

Förvaltning av databasen Allaska under 2009

Henrik Bjurström, Solvig Grönstedt och Samira Shamsa

Förvaltning av databasen Allaska under 2009

Maintaining the database Allaska during 2009

Henrik Bjurström, Solvig Grönstedt och Samira Shamsa

Q9-727 An

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
November 2010
ISSN 1653-1248

Abstract

Databasen Allaska samlar all offentlig kvantitativ information om förbränningsresters egenskaper som skapats i Sverige. Förvaltningen av Allaska under 2009 har omfattat ändringar i gränssnitten för att kunna lagra nya typer av data (bl a organiska ämnen), fortsatt inmatning av data och förnyad kontroll av befintliga data med rättelser.

Sammanfattning

I databasen Allaska samlas all offentlig kvantitativ information om förbränningsresters egenskaper och görs allmänt tillgänglig på Internet. Databasen har en svensk utgångspunkt (enbart data relevanta för svenska förhållanden och svenska aktörer) men riktar sig även till utländska användare.

Under 2009 har förvaltningen av Allaska bestått i att aktualisera den, d v s lägga in data som inte hade tidigare lagts in, att rätta till de felaktigheter som upptäckts, att utöka gränssnitten så att data om organiska ämnen kan läggas in och att kondensera data från triaxialtester så att de är mer lättfattliga. Då inga nya data har kommit fram från pågående projekt inom nuvarande programperiod har inte heller några nya data lagts in.

Arbetet bör fortsättas under återstående delen av programperioden 2009-2011 med att hålla Allaska aktuell.

Nyckelord: aska, förbränningsrest, databas, egenskaper

Summary

All public quantitative information on the properties of combustion residues is collected into the database Allaska and is made generally available on Internet. The optic of the database is Swedish (only data relevant for Swedish conditions and Swedish stakeholders) but it is also aimed at foreign users.

Maintaining Allaska during 2009 has consisted of measures keeping it up-to-date, i.e. recording data that had not previously been stored in Allaska, correct the mistakes and errors that have been found, expanding the interfaces in order to be able to record information on the organic content in residues and condensing the data from triaxial tests in order to make it easier to handle them. Data from the on-going projects within the Ash Programme have not been recorded, as there aren't yet any to record.

Work should continue during the remainder of the period 2009-2011 in order to keep Allaska updated.

Keywords: ash, combustion residues, database, properties

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	BESKRIVNING AV FORSKNINGSSOMRÅDET	1
1.3	UPPGIFTEN, DESS MÅL OCH MÅLGRUPP ROLL	2
1.4	UPPDRAGETS GENOMFÖRANDE.....	2
2	GENOMFÖRT ARBETE	3
2.1	ARBETEN MED GRÄNSSNITTEN	3
2.2	INFÖRDA OCH RÄTTADE DATA.....	5
3	DISKUSSION	7
3.1	OSÄKERT BRÄNSLE	7
3.2	EN TEST AV ALLASKA	7
3.3	ALLASKA I FRAMTIDEN.....	8
4	SLUTORD OCH REKOMMENDATIONER.....	10
5	LITTERATURREFERENSER.....	11

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Syftet med databasen Allaska över förbränningsresters egenskaper är att på ett ställe tillhandahålla kvantitativ information om dessa materials egenskaper och därigenom öka alla intressenters kunskap om askor inför möjliga användningar. Allaska skapades i inledningen av Askprogrammet [1], d v s delprogrammet ”Miljöriktig användning av askor” vid Värmeforsk, och har underhållits samt byggts ut sedan dess [2], [3]¹. Allaska är sedan 2006 fritt tillgänglig för alla på Askprogrammets webbplats, www.askprogrammet.com. I dag rymmer den data om några hundra materialprov.

