

Askor och rötslam som täckskikt för gruvavfall

Mattias Bäckström och Inger Johansson



Askor och rötslam som täckskikt för gruvavfall

**Fördelar och/eller risker med att använda aska och slam som
täckskikt för gruvavfall**

Ash and sludge covering of mine waste

**Benefits and/or risks using ash and sludge for
covering of mine waste**

Mattias Bäckström och Inger Johansson
Forskningscentrum Människa-Teknik-Miljö, Örebro universitet

Q4-146

Förord

Rapporten har utarbetats av Forskningscentrum Människa-Teknik-Miljö vid Örebro universitet av Mattias Bäckström och Inger Johansson. Projektledare har varit Bert van Bavel och Inger Johansson. I projektet har också Anders Düker, Stefan Karlsson och Ulrika Karlsson medverkat.

Projektet har finansierats av Värmeforsk, Ångpanneföreningens forskningsstiftelse, Sydkraft MälarVärme AB samt Örebro avloppsverk. Projektets referensgrupp bestod av Magnus Berg (ÅF), Anna Thuresson (VAFAB), Mikael Norell (Sydkraft MälarVärme AB) och Terese Sundvall (Avloppsverket, tekniska förvaltningen, Örebro). I samband med referensgruppens möten har även Christina Nordahl, Miljökontoret, Örebro kommun, deltagit.

Örebro november 2003

Mattias Bäckström och Inger Johansson

Forskningscentrum Människa-Teknik-Miljö
Örebro universitet

Abstract

I föreliggande projekt utvärderas täckningen av sulfidhaltigt gruvavfall med aska och aska/slam. Vid en jämförelse av kemiska parametrar i ytvattnet från deponin före och efter täckningen urskiljs en klar förhöjning av pH, kalcium, kalium, natrium, arsenik, barium, krom och koppar. En minskning har dock erhållits för järn, kobolt, nickel, bly och zink. Undersökningar från fler säsonger behövs dock för att avgöra om det totala utläckaget av metaller från deponin ökar eller minskar

Sammanfattning

En av de viktigaste punktkällorna för metalläckage i Sverige är gruvavfall. En åtgärd som kan vidtas för att minska metalläckaget är täckning vilket reducerar lakvattenbildningen och därmed minskar utläckaget av surt och metallrikt lakvatten. Lämpliga täckmaterial är en bristvara och hämtning av morän och lera från naturen kan också orsaka olägenheter och skador på landskapet.

Studier visar att slam och aska är lämpliga täckmaterial för deponier. Vid täckning av gruvavfall med slam och aska skulle flera positiva effekter kunna uppnås, eftersom samtidigt som lakvattenbildningen minskar buffrar askans höga pH det sura lakvatten som bildas från gruvavfallet.

I Ervalla utanför Örebro har ett område med gruvsand täckts med aska och slam. Detta område ger en unik möjlighet att i fält studera fördelar och/eller risker med att täcka gruvavfall med aska och slam.

Denna rapport är en sammanfattning av etapp 1 av projektet. Fokus har i denna etapp legat på att karakterisera täckmaterialet samt att starta ett kontrollprogram för området.

Sammanfattningsvis kan sägas att det finns indikationer på att täckning av gruvavfall med aska och slam minskar utläckaget av vissa metaller och ökar utläckaget av några få metaller. De metaller som tycks minska är järn, nickel, kobolt och bly. De metaller som eventuellt ökar är arsenik, barium, krom och koppar.

Summary

One of the main sources for metal pollution in Sweden is mine waste. One way to decrease the leaching of metals from mine waste areas are covering which decreases the formation of acid drainage. There is a shortage of appropriate materials to use for covering and excavation of till and clay from the environment might cause damages on the landscape.

Previous studies have demonstrated that sludge and ashes are suitable materials for covering of waste deposits. When covering mine waste with ash and sludge various positive effects would arise, since the production of drainage water decreases as well as the pH increases due to the high buffer-capacity of the ash.

In Ervalla outside Örebro an area with mine waste has been covered with ash and sludge. This area gives a unique possibility to study benefits and/or risks with the covering of mine waste with ash and sludge.

This report is a summary of the first phase of the project and the focus has been on characterisation of the material that has been used for covering. Also a monitoring program for the area has started.

Preliminary findings indicate that that the covering decreases the leaching of some metals whereas the leaching of some metals increases. A decrease in the concentration of iron, nickel, cobalt and lead was observed and an increase was observed for arsenic, barium, chromium and copper.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	2
2.1	ERVALLAFÄLTETS HISTORIA	2
2.2	VITTRING AV GRUVAVFALL	3
2.3	TÄCKMATERIAL	5
2.4	VATTENANALYSER	6
3	PROJEKTGENOMFÖRANDE	7
3.1	GEOHYDROLOGISK UNDERSÖKNING	7
3.2	PROVTAGNING	7
3.3	ÖVERVAKNINGSPROGRAM	8
3.4	LAKNING	9
3.5	ANALYSER	10
3.6	SPECIERINGSBERÄKNINGAR.....	11
4	RESULTAT OCH DISKUSSION.....	12
4.1	GEOHYDROLOGISK UNDERSÖKNING	12
4.2	TÄCKMATERIAL OCH AVFALL	13
4.3	ORGANISKA ÄMNER I ASKA OCH SLAM	14
4.4	TOTALHALTER FÖR GRUNDÄMNER	15
4.5	LAKNING	16
4.6	SEDIMENT	19
4.7	YTVATTEN	20
4.8	GRUNDVATTEN.....	23
5	SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	25
6	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGSGÄRGET	26
7	LITTERATURREFERENSER.....	27

Bilagor

- A ANALYSRESULTAT FÖR TORVASKA**
- B TUNGMETALLHALTER OCH NÄRINGSINNEHÅLL I SLAM, ÖREBRO
AVLOPPSVERK 2000-2002**
- C GEOHYDROLOGISK UNDERSÖKNING VID DEPONI FÖR GRUVAVFALL I ERVALLA**
- D ANALYSRESULTAT FÖR GRUNDÄMNINGEN I LAKLÖSNINGAR**
- E ANALYSRESULTAT FÖR PH, ELEKTRISK KONDUKTIVITET, ORGANISKT KOL OCH
OORGANISKT KOL I LAKLÖSNINGAR**
- F SEKVENTIELL LAKNING**

1 Inledning

I dagens samhälle är kretsloppstänkandet viktigt och om aska ska utnyttjas som en resurs i olika applikationer är det viktigt att den först karakteriseras kemiskt, fysikaliskt och toxikologiskt. I dag finns det inget gemensamt strategiskt tillvägagångssätt för karakteriseringen vilket hindrar att askan utnyttjas fullt ut som en råvara. Orsakerna till detta är att det inte finns några klara regler att följa och att kunskaperna om askans egenskaper fortfarande inte är tillräckliga. Utvecklandet av föreskrifter för återanvändning av aska skulle kunna leda till att en större mängd aska blir till en tillgång istället för ett avfallsproblem. Om klarare kriterier fastställs kan bättre beslut tas för hur askan kan användas i olika tillämpningar. Kriterier baserade på vetenskapliga studier i labbskala i kombination med studier vid en storskalig pilotanläggning är en strategi som kan leda till bättre föreskrifter för användning av aska.

Till de mest betydelsefulla punktkällorna av metaller i Sverige hör gruvavfall. Vid gruvbrytning produceras restprodukter som kan innehålla stora mängder tungmetaller, speciellt vid sulfidmalmsbrytning. I den naturliga berggrunden är nedbrytningsprocesser så som vittring mycket långsamma. Genom brytning ökar dock den exponerade ytan hos materialet vilket medför att oxidationen ökar markant. Denna vittring leder till att ett mycket surt lakvatten bildas som i sin tur påskyndar utlakningen av metaller i avfallet. Det låga pH värdet kan också öka utlakningen av metaller i omgivande mark

Aska från energiproduktion innehåller mycket låga nivåer av miljöfarliga ämnen (behöver dock inte gälla tungmetaller). Aska från till exempel fluidiserade bäddar har utmärkta fyllnadsegenskaper eftersom den förutom aska också innehåller sand från reaktorbädden. Eftersom askan är basisk och har en hög buffringsförmåga kan den vara utmärkt för täckning av till exempel gruvavfall för att hindra utläckage av tungmetaller.

I Ervalla utanför Örebro finns en gruvdeponi som har täckts med aska jämte en blandning av aska/rötslam i vegetationsskiktet för att försöka åtgärda problem med utlakning av tungmetaller till yt- och grundvattnet. Effekterna av denna typ av täckning är dock ej kända. I samarbete med Sydkraft MälarVärme AB och Örebro kommun undersöks effekterna av att använda energiaska och rötslam för att täcka sandmagasin från sulfidmalmsgruvor. Genom att studera vilka ämnen som frigörs till miljön under en längre tid utvärderas miljöbelastningen av denna lösning. Dessutom utförs olika kemiska och toxikologiska laboratoriestudier på täckmaterialet för att finna en korrelation mellan de ämnen som återfinns i täckmaterialet och omgivande yt- och grundvatten. Förhoppningen med detta är att hitta ett antal parametrar som relativt snabbt och enkelt kan mätas på askan för att avgöra dess lämplighet som täckmaterial samtidigt som Ervallaprojektet utvärderas.

Geohydrologiska undersökningar av området har utförts av SWECO VIAK AB, vatten och miljö, Örebro.

2 Bakgrund

2.1 Ervallafälts historia

Vid Ervallaältet, beläget ca 15 km norr om Örebro, har bergshantering pågått sedan 1840-talet. Svavelbrytningen i Ervalla lämnade efter sig ett ca 10 000 m² stort dött, ökenliknande område med ett 2-4 dm tjockt lager av gulröd anrikningssand.

I Tegengren [1] går att läsa:

Dylta och Ervalla svavelkisförekomster:

Dessa äro belägna, de förra i Axbergs socken ca 1,5 km Ö om Dylta bruks station vid Krylbo-Örebrobanan, de senare 5 km N därom i Ervalla socken, och ca 1 km V om samma järnvägslinje.

Rörande Dylta svavelverks tidigaste historia äro underrättelserna få...

Ervalla gruvor: Sandtorpsgruvan bearbetades på 1840- och 1850-talen, då även ett svavelbruk fanns inrättat här. Tillverkningen 1846-1857 uppgick till sammanlagt 385 skeppund (ca 58 ton).

År 1916 upptogs ånyo arbetet vid Sandtorps- och Avdalagruvorna av Stockholms superfosfataktiebolag, som förvärvade såväl inmutar- som jordägarrätten till desamma. Gruvorna länsades och undersöktes, uppfodrings- och anrikningsverk uppfördes, en smalspårig järnväg anlades från Avdala anhalt till gruvorna, och en elektrisk kraftledning framdrogs till malmältet, varjämte hamnanläggningar utfördes i Arboga för malmens sjötransport från denna stad. Enligt den officiella statistiken har åren 1916-1918 producerats:

År	Brutet berg ton	Stuffmalm		Anriknings-gods ton	Anrikad malm			
					Rågods		Slig	
		Ton	S %		Ton	S %	Ton	S %
1916	825	550	27,8					
1917	8453	700	35,0	7613	1918		421	40
1918	11084	283	29,0	10129	9917	20	3111	37
1919	19122	28	28,0	16776	15481	19	5943	36
1920	16501	17	30,0	9641	9641		2594	37,35

Dylta-Ervalla-förekomsterna ligga inom ett område av grå, vanligen något gnejsig leptit. Inom denna förekommer malmen svavelkis och magnetikis samt spår av zinkblände, kopparkis och blyglans, som långa impregnationsstråk av falbandskaraktär. Leptiten har därvid vanligen omvandlats i malmkvartsit, som dock i regel ej håller de för denna karakteristiska mineralen cordierit och antofyllit.

Inom Ervallaältet bildar malmen flera långa parallella falband och är regelbundnare än i Dylta. Leptiten är ej heller så starkt kvartsitomvandlad och malmen ofta utpräglad randig. Ett undantag utgör emellertid huvudgruvan, Avdalagruvan, vars malm är mera oregelbunden, men även bredare (upp till 20

m) än i de övriga gruvorna. Inom samma gruva har man för övrigt anträffat en skarnrand och små kalkstensrester med tremolit, grön fältspat, cordieritpseudomorfer och zinkblände.

Ervallafältets malmtillgångar äro rätt stora. Ca 2000 kvm samlad malm äro redan blottad, men vidsträckta elektriska och magnetiska drag angiva förefintligheten av ytterligare oundersökta malmtillgångar. Malmen är emellertid så fattig, så att genomsnittshalten i brutet berg uppgått endast till ca 19% svavel, till stor del bundet vid magnetkis. Därtill kommer att malmen har en utpräglad dubbel kornighet med svavelkristaller och små magnetiskörtlar i en fint magnet- och svavelkisimpregnerad kvartsitisk grundmassa som försvårar anrikningen. Under normala konjunkturer är ett ekonomiskt utnyttjande näppeligen möjligt.

Även Dyltafältets malmtillgångar äro stora men ej närmare undersökta.

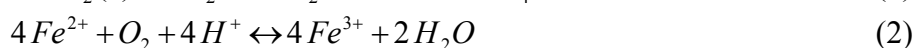
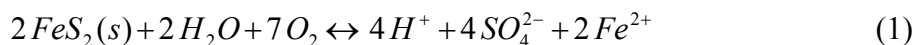
Båda fälten genomsätts av talrika granit- och pegmatitgångar från närbelägna massiv av Fellingsbro- och Örebrogranit.

2.2 Vittring av gruvavfall

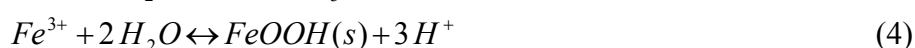
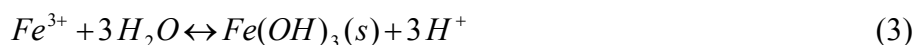
De kommersiellt viktiga metallerna förekommer ofta som sulfider i berggrunden. Brytning och bearbetning av dessa sulfider leder till att vittringsreaktionernas hastighet ökar drastiskt genom att den exponerade ytan för luft och vatten ökar.

Under brytningen och efterföljande anrikningsprocesser produceras två typer av avfall; varp och anrikningssand (vasksand). Varpen är det material som har grävts undan för att nå den mineralhaltiga malmen. Varpens sammansättning är väldigt heterogen och kan bestå av allt från gråberg till malminnehållande bitar. Storlek, vittringsbenägenhet och metallinnehåll kan också variera högst väsentligt. Anrikningssanden är mer homogen både vad det gäller storleksfördelning (1 µm-1 mm) och sammansättning.

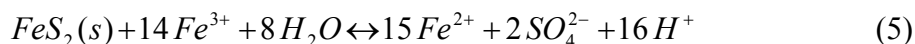
Surt lakvatten från gruvdeponier uppstår när pyrit (FeS_2) oxiderar enligt ekvation 1. De primära produkterna är tvåvärt järn (Fe^{2+}), sulfat (SO_4^{2-}) och protoner (H^+). Under oxiderande förhållanden blir dock det tvåvärda järnet omvandlat till trevärt järn (ekvation 2). Ekvation 2 anses normalt vara den kinetiskt begränsande reaktionen i pyritvittringen men kan bli bakteriellt katalyserad av *Thiobacillus ferrooxidans* och *Ferrobacillus ferrooxidans* [1]. Bakteriernas pH-optimum ligger mellan 2 och 3,5 [3].



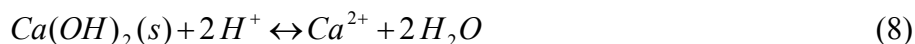
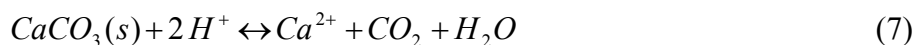
Det bildade trevärda järnet kommer i närvaro av syre och vatten att falla ut antingen som ferrihydrit (ekvation 3), götit (ekvation 4), jarosit ($(\text{K},\text{Na},\text{H})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) eller schwertmanit ($\text{Fe}_8\text{O}_8(\text{OH})_6\text{SO}_4$) beroende på lakvattnets sammansättning. Dessa reaktioner medför en ytterligare sänkning av pH då protoner produceras. Dock kommer också de bildade nya faserna att sänka halterna av tungmetaller i lösning genom exempelvis sorption och medfällning.



I frånvaro av syre kan det trevärda järnet driva pyritoxidationen (ekvation 5). Denna reaktion kan bli självgenererande vilket gör att vittringen inte upphör även om syretillförseln skulle upphöra. Studier i Bersbo, Östergötland, tyder på att även 15 år efter täckningen sker autokatalytisk pyritvittring driven av trevärt järn [4].



Buffrande mekanismer när surt lakvatten möter en neutral eller basisk miljö består huvudsakligen av en serie mineralupplösnings- och utfällningsreaktioner som styr pH och därmed metallrörligheten [5]. I första hand är det karbonatmineral såsom kalcit ($CaCO_3$) (ekvation 6-7), dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) och siderit ($FeCO_3$) som genom upplösning styr pH vilket vanligtvis ger ett pH runt 5,7. När aska finns i närheten kan den initiala buffringen till och med ske via kalciumhydroxid ($Ca(OH)_2$) (ekvation 8) eller kalciumoxid (CaO). När karbonatmineralerna är förbrukade domineras pH vanligtvis av järn- (ferrihydrit; $Fe(OH)_3$) och aluminiumhydroxider (gibbsit; $Al(OH)_3$) vilket gör att en pH-sänkning sker på ganska kort tid till runt 4 [5]. När även dessa mineral är förbrukade kommer pH att justeras av silikatmineral såsom olivin ($(Mg,Fe)_2SiO_4$) vilket gör att det hamnar runt 1,3. Kolonnstudier av material från gruvavfall pekar på att halterna av Co, Ni och Zn ökar redan vid pH 5,7 medan halterna av Cd, Cr, Pb, As och V inte ökade förrän pH sjönk till runt 4 [5] vilket enligt författarna tydde på att metallerna var associerade till karbonatmineral i mycket hög grad.



När sura och metallrika lakvatten möter ostörda yt- eller grundvatten faller ofta ett antal järnmineral ut såsom götit, ferrihydrit, schwertmanit, jarosit och melanterit ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Dessa nybildade fällningar kommer därmed att fungera som sänka för de metaller som finns i lakvattnet genom sorption eller medfällning. Detta fenomen har observerats i ett flertal naturliga system [6], [7]. Beroende på det bildade vattnets kemi kommer olika mineral att bildas. Vid lågt pH återfinns mestadels schwertmanit och götit med små inslag av jarosit medan det vid högre pH (nära neutralt) nästan enbart återfinns ferrihydrit [8], [9], [10]. Aluminiuminnehållande sediment bildas inte förrän vid pH över 5 och mangan faller inte ut förrän vid pH över 8 [9].

De flesta katjoniska tungmetaller (Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} m fl) sorberas starkt till ytor av oxyhydroxider, främst järn- och mangan(hydr)oxider. Speciellt på järn(hydr)oxider ökar sorptionen från nära noll vid låga pH till nästan 100% vid högre pH ($pH > 7,5$). Sorption till mangan(hydr)oxider är inte lika pH-känsliga och har fortfarande signifikant sorption vid pH 4. Anjoniska tungmetaller såsom arsenik, selen och molybden har en omvänd sorptionskurva med högst sorption vid låga pH. Sammansättningen av lakvattnet kommer också att påverka adsorptionen av

tungmetaller till (hydr)oxidtytor. Bland annat påverkar halterna naturligt organiskt material [11] och sulfat [12] i lakvattnet sorptionen.

