a. As, Cd, Ni och Zn överstiger de generella riktvärdena för känslig markanvändning, KM. Förstärkningslagret av askblandningar har visat sig vara mycket täta. Lysimetrarna var efter två månader torra, med undantag av den yttre lysimetern i cell 3, där askblandningen är stabiliserad med cement och kalk. I grundvattenrören har förhöjda halter av Al, Ni och Pb konstaterats. Dessa ämnen fanns dock i förhöjda halter även i grundvattenprov från referensområdet. Det bör noteras att grundvattenproverna från 2001-10-10 inte kunde filtreras före analys. Detta medför att de förhöjda halterna av Al orsakades med stor sannolikhet av att lerfraktionen i vattenproverna har lösts upp vid behandlingen som föregår analysen. Provet som togs under 2000-11-15 filtrerades före analys. Resultaten som redovisas i tabellerna 6-13 visar att vattnets sammansättning och innehåll av de undersökta metallerna låg på samma nivå som före pilotförsöket. Na halterna var något förhöjda i borrhål 2 och 3 och Zn halterna i samtliga punkter. Referenspunktens aluminiumhalt är något förhöjt jämfört med bakgrundshalten. Enbart Ni halten var högre än dricksvattensnormens halt (dricksvatten ur egen brunn). Ni halten ligger dock på samma nivå som referensrörets halt året före pilotförsöket.

Tabell 6.13 Analys av prov från askblandningen (pr 1), skiktet 0,5 m under askblandningen (pr 2), från referens som gjordes år 2000-11-15. De generella riktvärdena för känslig och mindre känslig markanvändning, KM respektive MKM, anges som jämförvärden.

Ämne	Prov	Borrhål 2 Pr, 1	Borrhål 2 Pr, 2	Referens (0 - 2 m)	KM	MKM
TS	%	65	81,1			
As	mg/kg TS	<b>32,6</b>	7,85	< 10	15	40
Cd	mg/kg TS	<b>2,22</b>	0,106	< <b>1,98</b>	0,4	12
Co	mg/kg TS	14,3	7,3	13,8 - 19,9	30	250
Cr/Cr(VI)	mg/kg TS	32,7	20,3	40,1 - 47	120/5	250/20
Cu	mg/kg TS	70,9	19,7	24,6 - 42,2	100	200
Hg	mg/kg TS	0,336	<0,04	analys saknas	1	7
Mn	mg/kg TS	3770	313	819 - 886		
Ni	mg/kg TS	<b>47,4</b>	18,2	<b>38,9 - 59,3</b>	35	200
Pb	mg/kg TS	33,2	8,88	13,4 - 19,3	80	300
S	mg/kg TS	5520	-			
V	mg/kg TS		24,6	33,6 - 39,7	120	200
Zn	mg/kg TS	<b>724<sup>MKM</sup></b>	53,8	77,9 - 89,5	350	700

KM – Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning, NV-4918.

MKM – Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känslig markanvändning, NV-4918.

Tabell 6.14 Metallhalter i vattenprover från grundvattenrören och lysimeter 3. Proverna togs 2001-08-28 och analyserades utan filtrering. Som jämförvärden har referens från året före installationsarbetena samt dricksvattennorm (ur egen brunn utan anmärkning angetts).

Ämne	Halt	Ref <sup>§</sup>	Bh 2 <sup>§</sup>	Bh 3 <sup>§</sup>	Lysimeter 3 <sup>§</sup>	Referens 2000-11 Rör 1 4/806*	Dricksvatten (ur egen brunn utan anmärkning)
Ca	mg/l	8,24	8,5	21,1	77,1	6,12	
Fe	mg/l	3,7	2,66	8,06	20,1	0,0273	
K	mg/l	2,59	3,2	4,64	1210	1,77	
Mg	mg/l	6,18	7,74	13,5	10,5	7,74	
Na	mg/l	4,4	6,32	10,9	406	4,59	
S	mg/l	2,2	6,31	2,59	125	6,17	
Al	µg/l	<b>3220</b>	<b>1670</b>	<b>9700</b>	<b>98100</b>	10,2	< 500
As	µg/l	1,16	1,39	2,49	<b>211</b>	<1,00	< 10
Ba	µg/l	126	67,6	549	5420	20	
Cd	µg/l	0,17	0,125	0,49	0,844	<0,0500	
Co	µg/l	4,45	2,6	18,6	50,1	0,0679	
Cr	µg/l	4,16	3,51	8,15	<b>362</b>	<0,500	< 50
Cu	µg/l	49,4	32,6	<b>86,4</b>	<b>669</b>	4,68	< 50
Hg	µg/l	<0,02	<0,02	0,0263	<b>2,35</b>	<0,0200	1
Mn	µg/l	181	129	<b>692</b>	<b>875</b>	1,72	< 300
Ni	µg/l	<b>17,8</b>	<b>20,7</b>	<b>50,3</b>	<b>160</b>	<b>5,21</b>	3
Pb	µg/l	<b>14,7</b>	<b>8,22</b>	<b>44,5</b>	<b>111</b>	<0,200	< 10
Zn	µg/l	52,8	34,1	126	189	3,42	< 300

§ analys utan filtrering

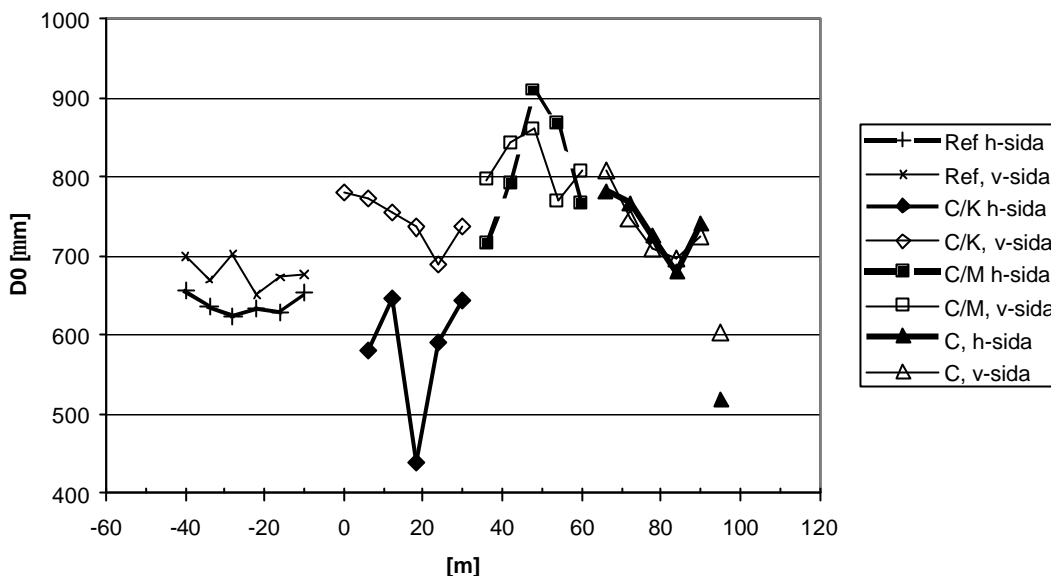
\* analys efter filtrering

Tabell 6.15 Metallhalter i vattenprover från grundvattenrören och lysimeter 3. Proverna togs 2001-11-15 och analyserades efter filtrering. Som jämförvärden har referens från året före installationsarbetena samt dricksvattennorm (ur egen brunn utan anmärkning angetts).

Ämne	Halt	Ref	Bh 2	Bh 3	Referens 2000-11 Rör 1 4/806*	Dricksvatten (ur egen brunn utan anmärkning)
Ca	mg/l	6,12	8,32	7,55	6,12	
Fe	mg/l	0,0468	0,0108	0,0066	0,0273	
K	mg/l	0,99	3,06	1,51	1,77	
Mg	mg/l	5,74	11	12,7	7,74	
Na	mg/l	4,03	8,87	11,4	4,59	
S	mg/l	2,72	8,66	4,06	6,17	
Al	µg/l	56,6	9,32	16,3	10,2	< 500
As	µg/l	<1	<1	<1	<1,00	< 10
Ba	µg/l	11,7	18,9	18,9	20	
Cd	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,0500	
Co	µg/l	0,144	0,243	0,403	0,0679	
Cr	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,500	< 50
Cu	µg/l	12,7	4,38	4,78	4,68	< 50
Hg	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,0200	1
Mn	µg/l	4,42	9,06	29,4	1,72	< 300
Ni	µg/l	<b>4,39</b>	<b>3,57</b>	<b>8,92</b>	<b>5,21</b>	3
Pb	µg/l	0,58	<0,2	<0,2	<0,200	< 10
Zn	µg/l	19,6	11,4	15,3	3,42	< 300

### Fallviktsmätning

Fallviktsmätning på provsträckan utfördes 2002-05-21. I denna rapport nyttjas delar av resultaten och enbart i syfte att jämföra referenssträckans respons med provsträckans och för att jämföra höger och vänster vägghalvor. I figur 6-14 redovisas resultaten från den respons som uppmättes närmast fallvikten. De värden som uppmättes på referenssträckan tyder på att vänster vägghalva är mer kompakterad än höger vägghalva, troligen orsakad av att det på vänster vägghalva förekommer tyngre trafik, (timmertransport). Mätningen på provsträckan (0 – 30 m), där askblandning med cement/kalktillsats (C/K) användes, visar att höger vägghalva är ”mjukare” än vänster vägghalva. Denna skillnad antas bero på tyngre trafik på den vänstra vägghalvan, men även av sämre ”kvalitet” på askblandning (C/K). Askblandningens (med C/K-tillsats) vattenkvot tangerar den nedre gräns som sattes vid laborieförsöken. Vattenkvoten var i vänster vägghalva ca 10 % lägre (ca 42 %) än askblandningens optimala vattenkvot (ca 55 %). Blandningarna med cement och merit (C/M) och enbart med cement (C/C) ger de mest styva materialen. Styvheten hos askblandningen med cement och merit (30 – 60 m) varierar och är svår att tyda. På sträckan 60-90 m (askblandning med cementtillsats) syns ingen påtaglig skillnad mellan vänster och höger vägghalva trots att effekten av tyngre trafik borde finnas även här. Orsaken till detta antas vara att den cementstabiliserade askblandningen härdar



Figur 6-14 Resultat från cell D0 från fallviktsmätning på provsträckan.

snabbast och ger upphov till en styv respons vid fallviktsmätningen. Den sista mätningen på 95 m visar tydligt askblandningens bidrag till väggkroppens styvhet. På vänster vägghalva ger samtliga tre blandningar en styvare konstruktion än referenssträckan. På höger vägghalva är styvheten lägre för sträckan med C/K. Denna lägre respons kan beror på mindre styvt material som underlagrar askblandningen.

Resultaten från sättningmätningen Bilaga 3 visar att sättningen är jämn för provsträckan med askblandning. På referenssträckan är sättningarna ojämna och tjällyftning kan noteras.

## 6.5 Kontroll av utlakning från askväg riksväg 90

### 6.5.1 Bakgrund

Provtagningar har genomförts för att kontrollera om och i vilken utsträckning ämnen från askan utlaskas till omgivande mark. Provtagningar har genomförts vid tre tillfällen under projektets gång, juni 2001 innan askan lades på plats, oktober 2001 och juni 2002. Ytterligare en provtagning är planerad till juni 2003 men denna ligger utanför projektets tidsramar.

### 6.5.2 Borrprovtagning

Miljöprovtagningen har omfattat provtagningar i fält och analys av proverna på laboratorium. Prover har tagits i väggkroppen i alla tre cellerna med aska (cell 1-3), i kontroll/referens cellen och i diket. Kontrollcellen innehåller inte någon aska. Totalt har 135 markprover tagits. Provtagningarna har utförts genom borrhning med en för geotekniska undersökningar vanlig dieseldriven borrhbandvagn. Vid borrhprovtagningen har ostörda prover så långt som möjligt eftersträvat. För att få ostörda prover har en provtagningshylsa kallad "mullvad" använts. Denna består av ett cirka en meter långt stålrör med en delbar hylsa inuti. I nedre änden monteras en borkrona som är öppen i mitten. Rörret med hylsan slås och vrids ned i marken. Jorden trycks in genom borkronan och in i hylsan. När mullvaden lyfts upp skruvas borkronan av och hylsan tas ut ur stålrörret. Inuti hylsan finns jordprovet i form av en rund borkärna som tas ut genom att dela hylsan. Jordproppen delades upp i mindre längder för att sedan tryckas in i plaströr med tättslutande lock i varje ände.