De data som lagras är uteslutande svenska data. De kvalitetskrav som ställs är bl a att metoden att ta fram data skall vara känd och allmänt använd, data skall kunna spåras till den producerande anläggningen och det skall kunna gå att fråga där efter ytterligare information. Idag finns i Allaska:

- Alla data som har tagits fram inom Värmeforsks askprogram
- De data om askors egenskaper som har tagits fram inom Värmeforsks basprogram och övriga delprogram
- De data som har tagits fram inom Ramprogram Askåterföring 1992-1996 och övriga forskningsprogram om bioaskor med statlig finansiering

Därutöver har några intressenter tillhandahållit data om egenskaperna hos askor från sina egna anläggningars askor.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Att samla alla tillgängliga data, alla korrekta data och tillhandahålla dem är ett arbete som aldrig tar slut. Den naturliga orsaken är att data produceras hela tiden, och att databasens innehåll bör hållas à jour. En företeelse som ökar på arbetet är att användarnas önskemål växer med användningen av databasen och med den kunskap om askor som skapas inom Askprogrammet. För att Allaska skall fortsätta vara till nytta måste den även fortsättningsvis underhållas och byggas ut med den numeriska kunskap som efterfrågas.

Det finns utländska databaser som innehåller data om askor, men databasernas primära fokus är bränslets egenskaper (t ex Phyllis och nu BioDat, BioBank, BioLex²) eller specifika problemområden som stabilisering av avfall (Monolith2 [5]).

¹ Det har även getts ut en intermediär rapport [4].

² Phyllis nås på www.ecn.nl/phyllis/, BioDat på www.biodat.eu, BioBank på <http://www.ieabcc.nl/database/biobank.html> och BioLex på <http://biolex.dk-teknik.dk/cms/site.aspx?p=4289>. Monolith2 finns ännu inte fritt tillgänglig på Internet.

1.3 Uppgiften, dess mål och målgrupp roll

Målet för uppdraget som redovisas i denna rapport är att förvalta Allaska under 2009, det första året i Askprogrammets programperiod 2009-2011. Förvaltning innebär att utöka Allaska med de data som av datatekniska skäl inte kunnat lagras i den tidigare, komplettera med data som kommit fram eller släppts fria sedan 2008, komplettera med den informationstext som användarna efterfrågat, rätta de småfel som har upptäckts samt förbättra den hjälp som ges till databasens användare på Internet.

Målgruppen för uppdraget är alla som vill veta något om askors materialegenskaper, bland såväl Askprogrammets aktörer som andra intressenter. Tyngdpunkten ligger på svenska aktörer, men även utländska aktörer bereds möjlighet att hämta data ur Allaska.

1.4 Uppdragets genomförande

Uppdraget genomfördes av ÅF-Consult AB, numera ÅF-Engineering AB, och Svenska Energiaskor AB i samarbete. Uppdraget leddes av ÅF, Henrik Bjurström. För det datatekniska arbetet har Grönstedt Datakonsult AB anlåtats och Svenska Energiaskor har ansvarat för inmatningen av data och den dagliga skötseln.

Uppdraget följdes å Värmeforsks vägnar av en referensgrupp som bestod av:

- Ebba Wadstein, Ola Wik samt Kristian Hemström, Statens geotekniska institut
- Raul Grönholm, SYSAV
- Jan Pels, ECN, Petten, Nederländerna
- Klaus Supancic, Bios-Bioenergy, Österrike
- Claes Ribbing, för Värmeforsk

2 Genomfört arbete

Under 2009 har följande arbete genomförts:

- Gränssnitten (Access och Internet) har kompletterats för nya typer av data
- Sent inkomna data från programperioden 2006-2008 har matats in
- Efter en felsökning har data kompletterats där det behövdes och korrigerats där de var felaktiga

2.1 Arbeten med gränssnitten

Listan över åtgärder för 2009 bestod av (i) format och utrymme för data om innehållet av organiska ämnen, (ii) en kondensering av data från triaxialtester och (iii) data om oral biotillgänglighet. Huvudsyftet med arbetet är att kunna lägga in data och presentera dem. Därutöver har eftersträvat en god översikt över relevanta data efter en sökning.