2.3 Täckmaterial

Efter en kartering av gruvavfall i Örebro kommun sommaren 1992, utmärkte sig Ervallaområdet som ett riskområde för metallläckage. För att minska läckaget av metaller beslöt Örebro kommun att området skulle täckas. Täckning med morän och cefyll ansågs för dyrt, därför beslöts det att täckningen skulle ske med huvudsakligen aska samt ett vegetationsskikt med en ask/slam blandning.

Syftet med täckningen var att skapa ett täckmaterial för att dels minska oxidationen och infiltrationen, dels fungera som jonbytare där natrium, kalium, kalcium etc. genom det sura nedfallet ”trycks ut” istället för tungmetaller. Slammets funktion var att ge förutsättningar för vegetationsetablering, vilket minskar mängden vatten som infiltrerar avfallet. Slammet skulle också fungera som ett tätskikt och minska infiltrationen av vatten och syre. Slammets joner avsågs också verka buffrande på surt regn och hindra utläckaget av tungmetaller.

Täckningen av fältet startade 1995 med en täckning av de västligaste delarna av deponin. Täckningen slutfördes 2002 i och med att de östligaste delarna täcktes. Tjockleken på askskiktet varierade mellan 1-2 m beroende på den naturliga topografin. Det som eftersträvades var en sluttäckning med svag lutning. Askinblandningen i slammet approximeras till ca 20 volymprocent och tjockleken på detta vegetationsskikt uppges vara ca 2 dm.

2.3.1 Aska

Askan kommer från Sydkraft MälarVärme anläggning i Örebro och är en flygaska från en CFB panna. Askan härrör från förbränning av obehandlat träbränsle och i mindre utsträckning torv. Den aktuella askan har genomgått lakningsförsök, varvid det konstaterades att halterna av tungmetaller är mycket låga [13]. Även tillgänglighetstest utfördes på askan. Resultaten av dessa försök redovisas i bilaga A. Ytterligare parametrar som då mättes på askan redovisas i Tabell 1. Under perioden 1995 – 1998 har 5798 ton aska lagts ut på Ervallaområdet.

Tabell 1. Analyser av aska från Sydkraft Mälarvärme 1993 efter skakförsök vid L/S 2.

Table 1. Analyses of ash from Sydkraft Mälarvärme 1993 after batch leaching at L/S 2.

Parameter	
pH	12,5
Konduktivitet	1031 mS/m
Klorid	450 mg/l
Glödförlust (550°C)	2,0 %
Permeabilitet	$3,01 \cdot 10^{-7}$

2.3.2 Rötslam

Rötslammet kommer från Skebäcks avloppsreningsverk i Örebro. Analyser av detta slam redovisas i bilaga B. Generellt kan sägas att slammet håller en hög kvalitet, dvs. det innehåller låga halter av tungmetaller. Den största andelen slam lades ut år 2000, då 1880 ton kördes till Ervalladeponin. År 2001 och 2002 har endast små mängder slam, lagts ut på deponin.

2.4 Vattenanalyser

Örebro kommun utförde under maj-juni 1994 mätningar i utloppet av det område som var aktuellt för täckning (Gruvkärret). Provtagning utfördes också för att erhålla ett bakgrundsvärde i jordbruksmark (Ervalla 2). Resultaten av dess mätningar redovisas i Tabell 2. Genom dessa mätningar visade det sig att det finns kraftigt förhöjda halter av ett flertal ämnen vid gruvkärret. För Fe, Al, Cd, Co, Pb, Zn och Mn är halterna minst 25 ggr det bakgrundsvärde som uppmätts vid Ervalla 2. För S, Cr, Cu och Ni är halterna 5-15 ggr högre vid gruvkärret än vid Ervalla 2.

Tabell 2. Metallhalter uppmätta i jordbruksmark och Gruvkärret innan täckning utfördes

Table 2. Levels of metals in agricultural soil and Gruvkärret before the covering started.

	Ervalla 2				Gruvkärret			
datum	940511	940518	940526	940601	940511	940518	940526	940601
pH	-	7,3	6,6	7,8	-	2,9	3,0	2,7
Ca mg/l	19,8	21,6	23,6	25,1	47,2	49,0	54,1	56,1
Fe mg/l	0,542	0,626	0,534	0,143	17,4	21,9	22,4	11,9
K mg/l	4,77	4,65	4,20	5,16	3,52	3,97	4,97	5,86
Mg mg/l	8,72	9,43	10,1	11,2	9,45	9,88	10,4	11,7
Na mg/l	13,2	14,0	13,1	14,8	6,55	7,02	9,39	8,05
S mg/l	8,88	8,15	7,22	7,19	109	118	138	142
Al ug/l	307	190	90,2	31,3	12800	13800	15000	16500
As ug/l	<1,0	<1,0	1,35	<1,0	<1,0	<1,0	1,07	1,19
Ba ug/l	11,7	13,1	12,2	8,75	18,7	16,0	18,0	17,1
Cd ug/l	<0,030	<0,030	0,0483	<0,030	1,68	1,90	1,81	2,3
Co ug/l	0,377	0,370	0,564	0,245	10,3	11,9	11,6	12,2
Cr ug/l	<0,50	<0,50	<0,50	0,516	2,30	2,64	3,15	2,13
Cu ug/l	4,10	9,23	4,45	4,16	18,8	20,5	28,6	20,4
Mn ug/l	4,06	4,87	493	1,08	1120	1140	1210	1320
Ni ug/l	4,66	4,54	4,27	2,12	33,6	38,8	37,6	37,9
Pb ug/l	0,231	0,301	0,225	0,599	14,7	15,1	15,9	21,3
Zn ug/l	11,8	3,08	5,9	2,27	679	730	795	933

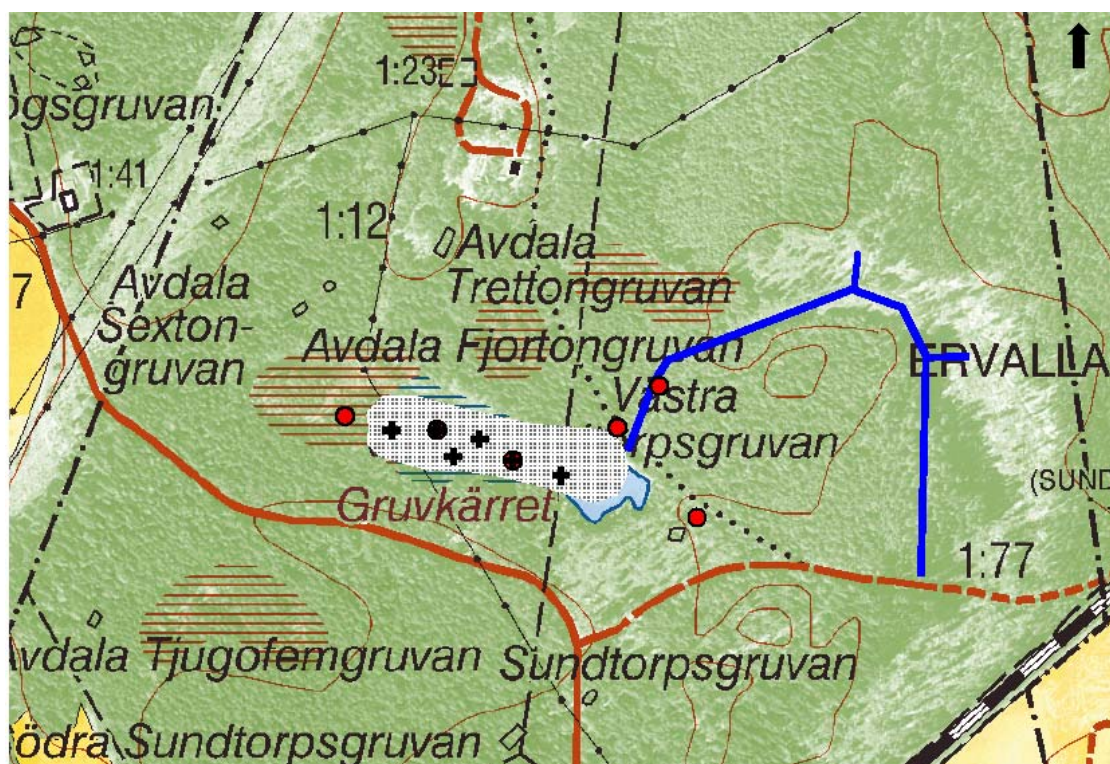
3 Projektgenomförande

3.1 Geohydrologisk undersökning

En geohydrologisk undersökning av området utfördes av SWECO VIAK AB (Bilaga B). För installation av grundvattenrör utfördes borrhningar med skruvborrmaskin. I borrhålen sattes grundvattenrör av HDPE-plast med 1 m filter. Grundvattenrören mättes in med handhållen GPS och avvägdes med avvägningsinstrument. Två prov togs ut av täcksiktet för bestämning av permeabilitet.

3.2 Provtagning

Deponin består av ett delvis beväxt område på ca 1,1 ha. Den västra och äldsta delen av deponin har en svag lutning och är beväxt med höga buskartade växter. Den östligaste och nyaste delen har också en svag lutning och är beväxt med lågväxande arter och tomater. Mellan dessa två områden finns ett mindre mycket flackt och något lägre område utan växtlighet.



Figur 1. Karta över skruvborrpunkter (svart kryss) och grundvattenrör (röd cirkel).

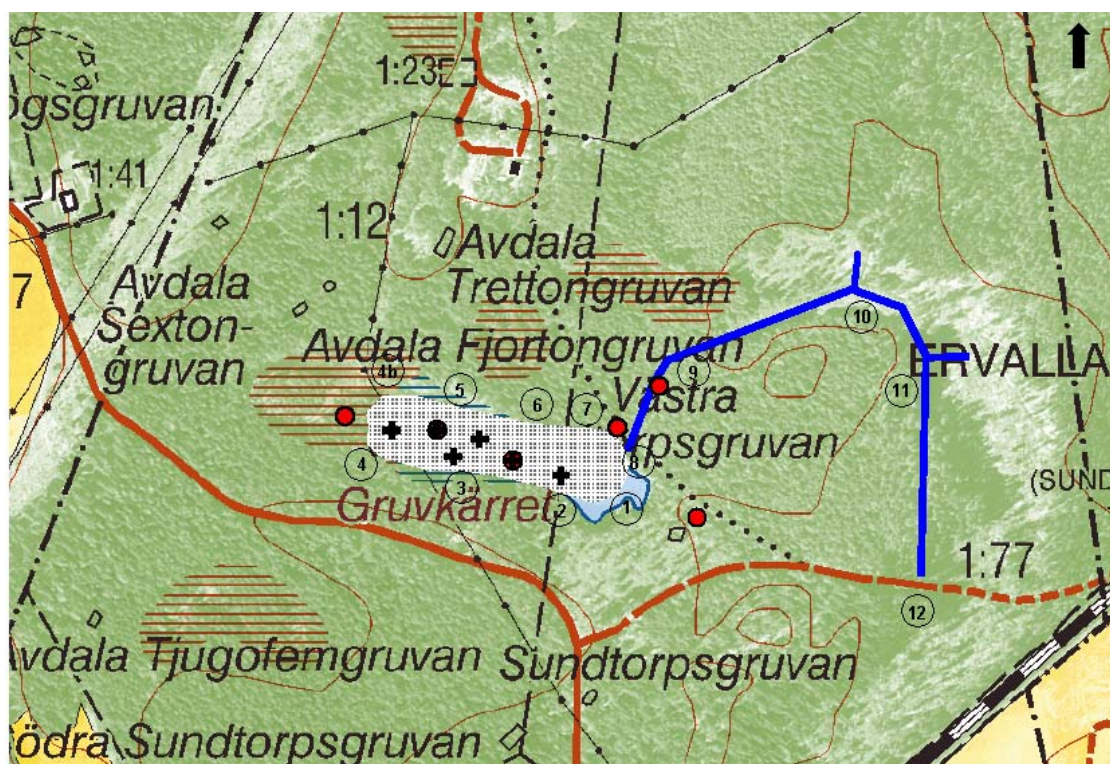
Figure 1. Map of drilling points (black cross) and groundwater wells (red circle).

Punkter för provtagning av grundvatten och markmaterial sattes ut i samråd med SWECO VIAK AB. Provtagning av slam, aska och grus sand gjordes genom skruvborrning på fem punkter på deponin (Figur 1). Detta för att ta reda på de olika lagrens mäktighet, eventuell interaktion med varandra, samt för att se på en eventuell

skillnad på det material som lades ut tidigt och det material som lagts ut senare. Borrpunkterna numrerades 1-5, från öster till väster. Sex stycken grundvattenrör sattes, varav två är belägna på deponin. Dessa numrerades 0301-0306 från väster till öster. Ytvattenprover togs i det kringliggande diket. Dessutom togs markprover och ytvattenprover även uppströms och nedströms deponin. Ytvattenprover togs vid tillgång till vatten var 14:e dag.

3.3 Övervakningsprogram

Ett kontrollprogram med provtagning av grundvatten och ytvatten en gång respektive två gånger per månad enligt Figur 2 har startat. I detta startskede är provpunkterna för ytvatten många (13st). En anledning till detta är att kartlägga eventuella uttryckspunkter längs deponifoten. När en bättre förståelse för systemets vattenföring och kemi har uppnåtts kommer antalet provtagningspunkter för ytvatten att minska. Valet av analysparametrar kommer också att utvärderas efter det att täckmaterialet har karakteriserats, för att eventuellt lägga till eller dra ifrån parametrar. Syftet med detta är att skapa ett analysprotokoll som kan användas som kontrollprogram för framtida övervakning av deponin.



Figur 2. Provtagningspunkter för ytvatten.

Figure 2. Surface water sampling points.

3.4 Lakning

Det finns inte några klara riktlinjer och gränsvärden för askanvändning. En indikation kan dock ges av de nya EU direktiven för klassificering av avfall [14]. I detta direktiv anges gränsvärden för utlakning vid L/S 2 och L/S 10. I detta projekt har denna lakmetod valts för att få en uppfattning om lakbarheten av prioriterade ämnen i täckmaterialet. I Tabell 3 anges de gränsvärden för avfall som kan tas emot vid deponier för inert avfall och icke-farligt avfall. Lakningen för att jämföra täckmaterialet med EUs lakkriterier för avfall genomfördes enligt metod prEN 12457-3.

Tabell 3. Gränsvärden för avfall som kan tas emot vid deponier för inert avfall respektive icke-farligt avfall (mg/kg TS).

Table 3. Limit values for waste acceptable at landfills for inert waste and non-hazardous waste respectively (mg/kg dry substance).

Beståndsdel	Inert avfall		Icke-farligt avfall	
	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10
As	0,1	0,5	0,4	2
Ba	7	20	30	100
Cd	0,03	0,04	0,6	1
Cr	0,2	0,5	4	10
Cu	0,9	2	25	50
Hg	0,003	0,01	0,05	0,2
Mo	0,3	0,5	5	10
Ni	0,2	0,4	5	10
Pb	0,2	0,5	5	10
Sb	0,02	0,06	0,2	0,7
Se	0,06	0,1	0,3	0,5
Zn	2	4	25	50
Klorid	550	800	10 000	15 000
Fluorid	4	10	60	150
Sulfat	560	1000	10 000	20 000

Under sommaren då ytvatten saknades provtogs sediment i det omgivande diket och analyserades på metallinnehåll och metallernas potentiella lakbarhet [27] [28]. Genom att utföra ett antal parallella laksteg (Tabell 4) kan metallernas rörlighet estimeras under ett antal olika kemiska scenarier. Lakstegen är baserade på en lakmetod utvecklad av Tessier et al. [22].

Tabell 4. De olika lakstegen i den sekventiella lakningen.

Table 4. The sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals.

Metod	Fraktion	Simulerar
1 Renvatten, 2 h, 25°C	Porvatteninnehåll	
2 1 M NH ₄ Ac, 5 h, 90°C	Jonbytesbart och karbonater	Sänkt pH
3 0,043 M NH ₂ OH-HCl i 25% HAc, 5 h, 90°C	Reducerbart	Sänkt redox (höjt vattenstånd)
4 30% H ₂ O ₂	Oxiderbart	Nedbrytning av organiskt material och vittring av sulfider

Tessierlakningen utfördes genom att ungefär 1 gram material vägdes in inför varje lakning och 20 ml lakvätska tillsattes. Efter lakningen centrifugerades proverna (20 000 g) i 30 minuter. Vätskan analyserades sedan med avseende på tungmetallinnehåll med hjälp av ICP-MS. Elektrisk konduktivitet och pH analyserades också i suspensioner av sedimenten.

3.5 Analyser

3.5.1 Generella analyser

Vid ankomst till laboratoriet surgjordes vattenproverna för metallanalys med ultraren salpetersyra (Merck) till en slutkoncentration av 2%. Prov för övriga analyser förvarades mörkt och svalt innan analys.

pH och elektrisk konduktivitet mättes med kombinationselektrod och elektrod (CDM 210, Radiometer). Kalibrering av pH utfördes inför varje mätning vid pH 4 och 7.

Alkalinitet bestämdes genom ändpunktstitrering till pH 5,4 med 0,02 M saltsyra under konstant bubbling med kvävgas. Den använda utrustningen var en ABU93 Triburette ansluten till en TIM900 Titration Manager (Radiometer) och en fristående dator med programvaran TimTalk 9.

Anjonerna sulfat, klorid, fluorid och nitrat analyserades med hjälp av kapillärzoneelektrofores. Den använda utrustningen var en Agilent ^{3D}CE och bufferten bestod av 5 mM kromat vid pH 8 med 0,5 mM tetradecyltrimetylammoniumbromid (TTAB) för att vända det elektroosmotiska flödet [19], [20]. Injektionen gjordes hydrostatiskt vid 10 mbar i 30 sekunder. Innan analysen filtrerades proverna genom 0,40 µm polykarbonatfilter.

Totalt löst kol (TC), oorganiskt kol (IC) och totalt organiskt kol (TOC) analyserades enligt svensk standard [29] med en Shimadzu TOC-V CPH Total Organic Carbon Analyzer där bildad koldioxid detekteras med infrarött ljus.

Absorbansen mättes spektrofotometriskt i vattenlösningar vid våglängden 254 nm (Agilent 8453).

Torrhalten i markprover analyserades genom att upphetta proverna till 105 °C i 24 timmar i en varmluftsgn. Viktskillnaden hänfördes till avdrivet vatten. Organhalten i jorden approximerades till den viktsförlust som uppstod vid inaskning (glödningsrest, LOI) vid 550 °C i 6 timmar. Analyserna utfördes enligt svensk standard .

Elektrisk konduktivitet och pH i markproverna mättes i vatten som under 24 timmar skakats med provmaterial (L/S 2) och därefter centrifugerats. Proverna lakades därefter ytterligare en gång vid L/S 8. Även i dessa lösningar mättes pH och konduktivitet. Mätning av elektrisk konduktivitet och pH gjordes med elektrod (CDM 210, Radiometer, Copenhagen) respektive kombinationselektrod i enlighet med Svensk standard [21].

