



# Från värme till industriyta

Analys av energiaska som konstruktionsmaterial

*Amanda Widén*

2013

**Miljövetenskap**

Examensarbete för kandidatexamen 15 hp

Lunds universitet



# Från värme till industriyta

Amanda Widén

Examensarbete för kandidatexamen 15 hp

Miljövetenskap

Lunds Universitet

## **Handledare:**

Martijn van Praagh

Centre for Environmental and Climate Research, Lund University

Anna Jonasson

E.ON Värme Sverige AB

Per Björnell

Econova Recycling AB

## **Förord och Tack**

Det här är ett examensarbete för kandidatexamen i miljövetenskap vid Lunds Universitet. Arbetet har utförts i samarbete med *Econova Recycling AB* och *E.ON Värme Sverige AB*. Jag vill framföra ett tack till alla på dessa företag som hjälpt mig med arbetet. Framför allt vill jag tacka Per Björnelid och Anna Jonasson som varit mina handledare och bistått med stort stöd under hela processen.

Jag vill även passa på att tacka Per-Erik Persson på *PE Betongteknik AB* för hjälpen i Slite och för alla svar på alla mina konstruktionsfrågor. Rolf Möller och de andra på *Cementa Research AB* förtjänar också ett varmt tack för hjälpen med tryckhållfasthetsproverna.

Ett stort tack till alla på *Lund Universitet*, framför allt Martijn van Praagh för handledningen, och alla andra jag kommit i kontakt med under arbetets gång, varje liten pusselbit har varit viktig för slutresultatet. Slutligen vill jag tacka familj och vänner för ert gränslösa stöd.

Lund, 2013

*Amanda Widén*

## Sammanfattning

Examensarbetet syftar till att undersöka om det kan vara miljömässigt försvarbart att använda aska från fjärrvärmeproduktion vid anläggning av industriytor. Upp emot 60 % av askan används i dagsläget för täckning av deponier. Behovet för detta kommer att försvinna inom 15 år i och med att alla gamla deponier har blivit täckta. För att då inte askan själv ska hamna på deponi finns behovet av att hitta nya användningsområden. I denna undersökning analyseras huruvida aska med cementinblandning kommer att kunna användas som konstruktionsmaterial för industriytor på ett miljömässigt försvarbart sätt.

Undersökningen visar att denna typ av askkonstruktion kommer att innehålla relativt höga totalhalter av framförallt zink och koppar jämfört med en konstruktion med bergkross. Däremot är halterna i lakvatten, framtagen med standardiserade lakteter, betydligt lägre än totalhalterna och de hamnar överlag under riktvärden för urlakning för inert avfall. Lakningen beräknas bli betydligt mindre i fullskalekonstruktion än i lakteten eftersom de konstruktionsmässiga parametrarna visar på att den cementstabiliserande askan är ett tätt och hållfast material. Således anser jag att användningen av aska på detta vis endast ger upphov till en ringa risk till förorening och samhället kan samtidigt minska sin användning av naturliga material. Tekniken är alltså miljömässigt försvarbar om den genomförs på rätt sätt.

## Abstract

The aim of this study is to assess if it is environmentally justified to use ashes from district heat production for construction of industrial surfaces. Today around 60% of the ashes are used to cover landfills. The need for this will disappear within 15 year, when all landfills are covered. To avoid that the ashes subsequently end up in landfill themselves, we need to find new uses for it. This thesis analyses if cement mixed ash can be used for construction in an environmentally sound way.

The results show that the studied type of ash constructions will contain relatively high metal concentrations. However, the leachate concentrations are significantly lower than the total metal concentrations and are generally below the limit for leachate from *inert waste*. Leaching volumes are also expected to be small because the structural parameters show that the ash-cement blend is a dense and strong material. The conclusion is therefore that the use of ash in this way gives only *a small risk* of contamination and at the same time the use of virgin materials can be reduced. It is therefore environmentally justified to use ashes in this way.

## Innehållsförteckning

Förord och Tack.....	III
Sammanfattning.....	IV
Abstract .....	V
1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte och mål.....	1
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Metod och genomförande .....	3
1.4.1 Genomförande .....	3
2. Teori och litteraturstudie .....	4
2.1 Aska .....	4
2.1.1 Flygaska .....	4
2.1.2 Bottenaska - slaggrus .....	5
2.1.3 Bäddaska .....	5
2.2 Olika förbränningstyper .....	5
2.2.1 Rosterpanna .....	5
2.2.2 Fluidiserad bädd.....	5
2.3 Styrande regelverk .....	5
2.3.1 EU- lagstiftning .....	6
2.3.2 Miljöbalken.....	6
2.3.3 Miljömålen.....	7
2.4 Krav på tekniska egenskaper vid byggnation .....	7
2.4.1. ATB VÄG .....	7
2.4.2 Övriga krav.....	8
2.4.3 Exempel på redan utförda projekt .....	9
2.5 Resursanvändning .....	9
2.5.1 Jungfruligt material i konstruktion .....	9
2.5.2 Aska i konstruktion .....	10
3. Utförda laboratorieförsök och resultat .....	12
3.1 Tryckhållfasthets försök .....	12
3.1.1 Resultat.....	12
3.1.2 Tillämpning .....	12
3.1.3 Möjliga Miljövinster.....	12

3.1.4 Potentiella Miljörisker .....	13
3.1.5 Fördelar och nackdelar .....	13
3.2 Totalhalt- och Laktestundersökning.....	13
3.2.1 Resultat och Jämförelse .....	13
3.2.2 Möjliga Miljövinster.....	16
3.2.3 Potentiella Miljörisker .....	16
3.2.4 Fördelar och nackdelar .....	16
4. Undersökande exempel .....	16
4.1 Exempel .....	16
4.1.1 Byggnadsexempel aska.....	17
4.1.2 Byggnadsexempel naturligt material .....	17
4.1.3 Sammanställning .....	17
5. Diskussion och Analys.....	18
Resurs .....	18
Konstruktion .....	19
Innehåll och lakning.....	19
Ringa risk? .....	20
6. Slutsatser .....	20
6.1 Förslag till fortsatt arbete.....	20



# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

I dagens Sverige produceras ca 1,5 miljoner ton energiaskor per år (Svenska Energiaskor 2013a). Askorna kommer från olika slags förbränning i energisyrte. Kraftvärmeanläggningar använder i dag en mängd olika bränslen, störst andel har biobränsle men användningen av avfall ökar stadigt (Svensk Fjärrvärme 2012). Andra bränslen är bland annat torv, kol, naturgas och olja men de två senaste ger inte upphov till någon aska.

Miljöpåverkan från fjärrvärmens beror på vilket bränsle som används. Vid förbränning av biobränslen eller avfall är nettokoldioxidutsläppen betydligt mindre än om man eldar kol eller olja (Boyle 2004). Dock så är bildningen av aska ett problem, speciellt aska från avfalls- eller blandbränslepannor (Svenska Energiaskor 2013a). För närvarande används ungefär 60 % av all aska som täckmaterial på deponier (Svenska Energiaskor 2013a). Dock kommer behovet av denna användning att minska och slutligen nästan försvinna helt inom något decennium. Om inga alternativa användningsområden kan utvecklas tills dess hamnar askorna på deponi. Deponering är något som samhället vill motverka och är det minst önskvärda sättet att ta om hand avfall enligt avfallshierarkin(2008/98/EG).

Att hitta metoder och områden där aska kan nyttiggöras leder alltså till att vi motverkar deponering och kan möjligen bidra till att ytterligare minska fjärrvärmens miljöpåverkan.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att inom ramen för miljövetenskapliga kandidatutbildningen vid Lunds Universitet göra en jämförelse av miljöpåverkan från användning av energiaska kontra jungfruligt material i konstruktioner. Konstruktionen antas vara i form av en yta i ett industriområde, alltså inte som täckmaterial på deponier.

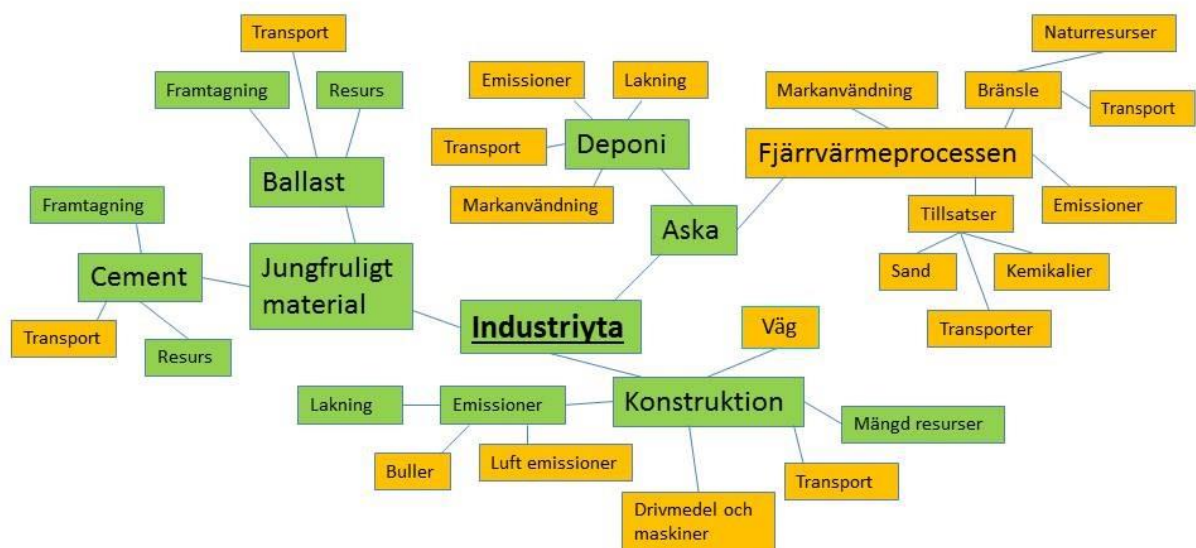
Arbetet görs i samarbete med *Econova Recycling AB (Econova Recycling)* och *E.ON Värme Sverige AB (E.ON Värme)*. *E.ON Värme* är fjärrvärmeproducent och askorna i undersökningen kommer i huvudsak från *E.ON Värmes* anläggningar i Region Mitt (Norrköping och Örebro). *Econova Recycling* är ett återvinningsföretag som bland annat har genomfört undersökningar för att utveckla användningen av aska och detta examensarbete kan komma att ingå i underlaget vid anmälan eller tillståndsprovning och kommunikation med kunder.

Arbetet fokuserar på frågeställningen: Är det miljömässigt försvarbart att använda aska istället för jungfruliga material vid byggnation av industriytor och liknande?

Hypotesen är att de positiva aspekterna av askåteranvändningen och den minskade användningen av jungfruliga material kommer att överväga eventuell negativ miljöpåverkan av askorna.

### 1.3 Avgränsningar

Grunden i arbetet är att jämföra byggnation av en industriyta i ena fallet innehållande askor och en i andra fallet enbart innehållande naturligt jungfruligt material. Fokus ligger på cementstabiliserad aska i en konstruktion. Samtliga försök som genomförts; totalhalt/lakteter och tryckhållfasthetsprovning, har gjorts på tillverkade blandningar med cement och inte på enbart aska.



40

Figur 1: Systemkarta över en industriyta med det som ingår i arbetet grönmarkerat och det som står utanför analysen är gulmarkerat.