2.1.1 Organiska ämnen

Ett askprovs innehåll av organiska ämnen lagras i Allaska genom:

- CAS-numret som utgör ämnets identitet
- Halten uttryckt i mg/kg, µg/kg eller ng/kg

CAS-numret är unikt för ett ämne eller en ämnesgrupp och tilldelas av Chemical Abstracts Service³. Det är ett niosiffrigt tal, varav siffran längst till höger är en kontrollsiffra. CAS-nummer finns dock inte för alla kända ämnen eller för alla grupper av ämnen som kan vara av intresse: för PCDD/F⁴ finns nummer för många congener men inte för alla.

Det finns även CAS-nummer för grupper av congener (t ex alla PCDD med 4 kloratomer). Det finns inget nummer för summahalterna: EPA16 för PAH eller för I-TEQ (PCDD/F) eller WHO-TEQ (PCDD/F och PCB). En användare av Allaska kan visserligen räkna ut dessa summahalter ur halten för varje enskilt ämne i ämnesgruppen, men användare kan förväntas ganska snart begära att Allaska presenterar en lättillgänglig uppgift för koncentrationerna, d v s de summahalter som är vanligt förekommande i kommunikationen om miljöeffekter.

För att lösa dessa problem tilldelas ämnen utan eget CAS-nummer ett fingerat nummer i Allaska som börjar på 999800-00-x, i avvaktan på att Chemical Abstracts Service tilldelar ämnena ett nummer. Grupper av ämnen (summan av EPA16, I-TEQ för PCDD/F och WHO-TEQ för PCDD/F och PCB) tilldelas fingerade nummer som börjar på 999900-00-x. Fingerade nummer visas inte vid en sökning i databasen, utan endast namnet.

³ En avdelning i ACS, American Chemical Society

⁴ PCDD/F, PolyChlorinated Dibenzo-Dioxins and Furans, i dagligt tal: dioxiner och furaner.

Ämnesnamnet bör anges som hjälp till användaren av Allaska, då det inte kan förväntas att användarna har CAS-numret i huvudet eller har det lättillgängligt. I princip bör det namnet vara IUPAC-namnet, men det är inte alltid praktiskt. Eftersom IUPAC-namnet kan vara långt och det inte behövs för identifiering kan den person som lägger in data i Allaska använda ett trivialnamn eller handelsnamn som har större förutsättningar att uppfattas av användaren. Till exempel:

- IUPAC-namnet för ämne 514-10-3⁵ är abieta-7,13-dien-18-oic acid
- Ett namn som beskriver strukturen är (1R,4aR,4bR,10aR)-7-isopropyl-1,4a-dimethyl-1,2,3,4,4a,4b,5,6,10,10a-decahydrophenanthrene-1-carboxylic acid
- Ämnet är vanligen känt som abietinsyra (abietic acid på engelska)

Ämnets namn anges i sammanställningen för varje askprov. Det skulle också ha angetts i rapporten från en sökning, men den ändringen har skjutits upp till nästa fas. De två problem som måste lösas är:

- Det generella tabellformatet som används i alla rapporterna kan inte längre nyttjas, utan en ny tabell måste skapas
- En fullständig tabell med ämnesnamn och statistik ryms inte inom skärmens bredd

Utgångspunkten för enheten med vilken koncentrationen anges är milligram per kilogram. För vissa ämnen som PCDD/F är mikrogram per kilogram eller nanogram per kilogram lättare att läsa (färre positionsnollor). I stället för att låsa administratören av databasen till en enhet har denna gjorts valbar i Access-gränssnittet. Det har dock komplicerat beräkningen av statistik för koncentrationerna i rapporten från en sökning.

2.1.2 Triaxialtester

Data för triaxialtester finns i Allaska för ett antal prover. Erfarenheten har dock visat att det sätt på vilket de lagras och presenteras är alltför omständligt för att informationen skall kunna användas på ett enkelt sätt.