3.5.2 Kemiska analyser

Totalhalter för grundämnen i fasta prover bestämdes genom att först uppsluta proverna i koncentrerad salpetersyra (0,3 g jord till 10 ml salpetersyra) med hjälp av en sluten mikrovågsugn (MARS 5, CEM).

Alla vatten samt lösningar från totaluppslutning och lakningar analyserades med avseende på grundämnen (Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, Ba, Tl, Pb, Bi och U) med en ICP-MS (Agilent 4500). Extern kalibrering användes med ^{103}Rh som internstandard. Kvalitetslösningar kalibrerade mot certifierade referensvatten användes för att kvalitetssäkra analysresultaten. Översiktlig analys gjordes också av följande grundämnen: B, Si, Sc, Ti, Ga, Ge, Br, Y, Zr, Nb, Ru, Pd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg och Th.

Organiska syror analyserades med hjälp av kapillärzoneelektrofores [25]. Instrumentet var en Agilent $^{3\text{D}}$ CE. Proverna injicerades hydrodynamiskt och detektion skedde genom indirekt UV detektion vid 254 nm.

Analys av polycykliska aromatiska kolväten skedde med hjälp av en gaskromatograf med en masspektrometer som detektor (Agilent 6890/5973) efter det att proverna extraherats med toluen i en Soxhlet i 24 h. För kvantifiering användes internstandard-metodik med deutererade standarder.

3.5.3 Toxicitetstester

För analys av toxiska effekter har känsliga biologiska testsystem använts. Fördelen med detta är att dessa metoder ger ett mått på den totala toxiska effekten av alla i provet förekommande dioxinlika ämnen. I samlingsnamnet dioxinlika ämnen innefattas klorerade och bromerade dioxiner, dibenzofuraner och naftalener, samt PCB och polycykliska aromatiska kolväten. De metoder som använts är chickembryoliver cell assays for dioxins (CELCAD) och dioxin responsive chemical activated luciferase gene expression assay (DR CALUX). Genom att använda olika upprepningstekniker innan analys kan andelen svårnedbrytbara ämnen med dioxinlika aktivitet urskiljas ur den totala dioxinlika aktiviteten.

3.6 Specieringsberäkningar

Specieringsberäkningar utfördes på grundvattnen för att skapa en bild av vilka fasta faser som kan finnas. Beräkningarna utfördes med hjälp av beräkningsprogrammet PHREEQC-2 [23] och MINTEQ-databasen. Beräkningsmässig behandlingen av det organiska kolet som stark komplexbildare till metaller beskrivs utförligare i [24]. I det första skedet kommer enbart hänsyn tas till baskatjonerna, järn, aluminium, mangan samt de dominerande anjonerna (sulfat, karbonat, organiskt material). Grad av mättnad för fasta faser uttrycks som mättnadsindex (logaritmen av jonaktiviteten över löslighetsprodukten). Jämvikt anses råda i intervallet -0,5 till 0,5.

4 Resultat och diskussion

4.1 Geohydrologisk undersökning

4.1.1 Geologi

Enligt SGU:s geologiska kartblad utgörs jordlagren under deponin av torv. Skruvborrningarna visade att det under torven förekommer tunna lerlager som överlagrar morän. Området kring deponin utgörs av morän.

4.1.2 Hydrologi

Den effektiva nederbörden beräknas till ca 400 mm/år. En bedömning av deponins tillrinningsområde redovisas i Bilaga A. Området omfattar en yta av ca 14 ha. Därmed kan den samlade yt- och grundvattenavrinningen inom tillrinningsområdet beräknas till ca 56 000 m³/år. Deponin omges av ett dike. Från en lågpunkt öster om deponin rinner diket ut i ett skogsdiksystem som rinner vidare österut. Regionalt avvattnas området söderut mot Dyltaån och vidare österut mot sjön Väringen.

4.1.3 Grundvatten

Den största delen av deponin utgörs av ett inströmningsområde. Utströmning av grundvatten kan eventuellt ske vid deponins östra del eller längre österut längs diket.

Grundvattnets yta i området är belägen 0,2-1,3 m under markytan. I mars var grundvattenytan 0,5-1 m högre än i september. Grundvattnets trycknivå visar att strömningsriktningen av grundvattnet i området är från väster mot öster.

4.1.4 Vattenbalans – lakvatten

Under perioder med höga grundvatten är grundvattenytan belägen över nivån på det dike som omger deponin. Vid dessa tillfällen når tillrinnande grundvatten inte deponin utan avleds i diket. Vid lägre grundvattennivåer är grundvattenytan belägen på ungefär samma nivå som, eller strax under, diket nivå. Detta kan medföra att tillrinnande grundvatten kan passera under diket. Därför kan det inte uteslutas att grundvatten passerar genom deponin.

Huvuddelen av lakvattenbildningen bedöms ske genom den nederbörd som faller på deponin och infiltrerar täckskiktet. Deponin är till stor del flack, men eftersom permeabilitetstesten som genomförts på täckskiktet indikerar att detta är mycket tätt ($2,6 \cdot 10^{-10}$ – $5,2 \cdot 10^{-10}$), uppskattas att endast 10-20% av den effektiva nederbörden bidrar till lakvattenbildningen. Detta motsvarar 40-80 l/m²/år. Över hela deponins yta motsvarar detta en årlig lakvattenproduktion på 400-900 m³, vilket kan jämföras med områdets samlade yt- och grundvattenavrinning på 56 000 m³.

4.2 Täckmaterial och avfall

Det var svårt att okulärt urskilja någon skillnad mellan vegetationsskiktet (ask/slam lagret) och det underliggande asklagret vid skruvborrningen. Inte heller de kemiska analyserna ger någon klar bild av var gränsen mellan de olika lagren går (Tabell 5). Det går dock att tydligt urskilja en pH-förändring från pH 12 till 7 vid ca 150 cm vid punkt 1, 2, 4 och 6. Vid provpunkt 3 har dock de översta 150 cm ett lägre pH och ett högre LOI värde, vilket skulle kunna tyda på att de översta lagret här till största delen består av slam. Högst konduktivitet uppmättes i proverna från punkterna 1 och 2, vilka ligger på den del av deponin som täckte sist. Detta skulle kunna tolkas som att täckskiktet inte är tätt och lakvatten har perkolerat genom askan och lakat ut lösliga komponenter vid punkterna med äldre täckmaterial.

Tabell 5. Provtagningsprotokoll för skruvborrning samt glödförlust (LOI), torrsubstans (TS), pH och konduktivitet (EC).

Table 5. Sampling protocol for drilling, loss-on-ignition (LOI), pH and conductivity (EC).

Provnr	Punkt	Nivå (cm)	Kommentar	LOI	TS	pH L/S 2	EC (µS/cm) L/S 2
B11	1	0-50	Täckmaterial	11%	56%	12,1	7960
B12	1	50-100	"	11%	62%	12,9	11210
B13	1	100-150	"	15%	45%	12,9	11590
B14	1	150-170	Torv	25%	50%	7,2	3880
B15	1	170-190	Lerigt	5%	74%	5,2	1939
B21	2	0-50	Täckmaterial	10%	63%	12,4	7010
B22	2	50-100	"	10%	61%	12,6	9680
B23	2	100-150	"	12%	60%	12,5	8110
B24	2	150-200	Anaerobt	16%	58%	7,6	4970
B25	2	200-250	Blött	7%	57%	4,2	1600
B26	2	250-300	Vatten, järn, grövre	3%	71%	9,2	2499
B27	2	300-350	Lerigt	8%	60%	11,5	1977
B28	2	350-400	"	12%	61%	11,6	2850
B29	2	400-450	"	10%	50%	9,8	3770
B31	3	0-50	Täckmaterial	27%	52%	7,8	4030
B32	3	50-100	"	26%	47%	9,4	4500
B33	3	100-150	"	22%	48%	7,7	7630
B34	3	150-200	"	11%	59%	11,2	3020
B35	3	200-250	" rödare	9%	52%	11,7	3990
B36	3	250-300	Lerigt med röda inslag	14%	71%	4,4	4590
B37	3	300-350	Torv	36%	39%	6,3	4490
B38	3	350-400	Lerigt	9%	53%	5,1	2530
B39	3	400-420	"	3%	69%	4,1	2069
B41	4	0-50	Täckmaterial	9%	44%	12,0	3730
B42	4	50-100	"	10%	56%	12,4	8870
B43	4	100-150	"	10%	50%	12,6	9720
B44	4	150-170	Torv	44%	25%	6,1	3120
B45	4	170-210	Torv, lite järn	6%	72%	6,3	2493
B46	4	210-260	Grus, järn, lerigt	5%	71%	6,7	2389

Provnr	Punkt	Nivå (cm)	Kommentar	LOI	TS	pH L/S 2	EC (µS/cm) L/S 2
B51	5	0-60	Täckmaterial, 60 cm hårt	13%	56%	11,9	3710
B52	5	60-100	" finare o torrare	9%	63%	12,2	5580
B53	5	100-150	"	8%	68%	12,3	7030
B54	5	150-180	"	10%	58%	11,5	3540
B55	5	180-250	Gruvsand	8%	75%	6,3	4270
B56	5	250-300	Torv	26%	28%	5,0	3450
B57	5	300-380	Lera/morän	4%	68%	5,8	3010
B61	6	0-50	Täckmaterial	16%	53%	7,8	2878
B62	6	50-100	"	8%	65%	10,3	1539
B63	6	100-150	", ngt ljusare o grövre	10%	59%	11,8	1973
B64	6	160-170	Gruvsand	4%	75%	7,4	2878
B65	6	170-180	Gruvsand	2%	74%	4,5	2797
B66	6	180-250	Lerigt	9%	77%	6,7	3140
B67	6	250-300	Torv	71%	24%	5,4	3080
Ytliga markprover utanför det täckta området:							
1	Mark NV om deponin		troligen gruvsand	4%	85%	3,0	498
2	Mark NV om deponin		troligen gruvsand	3%	80%	3,1	421
3	Mark NV om deponin		troligen gruvsand	2%	78%	2,6	1011
4	Mark norr om punkt 1		troligen gruvsand	5%	93%	3,3	568

Ytan av deponin är ca 1,1 ha och mäktigheten av den totala mängden täckmaterial (aska och slam) uppgår till 1,5 – 2 m. Därmed kan mängden täckmaterial beräknas till ca 20 000 m³.

Mängden gruvavfall är svår att uppskatta då det ligger gruvavfall även utanför det täckta området. Området som täcktes bestod av ett dött område med gulröd sand och tjockleken på gruvsand i detta område har uppskattats till 0,2-0,4 m. Detta medför att volymen gruvavfall uppskattas till 2200 – 4400 m³.

4.3 Organiska ämnen i aska och slam

4.3.1 Polycykliska aromatiska kolväten

Aska från Sydkraft MälarVärme AB som ej har legat på deponin har analyserats med avseende på polycykliska aromatiska kolväten (PAH). Askans innehåll av polycykliska aromatisk kolväten var mycket låg. Den totala halten av de 16 PAH:er som naturvårdsverket har prioriterat för hälsostudier var 140 µg/kg. Inga cancerogena PAH identifierades. I det slam som använts till den största delen av täckningen uppgår halten av de cancerogena polycykliska kolvätena benzo(b)fluoranten, benso(k)fluorantene, benso(a)pyrene, benso(ghi)perylene och indeno(1,2,3-cd)pyren till 0,44 mg/kg. För de 16 PAH:erna har naturvårdsverket angivit generella riktvärden för förorenad mark, för känslig markanvändning är riktvärdet 0,3 mg/kg för cancerogena PAH och 20 mg/kg för övriga PAH.

4.3.2 Toxicitet

Den totala dioxinlika aktiviteten i rötslammet var 13 bio-TEQs pg/g TS. Mängden svårnedbrytbara ämnen med dioxinlik aktivitet uppgick till 8 bio-TEQs pg/g. Jämfört med andra reningsverk i Sverige är detta låga värdet [15]. I askan uppmättes en total dioxinlik aktivitet på 56 bio-TEQs pg/g och aktiviteten för de svårnedbrytbara ämnena uppmättes till 35 bio-TEQs pg/g. Detta är också låga värden jämfört med andra askor [16].

På grund av de låga värden på toxiciteten i både slammet och askan ansågs det inte nödvändigt att göra några kompletterande kemiska analyser för bromerade och klorerade ämnen i aska, slam eller vatten. Dessutom har ämnena en mycket låg vattenlöslighet och binds hårt till askan [17].

4.4 Totalhalter för grundämnena

Generellt kan det noteras att vid en första granskning av totalhalterna för tungmetaller (Tabell 6) visar det sig att de flesta högsta halterna (en provpunkt i taget) befinner sig i de översta 1-2 m av provpropparna. Om man exempelvis tittar på krom och arsenik finns alla de högsta värdena i respektive provpunkt i de översta metrarna. De högsta halterna av exempelvis nickel och zink återfinns dock på den nivå som gruvavfallet förväntas befinna sig på. Gruvavfall indikeras tydligast i skruvborrpunkterna B3, B5 och B6 på djupen 180-300 cm.

Tabell 6. Totalhalter för utvalda grundämnena i täckmaterialet (mg/kg TS).

Table 6. Total concentrations for selected elements in the material used for covering (mg/kg dry substance).

Prov	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Ba	Pb
B11	58,5	35,1	117	322	55,5	9,65	3,51	438	90,6
B12	67,9	30,9	105	401	58,6	9,26	3,39	648	80,2
B13	63,6	33,2	105	359	52,5	12,4	3,32	525	63,6
B14	21,0	5,68	59,3	54,4	29,7	3,46	0,69	168	49,4
B15	20,0	6,18	14,3	43,3	52,3	0,67	0,00	119	24,7
B21	120	40,9	194	767	74,1	9,71	6,13	741	158
B22	85,3	41,6	171	517	96,0	12,8	4,37	586	133
B23	100	50,5	174	579	94,7	14,2	5,79	631	111
B24	20,8	7,92	62,9	131	38,3	27,3	0,82	191	79,2
B25	29,8	8,27	14,5	41,4	39,7	0,99	0,00	236	26,9
B26	14,3	11,4	24,5	54,9	40,3	1,43	0,99	154	28,2
B27	48,2	24,7	74,6	287	74,6	5,68	1,95	430	68,9
B28	58,8	26,9	79,8	303	63,0	6,72	2,65	370	67,2
B29	43,5	20,6	58,8	206	83,9	6,64	1,60	466	64,9

Prov	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Ba	Pb
B31	54,6	26,5	205	519	46,4	7,65	2,73	492	101
B32	79,4	27,2	184	567	52,2	5,67	3,63	522	141
B33	78,4	31,4	178	575	52,3	5,49	3,40	497	144
B34	78,7	45,1	165	429	100	12,2	4,87	716	107
B35	104	40,9	233	913	81,9	13,2	8,50	693	148
B36	7,56	2,61	41,6	49,2	45,4	5,29	0,00	155	79,4
B37	46,2	30,8	150	1030	39,6	3,30	5,50	264	77,1
B38	56,0	21,5	21,2	146	34,2	0,78	0,75	230	31,1
B39	31,4	16,4	17,3	97,5	31,4	0,60	0,82	226	22,6
B41	65,3	36,8	142	344	101	8,31	6,53	593	77,1
B42	71,8	34,0	137	339	84,9	11,1	5,42	718	71,8
B43	70,0	30,4	149	334	54,8	11,9	3,96	517	66,9
B44	34,9	24,0	262	480	30,5	5,01	5,23	194	89,4
B45	16,0	5,66	29,5	49,2	27,1	1,06	0,49	78,7	29,5
B46	16,6	7,26	28,4	60,5	36,3	0,76	0,00	142	30,2
B51	84,3	33,1	123	622	104	9,08	6,42	843	156
B52	62,0	36,6	99,2	316	80,6	11,2	4,22	620	93,0
B53	65,5	34,6	112	374	70,2	13,1	5,15	748	79,5
B54	52,7	40,1	118	276	50,1	27,6	2,76	602	62,7
B55	16,3	347	155	4340	43,4	5,42	5,06	134	101
B56	34,7	132	115	2010	38,2	2,64	1,42	229	69,4
B57	26,8	10,3	22,5	110	51,2	2,13	0,00	150	38,6
B61	66,4	33,2	181	498	98,1	9,06	3,62	604	75,5
B62	67,6	36,9	105	369	49,2	7,38	4,30	553	64,6
B63	50,9	37,0	116	277	48,6	16,0	4,16	532	62,4
B64	23,9	17,9	54,0	176	36,9	7,67	1,45	284	65,3
B65	8,57	3,71	51,4	57,1	31,4	7,71	0,51	131	54,3
B66	18,9	114	167	2110	52,8	9,23	5,72	136	154
1	5,74	5,74	16,4	71,8	34,4	4,59	0,00	94,7	121
2	5,05	3,93	12,6	64,5	33,7	3,37	0,00	84,2	95,4
3	6,53	3,98	13,4	116	39,8	6,25	0,60	90,9	56,8
4	6,03	3,52	30,2	108	40,2	4,78	0,00	77,9	95,5

4.5 Lakning

4.5.1 Metaller

En sammanfattande bild av resultaten från lakförsöken redovisas i Tabell 7. En redovisning av alla grundämnen analyserade i laklösningarna redovisas i Bilaga 0. När värdena i Tabell 7 jämförs med EUs gränsvärden för utlakning som gäller för avfall som kan tas emot vid deponier överskrider halterna när det gäller selen och molybden i många prover från täckmaterialet. I några prover överskrider också halterna för nickel och koppar. I ett fåtal prover överskrider även halterna för krom. De höga halterna av nickel och zink som återfinns i proverna B55, B56 och B66 härrör med största sannolikhet från gruvsand.