Mullvaden trycks ned till det största djupet på vilket man vill ta prov. Vid större djup än en meter, motsvarande mullvadens längd, har det översta materialet tagits upp med en skruvprovtagare och mullvaden sedan använts. Den jordpropp som ligger inuti hylsan kan sedan delas in i olika djupintervall för proverna. Borrprovtagning utfördes dels i vägkroppen och dels i diket. Provtagningarna utfördes på den högra (södra) vägbanan. Under den första provtagningen anpassades djupintervallen så att proverna erhöles från marklager som inte skulle komma att grävas ut vilket också innebär att de sedan kom att ligga direkt under det påförda asklagret. Varje djupintervall var 0,3 meter. I den nuvarande vägen innebär det att prover tagits från följande djupintervall:

Djupintervall :	0,9-1,2 meter	aska (asklagret ligger på 0,8-1,2 m)
	1,3-1,6 meter	djupintervall 1 (sand)
	1,6-1,9 meter	djupintervall 2 (sand/silt)

Vi de två senare provtagningarna var det inte möjligt att använda mullvaden i vägbanan då det grova materialet i bärlagret rasade in och satte igen borrkronan. Jordproverna fick därför tas upp med en skruvprovtagare. Jorden för respektive djup skrapades av med en kniv till en plastpåse. Provrören fylldes sedan med jord från dessa plastpåsar. För dikesprovtagningen användes dock alltid mullvaden.

Provtagning utfördes i två punkter i cell 1-3 och i referenscellen i tre punkter för att få en bättre statistisk säkerhet. Provtagningspunkterna placerades ut i vägens längdriktning enligt tabell 6-16. Provpunkterna placerades i cell 1-3 på samma avstånd från cellernas ändpunkter och i kontrollcellen placerades de tre provpunkterna så att de yttersta var på samma avstånd från kontrollcellens ändpunkter och att det inbördesavståndet var samma mellan de närliggande punkterna. Vid provtagningarna i oktober 2001 och juni 2002 provpunkterna legat inom en radie på 1 meter från provtagningen i juni 2001.

*Tabell 6.16 Placering av provtagningspunkter enligt vägsektionsmått. Den första siffran anger vägsektionens nummer och måtten efter snedstreck är avstånd i meter längs sektionen.*

	Cell 1	<b>Cell 2</b>	Cell 3	Kontrollcell
Punkt 1	4/887,5	4/857,5	4/827,5	4/780
Punkt 2	4/872,5	4/841,5	4/812,5	4/770
Punkt 3	-----	-----	-----	4/760

För varje provtagningspunkt borrades två hål för att få tillräckligt mycket jordprov. Hålen borrades en respektive en och en halv meter in i vägbanan från asfaltkanten. I diket togs proven upp i diket botten och på samma position i längdriktningen som vägproverna.

#### *Överföring till provrör*

För varje borrhål och djupintervall fylldes tre stycken provrör. Varje provpunkt utgjordes av två borrhål vilket totalt gav sex provrör per djupintervall och provpunkt. Provrören hade en längd av 72 millimeter och en inre diameter på 45 mm. Provrören förvarades under högst 36 timmar i kyl varefter de centrifugerades för erhållande av markvatten.

#### *Centrifugering*

Markvatten och porvatten ur jord- och askproverna separerades med hjälp av centrifug. Prov från varje nivå placerades i sex stycken provrör. Provrören är anpassade för en centrifug av modellen Beckman J2-HS, med varvtal på 14 000 varv/minut. Centrifugeringen utfördes under 30 minuter och under kylning. Det senare för att minska risken för kemiska reaktioner i

proven. Fördelen med centrifugering är att vattenprov kan fås när vattenhalten i jorden är låg. Det centrifugerade vattnet innehåller porvatten från både makroporer och mikroporer. Vattnet i mikroporerna är hårdare bundet till partiklarna och är i kontakt med det fasta materialet en längre tid än vatten som finns i makroporerna. Halterna av olika ämnen är därför för samma mark högre i centrifugerade prover än i vatten som provtas i grundvatten, där endast fritt strömmande vatten finns tillgängligt.

#### *Filtrering och konservering*

Markvattnet filtrerades genom 0,45 µm Millex Millipore och överfördes till provrör. Till röret för metallanalys tillsattes koncentrerad salpetersyra (2 % v/v för att förhindra väggadsorption och utfällningar vilket kan orsaka förluster vid analys).

### 6.5.3 *Analysparametrar och analysmetoder*

#### *Bestämning av pH*

pH är  $-\log$  koncentrationen av vätejoner i vatten. Nästan alla reaktioner i vatten påverkas av pH. Höga pH (>9) innebär att vattnet är basiskt och låga pH (<4) att vattnet är surt.

Bestämning av pH utfördes med en Beckman 32 pH meter med kombinationselektrod vid 20 °C. pH påverkas av koldioxiden i luften och därför mättes proverna så snart som möjligt efter centrifugeringen.

#### *Konduktivitet*

Konduktiviteten är ett mått på vattnets ledningsförmåga vilket i sin tur beror på antalet joner. En högre konduktivitet innebär att antalet joner i lösningen ökat vilket i sin tur skulle kunna innebära att mängden föroreningar ökat. Konduktiviteten bestämdes med en Mettler-Toledo MC 226. Proverna var tempererade till 20 °C.

#### *Torrsubstans (TS) och vattenkvot(W)*

Ocentrifugerade prover från askblandningar vägdes upp i deglar och torkades i 105 °C och vägdes efter 48 timmar.

#### *DOC*

DOC är en förkortning av Dissolved Organic Carbon vilket på svenska kan översättas till mängden vattenlösligt organiskt kol. DOC är en summaparameter det vill säga den mäter mängden löst organiskt kol i vattenlösning men detta kol kan härstamma från många olika kemiska föreningar. Om DOC stiger kan det bero på att det tillförts organiska ämnen till vattnet eller att ändrade betingelser i vattnet som t ex pH har orsakat att mer organiskt material i mark eller sediment blivit vattenlösligt. En grupp föreningar som är vanliga i markvatten är till exempel humusämnen. Aska innehåller även då förbränningen varit effektiv en mindre mängd organiska föreningar. Om dessa lakas ut skulle de kunna mätas som DOC.

#### *Jonkromatografi*

Vi har använt jonkromatografi för att analysera markvattnet med avseende på klorider (Cl), nitrater ( $\text{NO}_3^{2-}$ ), fosfater ( $\text{PO}_4^{2-}$ ) och sulfater ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). För bestämning av dessa föreningar har vi använt en Dionex DX-120 jonkromatograf. Provet passerar en kolonn där jonerna bromsas upp olika mycket och därigenom separeras. Jonerna bestäms i utgående flöde genom att mäta ledningsförmåga.

### ICP-MS

ICP-MS står för Induced Coupled Plasma – Mass Spectrometer och är en teknik för bestämning av de totala koncentrationerna av grundämnen i vattenprover. Halter ned till ppt-nivå (ng/L) kan bestämmas. Generellt sett så pumpas eller suges provet in i instrumentet och atomiseras i ett plasma. Detektorn utgörs av en elektronmultiplikator. När en atom träffar den första av detektorns metallnoder överför den energi som slår ut elektroner som i sin tur slår ut elektroner på de andra noderna. De utslagna elektrodena ger upphov till (inducerar) en ström som registreras och uttrycks som elektroner per sekund (counts per second = cps).

Koncentrationerna bestäms genom att kalibrera instrumentet mot standardlösningar av de element som ska bestämmas. Analyserna är utförda i ett så kallat renrum för att minska risken för förorening av proverna från omgivningen. Instrumentet som användes var VG PQ ExCell Induced Coupled Plasma Mass Spectrometer TJA Solutions. De grundämnen som har bestämts i proverna finns i tabell 6-17. Alla grundämnen presenteras inte i texten men redovisas var för sig i bilaga 6.

Tabell 6.17 Tabell 6.1 Grundämnen analyserade i porvattnet från askblandningarna och markvattnet från jordproverna.

Li – Litium	P – Fosfor	Co – Kobolt	Mo – Molybden	Ba – Barium
Be – Beryllium	K - Kalium	Ni – Nickel	Ag – Silver	Hg – Kvicksilver
Na – Natrium	Ca – Kalcium	Cu – koppar	Cd – Kadmium	Pb – Bly
Mg – Magnesium	Cr – Krom	Zn – Zink	Sn – Tenn	Bi - Bismut
Al – Aluminium	Mn – Mangan	Se – Selen	Sb – Antimon	
Si – Kisel	Fe - Järn	Sr - Strontium	Cs - Cesium	

#### 6.5.4 Resultat

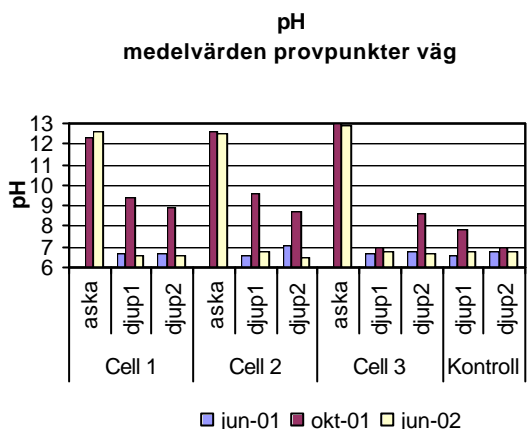
Redovisning av resultaten sker i huvudsak i diagram som kommenteras i texten. Vissa figurer har logaritmisk skala där det är stora skillnader i koncentration mellan proverna.

Tyngdpunkten har varit att försöka se förändringar i por- och markvattnets sammansättning i cell 1-3 i förhållande till den första provtagningen och i förhållande till kontrollsträckan.

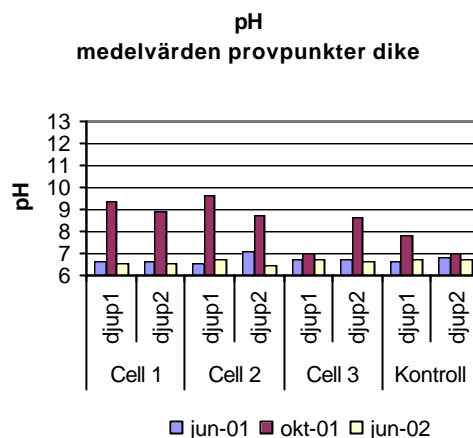
Vägprover och dikesprover redovisas i olika diagram. Genomgående redovisas medelvärde för de två proverna som tagits för varje askblandning och djup i respektive cell.

#### Markvattnets pH

Askproverna från vägen visar genomgående på mycket högre pH än övriga prover. I övrigt har proverna från den andra provtagningsomgången i oktober 2001 högre pH än den första provtagningen men värdena har sedan minskat igen i den tredje provomgången från juni 2002. I proverna tagna oktober 2001 ligger värdena i askcellernas djupprov något högre än i kontrollsträckan. Även i dikesproverna är pH förhöjt i proverna från oktober 2001 för att sedan minska.



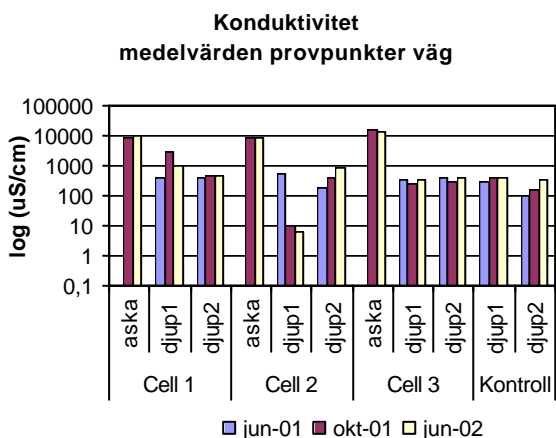
Figur 6-15 Resultat av pH mätning i vägprover från alla provtagnings-tillfällen redovisade som medelvärden för respektive cell.



