



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



Handbok

Bottenaskor från kol-, torv- och biobränsleeldning
i väg- och anläggningsarbeten

Information 18:6

LINKÖPING 2010

LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Information 18:6

Handbok

Bottenaskor från kol-, torv- och biobränsleeldning
i väg- och anläggningsarbeten

MARIA ARM
CHARLOTTA TIBERG

Information	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI Informationstjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: info@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se
ISSN	0281-7578
ISRN	SGI-INF--10/18--SE
Projektnummer SGI	12077
Dnr SGI	I-0404-0318

Förord

Denna handbok behandlar bottenaska från förbränning av kol, torv och biobränsle och ingår i en serie handböcker för alternativa väg- och anläggningsmaterial (SGI:s informationsserie Nr 18). Handböckerna har tagits fram av olika arbetsgrupper i vilka minst en representant från Statens geotekniska institut (SGI) eller Luleå tekniska universitet (LTU) har medverkat.

Handböckerna har utarbetats i anslutning till ett branschgemensamt projekt avseende alternativa material i väg- och anläggningsbyggnad, som SGI har drivit i samarbete med LTU. Arbetet har finansierats av Vägverket, Banverket, Renhållningsverksföreningen (RVF), Svenska Energiaskor, Vägverket Produktion, LTU, SGI, Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF), Ragnsells, Svensk Däckåtervinning, HAS Consult AS, Boliden Mineral AB och Vargön Alloys AB samt Holmen Skog AB. Till projektet har knutits arbetsgrupper för olika kapitel samt en bred referensgrupp med miljö- och/eller teknikkompetens från Vägverket, länsstyrelser, FoU-institut, konsult eller entreprenadbolag samt producenter av material. Ett 60-tal personer har varit involverade i projektet.

Syftet med det branschgemensamma projektet är att skapa ett gemensamt förhållningssätt till användning av alternativa material ur teknisk, miljömässig och juridisk synvinkel. Projektet och handböckerna ska förbättra kunskapsunderlaget för användning av alternativa material i väg- och anläggningsverksamhet och därmed möjliggöra hushållning med naturresurser. En metodik beskrivs för att sortera ut om ett material är lämpligt eller inte för användning i ett specifikt objekt.

Denna handbok baseras på vunnen kunskap om svenska bottenaskor från förbränning av kol, torv och biobränsle och vänder sig till konsulter och entreprenörer, men också till väghållare, myndigheter och materialägare. Den har utarbetats av Maria Arm och Charlotta Tiberg, SGI. Arbetet med handboken har följts av en referensgrupp där Claes Ribbing (Sv Energiaskor) och Bo Svedberg (Ecoloop) har medverkat. Handboken har finansierats av Svenska Energiaskor.

Linköping i augusti 2010

Statens geotekniska institut

LTU, Institutionen för samhällsbyggnadsteknik

Innehållsförteckning

Förord	3
I Inledning	6
1.1 Definitioner och begrepp	6
1.2 Materialbeskrivning	8
1.2.1 Biobränsle	8
1.2.2 Bottenaska från rosterpanna	9
1.2.3 Bottenaska från fluidbädd av typen BFB eller CFB (s.k. pannelsand)	9
1.2.4 Bottenaska från pulverpanna	10
1.2.5 Bottenaska från sameldning	10
1.3 Materialegenskaper	10
1.3.1 Fysikaliska materialegenskaper	10
1.3.2 Kemiska materialegenskaper	15
1.4 Användningsområden	16
1.5 Övergripande miljöbedömning	16
2 Projekteringsförutsättningar	18
2.1 Platsspecifik miljöbedömning	18
2.2 Materialkvaliteter	18
2.3 Dimensioneringsförutsättningar	18
2.4 Dimensionering utifrån funktionskrav	19
2.4.1 Bärförmåga och styvhet	19
2.4.2 Stabilitet	19
2.4.3 Beständighet	19
2.4.4 Begränsning av tjällyftning	19
2.5 Dimensionering utifrån materialkrav	20
2.5.1 Krav på material till förstärkningslager	20
2.5.2 Krav på material till skyddslager	20
2.5.3 Krav på material till underbyggnad	20
2.5.4 Krav på material till fyllning	20
2.6 Konstruktiv utformning	20
3 Redovisning i bygghandling	21
4 Utförande	22
5 Drift och underhåll	23
6 Återbruk, deponering eller överlåtelse	24
7 Kvalitetskrav och kontroll	25
8 Referenser och fördjupningslitteratur	27
Bilaga Exempel på utförda objekt	
1:1 Hudiksvall – bio/RT-rosteraska, botten- och flygaska i transportväg på deponi	
1:2 Norrtälje – biorosteraska, botten- och flygaska i skogsbilväg	

1. Inledning

”
Bottenaska är restmaterial som faller till botten av en panna vid förbränning av fasta bränslen. De vanligaste panntyperna är rosterpannor, fluidbäddpannor och pulverpannor.

Bottenaska är restmaterial som faller till botten av en panna vid förbränning av fasta bränslen. Askans egenskaper och användningsmöjligheter påverkas av bränslet, panntypen, förbränningsprocessen och eventuell lagring eller förädling efter förbränningen. Därför är det viktigt att särbehandla olika typer av bottenaskor och varje materialbedömning bör bygga på aktuella data från den berörda anläggningen.

Vanliga bränslen är avfall (hushålls- och industriavfall), kol, torv, och biobränslen. Begreppet biobränsle är ett samlingsord för ett stort antal bränslefraktioner med olika egenskaper (Avsnitt 1.2.1). De vanligaste panntyperna är rosterpannor, fluidbäddpannor och pulverpannor.

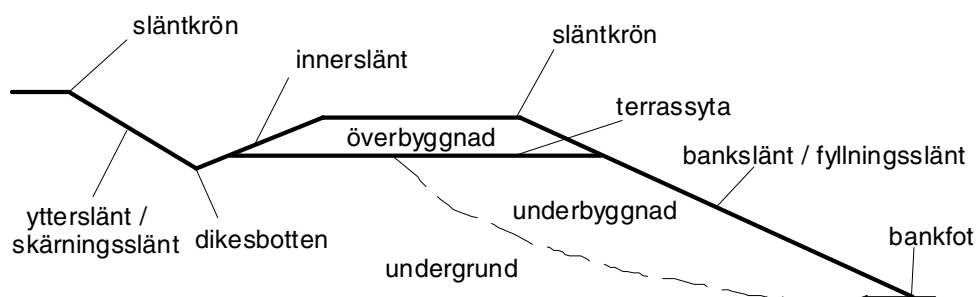
Bottenaska från förbränning av hushålls- och industriavfall i en rosterpanna kallas inom avfallsbranschen för slaggrus. Det är den grovkornigaste bottenaskan och den används i stor omfattning i anläggningsarbeten utomlands, men än så länge sparsamt i Sverige. I rapporten Handbok Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten (Arm, 2006) beskrivs sådan aska närmare.

Bottenaska från förbränning av kol i en rosterpanna har använts som lätt bankfyllning i vägar medan biobränsle- och avfallsbränslebase-erade bottenaskor från fluidbäddpannor har använts som fyllningsmaterial i rörgravar. Torvbottenaska från en pulverpanna har använts som vägfyllningsmaterial.

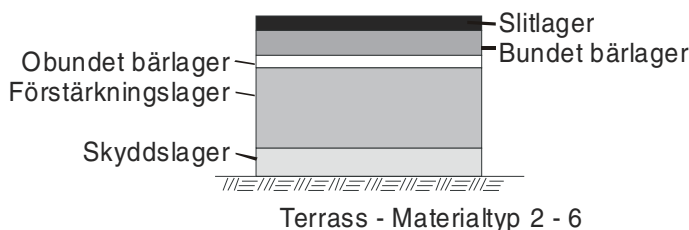
Denna handbok beskriver dagens kunskap om användning av bottenaskor från kol-, torv- och biobränsleledning i väg- och anläggningsarbeten. Avfallsbränslebaserade bottenaskor behandlas alltså inte i denna handbok.

1.1 Definitioner och begrepp

Olika delar i en vägkonstruktion benämns enligt Figur 1. En vägöverbyggnad kan delas in ytterligare enligt Figur 2.



Figur 1:
Delar i en vägkonstruktion (VTKVÄG).



Figur 2:
Principiell uppbyggnad av en överbyggnad (VTKVÄG).

Begrepp	Förklaring
BFB	Bubblande fluidiserande bädd.
Biobränsle	Bränsle där biomassa är utgångsmaterial. Bränslet kan ha genomgått en kemisk eller biologisk process eller omvandling och ha passerat annan användning. (Svensk Standard). Kan delas in i trädbränslen, energigrödor och returbiobränslen.
Bottenaska	Restmaterial som tas ut i botten av pannan vid förbränning av fasta bränslen.
Bundna lager	Materiallager som är blandat med bindemedel av cement eller bitumen.
CFB	Cirkulerande fluidiserande bädd.
Ensgraderat material	Material med graderingstal mindre än 5, dvs. med brant kornstorleksfördelningskurva. Är svårt att packa till ett tätt och stabilt lager, se graderingstal.
Fallviktsmätning	Belastningsförsök i fält för att bestämma ett lagers eller en konstruktions styvhet, beskrivs i VVMB 112.
Finmaterialhalt	Halt material med kornstorlek mindre än 0,063 mm, dvs. mineraljordsfraktionerna ler och silt. Anges i viktprocent.
Fluidbäddpanna	En panna där bränslet förbränns i en fluidiserad bädd av sand. Fluidiseringen åstadkoms genom att förbränningsluft blåses genom bädden underifrån. Sandbädden kan vara antingen bubblande (BFB) eller cirkulerande (CFB) beroende på luftflödet.
Fyllning	Tillfört material som används i underbyggnad eller sidokonstruktioner som till exempel tryckbankar och bullervallar.
Graderingstal	Ett mått på kornstorleksfördelningen. Kvoten mellan d_{60} och d_{10} . d_{60} innebär den sikt genom vilken 60 viktprocent av det siktade materialet passerar. Betecknas med c_u .
GROT	Avverkningsrester i form av grenar och toppar.
Inert	Orsakar inte skador på miljön eller människors hälsa och påverkar inte kvaliteten på yt- eller grundvatten.
NO_x	Kväveoxider.
Optimal vattenkvot	Den vattenkvot vid vilken ett material får maximal torr skrymdensitet vid laboratoriepackning. Anges i viktprocent.
Packningsgrad	Ett relativt värde på uppnådd densitet i fält för ett materiallager. Kvoten mellan uppmätt densitet i fält och maximal densitet bestämd vid tung laborariestampning.
Pannsand	Bottenaskan från en fluidbäddpanna. Består av sand från den fluidiserade sandbädden med inslag av större askpartiklar som följt med vid utmatningen.
PCFB	Trycksatt cirkulerande fluidiserad bädd.
Porositet	Förhållandet mellan porvolym och den totala volymen. Anges i procent.
Pulverpanna	Finmalt fast bränsle eldas i en flamma likartad som vid förbränning av olja. Är den internationellt dominerande pannan vid förbränning av kol, men används även för torv och biobränslen.
Returbiobränsle	Biobränsle som har behandlats eller omvandlats kemiskt eller biologiskt, såsom slipers, rivningsvirke (RT-flis), vissa biprodukter från träindustrin och tallbecksolja (Bjurström & Wikman, 2005).
Rosterpanna	En panna som har en gallerliknande förbränningsanordning (roster) på vilken bränslebädden torkas, pyrolyseras och slutförbränns.
RT-flis	Returträflis.
Slaggrus	Sorterad och lagrad bottenaska från förbränning av hushålls- och industriavfall i en rosterpanna. Sorteringen innebär att partiklar med större diameter än ca 45 mm samt magnetiska partiklar avskiljs. Lagringen innebär utomhuslagring i minst sex månader.
Styvhetsmodul	Samband mellan spänning och töjning som ger ett mått på motståndet mot elastiska deformationer. Betecknas ibland med M_s . Anges i MPa.
Terrassyta	Den yta som bildas vid planering av de i huvudsak naturliga jord- och bergmassorna i en väglinje. Terrassytan bildar gräns mellan över- och underbyggnaden eller mellan överbyggnad och undergrund (Figur 1).

Begrepp	Förklaring
Torr skrymdensitet	Kvoten mellan ett materials fasta massa och totala volym inklusive öppna och slutna hålrum. Anges i t/m ³ .
Underbyggnad	Del av vägkonstruktion mellan undergrund och terrassyta. I underbyggnad ingår i huvudsak tillförda jord- och bergmassor (Figur 1).
Undergrund	Del av mark till vilken last överförs från grundkonstruktionen för en byggnad, en bro, en väggkropp eller liknande (Figur 1).
Vattenkvot	Kvoten mellan det ingående vattnets vikt och den vattenfria massans vikt (i en viss materialmängd). Anges i viktprocent.
Vägkonstruktion	I en vägkonstruktion ingår väggkropp med undergrund, diken, avvattningsanordningar, slänter och andra väganordningar (Figur 1).
Väggkropp	Samlingsnamn för vägunderbyggnad och vägöverbyggnad (Figur 1).
Välgraderat material	Material med graderingstal större än 15, dvs. med lång och flack kornstorleksfördelningskurva. Ger förutsättningar för att packa materialet till ett tätt och stabilt lager, se graderingstal.
Värmeledningsförmåga	Värmeledningsförmåga eller värmeledningstal. Den värmemängd i Joule som på 1 sekund leds genom 1 m ² av ett 1 meter tjockt materiallager då temperaturskillnaden mellan materialets ytor är 1 °C. Betecknas med λ och anges i W/(m °C).
Överbyggnad	Den del av vägkonstruktionen som ligger ovanför terrassytan (Figur 1 och Figur 2).

1.2 Materialbeskrivning

Varje år genereras cirka 400 000 ton bottenaska i samband med förbränning av kol, torv och biobränsle för energiproduktion i Sverige.

Eftersom askans sammansättning och därmed dess egenskaper och användningsmöjligheter påverkas av bränslet och panntypen är det viktigt att skilja mellan olika typer av bottenaskor. De vanligaste panntyperna är rosterpannor, fluidbäddpannor och pulverpannor.

1.2.1 Biobränsle

Biobränsle definieras i svensk standard som bränsle där biomassa är utgångsmaterial. Bränslet kan ha genomgått en kemisk eller biologisk process eller omvandling och ha passerat annan användning. Definitionen har sitt ursprung i att sådant bränsle betraktas som koldioxidneutralt, dvs. vid förbränning släpper det inte ut mer koldioxid än vad biomassan en gång har tagit upp ur atmosfären.

Biobränsleaska kan därmed härröra från förbränning av rena trädbränslen, pappersbruksslammer och energigrödor, men också från förbränning av slipers och rivningsvirke (RT-flis). Eftersom sammansättningen och därigenom de miljöpåverkande egenskaperna skiljer mycket mellan askor från rent trädbränsle och askor från rivningsvirke är det nödvändigt att göra en uppdelning. I denna handbok delas biobränslen upp i trädbränslen, energigrödor och returbiobränsle.

Måttliga föroreningshalter i bränslena till exempel sand, lera och rester från fillers mm i pappersbruksslammer har ofta en stor betydelse för den kemiska sammansättningen hos askorna.

