

2009

VEGETATIONS- OCH MARKPÅVERKAN AV
ASKSPRIDNING I MINNESLUNDEN PÅ
SKOGSKYRKOGRÄDEN.

MILJÖPÅVERKAN VID ASKSPRIDNING I MINNESLUNDAR



Svenska kyrkans
Församlingsförbund

Sammanfattning av resultaten och rekommendationer	3
Projektorganisation.....	4
Inledning.....	5
Bakgrund	5
Mål	5
Syfte	5
Metod	5
Definition och kartor.....	6
Genomförande.....	8
Val av provtagningsytor.....	8
Val av analysparametrar.....	8
Resultat	11
Sammanfattning	11
Kemiska analyser	11
Lakvatten – Råcksta begravningsplats.....	11
Vegetation - Skogskyrkogården.....	14
Mark - Skogskyrkogården.....	16
Residual från krematorier	22
Biologiska analyser	25
Sammanfattning.....	25
Bakgrund och metod.....	25
Resultat och slutsatser	26
Referenser och tidigare undersökningar	29
Bilagor	30
Förstudie till projektet	30
Kemiska analyser	30
Val av analysparametrar.....	30
Biologiska analyser	38
Förslag till metod för vegetationsanalysen	38
Analysparametrar- och provtagning	39
Beskrivning av provtagningsytorna	41

Sammanfattning av resultaten och rekommendationer

Minneslunden på Skogskyrkogården omfattar 2,4 ha. Där har spridning och nedgrävning av aska pågått sedan 1961. För närvarande sker cirka 1 500 spridningar per år. Det totala antalet askor som spridits eller grävts ner i minneslunden är 60 905 (per den 24 juni 2009). Totalt har alltså ca 2 300 ton aska tillförts minneslunden sedan 1961. Det betyder ca ett kilo aska per kvadratmeter.

Askspridningen alternerar mellan flera delytor inom minneslunden. Trots denna stora mängd aska som tillförts minneslunden är påverkan på mark och vegetation marginell.

I ytor där askspridning pågår ”bränner” askan ytvegetationen i fältskikt och bottenskikt på samma sätt som ytkalkning gör. När bottenskiktet skadas öppnar det för lättspridda arter – vind- och fågelspridda – att etablera sig. När sedan askspridningen upphör har också de sporspridda mossorna lätt att etablera sig. Lavar, som är mer svårspridda och långsamväxande tycks ha svårare att utnyttja störningen. Det skadade bottenskiktet gör att kulturväxter tycks öka rejält.

När spridningen flyttar till en ny delyta inom minneslunden regenererar markvegetationen snabbt. Det sker en effektiv återetablering av mossorna i bottenskiktet. Karaktärsarterna i fältskiktet klarar askspridningen vilket visar att askspridningen inte förstört biotopen. Askspridningen ändrar visserligen konkurrensvillkoren och öppnar för nya arter att etablera sig, men karaktären av tallhed i minneslunden har inte gått förlorad. Askan har dock en gödslingseffekt vilket gör att en ökad hävd behövs för att bli hålla kontroll på slyuppslaget.

En känsligare biotop än minneslunden på Skogskyrkogården skulle dock mycket väl kunna förstöras av kraftig askspridning. En minneslund på en blomsterrik och näringsfattig torräng kan på mycket kort tid förlora sina bästa ekologiska och kulturellt mest omtyckta värden när askans gödslingseffekt ger en stark förändring av floran.

Den kemiska analysen av mark och vegetation visar att de grundämnen som bäst indikerar att spridning av aska har en påverkan i minneslunden är de förhöjda halterna av fosfor, kalcium och silver. Den parameter som ger störst utslag av askspridning är grundämnet silver. Silver ingår som en komponent i amalgam och kan också finnas i smycken som lämnats med i kistan. Våra mätningar visar att askspridning inte ger någon höjning av halterna av kvicksilver i mark och vegetation.

Genomförda mätningar visar att i stort sett alla metalljoner som finns i askan binds i den översta delen av markprofilen och att grundvattnet därmed inte påverkas i någon nämnvärd utsträckning av spridningen. Metallernas rörlighet är låg vilket gör att endast det övre markskiktet påverkas. Indikationer pekar dock på att sett över ett längre tidsperspektiv (decennier) kan vissa tungmetaller komma att vandra nedåt i jordprofilen. I undersökningen har detta konstaterats ske nedåt 30 cm.

Vill man kontrollera i vad mån askspridning påverkar omgivningarna kring en minneslund är en analys av mark och vegetation (gräs, barr) med avseende på silver en tillförlitlig parameter.

Projektorganisation

Projektet är gemensamt för Församlingsförbundet och Stockholms kyrkogårdsförvaltning.

- **Staffan Lundstedt** är projektledare.
- **Staffan Lundstedt** är projektansvarig gentemot Församlingsförbundet.
- **Karin Söderling** är projektansvarig gentemot Stockholms kyrkogårdsförvaltning.
- **Anders Åkesson** är konsult för de kemiska undersökningarna samt sammanställningen av rapporten och
- **Lars Davidsson** är konsult för vegetationsundersökningarna.
- **Roland Palm** har medverkat som sakkunnig¹
- **Börje Olsson** har medverkat som sakkunnig²

¹ före detta utredningschef, Kyrkogårdsförvaltningen, Stockholm Stad

² före detta teknisk direktör, Kyrkogårdsförvaltningen, Stockholm Stad

Inledning

Bakgrund

Församlingarna i Hörby och Hjo har i samband med att ta i bruk kyrkogårdsmark fått förfrågan från miljöförvaltningarna i respektive kommun att utreda vilka ämnen och halter som urlakas ur en minneslund. I Trollhättan har ett nytt kistgravsområde tagits i bruk. Avledning av lakvatten till dagvattendike avslogs dock av kommunen.

För att kunna svara på vilka ämnen som urlakas ur aska efter avlidna initierade Församlingsförbundet en utredning tillsammans med Stockholms kyrkogårdsförvaltning den 12 augusti 2008. Uppdraget att sammanställa ett program för denna utredning gavs till Anders Åkesson.

Mål

Målet med projektet är att undersöka risken för negativ miljöpåverkan från begravningsplatserna. Följande tre moment bör besvaras:

- Att innan juli 2009 ha säkra resultat över vilka miljöfarliga ämnen och i vilka halter de förekommer efter en längre tids spridning av aska i minneslundar.
- Att veta hur hårt bundna dessa ämnen är och i vilken mån de sprids vidare till vatten eller luft.
- Att veta hur floran påverkas i minneslundar.

Syfte

Syftet med projektet är att få fram ett underlag för att bedöma om begravningsverksamhet medför utsläpp till mark, luft eller vatten som är så stora att de innebär risk för människors hälsa eller miljö. I detta ingår att bedöma vilka analysparametrar som är aktuella för att indikera innehållet av tungmetaller och andra grundämnen i askan påverkar marken på kyrkogårdar.

Metod

Genom provtagning, kemisk analys, botanisk inventering och utvärdering få fram ett vetenskapligt korrekt underlag.

Definition och kartor

Vid analys av askspridningens påverkan av vegetation användes sex stycken ytor i minneslunden på Skogskyrkogården, Stockholm och två referensytor utanför minneslunden med likartad vegetation. Nedan följer en kort beskrivning av dessa ytor. Provtagningsytorna åskådliggörs i figur 1.

R1 = Referensyta 1: Ytan är lokaliserad till ett åsparti på Skogskyrkogården söder om entrén från Tallkrogen slutningen nära en liten parkering. Platsen är en ljus, öppen tallhedskog utan synliga röjningsspår som slystubbar eller dylikt.

R2 = Referensyta 2: Ytan är lokaliserad ca 30 meter söder om R1, närmare vägen väster om åsen. Området något mer trädbeväxt och skuggigare än R1

M1 = Minneslundyta 1: Ytan är lokaliserad i minneslundens sydligaste del ca 50 meter från vägen och 20 meter från den södra skogskanten i åsens västsluttning. Platsen är en ljus och öppen tallhedskog. Ingen askspridning har skett på senare tid och ingen aska syns ovan mark. Området är ett gammalt spridningsområde från 1960-talet. Askmineraliseringar finns dock i förnan under mosstäcket.

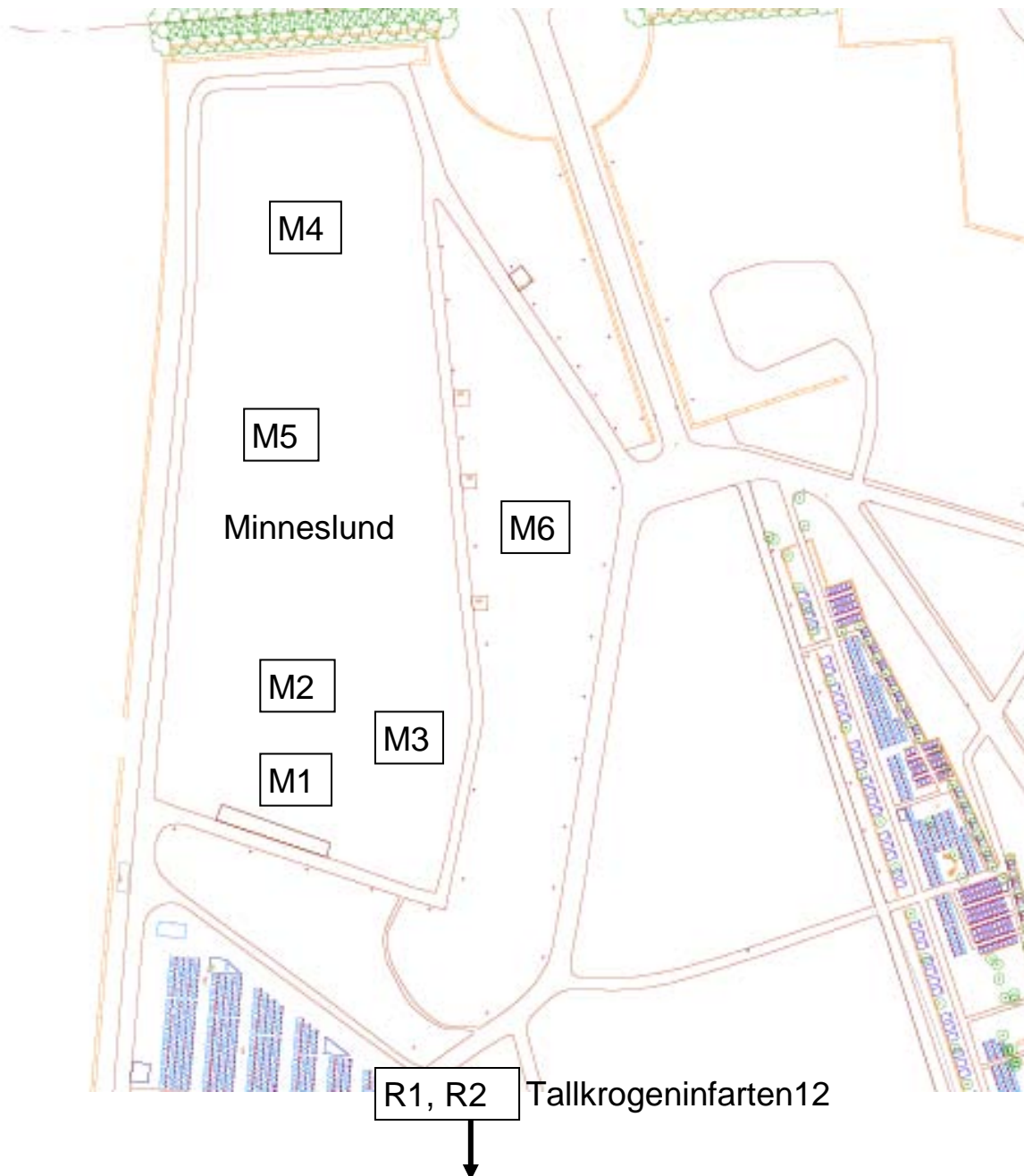
M2 = Minneslundyta 2: Ytan är lokaliserad ca 20 meter norr om M1. Området som är en ljus och öppen hedskog är relativt nyligen askspritt med måttliga mängder. Marken upplevs något mer yttorr än M1.

M3 = Minneslundyta 3: Ytan är lokaliserad ca 15 meter från övre vägen och 50 meter från södra krönet. Området är en ljus tallhed men slyrik i buskskiktet. Ingen askspridning har skett på senare tid men askmineraliseringar finns i förnan under mosstäcket.

M4 = Minneslundyta 4: Ytan är lokaliserad till nedre norra åshörnet ca 50 meter från nedre vägen och 50 meter från kröken. . Området är en grovvuxen tallhed med graninslag. Det finns tydliga tecken på en utförd röjning av smågranar. Ingen synlig askspridning, men askmineralisering observeras under mosstäcket.

M5 = Minneslundyta 5: Ytan är lokaliserad i anslutning till (norr om) stigen som korsar minneslunden mellan östra och västra vägen, cirka 50 meter från den västra vägen. I området sker askspridningen för närvarande i relativt ljus tallhedskog. Under projekttiden pågick en intensiv spridning av aska.

M6 = Minneslundyta 6: Ytan är lokaliserad öster om vägen som följer åsens krön. Området, som utgörs av en tallhed med hävdad ängsliknande fältskikt, har aldrig använts för askspridning på så sätt som i den övriga minneslunden. Området har i ett tidigt skede använts till nedgrävning av askor.



Figur 1. Karta över Minneslunden med samtliga provtagningsytor.

Projektet har delats i följande delar:

Kemisk analys av påverkan på mark och vegetation av från askspridning

Biologisk analys av påverkan på vegetation av från askspridning

Genomförande

Val av provtagningsytor

Tidigare studier [5] som genomfördes på Stockholms stads begravningsplatser har visat att dagvattnet från begravningsplatserna generellt sett är låg. Studien som omfattade 10 provtagningsplatser visade på en mycket stor variation mellan de olika begravningsplatserna. Härvid varierade kvoten mellan högsta och lägsta uppmätta halt för de olika grundämnena mellan 10 och 100. Variationen har delvis förklarats med att den lokala påverkan vid de olika provtagningsplatserna var skiftande vilket påverkar de förekommande halterna. Det finns därför ett intresse att utreda orsakerna till de förhöjda uppmätta halterna.