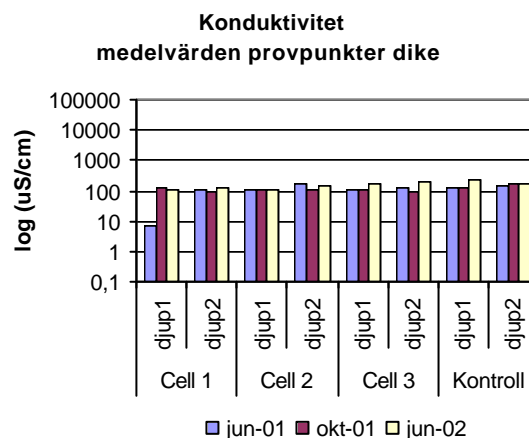
Figur 6-16 Resultat av pH mätning i dikesprover från alla provtagnings-tillfällen redovisade som medelvärden för respektive cell.

### Konduktivitet

Konduktiviteten visar indirekt på förekomsten av joner i en vattenlösning. Askproverna visar, även som i fallet med pH, högre halter än i de underliggande djupen och kontrollen. Det finns däremot ingen tillfällig höjning i halterna i djupproverna tagna i oktober 2001 vilket kunde ses för pH. På djup 2 i cell 2 respektive i kontrollcellen ser man en stigande trend. I dikesproverna finns det inte några tydliga förändringar.



Figur 6-17 Resultat av konduktivitetsmätning i vägprover från alla provtagnings-tillfällen redovisade som medelvärden för respektive cell.

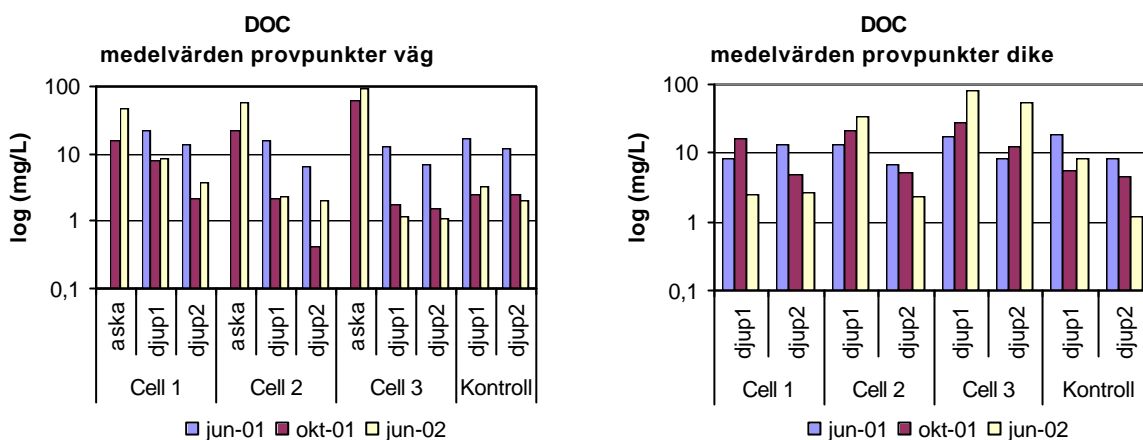


Figur 6-18 Resultat av konduktivitetsmätning i dikesprover från alla provtagnings-tillfällen redovisade som medelvärden för respektive cell.

### Utlakning av vattenlösligt organiskt kol (DOC – dissolved organic carbon)

I vägproverna har porvattnet från askblandningarna de högsta DOC halterna vilka är mellan 50 –90 mg/L. För övriga vägprover var halterna högst i markvattnet innan askan tillkom. I

dikesproverna har DOC halterna i markvattnet i cell 2 djup 1 och cell 3 stigit och ligger i juni 2002 högre än kontrollcellen.

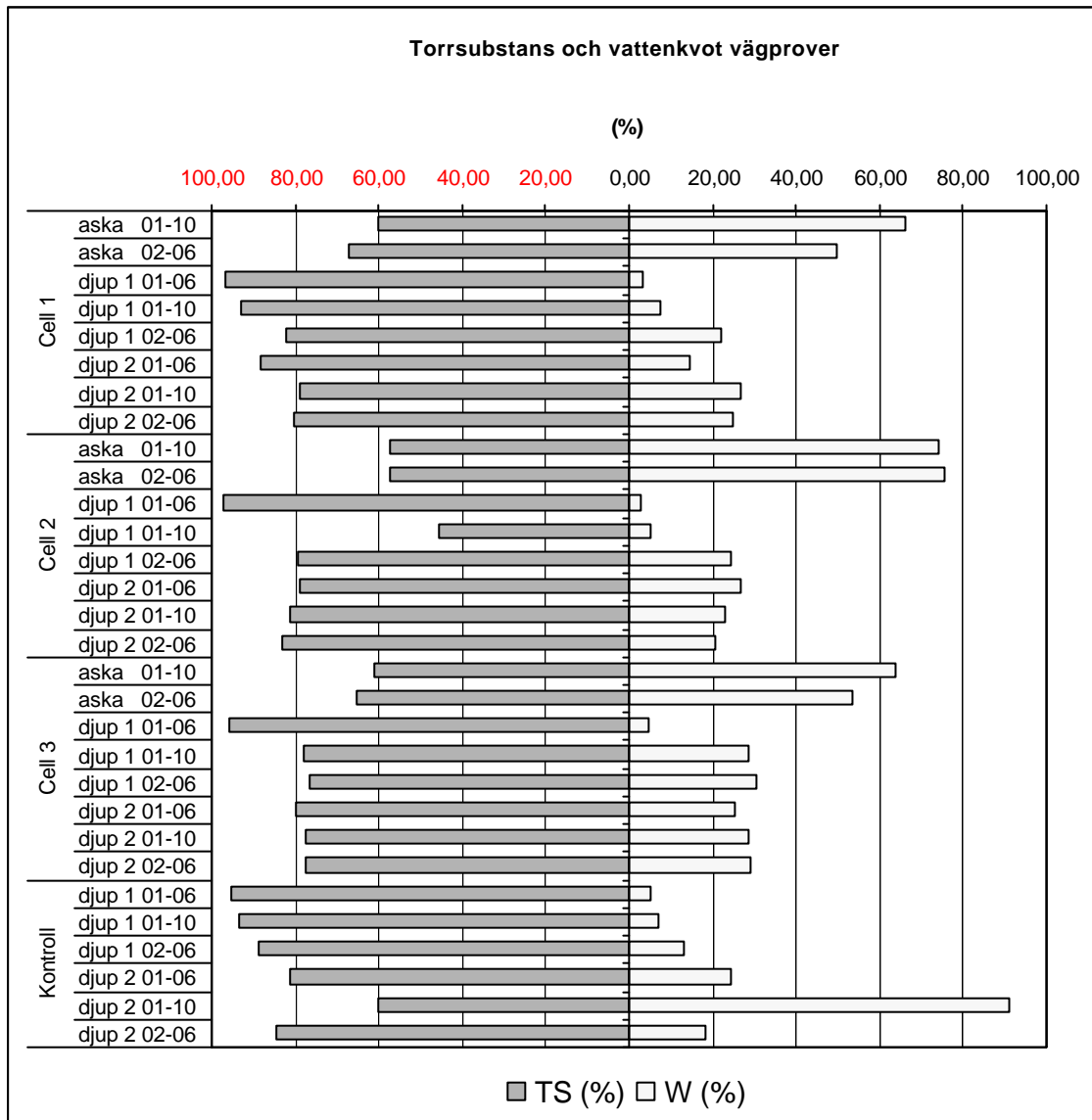


Figur 6-19 Resultat av bestämning av DOC i vägprover från alla provtagningstillfällen redovisade som medelvärden för respektive cell.

Figur 6-20 Resultat av bestämning av DOC i dikesprover från alla provtagningstillfällen redovisade som medelvärden för respektive cell.

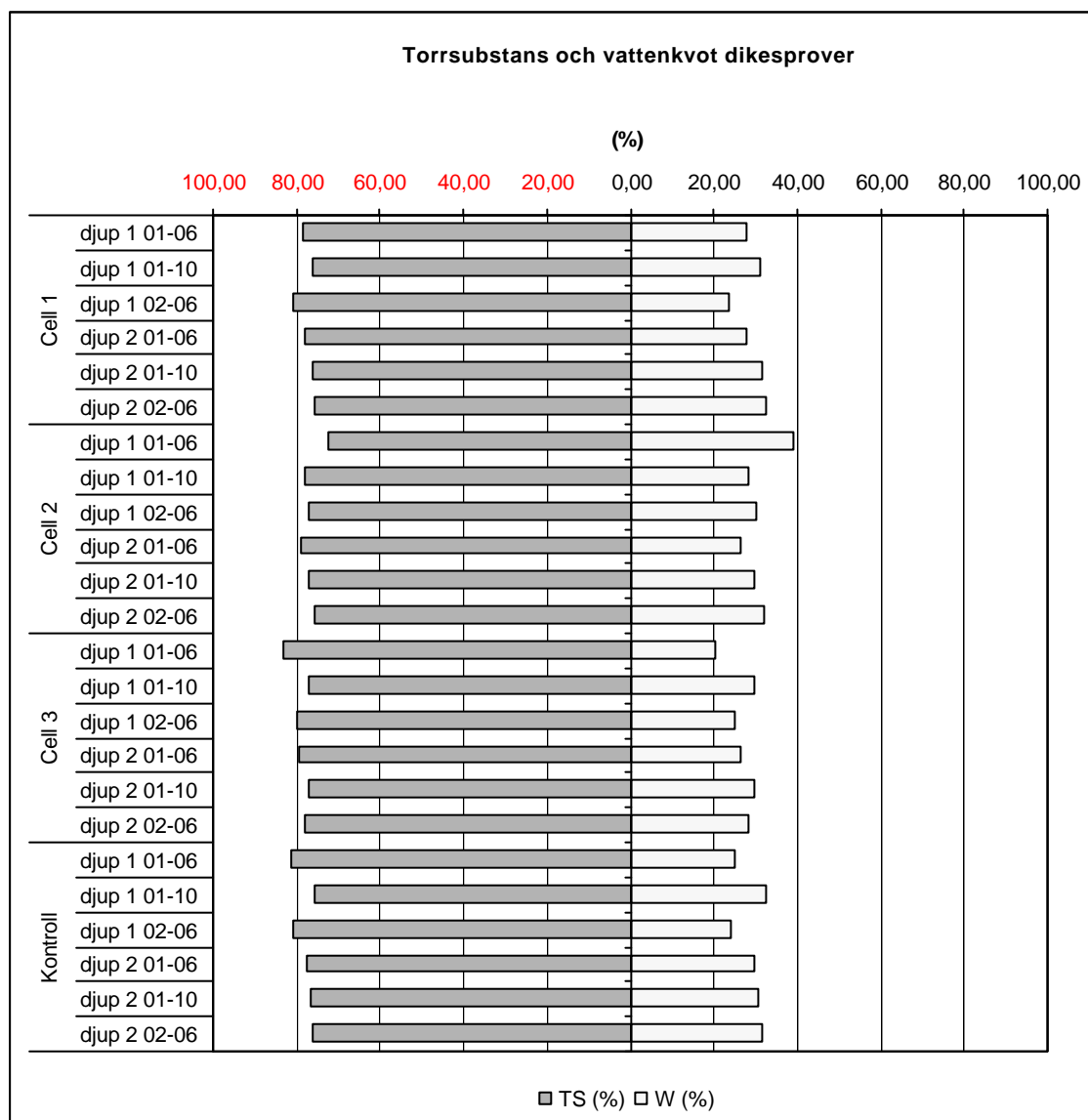
#### Torrsubstans och vattenkvot

Askblandningarna innehåller mer vatten än markproverna i vägen och diket. I cell 1 och cell 3 är vatteninnehållet lägre i proverna tagna i juni 2002 än i proverna tagna i oktober 2001. I djup 1 i cellerna 1-3 och i kontrollcellen ökar vatteninnehållet i proverna med tiden. Motsvarande ökning kan inte ses för djup 2.



Figur 6-21 Resultat av bestämning av torrsubstans (TS) och vattenkvot (W) i vägprover från alla provtagningsstillfällena redovisade som medelvärden för respektive cell.