Tabell 7. *Erhållna halter av de metaller (mg/kg TS) som ingår i EUs kriterier för deponering av avfall (L/S 2).*

Table 7. *Levels of the metals (mg/kg dry substance) included in the EC criteria for the acceptance of waste at landfills (L/S 2).*

Prov	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Ba	Pb
B11	0,44	0,01	0,11	0,04	0,07	0,46	1,35	0,00	0,33	0,01
B12	0,43	0,03	0,28	0,06	0,06	0,37	0,40	0,00	0,60	0,01
B13	0,11	0,03	0,12	0,41	0,07	0,22	0,19	0,00	2,69	0,10
B14	0,00	0,02	0,07	0,03	0,02	0,07	0,00	0,00	0,21	0,01
B15	0,00	0,02	0,02	0,22	0,01	0,03	0,00	0,00	0,22	0,00
B21	0,51	0,01	0,24	0,22	0,04	0,11	0,75	0,00	0,59	0,06
B22	0,63	0,02	0,36	0,14	0,04	0,19	1,48	0,00	0,32	0,04
B23	0,48	0,00	0,69	0,13	0,00	0,15	1,82	0,00	0,59	0,00
B24	0,01	0,04	0,08	0,04	0,03	0,10	0,07	0,00	0,26	0,02
B25	0,00	0,07	0,06	0,57	0,01	0,06	0,01	0,00	0,23	0,03
B26	0,00	0,02	0,07	0,03	0,02	0,05	0,23	0,00	0,16	0,01
B27	0,03	0,11	1,12	0,06	0,03	0,12	0,51	0,00	0,53	0,00
B28	0,03	0,15	2,07	0,11	0,03	0,10	0,90	0,00	0,44	0,01
B29	0,01	0,06	0,52	0,04	0,07	0,13	1,73	0,00	0,25	0,03
B31	0,00	0,17	0,29	0,07	0,04	0,18	1,04	0,00	0,25	0,00
B32	0,09	0,26	1,83	0,09	0,29	0,29	0,72	0,00	0,27	0,01
B33	0,01	0,35	0,84	0,33	0,60	0,16	1,89	0,00	0,44	0,03
B34	0,03	0,37	6,23	0,07	0,07	0,09	1,77	0,00	0,27	0,01
B35	0,08	0,39	5,67	0,19	0,05	0,10	2,46	0,00	0,45	0,03
B36	0,00	0,20	0,16	1,58	0,01	0,05	0,00	0,05	0,23	0,04
B37	0,00	0,08	0,05	1,09	0,04	0,11	0,10	0,00	0,49	0,01
B38	0,00	0,10	0,03	4,06	0,02	0,06	0,00	0,02	0,29	0,01
B39	0,00	0,14	0,06	2,30	0,01	0,04	0,00	0,02	0,22	0,01
B41	0,02	0,02	0,44	0,15	0,02	0,10	0,79	0,00	0,38	0,01
B42	0,34	0,00	0,03	0,18	0,04	0,17	1,66	0,00	0,58	0,01
B43	0,38	0,00	0,03	0,18	0,06	0,29	4,76	0,00	0,46	0,02
B44	0,06	0,15	0,50	1,92	0,05	0,11	0,03	0,02	1,15	0,38
B45	0,00	0,01	0,04	0,07	0,01	0,03	0,00	0,00	0,27	0,00
B46	0,00	0,02	0,05	0,07	0,01	0,03	0,00	0,00	0,23	0,01
B51	0,13	0,56	5,59	0,24	0,07	0,14	1,27	0,00	1,26	0,05
B52	0,09	0,28	3,28	0,17	0,06	0,14	1,40	0,00	0,62	0,03
B53	0,10	0,24	3,91	0,09	0,05	0,12	2,08	0,00	0,29	0,01
B54	0,05	0,15	1,43	0,06	0,05	0,11	1,55	0,00	0,35	0,01
B55	0,00	41,80	0,02	102,07	0,03	0,04	0,01	0,00	0,14	0,03
B56	0,00	5,25	0,04	160,30	0,05	0,19	0,00	0,01	0,41	0,06
B57	0,00	0,71	0,01	4,08	0,02	0,06	0,01	0,00	0,29	0,00

Prov	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Ba	Pb
B61	0,00	0,12	0,16	0,05	0,01	0,09	0,80	0,00	0,20	0,00
B62	0,04	0,03	0,05	0,04	0,01	0,03	0,57	0,00	0,32	0,00
B63	0,05	0,03	0,14	0,06	0,01	0,04	0,59	0,00	0,31	0,00
B64	0,00	0,07	0,04	0,08	0,01	0,05	0,02	0,00	0,29	0,02
B65	0,03	0,23	0,14	0,74	0,04	0,06	0,03	0,02	0,38	0,48
B66	0,00	26,07	0,01	34,42	0,01	0,03	0,02	0,00	0,19	0,09
B67	0,00	0,14	0,03	1,61	0,03	0,09	0,01	0,00	0,31	0,01
1	0,00	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,27
2	0,00	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,67
3	0,00	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	1,46
4	0,00	0,00	0,01	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04

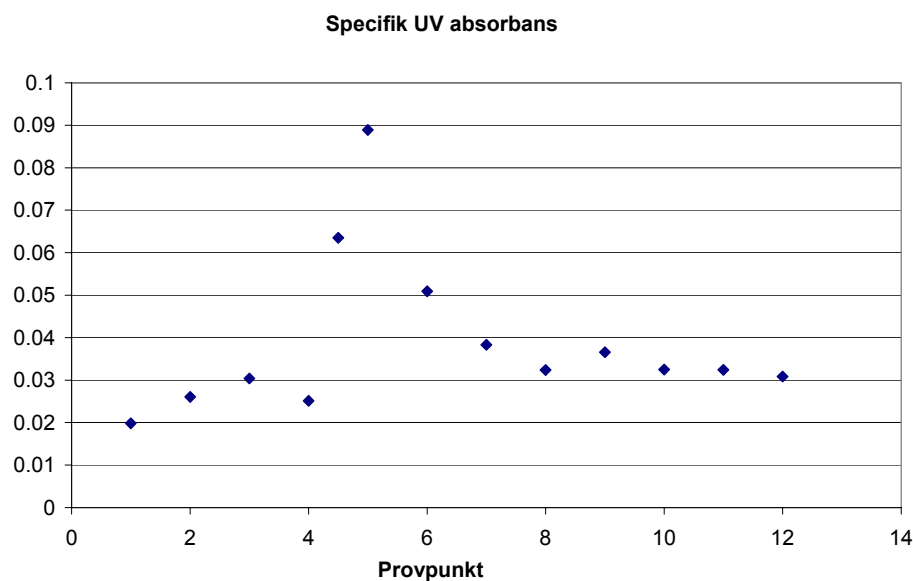
Kursiv, halten överstiger gränsvärden för inert avfall

Fet, halten överstiger gränsvärdet för icke-farligt avfall

4.5.2 Organiskt material

Ett försök gjordes med att mäta mängden organiska syror i laklösningar. Tyvärr visade det sig att kapillärelektrofores inte lämpade sig för att mäta organiska syror i denna typ av lösningar. Förmodligen var det den mycket höga salthalten i proverna som påverkade analysen negativt. I laklösningar från aska detekterades dock oxalsyra, malonsyra, bärnstensyra, glutarsyra, adipinsyra och eventuellt fumarsyra. Halterna uppskattas till 1-50 mg/kg.

En metod som används för att mäta vattenkvalité är att beräkna den specifika absorbansen vid 254 nm (SUVA). Detta görs genom att dividera absorbansen vid 254 nm med mängden löst organiskt kol. Detta värde är proportionellt mot aromaticiteten på det lösta organiska kolet. Ett lägre värde tyder på en större mängd hydrofilt organiskt material relativt det hydrofoba organiska materialet. I figur 3 ses ett diagram för den specifika UV absorbansen i de olika ytvattenproverna. Proverna från punkt 4b (4,5), 5 och 6 har ett SUVA värde som är klart högre än övriga värden. Detta tyder på att det förekommer mycket högmolekylärt material i dessa prover, vilket inte är förvånansvärt då det ligger en mosse strax norr om deponin. Noteras bör också att punkt 1-3 har ett lägre SUVA värde. Detta tyder på att det finns en större andel lågmolekylärt material i dessa vattenprover jämfört med de övriga proverna. Eftersom även pH i dessa prover är högre kan det ha skett en basisk hydrolys av det organiska materialet vilket medfört en ökning av andelen lågmolekylärt material. Beräkning av SUVA kan vara ett bra verktyg för att karakterisera det organiska materialet i lakvattnet från deponin för att studera nedbrytning av organiskt material i deponin.



Figur 3. Medelvärden för specifik UV absorbans i ytvattenprover.

Figure 3. Mean value for the specific UV absorbance in surfacewaters.

4.6 Sediment

Sedimentproverna togs i det omgivande diket vid provpunkterna för ytvattenprovtagning [27] [28]. Proverna har samma märkning som ytvatten förutom Åsen som är ett vittrat avfall som finns utanför deponin mellan provpunkt 6 och 7. Provpunkt 5.5 är belägen mellan provpunkt 5 och 6. Elektrisk konduktivitet, pH, torrsubstans och glödförlust redovisas i Tabell 8. Metallhalterna för de olika lakstegen redovisas i Tabell i bilaga A.

Tabell 8. Elektrisk konduktivitet (EC), pH, torrsubstans (TS) och glödförlust (LOI) i sedimentprover.

Table 8. Electric conductivity (EC), pH, dry substance (TS) and loss-on-ignition (LOI) in sediment samples.

Provpunkt	Elektrisk konduktivitet (µS/cm)	pH	TS (%)	LOI (%)
1	761	7,20	11	34
3	352	6,73	21	18
5.5	342	3,45	21	34
6	962	4,18	13	39
7	333	4,23	31	24
8	174	4,67	49	9,5
9	121	4,01	31	36
Åsen	1968	3,61	88	1,7

Halterna i sedimenten tyder på högre halter i provpunkt 6 jämfört med provpunkter uppströms respektive nedströms. Detta tyder på att det trycker ut lakvatten vid deponifoten strax uppströms provpunkt 6, vilket också återspeglas i ytvattenresultaten. Generellt är dock totalhalterna av tungmetaller i sedimenten låga. Det märkliga är också att de lägsta totalhalterna återfinns i Åsen som består av vittrat gruvavfall med tämligen lågt pH. Detta material kan dock redan vara färdiglakat vilket antyds i totalhalter och lakbara andelar.

Generella slutsatser utifrån sedimentlakningarna är att de flesta element vid de flesta provpunkter verkar mobiliseras lättast vid sänkt redox. Detta tyder på att elementen förmodligen är associerade till en oordnad järn(hydr)oxid som fungerar som adsorbent. Detta är inte orimligt eftersom systemet innehåller relativt mycket järn i lösning, men detta betyder också att det finns en risk att tungmetallerna mobiliseras när vattennivån återigen stiger i diket under hösten och vintern vilket gör att det kan finnas en stor pool lättillgängliga tungmetaller när snösmältningen börjar.

Några mer specifika observationer kan dock göras, även om de bör studeras vid ytterligare tillfällen för att få en säkrare tolkning. De anjoniska elementen arsenik, selen och molybden har signifikant högre halter i provpunkterna 1 och 6 vilket tyder på ett påslag från deponimaterialet. De typiskt katjoniska elementen (nickel, koppar, zink och bly) har visserligen ingen tydlig haltfördelning i sedimenten men det visar sig dock att dessa element är mycket starkt associerade till reducerbara faser vid provpunkterna 1 och 6. Detta kan tolkas som en ökad adsorption till de fasta järn(hydr)oxiderna i sedimenten till följd av ett högre pH. Detta stämmer dock inte eftersom det enbart är punkt 1 som har ett signifikant högre pH. Det skulle dock kunna betyda att det finns mer reducerbara fasta faser i sedimenten vid dessa punkter till följd av utläckage av löst divalent järn som omvandlas till amorfa järn(hydr)oxider.

4.7 Ytvatten

Då provtagningssäsongen har varit kort och dikessystemen bottenfryser under vintern samt torkar ut helt under sommaren görs inga försök att presentera insamlade mätdata som tidsserier i detta skede utan data presenteras som medelvärden för varje mätpunkt.

Generellt kan det noteras att ytvatten 1-3 har genomsnittliga pH nära neutralt (Tabell 9), vilket är betydligt högre än övriga ytvatten. Ytvatten 1-3 är alla lokaliserade till det södra diket vilket antagligen till största delen enbart avleder ytavrinning från deponin. Det kan också noteras en positiv korrelation (r^2 0,48) mellan pH och elektrisk konduktivitet vilket tolkas som att det är lättlösliga salter från askan som till största delen bidrar till den höga elektriska konduktiviteten i vissa mätpunkter. Detta bekräftas också av en stark korrelation mellan elektrisk konduktivitet och natrium (r^2 0,66). Ytvatten 4b till 7 avleder vatten i deponins norra dike och har en betydligt surare karaktär. I ytvatten 6 kan det dock noteras en förändring i den allmänna kemin (såsom högre pH, högre elektrisk konduktivitet, högre TOC samt högre järnhalter) vilket skulle tyda på uttryckande grundvatten vid deponifoten. Ett något högre vattenflöde har också tidvis noterats i denna punkt. En tydlig återförurning har dock redan skett i ytvatten 7. Ytvatten 8 är den första punkten efter att det södra och norra diket har runnit ihop. Karaktären i ytvatten 8 påminner dock mer om karaktären i ytvatten 7 än i ytvatten 1,

vilket antyder att vattnet i ytvatten 8 domineras av vatten från det norra diket. Längre nedströms (ytvatten 9-12) sjunker pH ytterligare vilket tyder på ett tillskott av surt grundvatten längs bäcken.

Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för ytvatten [18] återfinns mycket höga halter av bland annat koppar och bly i ytvatten 1, 6 samt 7-12. Att höga halter återfinns i ytvatten 1 och 6 kan tyda på ett signifikant tillskott från själva täckmaterialet.

Tabell 9. Medelvärden för mätdata för ytvattenprover 2003.

Table 9. Mean for surface water samples 2003.

	1 <i>n=8</i>	2 <i>n=6</i>	3 <i>n=9</i>	4b <i>n=10</i>	5 <i>n=7</i>	6 <i>n=12</i>
pH	8,41	6,45	5,90	3,17	3,15	4,52
EC (µS/cm)	4460	1750	1670	671	713	2580
TOC (mg/l)	61,8	14,1	25,9	7,87	7,35	28,0
IC (mg/l)	20,7	14,3	30,3	1,87	1,58	6,84
Ca (mg/l)	90,9	113	78,1	56,7	47,4	78,7
Fe (mg/l)	0,41	0,52	1,11	1,33	0,42	6,19
K (mg/l)	40,3	7,93	4,93	1,31	1,26	11,5
Mg (mg/l)	6,10	5,96	7,09	6,89	5,34	10,4
Na (mg/l)	108	33,4	24,5	11,8	8,62	58,2
Al (µg/l)	2090	681	2900	719	1420	5530
As (µg/l)	16,5	7,82	5,98	6,74	4,84	11,9
Ba (µg/l)	159	109	157	151	126	134
Cd (µg/l)	1,02	<i>ud</i>	0,86	<i>ud</i>	0,99	1,12
Co (µg/l)	4,89	2,92	4,19	2,40	2,60	6,69
Cr (µg/l)	5,96	3,48	5,03	4,87	3,62	6,78
Cu (µg/l)	54,0	23,4	18,7	12,3	12,6	42,7
Mo (µg/l)	262	54,1	19,1	6,37	6,35	25,6
Mn (µg/l)	509	530	614	530	428	1470
Ni (µg/l)	22,7	10,1	13,3	7,29	8,62	25,9
Pb (µg/l)	102	2,34	11,5	9,50	11,5	96,2
Zn (µg/l)	92,3	69,6	140	123	230	285

ud, under detektionsgräns

ud, below detection limit

	7 <i>n=10</i>	8 <i>n=14</i>	9 <i>n=11</i>	10 <i>n=10</i>	11 <i>n=9</i>	12 <i>n=8</i>
pH	3,66	3,97	3,74	3,66	3,64	3,66
EC (µS/cm)	1660	1770	1450	697	648	587
TOC (mg/l)	11,4	11,1	8,98	6,67	6,52	6,05
IC (mg/l)	2,81	2,90	1,38	1,46	1,50	1,19
Ca (mg/l)	60,4	108	75,5	37,1	47,5	41,0
Fe (mg/l)	1,14	1,45	1,25	0,45	0,44	0,34
K (mg/l)	6,23	11,8	8,74	1,85	2,68	2,49
Mg (mg/l)	6,64	10,7	8,0	5,69	6,78	5,89
Na (mg/l)	26,5	42,8	33,8	18,3	23,1	21,3
Al (µg/l)	5550	7860	9370	7570	7000	4800
As (µg/l)	7,77	9,18	9,02	6,71	7,63	7,51
Ba (µg/l)	124	137	140	147	171	171
Cd (µg/l)	1,12	1,81	1,57	1,41	1,46	1,26
Co (µg/l)	3,25	5,78	5,19	5,38	5,70	4,46
Cr (µg/l)	4,37	5,52	5,44	5,23	5,73	5,56
Cu (µg/l)	15,0	33,8	26,9	21,3	24,9	14,5
Mn (µg/l)	719	1010	838	618	688	598
Mo (µg/l)	6,88	14,3	7,89	9,63	6,58	8,20
Ni (µg/l)	12,7	21,4	18,1	16,2	17,0	13,4
Pb (µg/l)	19,9	10,1	45,1	65,3	24,7	145
Zn (µg/l)	260	293	279	203	198	243

En grov jämförelse mellan mätningar utförda innan täckningen i en punkt kallad Gruvkärret och mätningar utförda under 2003 i ytvatten 8 har gjorts (Tabell 10).

Tabell 10. Mätdata erhållna före respektive efter täckning av gruvavfallet.

Table 10. Levels of chemical parameters before and after covering of the mine waste.

	Gruvkärret, våren 1994 (n=4)		Ytvatten 8, 2003 (n=13)		Ytvatten 8, våren 2003 (n=4)	
	Medel	Stdav	Medel	Stdav	Medel	Stdav
pH	2,87	0,15	3,46	0,63	4,32	0,66
Ca (mg/l)	51,6	4,2	119	42	96,5	36,0
Fe (mg/l)	18,4	4,9	1,26	1,34	2,03	1,96
K (mg/l)	4,58	1,05	17,2	10,8	7,15	3,05
Mg (mg/l)	10,4	1,0	12,5	4,3	9,9	3,9
Na (mg/l)	7,8	1,3	53,5	20,1	37,5	8,4
Al (µg/l)	14500	1590	13700	8100	6680	6610
As (µg/l)	1,13	0,1	9,3	2,08	9,1	0,65
Ba (µg/l)	17,5	1,2	104	51,4	163	48,6
Cd (µg/l)	1,92	0,27	3,1	1,2	1,2	0,3
Co (µg/l)	11,5	0,8	7,2	3,7	6,3	4,6
Cr (µg/l)	2,56	0,45	5,3	2,5	6,4	2,4
Cu (µg/l)	22,1	4,4	61,5	29,7	27,3	12,9
Mn (µg/l)	1200	90	1090	510	1030	590
Ni (µg/l)	37,0	2,3	28,0	16,0	24,0	19,8
Pb (µg/l)	16,8	3,1	8,0	8,0	8,3	7,9
Zn (µg/l)	784	110	359	159	285	139

Utifrån gamla provkartor har ytvatten 8 bedömts vara den punkt som mest kan jämföras med den gamla mätpunkten (Gruvkärret). Under juni 1994 provtogs Gruvkärret 4 gånger och detta medelvärde har jämförts med årsmedelvärdet för hela 2003 samt medelvärdet för de provtillfällen som bäst överensstämmer med motsvarande period 1994. Detta för att undvika att olika säsongsbundna hydrologiska fenomen påverkar jämförelsen i allt för hög grad. Då en strikt statistisk jämförelse inte kan göras får detta ses som en indikation på i vilken grad täckningen har påverkat systemet.

Kemiska parametrar som med stor sannolikhet har ökat sedan täckningen är pH, kalcium, kalium, natrium, arsenik, barium, krom och koppar. Ökningen av pH samt de ökade halterna av baskatjoner är en följd av den basiska askan. Ökningen av spårmetaller är dock svårare att genomskåda. Den parameter som har ökat mest i relativa termer är arsenik som har ökat med en faktor 8.