Studien omfattade begravningsplatserna i sin helhet och inte endast minneslundar. Mätningarna saknar en jämförelse med likartade ytor inom närområdet. Studien gjordes inte för att visa hur stor påverkan spridningen av aska från krematorium har på dag- och grundvatten. Någon undersökning som visar hur spridning av aska påverkar vegetationen har inte genomförts i Stockholm.

Eftersom den erfarenhet som idag finns av spridning av aska är att påverkan av spridningen tycks vara låg valde projektet att genomföra undersökningen vid en minneslund med en storskalig askspridning. En sådan undersökning har två fördelar; dels borde påverkan vara lättare att detektera, dels borde man därigenom kunna visa att andra minneslundar med mindre spridningsmängder skulle ha ännu lägre påverkan från askspridningen.

Undersökningen förlades därför till Skogskyrkogårdens begravningsplats i Stockholm. Vid minneslunden på Skogskyrkogården har spridning av aska pågått sedan 1961. Omfattningen är numera cirka 1 500 spridningar per år. Det totala antalet askor som spridits eller grävts ner i minneslunden är 60 905 (per den 24 juni 2009). Totalt har alltså ca 2 300 ton aska tillförts minneslunden sedan 1961. Det betyder ca ett kilo aska per kvadratmeter. Askspridningen alternerar mellan flera delytor inom minneslunden.

Innan projektet påbörjades genomfördes det en granskning av minneslunden för att finna lämpliga provtagningsplatser först och främst för att kontrollera hur vegetationen påverkas av askspridning. Provtagningsplatserna valdes dels på ytor med pågående spridning och dels på ytor där spridningen skett under tidigare perioder (Minneslundsytor). För att få en referens till hur vegetationen sett ut om askspridning inte skett valdes två referensytor. Referensytorna valdes inom ett område på Skogskyrkogården med likartad struktur som minneslunden. Referensytorna förväntas vara utsatta för samma påverkan från omgivningen som minneslunden.

Val av analysparametrar

För att kunna studera hur spridningen av aska från krematorier påverkar mark, vatten och vegetation krävs det kännedom om vilka halter de olika grundämnena som förekommer i askan. Några särskilda analyser av tungmetallinnehåll och andra grundämnen av aska finns emellertid inte att tillgå. Av etiska skäl finns inga analyser av aska. Innan undersökningen kunde påbörjas genomfördes därför en

förstudie, se bilaga 1 "Förstudie", för att få fram uppgifter som kan användas för att räkna ut en sannolik halt av respektive grundämne i krematorieaskan.

Våren 1994 redovisade Pharos International [1] uppgifter om människokroppens sammansättning. Sammansättningen redovisades därvid som halter av de 34 vanligast förekommande grundämnena i människokroppen. Dessa uppgifter kan användas för att räkna ut den samlade sammansättningen av krematorieaska och de beståndsdelar som vid en kremering avgår med rökgaserna. Uppgifter om selen och silver saknas emellertid.

I tabell 1 nedan redovisas människokroppens sammansättning med hjälp av uppgifterna från Pharos omräknade till mängder. För att kunna räkna ut mängden av de olika ämnena erfordras det kunskap om en genomsnittlig kroppsvikt. I denna studie har denna antagits vara 70 kg.

Tabell 1. Människokroppens sammansättning

Ämne	mängd [gram]	Ämne	mängd [gram]
Syre	46 000	Strontium	0,14
Kol	12 900	Koppar	0,10
Väte	6 950	Bly	0,082
Kväve	1 850	Antimon	0,046
Kalcium	1 180	Tenn	0,031
Fosfor	540	Kadmium	0,031
Kalium	180	Vanadin	0,020
Svavel	175	Jod	0,020
Klor	84	Barium	0,016
Natrium	70	Kobolt	0,012
Magnesium	35	Mangan	0,011
Fluor	5,5	Nickel	0,009
Järn	3,6	Krom	0,006
Kisel	2,0	Molybden	0,005
Zink	1,9	Aluminium	0,002
Rubidium	1,2	Bor	0,001
Brom	0,15	Arsenik	0,0002

Pharos International våren 1994, <http://www.srgw.demon.co.uk/CremSoc>

Värdena angivna i gram räknat på en kroppsvikt om 70 kg.

Värdena i tabell 1 är användbara för de fall då inte amalgam och annat inplantat förekommer. Inplantat som återfinns efter kremeringen tas om hand och grävs ned på kyrkogården. Mindre delar av inplantat kan dock följa med krematorieaskan. Någon säker statistik över mängden inplantat som följer med askurnan finns inte. Amalgam³ består av ca 50 procent kvicksilver, 22–36 procent silver, 6 – 13 procent tenn, 0,8–15 procent koppar och 0,05–0,5 procent zink. Enligt Naturvårdsverkets branschfaktblad bär en genomsnittlig avliden på 10 gram amalgam vilket motsvarar cirka 5 000 mg kvicksilver, 1 000 mg tenn, 3 000 mg silver, 1 000 mg koppar samt 30 mg zink. Sammansättningen på de amalgamer som används har varit i de närmaste oförändrad de senaste 100 åren [9].

³ Nationalencyklopedin

Summan av mängden av grundämnen i tabell 1 och i 10 gram amalgam utgör den sammanlagda mängden grundämnen i krematorieaskan och i rökgaserna. Fördelningen mellan krematorieaska, partiklar och gasformiga föreningar i rökgaserna beror på de olika ämnens egenskaper.

Kistan och dess innehåll av olika grundämnen tillkommer dessutom i krematorieaskan. Detta har dock bortsetts ifrån i denna undersökning i enlighet med bilaga 1 "**Förstudie**".

Massan på krematorieaskan har i bilaga 1 "**Förstudie**" beräknats uppgå till knappt 4 kg. Denna vikt kan användas för att beräkna halten av tungmetaller i askan.

Sista steget i att få fram halten av olika grundämnen i krematorieaskan är att uppskatta fördelningen mellan mängden metaller i krematorieaskan och mängden i partikulär form som följer med rökgaserna. I bilaga 1 "**Förstudie**" genomförs en jämförelse mellan hur metaller i biobränsle fördelar sig i den aska som hamnar i botten av en panna (bottenaska) och i den aska som följer med rökgaserna (flygaska). Eftersom kokpunkten för kvicksilver är låg kan halten kvicksilver i krematorieaskan förväntas vara obefintlig, se bilaga 1 "**Förstudie**".

Mängden grundämnen som förekommer i partikelfas i rökgaserna kan beräknas genom att analysera de partiklar som avskiljs i textiltfiltret vid ett krematorium. En baklängesräkning baserat på tabell 1 kan därefter ge en uppskattning av förekommande halter av olika grundämnen i krematorieaskan. I projektet bestämdes det därför att prov skulle tas på såväl oanvänd kolblandning som förbrukad kolblandning (residual) vid krematorierna i Råcksta och i Skogskyrkogården. Kolblandningen i Råcksta utgörs av aktivt kol och bikarbonat medan kolblandningen i Skogskyrkogården utgörs av aktivt kol och kalk. Den kemiska analysen av använt och oanvänt kolfilterpulver från Skogskyrkogårdens och Råcksta krematorier indikerar dock att den av Naturvårdsverket angivna genomsnittliga mängden amalgam kan vara för stor.

Sammanfattningsvis framkommer det av bilaga 1 "**Förstudie**" att grundämnena silver, koppar och tenn är mycket viktiga och skall ingå i projektet. Övriga grundämnen som skall analyseras framgår av underkapitel "*Analysparametrar- och provtagning*" i bilaga 1.

Resultat

Sammanfattning

Sammanfattning av de kemiska analyserna

Trots denna stora mängden aska som spritts i minneslunden på Skogskyrkogården visar analyserna att påverkan på den kemiska sammansättningen av mark och vegetation är marginell.

Generellt sett kan sägas att den kemiska sammansättningen av krematorieaska i stort är samma som för benmjöl. En viktig skillnad är dock att krematorieaskan innehåller ett tillskott av silver, koppar och tenn som härrör från amalgam. Detta ses också i analyserna. En viss förhöjning av tungmetaller kan också ses då människans långa livslängd möjliggör ett ackumulerat upptag av tungmetaller i benstomme.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att de grundämnen som bäst indikerar att spridning av krematorieaska påverkar mark och vegetation i en minneslund är de förhöjda halterna av fosfor, kalcium och silver. I jord kan också en viss förhöjning av halten molybden påvisas. I de prover som har tagits på grässtrån och barr kan en ökning av grundämnen såsom titan, antimon och krom konstateras men också en viss förhöjning av kalcium, barium, kobolt och koppar.

Genomförda mätningar visar att i stort sett alla metalljoner binds i den översta delen av markprofilen och att grundvattnet därmed inte påverkas i någon nämnvärd utsträckning av spridningen. Indikationer pekar dock på att sett över ett längre tidsperspektiv (decennier) kan vissa tungmetaller komma att vandra nedåt i jordprofilen. I undersökningen har detta konstaterats ske nedåt 30 cm.

I det här avseendet stämmer undersökningens resultat med de studier som ledde fram till tidigare rekommendationer om minst 1 meter mellan kistans botten och grundvattennivån. Slutsatsen är att metallernas rörlighet är låg och att endast det övre markskiktet påverkas.

Kemiska analyser

Lakvatten – Råcksta begravningsplats

Ett vattenprov togs i en brunn nedströms ett urngravskvarter på Råcksta begravningsplats. De närmaste urnorna i urngravskvarteret ligger några meter uppströms dagvattenbrunnen. Avståndet är 185 meter från minneslunden. Området togs i bruk för gravsättning av urnor i mitten av 1980-talet (cirka 25 år sedan). När området byggdes i början av 1960-talet fylldes det upp med "sopsand" från stadens gator. Lakvattnet kan därmed påverkas av föroreningarna i "sopsanden". Provet⁴ får betecknas som en blandning av dag- och lakvatten. Resultatet visas i tabell 2.

I tabell 2 finns också en jämförelse med de riktvärden som Stockholms Vatten använder avseende "tjänligt grundvatten". För mangan och järn har jämförelsen skett med gränsvärdet för dricksvatten.

⁴ Börje Olsson, före detta teknisk direktör, Stockholms kyrkogårdsförvaltning

Tabell 2. Halter i lakvatten versus nederbörd

Ämne	Räcksta, lakvatten	Nederbörd	Tjänligt grundvatten	enhet
Kalcium	38,6		100	mg/l
Järn	2,7		0,1	mg/l
Kalium	2,53		100	mg/l
Magnesium	4,03		30	mg/l
Natrium	3,96		100	mg/l
Svavel	3,24		100	mg/l
Silver	<0,5			µg/l
Aluminium	52,1		100	µg/l
Arsenik	2,39	0,16	1	µg/l
Barium	25,7			µg/l
Kadmium	0,083	0,038	0,1	µg/l
Kobolt	0,587	0,020	1	µg/l
Krom	1,68	0,18	1,1	µg/l
Koppar	6,72	1,37	5	µg/l
Kvicksilver	<0,02		0,01	µg/l
Mangan	218		50	µg/l
Nickel	2,21	0,27	11	µg/l
Bly	2,78	0,84	1	µg/l
Antimon	0,414			µg/l
Tenn	<0,5			µg/l
Zink	5	6,6	100	µg/l

Emellertid bör det också beaktas att de i "sopsanden" mest lakbara ämnena sannolikt har lakats ut varför påverkan från dessa kan vid provtagningstillfället antas vara marginell. Lakning från bleck- och kopparurnor sker sannolikt mycket långsamt och har därmed en mindre påverkan på lakvattnet. Påverkan från "sopsanden" visas genom den förhöjda halten av särskilt bly, krom och arsenik i lakvattnet. Dessa tre grundämnen härrör sannolikt från "sopsanden".

Av tabellen framkommer det att halterna av arsenik, kobolt, krom, koppar och nickel i lakvattnet är förhöjda mer än en faktor fem gentemot nederbörd medan halten av kadmium och bly är måttligt förhöjda. Halten zink är i nivå med halten i nederbörd. Halten av bly och arsenik överstiger för vad som utgör "tjänligt grundvatten". Det är anmärkningsvärt att halten bly i nederbörd är i nivå med vad som anses vara "tjänligt grundvatten". Uppgifter om uppmätt halt av silver i nederbörd saknas varför någon jämförelse inte har kunnat genomföras för denna metall.

Tidigare analyser [5] av dagvatten har genomförts vid Stockholms begravningsplatser. De grundämnen som därvid analyserades var Ca, Fe, K, Mg, Na, S, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, N samt P.

Proven⁵ från Spånga Kyrkogård, Bromma Kyrkogård, Sandsborgskyrkogården samt Galärvarvs-kyrkogården kan utgöra dagvatten, proven från Strandkyrkogården kan utgöra lakvatten samt proven

⁵ Tolkning av Börje Olsson, före detta teknisk direktör, Stockholms kyrkogårdsförvaltning

från Råcksta Begravningsplats, Skogskyrkogården, Västberga begravningsplats, Brännkyrka kyrkogård samt Norra Kyrkogården kan utgöra en blandning av dag- och lakvatten.

Halten i de tagna proverna är förhållandevis låga med några undantag för förhöjda halter av aluminium, koppar samt bly. Spånga Begravningsplats visade däremot förhöjda halter av flertalet uppmätta tungmetaller. Silver analyserades inte vid detta tillfälle.

Dessa analyser är samstämmiga med det prov som tog vid Råcksta begravningsplats om det beaktas den påverkan som kan antas ske från tidigare deponerad ”sopsand”. Analyserna visar att påverkan på lakvatten från en begravningsplats är marginell vad avser metaller.

Vegetation - Skogskyrkogården

Analyser av metallinnehållet i gräs (fårsvingel) och tallbarr har genomförts på prov från en minneslundyta (M5) med aktuell askspridning samt från en referensyta (R1) som är av likartad karaktär men där ingen spridning har förekommit. M5 är en nyligen askad yta. Växtdelarna har analyserats med avseende på ett flertal metaller. Referensytan R1 ligger sydväst om krematoriet varför denna yta kan vara påverkad av rökgasplymen från krematoriet. Särskilt halten kvicksilver skulle kunna ha påverkats vilket dock inte har kunnat konstateras i vegetationsproverna, se tabell 3.

