



Stockholm
University

Master Thesis

Degree Project in
Geochemistry 45 hp

Geokemisk undersökning vid Uddengruvan, en nedlagd gruva i Västerbotten

Marlene Löfberg



Stockholm 2013

Department of Geological Sciences
Stockholm University
SE-106 91 Stockholm

Geokemisk undersökning vid Uddengruvan, en nedlagd gruva i Västerbotten

Examensarbete 45 hp Stockholms universitet ht 2012- vt 2013

Marlene Löfberg



Sammanfattning

Uddengruvan är en nedlagd gruva som var i drift under 1980-1991. Brytning pågick i dagbrott samt under jord. Efterbehandling av gruvan utfördes på 90-talet. Gråbergsmassor placerades på ett upplag och täcktes med 0,5 m morän, medan dagbrottet lämnades öppet och var vattenfyllt inom två år. Idag är dagbrottet således en dagbrottssjö. En del gråbergsmassor från den närliggande Kedträskgruvan deponerades även i dagbrottssjön.

Dagbrottssjön har sedan efterbehandlingen uppvisat låga pH-värden samt höga metallhalter. Trots omfattad kalkning av sjön har vattenkvaliteten inte förbättrats. Detta skulle kunna betyda att efterbehandlingen inte verkar optimalt. Syftet med den här studien är att identifiera eventuella metalläckage och att utreda varför pH fortsatt vara lågt i dagbrottssjön, trots kalkning av sjön.

Grund- och ytvatten har analyserats med avseende på metallhalter, S, SO_4^{2-} , pH, konduktivitet, temperatur samt svavelisotoper ($\delta^{34}\text{S}$) och vattenisotoper ($\delta^{18}\text{O}$ och δD). Provtagning utfördes vid tre olika tillfällen under 2012, i juni, september och december. Studien innefattar även en vattenkemisk undersökning på olika djup i dagbrottssjön. Undersökningen utfördes för att försöka förstå vilka processer som dominerar i sjön, t.ex. fastläggningen av metaller. Resultaten jämförs även med tidigare studier i dagbrottssjön.

Höga lösta metallhalter samt relativt låga pH-värden (4,6-5,3) kunde ses i ytvattenprover vid dagbrottssjöns utlopp. Ytvattenprov från en bäck nedströms området uppvisar lägre metallhalter, vilket indikerar att fastläggning av metaller sker på vägen. Dock är halterna av Zn, Al, Cu, Cd och Pb fortfarande höga.

Mycket höga metallhalter och låga pH-värden kunde ses i tre grundvattenrör installerade precis nedströms gråbergsupplaget. Resultaten från analys av $\delta^{34}\text{S}$ indikerar att vittring av sulfidmineral pågår i området. Detta styrks även av höga sulfathalter i stort sett alla vattenprov. Metallhalterna i alla vattenprov uppvisade stora säsongsvariationer, troligen som en effekt av variationer i nederbörd och grundvattennivåer.

Dagbrottssjön uppvisade höga lösta metallhalter i hela vattenpelaren. En skillnad i pH och lösta metallhalter kunde ses i yt- och bottenvatten jämfört med övriga vattenkolumnen. Inga data tyder på att fastläggning av metaller sker genom sulfatreduktion och bildandet av svårlösliga metallsulfider. Troligare är att adsorption av metaller är den dominerande processen i sjön.

De höga metallhalterna i grundvattnet precis nedströms gråbergsupplaget är en trolig bidragande källa till den dåliga vattenkvaliteten i dagbrottssjön, då grundvattnet flödar i en riktning rakt mot sjön.

Abstract

Uddengruvan is an old mine that was active during 1880-1991. Mining was performed in an open pit and below ground. Remediation of the mine was executed during the 90th century. The major waste rock deposit is situated south of the open pit and is covered with 0.5 m of till. The open pit was naturally backfilled with water within two years, thus it is today a pit lake. Some of the waste rock from the adjacent mine, Kedträsk mine, was also deposited into the pit lake.

Since remediation of the mining area, the pit lake has shown low pH values and high metal concentrations. Even though the pit lake has been limed, the water quality in the lake has not improved. This could indicate insufficient remediation. The aim of this study is to identify possible metal leakage and to investigate why pH still show low values, even after liming of the lake.

Groundwater and surface water have been analyzed for metals, S, SO_4^{2-} , pH, conductivity, temperature, sulfur isotopes ($\delta^{34}\text{S}$) and water isotopes ($\delta^{18}\text{O}$ and δD). Sampling was performed at three different occasions during 2012, in June, September and December. This study also includes an investigation with depth in the pit lake. The sampling in the pit lake was performed as an attempt to understand what processes are dominating in the lake, i.e. the sedimentation and immobilization of metals. The results will also be compared to earlier studies of the pit lake.

Very high concentrations of metals and low pH values were found in three groundwater pipes located just downstream the waste rock deposit. Analysis from the $\delta^{34}\text{S}$ indicates that weathering of sulfide minerals is and continuing process in the area. This is also supported by high sulfate concentrations in almost all water samples. Large season variations could be noticed in metal concentration, probably as an effect of variations in precipitation and groundwater levels, which have an effect on weathering processes and the leaking/dilution of the metal concentrations in the water.

The pit lake showed high metal concentrations throughout the whole water column. A difference in pH and dissolved metal concentration could be seen in the surface and bottom waters in comparison with remaining water column. No data supports the precipitation and removal of metals as insoluble metal sulfides, as a result of sulfate reduction. It is more likely adsorption of metals that are the dominating process, and responsible for the removal of metals in the lake.

The high metal concentrations in the groundwater just downstream the waste rock deposit are a possible source for the poor water quality in the pit lake, due to the fact that the groundwater flows in a direction towards the lake.

1. Innehållsförteckning

2.	Inledning och syfte	5
3.	Bakgrund	7
4.	Områdesbeskrivning	8
4.1.	Geologi	9
4.2.	Jordartssammansättning	10
4.3.	Hydrologi.....	10
5.	Teoretisk bakgrund	12
5.1.	Gruvavfalls miljöpåverkan – bildandet av surt lakvatten.....	12
5.2.	Buffrande processer	14
5.3.	Dagbrottssjöar – tillämpning och karaktärisering.....	14
5.4.	Stabila isotoper	17
5.4.1.	Svavelisotoper	17
5.4.2.	Vattenisotoper	18
5.5.	Tidigare undersökningar.....	19
5.5.1.	Undersökning i dagbrottssjön.....	20
6.	Metod.....	22
6.1.	Fältarbete	22
6.1.1.	Provtagning av grund- och ytvatten	23
6.1.2.	Pulstester	23
6.1.3.	Vattenprovtagning i dagbrottssjön.....	23
6.2.	Vattenkemiska analyser	24
6.2.1.	Svavelisotoper	24
6.2.2.	vattenisotoper	25
6.2.3.	Övriga analyser.....	25
6.3.	Beräkningar	25
6.3.1.	Beräkning av andel gruvsvavel	25
6.3.2.	Metalltransport	25
6.3.3.	Beräknad konduktivitet.....	26
6.4.	Modellering	27
7.	Resultat.....	27
7.1.	Grundvattenkemi.....	27
7.2.	Ytvattenkemi	31

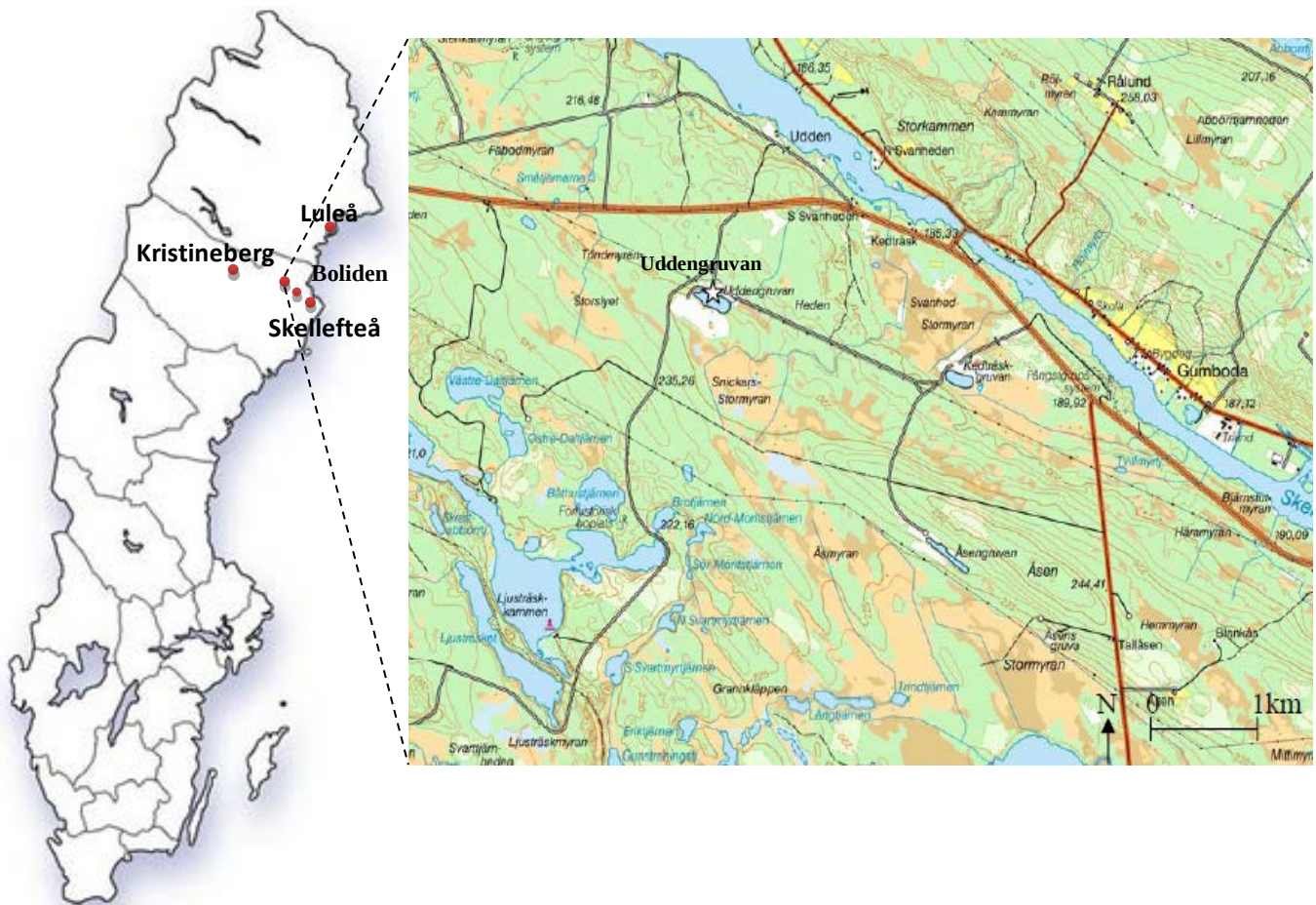
7.3.	Vattenkemi på olika djup i dagbrottssjön.....	33
7.4.	Vattennivåer i grundvatten och dagbrottssjön	35
7.5.	Måtnadsindex	37
7.6.	Svavelisotoper	38
7.7.	Vattenisotoper	39
7.8.	Metalltransport	40
7.9.	Hydraulisk konduktivitet	41
8.	Diskussion	42
8.1.	Läckage från gråbergsupplaget via grundvatten	42
8.2.	Förorenat ytvatten och metallers distribution	44
8.3.	Metalltransporter	46
8.4.	Vattenkemi och processer i dagbrottssjön.....	46
9.	Slutsats.....	51
10.	Erkännanden	52
11.	Referenser	53

Bilagor

1. Indelning av tillstånd för förorenat yt- och grundvatten
2. Inmätning av provpunkter samt handlodade grundvattennivåer
3. Jorddjup och jordartssammansättning
4. Analysprotokoll

2. Inledning och syfte

På uppdrag av Boliden Mineral AB i samarbete med miljökonsultfirman Bergab har en hydrogeologisk undersökning av en nedlagd gruva, Uddengruvan, i Västerbottens län utförts (Figur 1). Brytning i Uddengruvan pågick mellan 1980-1991 och utfördes både i dagbrott och under jord (Boliden, 2012). På området finns ett ca 12 ha stort upplag bestående av gråberg och avbaningsmassor som efter sluttäckning med morän har trädplanterats. Industribyggnader samt gråbergsmassor från den närliggande Kedträskgruvan deponerades i dagbrottet precis norr om upplaget. Inom två år var dagbrottet vattenfylld. Efterbehandlingen av området förväntades förhindra vittring av sulfidhaltigt material och urlakning av metaller, men analysresultat från provtagningar i dagbrottssjön har visat på låga pH-värden och höga metallhalter. Framförallt har pH i dagbrottssjön fortsatt vara relativt lågt trots omfattande behandling med kalkning. Detta kan tyda på att efterbehandlingen inte fungerar optimalt och/eller att det skulle kunna finnas en okänd föroreningskälla.



Figur 1. Översiktsskarta över Uddengruvans lokalisering.

Gruvbrytningen i Sverige har pågått i över 1000 år, och idag är Sverige ett av de ledande länderna på området inom Europa. Gruvbrytningen bedrevs till en början framförallt i Bergslagen, men under det senaste seklet har gruvindustrin utökats och etablerats i norra Sverige, främst i Västerbottens och Norrbottens län. År 2012 fanns det sammanlagt nio gruvor i drift i Västerbotten, samt ett sjuttiofem nedlagda gruvverksamheter (Länsstyrelsen Västerbotten, 2012). Gruvnäringen är en viktig ekonomisk industri i Sverige och prospektering efter nya malmfyndigheter pågår hela tiden och är omfattande.