I övrigt kommer arbetet att behandla just totalhalter i materialet, lakteter och tryckhållfasthet samt resursanvändning och jämföra askans miljöpåverkan med påverkan från jungfruliga material. Fjärrvärmeprocessen kommer inte att ingå i analysen utan den anses vara en fast icke påverkningsbar faktor. Transporter både för framtagning av material och för tillverkning av ytan kommer också att bortses ifrån, avståndet till en bergtäkt eller fjärrvärmeanläggning antas vara lika långt.

50 I figur 1 ser man en systemkarta där det som är markerat grönt berörs i arbetet. Det som är markerat gult ingår inte i undersökningen.

Vad det gäller laktester kommer endast resultatet på L/S 10 ingå i jämförelsen eftersom det resultatet speglar vad som kan tänkas ske i ett längre perspektiv. Det är också framförallt dessa värden som finns att tillgå för jämförelse. L/S står för förhållandet mellan vätska och  
55 torrt material, L/S 10 är alltså 10 liter vatten per kg material. L/S 10 visar hur mycket som lakas ur ett material på sikt och halterna är den ackumulerade utlakade mängden (Naturvårdsverket 2010).

## 1.4 Metod och genomförande

Undersökningen utförs genom tre moment. Det första är en litteraturstudie där bakgrund och  
60 grundläggande information tas fram och resurshushållningsfrågeställningen undersöks.

Den andra delen består av praktiska försök vad gäller tryckhållfasthet samt analys och utvärdering av laktester och totalhalter.

Det sista steget är en jämförelse med hjälp av teoretiska exempel på anläggning av industriytor för att kunna få ett övergripande resultat vad gäller miljöpåverkan från de olika  
65 konstruktionerna.

### 1.4.1 Genomförande

Arbetet startade med att vi samlade in de askor som ingår i arbetet. I bilaga 1 finns ingående information om de askor som samlades in och från vilka pannor de kommer. Dessa skickades till *Cementa Research ABs (Cementa)* laboratorium i Slite.

70 I Slite blandade jag tillsammans med Per-Erik Persson från *PE Betongteknik AB* provblandningar med aska och 4 % cement (innan vatten inblandning). Valet av 4 % cement



Figur 2: Färdiga provkroppar och muggar.



Figur 3: Jag pressar ner blandningarna i muggarna på ett skakbord.

gjordes utifrån tidigare erfarenheter från askkonstruktioner<sup>1</sup>. Vatten tillfördes i den mängd som blandningen krävde för att hålla ihop, vattenmängden noterades. Detaljerade recept på blandningarna och vilka blandningar som gjordes finns i bilaga 2. Vi överförde blandningen till provformar (två per blandning) och de pressades med handkraft och ett skakbord ihop för att bli så täta som möjligt. Jag tillverkade också två provmuggar med samma blandning och samma teknik, vanliga engångskaffemuggar användes som formar, se figur 2 och 3. Dessa fungerade sedan som labprover för totalhalt- och laktesten. Provkropparna togs efter cirka 2 dygn ur formarna och ställdes i ett klimatrum av personalen på *Cementa*. De hållfasthetstryckte en provkropp av varje blandning efter 7 dygn.

Från dessa resultat valde jag tillsammans med mina handledare fyra blandningar för att skicka på lakvattenanalys, se bilaga 2. Valet gjordes både från resultaten och med utgångspunkt i vilket bränsle askorna kommer från. Jag valde att använda främst askor från bio- och avfallsförbränning eftersom dessa är de största askproducenterna och även de bränslen som anses mest hållbara i dagsläget. Analysen gjordes genom skaktest enligt normen EN 12457-3 med L/S 2 och 10 på *ALS Scandinavia ABs (ALS)* laboratorium i Luleå. Anledningen till att både L/S 2 och 10 genomfördes var eftersom de ingick i ett ”analyspaket” hos laboratoriet, L/S 10 halterna är de enda som kommer användas här. *ALS* genomförde även en totalhaltsanalys på askproverna.

Den andra provkroppen hållfasthetstrycktes efter 28 dagar av personalen på *Cementas* lab.

## 2. Teori och litteraturstudie

### 2.1 Aska

#### 2.1.1 Flygaska

Flygaska kallas den finkorniga askan som följer med rökgaserna efter förbränningen. Askan är ofta basisk och halterna av tungmetaller och näringsämnen är betydligt högre än i exempelvis bottenaskor (Kjellsson 2007).

Flygaskan har ofta egenskapen att den självhärdat vilket är positivt vid användning i konstruktioner (SGI 2011). Dock har flygaska från avfallsförbränning så pass höga nivåer av metaller och näringsämnen att den i regel innehåller högre halter än vad som får deponeras som farligt avfall i Sverige (Naturvårdsverket 2012). Denna aska lämpar sig därför inte för

---

<sup>1</sup> Per-Erik Persson, PE Betongteknik AB, mail och telefonkontakt.

sådana konstruktioner som avses i detta arbete utan körs i de flesta fall med lastbil till Norge där den används för att fylla igen ett kalkbrott (Naturvårdsverket 2012).

### 2.1.2 Bottenaska - slaggrus

Denna typ av aska kommer precis som namnet avslöjar från botten av förbränningspannan. 105 Till skillnad från flygaskan är den grovkornig och innehåller lägre halter av tungmetaller (Kjellsson 2007).

### 2.1.3 Bäddaska

Vid förbränning med pannor med fluidiserad bädd uppkommer det en bottenaska som innehåller mycket sand från pannprocessen (Kjellsson 2007)( Fredriksen & Werner 1993). 110 Askan innehåller i allmänhet mindre andel oförbränt material än bottenaskan (Fredriksen & Werner 1993).

## 2.2 Olika förbränningstyper

### 2.2.1 Rosterpanna

Denna typ av pannor fungerar så att bränslet förbränns på en rooster, som på dagens pannor är 115 rörliga järnstavar som för bränslet framåt (Fredriksen & Werner 1993). Luft tillsätts underifrån. Dessa pannor fungerar för de flesta sorters förbränning och i den här undersökningen kommer två av askorna från rosterpannor; en kol- och en avfallspanna.

### 2.2.2 Fluidiserad bädd

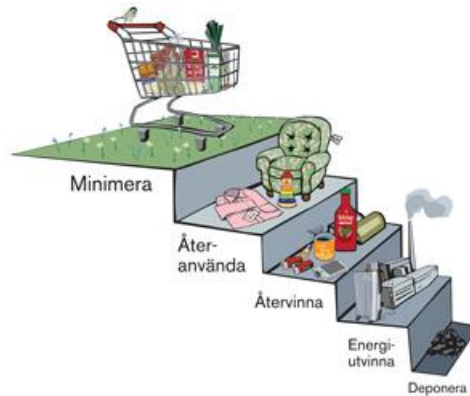
En annan panntyp är de som har en så kallad fluidiserad bädd. I dessa pannor eldar man med 120 hjälp av varm sand (Fredriksen & Werner 1993). Askorna i denna undersökning kommer från pannor med cirkulerande fluidiserad bädd (CFB). Då tillsätts luft underifrån och bränslet tillsammans med sanden virvlar upp och bildar en cyklon. Typen av panna ger en god förbränning och den klarar stora variationer i bränsle. Dock är det viktigt att bränslet har lagom storlek vilket gör att bränslet behöver behandlas innan det förs in i pannan (Fredriksen 125 & Werner 1993). De CFB askor som används i denna undersökning kommer från en bio-, en samförbrännings- och två avfallspannor.

## 2.3 Styrande regelverk

Vad gäller miljöpåverkan och de miljöaspekter som uppkommer vid konstruktion av 130 industriytor eller liknande så regleras detta genom Miljöbalken. Krav och reglering av konstruktionens egenskaper sker bland annat genom ATB VÄG 2005 och anläggnings – AMA, mer om dessa kommer i nästa kapitel. Över dessa nationella lagar och krav ligger även EU-direktiven.

### 2.3.1 EU- lagstiftning

135 I EU-direktivet om avfall (2008/98/EG) 4 kapitlet finns avfallshierarkin. Den ska lägga grunden till all hantering av varor och avfall inom EU. Hierarkin består av fem steg som i den ordningen ska prioriteras. I kommunikation med medborgare eller kunder brukar myndigheter och företag rita upp hierarkin som en avfallstrappa, se figur 4<sup>2</sup>.



Figur 4: Version av hur avfallshierarkin presenteras för medborgarna.

140 Enligt denna är deponering det som främst ska motverkas och avfallet bör aldrig komma till det steget. Alltså finns det incitament att hitta andra lösningar för askan.

### 2.3.2 Miljöbalken

I miljöbalken, som ingår i Sveriges författningssamling (1998:808), är det framförallt fyra kapitel och en förordning som berör användningen av aska i konstruktioner.

#### 145 **1 kapitlet**

Detta är det grundläggande kapitlet i miljöbalken som tar upp ”miljöbalkens mål och tillämpningsområde”.

#### **2 kapitlet**

150 I detta kapitel finns det som kallas de allmänna hänsynsreglerna. Kapitlet behandlar att den som exempelvis vill bygga en askkonstruktion måste ha ”full” kunskap om dess miljöpåverkan, det så kallade kunskapskravet. Andra grundläggande delar är ”förorenaren betalar” principen.

---

<sup>2</sup> Illustratör: Helena Sellgren.

### **9 kapitlet och förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd**

155 Detta kapitel och dess förordning tar upp mer praktiskt vad som gäller vid anläggning som innehåller avfall. I förordningen kan man se om en anläggning klassas som A-, B- eller C-verksamhet. C-verksamhet kräver endast anmälan medan A- och B-verksamhet kräver tillståndsprovning. Anläggning med avfall ligger under punkt 90.130 och 90.140 i förordningen. Där kan man se att när risken för förorening endast anses som ringa så klassas verksamheten som C, högre än ringa risk klassas som B-verksamhet. Naturvårdsverket har 160 endast satt upp konkreta nivåer för *mindre än ringa risk* för lösa material, i övrigt är det upp till utövaren att avgöra föroreningsrisken (Naturvårdsverket 2010).

### **15 kapitlet**

Askhantering har mycket av sin grund i detta kapitel som behandlar avfall. Här finns klassning av avfall och även en del om deponering.

### **165 2.3.3 Miljömålen**

Dessa mål är inte bindande men fungerar som drivkraft och syfte för samhällets miljöarbete (Naturvårdsverket 2013a). I detta arbete berörs flera delar i dessa mål. De mål som framför allt är aktuella är *god bebyggd miljö*, *giftfri miljö* och *grundvatten av god kvalitet*.

### **2.4 Krav på tekniska egenskaper vid byggnation**

170 Syftet med kraven på väg eller anläggnings konstruktion är att se till att anläggningarna har egenskaper som gör att de håller länge och är säkra både ur miljö- och konstruktionsperspektiv.

I grunden kan sägas att krav kan sättas på två sätt. Det ena är konstruktionskrav och det andra är krav på beståndsdelarna i konstruktionen. På traditionella material används ofta kraven på 175 beståndsdelarna som utgångspunkt, det anses både lättare och billigare (Kjellsson 2007). Funktionskraven på hela konstruktionen är oftare mer abstrakta och svårt att bedöma.

Vad det gäller aska så är det dock svårt att uppnå de individuella kriterierna mycket på grund av att testmetoderna och parametrarna i kraven är anpassade till naturliga material som bergkross (Kjellsson 2007).

### **180 2.4.1. ATB VÄG**

Följande information är hämtad från ATB VÄG 2005 som är vägverkets krav för vägkonstruktion. Hela dokumentet (2010) finns att tillgå gratis på trafikverkets hemsida.