De parametrar som med stor sannolikhet har minskat är järn, kobolt, nickel, bly och zink. Højningen av pH medför förmodligen en snabbare hydrolys av divalent järn med efterföljande utfällning av amorfa järn(hydr)oxider som sedan kan fungera som sorptionsmaterial för många katjoniska spårmetaller. Förändringar av halterna magnesium, aluminium, kadmium, kvicksilver och mangan är utifrån befintliga data svårt att uttala sig om.

4.8 Grundvatten

Utifrån den elektriska konduktiviteten (Tabell 11) kan man tydligt se ett läckage till grundvattnet under deponin med kraftigt förhöjda värden i grundvatten 0302 och 0303. En antydning till en strömning av grundvatten med förhöjd elektrisk konduktivitet till grundvatten 0304 kan också urskiljas. Denna hypotes stärks också genom att värdena på TOC, kalcium, kalium och natrium i grundvatten 0304 är högre än i övriga grundvatten utanför deponin.

Då pH är mycket högt i grundvatten 0303 är halterna av spårmetaller generellt lägre till följd av ökad sorption eller utfällning. Detta gäller dock inte för följande spårmetaller och organiskt kol vilka har en positiv korrelation med pH; arsenik (r^2 0,62), krom (r^2 0,58), molybden (r^2 0,83), selen (r^2 0,72), koppar (r^2 0,43) och organiskt kol (r^2 0,88). För arsenik, molybden, selen och organiskt kol är förklaringen den att de förekommer som oxyanjoner i löst fas. För krom och koppar är förklaringen inte lika uppenbar. Den höga halten organiskt kol i vattnet och det höga pH-värdet gör dock att krom(III) och koppar kommer att associera starkt till organiskt material.. Också i ytvatten 1 noterades höga halter av koppar och krom vilket skulle kunna betyda att själva täcksiktet är en källa för dessa metaller. En alternativ förklaring för krom är dock att den kan föreligga som anjonisk krom(VI) vilket är allvarligt då den är mycket cancerogen. Möjligheten till ökad utlakning eller förekomst av sexvärt krom måste undersökas vidare.

Tabell 11. Medelvärden för kemiska parametrar mätta i grundvatten.

Table 11. Mean values for chemical parameters in ground water.

	0301 <i>n</i> =2	0302 <i>n</i> =3	0303 <i>n</i> =4	0304 <i>n</i> =3	0305 <i>n</i> =4	0306 <i>n</i> =4
pH	4,57	5,54	11,21	3,62	3,54	3,66
EC (µS/cm)	978	5480	4390	2160	957	760
O ₂ (mg/l)	1,40	1,88	0,94	2,45	1,93	1,65
TOC (mg/l)	32,4	12,2	129	12,8	5,0	6,65
IC (mg/l)	14,7	25,0	52,7	6,04	2,61	3,48
Ca (mg/l)	34,5	238	38,8	84,3	43,8	30,3
Fe (mg/l)	7,75	19,7	0,63	2,43	1,36	3,0
K (mg/l)	1,36	67,5	76,0	8,73	3,95	0,32
Mg (mg/l)	3,95	13,8	2,58	13,7	8,45	6,83
Na (mg/l)	6,35	133	220	53,0	24,0	5,15
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	316	3120	1260	1120	427	362
Al (µg/l)	7490	3300	5430	43000	16700	5400
As (µg/l)	5,60	15,3	21,8	10,5	7,20	4,80
Ba (µg/l)	122	137	177	114	150	77,3
Cd (µg/l)	18,0	1,60	0,59	5,40	1,58	0,61
Co (µg/l)	61,0	3,07	2,50	22,3	11,7	6,95
Cr (µg/l)	8,65	6,33	31,5	10,4	5,50	4,00
Cu (µg/l)	67,5	28,7	126	72,7	23,0	14,9
Mn (µg/l)	910	2900	132	1530	1030	1040
Ni (µg/l)	199	17,1	14,0	90,3	36,2	43,0
Pb (µg/l)	45,1	29,5	22,2	27,0	40,4	7,08
Zn (µg/l)	2700	227	63,5	1040	575	485

4.8.1 Speciering av grundvatten

I grundvatten 0301 finns endast tendenser till jämvikt med $\text{AlOH}\text{SO}_4(\text{s})$ (mättnadsindex 0,41). Detsamma gäller i princip för 0305 ($\text{AlOH}\text{SO}_4(\text{s})$; 0,22) och 0306 ($\text{AlOH}\text{SO}_4(\text{s})$; -0,20), men där även $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6(\text{s})$ (-0,29) kan förekomma i 0306. I grundvatten 0302 finns enligt jämviktsberäkningarna en tydlig jämvikt för gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s})$; 0,08) och anhydrit ($\text{CaSO}_4(\text{s})$; -0,32). Detta är ett resultat av blandningen av sulfatrikt gruavavfallsvatten och kalciumrikt lakvatten från den basiska askan. Grundvatten 0303 som har det högsta pH står enligt beräkningarna i termodynamisk jämvikt med ett flertal fasta faser: aragonit ($\text{CaCO}_3(\text{s})$; 0,11), kalcit ($\text{CaCO}_3(\text{s})$; 0,27), $\text{AlOOH}(\text{s})$ (0,19), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2(\text{s})$; -0,38), ferrihydrit ($\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$; 0,48), gibbsit ($\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$; 0,25), rodokrosit ($\text{MnCO}_3(\text{s})$; -0,01), $\text{Mn}(\text{OH})_2(\text{s})$ (0,04). Vattnet är dock undermättat med avseende på portlandit ($\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$) och gips. Förekomsten av flera av dessa fasta faser kan i kombination med det höga pH förklara de låga halterna av tungmetaller i detta grundvatten. Grundvatten 0304 har också ett tydligt påslag av både sulfat och kalcium vilket gör att jämvikt med gips (-0,54) uppnås. Tungmetallfördelningen kommer att studeras när fler representativa mätdata finns för grundvattnen.

5 Sammanfattning och slutsatser

Sammanställningen av analyserna från lakförsöken av täckmaterialet visar att selen och molybden har en lakbarhet som överstiger de gränsvärden som EU har satt för inert avfall. Från vissa prover erhålls även en hög lakbarhet av nickel, koppar och krom.

För att på ett bra sätt kunna bedöma effekterna av en täckningsåtgärd av detta slag är det viktigt att genomföra en utförlig undersökning av området med avseende på kemiska parametrar och vattenföring innan projektets start. Detta har inte skett i detta projekt vilket försvårar utvärderingen av projektet. Dessutom har deponin inte konstruerats på ett helt optimalt sätt vad gäller topografi och ytavrinning.

Vid en jämförelse av kemiska parametrar i ytvattnet från deponin före och efter täckningen urskiljs en klar förhöjning av pH, kalcium, kalium, natrium, arsenik, barium, krom och koppar. En minskning har dock erhållits för järn, kobolt, nickel, bly och zink. Det är troligt att ett förhöjt pH medför ett ökat utläckage av arsenik från gruvavfallet. Härav följer att aska eventuellt inte lämpar sig för täckning av gruvavfall som innehåller arsenik.

Utifrån de analyser som gjorts på grundvattnet uppstår stora tveksamheter till om deponin är tät. Klart förhöjda värden för pH och konduktivitet samt för TOC, kalium, kalcium och natrium urskiljs nämligen i de grundvatten som provtagits på deponin. Dessutom återfinns mycket höga kromhalter i ett grundvatten från deponin.

För att kunna bedöma om aska och slam lämpar sig för att täcka gruvavfall är ett fortsatt övervakningsprogram för yt- och grundvatten nödvändigt för säkerställa vilka metaller som ökar respektive minskar i yt- och grundvatten. Dessutom behövs mätdata från fler säsonger för att utröna vilken påverkan flödesförändringar har på systemet.

6 Förslag till fortsatt forskningsarbete

Ett fortsatt forskningsarbete är nödvändigt för att kunna avgöra lämpligheten i att täcka gruvavfall med aska och slam. En fokusering bör ske på övervakningsprogram och koppling mellan totalhalter, lakdata och ytvattendata, samt sambandet mellan pH, organiskt material och tungmetaller. Dessutom måste den eventuella förekomsten av sexvärt krom i grundvattnet undersökas vidare. Vidare bör den ökade lakbarheten av arsenik undersökas, då det är troligt att ett förhöjt pH medför ett ökat utläckage av arsenik från gruvavfallet

Ängeläget är också att försöka avgöra om det är slammet, askan eller gruvavfallet som bidrar till att koncentrationen av vissa metaller i ytvattnet har ökat efter täckningen.

I ett fortsatt övervakningsprogram bör de flesta provtagningspunkterna fortfarande provtas och analyseras på samtliga parametrar som hitintills analyserats. Detta för att möjliggöra en multivariat analys av data och därmed en bättre koppling mellan totalhalter, lakdata samt halter i vatten. En provpunkt längre nedströms, närmare Väringen bör lämpligen läggas till.

7 Litteraturreferenser

- [1] Tegengren, F.R. (1924) Sveriges ädlare malmer och bergverk. SGU Ser Ca No 17
- [2] USEPA (1994) Acid mine drainage prediction. Technical document, EPA530-R-94-036, Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency
- [3] Ledin A. och Pedersen (1996) The environmental impact of mine wastes – Roles of microorganisms and their significance on treatment of mine wastes. *Earth-Science Reviews*, 41: 67-108
- [4] Karlsson, S. och Bäckström, M. (2003) Surface water quality in Bersbo, Sweden – Fifteen years after amelioration of sulphidic waste. In: Mining and the Environment III, Sudbury, Canada, 6 pp (CD-ROM)
- [5] Jurjovec, J., Ptacek, C.J. och Blowes, D.W. (2002) Acid neutralization mechanisms and metal release in mine tailings: A laboratory column experiment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66(9): 1511-1523
- [6] Brake, S.S., Connors, K.A. och Romberger, S.B. (2001) A river runs through it: impact of acid mine drainage on the geochemistry of West Little Sugar Creek pre- and post-reclamation at the Green Valley coal mine, Indiana, USA. *Environmental Geology*, 40: 1471-1481
- [7] Tonkin, J.W., Balistreri, L.S. och Murray, J.W. (2002) Modeling metal removal onto natural particles formed during mixing of acid rock drainage with ambient surface water. *Environmental Science & Technology*, 36(3): 484-492
- [8] Dinelli, E. och Tateo, F. (2002) Different types of fine-grained sediments associated with acid mine drainage in the Libiola Fe-Cu mine area (Ligurian Apennines, Italy). *Applied Geochemistry*, 17: 1081-1092
- [9] Lee, G., Bigham, J.M. och Faure, G. (2002) Removal of trace metals by coprecipitation with Fe, Al and Mn from natural waters contaminated with acid mine drainage in the Ducktown mining district, Tennessee. *Applied Geochemistry*, 17: 569-581
- [10] Williams, D.J., Bigham, J.M., Cravotta, III, C.A., Traina, S.J., Anderson, J.E. och Lyon, J.G. (2002) Assessing mine drainage pH from the color and spectral reflectance of chemical precipitates. *Applied Geochemistry*, 17: 1273-1286
- [11] Bäckström, M., Dario, M., Karlsson, S. and Allard, B. (2003) Effects of a fulvic acid on the adsorption of mercury and cadmium on goethite. *The Science of the Total Environment*, 304(1-3): 257-268
- [12] Lövgren, L. och Sjöberg, S. (1996) Hydrokemiska processer i gruvavfallsupplag och recipienter – tungmetallspeciering och sorptions- och sedimentationsprocesser. AFR-Rapport 103
- [13] Fällman A-M; (1993) ”Undersökning av utlakning från behandlad och obehandlad torvaska” SGI Dnr 9303-122-2, Linköping
- [14] Kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid avfallsdeponier (2003/33/EG)

-
- [15] Engwall M., Brunström B., Näf C. och Hjelm K., (1999) "Levels of dioxin-like compounds in sewage sludge determined with a bioassay based on erod induction in chicken embryo liver cultures", *Chemosphere*, 38 (10), 2327-2343
- [16] Johansson I., (2003) "Characterisation of organic materials from incineration residues", Örebro Studies in Chemistry 3, Örebro universitet, Örebro
- [17] Förbränning av avfall. (2001) En kunskapssammanställning om dioxiner, RVF, Malmö
- [18] Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- [19] Jones, W.P. och Jandik, P. (1991) Controlled changes of selectivity in the separation of ions by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography*, 546: 445-458
- [20] Romano, J., Jandik, P., Jones, W.R. och Jackson, P.E. (1991) Optimization of inorganic capillary electrophoresis for the analysis of anionic solutes in real samples. *Journal of Chromatography*, 546: 411-421
- [21] Svensk Standard (1994) Markundersökningar – Bestämning av pH. SS-ISO 10 390
- [22] Tessier, A., Campbell, P.G.C. och Bisson, M. (1979) Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51(7): 844-851
- [23] Parkhurst, D.L. och Appelo, C.A.J. (1999) User's guide to PHREEQC (Version 2) – A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. Water Resources Investigations Report 99-4259, U.S. Geological Survey, Denver, CO, USA
- [24] Bäckström, M. (2002) On the chemical state and mobility of lead and other trace elements at the biogeosphere/technosphere interface. Örebro Studies in Chemistry 1, Örebro universitet
- [25] Hagberg, J. (2002) Application of capillary zone electrophoresis for the analysis of low molecular weight organic acids in environmental samples. *International Journal of Analytical Chemistry*, 78(3-4): 385-396.
- [26] Chow, A., Tanji, K. and Gao, S. (2003) production of dissolved organic carbon (DOC) and trihalomethane (THM) precursor from peat soil. *Water Research*, 37: 4475-4485
- [27] Axné J och Larsson M. (2003) Tallyumhalten i mark och grundvatten vid en gruvdeponi i Närke. Projektarbete inom miljövetenskap, Örebro universitet
- [28] Andersson L och Arvidsson C (2003) Antimon i grundvatten och sediment i Ervalla gruvdeponi. Projektarbete inom miljövetenskap, Örebro universitet
- [29] Svensk standard SS 02 81 99. Vattenundersökningar- Riktlinjer för bestämning av totalt organiskt kol (TOC) i vatten.
- [30] Svensk standard SS 02 81 13. Vattenundersökningar – Bestämning av torrs substans och glödningsrest i vatten, slam och sediment.

Bilagor

A Analysresultat för torvaska

Tabell 12 Sammanställning av resultat från tillgänglighetstest och lakfösök utfört av SGI på torvaska från Sydkraft MälarVärme AB.

Table 12 The results of the availability test and batch leaching carried out by SGI on peat ash from Sydkraft MälarVärme AB.

	Tillgänglighetstest	Torvaska 1	Torvaska 2	L/S 2	Torvaska
Ca	mg/kg	248416	263016	mg/l	452
Fe	mg/kg	14.4	39.3	mg/l	<0.01
K	mg/kg	1553	1767	mg/l	653
Mg	mg/kg	3549	5508	mg/l	<0.08
Na	mg/kg	404	506	mg/l	165
S	mg/kg	24398	24728	mg/l	1.59
Al	mg/kg	3593	8902	mg/l	310
As	mg/kg	0.457	0.872	mg/l	<0.40
Ba	mg/kg	148	180	mg/l	16800
Cd	mg/kg	0.331	0.794	mg/l	0.752
Co	mg/kg	<2.2	<2.2	mg/l	<7.0
Cr	mg/kg	1.63	1.93	mg/l	<1.0
Cu	mg/kg	7.54	18.9	mg/l	8.36
Hg	mg/kg	<0.09	<0.09	mg/l	0.577
Mn	mg/kg	228	510	mg/l	0.445
Ni	mg/kg	2.93	5.35	mg/l	29.2
Pb	mg/kg	0.25	0.41	mg/l	11.8
Zn	mg/kg	20.9	56	mg/l	133

B Tungmetallhalter och näringsinnehåll i slam, Örebro avloppsverk 2000-2002

Tabell 13. Medelvärden för tungmetaller, näringsinnehåll och PAH i slam från Örebro avloppsverk

Table 13. Mean value for heavy metals, nutrients and PAH in sludge from Örebro sewage treatment works

År		2000	2001	2002
pH		7,9	7,9	8,0
Torrsubstans	%	30,0	32,7	32,6
Glödförlust	%	58,8	57,7	55,7
Ammoniumkväve	g/kg TS	10,1	9,1	8,6
Totalkväve	g/kgTS	35,7	33	29
P	g/kgTS	20,3	17	15
K	g/kgTS	1,7	1,5	1,3
CaO	g/kgTS	52,5	54	66
Mg	g/kgTS	2,1	2,2	2,2
Hg	mg/kg TS	0,85	0,54	0,43
Cd	mg/kg TS	0,8	0,93	0,72
Pb	mg/kg TS	34	29	28
Cr	mg/kg TS	19	18	16
Ni	mg/kg TS	23,5	14	11
Cu	mg/kg TS	312	227	211
Ag	mg/kg TS	9,3	4,7	4,5
Zn	mg/kg TS	476	350	317
Fluoranten	mg/kg TS	0,34	0,27	0,27
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	0,12	0,12	0,11
Benso(k)fluoranten	mg/kg TS	0,10	0,10	0,10
Benso(a)pyren	mg/kg TS	0,11	0,10	0,11
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,11	0,11	0,10
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0,10	0,10	0,10

C Geohydrologisk undersökning vid deponi för gruvavfall i Ervalla

SWECO VIAK

Värmeforsk Service AB

GRUVAVFALL ERVALLA

Geohydrologisk undersökning vid deponi för gruvavfall i Ervalla

Örebro 2003-10-09
SWECO VIAK AB
Vatten och Miljö

David Ekholm

Uppdragsnummer 1553009 000

Härtill hör bilagor

1. Översikt
2. Bedömning av deponins tillrinningsområde
3. Skruvborrpunkter
- 4.1. Grundvattenrör, nivå dikesbotten
- 4.2. Grundvattennivåer
5. Resultat permeabilitetstest

nr 029, 2003-03-30

SWECO VIAK
Grubbensgatan 6
Box 8118, 700 08 Örebro
Telefon 019-16 81 00
Telefax 019-16 81 49

Uppdrag 1553009 000; DAVE
p:\1533Wärmeforsk\1553009\utbl&användning_ervalla.doc



1 Orientering

MTM-centrum, Örebro Universitet, undersöker, på uppdrag av Värmeforsk, effekterna av en täckning med aska som genomförts vid en deponi för gruvavfall i Ervalla.

Projektet "Askor som täcksikt för gruvavfall" ingår i Värmeforsks program "Miljöriktig användning av askor"

Som en del i MTM-centrums uppdrag har SWECO VIAK, på uppdrag av Värmeforsk Service AB, genomfört geohydrologiska undersökningar vid deponin.

2 Genomförda undersökningar

Inledningsvis genomfördes ett fältbesök. Punkter för skruvborrning och grundvattenrör sattes ut.

För uttagning av markprov och för att bestämma mäktigheten hos täcksiktet och det deponerade avfallet utfördes skruvborrningar. Personal från MTM-centrum ansvarade för hantering av uttagna markprov och för att föra borrhöret. Skruvborrning utfördes i sex punkter. Punkternas lägen redovisas i bilaga 3.

På två prov som togs i täcksiktet genomfördes permeabilitetstest. Resultaten redovisas i bilaga 5.