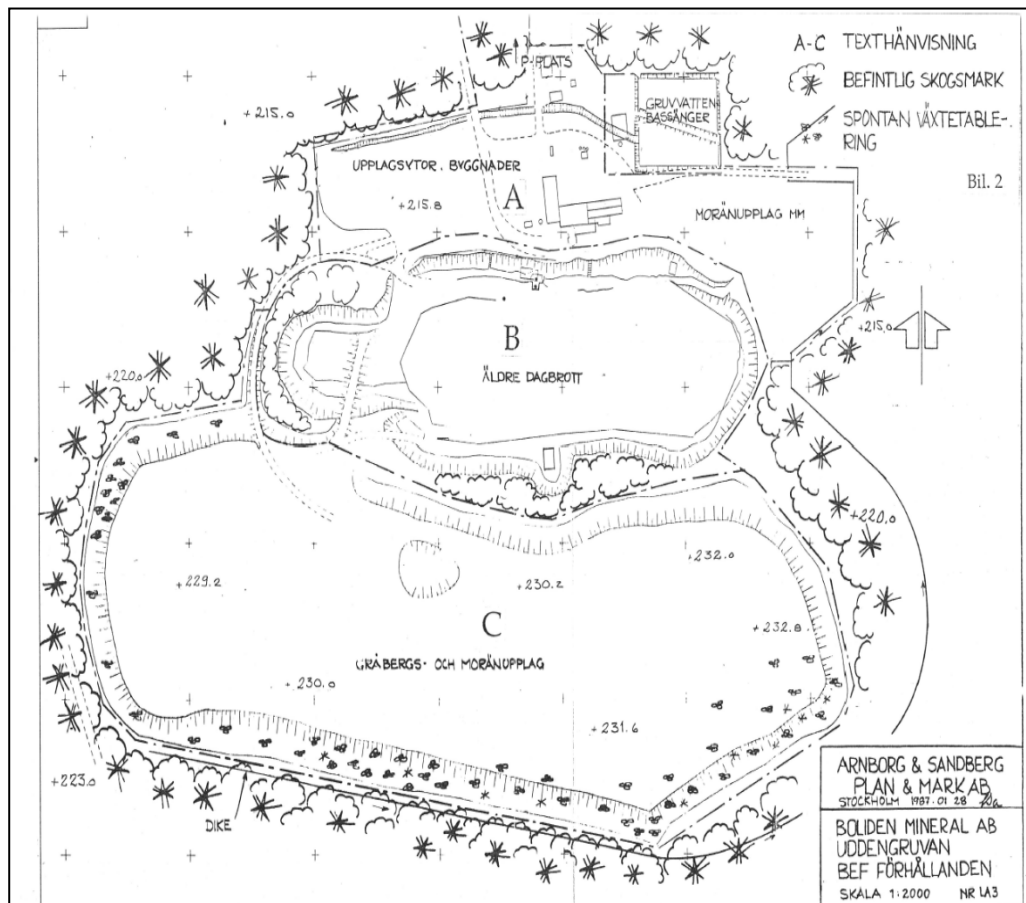
Malmfyndigheterna i Västerbotten är ofta belägna i glesbefolkade naturområden med stora ekologiska värden och rekreationsvärden. Miljöproblem som uppstår i samband med gruvverksamhet slutar inte i samband med avslutad malmbrytning. Det största miljöproblemet är det gruvavfall som oftast lämnas kvar och deponeras på platsen efter nedläggning av gruvan (Salomons, 1995; Lu, 2004). Gruvavfall som inte behandlas med passande efterbehandling kan leda till att föroreningar sprids till omgivningen. Den största föroreningskällan för metaller som läcker ut i naturen är just gruvavfall, ungefär 50 % av allt avfallsmaterial i Sverige kommer från gruvindustrin (Håkansson, 1999). Sverige har producerat ungefär 250 miljoner ton gruvavfall och 400 miljoner ton av avfallssand från sulfidmalmsgruvor. Varje år tillkommer det även runt 13 och 22 miljoner ton gruvavfall respektive avfallssand (Salmon & Destouni, 2001).

Sulfidmalmsgruvor är kända för att bidra till större miljöproblem än järnmalmsgruvor. Det beror på att sulfidmalm kan ge upphov till surt lakvatten och urlakning av giftiga metaller från gruvavfall då sulfidmineral utsätts för oxidation i kontakt med syre och vatten. Efterbehandling av gruvavfall från sulfidmalm är i de flesta fall en nödvändighet för att förhindra urlakning och spridning av metaller till närliggande sjöar, vattendrag och mark. Åtgärderna måste vara hållbara på lång sikt, annars kan oxidation av gruvavfall ta vid igen efter många år om åtgärden utsätts för t.ex. erosion. Det är även önskvärt att gruvområdet till större del kan efterlämnas naturen utan vidare tillsyn och omfattande kontrollprogram. Två efterbehandlingsmetoder som idag används i fältskala för efterbehandling av gruvavfall är torrtäckning och våttäckning. Vid torrtäckning sker täckning av avfallet med ett eller flera jordlager för att förhindra kontakt med syre. Vid våttäckning deponeras gruvavfall under vatten, t.ex. genom dämning av vatten med hjälp av en dammkonstruktion eller genom återfyllning i dagbrott (Naturvårdsverket, 2002a).

Den här studien omfattar kartering av ytvattendrag och avrinningsområden, provtagningar och kemiska analyser av grund- och ytvatten i området samt provtagning på olika djup i dagbrottssjön. Dessutom har ytvatten nedströms dagbrottet provtagits för att undersöka transporten av föroreningar. Det huvudsakliga syftet med studien är att identifiera eventuella metalläckage och utreda varför pH i dagbrottssjön fortsatt vara lågt även då sjön behandlats genom kalkning.

3. Bakgrund

Den numera nedlagda Uddengruvan var i drift under åren 1980-1991. Under de första tre åren bröts malmen i ett dagbrott, brytningen fortsatte sedan under jord. Som mest uppgick brytningen till 406 kton/år och den totala brytningen fram till 1991 uppgick till 6,0 Mton. Den malm som främst bröts innehöll mineralen svavelkis, zinkblände och kopparkis (Boliden, 2012). Platsen söder om dagbrottet användes för upplag av gråbergsmassor och avbaningsmassor (Figur 2). Totalt grävdes 1000 000 ton gruvavfall ut och deponerades till övervägande del på upplaget (Ramstedt et al. 2003). Deponin är upp till tio meter hög och täcker ett område på 12 ha och består av gråberg och avbaningsmassor. På området norr om dagbrottet fanns tidigare en industriplan som bland annat användes till upplag för malm, samt en plats för två dagvattenbassänger (Figur 2). Figur 3 visar ett ortofoto över gruvområdet idag jämfört med ett ortofoto från 1986 under drifttiden.



Figur 2. Planritning för gruvan innan påbörjad efterbehandling. A = Industriplan (upplagsytor, byggnader, dagvattenbassänger, moränupplag m.m.). B = Dagbrott. C = Gråbergsupplag (Boliden, 2012).



Figur 3. Till vänster: Flygbild över gruvområdet som det ser ut idag, efter efterbehandling. Till höger: Flygbild över gruvområdet under drifttiden, från år 1986.

Efter nedläggning av gruvan revs alla byggnader och schaktning utfördes ned till 0,5 meter inom de delar av industriplan som innehöll sulfidhaltigt material (Naturvårdsverket, 1998). De rivna byggnaderna och schaktmassorna deponerades i dagbrottet tillsammans med gråbergsmassor från den närliggande gruvan Kedträskgruvan (Boliden, 2000). Slam från dagvattenbassängerna vid Uddengruvan deponerades också i dagbrottet, eller så avvattnades slammet på plats varpå området täcktes med morän och såddes in. Schaktöppningarna täcktes med betongblock (Boliden, 2012). Då grundvattentillströmningen till dagbrottet var högt fylldes dagbrottet med vatten inom två år. Dagbrottssjön är ungefär 390 m lång och 150 m bred med ett största djup på ca 50 meter (Lu, 2004).

Gråbergssupplaget sluttäcktes med 0,5 m morän, varav vissa partier av upplaget var täckta med morän sedan tidigare, samt en del rötslam. Sedan trädplanterades hela området (Naturvårdsverket, 1998). Under 2010 lades rötslam ut på industriplansområdet, samt på vissa partier av gråbergssupplagets sluttningar, och området såddes sedan in under 2011.

Dagbrottssjön har under senare år kalkats åtskilliga gånger utan att ha uppnått önskat pH-värde. Sjön kalkades senast i augusti 2011 och 2012 med ungefär 50 ton kalk vid vardera tillfälle (Pers. Kommentar, E. Spinnel, Boliden, 2013).

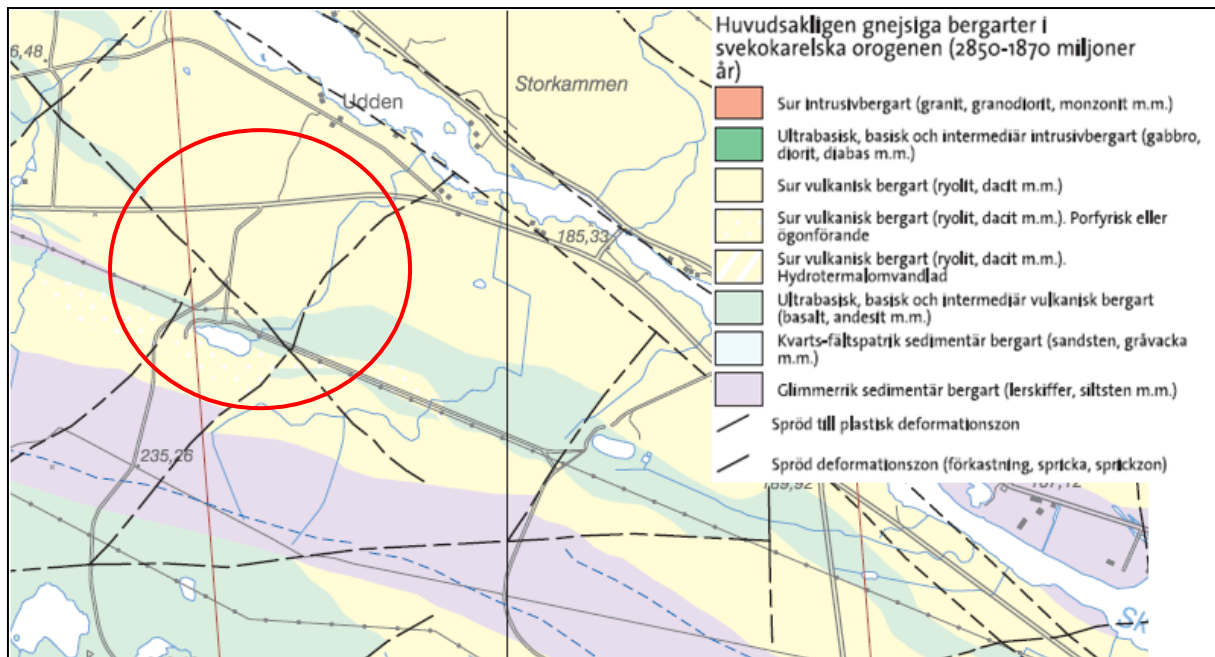
4. Områdesbeskrivning

Markanvändningen i området utgörs till övervägande delen av skogsbruk och inga byggnader eller stugor finns i närheten. Närmaste bebyggelse, Svanhedens by, finns ca 1,5 km nordost från gruvan (Figur 1). Området strax norr om gruvan är markerat som ett riksintresse för rennäringen, och renar ses ofta beta vid gruvområdet. Området är ganska flackt men lutar svagt nedåt i en nordöstlig riktning mot Skellefteälven.

4.1. Geologi

Uddengruvans malmförekomst är en del av Skelleftefältets malmprovins med 1,9 Ga gamla vulkaniska bergarter (Länsstyrelsen Västerbotten 2007). Skelleftefältet utbreder sig på båda sidor av Skellefteälven från kusten i öster till Kristineberg i väster. Skelleftefältet karaktäriseras av många sprick- och deformationszoner.

Uddengruvan är belägen inom ett område med huvudsakligen sura vulkaniska bergarter (ryolit, dacit m.m.) men även med ultrabasiska till intermediära vulkaniska samt sedimentära bergarter (Figur 4) (SGU, 2012a).



Figur 4. Bergrundskarta över området.