Tabell 3. Halter i vegetation (gräs och barr)

Ämne	Gräs R1	Barr R1	Gräs M5	Barr M5	halt	Kvot gräs	Kvot barr
Aluminium	400	275	943	271	mg/kg TS	2,4	1,0
Antimon	0,152	0,237	2,49	0,50	mg/kg TS	16	2,1
Barium	13,6	3,57	117	21	mg/kg TS	8,6	5,9
Bly	3,34	0,632	3,02	1,42	mg/kg TS	0,9	2,2
Fosfor	1440	1020	22300	2070	mg/kg TS	16	2,0
Järn	572	182	1560	398	mg/kg TS	2,7	2,2
Kadmium	0,16	0,033	0,12	0,059	mg/kg TS	0,7	1,8
Kalcium	3690	2560	50900	4980	mg/kg TS	14	1,9
Kalium	12100	5320	13400	5880	mg/kg TS	1,1	1,1
Kobolt	0,317	0,203	2,67	0,71	mg/kg TS	8,4	3,5
Koppar	5,88	3,71	38,7	7,15	mg/kg TS	6,6	1,9
Krom	1,26	0,40	15,3	3,44	mg/kg TS	12	8,6
Kvicksilver	0,037	0,039	0,047	0,049	mg/kg TS	1,3	1,2
Magnesium	1250	1090	2280	1410	mg/kg TS	1,8	1,3
Mangan	512	440	514	117	mg/kg TS	1,0	0,3
Molybden	0,88	0,15	2,71	1,01	mg/kg TS	3,1	6,6
Natrium	223	467	1850	1100	mg/kg TS	8,3	2,4
Nickel	1,9	0,9	5,73	1,94	mg/kg TS	3,0	2,2
Silver	0,060	0,02	3,49	1,55	mg/kg TS	58	78
Tenn	0,182	0,22	1,26	0,85	mg/kg TS	6,9	3,9
Titan	34,3	9,54	388	69,6	mg/kg TS	11	7,3
Vanadin	1,41	0,40	1,98	0,51	mg/kg TS	1,4	1,3
Zink	56,4	46,4	212	69,5	mg/kg TS	3,8	1,5

Kvot = kvoten mellan halt metall i spridningsyta och referensyta

Den största relativa ökningen i metallhalt i vegetationen mellan minneslundytan och referensytan generellt sett uppvisas för silver, titan, barium och krom. Ökningen i gräs är stor för silver, kalcium, kobolt, krom, koppar, natrium, fosfor, antimon, tenn och titan. För barr uppvisas den största ökningen för silver, barium, krom, molybden och titan. Sannolikt beror detta på skillnader i de olika växternas upptagningsförmåga. Den stora höjningen av kalcium och fosfor i gräs i M5 tyder på att det också har fastnat askpartiklar på grässtrånas yta. Halten av kalcium och fosfor är dock dubbelt så höga i tall i M5 jämfört med R1. Detta visar att upptaget av dessa näringsämnen ökar där spridning av krematorieaska sker.

Det faktum att M5 är en nyligen askad yta kan förklara skillnaden mellan upptaget i barr och i gräs. Exempelvis är kvoten av upptag mellan M5 och R1 betydligt högre för gräs än för barr. Detta gäller särskilt för koppar, fosfor, antimon och tenn. Sannolikt beror detta på att tallens djupa rötter tar upp sin näring från ett sådant djup där metallerna från askan inte har nått. En del av analysresultatet för

gräs kan som nämnts tidigare bero på att aska fastnat på grässtrånas utsida. Detta innebär att det är svårt att dra några slutsatser huruvida gräs (fårsvingel) skulle vara en bättre indikator än barr (tall) för att bedöma påverkan från askspridning i minneslunden. De förhöjda halterna avseende silver i både gräs och tall vittnar emellertid om att silver är bra indikator för att bedöma påverkan från minneslunden.

Mark - Skogskyrkogården

Provtagning av markprover har skett vid tre ytor varav två ytor i minneslunden (M1 och M5) och en referensyta utanför minneslunden (R1). Provtagningen skedde vid tre olika nivåer:

- ✓ Direkt under förna, mineraljorden under förnan.
- ✓ Marklagrets underkant, på ett djup av 10-15 cm.
- ✓ Alven närmast grunden, under den synliga humuspåverkan av mineraljorden, djup 20- 30 cm

Proverna är tagna i en ursvallad rullstensås. Den övre delen av jordprofilen är påverkad av humus. Jordmånen är mycket rik på rullstenar, en mycket grovkornig jordmån. Jordproven består av den finkornigare delen; från grus till lera. M1 är ett gammalt spridningsområde från 1960-talet där en askmineralisering har skett. M5 är en yta med pågående intensiv askspridning. M6 är gammal yta med nedgrävd aska.

I tabell 4 nedan visas en jämförelse mellan de uppmätta värdena i spridningsyta M5 och referensytan R1. Tabellen visar att den största påverkan sker i nivå 1 medan de två andra djupare nivåerna i det närmaste är opåverkade.

Tabell 4. Halter i markprover, jämförelse mellan M5 och R1

Ämne	M5 nivå 1	M5 nivå 2	M5 nivå 3	R1 nivå 1	R1 nivå 2	R1 nivå 3	enhet
Aluminiumoxid	6	13	13,5	2,11	6,47	12,1	% TS
Fosforoxid	3,9	0,57	0,17	0,23	0,18	0,12	% TS
Järnoxid	2,27	2,84	4,21	1,03	2,21	2,96	% TS
Kalciumoxid	5,8	2,17	1,81	0,81	0,91	1,6	% TS
Kaliumoxid	1,91	3,81	3,43	0,65	1,91	3,52	% TS
Kiseldioxid	22,4	66,9	63,7	10,8	32,9	68	% TS
Magnesiumoxid	0,48	0,86	1,18	0,19	0,36	0,79	% TS
Manganoxid	0,041	0,049	0,055	0,021	0,023	0,050	% TS
Natriumoxid	1,32	2,92	2,68	0,369	1,34	2,7	% TS
Titanoxid	0,44	0,28	0,34	0,10	0,18	0,33	% TS
Antimon	1,39	0,246	0,108	1,86	1,19	0,088	mg/kg TS
Arsenik	4,28	1,74	1,95	2	4,79	1,55	mg/kg TS
Barium	654	778	666	145	361	650	mg/kg TS
Bly	103	22,2	13,8	246	173	11	mg/kg TS
Kadmium	0,36	0,076	0,041	0,56	0,46	0,047	mg/kg TS
Kobolt	1,96	3,89	6,4	1,76	2,07	2,27	mg/kg TS
Koppar	34,1	31,7	8,48	23,4	19,5	4,89	mg/kg TS
Krom	42,9	45,4	55,6	21,5	30,2	36,5	mg/kg TS
Kvicksilver	0,36	0,072	0,041	0,72	0,41	0,04	mg/kg TS
Molybden	41,2	6	6	6	6	6	mg/kg TS
Nickel	11,2	5,24	10,2	11	12,5	3,69	mg/kg TS
Svavel	1610	327	191	2230	1490	110	mg/kg TS
Strontium	111	252	231	40,6	109	228	mg/kg TS
Vanadin	43,5	38	51,8	29,2	47,6	38,7	mg/kg TS
Zink	107	75,7	88,9	95,5	67	23,5	mg/kg TS
Silver	1,65	0,22	0,13	0,25	0,30	0,073	mg/kg TS
Tenn	3,67	0,79	0,48	3,77	4,08	0,44	mg/kg TS

Halternas avser TS dvs. räknade på torrt innehåll.

Av tabellen framgår det också tydligt att halterna skiljer betydligt i de olika nivåerna. Det är således av största vikt att provtagningen sker på ett mer väldefinierat sätt för att kunna få en korrekt jämförelse mellan en minneslundsyta och en referensyta. Detta var dock inte möjligt att göra i den mycket grovkorniga jordarten i såväl minneslundan som i referensytan. För att kunna ta jordprover fick knytänsstora rullstenar plockas bort och jordprover tas i provgrupens schaktsida mellan rullstenarna.

På motsvarande sätt visas i tabell 5 skillnaden mellan minneslundyta M5 och minneslundyta M1. Skillnaden mellan dessa ytor ger ett mått på hur grundämnena härrörande från askan sprids sett över tiden. M5 är en pågående spridningsyta medan M1 är en gammal spridningsyta från 1960-talet varför en mineralisering och utlakning av vissa metaller har hunnit ske. Likaså kan denna tabell avslöja huruvida metallhalterna har penetrerat de två djupare nivåerna.

Tabell 5. Halter i markprover, jämförelse mellan M5 och M1

Ämne	M5 nivå 1	M5 nivå 2	M5 nivå 3	M1 nivå 1	M1 nivå 2	M1 nivå 3	enhet
Aluminiumoxid	6	13	13,5	3,6	8,5	12,5	% TS
Fosforoxid	3,9	0,57	0,17	15	6,9	1,95	% TS
Järnoxid	2,27	2,84	4,21	2,82	2,69	5,08	% TS
Kalciumoxid	5,8	2,17	1,81	22,6	10,1	3,41	% TS
Kaliumoxid	1,91	3,81	3,43	1,17	2,99	3,15	% TS
Kiseldioxid	22,4	66,9	63,7	15,6	45,6	56,5	% TS
Magnesiumoxid	0,48	0,86	1,18	1,09	0,789	1,15	% TS
Manganoxid	0,041	0,049	0,055	0,135	0,101	0,082	% TS
Natriumoxid	1,32	2,92	2,68	0,87	1,82	2,45	% TS
Titanoxid	0,44	0,28	0,34	0,89	0,96	0,60	% TS
Antimon	1,39	0,246	0,108	5,66	4,39	1,17	mg/kg TS
Arsenik	4,28	1,74	1,95	4,16	2,57	1,32	mg/kg TS
Barium	654	778	666	2 100	1 480	813	mg/kg TS
Bly	103	22,2	13,8	82	51,7	20,2	mg/kg TS
Kadmium	0,36	0,076	0,041	0,45	0,3	0,065	mg/kg TS
Kobolt	1,96	3,89	6,4	2,93	2,45	3,45	mg/kg TS
Koppar	34,1	31,7	8,48	71,5	28,4	8,18	mg/kg TS
Krom	42,9	45,4	55,6	118	66,5	66,4	mg/kg TS
Kvicksilver	0,36	0,072	0,041	0,16	0,1	0,042	mg/kg TS
Molybden	41,2	6	6	6	6	6	mg/kg TS
Nickel	11,2	5,24	10,2	17	10,9	5,9	mg/kg TS
Svavel	1610	327	191	1210	693	181	mg/kg TS
Strontium	111	252	231	147	171	214	mg/kg TS
Vanadin	43,5	38	51,8	30,1	30,2	52	mg/kg TS
Zink	107	75,7	88,9	444	222	77	mg/kg TS
Silver	1,65	0,22	0,13	54,3	17,5	0,66	mg/kg TS
Tenn	3,67	0,79	0,48	22,8	8,67	1,52	mg/kg TS

Halterna avser TS dvs. räknade på torrt innehåll.

För att enkelt kunna utläsa skillnader i halter mellan spridningsyta och referensyta samt mellan de två olika minneslundsytorerna har tabell 6 skapats. Kvoterna mellan M5 och R1, mellan M1 och R1 samt mellan M1 och M5 redovisas i tabell 6.

- Kvoten mellan M5 och R1 ger ett mått på hur en pågående askspridning påverkar marken och därmed vad som händer omedelbart i samband med askspridningen.

- Kvoten mellan M1 och R1 ger ett mått på hur en gammal avslutad askspridningsyta är påverkad och därmed hur askspridningen påverkar marken på längre sikt.
- Kvoten mellan M1 och M5 ger ett mått på rörligheten hos de metaller som tillförs marken via askspridningen och därmed hur askspridningen sett över tiden påverkar marken.

I tabellen har en höjning med en faktor över fem markerats med grå färg. Denna höjning har bedömts vara så "hög" att den är signifikant och därför redovisas i den löpande texten.

Tabell 6. Förhållande mellan halt i yta och referensyta

Ämne	M5/R1 nivå 1	M5/R1 nivå 2	M5/R1 nivå 3	M1/R1 nivå 1	M1/R1 nivå 2	M1/R1 nivå 3	M1/M5 nivå 1	M1/M5 nivå 2	M1/M5 nivå 3
Aluminiumoxid	2,8	2,0	1,1	1,7	1,3	1,0	0,6	0,7	0,9
Fosforoxid	17,2	3,1	1,4	66,5	37,6	16,4	3,9	12,1	11,3
Järnoxid	2,2	1,3	1,4	2,7	1,2	1,7	1,2	0,9	1,2
Kalciumoxid	7,1	2,4	1,1	27,8	11,1	2,1	3,9	4,7	1,9
Kaliumoxid	2,9	2,0	1,0	1,8	1,6	0,9	0,6	0,8	0,9
Kiseldioxid	2,1	2,0	0,9	1,4	1,4	0,8	0,7	0,7	0,9
Magnesiumoxid	2,5	2,4	1,5	5,7	2,2	1,5	2,3	0,9	1,0
Manganoxid	2,0	2,1	1,1	6,5	4,4	1,7	3,3	2,1	1,5
Natriumoxid	3,6	2,2	1,0	2,4	1,4	0,9	0,7	0,6	0,9
Titanoxid	4,4	1,5	1,0	9,0	5,3	1,8	2,0	3,5	1,8
Antimon	0,7	0,2	1,2	3,0	3,7	13,3	4,1	17,8	10,8
Arsenik	2,1	0,4	1,3	2,1	0,5	0,9	1,0	1,5	0,7
Barium	4,5	2,2	1,0	14,7	4,1	1,3	3,3	1,9	1,2
Bly	0,4	0,1	1,3	0,3	0,3	1,8	0,8	2,3	1,5
Kadmium	0,6	0,2	0,9	0,8	0,7	1,4	1,3	4,0	1,6
Kobolt	1,1	1,9	2,8	1,7	1,2	1,5	1,5	0,6	0,5
Koppar	1,5	1,6	1,7	3,1	1,5	1,7	2,1	0,9	1,0
Krom	2,0	1,5	1,5	5,5	2,2	1,8	2,8	1,5	1,2
Kvicksilver	0,5	0,2	1,0	0,2	0,2	1,0	0,5	1,4	1,0
Molybden	6,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0	1,0
Nickel	1,0	0,4	2,8	1,5	0,9	1,6	1,5	2,1	0,6
Svavel	0,7	0,2	1,7	0,5	0,5	1,6	0,8	2,1	0,6
Silver	6,6	0,7	1,7	217,2	58,5	9,1	32,9	79,5	5,2
Strontium	2,7	2,3	1,0	3,6	1,6	0,9	1,3	0,7	0,9
Tenn	1,0	0,2	1,1	6,0	2,1	3,4	6,2	10,9	3,1
Vanadin	1,5	0,8	1,3	1,0	0,6	1,3	0,7	0,8	1,0
Zink	1,1	1,1	3,8	4,6	3,3	3,3	4,1	2,9	0,9

Halterna avser TS dvs. räknade på torrt innehåll.