De triaxialtester som används av geotekniker och de som används av vägbyggare genomförs i princip på samma sätt, men de data som tas ut är olika:

- En geotekniker vill i huvudsak veta när ett material brister och kan nöja sig med sekundärdata, d v s en elasticitetsmodul och en spänning, vilket innebär att de kvantitativa resultaten från ett test är få.
- En vägtekniker behöver däremot ha täckning hela vägen till sammanbrottet. Data från triaxialtester för användning av askor i vägar bör i princip vara primärdata från ett test och helst dubbel- eller trippelprov då materialen är heterogena.

En formellt korrekt procedur för inmatning och presentation av data från triaxialtester är alltså att använda alla primärdata och data från alla dubbel- eller trippeltester. Emellertid ställer det stora krav på inmatning (många möjligheter att skriva fel), på

⁵ Detta sexsiffriga CAS-nummer är ett av de äldsta nummer och läsaren får föreställa sig att tre nollor läggs till framför numret för att det skall bli nio-siffrigt.

lagringsutrymme och på presentationen vid en sökning. Under tidigare uppdrag om Allaska fattades ett beslut att inte visa någon sammanställning över data från triaxialtester med statistik, därför att utskriften på skärmen blev oöverskådliga. Data fanns alltid under varje askprov.

Det var önskvärt att förenkla lagringen av triaxialdata inom Allaska, vilket skulle även förenkla presentationen. Med hjälp av VTI har testkurvorna kondenserats till ett tiotal försökspunkter per kurva och ett medelvärde räknats ut för dubbelproven. Befintliga data har därefter tagits bort och ersatts med förenklade data för ett medelprov. Möjligheten att lagra data för ett dubbelprov under samma askprov har behållits för eventuell senare återinförande av data för dubbelprov, om detta efterfrågas. I detta uppdrag glömdes det emellertid bort att ändra Internetgränssnittet så att rapporterna från sökningar visar dessa data.

2.1.3 Oral biotillgänglighet

Införandet av data för oral biotillgänglighet [6] har misslyckats inom detta uppdrag på grund av en teknisk svårighet vid genomförandet: biotillgänglighet lagras som lakdata i mg/kg, men det kan förväntas att användaren önskar att biotillgänglighetsdata redovisas som procent av totalt innehåll i aska. Halten av huvudämnen (aluminium, kalcium etc) lagras nu som viktprocent oxid, vilket inte är kommensurabelt med mg/kg. En omräkningstabell skulle bromsa exekveringen av en sökning.

Lösningen på detta problem som kommer att införas under fortsättningsarbetet med Allaska under 2010 eller 2011 är att mata in haltdata två gånger, dels under kemisk sammansättning där de redovisas vid en sökning på kemisk sammansättning, dels en gång till som hjälpdata under biotillgänglighetsdata.

2.2 Införda och rättade data

Uppgifter under 2009 var att lägga in de data som inkom sent till Askprogrammet vid förra programperiodens formella avslut, nya data samt data som inte tidigare har kunnat läggas in.

De data som har lagts in härrör från:

- Vändoraförsöken [7] – data för aska i vägen
- Lysimeterförsöken i Linköping [8], endast lysimetermaterialen, ej växtdelar
- Tillgängliga data för organiska ämnen [9] - i samråd med referensgruppen beslutades att endast uppgifter från riktade analyser av organiska ämnen läggs in. Data från den förutsättningslösa semi-kvantitativa screeningen lämnades därhän. Screeningmetoden är inte standardiserad och behöver utvecklas
- En rapport från 1996 [10] med data om plast- och pappersfraktioner
- Ett examensarbete om stabilisering av muddermassor [11] med data för ett prov av bioaska, stenkol- och brunkolaska var. Endast data för bioaskan lades in

Under 2009 har de nu pågående projekten inom Askprogrammets programperiod 2009-2001 ännu inte levererat några data.

Hantering av data under detekteringsgränsen eller bestämbarhetsgränsen i kemiska analyser (sammansättning eller lakdata) har tidigare inte varit konsekvent. Ibland har inget värde alls lagrats, ibland har detekteringsgränsen lagts in utan att detta anges. Under avslutningen av föregående förvaltningsperiod för Allaska hade en flagga införts i Access-gränssnittet⁶ för att identifiera data under detekteringsgränsen eller bestämbarhetsgränsen. Denna flagga översätts till ett < tecken i Internet-gränssnittet.