Trädbränslen är biobränsle som inte har omvandlats kemiskt eller biologiskt. De omfattar både de med ett skogligt ursprung (som stamved och GROT) och biprodukter från den träbearbetande industrin (bark, spån, kaprester mm). Andra namn är avverkningsrester eller skogsbränsle.

Energigrödor domineras idag av energiskog, främst salix. Halm är vanligt i Danmark och används i mycket små pannor i Sverige. Energigräs och hampa förekommer i blygsam omfattning.

Energigrödor och även trädbränslen är svåreldade, främst på grund av sitt innehåll av kalium och klorider. De ger korrosion i pannorna och sintring av pannsand. Tillsatser av röt slam, torv, pappersbruksslammer, svavel och mycket små partiklar minskar korrosionsproblemen. Urea eller ammoniak tillsätts ofta i pannorna för att minska NO_x-innehållet i rök-gaserna. Spår av ammoniak i askorna kan kortvarigt ge obehaglig lukt vid tillsats av vatten.

Returbiobränslen är biobränsle som har behandlats eller omvandlats kemiskt eller biolo-

”
Exempel på
biobränslen är
rena trädbränslen,
pappersbruksslammer,
energigrödor,
slipers och
rivningsvirke.

giskt, såsom slipers, rivningsvirke (RT-flis), vissa biprodukter från träindustrin och tallbecksolja. Observera att RT-flis kan omfatta flis från impregnerat eller färgat trä.

1.2.2 Bottenaska från rosterpanna

En rosterpanna har en gallerliknande förbränningsanordning (roster) på vilken bränslebädden torkas, pyrolyseras och slutförbränns. Efter förbränningen matas bottenaskan ut från rostern direkt ned i ett vattenbad för att släckas (Figur 3). Bottenaskan från en rosterpanna blir ganska grovkornig, ca 0 – 50 mm stora partiklar.

Den bottenaska som bildas vid kolförbränning är svart och har en kornstorleksfördelning som motsvarar den för grus eller sandigt grus. Askan är mycket porös och därmed mycket lätt, men också krossningsbenägen vid mekanisk påverkan.

1.2.3 Bottenaska från fluidbädd av typen BFB eller CFB (s.k. pannsand)

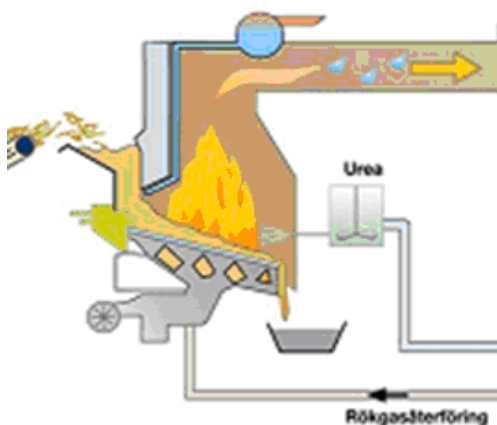
I en fluidbäddpanna förbränns bränslet i en fluidiserad bädd av sand. Fluidiseringen åstadkoms genom att förbränningsluft blåses genom bädden underifrån. Beroende på luftflödet kan sandbädden vara antingen bubblande, BFB, (Figur 4) eller cirkulerande, CFB, (Figur 5).

I fluidbäddpannor av bubblande typ är luftflödet litet, vilket gör att bara en liten del av bäddmaterialet rycks med i rökgasflödet.

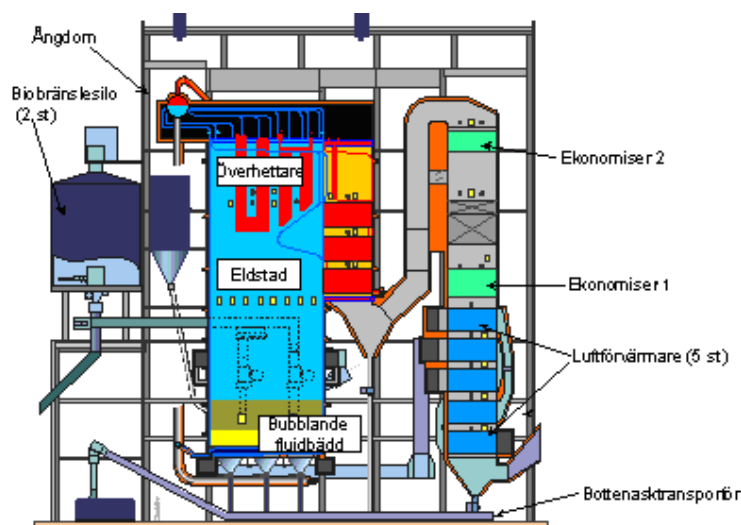
I cirkulerande fluidbäddpannor är lufthastigheten högre genom bädden och mycket bäddmaterial virvlar med i rökgaserna. Därför fångas partiklarna upp i en cyklon och återförs till bädden.

Sandbädden byts ut kontinuerligt genom att den matas ut från botten av pannan. Det är denna ”pannsand” som utgör bottenaskan från en fluidbäddpanna. Den består av sand med inslag av större askpartiklar som följer med vid utmatningen.

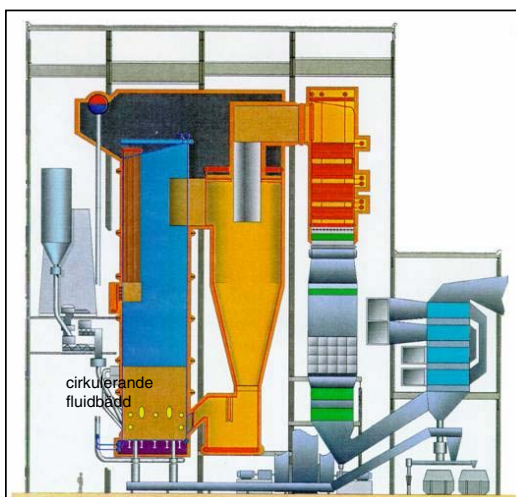
Till skillnad från en rosterpanna kräver en fluidbädd att bränslet är finkrossat. Å andra sidan blir bränslet jämnare och effektivare förbränt genom att fluidiseringen sprider ut bränslet och genom att sanden är en bättre värmebärare. Det gör också att förbrännings-temperaturen kan vara mycket lägre i en CFB än i en roster, 800 – 900 °C jämfört med ca 1000 °C. En variant av fluidbäddspanna är trycksatt fluidbäddspanna PFBC.



Figur 3: Princip för rosterpanna (Linköping P3).



Figur 4: Princip för panna med bubblande fluidiserad bädd, BFB (Eskilstuna).



” Pannsand är sand med inslag av större askpartiklar som följer med vid utmatningen.

Figur 5: Princip för fluidbäddpanna med cirkulerande bädd, CFB (Händelö P13 biobränsle).

”
Ökad sameldning av olika bränsletyper kan ge en större variation i askkvalitet.

Figur 6:
Kolrostbottenaska från Händelö (Foto VTI).

”
Alla bottenaskor ska lagras eller mogna en viss tid före användningen.

”
Om bottenaskan blandas med rökgasreningssrester kan blandningen få härdande egenskaper.

1.2.4 Bottenaska från pulverpanna

Pulverpannan är den internationellt dominerande pannan vid förbränning av kol, men används även för torv, träpellets eller briketter. Finmalt fast bränsle eldas i en flamma likartad som vid förbränning av olja. Förbrännings-temperaturen är ca 1100 °C och bottenaskan släcks i en vattenfylld utmatare under pannan. Torvpulveraska är nästan svart, ganska finkornig och dammar en del.

1.2.5 Bottenaska från sameldning

Ofta sameldas träbränsle med andra bränslen. Till exempel när returträflis sameldas med bark från vedhantering och avsvärtnings slam från returpappershantering eller när RT-flis förbränns med inblandning av gummi och skogsflis. Vid sådan sameldning får askorna ofta en sådan sammansättning att rekommenderade gränsvärden för askåterföring till skogen överskrids (Bjurström et al., 2003).

1.3 Materialegenskaper

Bottenaskans egenskaper påverkas av bränslet, panntypen, förbränningsprocessen och lagringen. Bränslet påverkar innehållet av miljöbelastande ämnen. Panntypen och förbränningsprocessen påverkar den kemiska sammansättningen, innehållet av organiska partiklar, kornstorleken och vatteninnehållet.

Observera att en större andel sameldning av olika typer av bränslen, till exempel gummi, RT-flis och plast, kan ge en större variation i askkvalitet (Hindersson, 1997).

Alla bottenaskor ska lagras eller mogna en viss tid före användningen. I samband med lagring av askorna pågår kemiska reaktioner – metaller oxideras och hydroxider karbonatiseras – vilka sänker pH i materialet och reducerar utlakningen av föroreningar. Lagringen påverkar även materialets styvhet och bärförmåga.

Förädling av askan genom inblandning av olika bindemedel, till exempel bitumen, är möjlig.

Det är viktigt att komma ihåg att bottenaska och rökgasreningssrester inte har samma egenskaper, till exempel har rökgasreningssresterna ofta härdande egenskaper på grund av sitt kalkinnehåll. Om bottenaskan blandas med rökgasreningssrester kan även blandningen få mer eller mindre härdande egenskaper.

Observera att det är slutprodukten som används och det är dess egenskaper som ska undersökas och beskrivas.

1.3.1 Fysikaliska materialegenskaper

Bottenaskor från förbränning av kol, torv och biobränsle har mycket varierande utseende beroende på ursprung. Kolrostbottenaska ser ut som svart grus medan pansanderna ser ut som sand med olika nyanser av grått. Pulverbottenaskor är allra finkornigast och mjölkliknande. De olika askorna har det gemensamt att de är porösare och lättare än grus. Detta gäller främst askorna från roster- och pulverpannor. Den porösa karaktären gör att askorna är mindre motståndskraftiga mot slag och nötning, vilket betyder att de krossas vid direkt trafikering med tunga fordon och vid oförsiktig packning.



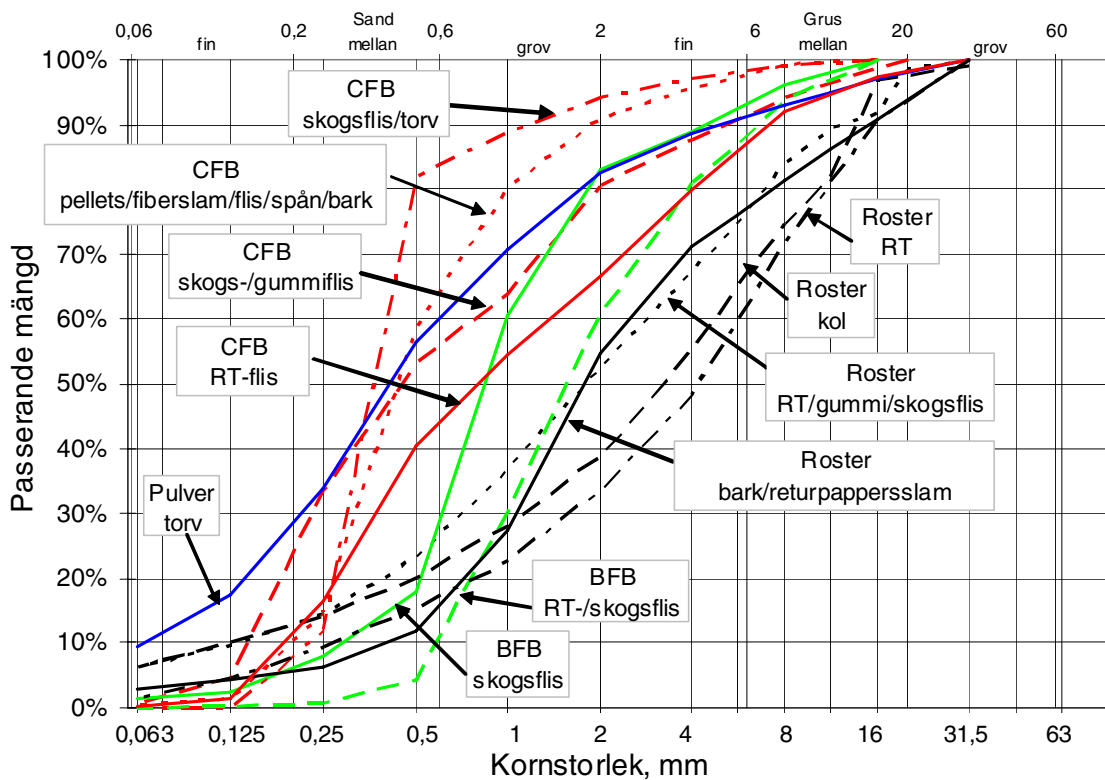
Kornstorleksfördelning

Kornstorleken varierar mellan 0 och 40 mm för samtliga bottenaskor. Finjordshalten, dvs. andelen partiklar som är mindre än 0,06 mm, varierar mellan 0 och 10 viktprocent (Figur 7). Endast vissa av rosterbottenaskorna kan betecknas som välgraderade. Övriga bottenaskor är mer eller mindre ensgraderade.

Kolrostbottenaska har en kornstorleksfördelning som motsvarar den för sandigt grus medan trärosteraskorna liknar mer grusig sand.

Pansanderna är som namnet antyder sandliknande med nästan alla partiklar mindre än 2 mm. Om returbiobränsle dominerar blir pansanden lite grovkornigare.

Bottenaskan från pulverpannor är den finkornigaste av de här nämnda bottenaskorna.



Figur 7: Exempel på kornstorleksfördelningskurvor för bottenaska från kol-, torv- och biobränsleledning. Prov från elva svenska anläggningar. (Vägverket, 2001; Pettersson et al., 2004; Bjurström et al., 2004; Arvidsson & Loores, 2005; von Bahr et al., 2006)

Kornstorleksfördelningen hos ett material har betydelse för flera viktiga egenskaper som i sin tur påverkar materialets användningsområde. Permeabiliteten och kapillariteten, men även möjligheten att kunna packas till ett stabilt lager och den lastbärande förmågan hos detta lager, är beroende av kornstorleken och dess fördelning.

Vissa askor är mycket känsliga för den mekaniska påverkan som en siktning analys innebär, vilket gör att siktningstiden påverkar den resulterande kornstorleksfördelningen – ju längre siktningstid desto finkornigare aska. För sådana askor är det lämpligt att välja kortare siktningstid, ett par minuter, eller manuell siktning i stället för maskinell.

Styvhet och bärförmåga

Bottenaskor från kol-, torv- och biobränsleledning har relativt liten styvhet och bärförmåga. Det beror på att partikelstorleken är liten och på att flera av askorna är ensgraderade. Dåligt utbrända askor får automatiskt dålig styvhet och bärförmåga.

Styvheten för ett lager med bottenaska bestämd med belastningsförsök (dynamiska treaxialförsök) i laboratorium varierar mellan 20 och 100 kPa beroende på lastförhållanden och asktyp. Kolrostbottenaska, väl utbränd träros- teraska, biorosteraska och torvpulveraska upp-

når värden mellan 50 och 100 kPa medan dåligt utbränd träros- teraska med stor andel ofullständigt brända partiklar uppnår 20 – 30 kPa (Vägverket, 2001; Bjurström et al., 2004; von Bahr et al., 2006; Arvidsson & Loores, 2005). För pannersand finns inga värden registrerade.