Den akuta påverkan från askspridningen innebär förhöjda halter av fosfor, kalcium, molybden och silver i det översta skiktet. De djupare nivåerna är i stort sett oförändrade med undantag för en viss höjning av fosfor, kalcium, magnesium, mangan, natrium, barium och strontium. I de djupare nivåerna är den kortsiktiga påverkan ungefär lika stor som vid gödsling med benmjöl.

Den långsiktiga påverkan från askspridningen innebär förhöjda halter av fosfor och silver i alla tre nivåerna och en förhöjning av kalcium och titan, i de två översta nivåerna. I den översta nivån är halten dessutom förhöjd av magnesium, mangan, barium, krom och tenn.

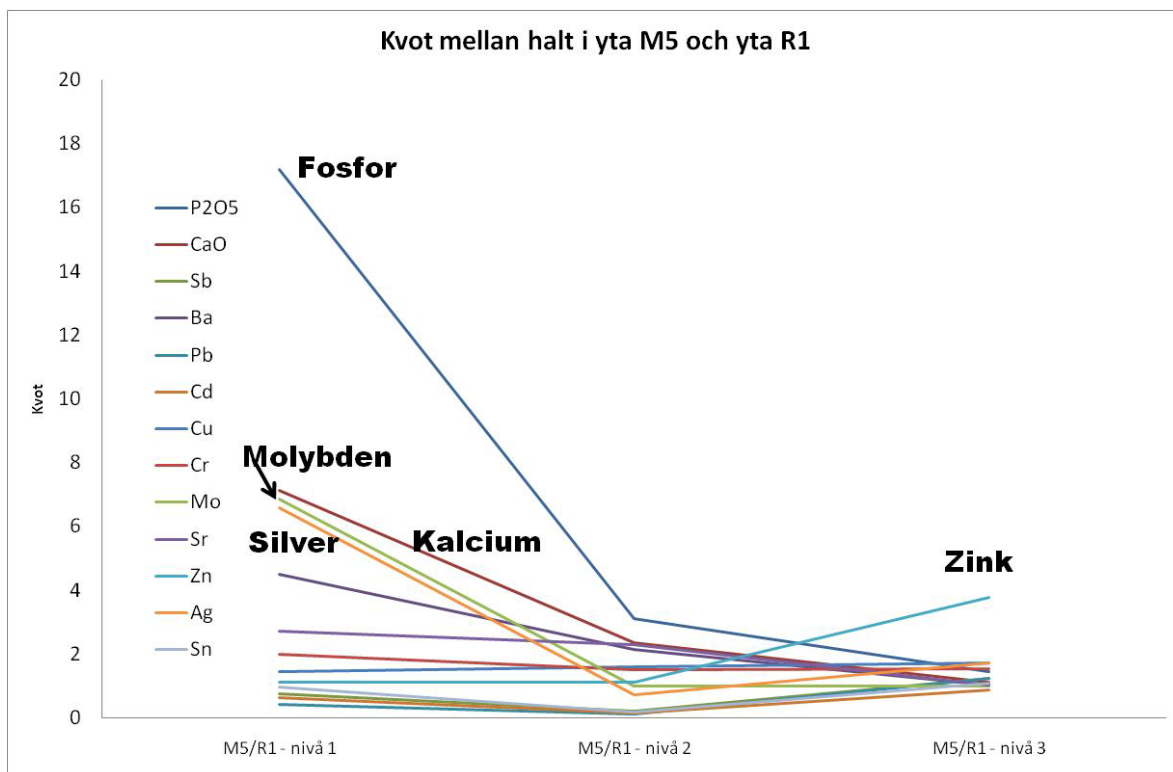
Hur utlakningen av metallerna sker sett över tiden visas i de tre sista kolumnerna. Fyra grundämnen sticker ut; silver, antimon, tenn och fosfor och i viss mån kalcium. Detta betyder att dessa metaller fortsätter att lakas ut under en lång tid och därigenom påverka marken sett över tiden.

Den största långsiktiga ökningen av förekommande halt sker för fosfor, kalcium, silver, titan och barium men också halten av antimon, tenn, krom, magnesium och mangan ökar.

Generellt kan det konstateras att påverkan av metallhalter är störst i nivå 1 och i viss mån nivå 2. Nere på nivå 3 är påverkan endast marginell med undantag för en långsam urlakning av fosfor, antimon och silver. Detta kan tolkas som att i stort sett alla metalljoner binds i den översta delen av markprofilen och att djupare liggande grundvatten inte påverkas av spridningen. Slutsatsen är att metallernas rörlighet är låg och att huvudsakligen är det övre markskiktet som påverkas.

Detta framgår också av figur 2 nedan som visar kvoten mellan M 5 och referensyta R1. Av figuren visas det tydligt att kvoten är närmare 1 för flertalet grundämnen vid nivå 3. Detta indikerar att flertalet ämnen är relativt orörliga och att askspridningen endast påverkar ytskiktet. De ämnen som tydligast påverkar den övre nivån är fosfor men också kalcium, molybden och silver. Figuren visar också ett undantag från denna regel; zink som ökar mer vid nivå 3 än vid nivå 1. Detta skulle tyda på att zink är lättrorligt och ganska snabbt utlakas så att detta ämne tränger ner till nivå 3. Förklaringen torde vara att zink bildar negativa zinkjoner vid de höga pH-värden som lokalt bildas vid spridningen. Ökningen av zinkhalt är dock endast måttlig. Påverkan blir som en gödsling med benmjöl som också håller en hög halt av kalcium och fosfor.

Figur 2. Kvot mellan uppmätta metallhalter i spridningsyta M5 och referensyta R1

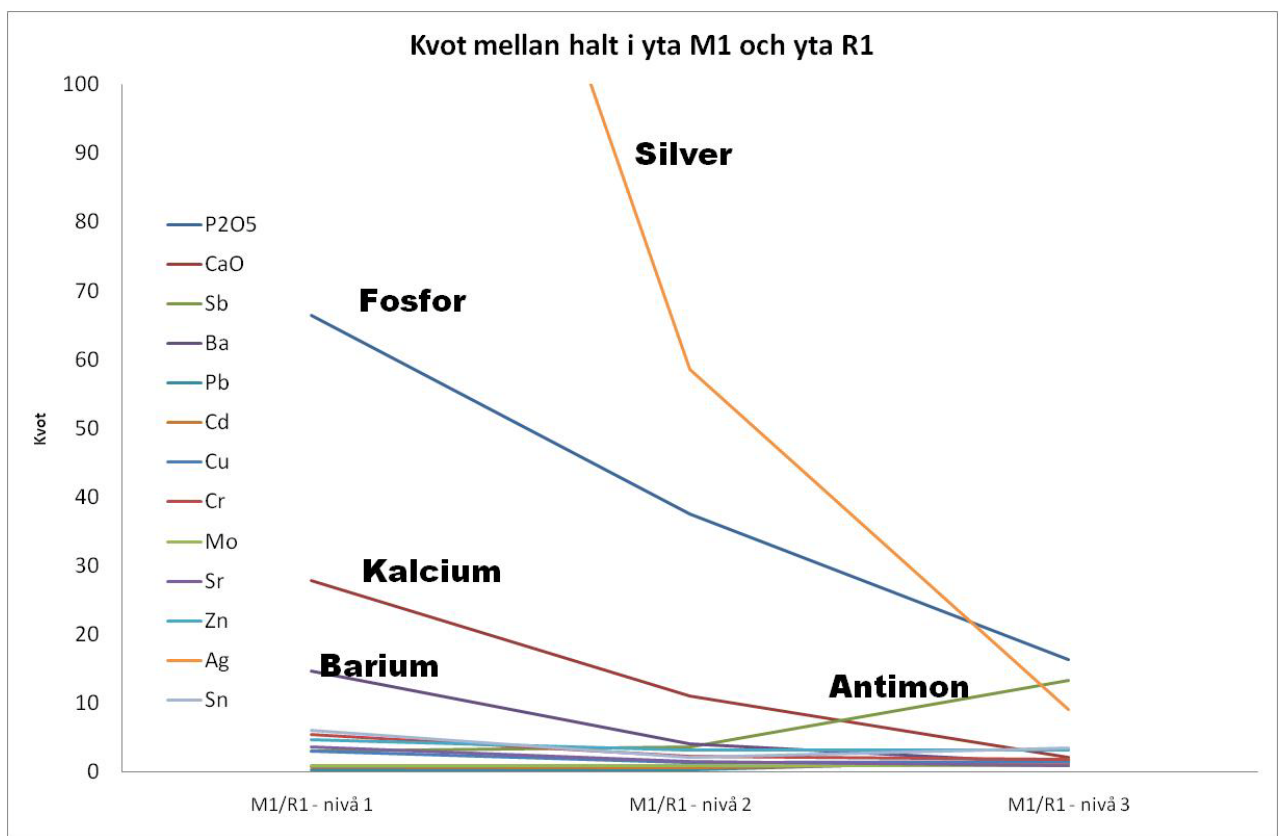


Kvoten mellan M1 och referensyta R1 visas i nedanstående figur 3. Av figuren framgår det tydligt att kvoterna är högre för flertalet grundämnen vid denna spridningsyta än de var för yta M5 där spridning sker just nu. Orsaken kan förklaras med att utlakningen av flertalet grundämnen från den tillförda askan har hunnit ske genom att yta M1 har varit utsatt för flera års nederbörd.

Intressant att notera är att kvoten för silver har "gått" om kvoten för fosfor vilket indikerar att silver är ett orörligare ämne som dock genom "tidens tand" hunnit lakas ut från metalliskt silver härrörande från käkamalgam. Eftersom silver är ett förhållandevis sällsynt grundämne så behöver inga större mängder lakas ut från askan för att kvoten skall bli hög jämfört med referensytan R1. Grundämnet antimon ökar dock mer vid nivå 3 än vid nivå 1 och 2 vilket skulle tyda på att detta ämne sett över en längre tid är rörligt. Orsaken torde här vara detsamma som för zink att antimon som är kemiskt besläktat med fosfor och arsenik bildar relativt svårslösliga negativa joner vid höga pH-värden. Detta skulle förklara att detta grundämne inte har hunnit lakas ut vid yta M5 men väl vid yta M1.

Även sett över en längre tid blir påverkan av askspridning som en gödsling med benmjöl som håller en hög halt av kalcium och fosfor med en viss ökad halt av silver och antimon.

Figur 3. Kvot mellan uppmätta metallhalter i spridningsyta M1 och referensyta R1

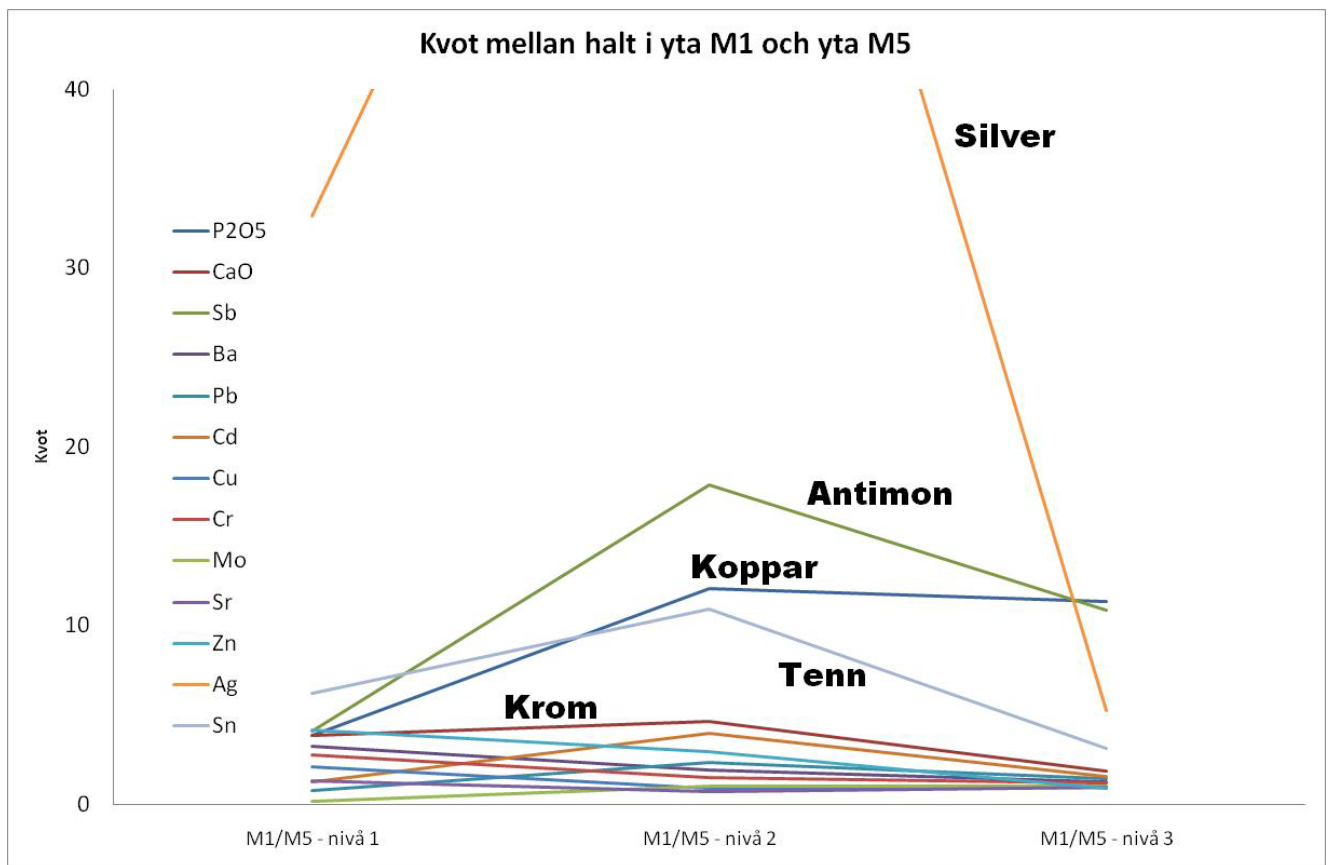


En tredje kvot som är intressant att studera är kvoten mellan M1 och M5. Detta ger ett direkt mått på hur de olika grundämnena lakas ut sett över tiden. Detta visas i figur 4.