För installation av grundvattenrör utfördes borrningar med skruvborrmaskin. I skruvborrhålen nedfördes grundvattenrör av HDPE-plast med 1 m filter. I två punkter installerades stålrör med 1 m filter. Filtren till dessa två rör utgörs av stålrör i vilka hål med diameter 4 mm borrats. Totalt installerades åtta grundvattenrör. Grundvattenrörens lägen redovisas i bilaga 4.1.

Grundvattenrören samt ett antal punkter på deponin mättes in med handhållen GPS och avvägdes med avvägningsinstrument. Grundvattenrörens koordinater redovisas i bilaga 4.2.

15021 2000-03-30

Värmeforsk Service AB
2003-10-09
Gruvavfall Ervalla

1 (5)
Uppdrag 1553009 000; DAVE
p:15533\varmeforsk\1553009\utl\standenra_ervalla.doc



3 Mängd täckmaterial och avfall

Protokoll från markprovtagning med skruvborr redovisas i MTM:s rapport för uppdraget.

Vid provtagning med skruvborr var det enligt MTM:s personal mycket svårt att bedöma på vilka nivåer täckmaterial och avfall var beläget i deponin. Beräkningar av mängderna täckmaterial och avfall kan därmed endast göras översiktligt.

Enligt MTM:s personal bedöms täckmaterialets mäktighet uppgå till 1,5 - 2 m. Deponin upptar en yta av ca 1,1 ha. Mängden täckmaterial, i form av aska och slam, kan därmed beräknas till i storleksordningen 20 000 m³.

Avfallets mäktighet bedöms av MTM:s personal till ca 0,5 m och avfallets utbredning till ca 1 ha. Mängden avfall kan därmed beräknas till i storleksordningen 5 000 m³.

15021 2000-03-30

Värmeforsk Service AB
2003-10-09
Gruvavfall Ervalla

2 (5)
Uppdrag 1553009 000; DAVE
p:15331värmeforsk1553009\uttlåtanden\ira_ervalla.doc



4 Geohydrologiska förhållanden

4.1 Geologi

Enligt SGU:s geologiska kartblad, Örebro NV, utgörs jordlagren under deponin av torv. Genomförda borrhinar visar att det under torven förekommer tunna lerlager som överlagrar morän. I området kring deponin utgörs jordlagren av morän. Utanför deponins tillrinningsområde, förekommer i mindre höjdområden ställvis berg i dagen. I lägre partier, t.ex. vid områden med jordbruksmark ca 250 m väster om deponin, överlagras moränen av lera.

4.2 Hydrologi

Årsmedelnederbörden vid SMHI:s mätstation Ön (9524) har för åren 1961-1990 uppmätts till 681 mm/år (SMHI, 2001). Det uppmätta värdet korrigeras med 12 % för diverse förluster vid mätning och blir då 763 mm/år. Evapotranspirationen kan enligt Tamms formel ($E = 221,5 + 26,5 \cdot T$) uppskattas till 365 mm/år då årsmedeltemperaturen är ungefär 5,4 °C. Den effektiva nederbörden (d.v.s. samlad yt- och grundvattenavrinning) kan då beräknas till ca 400 mm/år.

En bedömning deponins tillrinningsområde redovisas i bilaga 2. Tillrinningsområdet omfattar ca 14 ha. Den samlade yt- och grundvattenavrinningen inom tillrinningsområdet kan därmed beräknas till ca 56 000 m³/år eller ca 1,8 l/s.

Deponin omges av ett dike. Från en lågpunkt öster om deponin rinner diket ut i ett skogsdiket som rinner vidare österut. Regionalt avvattnas området söderut mot Dyltaån som rinner österut mot sjön Väringen.

4.3 Grundvatten

Större delen av tillrinningsområdet till deponin är att betrakta som ett inströmningsområde. Utströmning av grundvatten sker eventuellt i ett område vid deponins östra del eller längre österut längs diket som rinner österut.

Grundvattenytan är i området kring deponin belägen mellan 0,2 och 1,3 m under markytan. Vid mätning av grundvattennivåer i september 2003 var grundvattenytan i deponiområdet belägen 0,5-1 m lägre än vid mätningen i mars månad.

18021_2000-03-30

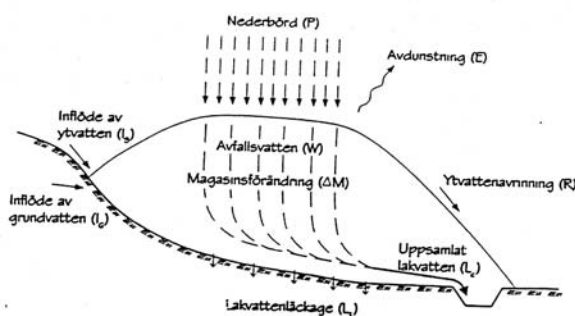
Grundvattnets trycknivå väster om deponin var vid båda mättillfällena belägen ca 2 m högre än trycknivån öster om deponin. Grundvattnets strömningsriktning är alltså från väster mot öster.

4.4 Vattenbalans - lakvatten

För att beräkna hur stora lakvattenmängder som bildas kan en vattenbalans ställas upp. En vattenbalans för deponin kan generellt beskrivas enligt följande (se figur 1):

$$P + I_S + I_G + W = E + R + L_C + L_L + dM \quad (\text{ekv 1})$$

där P = nederbörd, I_S = ytvattentillrinning, I_G = grundvattentillrinning, W = vatten som tillförs med avfall, E = evapotranspiration, R = ytavrinning, L_C = uppsamlat lakvatten, L_L = lakvattenläckage och dM = magasinförändring.



Figur 1. Principiell vattenbalans för avfallsupplag (från Naturvårdsverket rapport 4610).

Deponin tillförs inte längre något avfall varför $W=0$. Sett under lång tid kan magasinförändringen (dM) därmed också antas vara noll.

Eftersom deponin omges av ett dike så når tillrinnande ytvatten inte det deponerade avfallet, d.v.s. $I_S = 0$.

Under perioder med höga grundvattennivåer (som i mars 2003) är grundvattenytan belägen över nivån på det dike som omger deponin,

18025-2000-03-30

se bilaga 4. Tillrinnande grundvatten når vid dessa tillfällen inte deponin utan avleds i diket.

Under perioder med lägre grundvattennivåer (som september 2003) är grundvattenytan belägen på ungefär samma nivå som, eller strax under, diketets nivå. Under dessa förhållanden kan tillrinnande grundvatten passera under diket. Som beskrivits tidigare är det osäkert på vilken nivå avfallet är placerat i deponin. Därför är det svårt att bedöma om det tillrinnande grundvattnet passerar genom eller under avfallet. Enligt MTM:s ungefärliga bedömning av avfallets placering är avfallet huvudsakligen placerat över nivån på det omgivande diket. Det antas därmed att även $I_0 = 0$.

Huvuddelen av lakvattenbildningen bedöms därmed ske genom den nederbörd som faller på deponin och infiltrerar täcksiktet.

Ekvation 1 kan därmed reduceras till:

$$P = E + R + L_C + L_L \quad (\text{ekv 2})$$

Hur stor del av den effektiva nederbörden som infiltrerar respektive avrinner är svårt att bedöma. Permeabilitetstesten som genomförts på täcksiktet indikerar att skiktet är mycket tätt, se bilaga 5. Samtidigt är deponins överyta till stor del flack vilket motverkar ytaavrinning.

För beräkning av lakvattenbildningen antas det att 80-90% av den effektiva nederbörden avrinner på deponins yta. Lakvattenbildningen kan då beräknas till 40 – 80 mm/år vilket motsvarar 40 – 80 l/m²,år. Över hela deponins yta motsvarar detta i storleksordningen 400 – 900 m³/år.

Referenser

Naturvårdsverket, 1996. Deponering av avfall. Förslag till allmänna råd. Rapport 4610.

SGU, 1971. Hydrogeologiska kartbladet, Örebro NV. Ser Ag nr 3.

SMHI, 2001. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990. Referensnormaler – utgåva 2. Nr 99, 2001.

19021_2000-03-30

**SWECO VIAK**

SWECO VIAK AB
Grubbensg 6, Box 8118
700 08 ÖREBRO
Telefon 019-16 81 00
Fax 019-16 81 49

**VÄRMEFORSK SERVICE AB**

Gruvavfall Ervalla

Översikt

UPPDRAG
1553009

RITAD AV
DAVE

HANDLÄGGARE
D.Ekholm

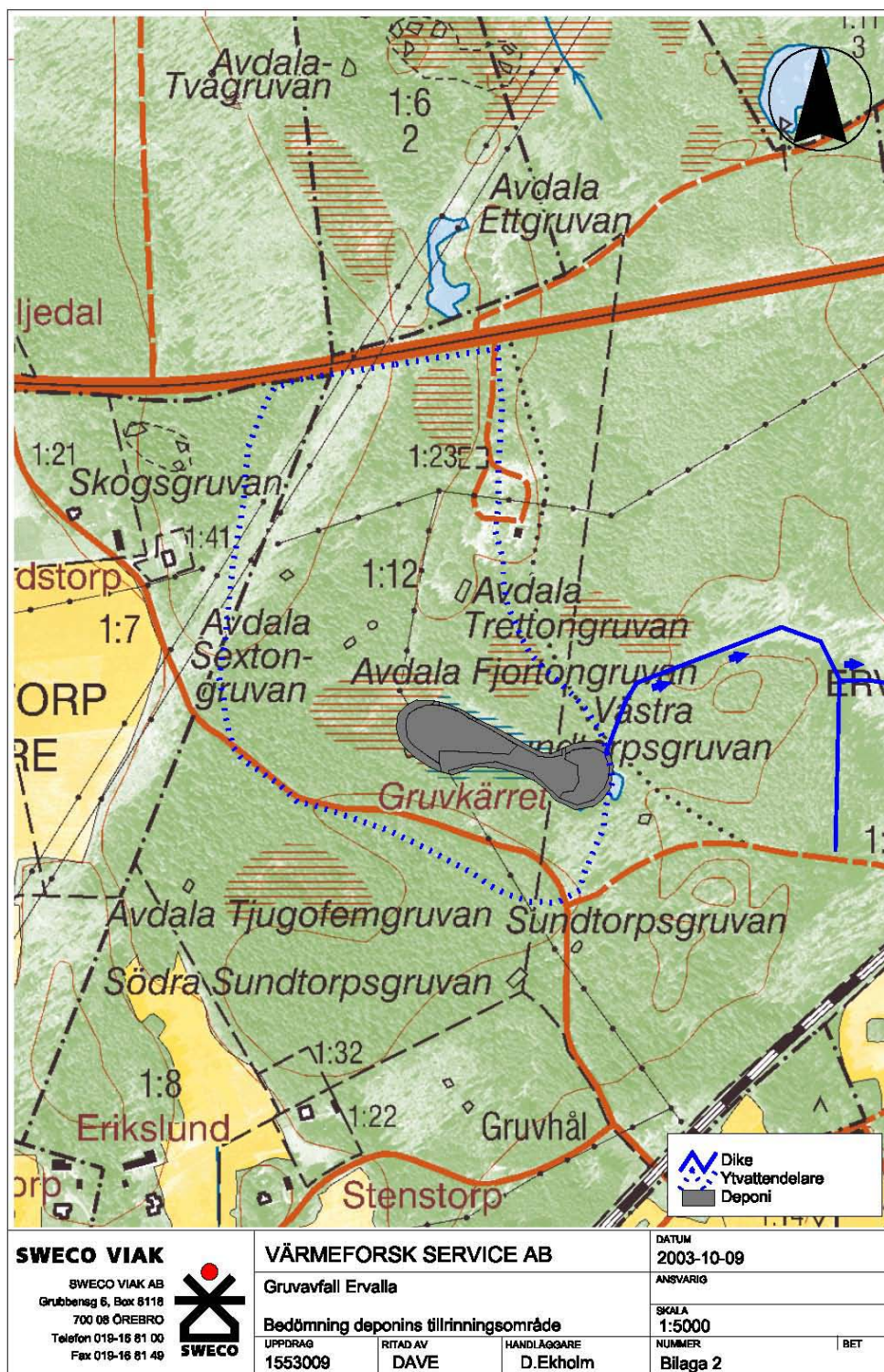
DATUM
2003-10-09

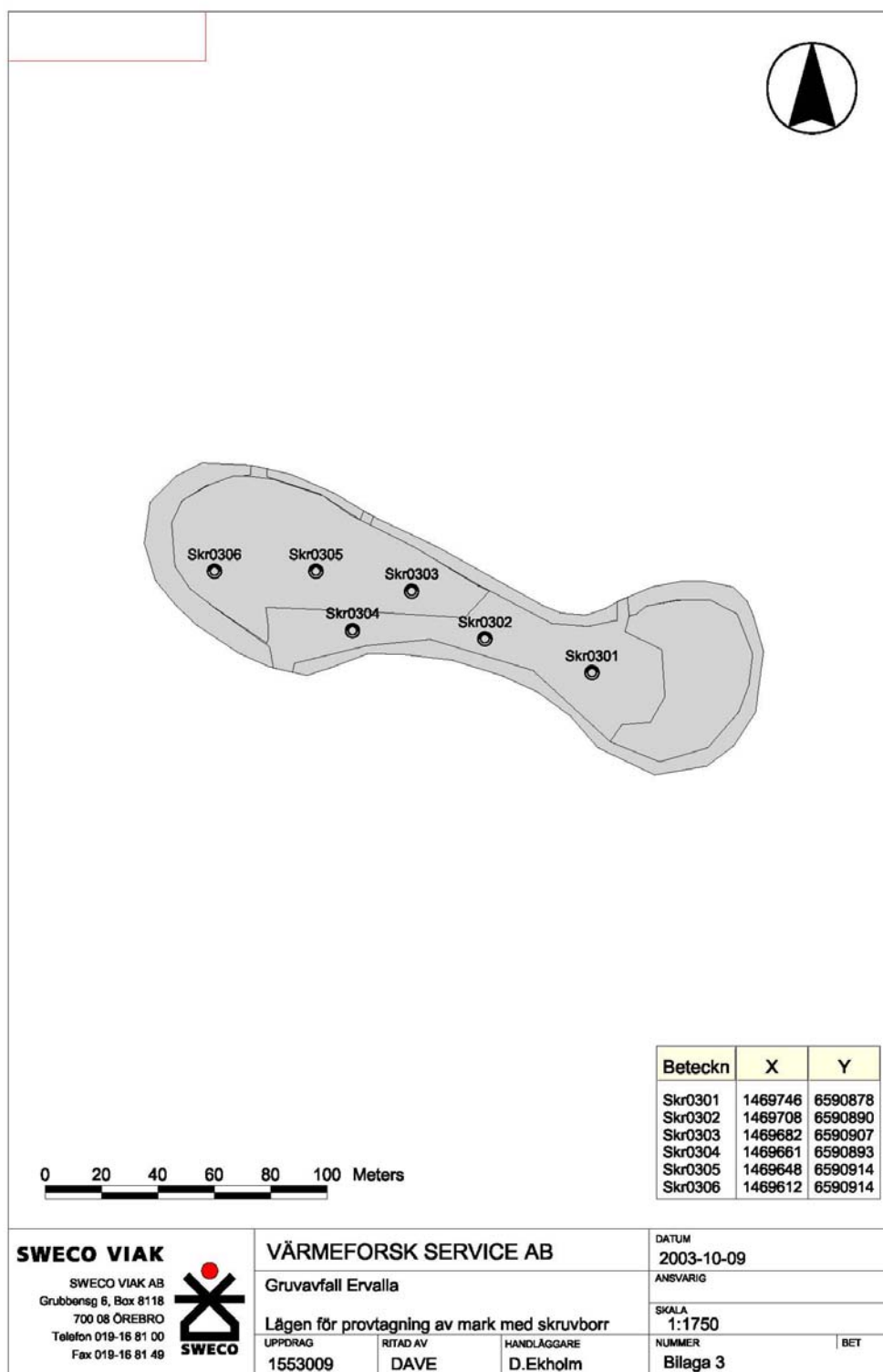
ANSVARIG

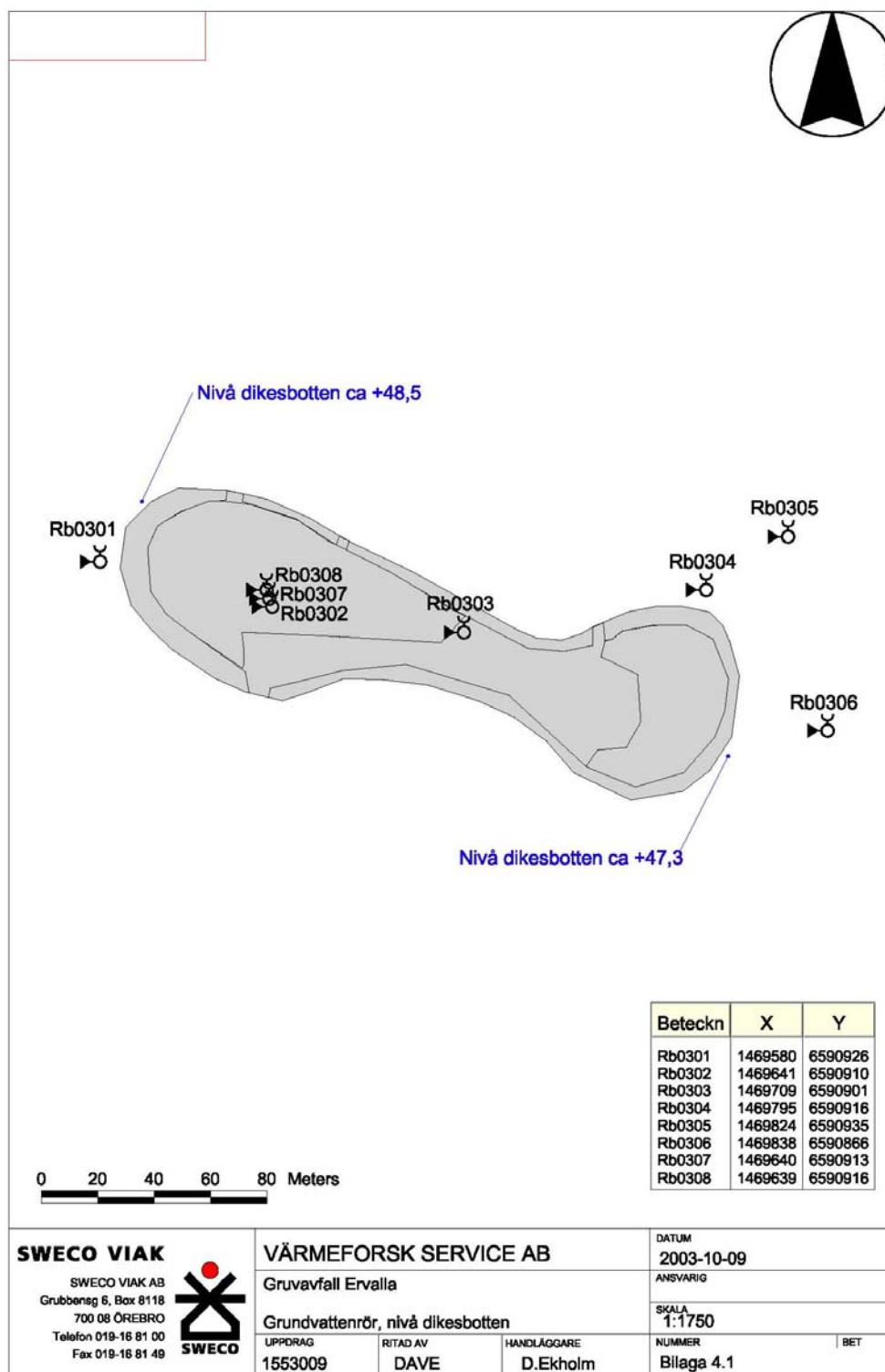
SKALA
1:50000

NUMMER
Bilaga 1

BET







Värmeforsk Service AB
1553009 Gruvavfall Ervalla
Bilaga 4.2

Grundvattenrör Ervalla									
	X	Y	Zrök (rör ök)	Zmy (markyta)	Zruk (rör uk)	Zgvy (2003-03-19)	Zgvy (2003-09-23)	Rörtyp, spets	Anmärkning
Rb0301	1469580	6590926	50,98	49,8	47,98	49,10	48,51	HDPE, 1 m filter	
Rb0302	1469641	6590910	52,15	50,8	47,15	48,80	48,20	"-	
Rb0303	1469709	6590901	50,24	49,6	45,24	48,07	47,60	"-	
Rb0304	1469795	6590916	48,96	47,8	45,96	47,42	46,65	"-	
Rb0305	1469824	6590935	47,73	47,2	44,73	46,99	45,92	"-	
Rb0306	1469838	6590866	47,76	46,9	42,76	46,67	45,76	"-	
Rb0307	1469640	6590913	51,66	50,8	47,76	48,81	48,21	Stål, 1 m med 4 mm hål	Gick ej att driva ner i Mn, ersätts av Rb0308
Rb0308	1469639	6590916	51,63	50,7	47,13	48,80	48,20	"-	

OBS! Samtliga Z-värden anges i ett lokalt höjdsystem.