Innehåll av organiskt nedbrytbart material

Innehållet av organiskt nedbrytbart material påverkar askans vikt, styvhet och bärförmåga samt beständighet. Mycket organiskt (lätt nedbrytbart) material ger en lätt aska med liten styvhet, låg bärförmåga och dålig beständighet. När det organiska materialet bryts ned och förmultnar upp kommer sättningar.

Det finns flera olika sätt att bestämma innehållet av organiskt material. De olika metoderna mäter olika saker och ger därför olika resultat (Bjurström & Berg, 2003; Bjurström & Suèr, 2006). Innehållet av organiskt material har bestämts för några bottenaskor (Tabell 1).

”
Dåligt utbrända askor får automatiskt dålig styvhet och bärförmåga.

Tabell 1:
Innehåll av organiskt material bestämt med olika metoder.

Material	SS-EN 13137 TC (TIC+TOC)	Glödförlust (viktprocent)		
		550°	850°	975°
Biorosteraska ¹	1,5 (1,1+0,4)	2,0	6,0	6,0
Trärosteraska ²		9,0-59*		
RT/gummi-rosteraska ³	TOC= 20,2-21,4	18,5-22,6		0,9-1,5
Bark/DIP-slam rosteraska ³	0,4-1	3,3-3,4		0-2,3
Trädbränslepulveraska ³	86,1	91,1		0,9
Torvpulveraska ¹	6,2 (0,4+5,9)	8,4	10,0	10,1
Naturgrus ⁴		0,74		1,1 (950°)

¹von Bahr et al., 2006. ²Bjurström et al., 2004. ³Bjurström & Suèr, 2006. ⁴Arm, 2000.

TIC = totalt ickeorganiskt kol, TOC= totalt organiskt kol.

*26% ±13 för dagsprov, 28% ±11 för veckoprov.

Packningsegenskaper – Densitet – Vattenkvot

För att få en uppfattning om ett materials packningsegenskaper görs ofta packningsförsök i laboratoriet. Resultatet visar hur stor den maximala densiteten är och vid vilket vatteninnehåll den kan uppnås. Packningsresultatet är beroende av vilket packningsarbete som används och två varianter, lätt och tung laboratoriepackning, är vanliga. Vid packning i fält strävar man efter att komma så nära den maximala densiteten som möjligt, dvs. att uppnå så hög packningsgrad som möjligt.

Resultat från packningsförsök i laboratorium visar att vid **lätt** laboratoriepackning har bottenaskornas packningskurvor ett jämnt förlopp, dvs. materialen är inte särskilt känsliga för vattenkvotsvariationer under packningen.

På grund av den porösa karaktären är bottenaskor lättare än grus och krossat berg.

Den maximala torra skrymdensiteten vid **lätt** laboratoriepackning för panssander från sex olika anläggningar varierade mellan 1,4 och 1,8 t/m³. Motsvarande värde för torvpulveraska var 1,5 t/m³ medan kolrostbottenaska och biorosteraska var betydligt lättare (Tabell 2). Vattenmättnad nåddes vid ca 15 – 20 % vattenkvot för panssanderna och vid ca 24 % vattenkvot för kolrostbottenaska och torvpulveraska och vid 28 % för biorosteraska.

Vid **tung** laboratoriepackning krossas askorna sönder, vilket ger en tätare packning och därmed högre densitet, 1,1 – 1,2 t/m³ för kolrostbottenaskan medan trärosteraskan har 0,8 – 1,0 t/m³ vid 29 – 33 % vattenkvot (Bjurström et al., 2004). För panssanderna finns inga sådana undersökningar redovisade.

Beständighet

Den porösa karaktären hos bottenaskor gör att man kan förvänta sig sämre beständighet mot mekanisk påverkan och termisk påverkan än hos berg och grus.

När dålig beständighet resulterar i krossning, nötning eller frostsprängning till mindre partiklar eller orsakar nötning till annan partikel-form och nya partikelytor betyder det att de geotekniska och miljötekniska egenskaperna förändras. Krossningen eller nötningen ger oftast sämre geotekniska egenskaper såsom större tjälfarlighet med risk för framtida tjällyftningar. Mindre men fler partiklar betyder större total specifik yta och krossning och nötning betyder fler ”färska” ytor. Båda dessa fenomen inverkar på lakegenskaperna.

Jämförelse av kornstorleksfördelningen före och efter laboratoriepackning kan ge en bild av krossningsbenägenheten.

”
På grund av den porösa karaktären är bottenaskor lättare än grus och krossat berg.

Tabell 2:
Skrymdensitet för olika bottenaskor.

Material	Lös torr skrymdensitet (t/m ³)	Maximal torr skrymdensitet (t/m ³)	
		lätt laboratoriepackning	tung laboratoriepackning
Kolrosteraska	0,90 (ett prov) ¹	0,95 (ett prov) ¹	1,1-1,2 ²
Trärosteraska ²			0,8-1,0
Biorosteraska ³	0,69 (9% fukthalt)	1,1	
Panssand ⁴		1,4-1,8	
Torvpulveraska ³	0,94 (9% fukthalt)	1,5	
Sandigt grus (ett prov) ¹	2,00	2,10	2,21

¹Vägverket, 2001. ²Bjurström et al., 2004. ³von Bahr et al., 2006. ⁴Pettersson et al., 2004.)

Kolrostbottenaskas beständighet mot mekanisk och termisk påverkan har undersökts i ett forskningsprojekt (Vägverket, 2001). Vid **tung** laboratoriepackning höjdes kolrostbottenaskans kornstorleksfördelningskurva med cirka tio procentenheter som mest. Motsvarande krossning för en trärosteraska var en höjning av kornstorleksfördelningskurvan med 30 procentenheter vid 0,5 mm-sikten (Bjurström et al., 2004). Den stora krossningen (av främst partiklar >2 mm) berodde på ett högt innehåll av ofullständigt brända partiklar, jfr avsnittet om styvhet och bärförmåga.

Motsvarande nedkrossning vid **lätt** laboratoriepackning är för torvpulveraska en höjning av kurvan med sex procentenheter vid 0,5 mm och för biorosteraska 17 % höjning vid samma sikt. Torvpulveraska och biorosteraska har också ganska liten beständighet mot termisk påverkan (Tabell 3).

Vid provning med standardiserade laboratoriemetoder får kolrostbottenaska sämre beständighetsvärden än godkända naturmaterial. Det visar sig i form av större finmaterialbildning vid nötning och slag och större sönderfall vid upprepade temperaturväxlingar (Tabell 3). De standardiserade laboratoriemetoderna för provning av beständighet mot nötning och slag är dock ursprungligen utvecklade för att välja ut lämpligt stenmaterial till beläggningssmassor och slitlager och har vid olika forskningsprojekt bedömts som olämpliga för att värdera så kallade alternativa obundna material (TRL, 2000).

Omfattande byggtrafik på ett utlagt asklager kan ge nedkrossning och öka mängden finmaterial, vilket kan ge problem vid regnig väderlek. Askorna bör därför packas med lätta utrustningar och trafikering direkt på materialet bör undvikas. När vägen väl är färdigbyggd äger ingen ytterligare nedbrytning på grund av mekanisk påverkan rum, om vägen är rätt dimensionerad.

De nämnda beständighetsegenskaperna gör att bottenaskor inte är lämpliga som slitlager.

Observera att vissa askor är så känsliga för mekanisk påverkan att till och med en siktningsanalys på standardiserat sätt kan krossa sönder en del partiklar med resultatet att askan blir finkornigare på grund av provningen, jfr avsnittet om kornstorleksfördelning.

Permeabilitet

Permeabiliteten har betydelse för utlakningen, tjälreelser/tjälfarlighet, och vid täta material även för sättningarnas tidsförlopp. Ett materials permeabilitet är starkt beroende av dess kornstorleksfördelning, packningstäthet och vattenmättnadsgrad. En nedkrossning av materialet, t.ex. i samband med byggtrafik innebär att materialets permeabilitet minskar. Uppmätta permeabilitetsvärden gäller därför bara vid de aktuella kornstorlekarna och vid aktuell packningstäthet.

Uppmätta resultat för panssander är $0,3 - 10,5 \cdot 10^{-5}$ m/s och permeabiliteten ökar inte med ökande försökstid (Tabell 4). Motsvarande värden för kolrostbottenaska är $2 - 4 \cdot 10^{-5}$ (Vägverket, 2001), $9,3 \cdot 10^{-6}$ för biorosteraska och $0,057 \cdot 10^{-6}$ för torvpulveraska (von Bahr et al., 2006). Använd metod är rörpermeameter med ϕ 101 mm och h 124 mm och inpackning med lätt instampning.

Permeabilitetsvärdena stämmer väl överens med motsvarande värden för konventionella naturmaterial med likartad kornstorleksfördelning (Pettersson et al., 2004).

Vattenabsorption

De porösa bottenaskorna har stor förmåga att suga vatten och att göra så under lång tid (Tabell 5). Även om en stor vattenabsorption ger större risk för tjällyftning och vattenöverskott vid tjällossning, behöver det inte automatiskt medföra att alla bottenaskor är tjälfarliga. Eftersom det tar så lång tid att vattenmätta askorna fungerar inte det traditionella sättet att



Bottenaskor bör packas med lätta utrustningar och trafikering direkt på materialet bör undvikas.

Material	Mekanisk påverkan		Termisk påverkan
	Los Angeles-tal (%) fraktionen 10–14 mm	Micro-Deval-värde (%)	Sönderfall (%) vid frys-töförsök med vatten
Kolrosteraska (ett prov) ¹	51	43	1,4
Biorosteraska ²			10,1
Torvpulveraska ²			18,5
Sandigt grus (ett prov) ¹	23	6	0,1
Krossat berg ³	11–53		0–ca 1,2

¹Vägverket, 2001. ²von Bahr et al., 2006. ³Arm, 2000.

Torvpulveraska och biorosteraska är liksom panssander för finkorniga för att bestämning av Los Angeles-tal och micro-Devalvärde ska vara relevant. Inga resultat från frys-tö på panssander.

Tabell 3:
Resultat från beständighetsprovningar i laboratorium. Frys/tö= Metod prEN 13055-1.

Tabell 4:
Resultat från permeabilitetsbestämning på pannsander (data från Pettersson et al., 2004).

Bränsle	Panntyp	Maximal torrdensitet vid lätt laboratoriepackning (t/m ³)	Permeabilitet (m/s)
RT-flis	CFB	1,66	0,3 · 10 ⁻⁵
Skogsflis, torv	CFB	1,57	1 · 10 ⁻⁵
Skogs-/gummiflis	CFB	1,78	3 · 10 ⁻⁵
Skogsflis	BFB	1,52	4 · 10 ⁻⁵
Pellets, fiberslam, flis, spån, bark	CFB	1,44	8 · 10 ⁻⁵
RT-flis, skogsflis	BFB	1,57	10,5 · 10 ⁻⁵

Tabell 5:
Resultat från bestämning av vattenabsorption på bottenaskor.

Material	Vattenabsorption %
Kolrosteraska (ett prov) ¹	3–15* (1–180 dygn)
Biorosteraska ²	20–21* (300 dygn eller vakuum)
Torvpulveraska ²	18–21* (300 dygn eller vakuum)
Sandigt grus (ett prov) ¹	0,1–0,4*

¹Vägverket, 2001. ²von Bahr et al., 2006

*beroende på metod

mäta vattenabsorption på, nämligen genom absorption av vatten under ett dygn. Detta sätt ger för låga värden på absorptionsförmågan eftersom vattensugningen pågår även efter flera veckor. En ny metod som bygger på vakuumsugning håller på att tas fram. Med den kan vattenmättat tillstånd uppnås efter 1 dygn i stället för efter 90 dygn.

Kapillär höjd vid stigning och dränering

Den kapillära stighöjden är intressant att veta för ett material som ska användas som kapillärbrytande skikt eller dräneringslager. Den är beroende av kornstorleksfördelningen och packningstätheten. Exempel på värden är 30 – 35 cm för torvpulveraska och över 80 cm för biorosteraska (von Bahr et al., 2006).

Gasbildningspotential

I vissa bottenaskor kan bildas vätgas som vid hantering eller lagring av askan i dåligt ventilerade utrymmen utgör en explosionsrisk. Det är mycket små metalliska aluminiumpartiklar i askan som ger upphov till vätgasen vid kontakt med vatten.

Gasbildningsrisken är beroende av vilket bränsle som används och i vilken typ av panna bränslet eldas. Risken ökar med mängden aluminiummetall i bränslet och beror även av hur aluminiumet utsätts för syre i pannan. (Arm et al., 2006)

Med anledning av inträffade explosioner i samband med askhantering har flera studier av askors gasbildningspotential genomförts i Sverige. Studierna har visat att bottenaskor från anläggningar med fluidbädd och bottenaskor från biobränsleeldade pannor har mycket liten gasbildningspotential. Det har även visats att gasbildningen från en aska som lagrats vid god syretillgång kan förväntas vara mindre än den från samma aska i färskt tillstånd (Arm et al., 2006).

Gasbildningsstudierna har resulterat i generella rekommendationer för att minska gasbildning och förhindra explosion (Värmeforsk, 2007):

- 1 Eldas bränsle som innehåller metalliskt aluminium ska regelbundna analyser av vätgasbildningspotentialen göras.
- 2 Alla pannansvariga ska vara uppmärksamma på att bränslen kan hålla metalliskt aluminium och att detta kan ge upphov till vätgasbildning och explosionsrisk när askor blir våta. Personalen bör få utbildning om detta. För pannor med rena skogsbränslen och torv bör någon farlig gasbildningspotential inte finnas, men det är viktigt att vara uppmärksam på att det kan komma in felaktiga lass som kan innehålla aluminiummetall, till exempel i form av folie.
- 3 Alla pannägare bör någon gång analysera vätgaspotentialen i sina askor och sedan avgöra hur ofta detta ska upprepas.
- 4 Alla pannägare bör förbereda sig på att det med normala eller felaktiga bränslen kan bli oväntade problem bland annat när det blir stopp och när verksamheten ska sätta igång igen. Det bör finnas en plan för att ventilationen vid och efter stopp ska fungera tillfredsställande, till exempel före start av sugande fläkt. Det bör finnas förberett hur man inom rimlig tid kan få vätgashalten uppmätt i ett utrymme.

1.3.2 Kemiska materialegenskaper

Tidigare undersökningar av bottenaskor har visat att innehållet av miljöbelastande ämnen varierar med bränslesammansättningen, driftsförhållandena mm.

Kolrostbottenaska

Miljöegenskaperna hos kolrostbottenaska har undersökts vid flera tillfällen. Studier har gjorts i samband med tillståndsansökan för användning av aska från Norrköpings Energi AB för anläggningsändamål och inom ramen för olika forskningsprojekt (EFO Energiaskor, 1998).

Askan innehåller halter av miljöbelastande ämnen i samma storleksordning som naturmaterial gör. Den totala halten av krom, koppar, nickel respektive zink varierar mellan 10 och 400 mg/kg. (Vägverket, 2001)

Lakteter i laboratorium visar att halten potentiellt lakbara spårämnen kan vara någon tiopotens lägre än den totala halten. Den lakbara mängden är störst för zink.