Dessa krav kommer från vägverket och gäller alltså väg och inte industriytor men ger ändå en bild av hur kraven kan se ut. Exempel på krav som ska uppnås enligt denna är:

- 185 - *En vägsträcka skall kunna trafikeras i överensstämmelse med den belastning den har varit dimensionerad för i samband med nybyggnad eller förstärkning.*
- *Vägen skall kunna trafikeras säkert utan en oacceptabel risk för olyckor.*
- *Vägen ska ha säkerhet mot uppflytning vid ändring av vattennivå.*
- *Vägen skall konstrueras och utföras så att den får acceptabel jämnhet. (Vägverket. 190 2010)*

I stor utsträckning är dessa funktionskrav något som askvägar och även ytor kan uppnå. Dock finns problem i senare kapitel i ATB väg. I kapitel E finns bland annat krav på mindre än 2 % organiskt material i ballast. Nötningsegenskaper är också ett problem, återigen mycket på grund av testmetoden. Dessa krav är lätt anpassningsbara på traditionella naturliga material men betydligt svårare när det gäller alternativa material (Kjellsson 2007). 195

ATB väg kan kanske användas som guide vid vägbyggnation eller anläggning av ytor men på det sättet kraven är ställda i nuläget är de svåra att uppnå för askkonstruktioner.

#### 2.4.2 Övriga krav

Nära kopplad till ATB Väg finns Anläggnings AMA. Handböckerna kommer från Svensk Byggtjänst och gäller för hela anläggningssektorn. Delvis ingår vad som förut hette Mark AMA, det är de delarna som är mest relevanta för byggnation av industriytor (Svensk byggtjänst 2013). För att få ett bra och säkert resultat bör man hålla sig till dessa föreskrifter även när man bygger enskilda vägar eller planer för att slippa oförutsedda problem<sup>3</sup>. 200

Naturvårdsverkets handbok (2010:01) heter och behandlar *Återvinning av avfall i anläggningsarbete*. Den tar upp mer konkret hur man ska ställa sig till det som bland annat kapitel 9 i miljöbalken tar upp. Exempelvis finns nivåer för *mindre än ringa risk* till förorening. Dessa värden gäller dock lösa material (Naturvårdsverket 2010) men kommer att användas för jämförelse i denna rapport. Nivåerna fungerar som rikthalter i rapporten eftersom de ger en känsla för storleksordningen på en *mindre än ringa risk* nivå även för bundet material. 210

Det finns även EU standarder för olika typer av ballast eller exempelvis cementbundna blandningar för vägbyggnation och underbyggnad (Kjellsson 2007).

---

<sup>3</sup> Per-Erik Persson, PE Betongteknik AB, mail och telefonkontakt.



### 2.4.3 Exempel på redan utförda projekt

#### *Mälarenergi – industriyta*

215 I Västerås har Mälarenergi byggt en yta av aska för hantering av containers. Marken användes tidigare som åkermark (Svenska energiaskor 2012b). Askan kommer ifrån förbränning av kol, torv och träpellets.

Tekniken var att blanda en mix av flygaska, vatten och cement på liknande sett som med kommersiell betong. Efter att ha grävt ur området där ytan skulle ligga lades ett lager bottenaska för att jämna ut, sedan hälldes blandningen på (Svenska energiaskor 2013b).  
220 Ovanpå dessa lager anlades ett tunt lager av bergkross och överst ett slitlager av vältbetong.

#### *Ersättning av naturgrus och bergkross i vägkonstruktion – Törringevägen*

En teknik att använda askan är att fräsa ner den. Så har man bland annat gjort på Törringevägen i Skåne. Där frästes askan ner, cirka 20 cm djupt, sedan vattnades den och slutligen vältas den (Värmeforsk. 2008). Om man som på Törringevägen både vill kunna klara tyngre trafik och tjäle bra så läggs ett cirka 13 cm tjockt slitlager högst upp. Denna teknik kan även användas för byggnation av ytor.  
225

## 2.5 Resursanvändning

### 2.5.1 Jungfruligt material i konstruktion

#### 230 *Tillämpning*

Vid kommersiell anläggning av industriytor och liknande används i huvudsak jungfruligt material (Cementa 2002). Både cement och ballast vid betongbyggnationer kommer från brytning av berg. Man har stor erfarenhet av konstruktioner med naturliga material (Gillberg m.fl.1999) och som nämnt i delen om krav på konstruktioner så är krav och regleringar anpassade för just dessa material.  
235

#### *Cement*

Produkten cement är i sig inget primärt naturmaterial utan är i grunden kalksten som sedan bearbetas för att bli det välanvända material som de flesta känner till (Kesler,1994). Cement har dock på flera sätt negativ påverkan på miljön.

240 Cement är den enda stora antropogena utsläppskällan till koldioxid utsläpp utöver fossila bränslen (Kesler 1994). Framställningen av cement ger även upphov till relativt stora mängder svaveldioxid. Processen är också energikrävande, man jobbar mycket med att få framställningen att bli mer miljövänlig (Gillberg m.fl. 1999).

### 2.5.1.2 Ballast

245 På grund av krav i bland annat miljömålen har en minskning av användningen av naturgrus gjorts (Naturvårdsverket 2013b). Användningen av bergkross eller annat krossat material har därför ökat. Bergkrossen framställs genom att man först spränger berg, blocken körs sedan till en kross anläggning som sönderdelar materialet till önskad fraktionsstorlek. Hela framställningens energiåtgång beräknas motsvara 1420 g CO<sub>2</sub> per ton bergkross (EFO energiaskor AB 1998). Användningen av naturligt ballast var under 2004 drygt 77 miljoner ton (SGU 2013).

#### *Möjliga Miljövinster*

Användningen av jungfruliga material kan inte ses ge några direkta miljövinster ur resurssynpunkt. Betongindustrin jobbar dock mycket på att återvinna mer rivningsavfall istället för att bryta nytt, vilket är positivt (Gillberg m.fl. 1999). Exempelvis kan krossad betong fungera som komplement till naturlig ballast (EFO energiaskor AB 1998).

#### *Potentiella Miljörisker*

Både kalksten och annat berg som används i konstruktioner kan anses komma från en relativt oförnybar resurs. Dock så säger bland annat författarna till boken *Betong och miljö* (Gillberg m.fl. 1999) att källorna till dessa naturmaterial är i stort sätt outtömliga. De säger istället att den kommersiella betongens största miljöpåverkan är dess koldioxidutsläpp.

Markanvändning har också en stor del i framställningen av dessa naturmaterial. Även om förstörelsen av grundvattentillgångar har minskat i och med att naturgrusanvändningen minskat (Naturvårdsverket 2013b) så påverkar bergtäkter och dagbrott landskapet mycket. 265 Inte bara genom att fysisk förvandla landskapet utan även genom exempelvis buller och kväveutsläpp vid sprängning (EFO energiaskor AB 1998).

#### *Fördelar och nackdelar*

<b>Fördelar</b>	<b>Nackdelar</b>
I stort sätt outtömlig resurs	Påverkar landskapet
Stor tillgång	Stort koldioxidutsläpp
Mycket erfarenheter	Utsläpp av svaveldioxid

### 2.5.2 Aska i konstruktion

#### 270 *Tillämpning*

Flygaska kan ha självhårdande egenskaper som gör att de passar bra som ”bindmaterial” vid betongliknande konstruktioner (SGI 2011). Bottenaskan kan användas som ballastmaterial och aska överlag är ofta finkornig som ger bra fyllnadsförmåga (Kjellsson 2007). Dock är

275 kvaliteten på aska något skiftande på grund av bränslet och förbränningsprocessen. Alltså kan det vara bra att blanda in några procent cement i askblandningen för att få ett säkrare och jämnare resultat<sup>4</sup>. I denna undersökning användes en inblandning av 4 % cement till askan.

Tillgången på aska fluktuerar över året och produceras efterhand. Det kan därför vara svårt att komma över stora mängder vid ett tillfälle.

280 I nuläget används stor del av den askan som uppkommer till att täcka gamla deponier. Detta är ett användningsområde som har fungerat bra men som successivt kommer finnas minskat behov av (Svenska Energiaskor 2013a). Tyréns gjorde under 2012 en undersökning på uppdrag av Svenska Energiaskor på när den sista deponin kommer att vara täckt. De beräknade att användningen av aska för deponitäckning kommer behövas i cirka 15 år till<sup>5</sup>.

### *Möjliga Miljövinster*

285 För att askan inte ska hamna på deponi när dess största nuvarande användningsområde försvinner behöver man hitta bra sätt att ta tillvara på denna resurs. Ur resurssynpunkt kan alltså askan fungera bra som konstruktionsmaterial.

Utnyttjandet av askans härdningsegenskaper gör också att cementåtgången eventuellt kan minskas.

### *Potentiella Miljörisker*

290 Ur ett resursperspektiv finns det egentligen ingen miljöpåverkan med att använda aska i konstruktioner. Eftersom varken fjärrvärmeprocessen eller transporterna behandlas i denna avhandling så är askan ur resurshänseende en fri tillgång.

### *Fördelar och nackdelar*

<b>Fördelar</b>	<b>Nackdelar</b>
Finns om vi behöver det eller ej	Ojämn resurs
Ingen deponering	Osäker tillgång
Självhärdande	Begränsad erfarenhet
Eventuell minskad cementåtgång	Kräver i nuläget viss procent cement
Kan ersätta viss del ballastmaterial	

<sup>4</sup> Per-Erik Persson, Betongteknik AB, mail och telefonkontakt.

<sup>5</sup> David Hansson, Tyréns, föredrag under Askdagen, Svenska Energiaskor, 17 april 2013.

## 295 3. Utförda laboratorieförsök och resultat

### 3.1 Tryckhållfasthets försök

#### 3.1.1 Resultat

I tabell 1 ser man hur de olika proverna blandades och vad tryckhållfasthetsresultaten blev efter 7 och 28 dagar. Alla fyra tester hade en tryckhållfasthet på minst 2 MPa efter 7 dagar.  
300 Efter 28 dagar ligger proverna inom ett spann på 5 och 11 MPa. Det totala resultatet från tryckhållfasthetsproven finns i bilaga 2.

De självhårdande egenskaperna hos aska ger en långsammare härdning än hos cement<sup>6</sup>. Exempelvis ser man i tabell 1 att prov 6 har fått stor ökning mellan dag 7 och dag 28 vilket pekar på att flygaskan har bidragit mycket till tryckhållfastheten.

305 **Tabell 1: Beskrivning av de fyra utvalda blandningarna och resultaten från tryckhållfasthetstesten.**

Parameter	Prov 2	Prov 5	Prov 6	Prov 7
Aska 1 (kg)	7	5	10	7
Aska 2 (kg)	5	5	0	5
Cement (kg)	0,5	0,4	0,4	0,5
Vatten (kg)	3,1	1,3	3,6	3
7d (MPa)	4,5	2	3	3,5
28d (MPa)	10	5	11	10
7/28 %	45	40	27	35
densitet (kg/m <sup>3</sup> )	1860	1790	1790	1940

#### 3.1.2 Tillämpning

Vid vägbyggnationer vill man helst ha tryckhållfasthet mellan 5 och 8 MPa eftersom materialet blir lite mer följsamt och vid sprickbildning så uppkommer fler små sprickor som inte ger någon större påverkan på ytskiktet<sup>7</sup>. Tryckhållfastheter över 8 MPa kan ge upphov till stora sprickor vid markrörelser vilket inte är önskvärt.

För att motverka damning bör ett stadigt slitlager läggas ovanpå askmaterialet<sup>4</sup>.

#### 3.1.3 Möjliga Miljövinster

Allt tyder på att materialen som framställts är relativt täta eftersom de är kompakta och  
315 hållfasta. Ett tätt material förväntas ge mindre genomlakning.