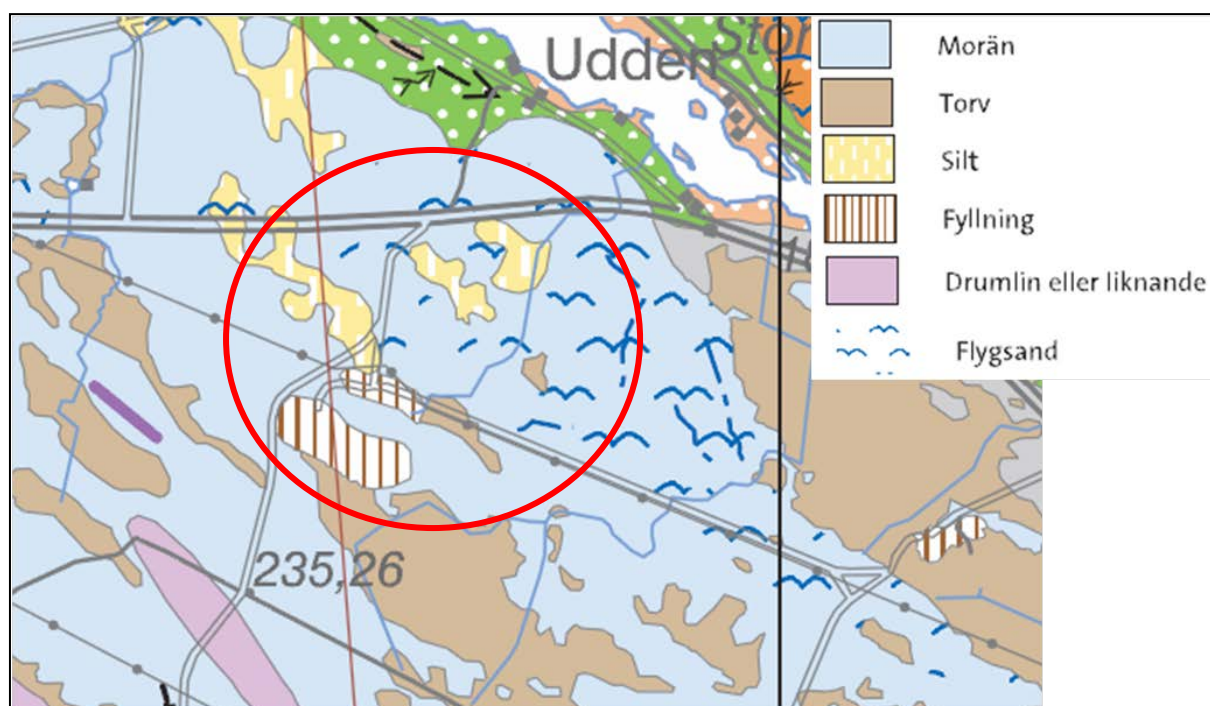
De huvudsakliga sulfidmineralen vid Udden är pyrit (svavelkis, FeS_2), pyrrhotit (magnetkis, Fe_{1-x}S), sfalerit (zinkblände, ZnS), kalkopyrit (kopparkis, CuFeS_2), galenit (blyglans, PbS) och arsenopyrit (Arsenikkis, FeAsS) (Ramstedt et al. 2003; Lu, 2004). Enligt malmens sammansättning (Tabell 1) från både Uddengruvan och den närliggande Kedträskgruvan innehåller gråbergsmassorna troligen en hel del sulfidhaltigt material (Ramstedt et al. 2003). Gråbergsmassorna vid Udden beräknas innehålla omkring 1 wt.% S och 25 wt.% buffrande mineral, varav mindre än 0,5 wt. % utav det buffrande materialet är kalcit. Omgivande bergarter har ett SiO_2 innehåll runt 52 % (Naturvårdsverket, 1998; Ramstedt et al. 2003). Sammansättningen för gråbergsmassorna från Kedträskgruvan är okänd, men en översiktlig karaktärisering av lakegenskaper utfördes på materialet genom ABA-tester (Acid-Base Accounting) som visar att materialet med största sannolikhet skulle producera surt lakvatten vid vittring (Boliden, 2000). Gråbergsmassorna från Kedträskgruvan var redan signifikant vittrade vid deponering i dagbrottssjön (Naturvårdsverket, 1998).

Tabell 1. Sammansättning av malmen vid Udden och Kedträsk (medelvärde) (Ramstedt et al. 2003).

Element	Udden	Kedträsk
Zn (wt.%)	4,72	2,86
Cu (wt.%)	0,41	0,31
Pb (wt.%)	0,35	0,22
As (wt.%)	0,1	0,22
Ag (g/ton)	41	21
Au (g/ton)	0,8	0,4
S (wt.%)	25,6	35

4.2. Jordartssammansättning

Jordarterna i området består huvudsakligen av morän (SGU, 2012a). Även en del torv kan ses söder om deponin som sträcker sig ned mot Snickar-Stormyran, samt öster om dagbrottet som delvis består av sankmark (Figur 5). En del områden med silt återfinns fläckvis nedströms dagbrottet. Moränen har en mäktighet på ca 5-10 meter (antecknade jorddjup från under borrhningen för installation av grundvattenrör). Blåsproven tagna vid borrhningen indikerar en generell karaktärisering av sandig morän de översta två metrarna som sedan övergår till en grusig sandig morän. Jorddjup och jordartssammansättning från blåsprover kan ses som Bilaga.



Figur 5. Jordartskarta över området.

4.3. Hydrologi

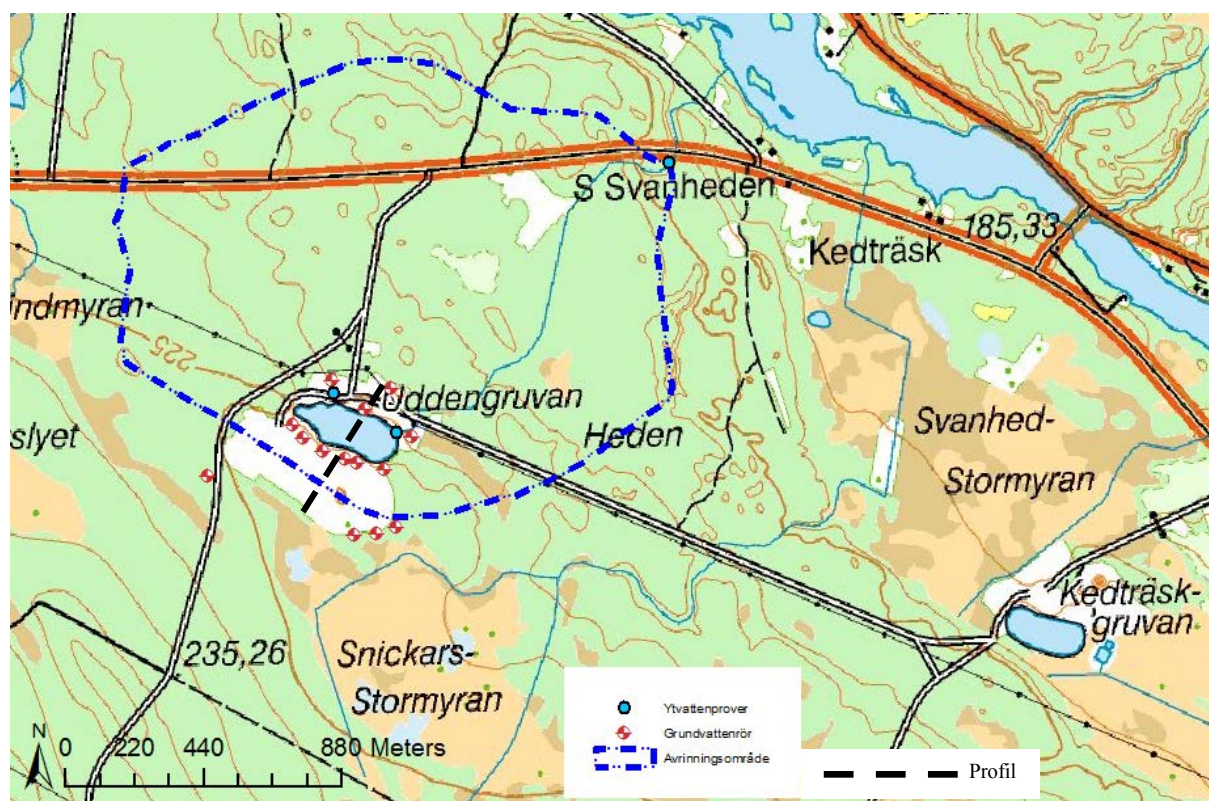
Den normala årsnederbörden i området ligger mellan 600-700 mm per år (Jutman & Alexandersson, 1994). Den specifika avrinningen under ett normalår har tidigare beräknats till 412 mm/år, eller 13,1 l/(sek·km²) (Bergab, 2010). Nederbördsdata för beräkning av specifik

avrinning är hämtad från SMHI:s station vid Norsjö, ungefär 30 km sydväst om Uddengruvan, för perioden 1974-2009 (Bergab, 2010).

Den regionala grundvattentillgången i berggrund anses vara god och uttagningsmöjligheten ligger mellan 2000-6000 l/h (SGU, 2012a)

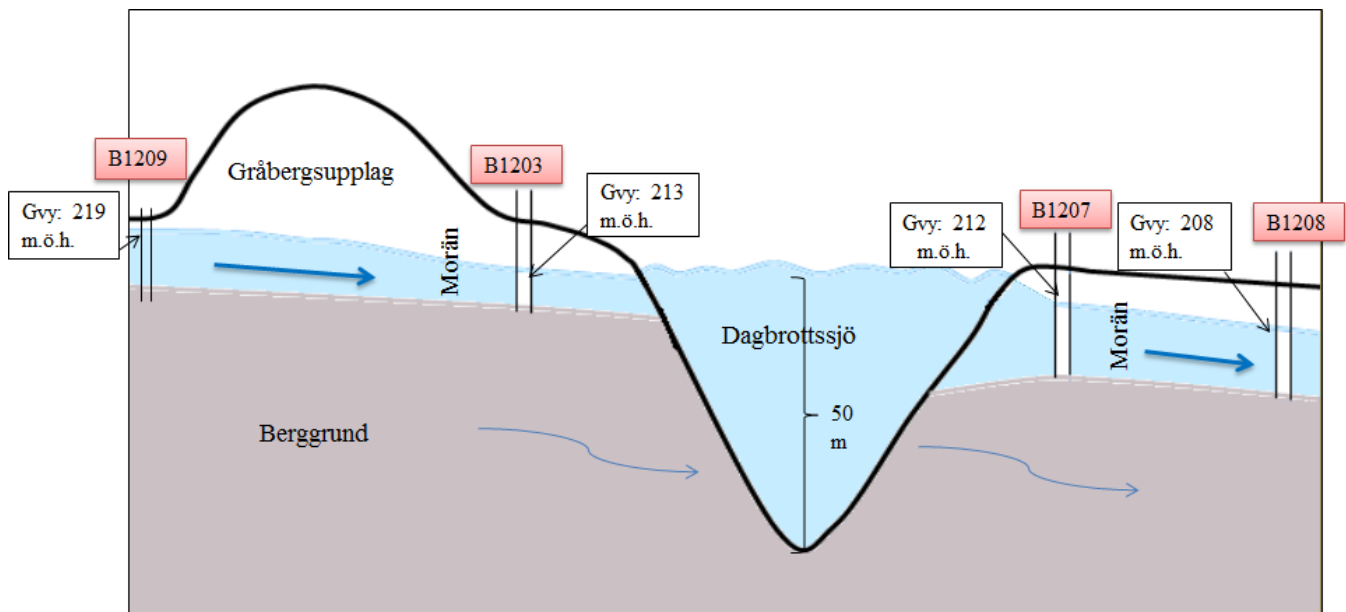
Dagbrottssjön får tillströmning av vatten via grundvatten, ytvattenavrinning och direkt nederbörd. Dagbrottssjön har endast ett utlopp i den nordöstra delen av sjön, via en bäck som så småningom leder ut i Skellefteälven. Vid utloppet har ett s.k. Thomssonöverfall installerats för att möjliggöra flödesmätningar vid bräddning. Vattnet bräddar vanligen under högflödesperioder (vårflod och rikliga regn). Under 2011 skedde ingen bräddning alls, men under 2012 har vattnet bräddat under varje fältbesök (juni, september och december).

Gråbergssupplaget har sin huvudsakliga dränering mot Snickars-Stormyran, en torvmosse söder om upplaget, och mot dagbrottssjön. Både Snickar-Stormyran och dagbrottssjön har sin avrinning mot Skellefteälven fast via två enskilda vattendrag (Figur 6). Ytvattenavrinningen i området sker i en nordöstlig riktning. Detsamma gäller den huvudsakliga strömningsriktningen för grundvatten som antas följa topografin, alltså vinkelrätt mot höjdkurvorna.



Figur 6. Terrängkarta över Uddengruvan, Snickar-Stormyran och Kedträskgruvan. Visar Uddengruvans avrinningsområde, översikt över provpunkterna samt positioneringen av profilbilden nedan (Figur 7).

Den uppmätta hydrauliska gradienten i mellan grundvattenrör uppströms gråbergssupplaget och grundvattenrör nedströms dagbrottet i den här studien var ungefär 11 meter (Figur 7).



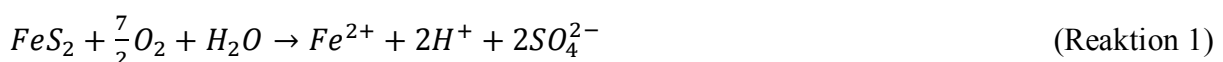
Figur 7. Schematisk profil mellan uppmätta grundvattennivåer

5. Teoretisk bakgrund

5.1. Gruvavfalls miljöpåverkan – bildandet av surt lakvatten

De syragenererande vittringsprocesser som bidrar till surt lakvatten och utlakning av metaller från sulfidhaltigt gruvavfall är ett av de största miljöproblem som gruvindustrin medför (s.k. AMD, Acid Mine Drainage). Det som sker är olika oxidationsprocesser av sulfidmineral, varav pyrit (FeS_2) är den vanligaste formen av sulfidmineral som orsakar AMD. Andra exempel på sulfidmineral som reagerar på samma sätt som pyrit är zinkblände, blyglans och koppakis, dock är inte alla dessa reaktioner syrabildande. Oxidation av sulfidmineral kan leda till väldigt surt och metallhaltigt vatten, då produkten av dessa reaktioner är vätejoner, sulfatjoner och metalljoner. Den sura miljön orsakar en hög löslighet av metaller som lättare lakas ut vid tillgång till vatten. Denna process leder till spridning av metaller till omgivande mark och vattendrag och kan orsaka kontaminering av stora områden. En given omständighet för bildandet av AMD är att syrabildningen från vittring av sulfidmineral sker med en högre hastighet än vittringen från buffrande material som t.ex. karbonater. Andra förutsättningar är att det finns tillgång på syre och vatten och att nederbörden överstiger evaporationen (Salomons, 1995).