Intressant att notera är kvoterna för de relativt svårlösliga grundämnena. De är i fallande ordning; silver, antimon, koppar, tenn och krom. Kvoterna för dessa metaller visar att urlakningen från den spridda askan pågår i decennier. Ett annat fenomen som är intressant att notera är att ökningen sett över tiden är högst för nivå 2. Dock är halten nere på nivå 3 högre vid yta M1 än vid M5 vilket visar att dessa grundämnen på lång sikt når ner till nivå 3.

Frågan är därför om dessa ämnen – sett på mycket lång sikt- kan komma att bli högre vid nivå 3 än vid nivå 2. Studien visar emellertid att påverkan från askspridning är en långsam process.

Figur 4. Kvot mellan spridningsyta M1 och spridningsyta M5



Residual från krematorier

Analys har skett i enlighet med bilaga 1 "Förstudie" av oanvänt och använt aktivt kol⁶ från rökgasreningen vid Skogskyrkogårdens krematorium och Råcksta krematorium. Som framgår av bilaga 1 kan det konstateras att eftersom kvicksilver är en metall med låg kokpunkt avgår närmare 100% av metallen med rökgaserna. Innehållet av kvicksilver i krematorieaskan kan därför förväntas vara obefintligt.

Tabell 7. Analys av oanvänt och använt aktivt kol från krematorieverksamhet

Ämne	Skogs- krematoriet	Skogs- krematoriet blank	Råcksta	Råcksta blank	enhet
Bly	150	1,38	270	2,64	mg/kg
Fluorid	0,11	0,002	0,03	0,003	%
Fosfor	2 850	236	3 300	1 030	mg/kg
Kadmium	23	0,02	25	0,02	mg/kg
Järn	6 000	8 800	26 000	<1 000	mg/kg
Kalium	106 000	800	105 000	1000	mg/kg
Klorid	21,3	0,1	17,3	0,1	%
Koppar	97	9,24	111	9,53	mg/kg
Kvicksilver	1 400	0,02	1 160	0,038	mg/kg
Molybden	6,0	1,22	26	1,42	mg/kg
Natrium	40 000	1 120	120 000	110 000	mg/kg
Svavel	37400	1 340	68 000	1 600	mg/kg
Tenn	72	0,29	91	0,55	mg/kg
Titan	370	500	500	350	
Zink	7 800	29	8 700	12	mg/kg

Det kan observeras att "blank"-proven för de två krematorierna skiljer sig vad avser natrium-innehållet. Den höga halten natrium i det aktiva kolet från Råcksta krematorium förklaras av att detta "aktiva kol" innehåller natriumbikarbonat till skillnad mot Skogskyrkogårdens krematorium som innehåller kalk.

Baserat på en genomsnittlig mängd residual om 400 gram per kremering kan ovanstående halter räknas om till de mängder av olika grundämnen en kremering tillför residualet. Dessa mängder kan därefter jämföras med uppgifterna avseende kroppens innehåll av olika grundämnen som redovisats i tabell 1. Differensen mellan dessa bör utgöra ett närmevärde för innehållet i askan efter en kremering, se tabell 8.

⁶ Med aktivt kol avses en blandning av aktivt kol och kalk vid Skogskyrkogårdens krematorium och aktivt kol och bikarbonat vid Råcksta krematorium.

I denna tabell har en jämförelse skett med de antaganden om fördelningen mellan krematorieaska och den aska som följer med rökgaserna som gjordes i bilaga 1 "Förstudie". Jämförelsen har härvid också gjorts med hur askan vid förbränning av i biobränsle fördelas mellan botten- och flygaska.

Ett grundämne sticker härvid ut; kadmium. Eftersom kadmium är en relativt flyktig metall brukar en betydande del av denna metall följa med rökgaserna och anrikas på de partiklar som avskiljs i ett textilfilter. I biobränsleaska återfinns 99% av kadmiummängden i flygaskan medan vid kremering återfinns endast 30% i rökgaserna. Detta kan bero på åtminstone två orsaker; en jämförelse med biobränsleaska är inte helt tillförlitlig och/eller att halten av åtminstone bly och kadmium enligt ref [1] inte är korrekt.

Tabell 8. Beräkning av innehåll av olika grundämnena i krematorieaskan

Ämne	Kroppen	Med rökgaser till textilfilter	enhet	Beräknad andel i krematorie aska	Andel i biobränsle- aska	enhet
Bly	80	60	mg	25	2	%
Fluorid	5 500	440	mg	90		%
Fosfor	540 000	1 140	mg	100	50	%
Kadmium	30	9,2	mg	70	1	%
Kalium	180 000	42 400	mg	80	50	%
Koppar	100	38,8	mg	60	50	%
Kvicksilver	0	560	mg	0		%
Molybden	5	2,4	mg	50		%
Natrium	70 000	16 000	mg	80		%
Svavel	180 000	15 000	mg	90		%
Tenn	30,8	28,8	mg	6		%
Zink	1890	3 100	mg	<0	6	%

Vissa andra slutsatser kan också dras. Den förväntade mängden koppar, tenn och silver uppgår till ett par gram per kremering. I använt aktivt kol återfinns enligt tabell 8 det cirka 50 mg koppar och tenn per kremering varför det kan beräknas att cirka 95% av mängden koppar, tenn (och sannolikt också silver) från kroppen stannar kvar i askan.

Värdena i tabell 8 får tolkas med stor försiktighet. Vissa flyktiga komponenter såsom fluor och svavel (som svaveldioxid) kan passera textilfiltret varför andelen i askan kan vara låg trots att endast 10% fastnar i residualet.

Utifrån tabell 8 och ovanstående slutsatser kan det konstateras att summan av den antagna mängden i krematorieaska och den uppmätta mängden i rökgaserna (som avskilts som filterresidual)

i stort motsvarar den antagna mängden i människokroppen (antagen mängd i jordbegravd). Två undantag finns dock; zink och kvicksilver. Dessa beräkningar redovisas i tabell 9.

Tabell 9. Beräkning av innehåll av olika grundämnen i krematorieaskan

Grundämne	Antagen mängd jordbegravd	Antagen mängd i krematorieaska	Avskild mängd i textfilter	Summa i krematorieaska och rökgaser	enhet
Bly	80	40	60	100	mg
Kadmium	30	10	9	20	mg
Koppar	1 100	1 100	40	1 100	mg
Kvicksilver	5 000	0	560	560	mg
Molybden	5	5	2,5	7,5	mg
Silver	3 000	3 000		3 000	mg
Tenn	1 000	1 000	30	1 000	mg
Zink	2 000	1500	3 100	4 500	mg

Mängden zink i rökgaserna är högre än den antagna mängden i människokroppen. Detta beror sannolikt på ett tillskott av zink genom att zink från galvaniserade spikar eller skruvar avgår med rökgaserna. Det kan också bero på att människokroppen innehåller mer zink än vad som angivits i ref [1] eller en kombination av bägge. Skillnaden uppgår till cirka 2 gram vilket kan vara ett realistiskt värde avseende mängden zink i galvaniserade komponenter såsom spik och skruv.

Den kemiska analysen av använt och oanvänt kolfilterpulver från Skogskyrkogårdens och Råcksta krematorier indikerar att den av Naturvårdsverket angivna genomsnittliga mängden amalgam kan vara för stor.

Den generellt goda överensstämmelsen styrker dock de antaganden som har genomförts i bilaga 1, "Förstudie" avseende fördelningen mellan de olika grundämnena i krematorieaska och i rökgaser.

Biologiska analyser

Sammanfattning

Den genomförda vegetationsundersökningen av Skogskyrkogårdens minneslund visar att de långsiktiga förändringarna av vegetationen är relativt små och att det är möjligt att bibehålla minneslundens karaktär av tallhed med små medel, framför allt slyröjning. De akuta skadorna av koncentrerad askspridning blir att vegetationens undre skikt fräts sönder, men de har visat sig kunna regenerera på relativt kort tid. Mer långsiktigt förändrar askspridningen konkurrensen mellan arter genom att dels underlätta för lättspridda arter, som annars inte skulle finnas, att etablera sig och dels möjliggöra för mer näringskrävande arter att konkurrera genom att askan göder marken med främst fosfor, kalcium och kalium. Denna gödnings effekt skulle medföra ett starkt lövslyppslag om minneslundan inte slyröjs.

Bakgrund och metod

Syftet med inventeringen är att undersöka vilken vegetationspåverkan askspridningen i minneslundan har.

För att utröna detta gjordes en jämförande inventering i minneslundan samt i en likvärdig men ej askspridd referensbiotop hösten -08(20 – 21/9 -08) samt försommaren -09(1 och 3/6-09). Vegetationen har inventerats enligt en skiktbaserad metodik, där trädskiktet definieras utifrån höjder större än 4 m, buskskiktet är vegetationen mellan 1 m och 4 m, fältskiktet utgör kärlväxterna upp till 1m och bottenskiktet definieras som de marktäckande mossorna och lavarna. Bottenskiktet är inventerat utifrån namngivning av de vanligast förekommande marktäckarna och därefter antal funna arter utöver dessa enbart till säkrat artantal.

Minneslundan ligger på en del av Stockholmsåsen, en rullstensås, som på en del ställen har svallats ur en del i sitt ytskikt. Någon annan del av åsen finns inte i närheten av Skogskyrkogården. En antydning till ås finns dock utmed Nynäsvägen och ca 100 m söder om Tallkrogeninfarten. Till kyrkogården finns ett område med relativt opåverkad hedskog, vilket verkar vara den typ av skog som varit ursprunglig i minneslundan. Enligt SGU:s geologiska kartblad Stockholm SO består jorden på platsen av isälvsgrus och även där finns tecken på svag ursvallning och mineraljorden ser likartad ut som på åsen.

På basis av dessa likheter valdes två referensytor(10x10m) ut i området, R1 respektive R2.

I själva minneslundan valdes 5 provrutor (10x10m) ut, där rutorna M1, M3 och M4 lades på mark där synliga tecken på nylig askspridning saknades. Att askspridning skett i rutorna i betydande grad omvittnades av spridningsresterna (mineral Korn) under moss- och förnatäcket.

Rutorna M2 och M5 förlades på ytor med väl synlig nyspridd aska – M5 mest intensivt och nyspridd. En ytterligare ruta, M6, förlades till den del av åsen där ingen askspridning sker och som är mer parkhävdat. Detta för att få ytterligare en jämförelsegrund, denna gång hävd-baserad. Efter genomförd inventering visade det sig dock att det förekommit nedgrävning av aska i området där M6 är belägen. Trots det kan nog M6 vara lämplig vid jämförelse m a p hävd.

Genom telefonsamtal med personal på Skogskyrkogården har muntligt framkommit att minneslundens askbelastning utgör i snitt 6 ton per år, 1500 – 1700 spridningar á 4 kg. Totalt bedöms att genom åren ca 60 000 askor har spritts i minneslundan. Spridning sker varje vecka utom vid kraftigt regn eller snöbeläggning. De spridda ytorna roterar över hela minneslundan. Detta kunde jag också dokumentera genom att finna askmineraliseringar över hela området under förnalagret.

Den enda hävden som sker i minneslundan är slyröjning var tredje eller var fjärde år. Hävden vid referensytorna R1 och R2 är av mycket lägre grad, högst var tionde år enligt uppgift. Även dessa uppgifter tycks mig trovärdiga då minneslundan innehåller flera områden där stubbar efter slyröjning kan återfinnas. Inga sådana färskta hävdspår kunde ses i området med referensytorna.

Resultat och slutsatser

Det samlade resultatet uttryckt som artantal per skikt och ruta samt totalt antal arter per ruta finns samlat i tabell 9 nedan. Artrikedom är en parameter som bl a kan ge information om hur stabil en biotop kan anses vara och är värdefull i detta sammanhang.

Tabell 9. Antal förekommande arter vid de olika ytorna

	R1	R2	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Trädskikt	1	3	1	1	1	1	1	1
Buskskikt	1	0	4	1	7	4	3	0
Fältskikt	16	16	21	21	21	17	20	28
Bottenskikt	4	5	13	10	6	10	0	4
Totalt	21	24	34	31	31	32	24	33

Ur tabell 9 - kan några iakttagelser göras:

1. Minneslundens provrutor innehåller genomgående ett större artantal än referensrutorna. Det gäller rimligtvis även ruta M5, där bottenskiktet inom överskådlig tid sannolikt kommer att innehålla lika många eller fler arter än referensrutorna (se nedan).
2. Askspridningen tycks ha åtminstone två effekter i bottenskiktet; dels en akut, dödande, hämmande effekt, som minskar artantalet, dels en stimulerande långsiktigare effekt, som tycks befrämja artrikedomen. En tredje möjlig effekt är en hämning av lavfloran. Då marktäckande lavar inte registrerades i referensytorna kan den tredje effekten inte fastslås.
3. Det finns en tendens till större artrikedom i minneslundens fältskikt jämfört med referensrutorna.
4. Minneslundens provrutor uppvisar en klart större artrikedom i buskskiktet än referensrutorna.
5. Ruta M6, den hävdade provytan, visar upp ett artantal i bottenskiktet mer likt referens-

ytorna än minneslunden. Detta förklaras troligen av att fält- och bottenskikten inte störts av askspridning.