Samtliga data om kemisk sammansättning och lakning har därför kontrollerats under detta uppdrag. Data under detekteringsgränsen eller bestämbarhetsgränsen har hanterats på följande sätt:

- Där data saknades i Allaska och det finns en kvantitativ uppgift ”under detekteringsgränsen” i originalrapporterna har denna kvantitativa uppgift skrivits in och flaggan satts
- Där detekteringsgränsen hade skrivits in sattes flaggan för detekteringsgräns

I rapporterna från en sökning har detekteringsgränsen använts i beräkningen av ett medelvärde. Detta är ett konservativt val, då det är vanligare att halva gränsen används i sådana beräkningar. I några sammanhang används dock hela detekteringsgränsen för att poängtera värdenas osäkerhet och för att skaffa sig ytterligare försiktighetsmarginaler i bedömningar av miljöeffekter. Då det inte går att ha olika sätt att beräkna medelvärdet i databasen har det mest konservativa synsättet fått råda.

⁶ Access kan inte hantera ”mindre än” eller ”större än”.

3 Diskussion

Allaska fortsätter att vara den svenska databasen för askors egenskaper. Jämfört med kända utländska databaser har den en bredare uppsättning av egenskaper. De geotekniska egenskaperna finns oftast inte i dessa som har sin tyngdpunkt på bränslena. Nytt i databassammanhangen är den brittiska Monolith2⁷ som skall samla data om stabilisering av avfall och betongblandningar [5], och därmed har fokus på de bindande egenskaperna.

Idag är önskemålen om information från Allaska mer omfattande. En bidragande företeelse är att ambitionen och önskemålen hos användare har vuxit i takt med den kunskap som tillhandahållits. En annan sida är att det inte finns så mycket information att tillgå över huvudtaget för denna typ av material eller besläktade material varför Allaska blir en viktig informationskälla. I detta avsnitt tas upp några egenskaper hos Allaska som väckt diskussion.

3.1 Osäkert bränsle

Bränslen utgör den största osäkerheten i databasen idag. Å ena sidan önskar användarna av Allaska en god beskrivning av det bränsle som gett upphov till askan, d v s en bättre beskrivning än idag, för att kunna analysera data och utveckla samband från de korrelationer som kan iakttas. Å andra sidan är det ofta ganska svårt att få fram en god beskrivning av bränslena, även med dagens grova indelning. Bidragande faktorer till bristerna är:

- Projektens genomförare har inte fokus på bränslen, utan fokuserar på askornas användning
- Beskrivningen av bränslen som förbränningsanläggningar lämnar är ofta vag och vokabulären skiftar mellan företag,
- Anläggningar har ofta blandningar av bränslen, inkomna vid olika tidpunkter från olika leverantörer och man kan inte veta den exakta sammansättningen som gav upphov till ett askprov som togs ut vid en given tidpunkt

Ambitionen att ange sammansättningen av bränsleblandningen har därför fått stå tillbaka för en kvalitativ beskrivning. Det är nog en grannliga uppgift att försöka komma till större precision på detta område.

3.2 En test av Allaska

Ett önskemål som framfördes av en användare våren/sommaren 2009 var möjligheten att kartlägga svenska trädbränslen (skogsbränslen) med avseende på arsenikinnehållet, uppdelat per län. Allaska förmodades innehålla information som kunde räknas om till den som eftersöktes.

Det är en typisk fråga bland dem som ställs av användare som ber om hjälp. Användare önskar gå längre i sin analys än vad Allaska var avsedd för och vad de tillgängliga data har tagits fram för.