Provtagning på lakvatten i en provväg byggd på 1980-talet visade inga större skillnader mellan kolrostbottenaska och referensmaterialet (som var grus) eller mellan lakvatten från 80-talet och lakvatten från 90-talet. Lakförsök på kolrostbottenaska som grävts upp från provvägen visade att huvudelement och salter lakade ut i större mängd från material mitt under vägen än från material under vägslänten, medan spårämnen lakade ut i större mängd från materialet under vägslänten. Det visades också att kalcium, magnesium och sulfat lakade ut i större mängd från kolrostbottenaskan än från referensmaterialet (Vägverket, 2001).

Vid lakteter som tar hänsyn till vattentillgång och därigenom beaktar tidsaspekten, till exempel skaktest, visade samma studie att sulfat och klorid lakade ut relativt snabbt. Utlakningen för tungmetaller gick långsamt med undantag för krom och bly (mycket lägre halter för L/S 2 än för tillgänglig mängd). Halterna i lakvatten från skakförsök kan variera flera tiopotenser (Vägverket, 2001).

Biobränsleaska

Bottenaska från förbränning av rena skogsbränslen innehåller framför allt kalcium, men även kalium, magnesium, kisel och aluminium och ett flertal andra ämnen (Larsson & Westling, 1999, citerad i Pettersson et al., 2004). Dessa askor har vanligtvis ett högt pH (i intervallet 11 – 13).

Bottenaska från förbränning av trä behandlat med impregneringsmedel har visat förhöjda halter av bland annat arsenik, krom, koppar och zink, medan aska från förbränning av energigrödan salix ofta visar förhöjda värden på kadmium (Pohland et al., 1993, citerad i Pettersson et al., 2004). Det senare avspeglar salix förmåga att ta upp kadmium.

Biobränslebaserade pannsander har litet innehåll av tungmetaller, med undantag av zink, vilket också avspeglas i tillgänglighetstester och lakteter. Potentiellt lakbar mängd av olika ämnen utgör ca 1 – 10 % av totalhalten. Utlakningen av zink är däremot liten. Sulfat är lösligt och lakar ut snabbt vilket ger förhöjda lakvärden. Biobränslebaserade pannsander klarar i regel EU:s krav på avfall som får läggas på inert deponi från och med år 2005.

Antimon som finns bland annat i flamskyddsmedel har uppmärksammats och studerats på senare år. I en studie med både biobränsle- och avfallsaskor var den genomsnittliga totalhalten av antimon för pannsand respektive rostbottenaskor 86,5 och 61,8 mg/kg, där avfall var det bränsle som gav högst totalhalter antimon i askorna (Bäckström, 2006). Antimonhalten är också det största hindret för att använda avfallsbaserade pannsander i rörgravar (Pettersson et al., 2004). Antimon har inte visats vara ett problem för askor från fluidbäddpannor som eldas med skogsflis, gummiflis, torv, biobränsle eller fiberslam. Däremot var lakningen något hög för en pannsand från sameldning av RT-flis och skogsflis (Pettersson et al., 2004).

Lakteter visar att alla pannsander tillför omgivningen organiska föreningar som dioxin, PAH, EOX, TOC och fenol i mycket liten utsträckning. Vid Mikrotex direktkontaktsmetoden är de generellt obefintligt till måttligt toxiska med undantag för ett par pannsander. (Pettersson et al., 2004)

Vid lagring av pannsander karbonatiseras materialet vilket leder till att pH-värdet sjunker. Det gör att utlakningen av tungmetaller som koppar, krom, barium, bly, zink med flera ämnen minskar. Däremot ökar utlakningen av antimon, sulfat och molybden (Pettersson et al., 2004).

Detaljerade data för totalhalter, potentiellt lakbara mängder och lakade mängder av olika ämnen vid olika L/S-tal finns för olika biobränsleaskor i databasen ALLASKA (Värmeforsk, 2010) och även i (Pettersson et al., 2004).



Vid lagring av pannsander karbonatiseras materialet och pH-värdet sjunker.

”
Härdande
bottenaskor är
olämpliga som
kringsfyllning i
ledningsgravar.

”
Varje miljö-
bedömning av
bottenaska bör
bygga på aktu-
ella materialdata
från den berörda
anläggningen.

1.4 Användningsområden

Bottenaskornas egenskaper gör att de kan ersätta grus och sand i olika anläggningsarbeten. I vägar, gator, industriytor och parkeringsytor kan kolrostbottenaska och panssand användas i de obundna lagren, till exempel som underbyggnad eller skyddslager. De kan också användas som fyllningsmaterial (Tabell 6).

Vid användning som dränerande skikt behöver finmaterialet siktas bort.

Observera att härdande bottenaskor är olämpliga som kringfyllning i ledningsgravar.

Eventuellt metallinnehåll, t.ex. spikar, ska siktas bort före all användning.

Kolrostbottenaska har använts som väg- och anläggningsmaterial i Norrköpings kommun, till exempel som fyllningsmaterial i vägar och i hamnområdet. I samband med utbyggnaden av E4:an förbi Norrköping 1994 – 1996 användes drygt 80 000 m³ kolrostbottenaska som lätt bankfyllning.

Andra rosteraskor har använts i mindre omfattning och ofta blandade med rökgasrester. (Bilaga)

Panssand har använts som kringfyllning i ledningsgravar i Norrköpings kommun.

Bottenaskorna i denna handbok är inte lämpliga till slitlager eller obundet bär- och förstärkningslager eftersom den direkta trafikbelastningen på sådana lager är för stor och för att materialets beständighet mot mekanisk påverkan är för dålig.

För att ha en lastbärande funktion krävs att ett materials största kornstorlek är åtminstone 40 – 50 mm och att materialet är beständigt och välgraderat. I ett slitlager utsätts dessutom materialet för direkt nederbörd med påföljande ökad utlakningsmöjlighet av miljöpåverkande ämnen.

Panssander uppfyller de tekniska krav som ställs på kringfyllnadsmaterial för fjärrvärmerörgravar (Pettersson et al., 2004), men är för ensgraderade för att uppfylla AMAs krav på själva ledningsbädden (Eriksson, 2001).

Ett högt pH (> 9) kan vara korrosivt för vissa typer av rörledningar. Det gäller främst sådana som är tillverkade av segjärn, cement och polyesterplast. Ledningar av PE, PP och PVC bedöms däremot väl kunna motstå den korrosiva miljö som bottenaskor från biobränsleledning orsakar (Ittner et al., 2002, citerad i Pettersson et al., 2004). Lagring och mognad av askorna innan användning sänker pH och minskar korrosionsbenägenheten.

I de fall utfyllnad av ledningsgravar görs i anslutning till gator och vägar måste de materialtekniska kraven i VVTK VÄG och AMA beaktas.

Användningen av biopanssander som rörgravsand har minskat beroende på en viss osäkerhet inför att använda avfall i gator och vägar som relativt ofta kan behöva renoveras, samtidigt som det finns avsättning för panssander vid sluttäckning av deponier.

1.5 Övergripande miljöbedömning

Enligt EUs avfallsdirektiv ska den bästa helhetslösningen för miljön väljas vid hantering av avfall och man bör ta hänsyn till hela livscykeln för de resurser som används (EG, 2008). I miljöbedömning av bottenaska bör därför hushållning med naturresurser beaktas eftersom användning av bottenaska i anläggningsbyggande innebär att naturliga ballastmaterial kan sparas och deponeringen av askor minskas. I vissa fall kan även kortare transporter och därigenom minskad energianvändning påvisas. Livscykelanalyser för askor finns beskrivna i Avfall Sverige (2008) och Olsson et al. (2008).

Tabell 6:
Användningsområden för
bottenaska i vägar, gator
och industriytor.

Konstruktionsdel	Funktion	Nyttiga egenskaper
Skyddslager i vägar	Tjälskydd	liten värmeledning, låg densitet, dränerande i vissa fraktioner
Underbyggnad, fyllning i vägar	Lätta fyllningsmassor	låg densitet
Ledningsgravar	Kringfyllning	låg densitet, ej skarpkantade partiklar

Varje miljöbedömning av bottenaska bör bygga på aktuella materialdata från den berörda anläggningen. Det är viktigt eftersom bränslet, förbränningsprocessen och lagringen har en stor inverkan på innehållet av miljöbelastande ämnen i den slutliga askan. De materialdata som vanligen efterfrågas inför en miljöbedömning av en vägkonstruktion med bottenaska är

- kemisk sammansättning (från analys av total halt metaller och andra ämnen)
- potentiellt lakbar mängd av olika ämnen
- elektrisk ledningsförmåga och redoxpotential
- resultat från tidsberoende och pH-beroende lakning.

I kursmaterialet "Miljöbedömning av askor" diskuteras bedömning och värdering av miljörisker utifrån olika nivåer av miljöbedömning – materialnivå, lokal miljöskyddsnivå, begränsad LCA-nivå och industriell systemnivå (Tiberg et al., 2008). System för miljöbedömningar beskrivs i Kärrman et al. (2006) och i Vägverket (2007). I Wik (2009) finns beskrivet hur en regional riskanalys av askanvändning kan göras.

2. Projekteringsförutsättningar

I detta kapitel beskrivs vilka materialparametrar som ska hanteras vid dimensionering av vägkonstruktioner och hur väl bottenaska uppfyller de krav som anges i VVTK VÄG och VVTK GEO¹ för olika funktioner och/eller tillämpningar.

2.1 Platsspecifik miljöbedömning

Naturvårdsverkets handbok ”Återvinning av avfall i anläggningsarbeten” ger vägledning om när användning av bottenaska och andra avfall ska anmälas eller tillståndsprövas (Naturvårdsverket, 2010). I följande fall kan askan användas utan anmälan till kommunen:

- Om de angivna nivåerna för halter och utlakning av oönskade ämnen inte överskrids.
- Om det inte finns andra föroreningar som påverkar risken.
- Om avfallet inte ska användas inom ett område där det krävs särskilda hänsyn.

När Naturvårdsverkets generella nivåer överskrids behöver en platsspecifik beräkning göras för det enskilda vägobjektet.

Vid återanvändning av bottenaska i anläggningsbyggande rekommenderas att anmälan alltid görs till den kommunala miljömyndigheten. Anmälan upprättas i enlighet med miljöbalken och Förordningen om miljöfarlig verksamhet (SFS 1998:899). Som en del av anmälan ingår att utföra en platsspecifik miljöbedömning.

Ett miljöbedömningssystem finns beskrivet i ”Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande” (Benz et al., 2009). Det kan användas för att avgöra om en tänkt askanvändning utgör ringa risk ur ett miljöskyddsperspektiv eller inte, dvs. kräver omfattande tillståndsprövning eller inte.

I allmänhet används totalhalten av metaller som jämförelsegrund vid bedömning av miljö- och hälsorisker, vilket kan resultera i onödigt konservativa bedömningar. Det pågår arbete med att utveckla metoder och ta fram data som kan ge en bättre precision i riskbedömningen (Carlsson et al., 2008; Avfall Sverige, 2009).

2.2 Materialkvaliteter

Materialsammansättningen, och därmed materialkvaliteten, kan skilja mellan olika förbränningsanläggningar eftersom den påverkas av bränslesammansättningen, förbränningsprocessen och materialförädlingen.

Bottenaska avsett som konstruktionsmaterial kan förekomma i olika kornstorleksfördelningar beroende på i vilka fraktioner den har siktats upp. Exempel finns i Figur 7.

Det är viktigt att panssand från avfallsbaserade bränslen särskiljs från panssand från kol-, torv- och biobränsleledning. Det är också viktigt att veta om bottenaskan har blandats med flygaska eftersom den därigenom kan ha fått härdande egenskaper.

2.3 Dimensioneringsförutsättningar

Dimensionering av vägar med bottenaska i något obundet lager kan göras utifrån funktionskrav (Avsnitt 2.4) eller materialkrav (Avsnitt 2.5). Vid dimensionering utifrån materialkrav ersätter bottenaskan ett naturmaterial i något av de namngivna materiallagren i VVTK VÄG:s angivna konstruktioner. Vid dimensionering utifrån funktionskrav projekteras en alternativ konstruktion där bottenaskan placeras så högt upp i konstruktionen som möjligt utan att materialets hållfasthet överskrids av trafikbelastningen. En placering högt upp i konstruktionen innebär här en mer kvalificerad användning.

¹Vägverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av vägkonstruktioner finns i VVTK VÄG och VVTK GEO. Tekniska råd ges ut separat i VVTR VÄG. Materialkrav (för obundna material) anges i VVTBT Obundna lager som gäller tillsammans med AMA Anläggning 09.

”
När Naturvårds-
verkets gene-
rell nivåer
överskrids
behöver en
platsspecifik
beräkning göras
för det enskilda
vägobjektet.

2.4 Dimensionering utifrån funktionskrav

Vid dimensionering av en konstruktion utifrån funktionskrav behöver följande parametrar vara kända för alla ingående material: bärförmåga och styvhet, stabilitet, beständighet samt tjällyftningsbenägenhet.

2.4.1 Bärförmåga och styvhet

Styvhet används idag som indata vid dimensionering av vägar enligt Vägverkets VVTK VÄG och styvhetsmoduler för olika material och olika delar av året anges i VVTK VÄG kapitel 4. De material som är mest jämförbara med bottenaska tillhör materialtyp 2. Till denna grupp räknas till exempel grus, sand och sandigt grus och angivna moduler för dessa material varierar mellan 70 och 1000 MPa beroende på fukttinnehåll och temperatur (Tabell 7).

Styvhetsmodulerna i VVTK VÄG bygger på långtidsstudier i fält och är framtagna så att de fungerar med de kravekvationer som beskrivs i samma kapitel. För material som inte nämns i VVTK VÄG, till exempel bottenaska, behöver därför motsvarande data tas fram. I de fall ingen undersökning har utförts avseende bottenaskans styvhetssegenskaper för olika delar av året kan inledningsvis Tabell 7 användas.

2.4.2 Stabilitet

Stabilitet är ett mått på förmågan att motstå permanenta deformationer. I geotekniska sammanhang används indelningen friktionsjord, kohesionsjord och mellanjord för att visa hur hållfastheten i ett material byggs upp. Sand och grus räknas till friktionsjordarna och vid beräkning av skjuvhållfasthet brukar värden på den inre friktionsvinkeln väljas mellan 28 och 37° beroende på lagringstäthet.

Vid skjuvförsök har den inre friktionsvinkeln för kolrostbottenaska med densitet 0,9 t/m³ och vattenkvot 17 % bestämts till 37° (Vägverket, 2001). Eriksson (2001) rapporterar friktionsvinkeln 38° för en biopanssand med densiteten 1,64 t/m³ och ej angiven vattenkvot.

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1 000	1 000	70	70–85	70–100	70–100

Material	Uppmätt lyftningshastighet (mm/h)	w (viktprocent)
Biorosteraska	0,05	40
Torvpulveraska	0,07	28

2.4.3 Beständighet

I VVTK VÄG anges ett generellt beständighetskrav uttryckt som att vägen och dess närmaste omgivning ska ha tillfredsställande beständighet, men någon verifieringsmetod anges inte. De laboratoriemetoder som brukar användas för bedömning av naturmaterials beständighet mot mekanisk påverkan är micro-Deval- och Los Angeles-test, vilka utvärderar enskilda partiklars beständighet mot nötning och slag.