Pyritoxidation är en komplex process och innefattar många olika steg. Vid oxidation av pyrit eller andra sulfidmineral är det antingen syre eller trevärt järn som agerar som oxidationsmedel (Johnson & Hallberg, 2003). Nedan beskrivs pyritoxidation som ett exempel på vittring av sulfidmineral. Först oxideras pyrit med syre och vatten för att producera tvåvärt järn, vätejoner och sulfatjoner (Reaktion 1).



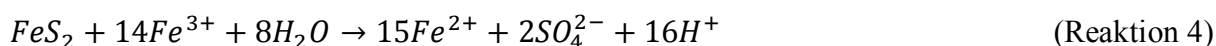
Förutsatt att det fortsatt råder oxiderande förhållanden oxideras Fe(II) till Fe(III) (Reaktion 2).



Beroende på pH agerar dem producerade Fe^{3+} jonerna antingen som oxidationsmedel för ytterligare pyritoxidation eller så hydrolyseras de och fälls ut som olika järnmineral, som t.ex. ferrihydrit ($Fe(OH)_3$) eller götit ($\alpha\text{-FeOOH}$). Det sistnämnda sker om $pH > 3$, då $Fe(III)$ hydrolyseras och fälls ut som olika järnmineral samtidigt som vätejoner frigörs (Reaktion 3).

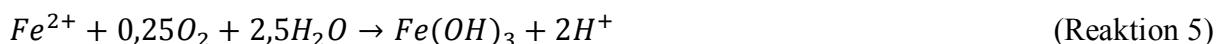


Är $pH < 3$ agerar $Fe(III)$ istället oxidationsmedel till pyrit (Reaktion 4). Denna reaktion är starkt syrabildande samt att den bidrar till produktion av $Fe(II)$. Det tvåvärda järnet som bildas kommer i ett cykliskt förlopp och kan åter igen oxideras till trevärt järn i reaktion 2 (Höglund & Herbert, 2004).



Reaktion 2 spelar en betydande roll för vittring av sulfidmineral, då denna reaktion är nyckeln till produktionen av $Fe(III)$, och anses vara den hastighetsbegränsande processen för vittring av sulfidmineral och bildandet av surt lakvatten. Oxidation av $Fe(II)$ sker abiotiskt men kan även katalyseras av acidofiliska järn-oxiderande bakterier som t.ex. *Thiobacillus och Ferrobacillus ferrooxidans* (Gazea et al., 1996; Lu., 2004). Gemensamt är att kinetiken för båda processerna är pH beroende. Dessa bakterier har visat sig spela en mycket viktig roll för oxidation av $Fe(II)$ och kan accelerera reaktionshastigheten med flera magnituder, speciellt vid $pH < 3,5$ då reaktionen annars sker långsamt (Gazea et al., 1996).

Andra syrabildande processer är oxidation och hydrolys av övergångsmetaller i jonform (framförallt järn) i vatten med ett pH-värde nära neutralt (Reaktion 5) (Castro & Moore, 2000; Höglund & Herbert, 2004). Aciditeten producerad i denna process refereras ofta till *latent aciditet*, då det är en slags försenad aciditet, ursprungligen på grund av oxidation av sulfidmineral, vilken motsvarar den *primära aciditeten*.



Hydrolys och oxidation av $Fe(II)$ resulterar i produktionen av Fe oxidhydroxider. Trots reaktionens negativa försurningseffekt, är dessa sekundära fällningar av järn kända för att agera som väldigt effektiva adsorbenter till andra metaller. Koncentrationen av metaller i vatten kan minska drastiskt genom adsorption till olika Fe oxidhydroxider och därmed medfällas. Denna reaktion beror av pH och sker under oxiderande förhållanden.

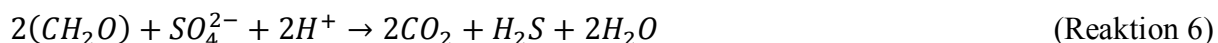
Även då oxidation av andra sulfidmineral än pyrit, som t.ex. de nämnda ovan (zinkblände, blyglans och kopparkis) inte är syrabildande, är dessa reaktioner en stor källa till de höga koncentrationerna av lösta metaller i lakvatten (Castro & Moore, 2000).

Dessa reaktionsformler beskriver vad som kan pågå i gruvavfall rikt på sulfidmineral. Gråbergssuppletet vid Uddengruvan är sannolikt rikt på sulfidmineral och kan ha utsatts för oxidation och mobilisering av metaller under en lång tid. I och med årsvariationer i nederbörd varierar grundvattennivån. Vid låga grundvattennivåer exponeras sulfidmineral i marken som då utsätts för oxidation. När grundvattenytan sedan stiger till följd av högre nederbörd kan lösta metalljoner lakas ut.

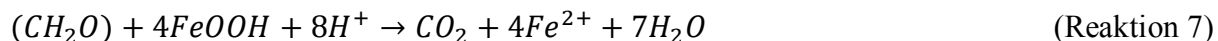
5.2. Buffrande processer

Aciditeten producerad från oxidation av sulfidmineral (*primär aciditet*) kan i många fall till stor del att neutraliseras redan inom gruvavfallet, om så kallade buffrande mineral finns tillgängliga i materialet. Det är i första hand kalcit som agerar som buffrande mineral, men även olika silikater kan neutralisera. Den sistnämnda processen sker dock ganska långsamt (Höglund & Herbert, 2004). En annan faktor som kan påverka neutraliseringsgraden är transportsträckan inom gruvavfallet. En längre transportsträcka ökar chansen för neutralisering, på grund av ökad kontakt med buffrande mineral. Det är därför större chans att den primära aciditet producerad från oxidation av sulfidmineral belägna vid kanten uppströms samt i de centrala delarna av deponin, neutraliseras av buffrande mineral i gruvavfallet. Medan primär aciditet producerad från oxidation av sulfidmineral belägna i kanten nedströms deponin inte neutraliseras i samma utsträckning, på grund av en kortare transportsträcka inom deponin (Höglund & Herbert, 2004). Denna effekt bör tas i åtanke vid efterbehandling av gruvavfall.

Bakteriell sulfatreduktion (BSR) är en naturlig process som också är neutraliserande samt kan bidra till fastläggning av metaller genom utfällning som olika sulfider. BSR sker under anaerobiska förhållanden med tillgång på organiskt material (Gazea et al., 1996). Sulfatreducerande bakterier använder sulfat som elektronmottagare för nedbrytning av organiska material (Reaktion 6).



BSR i försurade dagbrottssjöar sker ofta i kombination med Fe(III) reduktion (Reaktion 7) (Fauville et al. 2004)



Producerad vätesulfid i reaktion 6 kan sedan reagera med lösta metaller i vatten och fällas ut som svårslösliga metallsulfider, förutsatt att rådande reducerande förhållanden består (Reaktion 8).



Ett sätt att minska koncentrationerna av metaller i lakvatten kan vara genom användning av sulfatreducerande bakterier, om rätt förhållanden råder.

5.3. Dagbrottssjöar – tillämpning och karaktärisering

En dagbrottssjö är en artificiell sjö som bildas efter brytning av malm över mark i ett dagbrott. Under den tid brytning pågår sänks och kontrolleras den normala grundvattenytan genom att vattnet ständigt pumpas bort. Efter nedläggning av gruvan upphör pumpning och dagbrottet fylls allt eftersom på med grundvatten upp till den naturliga grundvattenytan igen, och en artificiell sjö bildas. Denna passiva åtgärd används för att förhindra att syre kommer i kontakt med exponerade sidoväggar, och på så sätt minimera oxidation av sulfidmineral (Ramstedt et al. 2003). Det är väl känt att lösligheten och diffusionshastigheten för syre i vatten är låg

jämfört med syre i luft. Transporten av syre genom vatten är därför mycket långsam om inte omblandning av vattnet sker (Höglund & Herbert, 2004).

Dagbrottssjöar är unika och komplicerade system, och då antalet dagbrottssjöar ökar runtom i världen har även intresset för att undersöka dessa system ökat. En dagbrottsjö karaktäriseras ofta av ett stort relativt djup, vilket innebär att sjöns maximala djup är större i förhållande till dess area jämfört med en naturlig sjö. En dagbrottsjö relativa djup kan variera mellan 10-40 %, medan en naturlig sjö har ett relativt djup runt 2 % (Castro & Moore, 2000).

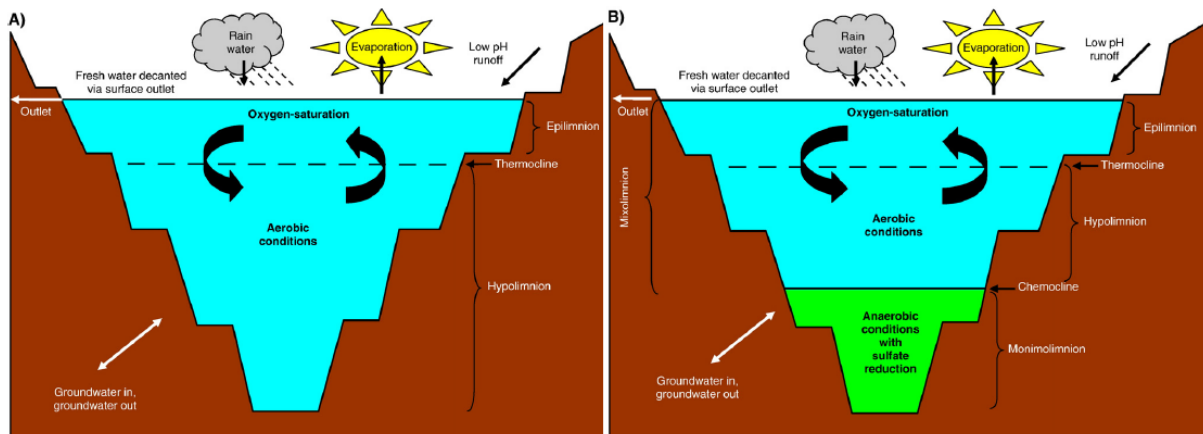
Sedimentlagret i dessa sjöar är ofta mycket utvecklat och består endast av ett löst slam på grund av att sjöarna oftast är relativt nybildade. Vattnet är i många fall försurat och innehåller höga halter av sulfat och metaller, speciellt om sjön ursprungligen formades under brytning av kol eller sulfidmalm. En dagbrottsjö är ofta omringad av ganska branta sidoberg och saknar då områden med grunda vatten där växt- och djursamhällen kan utvecklas. På grund av detta är det oftast väldigt låg primärproduktion och biologisk aktivitet i en dagbrottsjö. Det stora relativa djupet har en stor inverkan på vattencirkulationen i sjön. Detta tillsammans med salint vatten resulterar ofta i att dagbrottssjöar har en tydlig stratifiering och ett anoxiskt bottenlager (Lu, 2004). Anoxiska förhållanden i bottenvattnet är en förutsättning för att metaller ska kunna fällas ut som olika metallsulfider och fastläggas i sedimentet (Castro & Moore, 2000; Länsstyrelsen Västerbotten, 2012). En dagbrottssjös kemiska egenskaper beror på en del olika faktorer:

- Grundvattnets alkalinitet och kvalitet.
- Sidobergens kemiska sammansättning.
- Omgivande markkemi.
- Kvaliteten och kvantiteten av ytvattenavrinningen (Castro & Moore, 2000).

Dagbrottssjöar används allt mer ofta även för våttäckning av gruvavfall, vilket innebär att avfall deponeras i dagbrottssjön för att förhindra oxidation. Våttäckning har visat sig effektiv för ett antal olika fall (Castro & Moore, 2000; Höglund & Herbert, 2004). Våttäckning av redan vittrat material är dock inte lämpligt. Vid deponering av redan oxiderat avfall under vatten utsätts det vittrade materialet för urlakning, samt kan orsaka en fortsatt oxidation av sulfider, vilket kan ge upphov till mycket höga metallhalter i sjön. Detta sker även vid torrtäckning, och är oundvikligt, men då vattenomsättningen i en sjö är mycket högre än i en täckt deponi vittras materialet i en högre grad (Naturvårdsverket, 1998).

Att låta ett dagbrott dämmas med vatten kan leda till olika problem då dessa sjöar ofta har dålig vattenkvalitet p.g.a. höga metallhalter och låga pH-värden, vilket kan komma att påverka omgivande miljö och vattendrag nedströms. Därför är det viktigt att kunna fastställa en dagbrottssjös limnologiska och geokemiska tillstånd för att kunna utveckla en effektiv efterbehandlingsplan och för att förstå om sjön kommer att agera som en sänka eller källa till lösta metaller (Lu, 2004).