I markvattnet från dikeproverna kan inte någon entydig förändring av vatteninnehållet mätt som torrsubstans och vattenkvot ses.

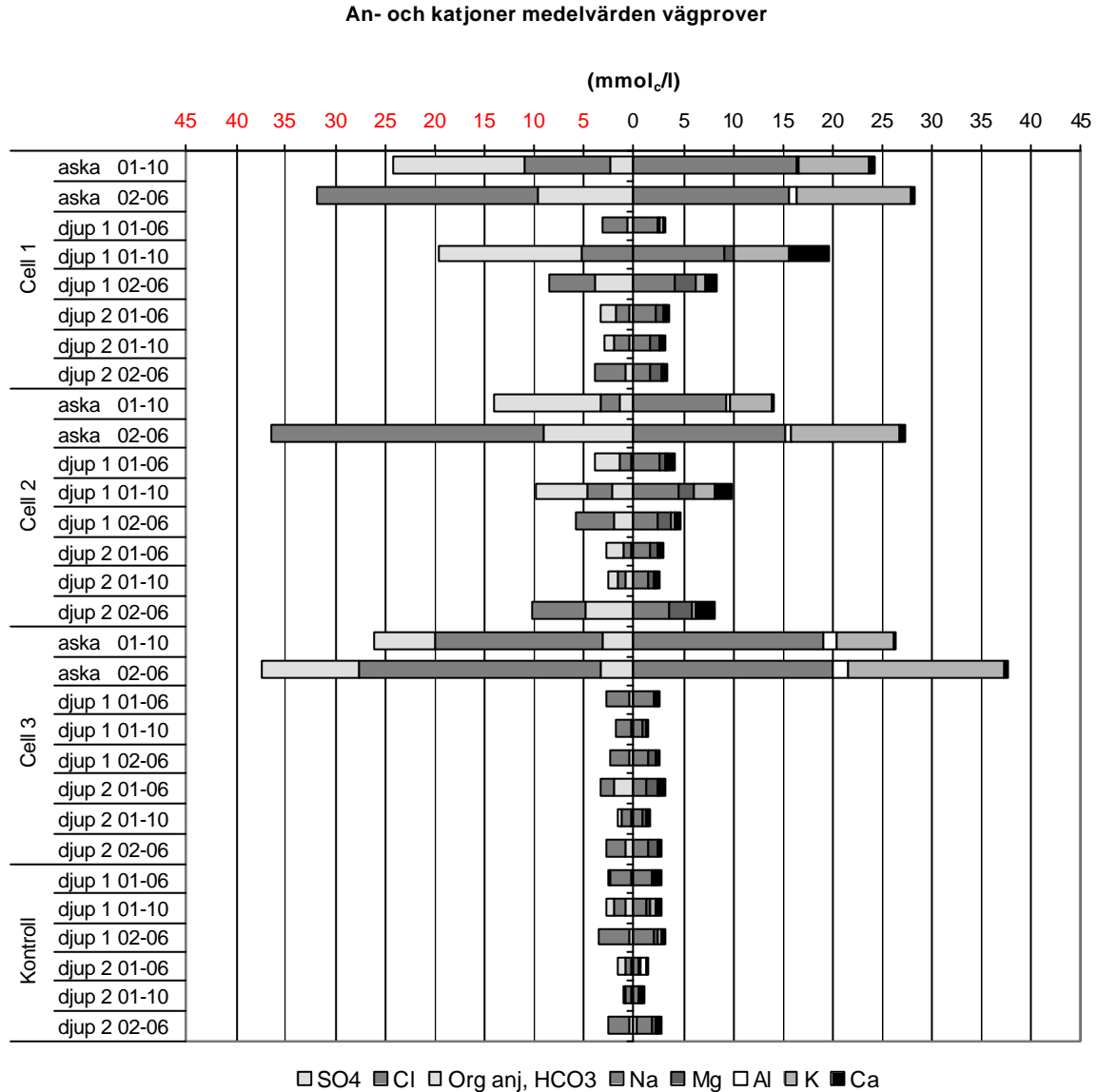


Figur 6-22 Resultat av bestämning av torrsubstans (TS) och vattenkvot (W) i dikeprover från alla provtagningsstillfällen redovisade som medelvärden för respektive cell.

#### Utlakning av anjoner och katjoner

Anjonerna och katjonerna utgör konduktiviteten. Anjonerna är negativt laddade och katjonerna positivt laddade. I ett vattenprov är summan av anjonernas laddningskoncentration lika med den för katjonerna. I de fall där de bestämda anjonerna haft en lägre laddningskoncentration än katjonerna har antagits att skillnaden utgjorts av organiska anjoner och vätekarbonatjoner. I porvattnet från askblandningarna cell 1 och 2 i juni 2002 är det dock tvärtom så att summan av anjonernas laddningskoncentration är större än för katjonerna. An- och katjonerna redovisas tillsammans för vägproverna i figur 6.9 och för dikeproverna i figur 6.10. De katjoner som tagits ut utgör cirka 99 % av den totala laddningskoncentrationen. Staplarna i figur 6-23 och figur 6-24 visar summan av an- respektive katjonernas laddningskoncentration och varje enskild jons laddningskoncentration. Enheten mmol/l har använts istället för mg/l eftersom det är laddningen och inte vikten som ska

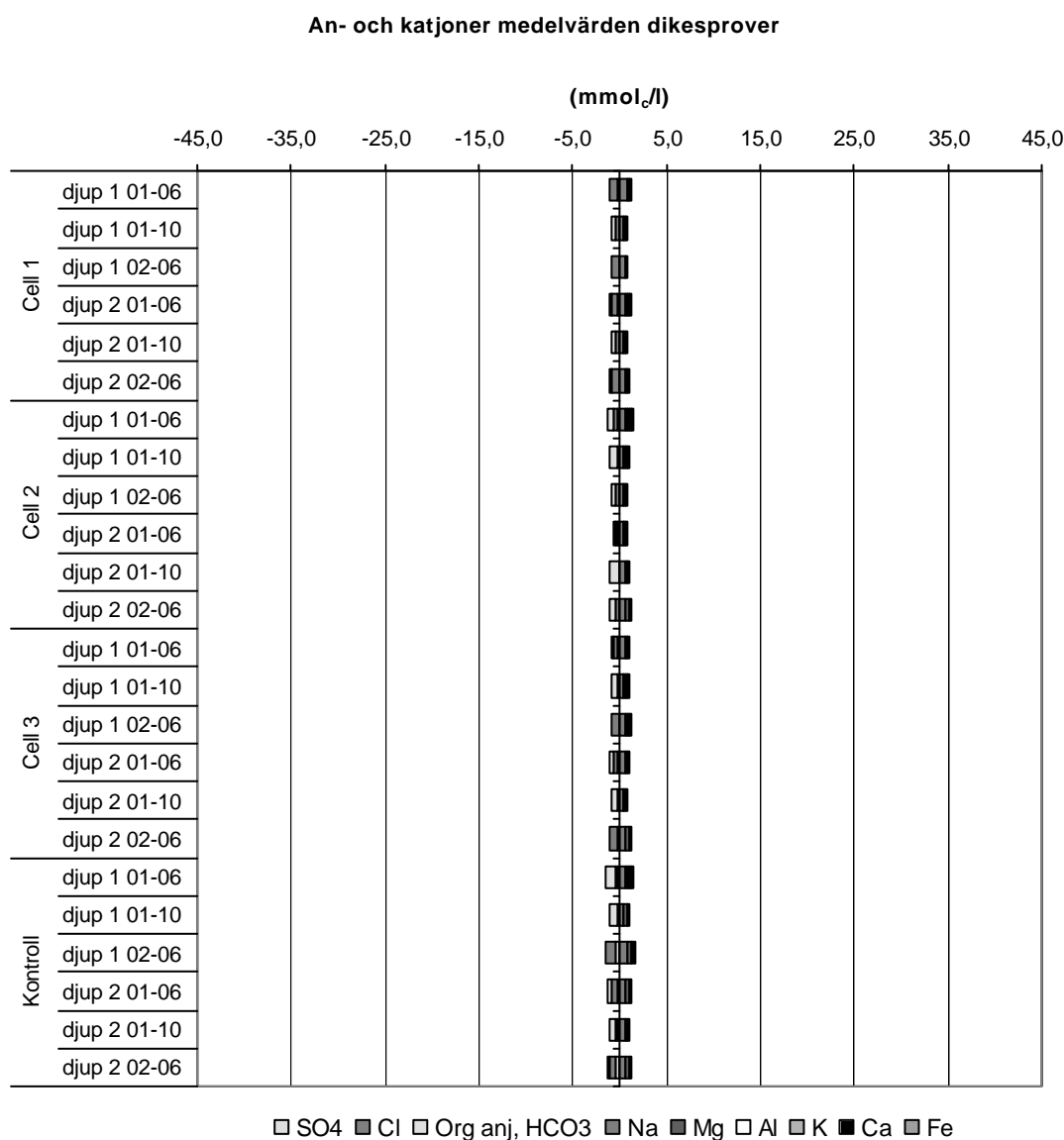
överensstämna i jonbalansen och som anger det kemiska mängdförhållandet mellan olika joner. Enheten  $\text{mmol}_c/\text{l}$  beräknas genom att dividera  $\text{mg}/\text{l}$  med jonens molvikt samt multiplicera med laddningen. Ett ämne med låg atomvikt men med hög laddning, som till exempel aluminium (+3), får därmed en relativt större mängd i  $\text{mmol}_c/\text{l}$  än i  $\text{mg}/\text{l}$ .



*Figur 6-23 Anjoner och katjoner i vägprover redovisade som medelvärden för respektive cell. Anjonerna har en negativ och katjonerna en positiv laddningskoncentration ( $\text{mmol}_c/\text{l}$ ).*

Porvattnet från askblandningarna innehåller en summa av laddningskoncentrationer på mellan 16 och 40  $\text{mmol}_c/\text{l}$ . Katjonerna i både porvatten och markvatten utgörs i huvudsak av natrium, magnesium, aluminium, kalium och kalcium. Anjonerna utgörs förutom av organiska anjoner och vätekarbonatjoner av sulfat- och kloridjoner. Askblandningarnas porvatten skiljer sig från markvattnet genom att det innehåller relativt summan av laddningskoncentrationen mindre magnesium, kalcium och järn. Fosfat och nitrat bestämdes även i proverna men fanns endast i mycket låga koncentrationer. I markvatten från vägproverna är den högsta summan av laddningskoncentrationer 19  $\text{mmol}_c/\text{l}$  i cell 1 djup 1 taget i oktober 2001. I markvattnet från

dikesproverna ligger summan av laddningskoncentrationerna under 2 mmol/l i samtliga prover. Den högsta summan av laddningskoncentrationer i markvatten från vägproverna finns i cell 1 och cell 2 på djup 1 tagna i oktober 2001. I samma cellers markvattenprover men på djup 2 finner man den högsta summan av laddningskoncentrationer i juni 2002. Summan av laddningskoncentrationer är något högre i markvatten från vägproverna än markvatten från dikesproverna. En jämförelse visar att i vägproverna har 5 markvattenprover av 18 en summa laddningskoncentration > 5 mmol/l och 12 prover >3 mmol/l medan alla 18 dikesproverna ligger under 2 mmol/l. Summan av laddningskoncentrationerna var dock högre i vägprovernas markvatten även i den första provtagningen i juni 2001 då det inte fanns några askblandningar i vägen.