⁷ En efterföljare till databasen Monolith skapad under ett EU-projekt 1998-2001

En liten utredning genomfördes i syftet att undersöka prestanda för processen att söka information ur Allaska samt för att undersöka om omfattningen av Allaska verkligen ger en användare sådana möjligheter. Eftersom arsenikinnehållet är en känslig fråga gav det också tillfället till en genomgång av lagrade data och en kontroll av om de är korrekta: rätt numeriskt värde, rätt bränsle.

Allaskas roll är i första hand att vara en väg in till originallitteraturen, d v s de rapporter som beskriver askorna, deras tillkomst och deras användning. Statistiken i rapporten från en sökning är till för att ge en snabb överblick och möjligheten att prioritera bland de många träffarna.

Sökningen gav de önskade vägvisarna till askproven. Att granska varje prov är ett omständligt arbete, men det hör till informationsletandets natur. Det visade sig att två rapporter innehöll det mesta av informationen om arsenik i rena trädbränslen: Vattenfalls kartläggning i början av Ramprogram Askåterföring på tidiga 1990-talet [12], samt försöken med kampanjledning vid Nynäshamn [13]. I tredje hand kommer en rapport om krossaska från slutet av 1990-talet [14]. Därutöver finns det ett antal enstaka värden från olika rapporter. Ett antal felaktigheter upptäcktes under utredningen och dess fel har korrigerats.

I miljöregelverkets perspektiv är den viktiga informationen om arsenikhalten överskrider t ex riktvärden i Skogsstyrelsens rekommendationer för uttag av skogsbränslen och kompensationsgödsling. De medelvärden och maximumvärden som anslås vid en sökning i Allaska är inte riktigt tillfredsställande, d v s ett antal data överstiger riktvärden för rena skogsbränslen. Bidragande orsaker är:

- Att många analysresultat för arsenik är under detekteringsgränsen eller bestämbarhetsgränsen, varför de få värdena som finns är höga
- Att beskrivningen av bränslet kan vara oprecis
- Att försöken i Nynäshamn egentligen inte ger data för aska från rent trä, vilket en användare av Allaska måste läsa kommentarerna för askproven i Allaska (det framgår inte ur statistiktabellerna) eller gå till originalrapporten för att förstå

Stora krav ställs på användarens noggrannhet och vilja att gå vidare till originalrapporterna från den första förenklade sammanställningen av data som en sökrappport ger för överskådlighetens skull.

3.3 Allaska i framtiden

Allaska har rollen som bank för de svenska data som finns om askors egenskaper. För att denna roll skall upprätthållas behöver arbetet att lägga in de data om askors egenskaper som kommer fram under pågående projekt inom Askprogrammet fortsättas, och det är lämpligt att lägga in även data från andra svenska offentliga källor.

Vi har inte uppfattat att det skulle behövas någon genomgripande översyn av gränssnitten (Access för inmatning, Internet för sökningar i databasen). Vid behov, när sådana önskemål framförs, bör gränssnitten dock uppgraderas. Det kan också vara

lämpligt att periodiskt se över det informationsunderlag som lämnas på Allaskas Internetsida och uppdatera det vid behov.

Kontakter med de organisationer som sköter utländska databaser med askdata antyder inte att Allaska skulle göras överflödig av dessa databaser inom en snar framtid. De data som läggs i dessa databaser överlappar inte helt med Allaskas.

Allaska har använts i flera utredningar om miljöfrågor och intrycket är att de önskade data inte finns i önskvärd utsträckning. De kan finnas för enstaka prov, vilket inte ger den materialspecifikation som eftersträvas i en allmän utredning. Vidare finns inte data i alla kategorier samtidigt för ett askprov, vilket inte tillåter korskorrelationer. Man kan leva med detta i vetenskap om att ingen databas eller datasamling någonsin är heltäckande eller fullständig. Emellertid, om bristerna känns besvärande bör åtgärder övervägas för att fylla dessa luckor. Detta hör inte till den direkta skötseln av Allaska.

4 Slutord och rekommendationer

Databasen Allaska har uppdaterats med data under 2009. Båda gränssnitten (Access och Internet) har uppgraderats så att de motsvarar tillgängliga data.