Sjöar som genomgår en total omblandning av hela vattenpelaren någon eller flera gånger om året kallas *holomiktiska* (Figur 8A). Sjöar som endast genomgår delvis årlig omblandning kallas *meromiktiska*, där endast ytskikten, epilimnion och hypolimnion på båda sidor av termoklinen cirkulerar. Meromiktiska sjöar har därför ett permanent anoxiskt bottenlager (Figur 8B).



Figur 8. A = *Holomiktisk* sjö. Utgörs av två lager: *Epilimnion* och *Hypolimnion* där gränsskiktet kallas *Termoklin* (baserad på skillnader i temperatur mellan vattenmassorna). B = *Meromiktisk* sjö. Utgörs av tre olika lager: *Epilimnion*, *Hypolimnion* och *Monimolimnion* där det övre gränsskiktet kallas *Termoklin* och det undre *Chemocline* (baserad på vattenkemiska skillnader mellan vattenmassorna) (Castendyk & Webster-Brown, 2007).

Deponering av gruvavfall i meromiktiska dagbrottssjöar som är permanent stratifierade kan vara en väldigt framgångsrik efterbehandlingsmetod, då syretillgången är begränsad i större delar av vattenkolumnen (Höglund & Herbert, 2004).

Det relativa djupet hos en dagbrottssjö har bedömts spela en stor roll för om sjön ska utvecklas till en holomiktisk eller meromiktisk sjö. Dock visar senare data på ett inkonsekvent samband mellan det relativa djupet och utvecklingen av ett holomiktiskt/meromiktiskt tillstånd (Castendyk & Webster-Brown, 2007). Istället har det föreslagits att skiktningen i sjön beror på densitetsgradienten mellan hypolimnion och monimolimnion. Densitetsgradienten beror i sin tur av sjöns olika tillrinningskällors vattenkvantitet och densitet (Castendyk & Webster-Brown, 2007). Dagbrottssjöar som huvudsakligen får tillrinning via en källa, t.ex. grundvatten, har en större chans att utvecklas till en holomiktisk sjö på grund av den relativt homogena sammansättningen i vattnet. Medan sjöar som påverkas av tillrinning från fler källor (grundvatten och ytvatten) tenderar att utvecklas till en meromiktisk sjö, på grund av skillnad i densitet mellan de olika tillrinningskällorna.

Jordtäckning och våttäckning skiljer sig åt på några viktiga aspekter. Vid jordtäckning sker syretransporten mestadels genom diffusion nedåt i jorden, som fungerar som en syrebarriär genom delvis vatten- och luftfyllda porer. Diffusion av lösta metaller uppåt i marken vid jordtäckning är väldigt liten, och den som sker blir tillbakaspölad av nederbörd. En dagbrottssjö har i sin tidiga ålder inte utvecklat något tjockt lager av sediment som kan fungera som en syrebarriär. Därför kontrolleras syretillgången under en lång tid av den lägre diffusionshastigheten i vatten. Reaktionsprodukterna från oxidation av gruvavfall orsakat av denna process kommer inte att diffundera nedåt, som vid jordtäckning, utan uppåt till överliggande vatten. Det är därför viktigt att det ständigt sker en omsättning av vattnet i sjön i

tillräckligt hög grad för att kunna spåda ut och neutralisera dessa reaktioner. Annars kommer sjön med tiden utveckla ett acidifierat tillstånd med höga metallhalter.

5.4. Stabila isotoper

5.4.1. Svavelisotoper

Stabila svavelisotoper har visat sig vara mycket användbara till att spåra spridningen och källan för svavel i atmosfären, floder, sjöar och grundvatten, och även för att uppskatta vad den specifika källan har för påverkan på det omgivande området (Krouse & Grinenko, 1991).

Svavel förekommer i nästan alla naturliga miljöer och existerar i flera olika oxidationstillstånd. Svavel förekommer i oxiderad form i t.ex. sulfat i marina vatten och sediment samt i evaporiter. Svavel i reducerad form förekommer bland annat i olika sulfidmineral i magmatiska, sedimentära och metamorfa bergarter (Hoefs, 2009). Stabila svavelisotopförhållanden i olika miljöer kan variera kraftigt och påverkas av många olika processer som t.ex. bakteriell dissimilatorisk sulfatreduktion och mineralisering av organiskt svavel (Mörth et al. 2008).

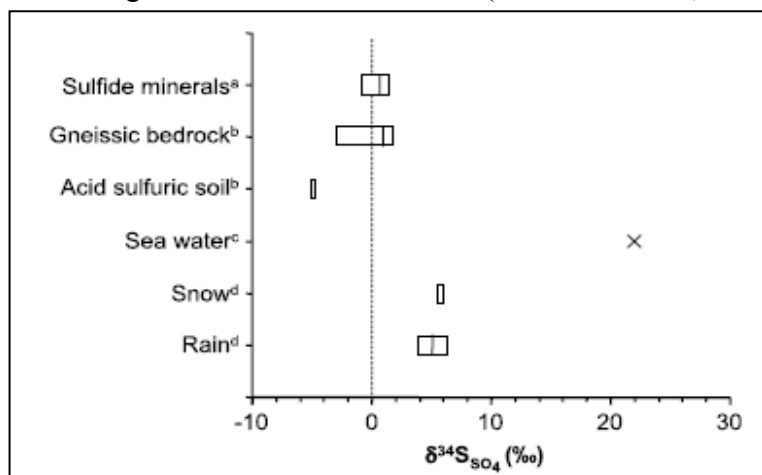
Svavelisotopsammansättningen beskrivs med $\delta^{34}\text{S}$ (‰), och bestäms utifrån angiven standard. Standarden som används för att beräkna svavelisotopsammansättningen är S från meteoriten, Canyon Diablo Troilit (CDT) (Ekvation 1).

$$\delta^{34}\text{S}(\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{prov}}}{R_{\text{std}}} - 1 \right) \cdot 1000 \quad (\text{Ekvation 1})$$

Där R_{prov} och R_{std} är förhållandet mellan $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ i provet respektive standard.

Ett högre $\delta^{34}\text{S}$ värde betyder att provet är berikat med ^{34}S relativt standarden, och ett lägre $\delta^{34}\text{S}$ betyder att provet är utarmat på ^{34}S relativt standarden.

Svavels isotopsammansättning i sulfat reflekterar källan av svavel och kan därför användas till att spåra oxidation av sulfidmalm eftersom isotopsammansättningen i sulfidmalm skiljer sig från det svavel som faller ned via nederbörd (Toran & Harris, 1989). Vid oxidation av sulfider sker i stort sett ingen isotopfraktionering eller så är den väldigt liten. Därför bör $\delta^{34}\text{S}$ i vattenproverna överensstämja eller ligga väldigt nära det ursprungliga värdet i sulfidmalmen om vittring av sulfider sker i området (Toran & Harris, 1989; Mörth et al. 2008). I Figur 9



Figur 9. Svavelisotopsammansättningen ($\delta^{34}\text{S}$) från olika svavelkällor i norra Sverige (Mörth et al. 2008).

visas en sammanfattning av olika svavelisotopsammansättningar från olika svavelkällor i norra Sverige, som visar på ett $\delta^{34}\text{S}$ värde.

I en artikel av Rickard et al. (1979) analyserades svavelisotopsammansättningen i pyrit för ett antal gruvor i Västerbotten, varav Uddengruvan var en av dessa gruvor som ingick i undersökningen. Där visas isotopsammansättningen för fem prover vid Udden, vilka hade ett $\delta^{34}\text{S}$ värde mellan 0,3-1,8 ‰, med ett medelvärde på 1,2 ‰.

Nederbörden i Västerbotten har ett $\delta^{34}\text{S}$ som ligger runt 4,7 ‰. (Mörth et al., 2008; Björkvald et al., 2009).

Bakteriell sulfatreduktion sker under anaeroba förhållanden med tillgång på organiskt material. Det är främst denna process som bidrar till en stor isotopfraktionering av svavel (Krouse & Grinenko, 1988). Bakterier som t.ex. *Desulfovibrio desulfuricans* bryter bindningen mellan S-O i sulfat och producerar vätesulfid (H_2S). Bakterier föredrar att använda sulfat med den lättare isotopen då S-O bindningen i dessa inte är lika stark. Sulfidprodukten från denna reaktion kommer alltså att bli berikad av den lättare isotopen ^{32}S relativt till sulfat som är berikat med ^{34}S . Om sulfatreduktion är en aktiv pågående process i ett system kommer därför $\delta^{34}\text{S}$ i sulfat visa på ett högre värde, samtidigt som koncentrationen av löst sulfat minskar i vattenkolumnen (Fauville et al. 2004).

5.4.2. Vattenisotoper

Den stabila syre- och väteisotopsammansättningen i vatten beskrivs med $\delta^{18}\text{O}$ och δD (deuterium, ^2H). Standarden som används för att beräkna vattenisotopsammansättningen ($\delta^{18}\text{O}$ och δD) är sammansättningen av $\delta^{18}\text{O}$ och δD i havsvatten, SMOW (ekvation 2).

$$\delta^{18}\text{O}/\delta\text{D} (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{prov}}}{R_{\text{std}}} - 1 \right) \cdot 1000 \quad (\text{Ekvation 2})$$

Där R_{prov} och R_{std} är förhållandet mellan $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ eller $^2\text{H}/^1\text{H}$ i provet respektive standard.

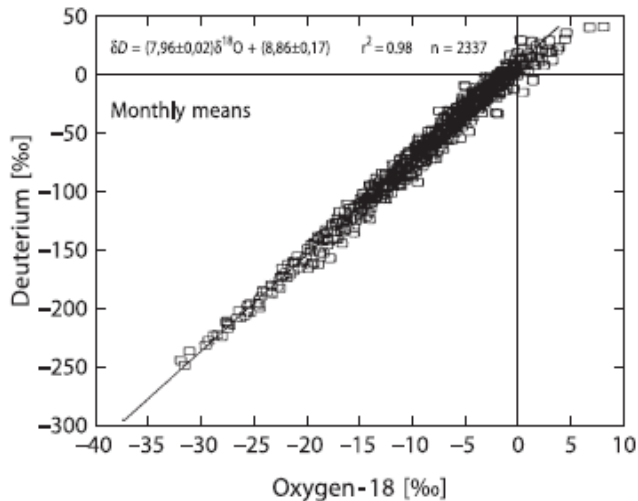
Analys av ^{18}O och D i vatten kan användas för att spåra ursprung av vatten, då isotopsammansättningen i olika vatten skiljer sig åt. Vid avdunstning avges i första hand de lättare isotoperna (^{16}O och ^1H), då energin som krävs för att bryta dessa vätebindningar är lägre. Det betyder att resterande vatten blir anrikat med de tyngre isotoperna, och har därmed ett högre isotopvärde. Tvärtom, vid kondensation är det främst de tyngre syre- och väteisotoperna som kondenserar, och vattenångan blir berikad med de lättare, d.v.s. vattenånga har ett lägre isotopvärde (Faure & Mensing, 2005). Vattnets omsättningstid påverkar isotopsammansättningen, då äldre vatten utsatts för olika kemiska processer eller avdunstning under längre tid, jämfört med isotopsammansättningen i den lokala nederbörden.

Nederbörden i Västerbotten har ett årsmedelvärde mellan -11 till -14 ‰ respektive ~100 ‰ för $\delta^{18}\text{O}$ och δD (IAEA, 2002).

Syreisotopsammansättningen i vatten påverkas ibland av omgivande bergarters syreisotopsammansättning. Bergarter och mineraler har ett högre $\delta^{18}\text{O}$ värde jämfört med vatten (Faure & Mensing, 2005). Vid kemisk vittring sker ett utbyte av syre mellan mineral

och vatten, och förändrar på så sätt syreisotopsammansättningen i vattnet. I miljöer där t.ex. pyritoxidation pågår bidrar produktionen av svavelsyra till en ökad vittring av berg och mineral, och kan därmed påverka syreisotopsammansättningen i vattnet.

Föreningen av syre och väte i en vattenmolekyl är länkade då de utsätts för samma process



vid nederbörd och avdunstning. Det betyder att även isotopfraktioneringen mellan dem är korrelerad. På grund av detta kan ett samband ses mellan ^{18}O och D i nederbörd, vilka bildar en rät linje och kallas GMWL (the Global Meteoric Water Line) (Figur 10). Denna korrelation kan ses över hela världen, men varierar beroende på latitud, med mer negativa värden med ökande latitud (Hoefs, 2009). Det lokala sambandet som uppstår kallas LMWL (the Local Meteoric Water Line).

Figur 10. Globala förhållandet mellan $\delta^{18}\text{O}$ och δD i nederbörd. Den räta linjen indikerar GMWL (Hoefs, 2009).

5.5. Tidigare undersökningar

Enligt befintligt kontrollprogram ska dagbrottsvattnet provtas i samband med bräddning, vilket vanligtvis sker under vårflöden och rikliga regnperioder. Dock skedde ingen bräddning alls under 2011. Spontana provtagningar har även utförts i vissa diken och vattenansamlingar (Boliden, 2012). Analysresultat från dessa provtagningar har visat låga pH-värden och höga metallhalter. Framförallt har ytvattnet i dagbrottssjön visat på fortsatt låga pH-värden trots upprepad kalkning.