<sup>6</sup> Per – Erik Persson, PE Betongteknik AB, mail och telefonkontakt.

<sup>7</sup> Per- Erik Persson, PE Betongteknik AB, mail och telefonkontakt.

### 3.1.4 Potentiella Miljörisker

Om inte ett ordentligt slitlager byggs finns risk för damning. Vid stor sprickbildning kommer mer av materialet att exponeras för exempelvis regn och risken för emissioner till mark samt grundvatten och utlakning blir högre.

### 320 3.1.5 Fördelar och nackdelar

Fördelar	Nackdelar
Fungerar för anläggning av industrytor	Behöver ett slitlager
Täthet som ger upphov till mindre lakning.	Eventuellt för hög tryckhållfasthet

## 3.2 Totalhalt- och Lakttestundersökning

### 3.2.1 Resultat och jämförelse

325 Resultaten och jämförelsen sker endast på de ämnen som finns med på Naturvårdsverkets lista på maximalnivåer för *mindre än ringa* risk (Naturvårdsverket 2010). Fullständiga analysrapporter från ALS finns i bilaga 3 (totalhalter) och bilaga 4 (L/S 10).

I tabell 2 finns totalhalterna för askproverna och bergkross. Dessa jämförs mot både nivåer för *mindre än ringa* risk (Naturvårdsverket 2010) och mot Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenade områden vid *mindre känslig markanvändning* (Naturvårdsverket 2009).  
330 Bergkrosshalten är ett medelvärde av 23 prover som undersökts av Värmeforsk (2006). Alla halter som ligger över de för *mindre än ringa* risk är markerade grått. Mindre än ringa risk nivåerna är egentligen satta för lösa material och vad som anses som verksamhet som inte kräver anmälan för bundna material finns inga nivåer (Naturvårdsverket 2010).

335 Man ser att alla askprover uppvisar halter över *mindre än ringa risk* nivåerna och över riktvärden för *mindre känslig markanvändning*. Bergkrossen har fyra halter över och fyra under *mindre än ringa risk* nivåerna. Överlag kan också sägas att de ämnen som ligger över *mindre än ringa risk* ligger bergkross endast några mg över.

De halter hos askproverna som skulle klara *mindre känslig markanvändnings* klassificering är understrukna i tabellen. Den askblandning som ligger närmast denna klassificering är prov  
340 nummer 6. Dock kan man genomgående för alla prover se att totalhalterna för bland annat zink är för höga även för denna klassning.

Tabell 2: Tabell över totalhalter för askprov och bergkross jämfört med "mindre än ringa risk" och "mindre känslig markanvändnings kriterier. Gråmarkering betyder att värdet överstiger den gränsen för mindre än ringa risk.

Totalhalter (mg/kg TS)							
Ämnen	Mindre än ringa risk	Prov 2	Prov 5	Prov 6	Prov 7	Bergkross	Mindre känslig markanvändning
Arsenik	10	42,9	56,6	28,9	39,8	9,87	25
Bly	20	<b>311</b>	804	<b>67,1</b>	<b>79,9</b>	21,3	400
Kadmium	0,2	<b>3,59</b>	<b>3,91</b>	<b>5,75</b>	<b>3,68</b>	0,36	15
Koppar	40	1230	6190	244	282	44,3	200
Krom	40	263	862	<b>95,6</b>	<b>108</b>	43	150
Kvicksilver	0,1	<b>0,224</b>	<b>0,0545</b>	<b>0,481</b>	<b>0,275</b>	0,0044	2,5
Nickel	35	<b>41,6</b>	<b>307</b>	<b>51,2</b>	<b>45,7</b>	19,8	120
Zink	120	20400	4260	927	6920	70	500

345

Från tabell 2 kan man se att ingen av askproven eller bergkrossen kan utifrån totalhalterna anses ge endast *mindre än ringa risk* för lösa material enligt Naturvårdsverkets handbok (2010:01). Mindre än ringa risk för förorening hos bundna material behandlas annorlunda men man kan ändå jämför mot dessa nivåer för att få en känsla för storleksordningen på halterna. För zink exempelvis är totalhalterna mer än 30 gånger så höga som *mindre än ringa risk* nivån för tre av proven. Användning av alla dessa material kommer alltså med stor sannolikhet behöva anmälan till ansvarig myndighet enligt förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

350

### 3.2.1.1 Laktest - L/S 10

Laktesten utfördes genom skaktest vid L/S 10. L/S 10 står för lakning med 10 liter vatten per kg material. Eftersom det för material av denna typ, som blandningarna i undersökningen, antas endast sker en liten genomlakning kommer det med all sannolikhet att ta lång tid för 10 liter vatten per kg material att passera igenom konstruktionen. Vi får alltså ett långsiktigt perspektiv genom att analysera dessa resultat.

355

Resultaten från skaktesten jämförs i tabell 3 med Naturvårdsverkets (2010) maximala nivåer för *mindre än ringa risk*. Här ligger majoriteten av värdena från proverna under *mindre än ringa risk*-nivån. Anledningen till detta kan vara eftersom det är ett bundet och inte ett löst material som nivån hänvisar till (Naturvårdsverket 2010). Prov nummer 2,6 och 7 har för höga blyvärden och prov 5 har för högt värde av koppar, i övrigt ligger provresultaten inom nivåerna.

360

365 **Tabell 3: Jämförelse av L/S 10 värden (mg/kg) för askprover mot mindre än ringa risk (MRR) nivåer. De halter som ligger över mindre än ringa risk-gränsen är markerat grått..**

Ämnen	L/S 10 "MRR"	L/S 10 Prov 2	L/S 10 Prov 5	L/S 10 Prov 6	L/S 10 Prov 7
Arsenik	0,09	0,01	0,03	0,02	0,01
Bly	0,2	0,837	0,106	0,264	0,239
Kadmium	0,02	0,000533	0,001	0,002	0,001
Koppar	0,8	0,0308	3,79	0,124	0,112
Krom	1	0,263	0,406	0,416	0,388
Kvicksilver	0,01	0,0002	0,000347	0,0002	0,0002
Nickel	0,4	0,005	0,027	0,005	0,005
Zink	4	2,8	0,625	0,298	0,246

370 Samma provvärden från tabell 3 jämförs i tabell 4 med L/S 10 värden från bergkross och gränsvärden för utlakning från inert avfall. Bergkrosshalterna är även här ett medelvärde av 23 olika bergmaterialprover framställt av Värmeforsk (2006) med samma skaktest-metod som för askproven och gränsvärden för inert avfall kommer från Naturvårdsverkets handbok 2007:1. Det värde som är högst för respektive ämne är markerat grått. Man kan från tabellen se att askproverna ligger högre än bergkrossen på ungefär hälften av ämnena. Gränserna för vad som klassas som inert avfall är högst för alla ämnen utom bly och koppar. Prov nummer 6 och 7 skulle kunna deponeras på en deponi för inert avfall med avseende på utlakning av ämnen i tabell 4.

375 **Tabell 4: Jämförelse av L/S 10 värden (mg/kg TS) för askprover mot bergkross och inert avfall. Det värde som är högst för respektive ämne är markerat grått.**

L/S 10 (mg/kg TS)						
Ämnen	Bergkross	Inert avfall	Prov 2	Prov 5	Prov 6	Prov 7
Arsenik	0,012	0,5	0,01	0,03	0,02	0,01
Bly	0,13	0,5	0,837	0,106	0,264	0,239
Kadmium	0,0045	0,04	0,000533	0,001	0,002	0,001
Koppar	0,0017	2	0,0308	3,79	0,124	0,112
Krom	0,08	0,5	0,263	0,406	0,416	0,388
Kvicksilver	0,015	0,01	0,0002	0,000347	0,0002	0,0002
Nickel	0,052	0,4	0,005	0,027	0,005	0,005
Zink	0,58	4	2,8	0,625	0,298	0,246

### 380 **3.2.1.2 Teoretisk lakning**

Vid sluttäckning av deponier för icke-farlig avfall krävs att det högst får ske en lakning på 50 liter/m<sup>2</sup> och år (SFS 2001:512). Om man räknar att askkonstruktioner med provblandningarna

i denna rapport skulle ligga på samma genomsläpplighet och ha ett medelvärde i densitet på askkropparna på 1845 kg/m<sup>3</sup>, vid ett en meter tjockt lager, ser vi att det skulle ta drygt 370 år  
385 innan L/S 10 nås för hela askkonstruktionen(bilaga 5). Då finns dock inget slitskikt med i beräkningen, som med all sannorlikhet skulle ge ytterligare längre utlaknings tid. Även porositet och torrhalt påverkar genomlakningen.

### 3.2.2 Möjliga Miljövinster

Totalhalterna är högre än *mindre än ringa risk* maximal nivåer och även över riktvärdena för  
390 *mindre känslig markanvändning* för bland annat zink. Undersökningen visar dock på att risken att dessa kommer ut med lakvatten är liten då resultaten från laktester visar till absolut största del på värden under *än ringa risk* nivån.

### 3.2.3 Potentiella Miljörisker

Totalhalterna ligger betydligt högre än vad som anses som *mindre än ringa risk* av  
395 Naturvårdsverket enligt handbok 2010:01. Även om dessa värden gäller löst material så innebär detta troligen att askmaterialen kommer att utgöra minst *ringa risk* för förorening. Provblandningarna klarar inte hellre riktvärden för förorenad jord vid *mindre känslig markanvändning*.

### 3.2.4 Fördelar och nackdelar

Fördelar	Nackdelar
Relativt låga lakvattenhalter	Höga totalhalter
Laktestresultat likvärdigt mellan bergkross och askprover.	

400

## 4. Undersökande exempel

### 4.1 Exempel

Ett företag vill bygga en ny lagringsplats för returflis. De behöver en yta på 10 000 m<sup>2</sup>. Ytan kommer att trafikerats med lastbilar och hjullastare så den kommer behöva ett starkt slitlager.

405 Företaget har stora miljöambitioner och vill gärna undersöka om det finns mer miljövänliga alternativ till traditionellt anläggningsbygge. Eftersom företaget levererar flisen till en närliggande fjärrvärme anläggning vill de gärna se om askan från anläggningen kan fungera för byggnationen till deras yta.

Vältbetong väljs till slitskiktet eftersom funktionen är viktigare än att ytan är och håller sig  
410 jämn (Cementa 2002).



Vi beräknar att grunden kommer att byggas på samma sätt i båda exemplen och detta ingår därför inte i jämförelsen.

Beräkningarna på båda exemplen finns i bilaga 6.

#### 4.1.1 Byggnadsexempel aska

415 Konstruktionen byggs efter den teknik som användes i Västerås av Mälarenergi

100 mm vältbetong => 1000 m<sup>3</sup> (inblandning: 340 ton cement (Svensk Byggtjänst, 2011))

50 mm avjämningslager (bergkross) => 500 m<sup>3</sup>

Ca 800 mm aska material => 8000 m<sup>3</sup> (inblandning: 440 ton cement)

#### 4.1.2 Byggnadsexempel naturligt material

420 Konstruktionen byggs med hjälp av Cementas handbok ”betong på mark” (2002).

Eftersom ytan kommer behöva klara stora punktlaster så väljer vi att använda cementbundet grus till bärlagret (Swerock 2013).