Långtidsbeständighet för bottenaskor verifieras i dagsläget lämpligast genom fältförsök. Erfarenheter av bottenaskors beständighet beskrivs i Avsnitt 1.3.1.

2.4.4 Begränsning av tjällyftning

Belagda vägar skall konstrueras så att vägbanans tjällyftning inte överstiger vissa angivna värden i VVTK VÄG kapitel 3 och så att ojämna tjällyftningar inte uppstår. Tjällyftningen verifieras med beräkning enligt VVMB 301, där följande egenskaper behövs som indata: vattenhalt, torrdensitet, porositet, vattenmättnadsgrad och värmeledningsförmåga (både i ofruset och fruset tillstånd).

Torvpulveraska och biorosteraska har genomgått tjällyftningsförsök i laboratorium. Båda askorna visade tjällyftning i samma storleksordning som traditionella material som klassificeras som mycket tjälfarliga i Vägverkets klassificeringssystem (Tabell 8).

Värmeledningsförmågan eller värmekonduktiviteten varierar med vattenkvot och packningstäthet. Värmekonduktivitet ska därför bestämmas på torrt ofruset material vid relevant packningsgrad genom beräkning eller laboratoriebestämning.

För material till asfaltbelagda vägar måste värmekonduktiviteten uppnå ett visst värde enligt Vägverkets krav. Motivet är att material med liten värmekonduktivitet har isolerande egenskaper som kan vara till nackdel om materialet används nära vägytan i en asfaltbelagd väg. Kraven gäller för material som används

Tabell 7:
Styvhetsmoduler, M_s , (MPa) för undergrundsmaterial av materialtyp 2 vid underhåll och bärighetsförbättring samt överbyggnadsmaterial som inte kan klassas enligt VVTK VÄG:s avsnitt 4.5.4. (Efter VVTK VÄG)

Tabell 8:
Resultat från tjällyftningsförsök på bottenaskor (von Bahr et al., 2006)

Tabell 9:
Resultat från bestämning
av värmekonduktivitet på
bottenaskor.

Material	Värmekonduktivitet (W/(m°C))	w (viktprocent)	Skrymdensitet (t/m ³)
Kolrosteraska (ett prov) ²	0,20	0	
	0,34	24	
Biorosteraska ³	0,14	0	
	0,26	15	
	0,35	28	
Torvpulveraska ³	0,18	0	
	0,41	12	
	0,6	24	
Berg ¹	3,7	?	2,65
Morän, grus ¹	2,1	?	2,2
Sandigt grus (ett prov) ²	0,55	0	2,04
	1,81	6	2,22
Silt, lera ¹	1,4	?	1,95

¹ Arm, 2000. ²Vägverket, 2001. ³von Bahr et al., 2006

närmare vägytan än 0,5 m. Å andra sidan kan isolerande egenskaper vara till nytta i andra konstruktioner såsom obelagda vägar eller ledningsgravar mm.

Den porösa karaktären hos askor gör att materialet i torrt tillstånd kan förväntas ha mindre värmeledningsförmåga än sand, grus och krossat berg. Bestämningar av värmekonduktivitet för olika bottenaskor bekräftar detta (Tabell 9).

2.5 Dimensionering utifrån materialkrav

Vid dimensionering utifrån materialkrav ersätter bottenaskan ett naturmaterial i något av de angivna materiallagren i VVTK VÄG:s angivna konstruktioner. Vägverkets krav på levererat material till obundna överbyggnadslager och kontroll av material, nivå och bärighet för obundna lager i vägar anges i VVTBT Obundna lager. Dessa ska användas tillsammans med AMA Anläggning 09.

2.5.1 Krav på material till förstärkningslager

Vägverkets detaljkrav för material till förstärkningslager för belagda vägar enligt VVTBT Obundna lager kapitel 6 gäller följande egenskaper: beständighet mot nötning, finmaterialkvalitet (om finmaterialhalten är över 5 %), innehåll av organiskt material, kornstorleksfördelning, andel okrossade partiklar (gäller bara förstärkningslager av krossat berg) samt största partikelstorlek som är beroende av lagertjockleken.

Bottenaska kan inte uppfylla dessa krav. Beständighetskravet går inte att uppfylla med de små och porösa partiklar som bottenaskorna består av. Innehållet av organiskt material går bra att uppfylla med en god förbränning, vilket kräver kontroll över både temperatur och

bränslets uppehållstid i pannan. Kravet på kornstorleksfördelning kan inte uppfyllas eftersom bottenaskan innehåller för få grova partiklar. Kravet på andelen okrossade partiklar behöver inte uppfyllas när vägen dimensioneras för ett okrossat förstärkningslagermaterial.

Genom att bottenaska inte kan uppfylla ovanstående materialkrav bör istället möjligheten med dimensionering efter funktion användas (Avsnitt 2.4).

2.5.2 Krav på material till skyddslager

Vägverkets krav för material till skyddslager enligt VVTBT Obundna lager kapitel 5 gäller innehåll av organiskt material, finmaterialhalt samt största partikelstorlek som är beroende av lagertjockleken. Bottenaska kan vanligtvis uppfylla dessa krav.

2.5.3 Krav på material till underbyggnad

Vägverkets krav för material till underbyggnad enligt VVTK GEO och AMA Anläggning 09 gäller innehåll av organiskt material. Bottenaska kan vanligtvis uppfylla detta krav.

2.5.4 Krav på material till fyllning

Vägverkets krav för material till fyllning enligt VVTK GEO och AMA Anläggning 09 gäller innehåll av organiskt material. Bottenaska kan vanligtvis uppfylla detta krav.

2.6 Konstruktiv utformning

- Bottenaska ska placeras över grundvattentytan med god marginal.
- Konstruktioner med bottenaska ska vara väl avvattnade.
- Konstruktioner med bottenaska ska alltid utföras med någon typ av hårdgjord yta eller beläggning.

3. Redovisning i bygghandling

I bygghandlingen redovisas använt material samt utformning.

Material

- materialfraktion
- ursprung (t.ex. producerande anläggning bränsle, produktionsperiod och lagringstid)
- provningsresultat.

Utformning

- projektering
- dimensionering
- miljöbedömning
- eventuella kontrollåtgärder.

Det är viktigt att dokumentera på ritningar var, i vilken mängd och på vilket djup bottenaskan placerats.

4. Utförande

Vid transport och även annan hantering av bottenaska bör damningsrisken beaktas och begränsas.

Kolrostbottenaska bör relativt omgående efter utläggning täckas med ett bärlagermaterial för att minska damning samt skydda materialet från att köras sönder. För övrigt kan utläggning och packning utföras på vanligt sett enligt VVTK och AMA Anläggning 09, med samma lagertjocklekar som rekommenderas för materialtyp 3 och 5 (Figur 8).

Panssand är relativt okänslig för vattenkvotsvariationer i samband med packning och har förhållandevis hög permeabilitet vilket visar att nederbörd under anläggningsskedet inte bör medföra några nämnvärda problem. Det finns heller ingen risk för stabilitets- och bärrighetsproblem på grund av förhöjda porttryck vid packning (Pettersson et al., 2004).

För att undvika krossning av askan och resulterande ökad finkornighet, vilket kan leda till högre halter av miljöpåverkande ämnen i lakvattnet, bör materialet packas med lätta utrustningar och trafikering direkt på materialet bör undvikas.

Vid anläggningsarbeten under vinterhalvåret behöver inga särskilda åtgärder vidtas, men i vissa fall har panssand en tendens att frysa samman, dvs. bilda kockor som försvårar utfyllnad runt till exempel en värmekulvert (Pettersson et al., 2004).

Vid utförandet är det viktigt att de provtagningsrör och andra anordningar som installeras för funktionskontroll och uppföljning inte skadas.



Figur 8:
Utläggning av kolrostbottenaska som bankfyllning (Norrköping).

5. Drift och underhåll

Vägar och ytor med bottenaska i de obundna lagren kan underhållas på vanligt sett. God avvattningsfunktion är viktigt. Observera att det är viktigt att det är sprickor i beläggningen samt via innerläntan som vatten tar sig in i väggkroppen. Det är därför viktigt att underhålla beläggningen och vidmakthålla dikenens funktion.

Vid drift- och underhållsarbeten kring vägen är det viktigt att eventuella grundvattenrör som installerats före anläggandet inte skadas. För att underlätta återfinnandet och för att undvika ofrivillig skadegörelse rekommenderas att läget för rören märks ut i fält och på kommunens aktuella stadsplanekarta.

6. Återbruk, deponering eller överlåtelse

Enligt de generella kraven på material enligt VVTK VÄG Kapitel 4, får material användas om de inte ger problem vid återanvändning, deponering eller destruktion.

Återbruk

Vid uppgrävning av gamla ytor och vägar med bottenaska kan det vara svårare att schakta än i färsk aska beroende på karbonatisering av askan, vilket resulterat i ett hårdare materiallager. Å andra sidan är det lätt att maskinellt separera asklagret från övriga lager.

Damningsrisken behöver beaktas vid uppgrävning av gammal bottenaska, som ju är torrare än färsk aska.

Kolrostbottenaska krossas lätt vid packning och uppgrävning och ger ett finkornigare material än det ursprungliga (Figur 9).

Deponering

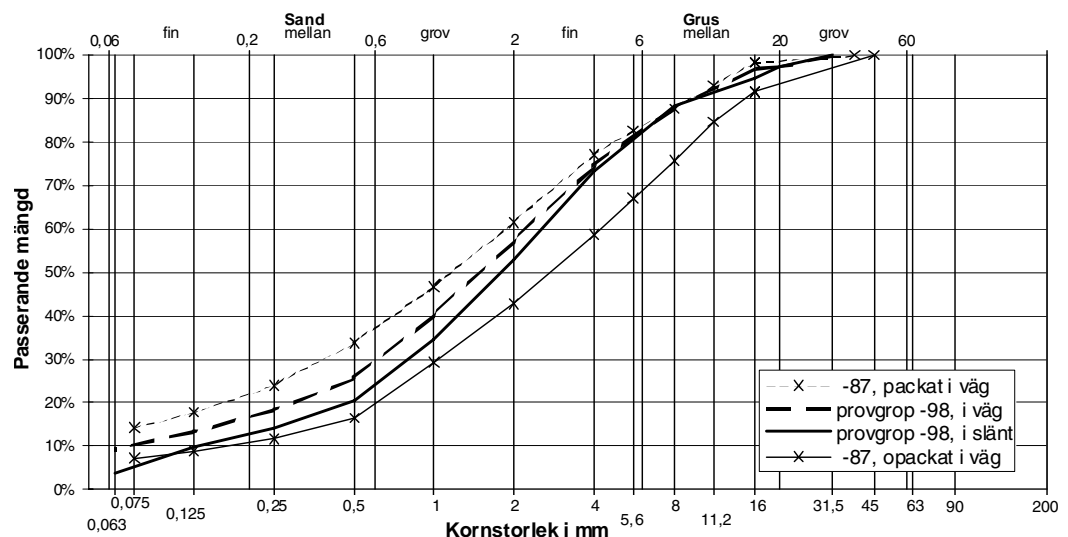
Använda bottenaskor bör normalt kunna återanvändas på annan plats. Vid deponering är aktuell deponiklass vanligtvis icke-farligt avfall.

Överlåtelse

Vid överlåtelse av en anläggning där bottenaska ingår ska dokumentation med ritningar över utformningen samt materialdata såsom material, fraktion, ursprung och provningsresultat medfölja.

Det är viktigt att eventuella skyddsåtgärder samt kontrollprogram också ingår i dokumentationen.

Det rekommenderas att läget för objektet är markerat på kommunens stadsplanekarta och även infört i fastighetsregistret.



Figur 9: Kornstorleksfördelning för kolrostbottenaska. Provsrücke 1 i Linköping 1987 och 1998. (Vägverket, 2001).

7. Kvalitetskrav och kontroll

Kvalitetskontrollen omfattar material, utformning, utförande och funktion. Den utförda konstruktionen dokumenteras i relationshandlingarna på vanligt sätt. I det branschgemensamma projektet "Vägledning Alternativa material i väg-, järnvägs- och anläggningsbyggnad" finns generella kvalitetskrav på olika parametrar samt krav på kvalitets- och funktionskontroll (Vägverket, 2007). Utöver gängse kontroller ska nedanstående göras.

Material

Materialkontrollen som avser både tekniska och miljömässiga egenskaper svarar materialleverantören för och dokumenterar i sin varudeklaration.

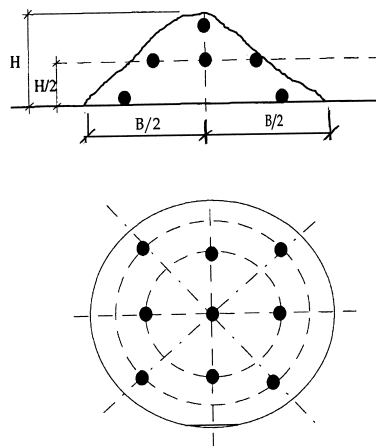
Provtagning

Det är viktigt att den provtagning som föregår olika typer av tester ger representativa prov annars är analyskostnaden bortkastad. Störst chans till representativt prov är från ett transportband, antingen stoppat eller från s.k. fallande ström. Det är mycket svårare att ta representativa prov från ett upplag eftersom materialet brukar separeras under uppläggningsen. De fina partiklarna sjunker in i högen och de grova partiklarna ligger kvar i ytan eller rullar ner och samlas runt upplagets bas. Vidare ökar fukthalten längre in i högen.

Om det är lagrat material som ska användas är det också lagrat material som ska provtas. Det innebär att provtagningen måste göras i upplag i de flesta fall.

Vid provtagning ur upplag är det viktigt att flera delprov tas och slås samman till ett samlingsprov. Delproven ska tas jämnt fördelat både över ytan och på djupet i hela upplaget (Figur 10).

Eftersom askan sköljs ur av regnvatten och reagerar med syre ska alla prov tas minst 30 cm från ytan. En hjullastare eller grävmaskin kan behöva användas för att komma in i upplaget. Själva provtagningsskopans bredd ska vara minst 25 mm samt tre gånger större än den största partikelstorleken (NT ENVIR 004).



Figur 10:
Exempel på nio delprov tagna på tre nivåer i ett upplag; fyra vid basen, fyra på halva höjden och ett i toppen.
(efter NT ENVIR 004).

Samlingsprovets storlek beror på hur mycket material som behövs för analyserna. Det laboratorium som ska utföra analyserna kan ge information om lämplig provmängd.

Om materialet ska sorteras ytterligare kan man utnyttja möjligheten att ta prov från transportbandet i samband med siktningen. Närmare vägledning om representativ provtagning ges t.ex. i (RVF, 2002).

Observera att provkärlen ska vara av polyetenplast. De ska vara hela, rena och kunna märkas så att provet är lätt att identifiera. Analyser av materialet ska utföras av ackrediterat laboratorium.

Lagring

Det ska tydligt framgå under vilken tidsperiod askan lagrats. Anledningen är att askans egenskaper förändras med tiden. En färsk aska har sämre egenskaper än en lagrad.