På uppdrag av Boliden Mineral AB installerade Bergab tillsammans med Sweco fyra grundvattenrör (varav ett referensrör) i området under hösten 2008 (Bergab, 2008). Syftet med installationen av grundvattenrören var att identifiera eventuella metalläckage från gråbergssupplaget genom vattenprovtagningar. Grundvattenrören provtogs under år 2010 (Tabell 2). Analysresultaten visar höga metallhalter i grundvattenrören (26GVR2 och 26GVR3) som är placerade mellan gråbergssupplaget och dagbrottssjön.

Tabell 2. Analyserade koncentrationer för Al, Cd, Cu, Pb, Zn, S och SO₄²⁻ från 2010 (Boliden 2012).

Prov och datum	Al µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	S µg/l	SO ₄ mg/l
26GVR1 (ref)							
2010-05	1	0,025	1,31	0,1	62,4	-	-
2010-06	7,07	0,025	1,23	0,1	37,4	4680	13
2010-07	2,83	0,025	0,5	0,1	4,12	4690	13
2010-08	7,1	0,025	1,75	0,1	100	4870	14
26GVR2							
2010-05	1850	19,5	174	0,566	55300	-	-
2010-06	710	20,5	8,23	0,54	32000	134000	292
2010-07	4140	25,3	91,2	1,6	55700	247000	518
2010-08	5170	26	126	1,18	68800	301000	924
26GVR3							
2010-05	1	0,358	0,5	0,1	122	-	-
2010-06	623	39,6	93,9	0,1	21000	165000	190
2010-07	144	22,5	14,8	0,1	10000	128000	141
2010-08	3,98	1,25	1,17	0,1	473	20700	61
26GVR4							
2010-06	161	0,025	3,37	0,1	6,71	3840	10
2010-07	-	-	-	-	-	-	-
2010-08	8,3	0,025	0,5	0,1	30,1	2600	7,2
2010-09	-	-	-	-	-	-	-
2010-10	-	-	-	-	-	-	-

5.5.1. Undersökning i dagbrottssjön

Det har även tidigare utförts undersökningar i dagbrottssjön vid Uddengruvan. I två artiklar av Ramstedt et al. (2003) och Lu (2004) har två studier i dagbrottssjön vid Uddengruvan utförts baserat på provtagningar och kemiska analyser på olika djup. Provtagningar utfördes vid olika tillfällen under ett år för att täcka eventuella säsongsvariationer. I artikeln av Ramstedt et al. (2003) studerades dagbrottssjön från juni 1998 till september 1999 med provtillfällen i juni, augusti och september. I artikeln av Lu (2004) studerades dagbrottssjön från april 2001 till mars 2002, med provtillfällen i april, maj, juni, augusti, oktober och mars. Syftet med studierna var att förstå geokemiska processer i en dagbrottssjö och att få en uppfattning om vilka faktorer som påverkar dess vattenkvalitet.

Resultaten från dessa två artiklar visar att dagbrottet är en oligotrof sjö med relativt lågt pH och höga metall- och sulfatkoncentrationer. Båda studierna visar att sjön är stratifierad som ett resultat av termiska och salina skillnader, tillsammans med ett stort relativt djup på 18-24 %. Beroende på årstid kunde tre till fyra olika zoner observeras. Tydligare stratifiering kunde ses under vinter och sommar medan det troligtvis sker en omblandning under vår och höst. Det är dock oklart om omblandning sker för hela vattenpelaren under vår och höst, vilket skulle betyda att även bottenvattnet blir syresatt under dessa perioder.

Här skiljer sig de två studierna sig aningen åt då Lu (2004) menar att omblandning sker över hela vattenpelaren (holomiktisk sjö) medan Ramstedt et al. (2003) menar att omblandning endast sker i de övre zonerna ned till 20 meter och att bottenvattnet förblir anoxiskt (meromiktisk sjö). Gemensamt för de båda studierna var en ökning för pH, konduktivitet, SO₄²⁻ och Cl⁻ med djup. pH varierade från 4,8 vid ytan till 6,4 på 35 meters djup (Ramstedt et al. 2003). Även Cu, Zn, Pb, Cd och Al ökade med djup ned till den anoxiska zonen, där koncentrationerna minskade igen. Detta gällde dock inte för Fe som istället visade på en drastisk ökning i den anoxiska zonen. Här sker troligen reduktion av Fe (oxid)hydroxider

vilket resulterar i bildandet av Fe(II). Detta syntes också i en drastisk minskning i av redoxpotentialen vid detta djup (Lu, 2004).

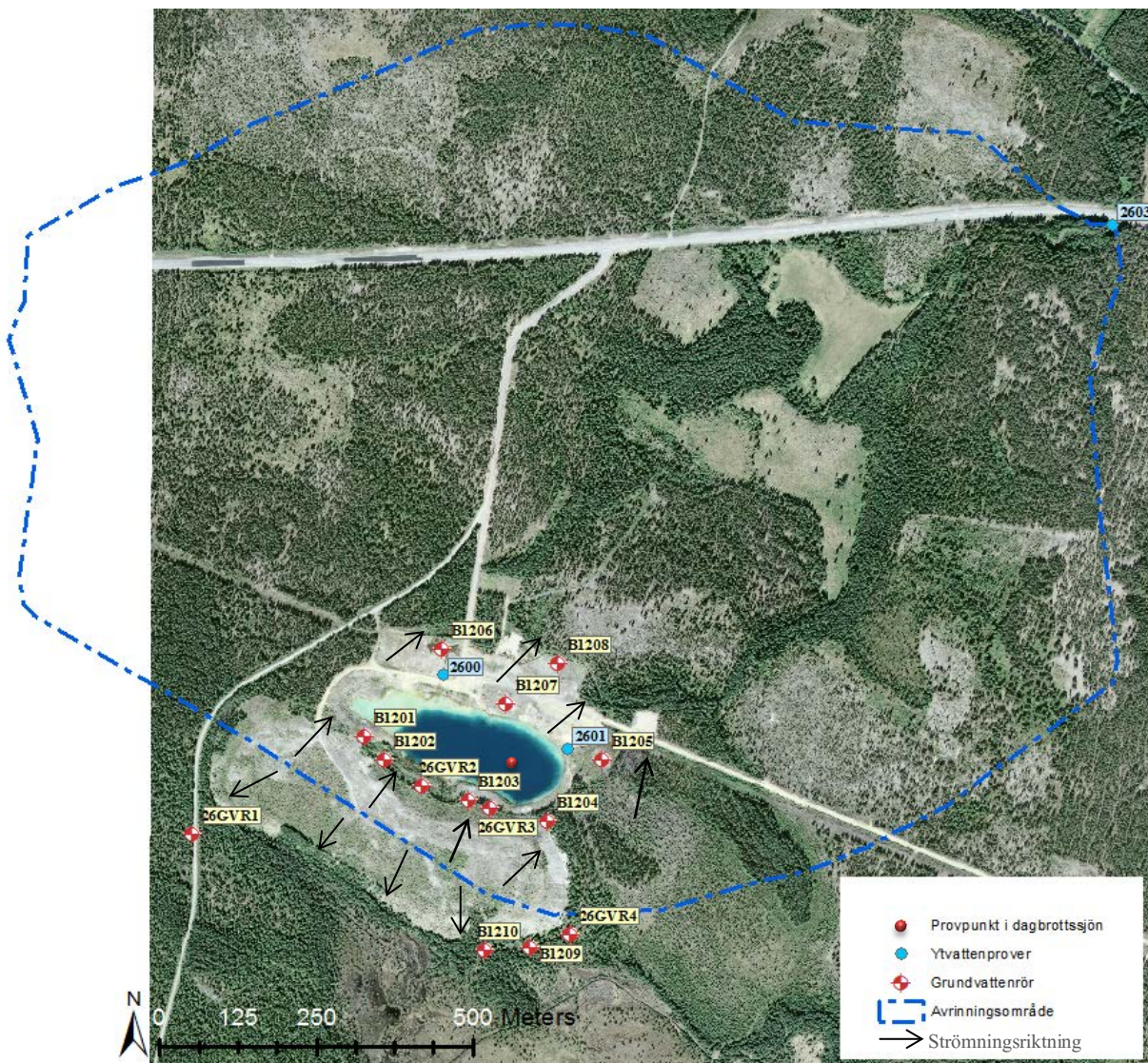
Båda studierna visar att kemin i sjön är komplex. Hur fastläggningen av metaller i bottenvattnet sker är dock ännu en outklarad fråga. Det finns inga data som stödjer processen av sulfatreduktion, som annars skulle kunna förklara fastläggningen av metaller som sulfider. En möjlig förklaring kan vara adsorption av metaller till olika oxidhydroxider (framförallt Fe och Al) som ackumulerats i sedimentets översta lager.

6. Metod

6.1. Fältarbete

Provtagningar i fält utfördes vid tre olika tillfällen under, juni, september och december, under år 2012. Fyra grundvattenrör (varav ett referensrör) fanns installerade i området fram till augusti år 2012 då ytterligare 10 grundvattenrör installerades. Totalt finns idag således 14 grundvattenrör (Figur 11). Referensröret (26GVR1) är placerat uppströms gruvområdet och används för att kontrollera bakgrundshalter i området. Vid varje tillfälle togs ytvattenprover vid tre (undantaget två i december) bestämda provpunkter: i utloppet av dagbrottet (2601), i ett dike på industriplan norr om dagbrottet (2600) samt i bäcken nedströms utloppet till dagbrottssjön (2603) (Figur 11). Grundvattenprover togs i befintliga grundvattenrör. I december utfördes utöver provtagning av ytvatten och grundvatten även en undersökning i dagbrottet på djupen: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, och 40 meter

Ytvattendrag uppströms och nedströms området karterades i fält och avrinningsområde karterades utifrån kartmaterial (Figur 6 & 11).



Figur 11. Provtagningspunkter för grundvatten och ytvatten, samt avrinningsområde. Pilarna visar strömningsriktningen.

6.1.1. Provtagning av grund- och ytvatten

Grund- och ytvattenprover analyserades för metallhalter, S, SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , DOC, pH, konduktivitet (EC), temperatur, svavelisotoper ($\delta^{34}\text{S}$) samt vattenisotoper ($\delta^{18}\text{O}$ och δD). Alla analyser, utom isotopanalyserna, utfördes på ett ackrediterat laboratorium, ALS Scandinavia i Luleå. pH, konduktivitet och temperatur mättes *in situ* med en handburen pH-meter (Hanna Instruments ®). Grundvattenprover togs upp med hjälp av en bailer. För provtagning omsattes vatten i varje grundvattenrör, för att erhålla ett nyillströmmat och mer representativt vattenprov. För varje provpunkt togs ett filtrerat prov i en 125 ml syradiskad flaska, för analys av den lösta metall- och svavelkoncentrationen. Filtrering genom ett 0,45 μm filter utfördes på ALS laboratorium i Luleå. Enstaka prover i juni filtrerades i fält. Ett ofiltrerat prov i en halvlitersflaska togs för analys av SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- och DOC. För ytvattenprover togs även ett ofiltrerat prov i en 125 ml syradiskad flaska för analys av den totala metall- och svavelkoncentrationen.

Provtagning för isotopanalyser utfördes för samtliga ytvattenprover, samt i sju grundvattenrör belägna norr om deponin. Dessa sju provpunkter valdes då de representerar vatten nedströms dagbrottet och upplaget. För isotopanalyserna togs ett ofiltrerat prov vid varje provpunkt som förvarades svalt i kylväska eller kylskåp för senare analys på Stockholms universitet. Analys av $\delta^{18}\text{O}$ och δD utfördes i samband med provtagningstillfällena i september och december. Den mer tidskrävande analysen av $\delta^{34}\text{S}$ utfördes enbart i september.

6.1.2. Pulstester

För att kunna räkna ut den hydrauliska konduktiviten (k) för grundvattnet utfördes ett pulstest i varje grundvattenrör under fältbesöket i september. Ett pulstest går till så att en viss vattenvolym tillsätts hastigt i röret så att vattennivån i röret förändras. Därefter observeras grundvattennivåns återhämtning som en funktion av tiden. Grundvattennivåns återhämtning kan antingen mätas manuellt med ett lod eller genom användning av en automatisk logger, s.k. diver, som med ett bestämt tidsintervall loggar tryckskillnaderna.

För pulstesterna vid Uddengruvan användes en diver som hängdes ned i grundvattenröret och som programmerats för att mäta vattentrycket var 3e sekund. En liter vatten tillsattes hastigt i röret. Efter ungefär 2 timmar, då vattenytan förväntats ha återhämtat sig helt, togs divern upp och mätdata fördes över till programmet *DiverOffice* ®. För vidare hantering av data, och beräkningar av den hydrauliska konduktiviteten användes *Excel* och grafprogrammet *Grapher*. Konduktiviteten är uppskattad med hjälp av standardkurvor från Papadopoulos et al. (1973).

6.1.3. Vattenprovtagning i dagbrottsjön

Provtagning i dagbrottsjön utfördes från isen i december i den del där sjön är som djupast (Figur 11). Med hjälp av en 1,7 liters Limnoshämtare togs vattenprover upp på djupen: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 och 40 meter. Provdjupen är valda med tanke på tidigare studier i dagbrottet, då skiktningar upptäcktes runt 5, 20 och 35 meter. Samtliga analyser utfördes för varje provdjup: metallhalter, S, SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- och DOC, pH, konduktivitet, temperatur, svavelisotoper ($\delta^{34}\text{S}$) samt vattenisotoper ($\delta^{18}\text{O}$ och δD).