200 mm vältbetong => 2000m<sup>3</sup> (inblandning: 680 ton cement (Svensk byggtjänst, 2011))

160 mm CG => 1600 m<sup>3</sup> (inblandning: 130 ton cement)

425 80 mm obundet (krossat) bärlager => 800 m<sup>3</sup>

220 mm obundet (krossat) förstärkningslager => 2200 m<sup>3</sup>

#### 4.1.3 Sammanställning

Vid användning av dessa två tekniker så används betydligt mindre material i det ”naturliga exemplet” som man ser i tabell 5. Det som framför allt står ut är användningen av cement där tekniken med det stora bärlagret av askblandning gör att även om cementinblandningen är liten så blir mängden stor. Dock så innehåller askkonstruktionen till största delen aska (återvunnet material) medan den traditionella konstruktionen innehåller bara naturliga jungfruliga material. Framför allt innehåller den traditionella konstruktionen mycket bergkross i jämförelse med askkonstruktionen.

435

Tabell 5: Sammanställning av mängd material för exempel konstruktioner.

	Totalmängd material (m <sup>3</sup> )	Vältbetong (m <sup>3</sup> )	Kross (m <sup>3</sup> )	Övrigt (m <sup>3</sup> )	Naturligt material (m <sup>3</sup> )	Återvunnet material (m <sup>3</sup> )	Cement (ton)
Traditionell konstruktion	6600	2000	3000	1600	6600	0	810
Askkonstruktion	9500	1000	500	8000	1500	8000 (- cement)	780

## 5. Diskussion och Analys

Att utveckla säkra användningsområden för energiaskor är viktigt i och med den efterfrågan och det behov av fjärrvärme som finns i samhället idag och eftersom de gamla deponierna snart är täckta. Att just använda dem på ett för miljön säkert sätt är fokus i detta utvecklingsarbete. Den forskning som finns i dag visar att rätt genomfört så utgör askkonstruktioner inga stora risker för miljön. Enligt förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd ska risken för förorening endast vara ringa för att det ska klassas som en C-verksamhet, som endast kräver anmälan till myndigheten. Om risken för askkonstruktioner kan anses som ringa skulle det troligen bli mer intressant för entreprenörer att använda tekniken. Anmälningsskyldighet kräver betydligt mindre arbete och tar inte alls lika lång tid som en tillståndsprovning. Kan då askkonstruktioner av den typ som tas upp i denna rapport anses endast ge en ringa risk för förorening? Och kan till och med askan anses som ett miljömässigt bättre material än naturliga material?

### Resurs

Jämförelsen mellan konstruktioner med aska och med naturliga jungfruliga material ur resurssynpunkt är svår. Vid jämförelse av bara å ena sidan aska och å andra sidan cement och ballast så finns det stora fördelar med askan, materialet finns vare sig vi vill det eller ej. Miljöpåverkan från fjärrvärmeprocessen och transporter ingår inte i denna beräkning och bidrar därför inte heller till några resursnackdelar för askan. Dock är verkligheten mer som i de avslutande exemplen på konstruktion; naturliga material ingår i en askkonstruktion också. Alltså måste man ta med det i beräkningen när man talar om en verklig askkonstruktion. Den miljöpåverkan som kommer från cement är ju exempelvis relativt likvärdig för askkonstruktionen i mitt exempel och för den traditionella konstruktionen även om den totala mängden naturligt material är betydligt högre för den traditionella konstruktionen.

I dagsläget används upp mot 80 miljoner ton ballast material per år i Sverige och det produceras endast 1,5 miljoner ton aska. Det är därför viktigt att se på askan på rätt sätt. Aska

kommer aldrig att kunna ta den naturliga ballastens plats utan man måste hitta områden där  
465 den går att använda på ett säkert sätt och inrikta sig på dem. Ur resurssynpunkt kan alltså  
askan till endast en liten del minska användningen av ballast och med mer forskning kanske  
även användningen av cement.

## Konstruktion

Minskning av cement med hjälp av flygaskans egenskaper leder oss in på den  
470 konstruktionsmässiga delen av denna fråga. Undersökningen av tryckhållfastheten på mina  
askprovkroppar visar att materialet kommer att klara av tungtrafik utan problem. Frågan är å  
andra sidan om tryckhållfastheten är för hög. Att inte veta hur mycket cement som bör  
blandas i och även vilken mäktighet som behövs för att få en bra konstruktion verkar vara ett  
återkommande problem vid byggnation med aska. Man kan i nuläget inte lätt beräkna hur  
475 man ska dimensionera komponenterna i en yta eller väg. När man dimensionerar får man  
pröva sig fram även om man vet att materialet tål den exponering vi vill. Dock kan vi anta att  
den höga tryckhållfastheten ger oss ett tätt material som ger upphov till liten lakning.

## Innehåll och lakning

Lakning och även materialets totalhalt ligger i fokus vad det gäller om en askkonstruktion kan  
480 anses som en C-verksamhet eller inte. I resultaten syns det att totalhalterna i  
askkonstruktionen kommer att vara högt över nivån för *mindre än ringa risk*. Dessa  
maximalnivåer är dock anpassade till löst material. Vid användning av cementbundet material  
bör man kunna godkänna högre totalhalter i och med att mindre genomlakning kommer ske  
vilket minskar spridning av materialet. Dock ligger halterna för vissa askprover för ämnen  
485 som exempelvis zink och koppar över 100 gånger högre än nivåerna för mindre än ringa risk  
för löst material. Även i bundenform kommer askan att utgöra minst *ringa risk* till förorening.  
För vissa ämnen ligger dock askproverna under eller i närheten av riktvärdena för mark för  
*mindre känslig markanvändning*. Alltså kan man kanske koppla detta till att det är godtagbart  
med dessa totalhalter vid byggnation på ett industriområde.

Lakhalterna ligger däremot lågt relativt mot totalhalterna. Dessa lakttestvärden gäller för L/S  
490 10 och som vi såg i beräkningen kommer det ta lång tid för dessa att lakas ut. Den  
beräkningen gjordes med förutsättningen att det skulle släppas igenom 50 liter/m<sup>2</sup> och år.  
Eftersom proverna har visat sig ha hög tryckhållfasthet och konstruktionen kommer att ha ett  
tjockt slitskikt av vältbetong är 50 liter/m<sup>2</sup> och år en grov överskattning av mängden  
495 lakvatten. Även skaktesten i sig ger en överskattning av lakhalterna i och med att materialet  
krossas vid testen, vilket ger större kontaktytor. Alltså anser jag att risken för att föroreningar

kommer ske i och med användningen av en askkonstruktion av denna typ är väldigt liten. I alla fall inom konstruktionens livslängd, vad som sker efter detta ligger utanför ramen för detta arbete och är svårt att bedöma.

## 500 **Ringa risk?**

Jag anser alltså att om man bygger en yta i exempelvis ett industriområde med aska enligt parametrarna i denna rapport kan det räknas som C-verksamhet. Få material klarar gränsen för *mindre än ringa risk* men jag tycker inte att dessa askmaterial som jag tagit fram ger mer än *ringa risk* för förorening om de ingår i en konstruktion liknande de som behandlas här i rapporten. Kan man jobba fram bra dimensioneringsverktyg och göra ordentliga sammanställningar av de erfarenheter som faktiskt finns, så kommer vi med all sannorlighet hitta bra användningsområden för vår fjärrvärmeaska i framtiden.

## **6. Slutsatser**

- Halterna av de åtta aktuella ämnena i de undersökta askproverna ligger över Naturvårdsverkets maximalnivåer för *mindre än ringa risk* för förorening. Lakhalterna ligger delvis över.
- Det kommer alltså att behövas anmälan eller tillståndsprövning för att använda dessa material för konstruktion av industriytor.
- Även om totalhalterna för de åtta aktuella ämnena i konstruktionen är höga så är lakningen relativt liten.
- Det kan anses miljömässigt försvarbart att använda askor för anläggning av industriytor, vid användning av rätt aska på lämpliga områden.
- De miljömässiga fördelarna av att använda aska i konstruktioner enligt denna rapport överväger de nackdelar och risker de medför.

### 520 **6.1 Förslag till fortsatt arbete**

Det behövs mer forskning både på den konstruktionsmässiga delen och på miljöpåverkan vid användning av aska i konstruktioner. Konstruktionsmässigt behöver man skaffa sig mer erfarenhet och utveckla mer konkreta metoder som går att applicera på nuvarande regelverk. Om man kan få fram ett bra och lätt sätt att beräkna dimensionering vid anläggning av ytor och vägar har man kommit en lång väg.

Erfarenhet behöver också skaffas vad det gäller lakning och lakegenskaper för askkonstruktioner. Fler storskaliga försök i säkra miljöer skulle ge mycket lärdom. Det är

också viktigt att fundera på vad som händer efter att ytan uppnått beräknad livslängd. Med de totalhalter av metall som askan innehåller kan det behöva göras markundersökning vid byte  
530 av markanvändning. Undersökningen kan visa på behov av sanering.

En hel livcykelanalys skulle kunna räta ut frågetecken som uppkommer i detta arbete i och med mina avgränsningar. Andra typer av emissioner som damning bortfaller, också parametrar som transporter kan bidra till andra resultat än de jag fått i denna rapport. Att göra mer ingående analys av laktesterna och totalhalterna är något som skulle kunna ge en annan  
535 bild än den som visas i det här arbetet. Både genom att ta med fler ämnen än de som behandlas här och också analysera varje ämne och halten av ämnet var för sig.

Den övergripande känslan under arbetets gång har dock varit att det finns väldigt mycket gjort: laktester, storskaliga försök, sammanställningar av användningsområden m.m. Det finns mycket information att hitta men den behöver samordnas för att ge någon effekt i samhället i  
540 stort. Informationen måste kommuniceras till andra som kan beröras som exempelvis entreprenörer och miljöhandläggare. Kanske kommer det att krävas att alla deponier täcks innan ett ordentligt samarbete och utvecklingsarbete påbörjas både nationellt och internationellt.

# Referenslista

---

Boyle Godfrey. (2004). *Renewable Energy – prower for a sustainable future*. London: The Open University.

Björn Gillberg m.fl. (1999). *Betong och miljö: Fakta från Betongforum*. Stockholm: Svensk Byggtjänst. ISBN 91-7332-906-1

Cementa AB. (2002). *Betong på mark (Handbok)*. <http://betongpamark.cementa.se/> [Hämtad: 2013-05-14]

EFO energiaskor AB. (1998). *ENERGIASKOR FÖR VÄG- OCH ANLÄGGNINGSÄNDAMÅL*  
[http://www.energiaskor.se/pdf-dokument/rapporter-geotekniska%20applikationer/Energiaskor\\_for\\_vag-och\\_anlaggningsandamal\\_1998.pdf](http://www.energiaskor.se/pdf-dokument/rapporter-geotekniska%20applikationer/Energiaskor_for_vag-och_anlaggningsandamal_1998.pdf). [Hämtad 2013-05-05]

EGT (2008/98/EG) *EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv*.

Frederiksen, Svend. Werner, Sven. (1993). *Fjärrvärme : Teori, teknik och funktion*. Lund: Studentlitteratur AB.

Kesler, Stephen, E. (1994). *Mineral resources, economics and the environment*. New York: Macillan Collage Publishing Company inc.

Kjellsson, Johan. (2007). *Bottenaska som väg- och anläggningsmaterial – med dess tekniska egenskaper i centrum*. (Examensarbete). Luleå: Luleås tekniska högskola, Institutionen för samhällsbyggnad.