Utformning

Utformningen som omfattar projektering och dimensionering samt miljöbedömning svarar projektören för och dokumenterar i bygghandlingen. Eventuella vattenprovtagningsrör ska installeras och den första provtagningen ska göras **innan** anläggningsarbetena påbörjas.

Utförande

Utförandekontroll görs av entreprenören och dokumenteras i dennes kvalitetsplan. Det

krävs inga extra utförandekontroller utöver vad som föreskrivs för andra konstruktionsmaterial.

Funktion

Funktionskontrollen utförs av beställaren/entreprenören. Förslag på hur uppföljningen kan gå till finns i "Kvalitetssäkring av slagg-rus från förbränning av avfall" (RVF, 2002).

Ett exempel på kvalitetssäkringssystem för hela kedjan från provtagning av ett material via laboratorieanalyser, tillståndsförfarande och utläggning till uppföljning av färdig anläggning finns i (RVF, 2002). Det systemet har följts upp av Flyhammar (2006) som också har gett rekommendationer till förbättringar.

8. Referenser och fördjupningslitteratur

- Arm M. (2000).** *Egenskaper hos alternativa ballastmaterial*. TRITA-AMI LIC 2063. Licentiatavhandling. Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm.
- Arm M. (2006).** *Handbok – Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten*. SGI Info 18:5, Statens geotekniska institut, Linköping. <http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/Info/pdf/SGI-I18-5.pdf>
- Arm M., Lindeberg J., Rodin Å., Öhrström A., Backman R., Öhman M. och Boström D. (2006).** *Gasbildning i aska*. Värmeforsk Rapport 957. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Arvidsson H. och Loorents K-J. (2005).** *Askors materialtekniska funktion – VTIs materialdatabas*. Värmeforsk Rapport 930. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Avfall Sverige. (2008).** *Miljökonsekvensanalys av Naturvårdsverkets förslag till kriterier för återvinning av avfall i anläggningsarbeten* Rapport F2008:04 Bilaga 3. Avfall Sverige utveckling. <http://www.avfallsverige.se/rapporterprojekt/rapporter/rapporter-2008/foerbraennings-satsningen/>
- Avfall Sverige. (2009).** *Uppföljning till projektet "Metodik för klassificering av H14-kriteriet i Avfallsförordningen"*. Rapport U2009:23. Avfall Sverige utveckling. <http://www.avfallsverige.se/rapporterprojekt/rapporter/>
- von Bahr B., Arvidsson H., Ekvall A. och Loorents K-J. (2006).** *Kvalitetskriterier för bottenaskor till väg- och anläggningsbyggnad – etapp 2; Bottenaskors tekniska egenskaper*. Värmeforsk Rapport 952. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Bendz D., Wik O., Jones C., Pettersson M. och Elert M. (2009).** *Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande – inklusive haltkriterier för Sb och As*. Värmeforsk Rapport 1110. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Bjurström H. och Berg M. (2003).** *Oförbränt material i aska – Andel organiskt kol, mätmetoder och mängder*. Rapport 5334. Naturvårdsverket. <http://www.naturvardsverket.se>
- Bjurström H., Ilskog E. och Berg M. (2003).** *Askor från biobränslen och blandbränslen – mängder och kvalitet*. Rapport ER 10:2003. Statens energimyndighet, Eskilstuna. <http://213.115.22.116/SystemTemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&cat=%2fRapporter&id=3241a855094447499cbf0814fb583870>
- Bjurström H., Berg M., Arm M., Suèr P. och Håkansson K. (2004).** *En förenklad testmetod för kvalitetssäkring – Etapp I*. Värmeforsk Rapport 856. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Bjurström H. och Wikman K. (2005).** *Askanvändning vid samförbränning av RT-flis med olika biobränslen; Försöksprogram i en 24 MWth bubblande bädd*. Värmeforsk Rapport 941. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Bjurström H. och Suèr P. (2006).** *Vad är oförbränt? Värmeforsk Rapport 951*. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Bäckström M. (2006).** *Lakning av antimon från energiaskor; Totalhalter, lakbarhet samt förslag till åtgärder*. Värmeforsk Rapport 950. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Carlsson C., Bendz D. och Jones C. (2008).** *Oral biotillgänglighet av arsenik, antimon och ett urval av metaller i askor*. Värmeforsk Rapport 1056. <http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- EFO Energiaskor. (1998).** *Energiaskor för väg- och anläggningsändamål – Miljöaspekter*. Stockholm Energi AB.
- EG. (2008).** *Direktiv 2008/98/EG om avfall*, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:SV:PDF>
- Ek M. och Sundqvist J-O. (1998).** *Skogsindustriellt avfall, idéer angående utnyttjande och omhändertagande*. IVL-rapport B 1293. Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, Stockholm.

- Eriksson M. (2001).** *Alternativa fyllningsmaterial till ledningsgravar för VA – en jämförelse mellan nya och traditionella material.* Examensarbete 2001:26. Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm.
[http://www.lwr.kth.se/publikationer/PDF Files/AMOV_EX_2001_26.pdf](http://www.lwr.kth.se/publikationer/PDF%20Files/AMOV_EX_2001_26.pdf)
- Flyhammar P. (2006).** *Kvalitetssäkring av slaggrus – Miljömässiga egenskaper.* Värmeforsk Rapport 973.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Hinderson A. (1997).** *Statusrapport över hantering och nyttiggörande av kol- och blandaskor.* Värmeforsk Rapport 620.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Ittner T., Mácsik J. och Wik O. (2002).** *Sammanställning av bottenaskors potentiella påverkan på markförlagda vatten- och elledningar.* Scandiakonsult Sverige AB, Region Mitt, Mark- och Miljöteknik, Gävle.
- Kärrman E., Olsson S., Magnusson Y. och Petersson A. (2006).** *Miljösystemanalys för nyttiggörande av askor i anläggningsbyggande.* Värmeforsk Rapport 953.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Larsson P-E. och Westling O. (1999).** *Lakning av vedaska – En laboratoriestudie.* IVL-rapport B1325, Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, Stockholm.
- Naturvårdsverket (2010).** *Återvinning av avfall i anläggningsarbeten.* Handbok 2010:1. www.naturvardsverket.se
- Olsson S., Kärrman E., Rönnblom T. och Erlandsson Å. (2008).** *Skogsbränsleaska som näringsresurs eller konstruktionsmaterial. Miljöeffekter av olika hanteringsalternativ.* Värmeforsk Rapport 1068.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Petersson R., Suèr P. och Rogbeck J. (2004).** *Pannsand som kringfyllnadsmaterial för fjärrvärmerörgravar. Kemisk och geoteknisk karakterisering av fluidbädd-sand.* Värmeforsk Rapport 852.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Pohland K., Srecker M. och Marutzky R. (1993).** *Ash from the combustion of wood treated with inorganic wood preservatives: element composition and leaching.* *Chemosphere*, Vol 26, No 12.
- RVF (2002).** *Kvalitetssäkring av slaggrus från förbränning av avfall.* RVF Rapport 02:10. RVF Service AB (numera Avfall Sverige AB), Malmö.
- Steenari B-M. och Norén K. (2008).** *Zinks förekomstformer i aska studerade med en röntgenabsorptionspektrometrisk metod.* Värmeforsk Rapport 1063.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- Tiberg C., Olsson S., Thelin G., Egnell G. och Hånell B. (2008).** *Miljöbedömning av askor – Kursutveckling av SGI och SLU i samarbete.* Värmeforsk Rapport 1061.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>
- TRL (2000).** *ALT-MAT Draft final report for publication.* Report No WP6.TRL.001, www.trl.co.uk/altmat/index.htm. Transport Research Laboratory (TRL), Crowthorne.
- Vägverket (2001).** *Provningsmetoder för alternativa material till vägunderbyggnad. Undersökning av rosttaddad kolbottenaska, slaggrus och krossad betong.* Vägverket publ 2001:34.
[http://publikationswebbutik.vv.se/upload/29652001_34_Provningsmetoder_för alternativa material till vägunderbyggnad.pdf](http://publikationswebbutik.vv.se/upload/29652001_34_Provningsmetoder_f%C3%B6r_alternativa_material_till_v%C3%A4gunderbyggnad.pdf)
- Vägverket (2007).** *Alternativa material i väg- och järnvägsbyggnad.* Vägverket publ 2007:110.
[http://publikationswebbutik.vv.se/upload/35452007_110_alternativa material i väg och järnvägsbyggnad.pdf](http://publikationswebbutik.vv.se/upload/35452007_110_alternativa_material_i_v%C3%A4g_och_j%C3%A4rnva%20byggnad.pdf)
- Värmeforsk (2007).** *Askprogrammet.*
http://www.askprogrammet.com/progbeskrivn/Va_rmeforsk_Info-0704133.pdf
- Värmeforsk (2010).** *ALLASKA – Databas inom VÄRMEFORSKs delprogram Miljöriktig användning av askor.*
<http://www.askprogrammet.com/allaska3/allaska.aspx?lang=SE&hit=1272>
- Wik O. (2009).** *Regional riskanalys av askanvändning.* Värmeforsk Rapport 1113.
<http://www.varmeforsk.se/rapporter>

Standarder och metodbeskrivningar

- NT envir 004. (1996).** *Solid waste, particulate materials: Sampling,* Nordtest, Espoo, Finland. <http://www.nordicinnovation.net/article.cfm?id=1-834-440>
- SS 02 81 13. Glödgning vid 550 °C, SIS**
- SFS 1998:899. Förordning om miljöfarlig verksamhet.**
- VVMB 112. (1998).** *Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat,* publ 1998:80, Vägverket.
- VVMB 301. (2001).** *Beräkning av tjällyftning,* publ 2001:101, Vägverket.
- VVTBT Obundna lager. (2009).** *Vägverkets tekniska beskrivningstext för krav på levererat material till obundna överbyggnads-lager och kontroll av material, nivå och bärighet för obundna lager i vägar,* publ 2009:117, Vägverket.

VV AMA anläggning 09 Revidering 1.

(2009). *Vägverkets ändringar och tillägg till AMA Anläggning 09*, publ 2009:147, Vägverket.

VVTK GEO. (2008). *Vägverkets tekniska krav och råd vid dimensionering och utformning av geokonstruktioner för vägar*, publ 2008:80, Vägverket.

VVTK VÄG. (2008). *Vägverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av vägöverbyggnad och avvattning*, publ 2008:78, Vägverket.

VVTR VÄG. (2008). *Vägverkets tekniska råd vid dimensionering och utformning av vägöverbyggnad*, publ 2008:116, Vägverket.

Länk till Trafikverkets bibliotek:

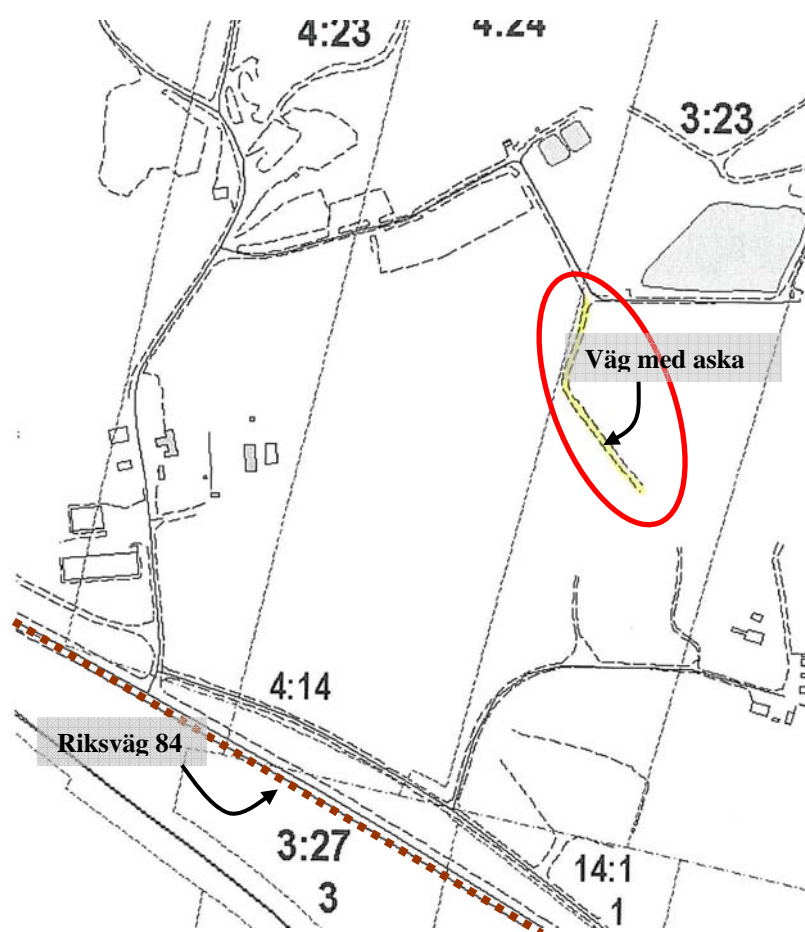
http://trafikverket.axiell.com/opac/default.aspx?instance_id=3

Dokumentation av väg med bioaska, Hudiksvall

1 BESKRIVNING AV PROJEKTET

1.1 Plats, tillämpning, trafikbelastning

En väg av aska från förbränning av biobränsle byggdes vintern 1999-2000 på Ulvbergets avfallsanläggning väster om Hudiksvall. Vägen används för transporter till och från "Kretsloppslagret" – en anläggning för återvinning av framför allt asfalt, betong och tegel. Den har belastats med tung trafik, lastbilar på upp till 60 ton, sedan den byggdes. Ungefär 6000 ton asfalt mm körs tur och retur på vägen varje år, mestadels under vår/sommar/höst. Den vägsträcka där aska använts är ungefär 100 m lång och sträckningen framgår av figur 1.



Figur 1. Karta där det aktuella vägnittet på Ulvbergets avfallsstation ringats in.

Vid fältbesök i oktober 2009 var vägen nästan tio år gammal men i mycket fint skick, se foton i figur 2. Endast där vägen ansluter till en asfalterad plan vid återvinningscentralen hade några mindre sprickor uppstått. Här är också asklagret som tjockast, ca 4 m. Under planen finns en gammal deponi. Sprickorna går parallellt med materialgränsen och beror sannolikt på skarp övergång mellan de olika materialen som har olika styvhet (en mjuk, kilformad, övergång skulle troligen ha minskat sprickbildningen).



Figur 2. Tio år gammal väg på Ulvbergets avfallsanläggning utanför Hudiksvall, byggd med bioaska.

1.2 Tillstånd

Användningen har anmälts till och godkänts av Miljö- och hälsoskyddskontoret, Hudiksvalls kommun, med föreläggande om att ”uppläggningsen skall ske så att yt- och grundvatten inte direktpåverkas”, att högst 4250 ton aska får användas och att användningen protokollförs och markeras på karta med angivande av mängder (Miljö- och hälsoskyddskontoret, 1999).

1.3 Askans

Askans kommer från Fortums kraftvärmeverk för fjärrvärme och el i Hudiksvall, KVV Djuped. Vid vägbygget användes en blandning av fuktig botten- och flygaska med relativt hög halt av oförbränt material. Bottenaska dominerade blandningen men det finns inga närmare uppgifter om blandningsförhållanden. Under den period då vägen byggdes, 1999/2000, eldades värmeverkets rosterpanna med varierande blandningar av torv, bark och bränslekross (returträ) med en fördelning på ca 45 % vardera av torv och bark och ca 10 % bränslekross (SGI, 2000).