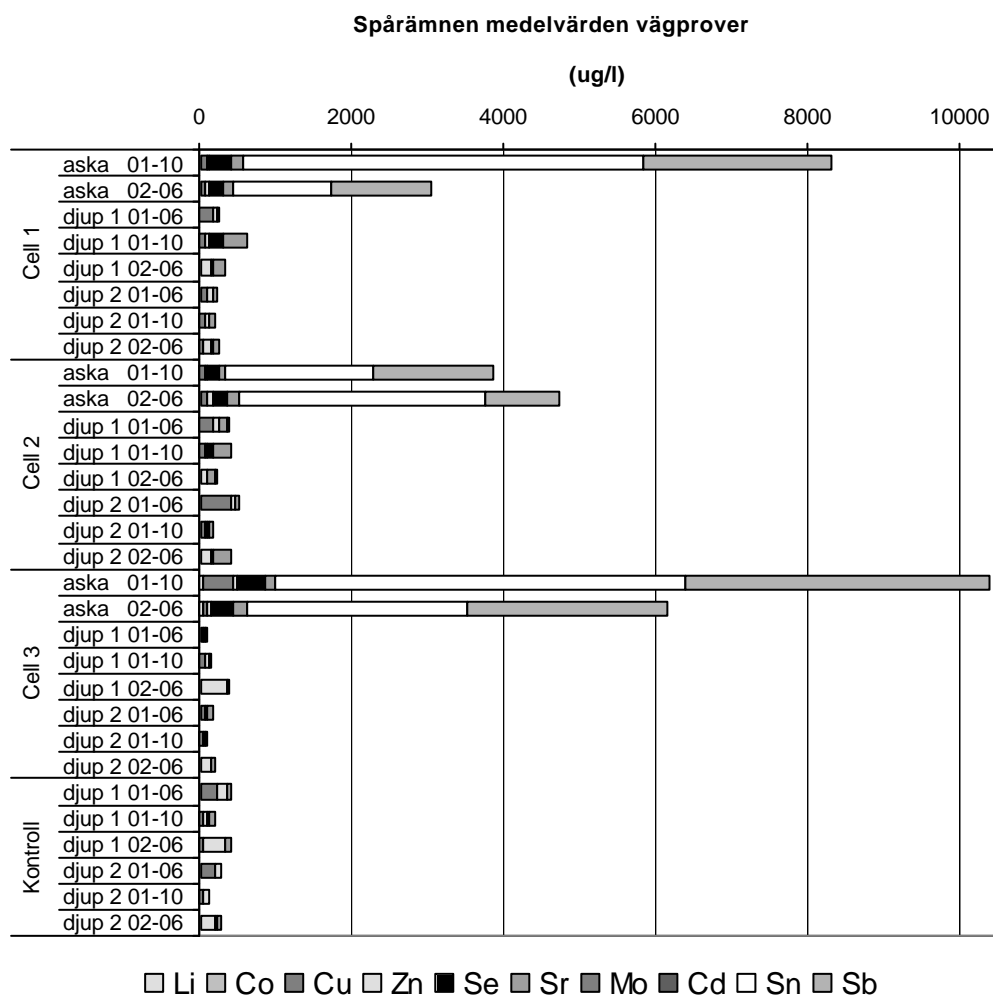


Figur 6-24 Anjoner och katjoner i dikesprover redovisade som medelvärden för respektive cell. Anjonerna har en negativ och katjonerna en positiv laddningskoncentration (mmol/l).

### Spårämnen

Spårämnen är grundämnen vilka i naturen endast återfinns i mycket små mängder. Tungmetallerna ingår i spårämnen. I figur 6.11 och 6.12 redovisas halterna av de mest förekommande spårämnena i porvatten och markvatten från vägproverna respektive dikesproverna. Enheten är  $\mu\text{g/l}$ . Staplarna i figur 6.11 och figur 6.12 visar summan av alla spårämnenas koncentration och varje enskilt spårämnes koncentration.

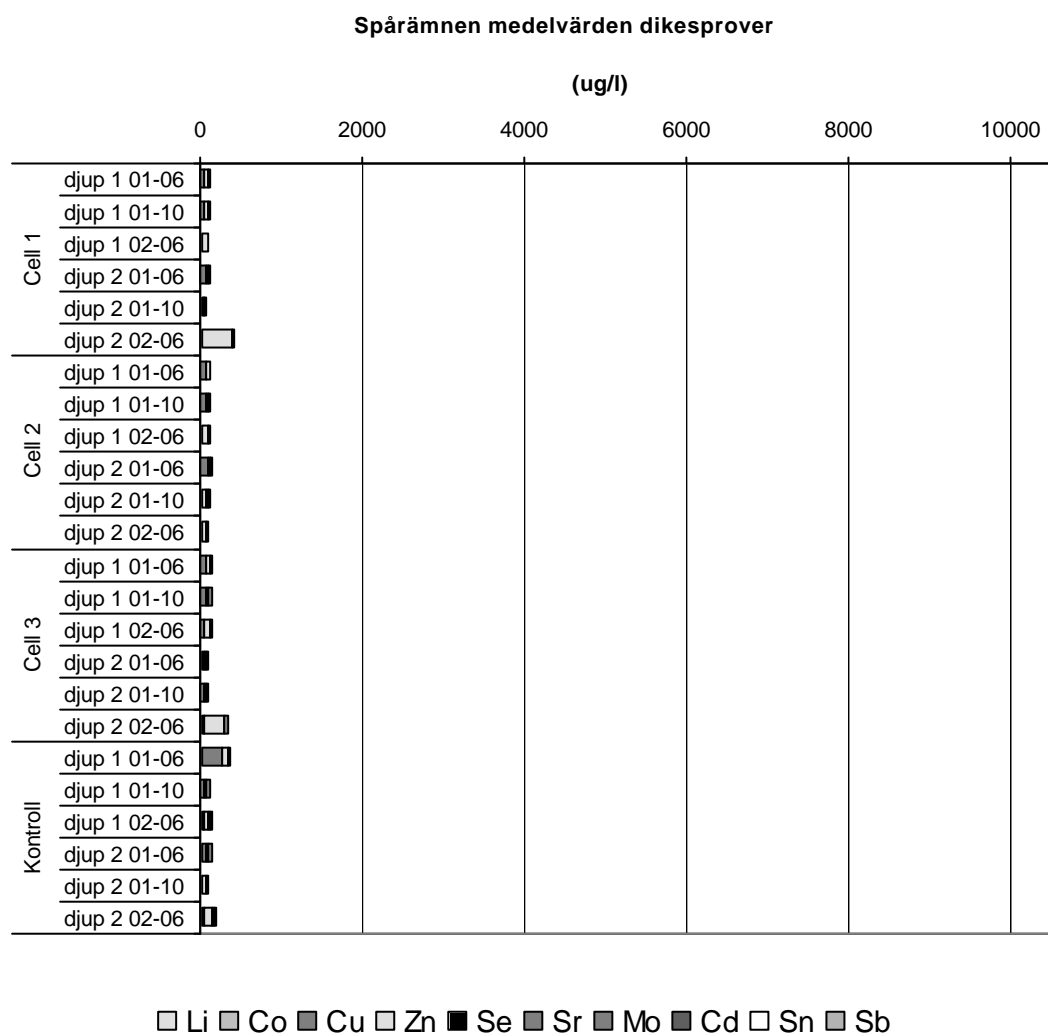
Halterna i askblandningarnas porvatten är mycket högre än i markvattnet och de högsta koncentrationerna uppvisar tenn, antimon, strontium och selen. Koncentrationerna i vägprovernas markvatten är något högre än i dikesproverna. En jämförelse visar att det i vägproverna finns 18 markvattenprover av 24 som har en summakoncentration  $> 200 \mu\text{g/l}$  och 10 prover  $> 300 \mu\text{g/l}$  medan markvatten från 20 dikesprover ligger under  $200 \mu\text{g/l}$  och 3 v dessa  $> 300 \mu\text{g/l}$ . Summan av spårämnenas koncentration var dock även högre i vägprovernas markvatten i juni 2001 då askan ännu inte lagts i vägen.



Figur 6-25 Spårämnen i vägprover redovisade som medelvärden för respektive cell.

I markvattnet från vägproverna är summakoncentrationen högre i cell 1 och cell 2 än i cell 3 och kontrollcellen. I markvattnet från djup 1 cell 3 finns det en stigande trend för summakoncentrationen vilket beror på höjda halter av koppar och zink. I markvattnet från dikesproverna är det inte någon skillnad mellan cell 1-3 och kontrollcellen. Det finns däremot

markvatten från tre dikesprover som har klart högre summakoncentration än de övriga. Dessa dikesprover är cell 1 djup 2 taget i juni 2002, cell 3 djup 2 juni 2002, i vilka största delen utgörs av zink, och kontrollcellens djup 1 i juni 2001, i vilken största delen utgörs av koppar.

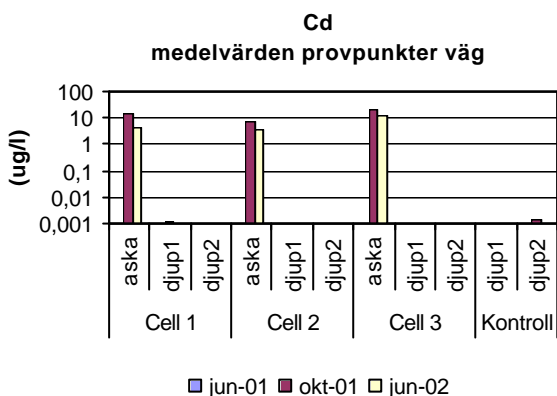


Figur 6-26 Spårämnen i dikesprover redovisade som medelvärden för respektive cell.

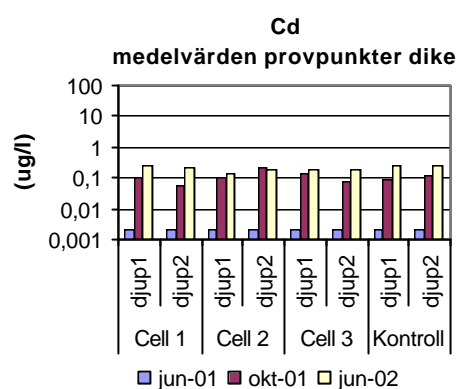
### Utlakning av kadmium, kvicksilver och bly

Kadmium (Cd), kvicksilver (Hg) och bly (Pb) är tungmetaller som är viktiga ur miljösynpunkt. De redovisas här separat från andra spårämnen därför att de förekommer i så låga halter i både väg- och dikesproverna. Enheten i figurerna 6-27 till 6-32 är i ug/l och är logariterad för kadmium och kvicksilver.

För kadmium är halterna i askas porvatten upp till 20000 gånger högre än i vägprovernas markvatten som alla har halter under 0,01 ug/l. Markvattnet i dikesproverna har högre halter än i vägproverna och uppvisar stigande trender i cell 1-3 men även i kontrollen.

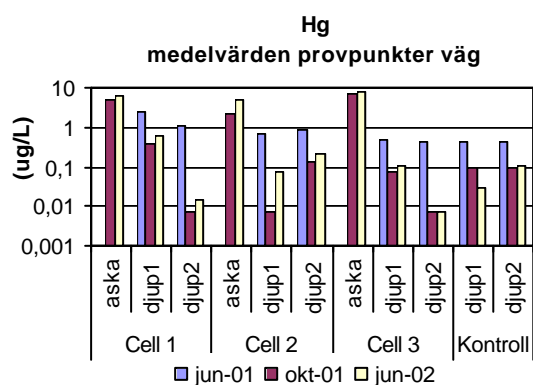


Figur 6-27 Resultat av bestämning av kadmium i vägprover från alla provtagningsstillfällena redovisade som medelvärden för respektive cell.

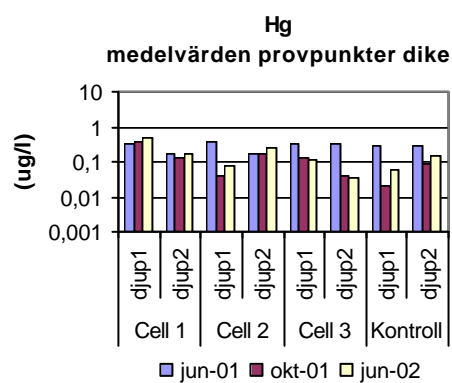


Figur 6-28 Resultat av bestämning av kadmium i dikesprover från alla provtagningsstillfällena redovisade som medelvärden för respektive cell.

Halterna av kvicksilver i porvatten från askblandningarna är högre än i markvattnet från väg- och dikesproverna. Halterna i vägprovernas markvatten är högst i juni 2001 innan askblandningarna lades i vägen. Markvattenproverna i väg och dike skiljer sig inte åt.