Själva inventeringsunderlaget ruta för ruta finns i Bilaga 2. En genomgång av detaljerna i inventeringsresultatet visar också på olikheter mellan referensytorna och minneslunden:

6. Samtliga funna arter i rutorna R1 och R2 är arter som är vanliga och förväntade i den tallhedskogbiotop som skulle uppträda om referensdelen och minneslunden lämnats i naturskogstillstånd. I rutorna M1 – M5 återfinns arter som dels är vindspredda opportunister, som maskrosor och fibblor, och arter som är fågelspridda och kulturinkomlingar, som hassel, rönn, fågelbär, oxbär, try, liguster mfl.
7. Skillnaden i artsammansättning mellan minneslund och referensområde avspeglar också en skillnad i näringsstatus där många av de i 6. upptagna växterna och fler därtill gynnas av näringsrik mark.
8. Askspridningens akuta effekter framgår väl av den totala avsaknaden av bottenskikt i ruta M5. Samma effekt kunde ses i ruta M2, men där hade inte askan spritts över hela ytan varför mossorna var kvarstående där askan inte spritts, vilket förklarar artantalet 10 i den rutan.
9. Ett stabilt bottenskikt av friska mossor finns i rutorna M1, M3 och M4 med dominans för de mossor som normalt skulle uppträda i en sådan biotop. Likaså finns friska bestånd av många av de förväntade fältskiktarterna representerade.

Några slutsatser kan formuleras ur dessa iakttagelser:

- askspridning innebär en ekologisk störning som skadar framför allt bottenskiktet, men också fältskiktet där askan hamnar. Askan ”bränner” ytvegetationen på samma sätt som ytkalkning gör – en pH-effekt. När dessa etablerade skikt skadas öppnar det för lättspridda arter – vind- och fågelspridda – att etablera sig. Detta gäller ju också de sporspridda mossorna. Lavar, som är mer svårspredda och långsamväxande tycks ha svårare att utnyttja störningen. Utrymmet för kulturväxter tycks öka rejält.
- askspridningen innebär också en kontinuerlig tillförsel av näringsämnen, där fr a fosfor och kalcium har kapacitet att lagras i stora mängder i jordens ytskikt. Detta skapar en långsiktig förändring av konkurrensvillkoren, fr a i en biotop som Skogskyrkogårdens, isälvsbaserat morängrus, där näringsfattigdomen tidigare styrt konkurrensvillkoren.
- den effektiva återetableringen av både mossorna i bottenskiktet och bibehållandet av karaktärsarter i fältskiktet visar båda att askspridningen inte förstört biotopen. Den ändrar visserligen konkurrensvillkoren och öppnar för nya arter att etablera sig, men karaktären av tallhed i minneslunden har inte gått förlorad. En ökad hävdinsats bl a för att hålla kontroll på sly är vad som har krävts.

En känsligare biotop än minneslunden på Skogskyrkogården skulle mycket väl kunna förstöras snabbt av kraftig askspridning. En uppskattad blomsterrik och näringsfattig

torrängsmiljö kan på mycket kort tid förlora sina bästa ekologiska och kulturellt mest omtyckta värden genom en stark förändring av floran.

Stockholm 2009-06-09

Lars Davidson

Referenser och tidigare undersökningar

- [1] Pharos International våren 1994, <http://www.srgw.demon.co.uk/CremSoc>
- [2] JTI 1994, Nr 234, Spridning av aska från stråbränslen på åkermark, Förutsättningar och rekommendationer, Gunnar Hadders och Svante Floden, 1997.
- [3] Yoo, J.-I., Kim, K.-H., Jang, H.-N., Seo, Y.-C., Seok, K.-S., Hong, J.-H., Jang, M. Emission characteristics of particulate matter and heavy metals from small incinerators and boilers. 2002 Chemosphere 36, 5057-5066.
- [4] Fermo, P., Cariati, F., Pozzi, A., Tettamanti, M., Collina, E., Pitea, D. Analytical characterization of municipal solid waste incinerator fly ash. 2000 Fresenius Journal of Analytical Chemistry 366, 267-272.
- [5] Rapport rörande dagvatten mm från kyrkogårdar och begravningsplatser, analyser med avseende på Ca, Fe, K, Mg, Na, S, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, N samt P, dnr 07-731/05 Börje Olsson, Kyrkogårdsförvaltningen i Stockholm, 2006.
- [6] Miljöteknisk undersökning av metallhalter i jord kring krematorier i Stockholm, J&W, 8 mars 1999.
- [7] Luftundersökningar vid krematorierna i Stockholm, Stockholms kommun, Miljö- och hälsoskyddsförvaltningen, 1980
- [8] Geologiskt kartblad, Stockholm Sydost.
- [9] Hur farligt är amalgamet, Anders Berglund, OD, universitetslektor, övertandläkare vid tandteknikerutbildningen vid Umeå Universitet.

Bilagor

Förstudie till projektet

Kemiska analyser

För att kunna utvärdera vilka analysparametrar som är av intresse att studera när aska sprids över mark erfordras det ett flertal sakuppgifter;

- ✓ Tungmetallinnehåll i askan
- ✓ Utlakningshastighet från askan av tungmetaller och dess rörlighet i marken
- ✓ Acceptabelt tillskott av tungmetaller

Utgångspunkten för dessa studier måste dock vara innehållet av olika grundämnen i de som kremeras. Förutom beståndsdelarna från de avlidna innehåller kremationsaska även ämnen från kistan med dess övriga innehåll. Av etiska skäl har vi inte analyserat kremationsaska.

Val av analysparametrar

För att kunna studera hur spridningen av krematorieaska påverkar mark, vatten och vegetation krävs det kännedom om vilka halter de olika grundämnena förekommer i krematorieaskan. Några särskilda analyser av tungmetallinnehåll och andra grundämnen av krematorieaska finns emellertid inte att tillgå. Av etiska skäl finns inga analyser av krematorieaska. Innan undersökningen kunde påbörjas genomfördes därför denna förstudie för att få fram uppgifter som kan användas för att räkna ut en sannolik halt av respektive grundämne i krematorieaskan.

Våren 1994 redovisade Pharos International [1] uppgifter om människokroppens sammansättning. Sammansättningen redovisades därvid som halter av de 34 vanligast förekommande grundämnena i människokroppen. Dessa uppgifter kan användas för att räkna ut den samlade sammansättningen av krematorieaska och vad som vid en kremering avgår med rökgaserna. I Pharos rapport om innehållet i människokroppen saknas emellertid uppgifter om selen och silver.

I tabell 1 nedan redovisas människokroppens sammansättning med hjälp av uppgifterna från Pharos omräknade till mängder. För att kunna räkna ut mängden av de olika ämnena erfordras det kunskap om en genomsnittlig kroppsvikt. I denna studie har denna antagits vara 70 kg.

Tabell B1. Människokroppens sammansättning

Ämne	mängd [gram]	Ämne	mängd [gram]
Syre	46 000	Strontium	0,14
Kol	12 900	Koppar	0,10
Väte	6 950	Bly	0,082
Kväve	1 850	Antimon	0,046
Kalcium	1 180	Tenn	0,031
Fosfor	540	Kadmium	0,031
Kalium	180	Vanadin	0,020
Svavel	175	Jod	0,020
Klor	84	Barium	0,016
Natrium	70	Kobolt	0,012
Magnesium	35	Mangan	0,011
Fluor	5,5	Nickel	0,009
Järn	3,6	Krom	0,006
Kisel	2,0	Molybden	0,005
Zink	1,9	Aluminium	0,002
Rubidium	1,2	Bor	0,001
Brom	0,15	Arsenik	0,0002

Pharos International våren 1994, <http://www.srgw.demon.co.uk/CremSoc>

Värdena angivna i gram räknat på en kroppsvikt om 70 kg.

Värdena i tabell 1 visar människokroppens innehåll av olika grundämnen för de fall då inte amalgam och annat inplantat förekommer. Inplantat som återfinns efter kremeringen tas om hand och grävs ned på kyrkogården. Mindre delar av inplantat kan dock följa med krematorieaskan. Någon säker bedömning av mängden inplantatmaterial som följer med askurnan finns inte.

Amalgam⁷ består av ca 50 procent kvicksilver, 22–36 procent silver, 6 – 13 procent tenn, 0,8–15 procent koppar och 0,05–0,5 procent zink. Enligt Naturvårdsverkets branschfaktablad bär en genomsnittlig avliden på 10 gram amalgam vilket motsvarar att det vid varje kremering skulle finnas cirka 5 000 mg kvicksilver, 1 000 mg tenn, 3 000 mg silver, 1 000 mg koppar samt 30 mg zink. Sammansättningen på de amalgamer som används i Sverige har varit i de närmaste oförändrad de senaste 100 åren [9].

Förutom amalgam och inplantat finns också resterna av kistan och dess innehåll i krematorieaskan. Baserat på en kista som antas väga 50 kg och genomsnittligt förekommande halter av olika grundämnen i träaska kan tillskottet av grundämnen från kista med inredning uppskattas. Mängden aska som uppkommer vid förbränning av rent trä (utan bark, lövverk, barr och grenar) uppgår till cirka 0,5% av den totala mängden trä. De härvid uppskattade halterna av respektive grundämne är små eller betydligt lägre än de som anges i tabell B1. Träaska kan dock innehålla låga halter av aluminium, mangan, kisel och arsenik.

⁷ Nationalencyklopedin

Aluminium, mangan och kisel är vanligt förekommande grundämnen i naturen varför dessa inte bedömdes som kritiska. Detta har senare styrkts av de resultat som redovisats i kapitel "Resultat". Halten arsenik i träaska är i nivå med vad som anges iför människokroppen i B1. Mängden arsenik i såväl människokroppen som i trä är emellertid mycket liten. Detta framgår också av tabell B5. Den nederbörd som faller över en kvadratmeter mark innehåller lika mycket arsenik som vid en aska efter ett kremerat stoft. Sannolikt är dessutom tungmetallhalten i aska från träet i kistor lägre än för aska från trä som används för energiändamål vilket tillgängliga data utgår från.

Tillskottet av grundämnen från kistan till kremationsaskan kan anses vara försumbart. I utredningen har det därför bortsetts från de mängder av olika grundämnen som förekommer i själva kistan.

Kremeringsförloppet består av tre faser enligt nedan:

1. Direkt efter införandet antänds kistan av återstrålningsvärmen från den förvärmade ugnens väggar och förbränningen fortgår i ca 10 min.
2. I nästa fas faller kistan sönder, varvid svepning och stoftets (kroppens) ytterdelar förbränns. I detta skede förbränns lätta kolväten.
3. Under den avslutande delen av kremationen avtar förbränningens intensitet. Förbränningen av kolväten övergår i kolförbränning. Efter ca 60 – 90 minuter är kremationen slutförd.

Efter kremeringen särbehandlas askresterna. Askan rakas ned i avsett utrymme i ugnen för avsvälning under inledningen av nästa kremation. Askan töms sedan i en behållare som placeras i askberedaren där malning sker ner till en kornstorlek om några mm. I samband med malning faller askan ned i urnan medan skrot (spik och gångjärn från kistan), samt implantat (större kirurgiska detaljer som t ex höftleder, benskenor mm) samlas i separat behållare. Metallrester och implantatet grävs ner på kyrkogården. Askan förs över till en urna eller kartong. Urnorna försluts och gravsätts. Aska som ska spridas i minneslund förvaras vanligtvis i särskilda kartonger.

Under hela kremationsprocessen renas rökgaserna med avseende på partiklar och kvicksilver i ett textilt spärrfilter innan gaserna släpps ut via en skorsten.

I denna utredning utgår vi från att summan av mängden av grundämnen i tabell 1 och i 10 gram amalgam utgör den sammanlagda mängden grundämnen som finns i krematorieaskan och i rökgaserna. Fördelningen mellan krematorieaska, partiklar och gasformiga föreningar i rökgaserna beror på de olika ämnernas egenskaper.

Eftersom kokpunkten för kvicksilver är låg, 357 °C, kommer detta grundämne att förångas vid de temperaturer som råder vid en kremering. Exempelvis ställs det ofta krav att rökgaserna skall passera en zon med en lägsta temperatur om 800 °C. Det förgasade kvicksilvret följer med rökgaserna och fastnar till allra största del i kol/textilfiltret. Analys av murverk etc. i samband med byte av murverk i krematorieugnar visar på mycket låga halter av kvicksilver. Detta synsätt styrks också av Naturvårdsverkets branschfaktblad. Denna utredning har därför utgått från att allt kvicksilver avgår med rökgaserna och att inget kvicksilver finns kvar i krematorieaskan. Den kemiska analysen av använt och oanvänt kolfilterpulver från Skogskyrkogårdens och Räcksta krematorier indikerar att den av Naturvårdsverket angivna genomsnittliga mängden amalgam kan vara för stor.

För att kunna räkna ut den sammanlagda askmängden förutsätts det att alla metaller oxideras och bildar fasta kemiska föreningar såsom oxider, sulfater, fosfater och silikater samt halogenider såsom fluorider, klorider och bromider. Kväve, kol och väte förutsätts tillsammans med det syre som finns i överskott att avgå i gasform i rökgaserna. Massan på de fasta föreningarna kan då beräknas uppgå till cirka 3,8 kg. Denna vikt har sedan använts för att beräkna halten av tungmetaller i askan.

Nästa steg i att få fram halten av olika grundämnen i krematorieaskan är att uppskatta fördelningen mellan mängden metaller i krematorieaskan och mängden i partikulär form som följer med rökgaserna.

En mindre del av förbränningsresterna följer med rökgaserna och fastnar i kol/textilfiltret. Denna del kan också förväntas hålla en högre halt av de flyktigare grundämnena. Krematorieaskan kan då på motsvarande sätt förväntas att hålla en lägre halt av dessa flyktigare grundämnen. Fördelningen av olika grundämnen mellan krematorieaska och rökgaser med sitt innehåll av fasta partiklar kan bestämmas utifrån de olika grundämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper.

Här kan det vara lämpligt att hämta information från hur tungmetallerna i biobränsle vid förbränning fördelas mellan bottenaska och rökgasinnehåll (flygaska). Förhållandet mellan halterna i flygaska och bottenaska för biobränsleaska torde vara likartad med förhållandet mellan mängden i askan och i rökgasernas partikelinnehåll vid en kremering. På detta sätt kan en sannolik halt av grundämnena i krematorieaskan beräknas.