2010 eldas endast träbränsle (GROT, sågspån och städbark). Kraftvärmeverket eldas normalt under 10 av årets 12 månader med uppehåll från mitten av juni till mitten av augusti. Askans släcks med vatten då den matas ut från värmeverket. Normal fukthalt för bottenaskan är ca 30 % och för flygaskan 50 % (Larsson, 2010).

1.4 Askans användning i vägen

Askans ligger i väggroppen. Den utgör i princip hela väggroppen.

1.5 Konstruktion

Askans tippades på plats, direkt på undergrunden av morän. Den planerades ut och packades med hjullastare. Asklagret har en tjocklek på ca 1-4 m och är tjockast vid anslutningen till Kretsloppslagret. På askans lades ca 1 dm betongkross och vägen asfalterades sedan med delvis återvunnen asfalt. Vägen är ungefär 100 m lång och 5 meter bred.

1.6 Mängd aska

Totalt har runt 2000 ton aska (ca 100 ton per vecka under ca 5 månader) levererats till vägen från KVV Djuped (Norlin, 2010).

2 AKTÖRER

2.1 Vägbyggare

Vägbygget drevs av tekniska förvaltningen vid Hudiksvalls kommun i samarbete med Renova (då Råsjö torv AB). Vägen byggdes av tekniska förvaltningen, Nils-Ola Norlin, med flera.

2.2 Askleverantör

Fortum, KVV Djuped, Hudiksvall.

3 MATERIALEGENSKAPER/UNDERSÖKNINGAR

3.1 Geotekniska egenskaper

Analyser av kornstorleksfördelning och organisk halt gjordes på samlingsprover från upplag av aska från Djuped kraftvärmeverk från eldningssäsongen 1999/2000 (SGI, 2000);

Kornstorleksfördelning¹: Kornstorleksfördelningen efter att grov stenfraktion har sorterats bort ur bottenaskan motsvarar sandigt grus med finjordsandel nära noll.

Organisk halt²: 7 % i bottenaska och 9 % i flygaska.

Geoteknisk laboratorieprovning av andra bottenaskor från förbränning av trädbränslen i rosterpannor har redovisats i (Arvidsson och Lorentz, 2005). Kornstorleksfördelning, skrymdensitet, mekaniska egenskaper (treaxialtest), nötningsmotstånd, frostbeständighet mm redovisas. Data finns för två olika askor, en väl förbränd från Linköping och en mindre väl förbränd från Händelöverket i Norrköping. Den aska som använts vid Ulvbergets avfallsanläggning ligger förmodligen närmast askan från Händelöverket. Generellt dras i rapporten slutsatsen att rostbottenaskor från förbränning av träbränsle avseende geotekniska egenskaper kan användas som vägbyggnadsmaterial och att den väl förbrända askan har bättre materialtekniska egenskaper än den mindre väl förbrända, men Arvidsson och Lorentz pekar också på att dataunderlaget och de praktiska erfarenheterna av denna typ av askor som vägbyggnadsmaterial är begränsade, se även Askprogrammets databas Allaska (Allaska, 2009).

3.2 Miljöegenskaper

Analyser av askans kemiska innehåll och lakegenskaper gjordes på samlingsprover från upplag av aska från KVV Djuped från eldningssäsongen 1999/2000 (SGI, 2000);

Elementarhaltsanalys³: Huvudbeståndsdelar i både botten- och flygaska är kisel, kalcium och järn. Askorna innehåller även fosfor och andra metaller än järn. En del metaller förekommer i förhöjda halter jämfört med bakgrundshalter. Det gäller framför allt arsenik, zink och bly i flygaskan samt zink, nickel och koppar i bottenaskan (SGI, 2000).

PAH (polyaromatiska kolväten)⁴: Endast bottenaska har analyserats. Halterna är låga.

PBC (polyklorerade bifenyler)⁵: Endast bottenaska har analyserats. Endast en PCB-typ detekterades, i låg halt.

¹ Enligt SS 027123

² Enligt SS 028113

³ Torkning enl SS 028113, upplösning enl ASTM D3683 (As, Cd, Cu, Co, Ni, Pb, Hg, S) alt ASTM D3682 (litiumboratsmälta, övriga ämnen). Analys enligt EPA-Metoder 200.7 och 200.8 med ICP-AES.

⁴ HCLP (vätskekromatografi) med UV- och flourescensdetektion.

⁵ GC-ECD (gaskromatograf med electron capture detector).

Tvåstegs skakförsök⁶: I detta lakförsök blandas aska med vatten i liquid/solidkvot (L/S) 2 och 10. Efter skakning och filtrering mäts halterna av olika element i lakvattnet. I dessa försök var endast en liten del av metallinnehållet i askan utlakbart. Arsenikhalten i bottenaskan och kromhalten i flygaskan var betydligt förhöjd i jämförelse med bakgrundsvärden (SGI, 2000). Båda dessa metaller härrör sannolikt från förbränning av returträ.

Tillgänglighetstest⁷, oxiderat tillgänglighetstest⁸: Dessa lakförsök ska visa på hur mycket som totalt är tillgängligt för utlakning ur materialet (på lång sikt). De genomförs med betydligt mindre kornstorlek och lägre pH än skakförsöken. I det oxiderade tillgänglighetstestet styrs dessutom redoxförhållandena till att vara oxiderande. De utlakade halterna, ”potentiellt utlakbara halter” är här betydligt högre än i skaktesterna. Skillnaderna mellan utlakade halter vid tillgänglighetstesterna och de oxiderade tillgänglighetstesterna var däremot inte så stora vilket tyder på att askorna redan är oxiderade i stor utsträckning och inte påverkas så mycket av att utsättas för syre.

Cesium-137: Strålningen uppmättes till ca 340 Bq i bottenaskan och 1500-2000 Bq i flygaskan. Den använda askblandningen innehåller mest bottenaska. I rapporten ”Cesium-137 i aska från förbränning av biobränslen – Tillämpning av Strålsäkerhetsmyndighetens regler” (Sjöblom, 2009) görs bedömningen att aktivitetsmätningar inte behöver utföras av skydds skäl om aktivitetsinnehållet understiger 2000 Bq/kg.

⁶ Tvåstegs lakning enligt prEN 12457-3 (draft). Analys av lakvatten enligt EPA-Metoder 200.7 och 200.8.

⁷ NT Envir 003. Analys av lakvatten enligt EPA-Metoder 200.7 och 200.8.

⁸ NT Techn report 376. Analys av lakvatten enligt EPA-Metoder 200.7 och 200.8.

REFERENSER

- Allaska, 2009. Databas med materialprovningsresultat för olika typer av askor.
<http://www.askprogrammet.com/BakgrundALLASKA.shtm>
- Arvidsson H och Loorents K-J, 2005. Askors materialtekniska funktion – VTI: s Materialdatabas. Värmeforsk rapport 930.
- Miljö- och hälsoskyddskontoret, 1999. Föreläggande 1999-12-06, Dnr 99.669. Miljö- och hälsoskyddskontoret vid Hudiksvalls kommun.
- SGI, 2000. Miljömässig karaktärisering av biobränsleaska för vägbyggnation. För Råsjö torv AB, Hudiksvall. Dnr SGI: 2-0003-02559. Statens geotekniska institut, Linköping.
- Sjöblom R, 2009. Cesium-137 i aska från förbränning av biobränslen – Tillämpning av Strålsäkerhetsmyndighetens regler. Värmeforsk rapport 1080.

Personlig kommunikation

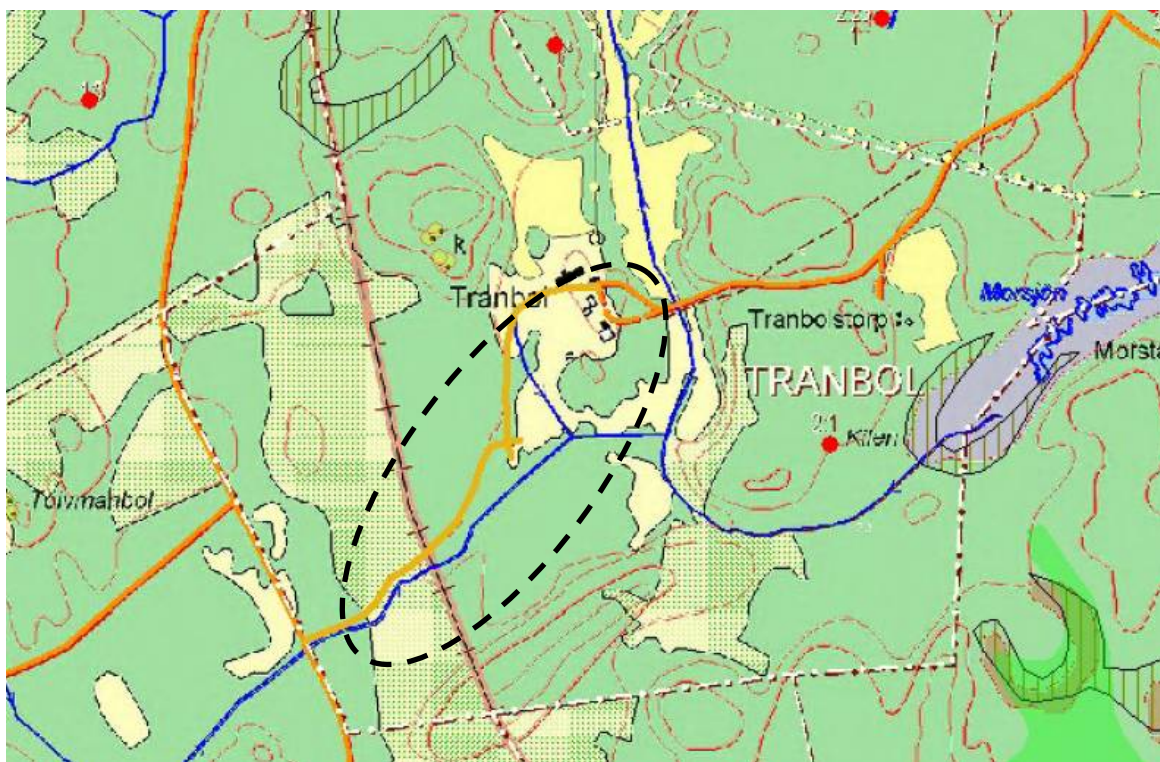
- Larsson, 2010. E-post från Bernt Larsson, Fortum, KVV Djuped, Hudiksvall, maj 2010.
- Norlin, 2010. Muntliga uppgifter från Nils-Ola Norlin, Ulvbergets avfallsanläggning, Hudiksvall, vid platsbesök i oktober 2009 och telefon 2010-05-04.

Dokumentation av väg med bioaska, Tranbol (Norrtälje)

1 BESKRIVNING AV PROJEKTET

1.1 Plats, tillämpning, trafikbelastning

En väg av aska från förbränning av biobränsle byggs på Tranbol gård norr om Norrtälje. Vägen är under konstruktion, (påbörjades hösten 2006). Den kommer att användas för transport av timmer vid skogsavverkning. Hittills har vägen belastats med som mest ca 40 ton tunga fordon under byggandetiden. Arbetet drivs av Clarence Morberg, Tranbols ägare. En skiss av vägens planerade sträckning finns i figur 1. I dagsläget (september 2009) har ca 500 m väg byggts. Vägen kommer att bli ca 1 km lång när den är klar. Vägen är ca 5 m bred och asklagret minst 50 cm tjockt.



Figur 1. Karta med skiss av vägens planerade sträckning i gult, inringad med streckad svart linje.

1.2 Tillstånd

Användningen har anmälts till och godkänts av Norrtälje kommun.

1.3 Askan

Askan kommer från Norrtälje Energi AB:s värmeverk i Norrtälje (Arstaverket) och Rimbo. Båda verken eldar biobränsle, framför allt stamved, spån och grot i roosterpannor. Ungefär 13 % av den aska som har använts vid vägbygget kommer från Rimbo och 87 % från Arstaverket. Både flyg- och bottenaska används. Vid värmeverket i Rimbo släcks flyg- och bottenaska gemensamt med vatten. Arstaverket har under tiden vägbygget pågått byggt en ny panna. Askan från den gamla pannan släcktes på samma sätt som i Rimbo men askorna från den nya pannan blandas inte utan

den våtsläckta bottenaskan och den endast befuktade flygaskan anländer numera separat till Tranbol.

I tabell 1 visas mängder och fördelning av olika askor som levererats till Tranbol mellan oktober 2006 och oktober 2009 för att användas i vägbygget (Norrtälje Energi, 2009). Även ungefärlig fukthalt för askorna anges.

Tabell 1. Askmängder och fukthalt från de olika pannorna (Norrtälje Energi, 2009)

Typ av aska	Från	Ton	Fukthalt ¹
Våtaska, blandad	EC ² Rimbo	634	~45%
Våtaska, blandad	EC ² Arsta HVC ³	1162	~60%
Våtaska, bottenaska	EC ² Arsta KVV ⁴	2621	~60%
Flygaska, befuktad	EC ² Arsta KVV ⁴	591	~5%

¹ kg vatten/kg aska, ² EC, energicentral, ³ HVC, hetvattencentral, ⁴ KVV, kraftvärmeverk

Askans sammansättning varierar över året. Under sommarhalvåret när värmeverken eldas mer sparsamt är bottenaskan väl förbränd och påminner om slagg, medan den under vinterhalvåret när pannorna går för högtryck kan innehålla en hel del oförbränt material, se figur 2. Den väl förbrända askan är bättre som byggnadsmaterial.



Figur 2. Bottenaska, väl förbränd.



Bottenaska, mindre väl förbränd.

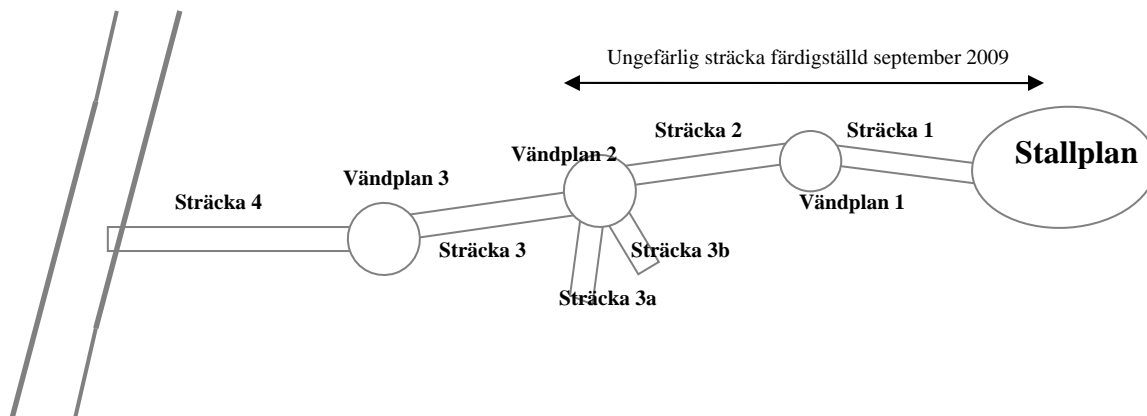
Den torra flygaskan dammar och bör därför inte läggas i ytan. Något fuktig aska är en bättre leveransform. Där flygaskan lagts i tunna lager på marken har den härdat efter ett par månader, men den är också relativt tät så i tjocka lager flygaska tar det lång tid för tillräckligt med vatten att tränga in. Våt blandad aska som blev liggande i en hög ett par månader härdade ihop så mycket att den var svår att gräva bort.