Det är lämpligt att fortsätta förvalta Allaska under återstoden av programperioden. De projekt som satts igång under 2009 kommer att leverera data som skall göras allmänt tillgängliga. Några större behov av ändringar av gränssnitten förutses inte för närvarande, men erfarenhetsåterföringen från användare kan komma att ge uppslag till förbättringar av kommunikationen från Allaska.

Det vore önskvärt att osäkerheterna kring bränslenas definition lyftes, men vi ser inte idag hur detta skall kunna göras.

5 Litteraturreferenser

- [1] Bjurström H, Rydstrand C, Berg M och Wikman K; ”Databas inom delprogrammet Miljöriktig användning av askor”, Värmeforsk, Stockholm 2004, rapport nr 857
- [2] Bjurström H, Ifwer K och Rydstrand C; ”Uppdatering av databasen Allaska 2003-2005 inom delprogrammet Miljöriktig användning av askor”, Värmeforsk, Stockholm 2005, rapport nr 976
- [3] Bjurström H, Øritsland A, Grönstedt S, Engfeldt C och Shamsa S; ”Databasen Allaska under programperioden 2006-2008”, Värmeforsk, Stockholm 2009, rapport nr 1106
- [4] Bjurström H och Øritsland A; Uppgradering av databasen Allaska”, Värmeforsk, Stockholm 2006, orienteringsrapport nr O126
- [5] O’Shea M, Stegemann J A & Levene M; ”Monolith2 – an on-line database for cement/waste products”, Proceedings iEMSs 2008 International Congress on Environmental Modelling and Software Integrating Science and Information Technology for Environmental Assessment and Decision Making, Sanches-Marrè M, Béjar J, Comas J, Rizzoli A & Guariso G (Red), International Environmental Modeling and Software Society, 2008
- [6] Carlsson C, Bendz D och Jones C; ”Oral biotillgänglighet av arsenik, antimon och ett urval av metaller i askor”, Värmeforsk, Stockholm 2008, rapport nr 1056
- [7] Bendz D, Arm M, Flyhammar P, Wetsberg G, Sjöstrand K, Lyth M och Wik O; ”Projekt Vändöra: En studie av långtidsegenskaper hos en väg anlagd med bottenaska från avfallsförbränning”, Värmeforsk, Stockholm 2006, rapport nr 964
- [8] Hemström K, Fransson S och Wik O; ”Upptag av metaller i vegetation som etablerats i vedaska”, Värmeforsk, Stockholm 2009, rapport nr 1108
- [9] Bjurström H, Larsson L och Lind B; ”En orienterande screening av organiska ämnen i askor”, Värmeforsk, Stockholm februari 2009, rapport nr 1082
- [10] Blidholm O, Bauer A-C och Wiklund S-E; ”Energiutvinning ur källsorterade förpackningsfraktioner”, Värmeforsk, Stockholm 1997, rapport nr 603
- [11] Fossenstrand I; ”Stabilisering och solidifiering av muddermassor i Gävle hamn”, examensarbete vid Luleå Tekniska Universitet, Inst för Samhällsbyggnad, Avd för Geoteknologi, Luleå 2009, examensarbete nr 2009:168 CIV
- [12] Holmroos S; ”Karakterisering av vedaska”, Vattenfall Utveckling, Stockholm 1993, rapport VU-E 93:64
- [13] Bjurström H och Wikman K; ”Askanvändning vid samförbränning av RT-flis med olika biobränslen; Försöksprogram i en 24 MW_{th} bubblande bädd”, Värmeforsk, Stockholm oktober 2005, rapport nr 941
- [14] Lindström I och Nilsson A; ”Krossaska – teknik för att omvandla skogsbränsleaska till skogsvitaliseringsmedel”, Energimyndigheten, Eskilstuna 1998, Ramprogram Askåterföring rapport ER 9:1998

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB

101 53 Stockholm

Tel 08-677 25 80

Fax 08-677 25 35

www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker

Fax 08-677 25 35