Alla analyser, utom isotopanalyserna, utfördes på ett ackrediterat laboratorium, ALS Scandinavia i Luleå. pH, konduktivitet och temperatur mättes *in situ* med en handburen pH-mätare (Hanna Instruments ®). Proverna för isotopanalyserna förvarades svalt i kylväska för senare analys på Stockholms universitet. För varje djup togs ett toppfyllt ofiltrerat och filtrerat prov i en 125 ml syradiskad flaska för analys av den totala och lösta metall- och sulfathalten. Filtrering genom ett 0,45 µm filter utfördes på ALS laboratorium i Luleå. Ett ofiltrerat prov togs även i en enlitersflaska för analys av SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- och DOC. För isotopanalyser togs ett ofiltrerat prov i en 250-500 ml toppfylld flaska.

6.2. Vattenkemiska analyser

6.2.1. Svavelisotoper

Vid analys av svavelisotoper krävs preparering av proven. Beroende på svavelhalten i varje prov kan antingen fällning av BaSO_4 ske direkt eller så är det nödvändigt att rena proven genom ett jonbyte. Utifrån svavelhalten bestäms mängden provvatten som behövs för att kunna fälla ut 10 mg BaSO_4 . I detta fall innehöll åtta av tio prov tillräckligt hög svavelhalt för att fällning av BaSO_4 kunde ske direkt, medan de resterande två proven först behövde genomgå ett jonbyte. För prov med tillräckligt hög svavelhalt tas beräknad mängd vattenprov och förs över till en 200 ml bägare och späds upp till 100 ml med MilliQ-vatten.

Jonbytet sker i kolonner med Dowex 1X8-50 (20-50 mesh) som är en stark basisk anjonbytare och används för att fånga upp sulfat i vatten. Denna jonbytarmassa förbereds i en glasbägare med 1 M NaCl och förs sedan över till två kolonner. För preparering av jonbytarmassan ska 100 ml 1 M NaCl lösning gå igenom kolonnen följt av minst 200 ml MilliQ-vatten. Efter detta är kolonnen redo att användas. Vattenproven som ska jonbytas vägs före och efter jonbytet för att veta hur mycket av provet som har runnit igenom. Vattenprovet ansluts till kolonnen och flödet regleras så att vattnet rinner igenom droppvis. När allt vatten, eller en uträknad mängd provvatten som krävs för att fälla ut 10 mg BaSO_4 , runnit igenom är jonbytet klart. Jonbytaren elueras genom att låta 100 ml NaCl gå igenom kolonnen droppvis och eluatet samlas upp i en 200 ml bägare.

6.2.1.1. Fällning med BaCl_2

Alla prover surgörs med 1 ml 3 M HCl och kokas därefter upp på värmeplatta för att få bort CO_2 i provet. Provet placeras på ett vattenbad på 90 °C och 20 ml BaCl_2 tillsätts, en fällning ses nu i provet då sulfatet fälls ut som BaSO_4 . Provet ska stå på vattenbadet i 2 timmar och får sedan svalna till dagen efter. Vacuumfiltrering av provet sker genom ett 0,45 µm askfritt polycarbonatfilter som vägs före filtrering. Efter filtrering torkas filtret i 60 °C i 24 timmar. Efter torkning vägs filtret med fällning och mängden BaSO_4 kan bestämmas. Fällningen av BaSO_4 förs sedan över i en glasvial för senare analys av $\delta^{34}\text{S}$.

Vid analys av $\delta^{34}\text{S}$ utförs med masspektrometer (Finnigan MAT Delta plus). Proverna förbränns innan via en analysator (Carlo Erba NC2500) ansluten till en tvådelad kabel för att reducera gasvolymen som når masspektrometern. Fem standarder användes vid varje analystillfälle för att försäkra noggrannheten och precisionen i mätningen. Utifrån dessa standarder beräknades standardavvikelsen vara bättre än $\pm 0,2 \text{ ‰}$ för $\delta^{34}\text{S}$.

6.2.2. vattenisotoper

För stabila isotopanalyser av $\delta^{18}\text{O}$ och δD i vatten krävs ingen förberedning av provet. Ungefär 2 ml av provet förs över till en liten glasvial som märks med provets nummer. Analysen utförs sedan med en Laser Water Isotope Analyzer från Los Gatos Research. Standardavvikelsen från mätningarna har beräknades vara bättre än 0,6 ‰ och 0,15 ‰ för δD och $\delta^{18}\text{O}$ respektive.

6.2.3. Övriga analyser

Analyser nämnda i detta stycke har utförts på ALS Scandinavia, ackrediterat laboratorium i Luleå.

För analys av lösta metall- och svavelhalter filtrerades vattenproven i laboratorium genom ett $0,45\ \mu\text{m}$ filter. Alla prov (både för analys av lösta och totala halter) surgjordes med salpetersyra. De metaller som analyserats är: Ca, Fe, K, Mg, Na, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, V, och Zn. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS).

SO_4^{2-} och Cl^- analyserades genom vätskekromatografi för joner enligt Svensk Standard (CSN EN ISO 10304-1, CSN EN ISO 10304-2). Analys av NO_3^- utfördes med diskret spektrometri enligt Svensk Standard (CSN ISO 11732, CSN ISO 13395). Analys av DOC i vatten utfördes enligt Svensk standard, CSN EN 1484.

6.3. Beräkningar

6.3.1. Beräkning av andel gruvsvavel

Genom beräkning av andel gruvsvavel, går det att göra en uppskattning på hur stor del av befintligt S i vattenprovet som härstammar från oxidation av sulfidmineral. Beräkningen utgår från Ekvation 3, där sedan önskad parameter (f_{gruva}) löses ut.

$$f_{\text{dep}} + f_{\text{gruva}} = 1 \quad f_{\text{dep}} = 1 - f_{\text{gruva}}$$

$$\delta^{34}\text{S}_{\text{prov}} = (f_{\text{gruva}}\delta^{34}\text{S}_{\text{gruva}}) + (f_{\text{dep}}\delta^{34}\text{S}_{\text{dep}}) \quad (\text{Ekvation 3})$$

$$\delta^{34}\text{S}_{\text{prov}} = (f_{\text{gruva}}\delta^{34}\text{S}_{\text{gruva}}) + ((1 - f_{\text{gruva}})\delta^{34}\text{S}_{\text{dep}})$$

$$f_{\text{gruva}} = (\delta^{34}\text{S}_{\text{prov}} - \delta^{34}\text{S}_{\text{dep}}) / (\delta^{34}\text{S}_{\text{gruva}} - \delta^{34}\text{S}_{\text{dep}})$$

Där:

f_{gruva} = andel gruvsvavel (%)

$\delta^{34}\text{S}_{\text{prov}}$ = Analyserat $\delta^{34}\text{S}$ värde för respektive vattenprov (‰)

$\delta^{34}\text{S}_{\text{dep}}$ = Isotopsammansättningen i nederbörd för området (4,7 ‰)

$\delta^{34}\text{S}_{\text{gruva}}$ = Medelisotopsammansättningen i pyrit vid Uddengruvan (1,2 ‰)

6.3.2. Metalltransport

Den årliga metalltransporten som beräknats för Uddengruvan i den här studien är baserad på alla tre olika provtillfällen. Metalltransporten baseras på den specifika avrinningen (414 mm/år) och en godtyckligt uppskattad grundvattenbildning (150 mm/år), samt avrinningsområdet storlek för de olika punkterna (m^2) (Tabell 3). Metalltransporten från

gråbergssupplaget till dagbrottssjön antas huvudsakligen ske via grundvatten. Så för metallbelastningen till dagbrottssjön har ett medelvärde av metallkoncentrationerna i de sju grundvattenrör belägna mellan upplaget och sjön bestämts för varje provtillfälle. Då metallkoncentrationerna varierar kraftigt under året har en metalltransport beräknats separat för varje provtillfälle, varav ett medelvärde sedan räknats ut. Den årliga metalltransporten (kg/år) har beräknats genom ekvation 4.

$$T = Avr \cdot A \cdot C \quad (\text{Ekvation 4})$$

Där:

T = Metalltransport (kg/år)

Avr = Den specifika avrinningen, eller grundvattenbildningen (m/år)

A = Area för avrinningsområdet (m²)

C = Koncentration av ämnet (kg/m³)

Tabell 3. Visar arean för respektive avrinningsområde, samt den specifika årsmedelavrinningen och uppskattad grundvattenbildning.

Objekt	Area (m ²)	Avrinning (m/år)	Grundvattenbildning (m/år)
Upplag till dagbrottssjön	69647		0,15
2601 (Dagbrottssjön utlopp)	128317	0,412	
2603 (nedströms gruvområdet)	1958702	0,412	

Metalltransporten har även beräknats vid dagbrottssjöns utlopp utifrån egna flödesmätningar. Flödet har bestämts med hjälp av ett Thomssonöverfall vid varje provtillfälle. Här visas metalltransporten istället i kg/dygn, och har beräknats för varje period för sig. Eftersom flödesmätningar endast utförts vid tre olika tidpunkter under ett år är det mer representativt att presentera datan i kg/dygn. Metalltransporten beräknas genom att den lösta metallkoncentrationen (kg/l) multipliceras med flödet (l/dygn). Flödet beräknas enligt ekvation 5 (Naturvårdsverket, 2002b).

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot (2g)^{1/2} \cdot h^{5/2} \cdot \tan\alpha/2 \quad (\text{Ekvation 5})$$

Där:

Q = vattenföringen i m³/s

μ = en koefficient som är approximativt konstant och antar ett värde mellan 0,60-0,65

g = jordaccelerationen (9,81 m/s²)

h = vattenståndet i meter över vinkelspetsen

α = Thomssonöverfallets öppningsvinkel i grader (90°)

6.3.3. Beräknad konduktivitet

Under provtagningen på olika djup i dagbrottssjön rådde svåra väderförhållanden, vilket gjorde att mätningarna av pH, konduktivitet och temperatur försvårades på grund av is på pH- och konduktivitetssensorn. Därför har även konduktiviteten räknats ut manuellt för

undersökningen i dagbrottssjön, baserat på summan av lösta metallkoncentrationer och respektive jons ekvivalentkonduktivitet (ekvation 6) (Golterman et al. 1978).

Ekvivalentkonduktiviteten beskriver olika joners förmåga att leda ström, vilket beror av jonens rörlighet, samt den totala mängden av jonen i lösningen.

$$k (\mu S/cm) = C \cdot \lambda / 1000 \quad (\text{Ekvation 7})$$

Där:

λ = jonens ekvivalentkonduktivitet ($\text{ohm}^{-1} \text{cm}^2 \text{ekv}^{-1}$)

C = koncentrationen (μM)

6.4. Modellering

Genom användning av en jämviktsmodell, datorprogrammet PHREEQCI har mättnadsindex (SI) för olika mineralfaser beräknats. Mättnadsindex visar potentiell utfällning av olika mineralfaser som möjligen kan kontrollera den lösta koncentrationen av ämnen i vattnet. Positiva värden för SI antyder att lösningen är övermättad relativt den specifika mineralfasen och att utfällning av mineralet är termodynamiskt möjlig. Negativa värden indikerar att lösningen är undermättad relativt till den specifika mineralfasen, där utfällning inte är möjlig. Ett värde nära noll (-0,05 till +0,05) indikerar att jämvikt råder mellan den lösta och fasta fasen i lösningen (Merkel & Planer-Friedrich, 2008). SI beräknas av kvoten mellan jonaktivitetsprodukten (IAP) och den teoretiska löslighetsprodukten (K_{sp}) vid jämvikt och vid en konstant temperatur (Ekvation 7).

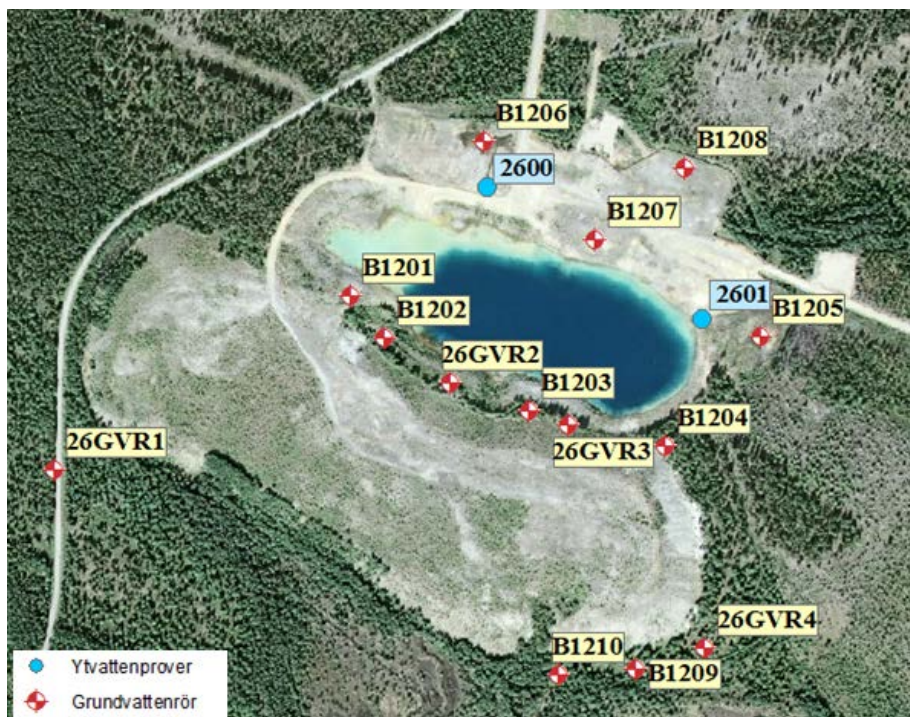
$$SI = \log \frac{IAP}{K_{sp}} \quad (\text{Ekvation 7})$$

Alkaliniteten för varje prov har beräknats genom jonbalans (summan av alla katjoner minus summan av alla anjoner). Differensen antas bestå av HCO_3^- och kan därför uppskattas som provets alkalinitet, då $\text{HCO}_3^- \approx \text{alkalinitet}$. Den beräknade alkaliniteten blev för några av proverna negativ, vilket då kallas aciditet. De negativa värdena var i detta fall inte troligt då de sammanföll med höga pH-värden. Alkaliniteten för dessa prover fick därmed uppskattas med hjälp av uppmätt pH och beräknad alkalinitet för samma provpunkt men vid ett annat provtillfälle.