1.4 Askans användning i vägen

Askans utgör hela väggroppen. Den läggs direkt på undergrunden och formas till en väggropp. Delar av vägen har slitlager av makadam.

1.5 Konstruktion

Beskrivningen av vägens uppbyggnad och egenskaper baseras på platsbesök och intervju med Clarence Morberg som äger Tranbol gård och är ansvarig för vägbygget (Morberg, 2009). Den planerade vägsträckan kan delas upp i olika delar, se skissen i figur 3. Observera att skissen inte på något sätt gör anspråk på att vara skalenlig utan endast fungerar som en orientering över de olika väggavsnitten. I september 2009 hade stallplanen samt vägsträcka 1 och 2 med vändplaner färdigställda medan vägsträcka 3 hade påbörjats.



Figur 3. Skiss över de olika vägvagnsritten.

Allt eftersom vägbygget fortskridit har man provat sig fram till en fungerande vägkonstruktion.

Askan anländer färsk direkt från värmeverken men har ibland fått lagras på Tranbol på grund av väderleksförhållanden. Den körs ut, packas, hyvlas och bomberas. Packningen är mycket viktig för vägens bärighet. Vägen har packats med hjullastare och 40 tons lastbil som levererar aska. Vägen är ca 5 m bred. Vägkanterna består av ett par decimeter opackad bottenaska. Denna har inte härdat och har ingen bärighet. Det är viktigt att vägen görs så bred att fordonen kan köra i flera spår så att hela vägen packas. Bomberingen (att vägen lutar från mitten ut mot sidorna) är också viktig, eftersom vägen blir relativt tät och annars blir vatten stående på vägbanan. Utifrån de praktiska erfarenheterna vid byggnation och användande av vägen på Tranbol fungerar en blandning av botten- och flygaska bäst som byggnadsmaterial.

De olika vägvagnsritten har byggts upp enligt följande:

Stallplanen: Består av ca 50 cm aska, framför allt bottenaska, med ett par centimeter slitlager av makadam ovanpå, se figur 4.¹



Figur 4. Stallplanen



Vägsträcka 1

Sträcka 1: Vägavsnittet ligger på ler- och mulljord, tidigare odlingsmark. Först lades här 50 cm blandad våtsläckt aska (hösten 2006). Då vägen satte sig och sjönk ned i underlaget under första året tillfördes 1 m aska av samma våta blandning och ett 5 cm slitlager av makadam lades ovanpå. Vägen har efter det hållit väl under två säsonger och vattenavrinningen har varit god. Ett foto av vägen visas i figur 4. Vägen byggdes på följande sätt: när den färskan askan anlände under hösten

¹ Här lades först 25-30 cm bottenaska men man fick problem med sättningar och avrinning. Då lades ren flygaska ovanpå men den blev "en enda sörja" när den var blöt och dammade när den var torr. Flygaskan togs därför bort efter ett halvår. Sintrad bottenaska + makadam lades på istället och sedan dess fungerar det bra.

och vintern innehöll den 60-65% vatten. Askan tippades i högar och fick ligga och rinna av under vintern. På våren kördes askan ut och avjämnades till en väg.

Vändplan 1: Också denna är byggd framför allt av blöt blandad botten- och flygaska.

Sträcka 2: Detta vägavsnitt har byggts av aska från den nya panna där botten- och flygaska separeras. Det anläggs på försök utan slitlager. Denna del av vägen ligger på fast mark i en ganska brant skogsslutning. Asklagret är därför olika tjockt längs vägens bredd. Som mest är asklagret 3 m tjockt (högt) och det har hållit bra. Här byggdes vägen på allt eftersom lassen anlände. Generellt lades flygaskan (torr) i botten och bottenaska ovanpå. Askorna blandades sedan på plats. Under snösmältningen dämmer vägen upp det vatten som rinner ner från skogsslutningen och den står delvis under vatten. Det har gått att köra på den utan problem även när den står under vatten.

Vändplan 2: Byggdes på samma sätt som vägsträcka 2.

Vägsträcka 3 (+ 3a och 3b): Vid vändplan 2 delas vägen i tre delar (se figur 3). Vägsträcka 3 som så småningom skall ansluta till befintlig väg har påbörjats och byggs på samma sätt som vägsträcka 2 men här är underlaget plan lermark och vägbankens tjocklek ca 50 cm. De yttersta decimetrarna på båda sidorna av vägen består av opackad aska och fungerar som avåkningskydd för lastbilen. Denna sträcka översvämmades våren 2009 vid snösmältningen, ett halvår efter att den byggts. Infiltrationen i vägen uppfattades som mycket långsam. Det gick även under översvämningen bra att köra på vägen med den lastbil som levererar askan (ca 40 ton). Sträckorna 3a och 3b är kortare provsträckor, den ena byggd av endast flygaska och den andra av endast bottenaska.

1.6 Mängd aska

Totalt har ca 5000 ton aska levererats till Tranbol gård från värmeverken i Norrtälje och Rimbo oktober 2006 till oktober 2009 (Norrtälje Energi, 2009).

2 AKTÖRER

2.1 Vägbyggare

Clarence Morberg, ägare Tranbol gård, initiativtagare.

Lars-Olof Andersson, åkare (egen företagare), levererar askan från värmeverken.

Mellanskog, avtalspart.

2.2 Askleverantör

Norrtälje Energi AB. Askan kommer från värmeverken i Rimbo och Norrtälje.

2.3 Arbetsgrupp och referensgrupp

Arbetsgruppen och referensgruppen följer arbetet med vägen och träffas regelbundet.

Arbetsgrupp:

Clarence Morberg, ägare Tranbol gård

Agge Norrström, Mellanskog

Axel af Petersen, Mellanskog

Christer Toftgård, Norrtälje Energi

Referensgrupp:

Johan Lindsten, Norrtälje Miljökontor

Åsa Öhman, Naturbränsle AB

Claes Ribbing, Svenska Energiaskor

3 MATERIALEGESKAPER/UNDERSÖKNINGAR

3.1 Geotekniska egenskaper

De använda askornas geotekniska egenskaper har inte testas på annat sätt än att vägen byggts och belastats under byggtiden.

Geoteknisk laboratorieprovning av andra bottenaskor från förbränning av träbränslen i rosterpannor har redovisats i (Arvidsson och Lorentz, 2005). Kornstorleksfördelning, skrymdensitet, mekaniska egenskaper (treaxialtest), nötningsmotstånd, frostbeständighet mm redovisas. Data finns för två olika askor, en väl förbränd från Linköping som kan förmodas likna den väl förbrända ”sommarskan” från Norrtälje energi och en mindre väl förbränd från Händelöverket i Norrköping som sannolikt mer påminner om den mindre väl förbrända askan ”vinteraskan”(se avsnitt 1.3). Den väl förbrända askan från Linköping har bättre materialtekniska egenskaper än den mindre väl förbrända från Händelöverket. Generellt dras i rapporten slutsatsen att rostbottenaskor från förbränning av träbränsle avseende geotekniska egenskaper kan användas som vägbyggnadsmaterial men att dataunderlaget och praktiska erfarenheter av denna typ av askor som vägbyggnadsmaterial är begränsade, se även Askprogrammets databas Allaska (Allaska, 2009).

3.2 Miljöegenskaper

I samband med anmälan till Norrtälje kommun genomfördes en miljöbedömning, och klassificering enligt avfallsförordningen, av aktuella askor (Sjöblom, 2006; Eriksen och Sjöblom, 2006). Miljöbedömningen har kompletterats i ett brev till Länsstyrelsen (Sjöblom, 2007). Inom ramen för miljöbedömningen har innehåll och utlakning av oorganiska ämnen analyserats (totalhalter med ICP-AES² och skaktest L/S 10³). Även dioxin i askan analyserades. Askorna klassades här som ”icke farligt avfall” med god marginal till tillåtna värden (Eriksen och Sjöblom, 2006).

En mindre mängd aska från samma värmeverk som levererar aska till vägen hade redan innan vägbygget påbörjades legat på Clarence Morbergs mark i sju år. Innan vägbygget påbörjades undersöktes hur denna aska påverkat växtligheten på de ytor där askan lagts ut. Undersökningen omfattade växtetablering i aska samt upptag av metaller i växter och bär som växte i askan (Greger, 2006). Växter hade etablerats sig i askan (som ej härdat). Inga förhöjda halter i växter eller bär som vuxit i askan kunde påvisas. Samtidigt togs även prover på askan. På dessa gjordes ett så kallat biotillgänglighetstest avseende hur mycket arsenik med flera metaller som löses ut ur askan, på vägen genom kroppen, om man får i sig aska oralt (Carlsson et al., 2008). Även innehåll av olika ämnen i askan analyserades. Resultatet visade att i mindre partikelstorlekar (<63 µm) kan en stor andel av vissa metaller i askan vara tillgängliga för upptag i kroppen. Av bly, kadmium och zink var runt 60 % tillgängligt och av arsenik 100 %. Detta gäller endast det första steget för upptag i kroppen d v s hur dessa ämnens löses upp i vätskor motsvarande de som finns i mun, mage och tunntarm. Utöver detta finns två barriärer för upptag av joner, tunntarmsväggarna och cellväggarna, vilka båda kan reducera den verkliga biotillgängligheten.

Claes Ribbing har, baserat på rapporterna ”Miljöriktlinjer för askanvändning” (Bendz et al., 2006) och ”Oral biotillgänglighet av arsenik i askor” (Carlsson et al., 2008), samt analyser av bl.a. smultron växande i aska (Greger, 2006), gjort bedömningen att användningen av Norrtäljes askor ger ringa risk för hälsa och miljö vid användningen i Tranbol (Ribbing, 2008).

4 EFTERKONTROLL

Det finns planer på efterkontroll av miljöparametrar under 2010. Dels diskuteras provtagning av vatten i bäck, dels en beskrivning av hur floran kring vägen har förändrats efter vägens anläggning.

² Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy, upparbetat enligt SS 028150.

³ Vilken metod anges inte i miljöbedömningen men troligen har skaktest SS-EN 12457-3 eller perkolationstest prCEN/TS 14405 använts då de anges i NFS 2004:10 och det är gränsvärden därifrån man jämfört med i miljöbedömningen.

REFERENSER

- Allaska, 2009. Databas med materialprovningsresultat för olika typer av askor.
<http://www.askprogrammet.com/BakgrundALLASKA.shtm>
- Arvidsson H och Loorents K-J, 2005. Askors materialtekniska funktion – VTI: s Materialdatabas. Värmeforsk rapport 930.
- Bendz B et al., 2006. Miljöriktlinjer för askanvändning i anläggningsbyggande – etapp 2. Värmeforsk rapport 979.
- Carlsson C et al., 2008. Oral biotillgänglighet av arsenik, antimon och ett urval av metaller i askor. Värmeforsk rapport 1056.
- Eriksen och Sjöblom R, 2006. Klassificering av askor enligt avfallsförordningen – Norrtälje energi AB. Tekedo PM 2006-05-27.
- Greger M, 2006. Växter i askvägbeläggningar. Botaniska institutionen, Stockholms universitet.
- NFS 2004:10. Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall.
- Ribbing C, 2008. Ringa risk med aska från Tranbol. Svenska EnergiAskor AB, (Offentlig handling hos miljökontoret, Norrtälje kommun)
- Sjöblom R, 2006. Miljöbedömning av askor från Norrtälje energi AB för geoteknisk användning. Tekedo PM 2006-06-10.
- Sjöblom R, 2007. Komplettering till miljöbedömning, svar på frågor från Länsstyrelsen. Tekedo 2007-02-15.

Personlig kommunikation

- Morberg, 2009. Muntliga uppgifter från Clarence Morberg vid besök på Tranbol gård 2009-09-16.
- Norrtälje Energi, 2009. E-post från Christer Toftgård 2009-11-09.

SGI Information

1. **Jords egenskaper.**
(48 sid, 1982/1986/1990/1993/58 sid, 2008)
2. **Geotekniska undersökningar i fält.**
(72 sid, 1984)
3. **Skjuvhållfasthet
– utvärdering i kohesionsjord.**
(28 sid, 1985/63 sid, 2007)
- 3E. **Evaluation of shear strength in cohesive soils with special reference to Swedish practice and experience.**
(32 pages, 1985)
4. **Geotekniska utredningar för stabilitetsanalyser – allmänna råd för omfattning och kvalitet.**
(20 sid, 1988/1993)
5. **Nyare in-situmetoder för bedömning av lagerföljd och egenskaper i jord.**
(64 sid, 1988)
6. **Torv – geotekniska egenskaper och byggmetoder.**
(34 sid, 1989)
7. **Report on the ISSMFE technical committee on penetration testing of soils – TCI6 with reference test procedures.**
CPT - SPT - DP - WST
(50 pages, in english and french, 1989)
8. **Hållfasthet i friktionsjord.**
(50 sid, 1989)
9. **Olje- och kemikalieutsläpp i jord.**
(40 sid, 1989)
10. **Dilatometerförsök – en in-situmetod för bestämning av lagerföljd och egenskaper i jord. Utförande och utvärdering.**
(50 sid, 1990/1993)
11. **Mätning av grundvattennivå och portryck.**
(116 sid, 1990)
12. **Termiska egenskaper i jord och berg.**
(28 sid, 1991)
13. **Sättningsprognoser för bankar på lös finkornig jord – beräkning av sättnings storlek och tidsförlopp.**
(51 sid, 1994)
- 13E. **Prediction of settlements of embankments on soft, fine-grained soils – calculation of settlements and their course with time.**
(52 pages, 1997)
14. **Lärobok i geobildtolkning.**
(123 sid, 1991)
15. **CPT-sondering.**
Utrustning – Utförande – Utvärdering
(80 sid, 1993, 71 sid, 2007)
- 15E. **The CPT-test.**
Equipment-Testing-Evaluation
(77 pages, 1995)
16. **Siltjordars egenskaper.**
– Silt som konstruktionsmaterial
– Bestämning av geotekniska egenskaper
(71 sid, 1998)
17. **Geodynamik i praktiken.**
(51 sid, 2000)
- 18:1 **Handbok.**
Skumglas i mark- och vägbyggnad
(39 sid, 2008)
- 18:4 **Handbok.**
Flygaska i mark- och vägbyggnad. Grusvägar
(58 sid, 2006)
- 18:5 **Handbok.**
Slaggrus i väg- och anläggningsarbeten
(40 sid, 2006)
- 18:6 **Handbok.**
Bottenaskor från kol-, torv- och biobränsleeldning i väg- och anläggningsarbeten (40 sid, 2010)
- 18:7 **Handbok.**
Gummiklipp
(47 sid, 2008)
19. **Deponiers stabilitet.**
Vägledning för beräkning
(46 sid, 2007)



Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute

SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800

Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914

E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se