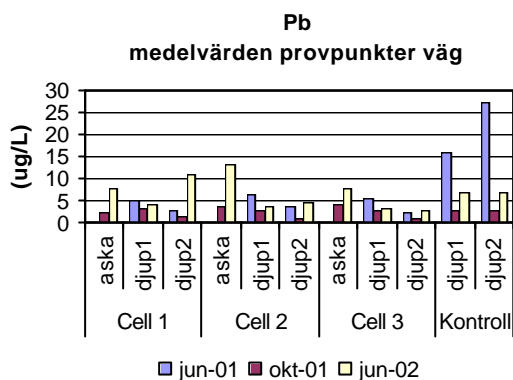


Figur 6-29 Resultat av bestämning av kvicksilver i vägprover från alla provtagningsstillfällena redovisade som medelvärden för respektive cell.

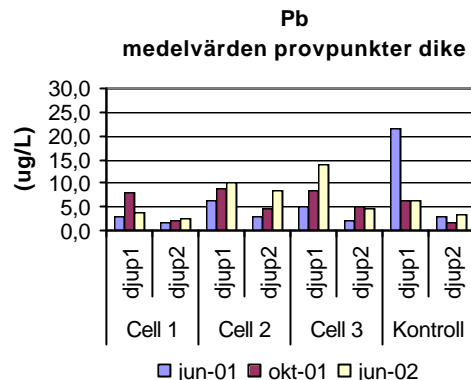


Figur 6-30 Resultat av bestämning av kvicksilver i dikesprover från alla provtagningsstillfällena redovisade som medelvärden för respektive cell.

Blyhalterna i askproverna skiljer sig inte från de övriga vägproverna. Halterna i dikesproverna är i samma storleksordning som i dikesproverna. I dikesproverna för cell 2 och i cell 3 djup 1 kan en stigande trend anas.



Figur 6-31 Resultat av bestämning av bly i vägprover från alla provtagningstillfällena redovisade som medelvärden för respektive cell.



Figur 6-32 Resultat av bestämning av bly i dikesprover från alla provtagningstillfällena redovisade som medelvärden för respektive cell.

#### 6.5.5 Diskussion

##### Utlakning

I vägen ligger pH i askblandningarnas porvatten högre än i markvattnet. I markvattnet var pH i proverna tagna i oktober 2001 2-3 enheter högre än i juni 2001 men markvattnet i juni 2002. Konduktiviteten är mycket högre i askblandningarnas porvatten men detta har inte påverkat de övriga proven.

I dikesprovernas markvatten visar DOC en stigande trend med tiden där halterna i cell 3 skiljer sig tydligt från kontrollen. De högsta halterna är från provtagningen i juni 2002 är 83 mg/L och 55 mg/L och där kontrollen samtidigt har 8,5 mg/L respektive 1 mg/L. Vatteninnehållet i askblandningarna visar tecken på att sjunka samtidigt som de stiger i djup 1 för cell 1-3 och kontrollcellen. Detta skulle kunna bero på att vatten från askblandningarna rör sig nedåt i väggkroppen men att de inte tillförs motsvarande mängd nytt vatten.

Summan av an- och katjonernas laddningskoncentration visar inte samma mönster som konduktiviteten och anjonerna antas till del utgöras av organiska anjoner och vätekarbonatjoner för att summan av laddningskoncentration ska vara lika hög som för katjonerna. Detta innebär att det finns andra joner i por- och markvattenproverna som inte har analyserats. Summan av laddningskoncentrationen i askblandningarnas porvatten är högre än i markvattnet i både väg- och dikesproverna. Markvattnet i vägproverna har högre summa av laddningskoncentration än dikesproverna även i juni 2001 innan askblandningarna lades i vägen.

Spårämnesanalyserna visar att askprovernas porvatten innehåller en högre koncentration av tenn och antimon i jämförelse med markvattenproverna. Dessa ämnens andel av summan av koncentrationen spårämnen är också större i porvattnet än i markvattnet. Förutom tre avvikande dikesprover varav ett i juni 2001 och för djup 1 i cell 3 (dike) har inte summan av koncentrationen för spårämnen ökat.

Kadmium, kvicksilver och bly har redovisats var för sig. I askblandningarnas porvatten är koncentrationerna av kadmium och bly högre än i markvattnet. Kadmium uppvisar ökande halter om än på en låg nivå. Kvicksilverhalterna har högst koncentration i markvattenproverna från juni 2001 det vill säga innan askblandningarna lades i vägen. Blyhalterna i markvatten från dikesprover i cell 2 och 3 uppvisar ökande koncentrationer men på låga nivåer.

Askblandningarnas permeabilitet är låg, vilket innebär att vattentransporten genom också är det. Utlakningen av ämnen från askblandningarna i porvattnet och markvattnet i proverna har därför inte kunnat spädas lika mycket som om det funnits en högre vattentransport. Samtidigt innebär detta att den totala mängd som utlakats från askblandningarna hållits nere. För att få en bättre uppfattning av hur höga eller låga koncentrationerna har por- och markvattenproverna jämförts med dricksvattennormen (SLV FS 1993:35) för egen brunn i tabell 6-18 Gränsvärdet för dricksvatten i egenbrunn överskrider i porvattnet från alla askblandningarna och i markvattenproverna förutom för kadmium i por- och markvattnen samt för kvicksilver i dikesprovernas markvatten. Blyhalterna är högst i markvattnet från väg och dike. Det kan bero på utsläpp från trafiken eftersom bensinen tidigare var blyad.

*Tabell 6.18 Jämförelse mellan halter av tungmetaller i porvatten i askblandningar och markvatten från askvägen med gränsvärdet för dricksvattennormen för egen brunn.*

	<b>Kadmium (µg/l)</b>	<b>Kvicksilver (µg/l)</b>	<b>Bly (µg/l)</b>
Gränsvärde dricksvattenbrunn	1	1	10
Porvatten* askblandningar	<25 alla prover >1	<10 alla prover >1	<15 1 prov > 10
Markvatten väg*	<0,01	<3 2 prover >1	<30 3 prover >10
Markvatten dike*	<0,3	<0,5	<25 3 prover > 10

\* Alla proverna för dessa provtyper ligger under den angivna koncentrationen.

Den provtagning som nu genomförts i detta projekt är avsedd att i forskningssyfte studera utlakningen av ämnen från askan. Vid storskaliga projekt måste troligtvis av kostnadsskäl en mindre omfattande provtagning utföras. Att rekommendera är dock att en inledande undersökning för att bestämma bakgrundshalter av olika ämnen görs mer omfattande för att senare ha möjlighet att ha dessa att jämföra med om man senare ser behov av att komplettera provtagning och analyser. Utsläppen från trafiken kan ha gett upphov till kan ha gett upphov till förhöjda halter i marken.

För att underlätta både för beställare, entreprenörer och myndigheter kan det finnas anledning till att ta fram en allmängiltig kontrollmetod eller ett tillvägagångssätt vid miljökontroll. Avsikten med detta skulle vara att minska utredningarna och tiden för att erhålla miljötillstånd för en viss applikation och plats men även för att minska osäkerheten vid bedömningar. Frågor som kan vara relevanta är vilka förutsättningar som är lämpliga med hänsyn till geologi, geohydrologi och spridning för att det ska lämpligt att bygga en väg med aska? Nuvarande belastning på omgivningen kan vara ytterligare en faktor att ta hänsyn till. Aska med högre utlakning kan ur miljösynpunkt lämpa sig väl för vägbyggnad på industriområden och deponier där övrig belastning redan är hög.

## 6.6 Slutsatser – Miljö

### Allmänt

Undersökningen visar att askblandningen innehåller förhöjda halter av bland annat As, Cd, Ni och Zn. Vatten från lysimetrarna, som är installerade under askskiktet, har enbart kunnat tas från den yttre lysimetern i cell 3. De övriga lysimetrarna var torra vid provtagningstillfället, ca tre månader efter installation. Fältresultatet tyder på att askblandningarnas permeabilitet är mycket låg. Den uppsamlade vattenvolymen i den yttre lysimetern i cell 3 motsvarar < 2 liter per år och m<sup>2</sup>. Lysimetrarnas roll är i första hand att kunna kontrollera volymen vatten som tränger igenom askskiktet. Analys på vattnet utan filtrering kan vara missvisande, eftersom partiklar från askblandningen kan kontaminera lysimetervattnet.

Laboratorieundersökningen visar att utlakningen av As, Ni, Zn och Pb är mycket låg.

Grundvattenprov från 2001-08-28 har inte filtrerats. Detta pga. att filtret satte igen, orsakad av kolloidinnehåll. Halterna av Ni, Pb och Al var förhöjda vid analystillfället. De förhöjda halterna av Al och Pb orsakades av att kolloider löstes upp vid analysen. Detta har vid provtagningen 2001-12-10, åtgärdats, dvs. proverna har filtrerats från kolloider före analys. Resultaten visar att enbart Ni halten var högre än dricksvattensnormens halt (dricksvatten ur egen brunn). Ni halten ligger dock på samma nivå som referensrörets halt året före pilotförsöket. Av dessa resultat att döma motsvarar grundvattnets kvalitet i stort sett grundvattnets kvalitet före pilotförsöket.

Mitthögskolans extra undersökningar visar att prover från vägens asklager har genomgående högre halter av alla parametrar. Dessa högre halter har inte påverkat de närmast underliggande marklagren annat än i enstaka fall. En tillfällig höjning av pH kunde noteras i oktober 2001. Motsvarande höjning kunde inte ses för konduktiviteten. Nivåerna, där prov analyserades framgår nedan:

	0,9-1,3 meter	aska
Djupintervall :	1,3-1,6 meter	djupintervall 1 (sand)
	1,6-1,9 meter	djupintervall 2 (sand/silt)

Cs-halterna i mikroporvattnet visar på låga halter. Vid den av mitthögskolan utförda undersökningen har enbart Cs –halt undersökts. Vid laboratorieundersökningen (SCC-VIATEK) analyserades totalhalter och utlakningen av <sup>137</sup>Cs. Askblandningarnas totalhalt av <sup>137</sup>Cs-137 är 2810 - 2850 Bq/kg. De utlakade kumulativa halten efter L/S 10 låg på < 4x10<sup>-7</sup> mg/kg <sup>137</sup>Cs. Detta motsvarar ca 2000 Bq/kg TS askblandning. Undersökningar utförda på den färska flygaskan från SCA mellan juni 2000 – och mars 2001 visar att Bq nivån ligger mellan 820 och 1726 Bq/kg TS (källa: *Christer Fält, Miljöchef Ortvikens pappersbruk*)

Prover från vägens asklager visar genomgående högre halter än övriga marklager för de bestämda parametrarna. En viss påverkan på markvattnet i väg- och dikesprover kan i vissa fall noteras.

En tillfällig höjning av pH kunde noteras i oktober 2001. Motsvarande höjning kunde inte ses för konduktiviteten.

### Mikroporvatten

I cell 1 djup och cell 2 djup 1 och djup 2 ligger halterna av anjoner för den sista provtagningen klart över halterna i kontrollen.

Grundämnesanalyserna visar att askblandningarna i några fall bidrar till förhöjda halter av baskationerna natrium, magnesium, kalium och kalcium. Av de grundämnena som är spårämnen är det antimon och tenn som är höga i askproverna. Kadmium utgör en relativt liten del av summan av koncentration av spårämnen i askblandningarnas porvatten men har gett en påverkan på markvattnet i väg- och dikesproverna. En jämförelse med gränsvärden för dricksvatten i egen brunn visar att dessa överskrids men inte i alla prover och i vissa fall inte av en hel provtyp (porvatten eller markvattnet från väg/dike).

Bakgrundshalterna är ibland högre för den första provtagningen innan askan lades ut. Halterna i kontrollen stiger ibland på samma sätt som askcellerna vilket skapar osäkerhet om hur stigande trender i askcellerna ska bedömas. Detta talar för vikten av att utföra en provtagning som ger en bra bild av bakgrundshalterna innan en väg byggs om med aska.

Slutligen är det viktigt att projektet följs upp med ytterligare provtagningar för undersöka långtidseffekter vad gäller utlakning från askblandningarna till omgivningen.

### **6.7 Tekniska krav**

Försöksytorna med deponicellen (delprojekt 1) har utvärderats under hösten 2002. Resultaten indikerar att materialens täthet ligger under  $10^{-9}$  m/s. På grund av kantflöden i testcellerna är det svårt att utvärdera resultaten. De resultat som har erhållits i projektet indikerar att askblandningarnas permeabilitet (delprojekt 1) är högre än  $10^{-9}$  m/s, dvs. att de inte klarar kravet på  $10^{-9}$  m/s.