Naturvårdsverket. (2007). *Mottagningskriterier för avfall till deponi*. Stockholm: Naturvårdsverket (Naturvårdsverket – handbok 2007:1)

Naturvårdsverket. (2009). *Riktvärden för förorenas mark*. Stockholm: Naturvårdsverket (Naturvårdsverket – rapport: 5976)

Naturvårdsverket. (2010). *Återvinning av avfall i anläggningsarbete*. Utgåva 1. Stockholm: Naturvårdsverket (Naturvårdverket – handbok 2010:1)

Naturvårdsverket. (2013b-01-24). Grusanvändning. <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorer/?iid=62&pl=1> [Hämtad 2013-05-14]

Naturvårdsverket (2013a-02-20). *Sveriges Miljömål*. <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/> [hämtad: 2013-05-14]

Naturvårdsverket. (2012). *Avfall i Sverige 2010*. Stockholm: Naturvårdsverket (Naturvårdsverket – rapport: 6520)

Svenska Energiaskor. (2013a). *Askvolym*. <http://www.energiaskor.se/askvolym.html>

Svenska Energiaskor. (2013b). *Flygaska i industriytor – Mälarenergi*.  
[http://www.energiaskor.se/goda%20ex-Forts\\_Betong%20av%20aska.html](http://www.energiaskor.se/goda%20ex-Forts_Betong%20av%20aska.html) [Hämtad: 2013-05-14]

Svensk Fjärrvärme. (2012). *Tillförd energi*. <http://svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/Fjarrvarme/Energitillforsel/> [Hämtad: 2013-05-13]

Svensk byggtjänst.(2011).*AMA Anläggning 10. Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten*. Stockholm: Svensk byggtjänst.

Svensk byggtjänst. (2013). *AMA Anläggning 07. Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten*. <http://butik.byggtjanst.se/product/ProductDetail.aspx?id=484730&sectionid=>  
[Hämtad: 2013-05-14] SFS (1998:808). *Miljöbalk*. Stockholm: Miljödepartementet

SGU. (2013). *Ballast naturgrus och krossberg*. <http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/planering-byggande/ballast/> [Hämtad 2013-05-17]

SGI. (2011). *Säkra vägar i nytt klimat -Jämförande livscykelanalys mellan aska och grus i skogsbilväg*. Linköping: SGI (SGI - Varia: 626)

Swerock. (2013). *Cementbundet grus*. <http://www.swerock.se/sv/Betong1/Infra/Cementbundet-grus/>  
[Hämtad: 2013-05-14]

Trafikverket. (2010-05-10). *ATB Väg 2005*. <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagteknik/Aldre-versioner-av-ATB-Vag/ATB-Vag-2005/>  
[Hämtad 2013-05-14]

Värmeforsk. (2008). *Uppföljning av slaggrusprovvägar*. Stockholm: Värmeforsk (Värmeforsk rapport: 1081)

Värmeforsk. 2006. *Lakegenskaper för Naturballast*. Stockholm: Värmeforsk (Värmeforsk rapport: 961)

Vägverket. 2010. *Kapitel A: Gemensamma förutsättningar*.  
[http://www.trafikverket.se/PageFiles/29996/kapitel\\_a\\_gemensamma\\_forutsattningar.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/29996/kapitel_a_gemensamma_forutsattningar.pdf) [Hämtat: 2013-05-14]





# Bilaga 1

Insamlade askor från respektive panna på E.ON Värme Sverige ABs (region mitt) anläggningar.

Panna	Anläggning	Pann- typ	Bränsletyp									Askprov		
			RT- flis	Skog- flis	Torv	Gummi	Kreosot	Kol	Hushåll- avfall	Verksamhets- avfall	C C A	Flygaska	Bottenaska /bäddaska	
P11	Händelöverket	Roster	69 %	27%		3%							X	X
P12	Händelöverket	Roster				11%			88 %				X	X
P13	Händelöverket	CFB	20 %	51%		28 %							X	X
P14/ P15	Händelöverket	CFB	4%	2%						45%	43%	2 %	-	X
KV50/ KV60*	Gärstadverken	Roster								X	X		-	X
ÅP5	Åbyverket	CFB		74 %	16 %		9 %						X	-

\*Anläggning som tillhör Tekniska Verken i Linköping.

# Bilaga 2

Sammanställning av provrecept och tryckhållfasthetsresultat.

Nr	Material	Cem	Recept, kg						7d (Mpa)	28 d (Mpa)	7/28 %	Dens (kg/m <sup>3</sup> )	Kommentarer
			Aska 1	Aska 2	Cem	Vatten	vct						
1	P12 flygaska	4%	10,0		0,4	3,5	8,63	4,0	9	44	1610		
2	P12 flyg. + P14/15 bottensand	4%	7,0	5,0	0,5	3,1	6,46	4,5	10	45	1860	Prov	
3	P13 flygaska	4%	10,0		0,4	4,2	10,38					Jäste och varm - kasserades	
4	P13 flyg + P13 botten	4%	7,0	5,0	0,5	3,7	7,71					Jäste och varm - kasserades	
5	TVL 0-5 + 5-40	4%	5,0	5,0	0,4	1,3	3,25	2,0	5	40	1790	Prov	
6	Örebro flygaska	4%	10,0		0,4	3,6	9,00	3,0	11	27	1790	Prov	
7	Örebro flyg + P13 botten	4%	7,0	5,0	0,5	3,0	6,25	3,5	10	35	1940	Prov	

# Bilaga 3

Fullständiga analysrapporter över totalhalter för prov 2,5,6 och 7.

## Rapport

L1310562

Sida 1 (5)

1V4BFLR2THC



Projekt 4500056003/Q12/0215

E.ON Värme Sverige AB  
Anna Jonasson

Registrerad 2013-05-03  
Utfärdad 2013-05-10

601 71 Norrköping  
Sweden

Analys: MG2-AM

Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
Er beteckning	Prov 2				
Labnummer	U10855330				
Bortplockat material*	<1	%	1	I	PECA
TS*	87.9	%	2	W	SYL
SiO <sub>2</sub> *	32.2	% TS	1	S	FO
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.19	% TS	1	S	FO
CaO*	18.5	% TS	1	S	FO
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.55	% TS	1	S	FO
K <sub>2</sub> O*	1.03	% TS	1	S	FO
MgO*	9.57	% TS	1	S	FO
MnO*	0.0881	% TS	1	S	FO
Na <sub>2</sub> O*	1.81	% TS	1	S	FO
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.267	% TS	1	S	FO
TiO <sub>2</sub> *	0.316	% TS	1	S	FO
Summa*	71.5	% TS	1	I	FO
LOI 1000°C*	16.5	% TS	3	W	TJ
As*	42.9	mg/kg TS	1	S	SA
Ba*	628	mg/kg TS	1	S	FO
Be*	1.06	mg/kg TS	1	S	FO
Cd*	3.59	mg/kg TS	1	S	SA
Co*	87.9	mg/kg TS	1	S	SA
Cr*	263	mg/kg TS	1	S	FO
Cu*	1230	mg/kg TS	1	S	SA
Hg*	0.224	mg/kg TS	1	G	TALA
Mo*	8.20	mg/kg TS	1	S	SA
Nb*	8.59	mg/kg TS	1	S	FO
Ni*	41.6	mg/kg TS	1	S	SA
Pb*	311	mg/kg TS	1	S	SA
S*	21100	mg/kg TS	1	S	SA
Sb*	78.6	mg/kg TS	1	S	SA
Sc*	4.89	mg/kg TS	1	S	FO
Sn*	<20	mg/kg TS	1	S	FO
Sr*	122	mg/kg TS	1	S	SA
Ti*	0.430	mg/kg TS	1	S	SA
V*	30.7	mg/kg TS	1	S	FO
W*	7.85	mg/kg TS	1	S	FO
Y*	16.1	mg/kg TS	1	S	FO
Zn*	20400	mg/kg TS	1	S	SA
Zr*	230	mg/kg TS	1	S	FO

ALS Scandinavia AB  
Auronum 10  
977 75 Luleå  
Sweden

Webb: [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)  
E-post: [info.lu@alsglobal.com](mailto:info.lu@alsglobal.com)  
Tel: + 46 920 28 9900  
Fax: + 46 920 28 9940

Dokumentet är godkänt och digitalt  
signerat av

Anna Engberg

ALS Scandinavia AB  
Client Service  
[anna.engberg@alsglobal.com](mailto:anna.engberg@alsglobal.com)

2013.05.10 09:25:17

# Rapport

L1310562

Sida 2 (5)

1V4BFLR2THC



Er beteckning		Prov 5				
Labnummer		U10855331				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign	
Bortplockat material*	<1	%	1	I	PECA	
TS*	79.7	%	2	W	SVL	
SiO <sub>2</sub> *	36.4	% TS	1	S	FO	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.39	% TS	1	S	FO	
CaO*	15.6	% TS	1	S	FO	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	11.2	% TS	1	S	FO	
K <sub>2</sub> O*	1.35	% TS	1	S	FO	
MgO*	2.02	% TS	1	S	FO	
MnO*	0.166	% TS	1	S	FO	
Na <sub>2</sub> O*	4.48	% TS	1	S	FO	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.745	% TS	1	S	FO	
TiO <sub>2</sub> *	1.47	% TS	1	S	FO	
Summa*	82.8	% TS	1	I	FO	
LOI 1000°C*	6.3	% TS	3	W	TJ	
As*	56.6	mg/kg TS	1	S	SA	
Ba*	1710	mg/kg TS	1	S	FO	
Be*	1.15	mg/kg TS	1	S	FO	
Cd*	3.91	mg/kg TS	1	S	SA	
Co*	50.2	mg/kg TS	1	S	SA	
Cr*	862	mg/kg TS	1	S	FO	
Cu*	6190	mg/kg TS	1	S	SA	
Hg*	0.0545	mg/kg TS	1	G	TALA	
Mo*	23.6	mg/kg TS	1	S	SA	
Nb*	19.4	mg/kg TS	1	S	FO	
Ni*	307	mg/kg TS	1	S	SA	
Pb*	804	mg/kg TS	1	S	SA	
S*	7690	mg/kg TS	1	S	SA	
Sb*	80.4	mg/kg TS	1	S	SA	
Sc*	4.86	mg/kg TS	1	S	FO	
Sn*	86.3	mg/kg TS	1	S	FO	
Sr*	210	mg/kg TS	1	S	SA	
Ti*	0.132	mg/kg TS	1	S	SA	
V*	43.6	mg/kg TS	1	S	FO	
W*	16.4	mg/kg TS	1	S	FO	
Y*	19.4	mg/kg TS	1	S	FO	
Zn*	4260	mg/kg TS	1	S	SA	
Zr*	306	mg/kg TS	1	S	FO	

ALS Scandinavia AB  
Aurorum 10  
977 75 Luleå  
Sweden

Webb: [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)  
E-post: [info.lu@alsglobal.com](mailto:info.lu@alsglobal.com)  
Tel: + 46 920 28 5900  
Fax: + 46 920 28 9940

Dokumentet är godkänt och digitalt  
signerat av

Anna Engberg

2013.05.10 09:25:17

ALS Scandinavia AB  
Client Service  
[anna.engberg@alsglobal.com](mailto:anna.engberg@alsglobal.com)

# Rapport

L1310562

Sida 3 (5)