SWECO GEOLAB

Universalpermeameter

Projekt Permeabilitetstest		
Uppdragsnummer	Uppdragsgivare	Gransk./Tabell
155 3009-000	SWECO VIAK AB, Örebro	Löp-nr 11088
Provtagningsdatum	Provtagningsredskap / Analysmetod	Datum/Sign 2003-06-19
		Undersökningsdatum
		2003-06-16 - 2003-06-18

Borrhålsnummer / sektion: 1
 Provtagningsdjup / gäller mellan [m]:
 Typ av prov: Stört
 Typ av packning: Modifierad Proctor (ca 90% packningsgrad)
 Geoteknisk benämning: sandig lerig silt

 Vattenkvot inkommande prov [%]: 80
 Vattenkvot inpackat prov [%]: 80
 Skrymdensitet inpackat prov [g/cm³]: 1,56
 Provningsdatum: 2003-06-16 - 2003-06-18

 Hydraulisk gradient: 44
 Back pressure [kPa]: 10
 Hydraulisk konduktivitet [m/s]: 2,6E-10
 (Permeabilitet)

Borrhålsnummer / sektion: 2
 Provtagningsdjup / gäller mellan [m]:
 Typ av prov: Stört
 Typ av packning: Modifierad Proctor (ca 90% packningsgrad)
 Geoteknisk benämning: mullhaltig sandig lerig silt

 Vattenkvot inkommande prov [%]: 71
 Vattenkvot inpackat prov [%]: 71
 Skrymdensitet inpackat prov [g/cm³]: 1,57
 Provningsdatum: 2003-06-16 - 2003-06-18

 Hydraulisk gradient: 44
 Back pressure [kPa]: 10
 Hydraulisk konduktivitet [m/s]: 5,2E-10
 (Permeabilitet)

P:\2172\Uppdrag 2003\11088\Perm 1+2 030618.xls]

SWECO GEOLAB, Görwellsgratan 22, Box 34044,
 100 26 STOCKHOLM, Tel: 08-695 60 00, Fax: 08-695 63 60,
 geolab@sweco.se, www.sweco.se/geolab, Ingår i SWECO VBB AB



D Analysresultat för grundämnena i laklösningar

Tabell 14. Analysresultat för grundämnena i laklösningar vid L/S 2 (mg/kg TS).

Table 14. Amount of elements in leachates at L/S 2 (mg/kg dry substance).

Prov	Be	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Fe	Mn	Fe	Co	Ni
B11	0.000	1671	0.8	7.0	-	165	0.000	0.439	2.1	0.1	0.7	0.003	0.011
B12	0.001	1441	0.7	1.3	-	338	0.000	0.430	1.6	0.1	1.7	0.009	0.026
B13	0.003	1105	11.0	12.5	-	2375	0.000	0.106	23.0	1.6	25.2	0.008	0.032
B14	0.003	528	182.1	1.2	1337	2189	0.003	0.004	4.1	1.0	4.3	0.007	0.022
B15	0.003	157	61.9	2.2	514	743	0.003	0.000	1.8	3.2	1.0	0.006	0.023
B21	0.004	918	3.4	15.4	-	181	0.000	0.512	8.9	0.9	10.1	0.004	0.014
B22	0.001	1470	1.8	18.2	-	142	0.000	0.634	7.1	0.5	6.2	0.004	0.016
B23	0.000	1191	0.9	20.8	-	113	0.000	0.480	3.8	0.3	3.5	0.008	0.039
B24	0.001	992	54.5	1.1	-	1839	0.008	0.012	9.2	0.3	11.2	0.007	0.037
B25	0.008	186	55.8	20.4	614	796	0.002	0.001	1.9	9.3	1.0	0.020	0.065
B26	0.000	165	12.4	1.3	330	1556	0.016	0.002	0.8	0.0	0.0	0.004	0.022
B27	0.001	429	0.5	5.9	1400	405	0.025	0.025	1.3	0.1	2.0	0.007	0.108
B28	0.001	581	0.2	5.4	1694	271	0.033	0.025	0.8	0.0	0.0	0.010	0.146
B29	0.001	726	2.2	0.5	2556	1638	0.160	0.011	0.8	0.0	0.0	0.010	0.061
B31	0.002	561	592.3	1.1	652	2361	0.017	0.001	1.7	2.3	2.1	0.046	0.168
B32	0.000	786	22.0	16.1	2813	3249	0.000	0.089	2.9	0.1	3.7	0.181	0.261
B33	0.002	1090	276.7	9.6	0	2440	0.027	0.011	12.5	1.7	13.3	0.161	0.354
B34	0.002	524	1.5	9.9	2464	473	0.142	0.027	3.1	0.2	2.9	0.131	0.371
B35	0.001	901	1.8	10.6	-	283	0.398	0.084	9.7	0.5	8.3	0.090	0.388
B36	0.007	549	145.5	43.5	2091	1406	0.003	0.001	13.1	26.0	14.2	0.086	0.200
B37	0.003	810	194.2	2.6	2237	3645	0.038	0.001	3.6	16.3	3.3	0.074	0.081
B38	0.008	317	85.6	38.1	807	1258	0.003	0.003	5.5	19.0	5.9	0.070	0.103
B39	0.012	154	62.7	15.5	278	1013	0.003	0.000	2.3	9.8	1.4	0.080	0.141
B41	0.003	595	1.2	36.2	-	203	0.287	0.016	4.8	0.3	3.1	0.005	0.023
B42	0.006	1511	0.4	75.4	-	77	0.056	0.344	1.5	0.1	1.4	0.001	0.002
B43	0.001	1686	0.6	51.5	-	91	0.033	0.385	1.9	0.2	0.5	0.001	0.002
B44	0.010	522	115.1	38.3	2349	4513	0.139	0.060	114.4	15.1	123.2	0.078	0.146
B45	0.002	115	31.3	1.5	468	1477	0.004	0.001	2.5	1.6	2.5	0.004	0.013
B46	0.002	100	21.7	1.9	552	1305	0.008	0.001	9.0	0.5	9.7	0.004	0.023
B51	0.001	674	4.3	18.2	2422	444	0.046	0.126	14.3	1.3	13.7	0.163	0.560
B52	0.002	952	2.5	26.8	3072	182	0.109	0.087	9.4	0.9	8.4	0.120	0.280
B53	0.000	1034	1.1	24.9	-	89	0.420	0.103	4.6	0.4	4.3	0.102	0.238
B54	0.005	708	1.6	6.9	2392	322	0.384	0.046	2.7	0.2	3.0	0.047	0.151
B55	0.002	237	31.9	2.1	1039	1544	0.017	0.002	947.2	11.7	1032.6	0.300	41.804
B56	0.147	939	131.7	79.1	3046	2146	0.008	0.000	992.0	43.6	1075.0	0.628	5.254
B57	0.002	202	78.3	2.0	1099	1936	0.005	0.000	2.5	13.0	3.4	0.225	0.712

Prov	Be	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Fe	Mn	Fe	Co	Ni
B61	0.000	215	344.7	0.6	465	2738	0.018	0.000	1.0	1.2	1.6	0.015	0.119
B62	0.003	150	1.5	2.3	220	1078	0.111	0.044	1.6	0.1	2.3	0.005	0.032
B63	0.003	293	1.2	6.1	968	268	0.132	0.045	2.2	0.2	1.6	0.006	0.028
B63	0.002	267	1.1	5.0	1404	241	0.099	0.044	1.7	0.2	2.0	0.005	0.024
B64	0.001	142	67.2	1.8	660	1748	0.025	0.000	41.0	3.1	46.6	0.010	0.067
B65	0.007	122	30.6	12.4	575	1512	0.094	0.027	69.5	4.8	71.5	0.039	0.226
B66	0.008	145	24.6	5.0	764	1487	0.012	0.001	23.6	13.3	24.5	4.215	26.070
B67	0.068	945	75.6	170.3	4612	1717	0.003	0.000	766.2	27.0	851.9	0.019	0.140
1	0.002	1	1.4	2.8	3	9	0.003	0.000	3.5	0.2	3.5	0.002	0.003
2	0.001	1	1.3	1.6	2	9	0.003	0.000	2.8	0.1	2.9	0.000	0.002
3	0.001	1	0.9	2.2	4	6	0.032	0.002	22.1	0.1	26.0	0.000	0.001
4	0.001	1	2.0	1.6	4	33	0.003	0.000	2.8	0.5	3.0	0.001	0.004

Prov	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Cd	Ba	Tl	Pb	Bi	U
B11	0.112	0.042	0.065	0.461	32.6	1.352	0.001	0.333	0.000	0.008	0.000	0.002
B12	0.280	0.058	0.061	0.366	32.2	0.398	0.001	0.602	0.001	0.013	0.001	0.001
B13	0.116	0.409	0.074	0.215	26.3	0.187	0.003	2.686	0.001	0.101	0.001	0.025
B14	0.075	0.033	0.025	0.075	4.3	0.002	0.001	0.208	0.003	0.012	0.001	0.032
B15	0.020	0.221	0.009	0.029	0.8	0.005	0.003	0.216	0.002	0.004	0.001	0.002
B21	0.238	0.219	0.042	0.108	19.7	0.752	0.002	0.588	0.000	0.062	0.001	0.005
B22	0.360	0.135	0.044	0.185	27.8	1.476	0.001	0.316	0.000	0.044	0.000	0.005
B23	0.694	0.129	0.034	0.148	22.2	1.820	0.000	0.590	0.000	0.017	0.000	0.003
B24	0.078	0.037	0.033	0.100	11.8	0.066	0.001	0.260	0.001	0.021	0.003	0.380
B25	0.057	0.570	0.008	0.062	1.2	0.007	0.005	0.226	0.001	0.027	0.000	0.013
B26	0.069	0.025	0.021	0.047	0.8	0.234	0.000	0.161	0.001	0.005	0.001	0.212
B27	1.124	0.060	0.027	0.116	2.8	0.510	0.001	0.533	0.001	0.005	0.001	0.001
B28	2.070	0.107	0.025	0.096	5.8	0.899	0.000	0.441	0.000	0.007	0.000	0.001
B29	0.517	0.036	0.073	0.125	5.9	1.733	0.000	0.251	0.001	0.033	0.003	0.012
B31	0.289	0.073	0.044	0.177	2.2	1.036	0.001	0.252	0.004	0.004	0.001	0.370
B32	1.826	0.090	0.289	0.290	10.4	0.717	0.002	0.273	0.004	0.006	0.000	0.032
B33	0.840	0.328	0.596	0.158	13.8	1.891	0.003	0.440	0.012	0.025	0.001	0.331
B34	6.226	0.073	0.074	0.088	8.4	1.770	0.001	0.273	0.001	0.008	0.000	0.002
B35	5.667	0.187	0.051	0.099	14.7	2.461	0.002	0.446	0.000	0.027	0.000	0.008
B36	0.159	1.584	0.015	0.050	8.6	0.002	0.052	0.228	0.032	0.040	0.001	0.026
B37	0.048	1.089	0.041	0.110	5.3	0.100	0.001	0.488	0.001	0.014	0.001	0.056
B38	0.025	4.064	0.017	0.055	0.7	0.003	0.016	0.292	0.004	0.007	0.000	0.005
B39	0.060	2.303	0.010	0.035	0.4	0.001	0.019	0.217	0.002	0.009	0.001	0.008
B41	0.440	0.150	0.025	0.098	12.5	0.791	0.001	0.384	0.000	0.012	0.001	0.004
B42	0.028	0.179	0.044	0.170	24.3	1.664	0.000	0.580	0.000	0.008	0.001	0.003
B43	0.033	0.178	0.064	0.292	30.9	4.758	0.001	0.458	0.000	0.021	0.000	0.003
B44	0.496	1.925	0.052	0.106	5.4	0.026	0.019	1.145	0.004	0.377	0.004	0.199
B45	0.044	0.068	0.010	0.032	1.7	0.004	0.001	0.271	0.001	0.004	0.000	0.007
B46	0.047	0.065	0.010	0.028	1.5	0.004	0.000	0.229	0.001	0.006	0.000	0.085

Prov	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Cd	Ba	Tl	Pb	Bi	U
B51	5.592	0.237	0.071	0.144	13.0	1.272	0.002	1.262	0.001	0.046	0.001	0.014
B52	3.277	0.166	0.061	0.136	16.6	1.399	0.002	0.619	0.000	0.033	0.000	0.008
B53	3.908	0.092	0.049	0.116	20.0	2.080	0.001	0.291	0.000	0.012	0.000	0.005
B54	1.435	0.063	0.046	0.114	15.3	1.552	0.001	0.352	0.001	0.006	0.001	0.005
B55	0.022	102.07	0.025	0.042	4.5	0.007	0.003	0.136	0.000	0.035	0.001	0.008
B56	0.040	160.31	0.055	0.192	9.3	0.000	0.010	0.408	0.000	0.056	0.001	0.009
B57	0.010	4.083	0.017	0.058	2.0	0.008	0.001	0.294	0.001	0.003	0.001	0.001
B61	0.157	0.055	0.012	0.085	0.7	0.799	0.001	0.202	0.002	0.002	0.000	0.470
B62	0.046	0.045	0.011	0.032	1.0	0.572	0.001	0.323	0.001	0.003	0.001	0.001
B63	0.144	0.061	0.010	0.040	6.7	0.592	0.001	0.305	0.000	0.005	0.000	0.004
B63	0.140	0.045	0.009	0.045	5.6	0.527	0.001	0.295	0.001	0.003	0.001	0.003
B64	0.038	0.080	0.012	0.047	2.5	0.017	0.002	0.292	0.003	0.016	0.002	0.004
B65	0.142	0.739	0.038	0.057	2.8	0.034	0.016	0.382	0.009	0.483	0.023	0.018
B66	0.015	34.423	0.011	0.031	3.8	0.018	0.002	0.194	0.001	0.088	0.001	0.017
B67	0.025	1.613	0.026	0.090	15.8	0.007	0.001	0.313	0.000	0.008	0.001	0.004
1	0.011	0.097	0.001	0.003	0.0	0.002	0.000	0.058	0.002	0.272	0.000	0.001
2	0.022	0.061	0.001	0.000	0.0	0.001	0.000	0.077	0.001	0.674	0.000	0.001
3	0.028	0.085	0.000	0.004	0.0	0.005	0.000	0.247	0.002	1.462	0.003	0.001
4	0.008	0.156	0.001	0.000	0.0	0.000	0.001	0.051	0.001	0.036	0.000	0.000

Tabell 15. Analysresultat för grundämnen i laktlösningar vid L/S 8 (mg/kg TS).

Table 15. Amount of elements in leachates at L/S 8 (mg/kg dry substance).