Försöken på riksväg 90 (delprojekt 2) visar att askblandningarnas skrymdensitet ligger nära den optimala densiteten. Resultaten visar också att samtliga askblandningar har en mycket låg permeabilitet, den vattenmängd som perkolerar askskiktet är mindre än 2 liter per år och  $m^2$ . Detta visar att konstruktionen, asfalt underlagrat av förstärkningslager och askskikt, är tät. Resultat från den senaste vattenprovtagning visar att grundvattnets pH och konduktivitet ligger på bakgrundsnivåer. Låg utlakning ger långtidsstabilitet. Mindre vatten i vägmaterialet under askskiktet antas leda till att frostpåverkan minskar.

### **6.8 Ekonomi**

Det nu aktuella arbetet var ett forsknings- och utvecklingsprojekt, vilket medförde att totalkostnaderna blev markant högre än med traditionellt byggförfarande. Nedan görs en kalkyl för en sträcka på 540 m.

Askor som ska nyttjas i liknande sammanhang måste undersökas vad gäller tekniska och miljötekniska egenskaper för att hitta lämpliga blandningsförhållanden och recept. Kostnaden, i detta projekt, för att ta fram tre recept på blandningar låg på ca **300 000**. I kommande projekt uppskattas framtagning av recept, baserad på erfarenheter från detta projekt, uppskattas ligga runt **150 000 kr** se tabell 6-19. Av kostnadsskäl bör antalet provkroppar som ska undersökas hållas nere. I ett framtida läge, när en aska redan i förväg är produktifierad, behövs det enbart kontrollförsök för att verifiera askans/askblandningens egenskaper.

Miljökontroll av sträckan uppskattas kosta ca **100 000 kr** inklusive sättnings av lysimetrar, grundvattenrör och en uppföljning med enstaka analyser på grundvattenprover.

Kostnaden för blandningsverket var ca **100 000 kr** per vecka, inklusive transporter. Vid detta tillfälle har enbart ca 400 ton askblandning tillverkats. Verkets uppskattade kapacitet ligger

runt 60 ton per timme. Med denna tillverkningstakt skulle ca 2400 ton askblandning kunna tillverkas och läggas ut på en 540 m lång sträcka per vecka (förutsatt att askblandningens tjocklek är 0,4 m). Kostnaden för utläggningsarbetena uppskattas till ca **64 000 kr**.

I princip gäller, att när askan nyttjas för anläggningsändamål i större skala uppstår - enligt uppgifter från olika huvudmän - en kostnadsbesparing på "tippen" som uppgår till 600-800 kr/ton inklusive avfallsskatten på ca 300 kr. En del av denna "vinst" bör kunna nyttjas (efter förhandlingar mellan askproducenter och användare) till att :

- bekosta extra transporter och blandningsprocesser för byggherre/entreprenör (investeringar och /eller rörliga kostnader)
- betala tillsatsmaterial,
- skapa en total inbesparing och vinst för alla parter.

Samtidigt som avfallsmängden till deponi minskas kraftigt minskar också uttaget av naturmaterial som grus, sand etc. I denna kalkyl tillgodoräknas byggkostnaden 300 kr/ton, (dvs. ett bidrag från materialet) som skulle ge ett tillskott på **720 000 kr**.

Tabell 6.19 *Kostnads kalkyl för en 540 m lång vägkonstruktion med askblandning vs. traditionellt material.*

	Avstånd, mil	Längd, m	Kostnad, per ton och mil	Kostnad, kr/m	Tillverkad mängd, ton	Alternativ lösning kostnad, kr	Traditionella material kostnad, kr
Undersökning						150 000	
Kontroll/uppföljning						100 000	
Blandning 1 vecka					2400	100 000	
Utläggning (3maskiner)						64 000	
Transporter (11mil+lokalt)	11		37,5			990 000	
Bidrag från materialet			-300			- 720 000	
Vägsträcka		540					
Bärlager				1200		648 000	
Totalkostnad						1 332 000	1 350 000
Kostnad/m väg						2 467	2 500

Transportlogistiken kan förbättras avsevärt vid ett större byggprojekt, dvs. längre sammanhängande sträcka. I det aktuella fallet har totalt fem olika delsträckor/blandningar tagits fram för 90 m provsträcka. I ett större projekt kan samma blandningsrecept nyttjas för hela sträckan. Ett annat sätt att effektivisera arbetet med utläggning är att utföra tillverkningen av askblandningen i anslutning till vägsträckan. Om försöksverksamhetens kostnader tas som grund ligger transportkostnaden för askblandningen på ca **37,5 kr/mil**, se tabell 8.1, men denna kostnad bör alltså kunna reduceras avsevärt i fullskalebyggande.

Den utlagda askblandningen överlagras av 0,5 m förstärkningslager. Kostnaden för 0,5 m förstärkningslager uppsattas i denna kalkyl ligga på **1200 kr/m**.

Det traditionella alternativet är bortgrävning av 1,8 m befintligt material och ersättning av detta med förstärkningslager, vilket ligger på en kostad på ca **2500 kr/m**.

Ovanstående kalkyl kan inte till fullo bevisas genom detta projekt utan behöver beläggas genom större (mer kostnadseffektiva) byggprojekt. I projektet blir nu kostnaderna (med förhöjda priser för olika moment enligt tillgängliga uppgifter) för de två alternativa byggmetoderna, en med askblandning och en med traditionella material, av samma storleksordning (tabell 6-19)."

## 6.9 Slutsatser

Två fält- /pilotförsök med askblandningar har utförts, ett på Älandsbrotippen och ett på riksväg 90, ca 1 mil nordväst om Sollefteå. Försöket på Älandsbrotippen utfördes för att utveckla ett linermaterial för täckning av deponi. De material som användes i detta fall var deponiaska från Älandsbrotippen, grönlutsslam, och flygaska från SCA, samt cement och bentonit. På Rv 90 användes deponiaska från Älandsbrotippen, flygaska från SCA och tillsatsmedlen portlandcement, Merit 5000 och kalk (osläckt).

Askblandningarnas tekniska egenskaper, innehåll och lakningsegenskaper undersöktes i laboratorium. Dessa undersökningar visade hur de tekniska egenskaperna hos askblandningarna påverkas av de ingående materialens vattenkvot. De bästa tekniska egenskaperna nås vid nära optimal vattenkvot. För de material som nyttjades vid dessa försök ligger blandningarnas (produktens) optimala vattenkvot runt 55 %. Toleransen är ca  $\pm 10$  % vid fältapplikation för att bibehålla de tekniska egenskaperna som hög hållfasthet och låg permeabilitet vilket i sin tur ger minskad lakbarhet.

Miljöduqligheten hos material som nyttjas vid markbyggnation är en viktig fråga. Det finns dock ingen mall för hur miljöduqlighet hos ett material ska bedömas. Vid användningsområdet linermaterial på deponi är frågan om miljöpåverkan enklare eftersom i detta fall täcks avfall dvs. ett redan förorenat område med låg känslighet för eventuell läckage av föroreningsämnen. Det primära i detta fall är att linerns tekniska egenskaper som täthet och hållfasthet uppfylls. I liner applikation är materialets lakbarhet låg tack vare att ytvatten leds av från deponiytan genom dräneringslager och inte igenom liner materialet. Utlakningen kommer därmed att begränsas till diffusion. Vid applikation i en väggkropp är miljöduqligheten av stort intresse. Materialet nyttjas tack vare bra tekniska egenskaper, men det får inte leda till att föroreningar sprids till grundvattnet.

I den aktuella applikationen på Rv 90 ligger askblandningen som ett 0,4 m skikt under överbyggnaden på 0,5 m och en asfalterad vägyta. Lysimetrar som installerades direkt under askskiktet visar att vägen (asfaltytan, överbyggnad och askskiktet) är en tät konstruktion som inte släpper igenom vatten i stora mängder. Med undantag av en lysimeter, som ligger i utkanten på cell 3, har inget vatten samlats upp. I den yttre lysimetern i cell 3 motsvarar den uppsamlade vattenmängden  $< 2$  liter /m<sup>2</sup> och år. Grundvattenanalys visar att metallinnehållet i grundvattnet ligger på samma nivå som bakgrundsvärden.

Fältförsöket med linermaterial på Älandsbrotippens testceller var ett småskaligt försök. Erfarenheterna från detta försök var av stort värde vid utförandet av försökssträckan på Rv 90. Fältförsöket på Älandsbrotippen visade hur viktigt det är för resultaten att materialens vattenkvot ligger i rätt intervall. Även blandningsverktygets utformning är av stor vikt. Inför Rv 90 projektet torkades därför ca 300 ton deponiaska ner till vattenkvot under 100 %. Även flygaskan från SCA hade en lägre kontrollerad vattenkvot ( $< 20$  %) vid Rv 90 försöket. Detta medförde att askblandningens totala vattenkvot låg nära den optimala (50 %), vilket i sin tur resulterade i att materialet var lätt att packa till nära optimal densitet. Vid linertillverkningen året innan var materialblandningarnas vattenkvot nära 100 %, dvs. 50 % högre än den optimala. Askorna blandades i en rotorblandare, som gav förhållandevis låg blandningseffekt. Blandningsverktyget vid Rv 90 projektet var av typen tvångsblandare med en produktionseffektivitet av ca 60 ton blandning i timmen. Avståndet mellan Älandsbrotippen, där blandningen utfördes och Rv 90 var en för projektet fördyrande faktor. Utläggningen och packningen av askblandningarna gav bra resultat, packningsgraden låg runt 90 %. Materialets

vatteninnehåll låg nära optimal vattenkvot, vilket medförde att blandningen var lätt att hantera. Den höga packningsgraden resulterade också i att askskiktet fick låg permeabilitet.

Viss höjning av pH har noterats ca 0,6 m under askskiktet ca 4 månader efter utläggning. Efter ca ett år har denna påverkan avklingat. När det gäller salthalter finns det ingen tillfällig höjning av halterna, mätt som konduktivitet, under askskiktet.

## **6.10 Framtida användning**

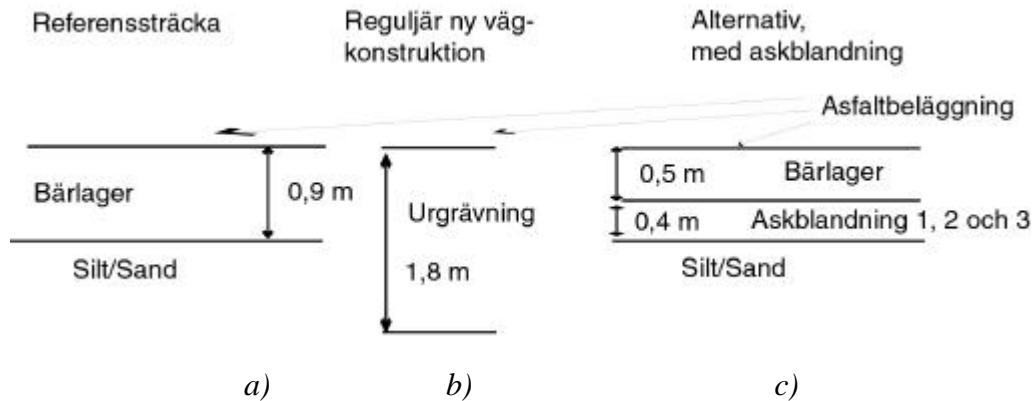
### *6.10.1 Allmänt*

För att utveckla ett hållbart samhälle på lång sikt fordras ny kunskap. Det finns ett tydlig behov av tekniska och praktiska lösningar som syftar till att begränsa uppkomsten av avfall och förbättra hanteringen av våra naturresurser som finns i vårt samhälle. Den nya kunskapen skall svara på hur vi kan:

- Minska resursbehovet för att skapa en viss produkt eller åstadkomma en viss funktion
- Återanvända material.
- Återvinna material i andra processer som därmed minskar åtgången av andra råvaror och resurser.
- Hantera material som trots insatser för att optimera resurs- och råvaruförbrukningen inte kan återinföras i kretsloppet på bästa möjliga sätt.