Studier visar att det i bottenaska återfinns föreningar med lågt ångtryck och att O, Si, Fe, Ca, Al, Na och K återfinns i både botten- och flygaska. I flygaskan är koncentrationen av vattenlösliga salter och flyktiga tungmetaller högre än i bottenaskan. I bottenaskan dominerar oxider men i flygaska förekommer klorider, bromider, sulfater och karbonater i ganska stor utsträckning. Studier av olika storleksfraktioner av flygaska visar att koppar, kadmium, zink och bly återfinns på och i partiklar som är mindre än 2.5 µm [3] och att kalcium återfinns på partiklar som är mindre än 10 µm [4]. I tabell B2 redovisas ett antal mätningar som har genomförts på aska från förbränning av halm.

Tabell B2. Halter i biobränsleaskor från halmförbränning

Grundämne	Bottenaska	Flygaska	Enhet	Kvot Bottenaska/Flygaska
Bly	3,4	140	mg/kg	0,02
Fosfor	1,4	1,9	%	1
Kadmium	0,10	9,0	mg/kg	0,01
Kalciumoxid	21,1	19,2	%	1
Kalium	13,1	22,4	%	0,5
Koppar	41	97	mg/kg	0,5
Krom	42	29	mg/kg	1
Nickel	18	16	mg/kg	1
Zink	53	870	mg/kg	0,05-0,1

Exempel på sammansättning i botten-, flyg- och blandaska från förbränning av halm. Uppgifterna avser vägda medelvärden för vete (V), korn (K), råg (R) och raps (Ra), procentandelar av ts (vikt-%) respektive mg/kg TS (Sandar & Andren, 1996). [2]

Motsvarande förhållande som i tabell B2 torde gälla för de olika grundämnena i rökgaserna och i krematorieaskan i ett krematorium. Med hänsyn till den osäkerhet som föreligger då det gäller jämförelsen mellan biobränsleaska och aska från kremering har endast hänsyn till tabell B2 skett för de grundämnen som markant följer med rökgaserna; bly, kadmium och zink. Andelen partiklar som följer med rökgaserna vid kremering kan antas vara drygt 100 gram och mängden krematorieaska uppgår till strax under 4 kg. Med dessa uppgifter kan det framräknas att cirka 50% av mängden bly, 35% av mängden kadmium, 80% av mängden zink samt nära nog 100% av övriga grundämnen återfinns i krematorieaskan. Allt kvicksilver antas dock ha förångats i enlighet med tidigare resonemang.

De ingående halterna av olika grundämnen i människokroppen kan utgående från tabell B1 och i tabell B2 omräknas till halter i krematorieaska.

Ytterligare ett sätt att räkna ut fördelningen av de olika grundämnena mellan krematorieaska och rökgaser är att analysera det aktiva kol som använts i rökgasreningsanläggningen i krematoriet. I detta kol/textilfilter avskiljs sådana partiklar som följer med rökgaserna.

Mängden grundämnen som förekommer i partikelfas i rökgaserna kan beräknas genom att analysera de partiklar som avskiljs i textilt filtret vid ett krematorium. En baklängesräkning baserat på tabell 1 kan därefter ge en uppskattning av förekommande halter av olika grundämnen i krematorieaskan. I projektet bestämdes det därför att prov skulle tas på såväl oanvänd kolblandning som använd kolblandning (residual) vid krematorierna i Råcksta och i Skogskyrkogården. Kolblandningen i Råcksta utgörs av aktivt kol och kalk medan kolblandningen i Skogskyrkogården utgörs av aktivt kol och bikarbonat.

För att kunna bedöma om de beräknade halterna i krematorieaska är låga eller höga måste de jämföras med spridning av motsvarande grundämnen som är reglerade i annan lagstiftning. En jämförelse med Skogsstyrelsens riktlinjer för spridning av biobränsleaska i skogsmark är ett utmärkt

exempel för att bedöma miljöpåverkan av att sprida krematorieaska. En sådan jämförelse presenteras i tabell B3.

Tabell B3. Halter i krematorieaska versus Skogsstyrelsens krav innehåll i biobränsleaska som sprids i skogsmark

Grundämne	Halt i krematorieaska	Skogsstyrelsens riktvärden	Enhet
Kalcium	31	>12,5	%
Kalium	4,8	>3	%
Magnesium	0,9	>1,5	%
Fosfor	14	>0,7	%
Arsenik	0,05	<30	mg/kg TS
Bly	21	<300	mg/kg TS
Koppar	27 (300)*	<400	mg/kg TS
Krom	1,6	<100	mg/kg TS
Kadmium	8,0	<30	mg/kg TS
Nickel	2,4	<70	mg/kg TS
Kvicksilver	0	<3	mg/kg TS
Vanadin	5	<70	mg/kg TS
Zink	400	500-7 000	mg/kg TS

* Värdet inom parentes inkluderar metallhalt härrörande från käkamalgam

Jämförelsen visar tydligt att halterna av de aktuella grundämnena i princip uppfyller Skogsstyrelsens riktlinjer för spridning i skogsmark med två undantag; halten magnesium och zink är något låg. Av detta kan slutsatsen dras att spridning av krematorieaska inte bör ha någon negativ miljöpåverkan annat än ett lokalt starkt förhöjt pH-värde som kan orsaka lokala skador på vegetationen.

För de två andra amalgametallerna tenn och silver finns inte motsvarande riktvärden. För dessa grundämnen måste en annan jämförelse tillgripas.

Förutom askspridningen i sig påverkas också marken av luftburna föroreningar som följer med nederbörden. En kontroll som därför bör göras är att jämföra tillskottet av tungmetaller i askan med tillskottet av tungmetaller via nederbörd. På detta sätt kan det avgöras hur kritiskt bidraget är från askan. Ett annat sätt att jämföra miljöpåverkan är därför att jämföra tillförseln av de olika grundämnena (särskilt tungmetaller) genom spridning av krematorieaska med tillförseln via nederbörd.

Halten för ett antal metaller i nederbörd och nederbördsmängd mäts på ett antal platser i landet. Datavärd för sådana mätdata är iVL AB. Värdena finns på www.ivl.se. Halterna av de olika metallerna har med hjälp av nederbördsmängden räknats om till nedfall i gram/m², se tabell B4.

Tabell B4. Deposition av tungmetaller via nederbörd

Grundämne	Stenungssund 2006/2007	Hörby 2006/2007	Pallas 2006/2007	Kungsbacka 2006/2007	Enhet
Arsenik	95/230	110/140			µg/m ²
Bly	900/780	770/470			µg/m ²
Kadmium	40/30	35/32			µg/m ²
Kvicksilver			2,4/2,5	6/7	µg/m ²
Koppar	1 100/1 400	1 300/800			µg/m ²
Krom	190/260	130/125			µg/m ²
Nickel	290/390	180/270			µg/m ²
Zink	6 900/6 400	6 100/6 400			µg/m ²

www.ivl.se

Den tillförda mängden tungmetaller från nederbörd kan med hjälp av tabell B4 jämföras med den tillförda mängden tungmetaller från askan. Detta ger ett mått på hur stor yta som erfordras för att den årliga mängden tungmetall från nederbörd skall motsvara mängden tungmetall i aska från en kremerad. Värdena jämförs i tabell B5. Det kan emellertid konstateras att inga mätdata för tenn och silver finns.

Av tabell B5 att döma torde det vara av särskilt intresse att studera vilka halter i minneslundar av koppar, tenn och silver som spridningen av krematorieaska ger upphov till.

Tabell B5. Miljöpåverkan från aska jämfört med bakgrundspåverkan

Grundämne	Antagen mängd jordbegravd	Antagen mängd kremerad	Nedfall via nederbörd, mg/m ²	enhet
Antimon	45	<45		mg
Arsenik	0,2	0,2	0,15	mg
Bly	80	40	0,8	mg
Kadmium	30	10	0,03	mg
Koppar	1 100	1 100	1,1	mg
Krom	5,9	5,9	2,0	mg
Kvicksilver	5 000	0	5	mg
Molybden	5	5		mg
Nickel	9	9	0,3	mg
Silver	3 000	3 000		mg
Tenn	1 000	1 000		
Zink	2 000	1500	6,4	mg

Vid aktuell studie skall därför också halterna silver och tenn studeras. Se vidare kapitel "Analysparametrar- och provtagning".

I nedanstående tabell B6 visas resultaten från ref [5].

Tabell B6. Uppmätta halter av grundämnen i dag- och lakvatten enligt studie [5].

DV	Strand- kyrko- gården 1	Strand- kyrko- gården 2	Norra begrav- nings- platsen	Galärvarvs- kyrko- gården	Bränn- kyrka kyrko- gård	Sand- borgs kyrko- gård	Västberga begrav- ningsplats	Spånga kyrko- gård	Råcksta begrav- nings- plats	Bromma kyrko- gård	
Ca	100	66,8	56	55,4	28,3	63,6	21	4,83	35,6	171	58,3
Fe	0,1	0,561	0,176	3,66	0,17	5,55	2,45	0,608	4,04	0,32	1,09
K	100	4,78	3,46	17,9	2,52	21,7	13,1	7,86	58,7	6,62	10,6
Mg	30	8,52	5,41	5,35	4,5	6,79	2,08	0,654	4,98	7,49	6,49
Na	100	45,4	18,2	9,71	12,7	15,8	1,75	0,706	9,34	10,7	16,3
S	100	32	15,5	0,745	12,5	1,9	2,02	2,07	6,43	6,84	15,3
Al	100	248	76,5	20	94,6	693	691	359	1620	201	582
As	1	3	4	2	1	1,39	1,07	3,25	2,67	1	1,51
Ba		29,3	21,6	15,5	9,87	39,1	70,8	7,87	27,3	41,1	13,2
Cd	0,1	0,808	0,05	0,05	0,11	0,0756	0,18	0,07	4,44	0,06	0,17
Co	1	0,426	0,333	2,03	0,2	3,57	1,08	0,62	38,6	0,37	1,05
Cr	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	2,47	1,9	0,9	112	1,09	1,19
Cu	5	2,54	6,45	2,95	14,2	10,2	11	12,5	83,4	13,6	11,1
Hg	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Mn	50	18,6	39,7	401	4,84	271	142	23,5	180	20,4	208
Ni	11	1,84	1,92	3,45	2,31	7,16	3,1	1,52	13,9	6,37	5,32
Pb	1	0,69	0,6	0,6	1,86	1,55	6,68	3,06	27	3,63	1,49
Zn	100	20,8	6,16	4	36,6	55,7	68,7	31,8	454	13,6	17,6
P- tot	5	0,1	2,1	28	2,5	18	2,7	1,2	6,7	2,1	3,3
N- tot	0,2	3,5	0,1	3,3	0,1	2,2	1,1	0,24	2,1	0,1	0,24

Biologiska analyser

En analys av hur vegetationen påverkas av askspridning kräver en referensvegetation av likartad ekologisk typ, ju större likhet desto bättre. De bägge områdena måste också ha mycket likartad hävd.

Strax söder om Tallkrogen-ingången till Skogskyrkogården finns ett åsområde som tycks kunna fungera som referens till en vegetationsanalys av minneslunden, som ligger på en ås. Återstår just nu att med Skogskyrkogårdens personal dokumentera hävden, samt kontrollera om de geologiska förutsättningarna är lika.

Mot den bakgrunden bedömer jag att det är möjligt att utföra en analys av askspridningens effekter på minneslundens vegetation.

Lördagen den 13 september 2008 besökte jag både minneslunden och referensområdet för att få en överblick över ett möjligt arbetssätt. Om områdena bedöms som jämförbara (se ovan) går det på en gång att se skillnader som undersökningen vill komma åt:

- på alla undersökta ställen (ett 20-tal) i minneslunden innehåller förnan och den närmast liggande mineraljorden vita/gråvita mineralpartiklar härrörande från aska. Hela minneslunden på västsidan av gångvägen tycks ha varit spridningsyta. Inga sådana mineralkorn kunde jag upptäcka i referensområdet.

- referensområdets bottenskikt innehöll ett relativt obrutet mosstäcke typiskt för den typ av hedskog man borde finna på åsen. Denna typ av mosstäcken fanns även i minneslunden, men på många ställen där askor fortfarande syntes tydligt spridda på marken var mosstäcket starkt anfränt/degenererat på ett sätt som man inte förväntar sig i den typen av skog.

- referensområdets fältskikt tycktes normalt för typen av skog medan minneslundens varierade starkt mellan tecken på negativ påverkan inom områden med nylig och synlig askspridning och förvånansvärd örtrikedom däremellan.

- på liknande sätt kan intrycken av buskskikten i referensområdet respektive minneslunden beskrivas.

Av detta drar jag slutsatsen att en trolig vegetationspåverkan finns och borde undersökas noggrannare. En sådan undersökning kan troligtvis ge ganska tydliga resultat, förutsatt att referensområdet kan godkännas.

En kemisk analys av både förna och den ytliga mineraljorden under förnan m a p pH och tillförda askmineraler borde kunna bidra till förståelsen av de skillnader i vegetation jag tycker mig kunna se redan vid en första ytlig inspektion.

Förslag till metod för vegetationsanalysen

Botanisk inventering indelat för jämförelse i bottenskikt, fältskikt, buskskikt och trädsnitt.

I minneslunden kan man undersöka 2 – 3 rutor av 10x10m storlek inom de utsatta, nyligen askspridda områdena och 2 – 3 rutor av samma storlek inom de områden där askspridningen inte är synlig om man inte gräver upp förnan.

I referensområdet görs samma undersökning i 2 – 3 områden av motsvarande storlek.

Kemisk analys av förna och mineraljord enligt ovan är fördelaktigt.

Minneslunden har en östlig sida på andra sidan en gångväg genom området där aska enligt uppgift inte sprids. Detta område visar alla tecken på hävd, till skillnad från den del av lunden där spridning sker. Eftersom områdena ligger så nära varandra på samma ås, kan det vara av värde att göra en jämförande vegetationsundersökning även här, men då med skillnader i hävd i åtanke.

2 stycken 10x10m rutor kan ge den jämförelseinformationen.

Kanske en kemisk analys även här om det inte blir för kostsamt.