Prov	Be	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Fe	Mn	Fe	Co	Ni
B11	0.009	2225	2.20	24.48	3947	1137	0.069	0.627	4.52	0.23	6.01	0.006	0.018
B12	0.016	17679	1.36	3.35	2336	2561	0.000	0.678	3.97	0.21	5.16	0.015	0.047
B13	0.015	1271	19.62	27.89	1718	12940	0.000	0.232	53.52	3.91	58.15	0.023	0.130
B14	0.011	639	235.85	9.42	2225	3530	0.022	0.017	29.37	1.83	33.86	0.014	0.046
B15	0.006	189	77.39	31.29	796	917	0.052	0.021	37.98	4.02	38.23	0.011	0.038
B21	0.010	1182	4.92	30.26	1881	1226	0.000	0.766	14.00	1.44	12.20	0.006	0.024
B22	0.001	1859	2.95	45.20	2723	917	0.000	0.871	13.86	1.00	7.87	0.007	0.024
B23	0.000	1537	1.63	47.80	2408	995	0.000	0.680	4.86	0.41	4.61	0.011	0.054
B24	0.001	1192	72.99	7.71	1592	3023	0.035	0.021	56.86	0.61	56.48	0.012	0.075
B25	0.024	214	77.42	23.87	829	1028	0.007	0.001	2.61	12.26	4.28	0.029	0.091
B26	0.005	197	14.80	14.61	499	2207	0.120	0.010	3.76	0.10	3.46	0.008	0.047
B27	0.001	508	0.97	28.95	1941	1399	0.087	0.038	1.90	0.18	2.00	0.011	0.147
B28	0.003	710	1.41	29.15	2688	1376	0.100	0.043	0.99	0.08	0.00	0.015	0.189
B29	0.014	852	3.84	4.84	3702	3027	0.879	0.025	2.43	0.09	0.00	0.019	0.111
B31	0.013	747	990.36	2.66	1418	10114	0.048	0.001	3.76	6.98	6.40	0.103	0.365
B32	0.006	933	40.07	75.77	3842	10790	-0.005	0.147	7.36	0.25	5.66	0.276	0.508
B33	0.016	1294	542.45	15.45	1531	7986	0.070	0.011	18.67	4.35	20.30	0.235	0.577
B34	0.009	675	3.19	60.06	3849	1734	0.509	0.036	6.42	0.41	8.59	0.183	0.516
B35	0.019	1173	2.68	33.64	2656	1378	0.962	0.116	11.41	0.59	8.28	0.114	0.486
B36	0.021	659	183.05	79.32	2652	7374	0.007	0.001	22.82	35.96	19.99	0.190	0.442
B37	0.015	1125	356.62	6.32	3394	8062	0.143	0.005	11.02	34.04	12.46	0.167	0.199
B38	0.029	418	123.47	62.97	1267	1691	0.032	0.004	23.29	25.36	27.89	0.098	0.148
B39	0.012	193	77.22	22.75	443	1311	0.004	0.000	2.68	12.65	1.41	0.107	0.193
B41	0.012	900	2.33	146.19	1801	1649	0.689	0.022	8.42	0.53	8.29	0.008	0.049
B42	0.009	2254	1.90	178.42	3439	953	0.125	0.494	6.32	0.49	1.43	0.004	0.010
B43	0.011	2488	1.18	140.51	3845	1035	0.081	0.560	3.55	0.30	0.52	0.003	0.008
B44	0.042	849	203.59	83.13	4023	7865	0.365	0.113	238.51	26.35	246.22	0.173	0.300
B45	0.002	150	39.11	11.62	788	1958	0.035	0.004	35.41	2.23	29.38	0.007	0.021
B46	0.011	130	32.80	11.83	837	1833	0.040	0.012	43.43	0.73	47.14	0.007	0.034
B51	0.022	944	6.28	43.62	3577	2040	0.137	0.226	17.01	1.58	19.38	0.238	0.801
B52	0.002	1356	3.76	77.32	5002	999	0.228	0.134	13.52	1.35	8.43	0.157	0.366
B53	0.005	1661	2.38	65.68	2786	555	0.807	0.146	10.76	0.95	13.19	0.127	0.295
B54	0.009	947	2.40	29.33	3821	1519	0.815	0.046	2.79	0.33	3.02	0.060	0.198
B55	0.009	278	41.40	2.85	1328	7679	0.029	0.002	1462.0	15.03	1608	0.348	59.873
B56	0.295	1315	169.55	153.55	4494	3134	0.027	0.000	1514.	64.45	1618	1.103	9.069
B57	0.002	249	104.89	4.51	1505	3392	0.010	0.000	3.37	23.17	3.38	0.482	1.573

Prov	Be	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Fe	Mn	Fe	Co	Ni
B61	0.011	357	647.08	2.61	912	11223	0.060	0.000	2.96	3.52	1.58	0.037	0.270
B62	0.006	219	2.77	15.79	403	2736	0.469	0.057	2.16	0.23	2.29	0.009	0.050
B63	0.003	421	2.35	29.17	1656	1533	0.361	0.058	3.59	0.52	1.58	0.009	0.048
B63	0.002	367	1.93	21.89	1917	1248	0.281	0.052	1.71	0.27	2.00	0.008	0.039
B64	0.007	169	90.02	3.08	833	7768	0.036	0.000	60.01	6.95	63.84	0.025	0.171
B65	0.015	145	38.91	20.36	728	7943	0.112	0.027	90.26	6.06	96.45	0.060	0.339
B66	0.022	172	38.79	11.38	952	7547	0.036	0.001	320.28	21.87	356.4	6.670	41.883
B67	0.180	1396	114.25	383.49	6899	2513	0.021	0.000	1069.4	38.55	1178.5	0.027	0.205
1	0.002	2.18	1.93	5.03	4.66	12.56	0.041	0.000	56.27	0.23	59.56	0.003	0.005
2	0.003	1.60	1.78	2.90	3.73	12.95	0.027	0.000	25.57	0.17	26.24	0.001	0.003
3	0.002	1.35	1.12	2.96	4.90	7.57	0.044	0.002	29.43	0.13	34.43	0.000	0.001
4	0.004	3.10	2.65	3.62	8.31	47.14	0.022	0.000	21.32	0.67	22.78	0.002	0.008

Prov	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Cd	Ba	Tl	Pb	Bi	U
B11	0.166	0.226	0.096	0.657	57.21	1.920	0.002	2.122	0.001	0.020	0.002	0.005
B12	0.388	0.329	0.102	0.593	44.71	0.656	0.002	3.920	0.002	0.029	0.006	0.003
B13	0.316	2.019	0.149	0.449	35.21	0.549	0.005	17.774	0.002	0.288	0.003	0.052
B14	0.671	0.470	0.043	0.101	7.20	0.024	0.001	0.914	0.005	0.097	0.006	0.051
B15	0.065	0.438	0.024	0.059	1.36	0.014	0.004	1.458	0.004	0.054	0.003	0.012
B21	0.314	0.525	0.070	0.157	30.26	1.074	0.003	3.304	0.002	0.106	0.003	0.009
B22	0.461	0.437	0.070	0.248	43.19	1.942	0.000	1.995	0.001	0.083	0.002	0.010
B23	0.864	0.479	0.044	0.188	35.30	2.470	0.001	3.730	0.001	0.027	0.002	0.004
B24	0.300	0.208	0.055	0.105	18.47	0.367	0.001	1.197	0.002	0.109	0.011	0.737
B25	0.085	0.870	0.016	0.088	2.05	0.029	0.007	1.167	0.003	0.038	0.003	0.018
B26	0.198	0.127	0.063	0.099	1.22	0.364	0.001	0.909	0.001	0.023	0.002	0.269
B27	1.559	0.246	0.042	0.177	4.93	0.701	0.000	2.058	0.001	0.012	0.002	0.002
B28	2.767	0.278	0.055	0.155	10.23	1.210	0.001	2.478	0.001	0.010	0.002	0.002
B29	1.128	0.125	0.242	0.318	9.67	2.413	0.001	0.887	0.003	0.080	0.008	0.023
B31	0.681	0.209	0.093	0.306	4.53	2.173	0.003	1.096	0.009	0.010	0.003	0.810
B32	3.230	0.274	0.395	0.429	16.43	1.127	0.003	0.945	0.008	0.014	0.002	0.076
B33	1.375	0.586	0.921	0.340	21.98	3.278	0.005	1.667	0.023	0.042	0.004	0.657
B34	8.909	0.246	0.117	0.173	14.84	2.489	0.002	0.998	0.002	0.019	0.002	0.004
B35	7.239	0.344	0.098	0.146	27.69	3.200	0.003	1.747	0.003	0.038	0.006	0.012
B36	0.412	2.793	0.046	0.123	12.09	0.009	0.096	1.019	0.058	0.105	0.003	0.059
B37	0.125	2.562	0.096	0.222	9.29	0.308	0.002	2.241	0.002	0.038	0.003	0.076
B38	0.054	5.601	0.036	0.085	1.32	0.024	0.022	1.486	0.009	0.021	0.003	0.010
B39	0.093	3.229	0.010	0.035	0.67	0.005	0.023	0.960	0.003	0.013	0.001	0.011
B41	0.619	0.464	0.052	0.218	22.45	1.070	0.002	1.750	0.001	0.021	0.002	0.006
B42	0.059	0.600	0.072	0.243	40.12	2.252	0.002	3.571	0.001	0.023	0.002	0.007
B43	0.059	0.651	0.102	0.452	48.74	6.310	0.001	4.371	0.001	0.034	0.003	0.006
B44	1.347	4.461	0.145	0.235	10.12	0.166	0.042	4.618	0.012	0.772	0.013	0.374
B45	0.117	0.198	0.016	0.032	2.90	0.019	0.001	0.820	0.002	0.039	0.002	0.022
B46	0.190	0.199	0.019	0.065	2.67	0.026	0.001	0.709	0.002	0.040	0.002	0.109

Prov	Cu	Zn	As	Se	Rb	Mo	Cd	Ba	Tl	Pb	Bi	U
B51	8.032	0.634	0.129	0.317	20.28	2.099	0.005	5.380	0.003	0.060	0.006	0.018
B52	4.306	0.435	0.092	0.213	27.41	2.009	0.002	2.265	0.001	0.054	0.005	0.013
B53	4.701	0.281	0.061	0.132	35.10	2.736	0.002	1.275	0.001	0.027	0.001	0.012
B54	1.927	0.245	0.070	0.184	24.15	2.108	0.001	2.066	0.002	0.013	0.003	0.009
B55	0.063	147.0	0.063	0.131	6.52	0.014	0.005	0.578	0.000	0.047	0.002	0.013
B56	0.117	361.1	0.070	0.264	14.43	0.022	0.018	2.660	0.002	0.103	0.009	0.018
B57	0.018	11.015	0.026	0.058	3.30	0.028	0.002	1.170	0.003	0.007	0.003	0.003
B61	0.373	0.200	0.064	0.202	1.65	1.645	0.003	1.277	0.005	0.008	0.004	1.061
B62	0.105	0.178	0.030	0.056	1.87	0.870	0.001	1.792	0.001	0.008	0.002	0.003
B63	0.238	0.209	0.020	0.043	11.40	0.906	0.001	1.340	0.001	0.012	0.002	0.011
B63	0.207	0.195	0.017	0.060	9.11	0.778	0.000	1.395	0.001	0.006	0.001	0.006
B64	0.077	0.161	0.040	0.148	3.56	0.023	0.006	1.021	0.007	0.046	0.003	0.008
B65	0.284	1.190	0.079	0.193	3.78	0.049	0.026	1.047	0.015	0.666	0.027	0.032
B66	0.066	66.236	0.036	0.116	5.32	0.030	0.004	0.775	0.001	0.187	0.003	0.035
B67	0.106	2.873	0.044	0.131	25.84	0.029	0.003	0.985	0.001	0.028	0.004	0.013
1	0.036	0.220	0.003	0.003	0.038	0.004	0.000	0.309	0.003	0.790	0.002	0.001
2	0.052	0.145	0.001	0.000	0.023	0.005	0.000	0.346	0.002	1.860	0.001	0.001
3	0.038	0.169	0.000	0.004	0.025	0.006	0.000	0.697	0.003	1.908	0.004	0.001
4	0.023	0.313	0.004	0.003	0.047	0.004	0.001	0.175	0.002	0.150	0.001	0.001

E Analysresultat för pH, elektrisk konduktivitet, Organiskt kol och oorganiskt kol i laktlösningar

Tabell 16. pH, elektrisk konduktivitet (EC), totalt kol (TC), oorganiskt kol (IC) och totalt organiskt kol (TOC) i laktlösningar från prover erhållna från skruvborrning.

Table 16. pH, electric conductivity (EC), total carbon (TC), inorganic carbon (IC) and total organic carbon (TOC) in leachates from samples obtained from the drilling.

Prov	Nivå cm	LOI	TS	pH	EC μS/cm	TC ppm	IC ppm	TOC ppm	pH	EC	TC ppm	IC ppm	TOC ppm
				L/S 2					L/S 8				
B11	0-50	11%	56%	12.1	7960	31	26	6	11.7	1967	6	5	1
B12	50-100	11%	62%	12.9	11210	27	14	13	12.3	2842	6	4	2
B13	100-150	15%	45%	12.9	11590	24	8	16	12.7	6250	3	1	2
B14	150-170	25%	50%	7.2	3880	176	24	152	7.1	686	44	7	38
B15	170-190	5%	74%	5.2	1939	16	0	16	6.0	215	15	0	15
B21	0-50	10%	63%	12.4	7010	71	46	26	12.0	1888	6	5	0
B22	50-100	10%	61%	12.6	9680	87	37	50	12.0	2316	12	7	5
B23	100-150	12%	60%	12.5	8110	155	99	56	12.0	2079	14	6	8
B24	150-200	16%	58%	7.6	4970	338	29	310	7.8	905	109	36	74
B25	200-250	7%	57%	4.2	1600	6	0	5	5.0	235.6	2	0	2
B26	250-300	3%	71%	9.2	2499	61	14	46	9.0	364	21	6	15
B27	300-350	8%	60%	11.5	1977	53	8	44	11.5	917	11	3	8
B28	350-400	12%	61%	11.6	2850	110	13	97	11.5	978	12	2	10
B29	400-450	10%	50%	9.8	3770	209	25	185	10.0	649	42	9	33
B31	0-50	27%	52%	7.8	4030	183	80	103	8.0	2456	46	27	20
B32	50-100	26%	47%	9.4	4500	420	22	398	9.6	2146	63	6	57
B33	100-150	22%	48%	7.7	7630	610	132	478	7.8	2049	106	32	75
B34	150-200	11%	59%	11.2	3020	367	9	358	11.2	959	33	3	30
B35	200-250	9%	52%	11.7	3990	193	24	169	11.6	1143	14	5	9
B36	250-300	14%	71%	4.4	4590	17	0	17	4.1	2165	3	0	3
B37	300-350	36%	39%	6.3	4490	111	27	84	6.9	1180	33	10	23
B38	350-400	9%	53%	5.1	2530	5	0	5	4.7	361	2	0	2
B39	400-420	3%	69%	4.1	2069	5	0	5	4.5	262	2	0	2
B41	0-50	9%	44%	12.0	3730	29	24	6	11.6	1157	4	3	2
B42	50-100	10%	56%	12.4	8870	133	127	6	12.0	2054	10	10	1
B43	100-150	10%	50%	12.6	9720	91	82	9	12.0	2292	11	10	1
B44	150-170	44%	25%	6.1	3120	60	10	49	7.3	676	19	4	14
B45	170-210	6%	72%	6.3	2493	33	6	27	7.5	406	14	4	10
B46	210-260	5%	71%	6.7	2389	75	17	58	8.3	320	23	7	16
B57	300-380	4%	68%	5.8	3010	10	1	9	7.1	817	4	1	3

Prov	Nivå <i>cm</i>	LOI	TS	pH	EC <i>μS/cm</i>	TC <i>ppm</i>	IC <i>ppm</i>	TOC <i>ppm</i>	pH	EC	TC <i>ppm</i>	IC <i>ppm</i>	TOC <i>ppm</i>
				L/S 2					L/S 8				
B51	0-60	13%	56%	11.9	3710	260	16	244	11.8	1272	26	4	22
B52	60-100	9%	63%	12.2	5580	311	45	266	11.9	1647	23	2	20
B53	100-150	8%	68%	12.3	7030	294	49	245	11.8	1907	25	9	15
B54	150-180	10%	58%	11.5	3540	179	12	167	11.5	1002	13	4	10
B55	180-250	8%	75%	6.3	4270	10	0	10	6.7	2104	2	0	2
B56	250-300	26%	28%	5.0	3450	31	2	29	5.3	533	6	1	4
B57	300-380	4%	68%	5.8	3010	10	1	9	7.1	817	4	1	3
B61	0-50	16%	53%	7.8	2878	87	59	28	7.8	2157	26	22	4
B62	50-100	8%	65%	10.3	1539	10	2	8	11.2	810	5	3	2
B63	100-150	10%	59%	11.8	1973	12	6	6	11.5	921	4	2	2
B64	160-170	4%	75%	7.4	2878	10	1	9	5.5	1987	2	0	2
B65	170-180	2%	74%	4.5	2797	7	0	7	4.5	2083	2	0	2
B66	180-250	9%	77%	6.7	3140	6	0	6	6.6	2104	3	1	2
B67	250-300	71%	24%	5.4	3080	86	0	85	6.0	494	21	0	21
Ytliga markprover utanför det täckta området													
1		4%	85%	3.0	498	5	0	5	3.2	238	1	0	1
2		3%	80%	3.1	421	3	0	3	3.3	17	1	0	1
3		2%	78%	2.6	1011	4	0	4	3.3	211	1	0	1
4		5%	93%	3.3	568	8	0	8	3.4	206	2	0	2

F Sekventiell lakning

Tabell 17. Metallhalter i sediment från diket som omger deponin.

Table 17. Metal concentrations in sediments from the surrounding ditch.

Krom Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	6,09	0,8	9,9	18,6	36,3
1	65,8	0,4	19,6	17,6	66,6
3	39,4	0,4	6,6	12,8	40,3
5.5	36,2	0,4	8,0	27,2	68,1
6	54,9	0,6	7,4	19,7	46,7
7	56,2	0,2	0,5	33,1	56,3
8	19,2	0,3	7,9	28,7	58,7
9	36,1	0,3	7,5	51,9	53,7

Nickel Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	3,01	1,9	6,6	10,4	10,3
1	28,3	0,8	26,8	6,8	80,5
3	37,8	0,5	21,7	2,3	50,8
5.5	9,87	5,7	14,6	28,2	38,1
6	13,3	16,5	27,8	70,8	91,9
7	12,3	4,7	1,9	39,6	46,0
8	5,96	3,5	14,5	35,6	30,4
9	8,52	5,5	17,8	56,8	31,4

Koppar Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	27,4	0,3	1,4	8,8	25,0
1	272	0,3	26,7	5,5	52,9
3	300	0,1	3,2	5,1	18,4
5.5	79,0	0,7	68,9	9,9	15,8
6	195	3,0	8,2	72,8	39,6
7	245	0,4	0,2	18,1	10,9
8	42,9	0,4	10,5	18,8	12,0
9	58,1	1,8	4,2	64,4	20,9

Zink Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	130	0,2	0,6	2,4	18,8
1	286	0,2	39,5	3,6	98,0
3	237	0,2	34,6	4,0	49,4
5.5	72,4	8,9	63,4	14,9	32,3
6	202	23,1	47,0	83,1	95,6
7	235	5,6	1,9	23,7	29,3
8	76,8	2,7	12,3	14,4	21,4
9	86,2	9,4	19,2	38,0	30,3

VÄRMEFORSK

Arsenik Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	21,3	0,3	3,9	3,7	4,5
1	88,6	0,8	6,4	5,5	17,8
3	53,6	0,9	4,9	9,1	10,9
5.5	46,1	0,8	9,4	9,1	14,4
6	61,8	1,1	4,4	9,6	10,6
7	34,7	0,7	1,0	11,6	6,3
8	19,2	0,8	8,1	10,6	4,4
9	24,1	1,0	10,7	12,6	11,9

Selen Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	22,1	0,8	7,1	0,0	12,0
1	214	0,8	6,2	6,5	13,9
3	59,9	2,7	12,4	22,8	25,1
5.5	67,5	1,3	12,6	15,9	21,2
6	160	1,0	6,6	8,8	8,8
7	60,3	0,5	1,4	12,9	0,0
8	41,0	0,8	8,9	12,4	6,8
9	50,1	1,3	9,0	10,1	15,8

Molybden Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	6,48	0,1	1,3	55,9	5,1
1	286	5,0	6,2	4,2	61,3
3	39,4	3,4	0,4	14,5	10,6
5.5	114	0,0	0,1	0,2	14,9
6	504	0,1	0,7	0,3	47,8
7	163	0,1	0,1	0,3	27,4
8	70,4	0,1	0,5	0,2	26,7
9	190	0,1	0,3	0,3	21,4

Barium Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	118	0,7	13,9	10,2	14,0
1	743	1,1	20,4	28,3	22,2
3	646	0,8	21,9	11,0	18,1
5.5	527	1,1	17,8	7,8	22,2
6	641	2,1	13,2	15,5	14,8
7	296	3,3	2,8	14,6	14,9
8	269	2,4	21,3	15,6	8,1
9	210	3,6	34,5	23,0	10,4

Bly Provpunkt	Totalhalt (mg/kg)	Vatten (%)	Acetat (%)	Oxiderbart (%)	Reducerbart (%)
Åsen	175	0,7	14,2	10,5	54,2
1	143	0,2	41,5	0,4	90,7
3	41,0	0,1	3,5	2,1	26,5
5.5	42,8	0,5	16,5	0,6	2,0
6	87,0	0,6	22,6	9,9	92,2
7	75,6	0,2	3,3	2,5	37,3
8	96,1	0,1	9,8	1,1	10,3
9	42,1	0,3	20,4	9,5	41,8

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk 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