Askor från biobränsle har goda tekniska egenskaper som kan nyttjas i mark- och anläggningsbyggande. Genom att nyttja aska innovativt i t.ex. vägkonstruktioner som bär, förstärknings- och isolerande lager kan dessa optimeras så att materialet ger ett mervärde som är större än bara volymen. Vägar kan byggas med mindre åtgång av naturresurser med tillhörande reducering av transporter, mindre täkter, mindre schaktarbeten och tillhörande miljövinster och ekonomisk nytta (se Figur 6-33).

Utredningar i Finland, Lahtinen, 2001, visar att vägkonstruktioner med flygaska erhåller en upp till 30 % lägre livscykelkostnad, oaktat avfallsskatten. Studierna visar att nyttjande av flygaskor och askblandningar i en vägkonstruktion reducerar behovet av grus och krossat berg med 20-30 %, i vissa fall upp till 50-70 %.



Figur 6-33 Bärighetshöjande åtgärder för en väg; a) före reparation, b) traditionell konstruktion och c) ny vägkonstruktion med askblandning.

Samhällets styråtgärder när det gäller minskningar av avfallsmängder, t ex deponiskatt och deponeringsföreskrifter, medför främst en ekonomisk belastning på avfallsproducenten. Huvudansvaret för att kontrollera och utveckla egenskaperna hos olika restprodukter så att de kan få en ny och säker användning ligger hos producenterna. Samtidigt har potentiella avnämarna (Vägverket, Banverket, kommuner m.fl.) ett samhällsuppdrag och i egenskap av verksamhetsutövare en skyldighet att beakta möjligheter till återbruk och återvinning av restprodukter.

#### 6.10.2 Marknad

Användningen av ballastmaterial som bär- och förstärkningslager i vägkonstruktioner överskrider vida tillgången på flygaska. I Sverige används ca 80 miljoner ton ballast per år varav vägsektorn nyttjar ca 50 miljoner ton/år. De material som konkurrerar med flygaska utgörs främst av krossat berg, naturgrus och i viss mån isolerande och lätta material som cellplast eller lättklinker. De senare är mycket dyra och resurskrävande material som gör att marknadspotentialen för material med de tekniska egenskaper som flygaska innehar är stor. Krossat berg och grus är dessutom ändliga ur naturresurssynpunkt varför en användning av flygaska skulle leda till minskad åtgång av naturresurser.

Under senare år har omfattande arbete bedrivits i Sverige för att bärighetsklassificera vägnätet som är i ett mycket stort behov av åtgärder.

#### 6.10.3 Potential

Den mest potentiella applikationen för flygaska i mark- anläggningsbyggande bedöms vara som bär- och förstärkningslager i vägar och hårdgjorda arbetsytor, speciellt med avseende på bärighetsåtgärder. Åtgången av flygaska som bär- och förstärkningslager för en normal sekundär väg är av storleksordningen 2-6 ton/m väg. Detta innebär i korthet att 1 km väg erfordrar ca 2 000 – 6 000 ton askblandning. Egenskaperna hos flygaska ger också intressanta effekter i form av reducerat anspråktagande av ändliga resurser och minskade schakt- och fyllningsarbeten (vid nyttjande av isolerande egenskaper).

Förutom miljövinster kan också ekonomisk nytta förväntas. Bedömningen visar att flygaska (materialkostnad, 0 kr) kan transporteras långa sträckor före ”break-even” med den traditionella lösningen. I ekonomiska bedömningar gjorda i Finland har också drifts- och underhållsaspekter inkalkylerats för olika tekniska lösningar. Dessa visar att utförande med flygaska har god ekonomisk potential, Lahtinen (2001).

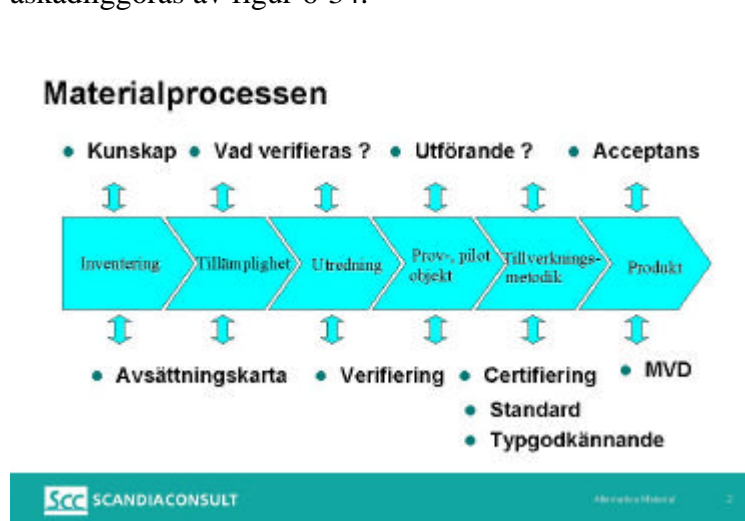
#### 6.10.4 Materialprocessen vs Byggprocessen

De flesta av problemen med osäkerhet kring tekniska prestanda, miljö- och myndighetskrav kan lösas genom en produktifiering en s.k. *materialprocess*, figur 6-34. En framgångsrik avsättning av alternativa material kräver också utveckling på entreprenadsidan, som utveckling av blandningsutrustning, utläggningsteknik, logistik etc., *byggprocess* figur 6-35

##### Materialprocessen

Målsättningen med detta projektet var att visa vägen för användning av flygaskor, identifiera produkter/applikationer som utifrån nu rådande miljö kvalitets- och återvinningsmål kan nyttjas i mark- och anläggningsbyggande.

Beroende på nuläget för ett alternativt material, dvs. hur mycket som finns gjort och de krav som ställs av nyttjarna ( i detta fall byggare), kan resan genom materialutvecklingsprocessen bli olika från gång till gång. För en regelmässig användning av ett material i byggande skall dock ALLA delar i *materialprocessen* behandlas. Den metod som användes i projektet kan åskådliggöras av figur 6-34.

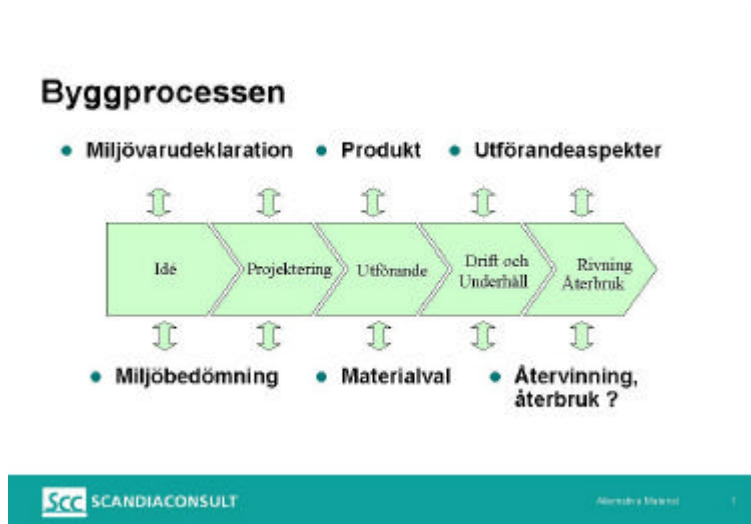


Figur 6-34 Materialprocessen (Källa: SCC-Alt-mat, Svedberg & Mácsik)

I projektet utfördes en optimerad materialutveckling i ett etappvisst förfarande. Miljömässiga och tekniska förutsättningar hos de askblandningar som nyttjades verifierades.

##### Byggprocessen

Askproducenter är idag, med få undantag, ingen regelmässig leverantör av material till byggprocessen. Det finns en stor potential att de kan bli det. *Byggprocessen* kan åskådliggöras av figur 6-35. Notera att figuren inte beskriver den tidsutdräkt som erfordras för respektive del och hur viktigt det är att tidigt i byggprocessen komma med underlag för materialval. Därför att ju senare man kommer in i byggprocessen desto svårare är det för de inblandade aktörerna att påverka materialvalet.



Figur 6-35 Byggprocessen (Källa: SCC Alt-Mat, Svedberg & Mácsik)

### 6.10.5 Miljögeoteknisk bedömning

Vid en miljögeoteknisk bedömning är det många olika aspekter som tillsammans ska utgöra underlag för en bedömning, Svedberg, 2003. Ett exempel är en sammanvägning av kunskap inom geoteknik, jordartsgeologi, hydrogeologi etc. med miljöteknik (beskriver bl.a. förutsättningar för transport med vatten i omgivningen och beskriver bl.a. vilka ämnen som kan förväntas frigöras från ett material i användningen).

Den miljögeotekniska bedömningen bör därför baseras på *Omgivnings-* som *Användningsaspekter*, Svedberg, 2003. Användningsaspekterna beskriver materialet i en vägkonstruktion, med specifika tekniska och miljötekniska egenskaper.

Omgivningsaspekterna, dvs. hur recipienten kan påverkas bedöms sedan baserat på den specifika användningen. Exempelvis kan ett material i en viss applikation vara lämplig i en viss omgivning (recipient) men inte i andra. Denna miljögeotekniska bedömning bör göras inför nyttjande av alternativa material, exempelvis flygaska.

## 7 Resultatspridning samt skyltning

Vid vägsträckan har EU-Life skylt satts upp. Regelbundna möten hölls och information och kunskapsutbytet var kontinuerligt. Artiklar i tekniska facktidskrifter är publicerade.

Under 2003 har två artiklar publicerats i Bygg&Teknik med titlarna:

- ”Flygaska som vägbyggnadsmaterial”, Josef Mácsik SCC och Kerstin Pousette LTU. Publiceras januari 2003, se bifogat särtryck.
- ”Projekt MGB, ett enhetligt verktyg för miljöteknisk bedömning av väg- och järnvägsmaterial” Sven Knutsson LTU, Josef Mácsik SCC och Bo Svedberg LTU. Publiceras januari 2003.

I januari 2002 färdigställdes SBUF-delrapport/EU-delrapport och i december 2002 färdigställs SBUF-slutrapport/EU-delrapport.

Den 13 juni 2002 hölls miljöbalksseminarium om aska och slagg som alternativa vägbyggnadsmaterial i Naturvårdsverkets lokaler, anordnat av Svenska EnergiAskor. På seminariet presenterades resultat från Rv90 med *titeln Användnings- och platsspecifik*

*miljöbedömning, avgränsningar och arbetsverktyg*, Tekn. Dr Josef Mácsik, Scandiaconsult Sverige AB och Civ. Ing. Bo Svedberg, Luleå tekniska universitet, bilaga 7.

## 8 Övrigt

Projektet har avslutats under första kvartalet år 2003. Vägverket Region Mitt planerar dock en uppföljning av pilotsträckan under de närmaste åren. Det gäller både teknik- och miljöaspekter. Under sommar /höst 2003 planeras dessutom en längre vägsträcka, där askblandningar kommer att nyttjas. Erfarenheter från detta projekt kommer att nyttjas.

Ett annat parallellt projekt som pågår är *FACE*-projektet, (*FlyAsh in Civil Engineering*). Projektets första etapp innefattar identifiering av adekvata tillämpningar för nio flygaskor som ingår i undersökningen. Uppdragets första etapp indelades i två steg. Fram till och med steg 1 undersöktes nio flygaskor. Flygaskorna grupperades sedan efter egenskaper, tillverkningsprocess etc. I steg 2 fördjupas undersökningarna inom respektive grupp för att belysa de specifika problem och möjligheter som materialen i gruppen erbjuder. I steg två kommer tre - fyra flygaskor att undersökas.

## 9 Litteraturreferenser

Metodik för inventering av förorenade områden, NV 4918

Vägledning för miljötekniska markundersökningar, del II: fältarbete, NV 4311

*Rapport, 2000, Askblandningar i anläggningsprocesser.*

*Rapport, 2002, Askblandningar i anläggningsprocesser, slutrapport SBUF*

*Pousette K., Mácsik J. 2003. Flygaska som vägbyggnadsmaterial, Bygg och teknik, 2003, nr:1, pp 31 - 34*

*Svedberg B., Mácsik J. 2003. Modell för miljöbedömning av korniga material, Bygg och teknik, 2003, nr:1, pp 66 – 69.*