1V4BFLR2THC



Er beteckning		Prov 6				
Labnummer		U10855332				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign	
Bortplockat material*	2.2	%	1	I	PECA	
TS*	79.7	%	2	W	SYL	
SiO <sub>2</sub> *	36.9	% TS	1	S	FO	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	6.05	% TS	1	S	FO	
CaO*	23.5	% TS	1	S	FO	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	4.90	% TS	1	S	FO	
K <sub>2</sub> O*	3.38	% TS	1	S	FO	
MgO*	2.26	% TS	1	S	FO	
MnO*	0.622	% TS	1	S	FO	
Na <sub>2</sub> O*	1.32	% TS	1	S	FO	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	1.08	% TS	1	S	FO	
TiO <sub>2</sub> *	0.232	% TS	1	S	FO	
Summa*	80.2	% TS	1	I	FO	
LOI 1000°C*	10.8	% TS	3	W	TJ	
As*	28.9	mg/kg TS	1	S	SA	
Ba*	1070	mg/kg TS	1	S	FO	
Be*	1.96	mg/kg TS	1	S	FO	
Cd*	5.75	mg/kg TS	1	S	SA	
Co*	12.2	mg/kg TS	1	S	SA	
Cr*	95.6	mg/kg TS	1	S	FO	
Cu*	244	mg/kg TS	1	S	SA	
Hg*	0.481	mg/kg TS	1	G	TALA	
Mo*	13.9	mg/kg TS	1	S	SA	
Nb*	8.25	mg/kg TS	1	S	FO	
Ni*	51.2	mg/kg TS	1	S	SA	
Pb*	67.1	mg/kg TS	1	S	SA	
S*	920	mg/kg TS	1	S	SA	
Sb*	3.59	mg/kg TS	1	S	SA	
Sc*	11.8	mg/kg TS	1	S	FO	
Sn*	7.49	mg/kg TS	1	S	SA	
Sr*	349	mg/kg TS	1	S	FO	
Ti*	1.27	mg/kg TS	1	S	SA	
V*	42.3	mg/kg TS	1	S	FO	
W*	6.69	mg/kg TS	1	S	FO	
Y*	88.4	mg/kg TS	1	S	FO	
Zn*	927	mg/kg TS	1	S	SA	
Zr*	242	mg/kg TS	1	S	FO	

ALS Scandinavia AB  
Aurorum 10  
977 75 Luleå  
Sweden

Webb: [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)  
E-post: [info.lu@alsglobal.com](mailto:info.lu@alsglobal.com)  
Tel: + 46 920 28 9900  
Fax: + 46 920 28 9940

Dokumentet är godkänt och digitalt  
signerat av

Anna Engberg

ALS Scandinavia AB  
Client Service  
[anna.engberg@alsglobal.com](mailto:anna.engberg@alsglobal.com)

2013.05.10 09:25:17

# Rapport

L1310562

Sida 4 (5)

1V4BFLR2THC



Er beteckning		Prov 7				
Labnummer		U10855333				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign	
TS*	88.0	%	2	W	TALA	
SiO <sub>2</sub> *	42.0	% TS	1	S	FO	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	6.08	% TS	1	S	FO	
CaO*	20.6	% TS	1	S	FO	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	6.74	% TS	1	S	FO	
K <sub>2</sub> O*	2.79	% TS	1	S	FO	
MgO*	1.61	% TS	1	S	FO	
MnO*	0.402	% TS	1	S	FO	
Na <sub>2</sub> O*	1.39	% TS	1	S	FO	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.693	% TS	1	S	FO	
TiO <sub>2</sub> *	0.245	% TS	1	S	FO	
Summa*	82.6	% TS	1	I	FO	
LOI 1000°C*	7.9	% TS	3	W	TJ	
As*	39.8	mg/kg TS	1	S	SA	
Ba*	829	mg/kg TS	1	S	FO	
Be*	1.77	mg/kg TS	1	S	FO	
Cd*	3.68	mg/kg TS	1	S	SA	
Co*	44.6	mg/kg TS	1	S	SA	
Cr*	108	mg/kg TS	1	S	FO	
Cu*	282	mg/kg TS	1	S	SA	
Hg*	0.275	mg/kg TS	1	G	TALA	
Mo*	9.93	mg/kg TS	1	S	SA	
Nb*	8.13	mg/kg TS	1	S	FO	
Ni*	45.7	mg/kg TS	1	S	SA	
Pb*	79.9	mg/kg TS	1	S	SA	
S*	593	mg/kg TS	1	S	SA	
Sb*	7.81	mg/kg TS	1	S	SA	
Sc*	8.49	mg/kg TS	1	S	FO	
Sn*	9.00	mg/kg TS	1	S	SA	
Sr*	291	mg/kg TS	1	S	FO	
Tl*	0.957	mg/kg TS	1	S	SA	
V*	34.4	mg/kg TS	1	S	FO	
W*	8.42	mg/kg TS	1	S	FO	
Y*	56.7	mg/kg TS	1	S	FO	
Zn*	6920	mg/kg TS	1	S	SA	
Zr*	174	mg/kg TS	1	S	FO	

ALS Scandinavia AB  
Aurorum 10  
977 75 Luleå  
Sweden

Webb: [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)  
E-post: [info.lu@alsglobal.com](mailto:info.lu@alsglobal.com)  
Tel: + 46 920 28 9900  
Fax: + 46 920 28 9940

Dokumentet är godkänt och digitalt  
signerat av

Anna Engberg

ALS Scandinavia AB  
Client Service  
[anna.engberg@alsglobal.com](mailto:anna.engberg@alsglobal.com)

2013.05.10 09:25:17

# Rapport

L1310562

Sida 5 (5)

1V4BFLR2THC



Metod	
1	Vid analys As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn och Zn gäller: Analysprov har torkats vid 50°C och elementhalterna har TS-korrigerats till 105°C. Upplösning har skett enligt ASTM D3683 (modifierad). För övriga grundämnen har upplösning skett enligt ASTM D3682 (LiBO <sub>2</sub> – smälta).  Analys har skett enligt EPA –metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES ) och 200.8 (ICP-SFMS).
2	Analys enligt TS enligt SS 02 81 13-1.
3	Analys enligt LOI 1000°C.

Godkännare	
FO	Fredrik Ödman
PECA	Peter Carlsson
SA	Siv Andersson
SYL	Sylvia Sandlund
TALA	Tanja Larsson
TJ	Thea Johansson

Utf	
G	AFS
I	Man.Inm.
S	ICP-SFMS
W	Våtkemi

\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet. Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF-filen representerar originalrapporten. Alla utskrift från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utfärdande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB  
Aurorum 10  
977 75 Luleå  
Sweden


Webb: [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)  
E-post: [info.lu@alsglobal.com](mailto:info.lu@alsglobal.com)  
Tel: + 46 920 28 9900  
Fax: + 46 920 28 9940

Dokumentet är godkänt och digitalt  
signerat av

Anna Engberg  
ALS Scandinavia AB  
Client Service  
[anna.engberg@alsglobal.com](mailto:anna.engberg@alsglobal.com)  
2013.05.10 09:25:17

# Bilaga 4

Fullständiga analysrapporter för laktesten för prov 2, 5, 6 och 7.

<b>Rapport</b>						<b>Bilaga 1 till</b> <b>L1309227</b>		
			2030 ISO/IEC 17025			Sid 1 av 4		
Registrerad :			20130419			E.ON Värme Sverige AB		
Analyserad :						Anna Jonasson		
Rapporterad :			rt created			adress här		
						ort här		
Analyspaket:			Beräknad urlakad mängd					
Provnr : U10850999-00						Provnr : U10851000-00		
Beteckning: Prov 2						Beteckning: Prov 2		
L/S 2						L/S 10		
<b>Analys</b>			<b>Resultat</b>			<b>Analys</b>		
<b>Enhet</b>			<b>Enhet</b>			<b>Resultat</b>		
<b>Enhet</b>			<b>Enhet</b>			<b>Enhet</b>		
TS innan lakning	87,9	%	TS innan lakning	87,9	%	TS innan lakning	87,9	%
Invägning	199,1	g	Invägning	199,1	g	Invägning	199,1	g
Volym efter filtrering	271	ml	Volym efter filtrering	-----	ml	Volym efter filtrering	-----	ml
Volym tillsatt	326	ml	Volym tillsatt	1400	ml	Volym tillsatt	1400	ml
Ca	2540	mg/kg TS	Ca	14700	mg/kg TS	Ca	14700	mg/kg TS
Fe	<0.008	mg/kg TS	Fe	<0.04	mg/kg TS	Fe	<0.04	mg/kg TS
K	654	mg/kg TS	K	699	mg/kg TS	K	699	mg/kg TS
Mg	<1	mg/kg TS	Mg	<2	mg/kg TS	Mg	<2	mg/kg TS
Na	390	mg/kg TS	Na	408	mg/kg TS	Na	408	mg/kg TS
Al	0,0114	mg/kg TS	Al	0,0305	mg/kg TS	Al	0,0305	mg/kg TS
As	<0.002	mg/kg TS	As	<0.01	mg/kg TS	As	<0.01	mg/kg TS
Ba	0,474	mg/kg TS	Ba	1,78	mg/kg TS	Ba	1,78	mg/kg TS
Cd	0,000143	mg/kg TS	Cd	<0.000533	mg/kg TS	Cd	<0.000533	mg/kg TS
Co	<0.0001	mg/kg TS	Co	<0.0005	mg/kg TS	Co	<0.0005	mg/kg TS
Cr	0,116	mg/kg TS	Cr	0,263	mg/kg TS	Cr	0,263	mg/kg TS
Cu	0,00622	mg/kg TS	Cu	0,0308	mg/kg TS	Cu	0,0308	mg/kg TS
Hg	<0.00004	mg/kg TS	Hg	<0.0002	mg/kg TS	Hg	<0.0002	mg/kg TS
Mn	0,000768	mg/kg TS	Mn	<0.002	mg/kg TS	Mn	<0.002	mg/kg TS
Mo	0,191	mg/kg TS	Mo	0,73	mg/kg TS	Mo	0,73	mg/kg TS
Ni	<0.001	mg/kg TS	Ni	<0.005	mg/kg TS	Ni	<0.005	mg/kg TS
Pb	0,181	mg/kg TS	Pb	0,837	mg/kg TS	Pb	0,837	mg/kg TS
Sb	<0.0002	mg/kg TS	Sb	<0.001	mg/kg TS	Sb	<0.001	mg/kg TS
Se	0,0148	mg/kg TS	Se	0,0272	mg/kg TS	Se	0,0272	mg/kg TS
Zn	0,458	mg/kg TS	Zn	2,8	mg/kg TS	Zn	2,8	mg/kg TS
pH	12,5		pH	12,5		pH	12,5	
Kond.	1170	mS/m	Kond.	1010	mS/m	Kond.	1010	mS/m
<p>Laktesten har utförts enligt SS-EN 12457-3. Den utvidgade osäkerheten är 71% enligt SS-EN 12457-3. Osäkerheten är beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%."</p> <p>Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.</p>								
								ver_129
ALS Scandinavia AB			Webb: www.alsglobal.se					
Aurorum 10			E-post: info.lu@alsglobal.com					
977 75 Luleå			Tel: +46 920 28 9900					
			Fax: +46 920 28 9940					



# Rapport



Bilaga 1 till  
**L1309227**

Sid 2 av 4

Registrerad :	20130419	<b>E.ON Värme Sverige AB</b>
Analyserad :		<b>Anna Jonasson</b>
Rapporterad :	rt created	adress här ort här
Analyspaket:	Beräknad urlakad mängd	
Provnr : U10851001-00		Provnr : U10851002-00

Beteckning: Prov 5		Beteckning: Prov 5
L/S 2		L/S 10

Analys	Resultat	Enhet	Analys	Resultat	Enhet
TS innan lakning	82,4	%	TS innan lakning	82,4	%
Invägning	212,3	g	Invägning	212,3	g
Volym efter filtrering	262	ml	Volym efter filtrering	-----	ml
Volym tillsatt	313	ml	Volym tillsatt	1400	ml
Ca	71,2	mg/kg TS	Ca	477	mg/kg TS
Fe	0,0584	mg/kg TS	Fe	0,0939	mg/kg TS
K	758	mg/kg TS	K	1000	mg/kg TS
Mg	<1	mg/kg TS	Mg	<2	mg/kg TS
Na	3840	mg/kg TS	Na	4830	mg/kg TS
Al	36,2	mg/kg TS	Al	106	mg/kg TS
As	<0.02	mg/kg TS	As	<0.03	mg/kg TS
Ba	0,0892	mg/kg TS	Ba	0,352	mg/kg TS
Cd	0,000968	mg/kg TS	Cd	<0.001	mg/kg TS
Co	0,00166	mg/kg TS	Co	0,00209	mg/kg TS
Cr	0,296	mg/kg TS	Cr	0,405	mg/kg TS
Cu	3,48	mg/kg TS	Cu	3,79	mg/kg TS
Hg	0,000236	mg/kg TS	Hg	<0.000347	mg/kg TS
Mn	0,00176	mg/kg TS	Mn	0,00536	mg/kg TS
Mo	2,48	mg/kg TS	Mo	2,67	mg/kg TS
Ni	0,0276	mg/kg TS	Ni	0,027	mg/kg TS
Pb	0,0626	mg/kg TS	Pb	0,106	mg/kg TS
Sb	0,0554	mg/kg TS	Sb	0,219	mg/kg TS
Se	0,014	mg/kg TS	Se	0,0172	mg/kg TS
Zn	0,334	mg/kg TS	Zn	0,625	mg/kg TS
pH	12,2		pH	11,7	
Kond.	1190	mS/m	Kond.	227	mS/m

Laktesten har utförts enligt SS-EN 12457-3. Den utvidgade osäkerheten är 71% enligt SS-EN 12457-3. Osäkerheten är beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%."