Inventeringarna bör göras vid två tillfällen, september -08 respektive juni -09 för att täcka in vegetationens årstidsväxlingar på ett rimligt sätt.

Stockholm 14/9-08

Lars Davidson

Analysparametrar- och provtagning

Utifrån tidigare redovisade uppgifter kan ett analyschema utarbetas. Förutom redovisade metaller skall också halogeniderna fluor och klor ingå. Mät noggrannheten bör vara sådan att ovan redovisade halter i nederbörd kan detekteras.

Mät noggrannheten bör vara 0,1 µg/l förutom för kadmium och kvicksilver där noggrannheten bör vara 0,01 µg/l. Detektionsgränsen för zink är ibland begränsad till 0,2 µg/l.

Lämpliga platser bör vara omfatta såväl "nedströms" som "uppströms" för att visa hur stor påverkan begravningsplatsen har på omgivningen. Provtagningen bör ske så att dels påverkan på grundvattnet kan utläsas dels på sådant djup där växtligheten tar aktuella ämnen. Det senare är av vikt för att kunna jämföra förekommande halter med uppmätta halter i provtagna växter.

ALS Scandinavia AB valdes som analyslaboratorium. Lämpliga analyser har i projektet bestämts enligt nedan:

Vattenprover

V-3a Grundämnen i förorenat vatten (utan uppslutning) (Ca, Fe, K, Mg, Na, S, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb och Zn)

Tillägg Ag, Sb, Sn,

Tillägg F, Cl

Minneslundens karaktär medgav emellertid inte någon möjlighet att ta ut lakvattenprover. Det beslutades därför att ett lakvattenprov skulle tas vid Råcksta krematorium.

Markprover

I princip samma som för vattenprover men med tillägget att en uppslutning är nödvändig.
Provtagning beslutades att ske vid:

- Minneslund spridningsyta M1 3 prover (tre nivåer)
- Minneslund spridningsyta M5 3 prover (tre nivåer)
- Referensyta R2 3 prover (tre nivåer)
- Referensyta R1 3 prover (tre nivåer)

Vegetationsprover

I princip samma som för vattenprover men med tillägget att en uppslutning är nödvändig.
Provtagning beslutades att ske vid:

- Gräs (fårsvingel) spridningsyta M5 1 prov
- Barr yta spridningsyta M5 1 prov
- Gräs (fårsvingel) referensyta R1 1 prov
- Barr referensyta R1 1 prov

Residualprover

MG-4 Grundämnen (lämplig för en blandning av aktivt kol/kalk enligt ALS AB). (Si, Fe, K, Mn, Na, P, Ti, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Nb, Ni, Pb, S, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn samt Zr)

Komplettering med analys av klorider och fluorider.

- Residual från krematoriet 2 prover (blank + residual)
- Residual från Råcksta krematorium 2 prover (blank + residual)

Beskrivning av provtagningsytorna

R1 – slutningen vid södra änden av en liten parkering i anslutning till en kompost

Ljus, öppen tallhedskog utan synliga röjningsspår som slystubbar eller dylikt men eftersom en rad unga träd återfinns i fältskiktet men ej i buskskiktet kan en slyröjning ha gjorts någon gång under senare år. Detsamma gäller ruta R2.

Träskikt: 4 stora tallar *Pinus sylvestris*, 14 – 16m, Ø 40 – 50cm
4 små tallar, 6 – 8 m, Ø ca 10cm

Buskskikt: frånvarande sånär som på en liten gran *Picea abies*

Fältskikt: hela ytan täckt av blåbärris utom nordöstra hörnet, där lingonris finns i mossan.
Fårsvingel finns där blåbärriset är glesare. Fältskiktet glest kring största tallen pga barr.

Blåbär, *Vaccinium myrtillus*
Lingon, *Vaccinium vitis-idaea*
Kråkbär, *Empetrum nigrum*
Ljung, *Calluna vulgaris*
Gran
Tall
En, *Juniperus communis*
Asp, *Populus tremula*
Lönn, *Acer platanoides*
Rönn, *Sorbus aucuparia*
Ek, *Quercus robur*
Fårsvingel, *Festuca ovina*
Piprör, *Calamagrostis arundinacea*
Vårfryle, *Luzula pilosa*
Liljekonvalj, *Convallaria majalis*
Gökärt, *Lathyrus linifolius*
Skogskovall, *Melampyrum sylvaticum*

Bottenskikt: Väl utbildat på hela ytan undantagandes en väl trampad stig och ett område under största tallen. Väggmossa dominerar totalt. Inga marktäckande lavar.

Väggmossa, *Pleurotium schreberi*
Kvastmossa, *Dicranum scoparium*
Hakmossa, *Rhytidiadelphus squarosus*
En ytterligare art funnen men ej bestämd

R2 – ca 30 m söder om R1, närmare vägen

Området något mer trädbeväxt och skuggigare än R1

Trädskikt: 5 olikåldriga tallar, 12 – 16 m långa, Ø 20 – 40 cm
4 unga granar, 8 – 10 m långa, Ø 10 – 15 cm
Vårtbjörk, *Betula pendula*, ca 18 m, Ø 40 cm

Buskskikt: frånvarande (se ovan)

Fältskikt: hela ytan täckt av blåbärsris, förutom nedre sydvästra hörnan där en samling granar och tallar skuggar och ger tät barrförna. Örnbräken, *Pteridium aquilinum* och Liljekonvalj är ytterligare karaktärsväxter i rutan.

Blåbär
Lingon
Asp
Rönn
Ek
Piprör
Fårsvingel
Hundäxing, *Dactylus glomerata*
Vårfryle
Örnbräken
Liljekonvalj
Gökärt
Hagfibbla, *Hieracium grupp vulgatiformia*
Vitsippa, *Anemone nemorosa*
Skogskovall
Skogsstjärna, *Trientalis europaea*

Bottenskikt: ojämnt fördelat över rutan – övre delen marktäckande, längre ner undertryckt av barr och lövförna och på några ställen av marktäckande fårsvingel. Vagg- och hus- mossa alternerar som marktäckare.

Väggmossa
Husmossa, *Hylocomium splendens*
Hakmossa, *Rhytidiadelphus squarrosus*
Kvastmossa, *Dicranum sp*
Bergklomossa, *Hypnum cupressiforme*

M1 – minneslunden, ca 50 m från vägen och 20 m från söder skogskant i åsens västsluttning.

Ljus och öppen tallhedskog. Ingen synlig askspridning. Askmineraliseringar i förnan under mosstäcket.

Träskikt: 4 äldre tallar 12 – 14 m långa, Ø 25 – 40 cm
2 yngre tallar, ca 6 m långa, Ø 10cm

Buskskikt: domineras av ett 30-tal småtallar
Tall
Gran
Rönn
Hassel, *Corylus avellana*

Fältskikt: rutan innehåller en mosaik av ytor med dominans av blåbär respektive fårsvingel
Blåbär
Lingon
Ljung
Mjölön, *Arctostaphylos uva-ursi*
Tall
Gran
Rönn
Hassel
Vårtbjörk
Lönn
Tysklönn, *Acer pseudoplatanus*
Fårsvingel
Liljekonvalj
Hundäxing
Vårfryle
Nejlikrot, *Geum urbanum*
Stormåra, *Galium album*
Maskros, *Taraxacum vulgare*
Skogssallat, *Myecelis muralis*
Gråfibbla, *Hieracium pilocella*
Kvastfibbla, *Hieracium cymosum*

Bottenskikt: friskt och relativt heltäckande utom under några tallar och i anslutning till tät växt av fårsvingel. Väggmossa dominerar marktäckningen, i övre delen blandat med husmossa och inslag av kvastmossor. Marktäckande lavar saknas.

Väggmossa
Husmossa
Kvastmossa
Hakmossa
Bergklomossa
Ytterligare åtta arter funna men ej bestämda

M2 – ca 20 m norr om M1

Relativt nyligen askspritt och i måttliga mängder – ljus öppen hedskog. Marken tycks något mer yttorr än M1.

Trädskikt: 9 likåldriga tallar, 12 – 14 m långa, Ø 30 – 40 cm

Buskskikt: några få tallplantor

Fältskikt: visset och glest. Småträd av tall och rönn samt fårsvingel dominerar. I de bägge nedre hörnen finns små områden med blåbär och mossa.

Blåbär
Lingon
Ljung
Tall
Rönn
Lönn
Ginnalönn, *Acer ginnala*
Hassel
Fårsvingel
Knylhavre
Kruståtel, *Deschampsia flexuosa*
Piprör
Vårfryle
Liljekonvalj
Smörblomma, *Ranunculus acris*
Gråfibbla
Stormåra
Kvastfibbla
Skogssallat
Maskros

Bottenskikt: dåligt eller saknas på stora områden. De flesta mossor är på retur - även de som täcker stenar. De nedre hörnen har marktäckande väggmossa, men där saknas synlig aska.

Väggmossa
.Kvastmossa
Hakmossa
Bergklomossa
Fem övriga mossarter – ej artbestämda
En ej artbestämd skorplav

M3 – ca 15m från övre vägen och 50m från södra krönet.

Ljus tallhed, men slyrikt i buskskiktet. Ingen synlig askspridning men askmineraliseringar i förnan under mosstäcket.

Trädsikt: 10 likåldriga tallar, 10 – 14 m långa, Ø 15 – 30 cm

Busksikt: relativt tätt och rikt med dominans av rönn- och tallsly.

Rönn
Tall
Skogstry, *Lonicera xylosteum*
Brakved, *Frangula alnus*
Spärrgrenigt oxbär, *Cotoneaster divaricatus*
Asp
Liguster, *Ligustrum vulgare*

Fältsikt: en varierad mosaik med blåbär, rönn och olika gräs som dominerande inslag.

Blåbär
Lingon
Tall
Gran
En
Rönn
Asp
Björk
Lönn
Hassel
Alm, *Ulmus glabra*
Oxel, *Sorbus intermedia*
Tysklönn
Ginnalönn
Nyponros, *Rosa dumalis*
Fårsvingel
Piprör
Smultron, *Fragaria vesca*
Gråfibbla
Stormåra
Liljekonvalj

Bottenskikt: marktäckande mossa förekommer bara inom blåbärsdelen av mosaiken, för övrigt sporadiskt. Inga marktäckande lavar noterades. Väggmossa och hakmossa dominerar.

Väggmossa
Hakmossa
Fyra övriga, ej artbestämda, mossor

M4 – nedre norra åshörnet ca 50m från nedre vägen och 50m från kröken.

Grovvuxen tallhed med graninslag. Tydliga tecken på utförd röjning av smågranar. Ingen synlig askspridning, men askmineralisering under mosstäckets.

Trädskikt: 4 högväxta tallar, 14 – 18 m, Ø 30 – 40 cm
5 yngre tallar, 6 – 10 m, Ø ca 10 cm

Buskskikt: artblandad sly, ännu ej tät.

Tall
Gran
Rönn
Hassel

Fältskikt: stor dominans av blåbär utom i nedre södra hörnet som hyser ett hallonsnår. Fårsvingel är dominerande gräs.

Blåbär
Lingon
Hallon, *Rubus idaeus*
Gran
Rönn
Lönn
Hassel
Fårsvingel
Piprör
Vårfryle, *Luzula pilosa*
Kvastfibbla
Maskros
Smultron
Gråfibbla
Gullris, *Solidago virgaurea*
Skogssallat
Liljekonvalj

Bottenskikt: mosstäckets friskt och väl marktäckande. Där inte hakmossan dominerar tar väggmossan vid.

Hakmossa
Väggmossa
Husmossa
Bergklomossa
Fem övriga, ej artbestämda, mossor
Sköldlav, *Parmelia sp*

M5 – i anslutning till (norr om) stigen som korsar minneslunden mellan övre och nedre vägen. 50 m från nedre vägen.

Ett område med kraftig aktuell askspridning i relativt ljus tallhedskog.

Trädskikt: 3 grova tallar, 18 – 20 m långa, Ø 40 – 50 cm.
6 yngre tallar, 6 – 8 m långa, Ø ca 10 cm

Buskskikt: glest och tanigt, ser slitet ut. Rönn dominerar

Tall
Rönn
Nyponros, *Rosa dumalis*

Fältskikt: ser nästan helt bortbränt ut, glest och med taniga individer.

Blåbär
Lingon
Hallon
Ljung
Rönn
Lönn
Ginnalönn
Hassel
Fågelbär, *Prunus avium*
Fårsvingel
Piprör
Hårdsvingel, *Festuca stricta*
Hundäxing
Liljekonvalj
Gråfibbla
Kvastfibbla
Skogssallat
Maskros
Korsört, *Senecio vulgaris*
Bergkorsört, *Senecia sylvaticus*

Bottenskikt: saknas totalt både höst och sommar

M6 – öster om vägen som följer åsens krön.

Marken har aldrig använts för askspridning på så sätt som i minneslunden. Dock framkom våren -09 att marken hade använts till nedgrävning av askor i ett tidigt skede. Tallhed med pga hävd ängsliknande fältskikt.

Trädskikt: 7 vuxna tallar, 14 – 20 m höga, Ø 25 – 60 cm

Buskskikt: saknas

Fältskikt: gräs av bredbladig typ dominerar men marken är örtrik och många vedväxter finns.

Rönn
Lönn
Ginnalönn
Hassel
Hagtorn, *Crataegus sp*
Hägg, *Prunus padus*
Häggmispel, *Amelanchier spicata*
Häckoxbär, *Cotoneaster lucridus*
Hundäxing
Fårsvingel
Piprör
Rödsvingel, *Festuca rubra*
Fyrkantig johannesört, *Hypericum maculatum*
Stormåra
Stenmåra, *Galium saxatile*
Smultron
Nejlikrot
Teveronica, *Veronica chamaedrys*
Röllika, *Achillea millefolium*
Gullris
Hundloka, *Antriscus sylvestris*
Gråfibbla
Prästkrage, *Leucanthemum vulgare*
Gulvial, *Lathyrus pratensis*
Skogsklöver, *Trifolium medium*
Rödsklöver, *Trifolium pratense*
Brännassla, *Urtica dioica*

Bottenskikt: relativt glest, men mossor finns överallt under gräset.

Väggmossa
Husmossa
Hakmossa
Kranshakmossa, *Rhytidiadelphus triquetrus*