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

ver\_129

ALS Scandinavia AB  
Aurorum 10  
977 75 Luleå

Webb: www.alsglobal.se  
E-post: info.lu@alsglobal.com  
Tel: +46 920 28 9900  
Fax: +46 920 28 9940

# Rapport



Bilaga 1 till  
**L1309227**

Sid 3 av 4

Registrerad : 20130419  
 Analyserad :  
 Rapporterad : rt created

**E.ON Värme Sverige AB**  
**Anna Jonasson**  
 adress här  
 ort här

Analyspaket: Beräknad urlakad mängd

Provnr : U10851003-00

Provnr : U10851004-00

Beteckning: Prov 6  
L/S 2

Beteckning: Prov 6  
L/S 10

Analys	Resultat	Enhet	Analys	Resultat	Enhet
TS innan lakning	80,7	%	TS innan lakning	80,7	%
Invägning	217	g	Invägning	217	g
Volym efter filtrering	252	ml	Volym efter filtrering	-----	ml
Volym tillsatt	308	ml	Volym tillsatt	1400	ml
Ca	280	mg/kg TS	Ca	5640	mg/kg TS
Fe	0,0102	mg/kg TS	Fe	<0.04	mg/kg TS
K	9860	mg/kg TS	K	10900	mg/kg TS
Mg	<2	mg/kg TS	Mg	<2	mg/kg TS
Na	2280	mg/kg TS	Na	2600	mg/kg TS
Al	0,266	mg/kg TS	Al	0,627	mg/kg TS
As	<0.01	mg/kg TS	As	<0.02	mg/kg TS
Ba	0,872	mg/kg TS	Ba	32,4	mg/kg TS
Cd	0,0022	mg/kg TS	Cd	<0.002	mg/kg TS
Co	<0.0001	mg/kg TS	Co	<0.0005	mg/kg TS
Cr	0,442	mg/kg TS	Cr	0,416	mg/kg TS
Cu	0,0464	mg/kg TS	Cu	0,124	mg/kg TS
Hg	<0.00004	mg/kg TS	Hg	<0.0002	mg/kg TS
Mn	0,00222	mg/kg TS	Mn	<0.003	mg/kg TS
Mo	3,92	mg/kg TS	Mo	3,86	mg/kg TS
Ni	<0.001	mg/kg TS	Ni	<0.005	mg/kg TS
Pb	0,126	mg/kg TS	Pb	0,264	mg/kg TS
Sb	0,00027	mg/kg TS	Sb	<0.001	mg/kg TS
Se	0,0582	mg/kg TS	Se	0,0523	mg/kg TS
Zn	0,202	mg/kg TS	Zn	0,298	mg/kg TS
pH	<13		pH	12,5	
Kond.	3880	mS/m	Kond.	975	mS/m

Laktesten har utförts enligt SS-EN 12457-3. Den utvidgade osäkerheten är 71% enligt SS-EN 12457-3. Osäkerheten är beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.”

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

ver\_129

ALS Scandinavia AB  
 Aurorum 10  
 977 75 Luleå

Webb: www.alsglobal.se  
 E-post: info.lu@alsglobal.com  
 Tel: +46 920 28 9900  
 Fax: +46 920 28 9940

# Rapport



Bilaga 1 till  
L1309227

Sid 4 av 4

Registrerad :	20130419	E.ON Värme Sverige AB			
Analyserad :		Anna Jonasson			
Rapporterad :	rt created	adress här ort här			
Analyspaket:	Beräknad urlakad mängd				
Provnr : U10851005-00		Provnr : U10851006-00			
Beteckning: Prov 7 L/S 2		Beteckning: Prov 7 L/S 10			
Analys	Resultat	Enhet	Analys	Resultat	Enhet
TS innan lakning	90	%	TS innan lakning	90	%
Invägning	194,4	g	Invägning	194,4	g
Volym efter filtrering	272	ml	Volym efter filtrering	-----	ml
Volym tillsatt	331	ml	Volym tillsatt	1400	ml
Ca	502	mg/kg TS	Ca	7380	mg/kg TS
Fe	0,014	mg/kg TS	Fe	<0.04	mg/kg TS
K	5920	mg/kg TS	K	6260	mg/kg TS
Mg	<1	mg/kg TS	Mg	<2	mg/kg TS
Na	1440	mg/kg TS	Na	1540	mg/kg TS
Al	0,0758	mg/kg TS	Al	0,265	mg/kg TS
As	<0.004	mg/kg TS	As	<0.01	mg/kg TS
Ba	0,84	mg/kg TS	Ba	30,6	mg/kg TS
Cd	0,00106	mg/kg TS	Cd	<0.001	mg/kg TS
Co	0,000394	mg/kg TS	Co	<0.000729	mg/kg TS
Cr	0,368	mg/kg TS	Cr	0,388	mg/kg TS
Cu	0,0336	mg/kg TS	Cu	0,112	mg/kg TS
Hg	<0.00004	mg/kg TS	Hg	<0.0002	mg/kg TS
Mn	0,0125	mg/kg TS	Mn	0,0133	mg/kg TS
Mo	1,84	mg/kg TS	Mo	2,14	mg/kg TS
Ni	<0.001	mg/kg TS	Ni	<0.005	mg/kg TS
Pb	0,0664	mg/kg TS	Pb	0,239	mg/kg TS
Sb	0,000388	mg/kg TS	Sb	0,00278	mg/kg TS
Se	0,0364	mg/kg TS	Se	0,0367	mg/kg TS
Zn	0,102	mg/kg TS	Zn	0,246	mg/kg TS
pH	12,9		pH	12,5	
Kond.	2530	mS/m	Kond.	953	mS/m
<p>Laktesten har utförts enligt SS-EN 12457-3. Den utvidgade osäkerheten är 71% enligt SS-EN 12457-3. Osäkerheten är beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.”</p> <p>Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.</p>					
					ver_129
ALS Scandinavia AB	Webb: www.alsglobal.se				
Aurorum 10	E-post: info.lu@alsglobal.com				
977 75 Luleå	Tel: +46 920 28 9900				
	Fax: +46 920 28 9940				

# Bilaga 5

---

## **Beräkning av antal år för att uppnå L/S 10.**

Lakning/år: 50/m<sup>2</sup>

Densitet [medel - provblandningar]: (1860 + 1790 + 1790 + 1940)/4 = 1845 kg/m<sup>3</sup>

Mängd per m<sup>2</sup> [1 meter mäktighet]: 1845 kg/m<sup>2</sup>

$$\text{Lakmängd/år} : \frac{\text{vattenmängd}(l)}{\text{material}(kg)} = \frac{50l}{1845kg} = 0,027 \approx L/S0,027/\text{år}$$

$$\text{Mängd per år /10 liter} : \frac{L/S10}{L/S0,027} = 370\text{år}$$

# Bilaga 6

---

## Beräkning av material mängder traditionellt material

### Sammanställning konstruktion:

200 mm vältbetong

160 mm CG

80 mm obundet (krossat) bärlager

220 mm obundet (krossat) förstärkningslager

---

**Yta:** 10 000 m<sup>2</sup>

### Mängd (m<sup>3</sup>) per material:

Vältbetong:  $0,2 \text{ m} * 10000 \text{ m}^2 = 2000 \text{ m}^3$  vältbetong

Cementbundet grus:  $0,16 \text{ m} * 10000 \text{ m}^2 = 1600 \text{ m}^3$  Cementbundet grus

Kross:  $0,08 + 0,220 \text{ m} * 10000 \text{ m}^2 = 3000 \text{ m}^3$  kross

### Cement:

Vältbetong: 340 kg cement/m<sup>3</sup> material

$340 \text{ kg cement/ m}^3 \text{ material} * 2000 \text{ m}^3 = 680 000 \text{ kg} \approx 680 \text{ ton}$

Cementbundet grus: 80 kg cement/m<sup>3</sup> material

$80 \text{ kg cement/ m}^3 \text{ material} * 1600 \text{ m}^3 \text{ material} = 128 000 \text{ kg} \approx 130 \text{ ton}$  Total mängd cement:  
810 ton

## Beräkning av materialmängder askkonstruktion

### Sammanställning konstruktion:

100 mm vältbetong

50 mm avjämningslager (bergkross)

Ca 800 mm ask material

---

**Yta:** 10 000 m<sup>2</sup>

### Mängd (m<sup>3</sup>) per material:

Vältbetong:  $0,1 \text{ m} * 10\,000 \text{ m}^2 = 1000 \text{ m}^3$

Avjämningslager (bergkross):  $0,05 \text{ m} * 10\,000 \text{ m}^2 \Rightarrow 500 \text{ m}^3$

Ca 800 mm aska material:  $0,8 \text{ m} * 10\,000 \text{ m}^2 = 8000 \text{ m}^3$

Cement mängd:

Vältbetong: 340 kg cement/ m<sup>3</sup> material

$340 \text{ kg cement/ m}^3 \text{ material} * 1000 \text{ m}^3 = 340\,000 \text{ kg} \approx 340 \text{ ton}$

Askmaterialiet:

### *Viktprocent cement för hela blandningen*

	Recept, kg					Andel (vikt) cement
	Aska 1	Aska 2	Mak 8-16	Cem	Vatten	
Prov 2	7,0	5,0		0,5	3,1	3 %
Prov 5	5,0	5,0		0,4	1,3	3 %
Prov 6	10,0			0,4	3,6	3 %
Prov 7	7,0	5,0		0,5	3,0	3 %

Densitet [medel – askblandningar]:  $(1860 + 1790 + 1790 + 1940)/4 = 1845 \text{ kg/m}^3$

$1845 \text{ kg/m}^3 * 0,03 = 55,35 \text{ kg cement/m}^3 \text{ blandning}$

Mängd cement i askkonstruktionen:  $55,35 \text{ kg/m}^3 * 8000 \text{ m}^3 = 442\,800 \text{ kg cement} \approx 440 \text{ ton cement}$



LUNDS UNIVERSITET

Miljövetenskaplig utbildning

Centrum för klimat- och  
miljöforskning

Ekologihuset

22362 Lund