7. Resultat

7.1. Grundvattenkemi

Resultaten från grundvattenproverna visar att det är huvudsakligen tre provpunkter där grundvattnet är påverkat av mycket höga metallhalter. Dessa grundvattenrör (26GVR2, 26GVR3 och B1202) är alla placerade mellan gråbergssupplaget och dagbrottssjön, alltså precis norr om gråbergssupplaget (för läge, se Figur 12). Grundvattnet vid dessa provpunkter har väldigt höga lösta halter av Zn, Cu, Cd, Pb och SO_4^{2-} (Tabell 4). Vattnet uppvisar även låga pH-värden samt höga konduktivitetvärden. Fe halten i B1202 var noterbart mycket högre än i något annat prov, som överlag var mycket låg i alla vattenprov, med ett par undantag. De tre resterande rör (B1201, B1203 och B1204) belägna precis norr om gråbergssupplaget har betydligt lägre metallhalter och högre pH.



Figur 12. Visar grundvattenrörens positionering, samt provpunkter för ytvattenprover, utom för prov 2603 i bäcken nedströms området.

Tabell 4. Lösta metallhalter, SO_4^{2-} , DOC, pH och konduktivitet (EC) i grundvatten. Rödmarkerade = GVR mellan gråbergssupplaget och dagbrottssjön. Grönmarkerade = GVR uppströms gråbergssupplaget. Blåmarkerade = GVR nedströms dagbrottssjön. Fetmarkerade = prov med speciellt höga halter

Provpunkt	Fe (mg/l)	Zn ($\mu\text{g/l}$)	Cu ($\mu\text{g/l}$)	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)	Al ($\mu\text{g/l}$)	SO_4 (mg/l)	DOC (mg/l)	pH	EC (μS)
(ref)26GVR1 ¹	<0,004	12,2	1,48	<0,05	<0,2	<2	8,78	-	7,42	81
(ref)26GVR1 ²	0,01	11,8	1,23	<0,05	<0,2	5,63	8,18	-	7,06	91
(ref)26GVR1 ³	<0,004	2,04	1,8	<0,05	<0,2	3,47	7,88	0,59	6,74	70
26GVR2¹	0,0431	8580	40,7	4,118	0,347	932	106	-	5,62	290
26GVR2²	0,0143	47900	127	19,5	0,644	3520	352	-	5,14	814
26GVR2³	0,0199	96000	179	25,9	1,89	8680	786	1,44	5,6	1678
26GVR3¹	1,68	17900	146	29,6	<0,2	3240	331	-	5,72	763
26GVR3²	1,8	279000	4930	512	4,69	267000	4090	-	4,16	3989
26GVR3³	1,73	387000	7310	754	5,83	362000	4340	8,12	4,46	3999
26GVR4 ¹	<0,004	2,32	<1	<0,05	<0,2	7,39	5,73	-	7,33	38
26GVR4 ²	<0,004	23,1	<1	<0,05	<0,2	3,86	<5,00	-	7,06	66
26GVR4 ³	<0,004	3,68	2,27	<0,05	<0,2	2,6	5,98	0,92	6,78	46
B1201 ²	<0,004	1960	<1	0,773	<0,2	3,32	79,8	-	6,59	330
B1201 ³	<0,004	2330	3,16	0,685	<0,2	,58	91,8	0,62	6,9	314
B1202²	178	315000	504	291	18,7	332000	4140	-	3,92	3999
B1202³	128	329000	649	423	18	375000	4100	4,84	4,44	3999
B1203 ²	<0,004	35,6	2,02	0,129	<0,2	4,38	142	-	7,52	690
B1203 ³	0,622	859	59,1	0,782	1,27	524	24,2	1,28	7,19	275
B1204 ²	<0,004	195	1,07	0,517	<0,2	<2	23,5	-	7,29	187
B1204 ³	0,0055	355	3,13	1,21	<0,2	<2	21,2	0,56	6,73	57
B1205 ²	5,87	1650	<1	0,766	<0,2	<2	816	-	6,25	1671
B1205 ³	3,35	2050	2,2	0,0665	<0,2	<2	755	0,61	6,86	1584
B1206 ²	7,74	2510	<1	0,147	<0,2	<2	1230	-	6,6	2413
B1206 ³	2,84	2910	<1	<0,05	<0,2	<2	1230	2,39	6,6	2307
B1207 ²	15,3	35,3	<1	<0,05	<0,2	<2	250	-	6,55	1182
B1207 ³	0,231	1320	<1	2,49	<0,2	8,33	223	38,9	6,87	1119
B1208 ²	0,981	79,3	<1	0,869	<0,2	<2	801	-	6,74	1852
B1208 ³	0,166	32,7	1,41	<0,05	<0,2	7,5	775	3,79	7,5	1695
B1209 ²	0,0223	57,3	<1	0,0938	<0,2	6,31	23,2	-	7,09	223
B1209 ³	<0,004	46,1	4,74	0,228	<0,2	7,34	19,4	1,25	6,76	167
B1210 ²	0,0081	25,6	<1	0,12	<0,2	66,3	16,4	-	5,91	69
B1210 ³	<0,004	18,3	2,21	0,0596	<0,2	51,5	14,6	1,07	6,02	51

¹ Analysresultat från juni

² Analysresultat från september

³ Analysresultat från december

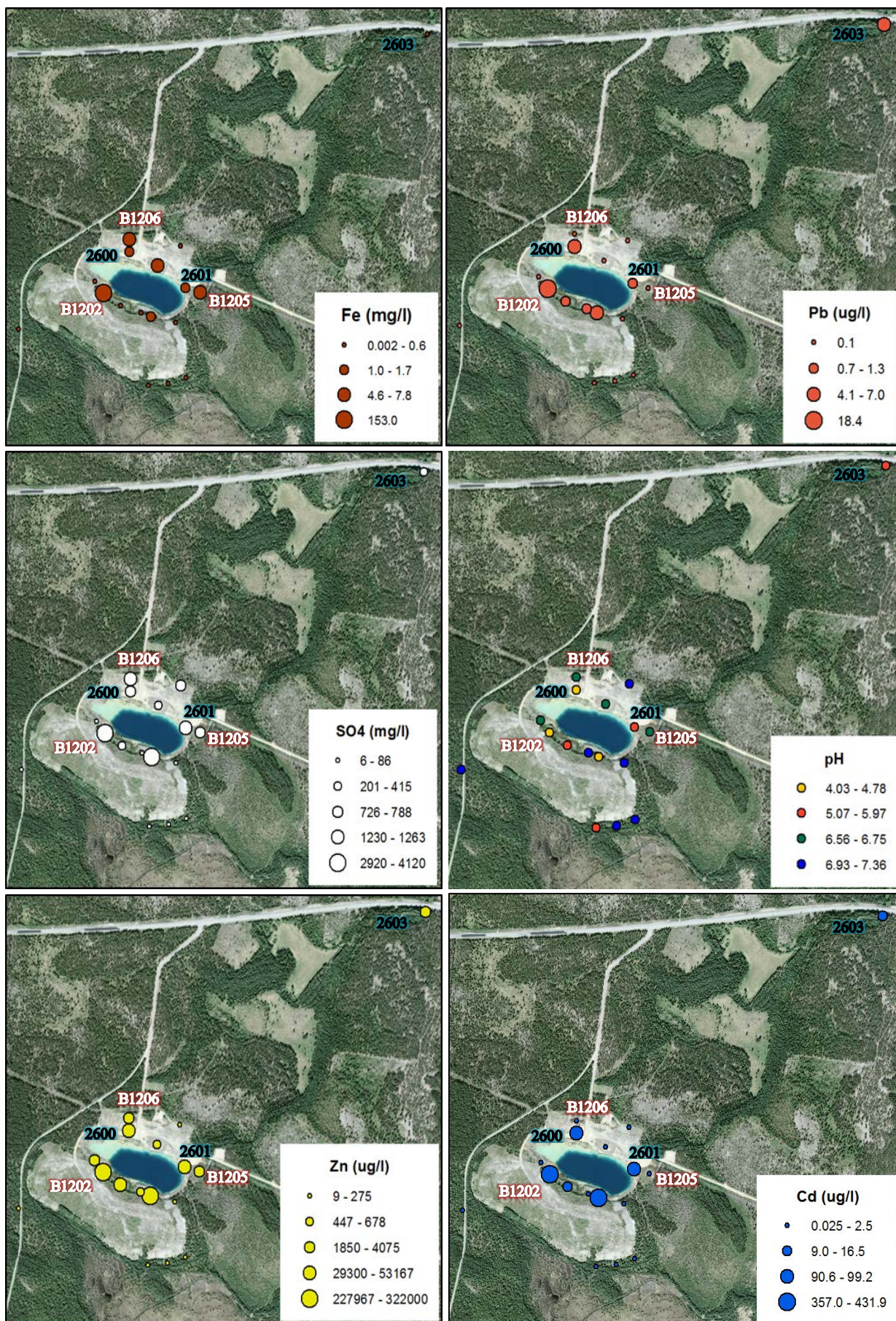
Metallhalterna i rören uppströms och söder om gråbergsupplaget (26GVR4, B1209 och B1210) är mycket lägre vid alla provtillfällen samt uppvisar högre pH-värde. Referensröret (26GVR1) visar på ett neutralt pH samt har inga förhöjda metallhalter.

Rören (B1205, B1206, B1207 och B1208) belägna nedströms dagbrottssjön, på gamla industriplan uppvisar generellt förhöjda halter av Fe, Zn och SO_4^{2-} , framförallt prov B1205 och B1206. Vattnet i dessa rör har ett relativt högt pH, från 6-7.

Indelning av tillstånd för förorenat vatten kan ses som Bilaga utifrån uppmätta metallhalter i alla vattenprov.

En säsongsvariation går att urskilja mellan provtillfällena. Halterna för samtliga parametrar är generellt lägre i juni och flera magnituder högre i september och december, varav halterna är högst i december (Tabell 4). Koncentrationen av löst Fe visar däremot på en motsatt trend, med högre halter i juni och september och lägst i december. Halterna av Cu, Zn, Cd, Pb och SO_4^{2-} i provpunkt 26GVR3 ökar extremt mycket från juni till september och december. Det ska dock nämnas att läget för denna provpunkt flyttades några meter sedan provtagningen i juni. Det tidigare röret hade gått av och ersattes med ett nytt grundvattenrör i augusti.

Figur 13 är en översiktlig bild över området som visar lösta koncentrationer vid alla provpunkter (både yt- och grundvatten) för Fe, Pb, Cd, Zn, SO_4^{2-} och pH. Koncentrationerna är ett medelvärde för uppmätta värden i juni, september och december.



Figur 13. Medelvärde av metallhalter, pH, SO_4^{2-} för alla provtillfällen, både i grund- och ytvatten. Några provpunkter är utmärkta för att lättare skilja på grundvattenprover och ytvattenprover.

7.2. Ytvattenkemi

Resultaten från analys av ytvattenproverna uppvisar generellt låga pH-värden och höga metallhalter (Tabell 5). För läget av provpunkterna se Figur 12. Prov 2601 är taget vid dagbrottssjöns utlopp, och här visar resultaten på väldigt höga halter av Zn, Cu, Cd och SO_4^{2-} . pH-värdena har även varit relativt låga vid varje provtillfälle och konduktiviteten var hög. Prov 2603 är taget nedströms gruvområdet i bäcken som leder från dagbrottssjön och slutligen når ut i Skellefteälven. Här är metallhalterna lägre jämfört med i utloppet från dagbrottssjön. Detta gäller för alla metaller utom för Pb, som tvärtom visar på högre halter, framförallt i juni (visas även i Figur 14). Dock är halterna fortfarande höga, framförallt för Zn, Cd. pH-värdena är ganska låga i bäcken, utom i december då pH stigit från 5,06 till 6,8 jämfört med juni. DOC halten är också högre här än i sjöns utlopp. Prov 2600 är taget i ett dike med stillastående vatten på industriplan precis norr om dagbrottssjön. Här är pH väldigt lågt och metallhalterna höga.

Tabell 5. Lösta metallhalter, SO_4^{2-} , DOC, pH och konduktivitet (EC) i ytvattenprover för alla provtillfällen. Fetmarkerade resultat indikerar prov med högre metallhalter samt lägre pH.

Provpunkt	Objekt	Fe (mg/l)	Zn ($\mu\text{g/l}$)	Cu ($\mu\text{g/l}$)	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)	Al ($\mu\text{g/l}$)	SO4 (mg/l)	DOC (mg/l)	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)
2601 ¹	Dagbrotts- sjöns utlopp	1,39	32300	81	61,4	0,585	6350	1140	-	5,26	1681
2601 ²		1,43	51600	164	95,1	0,652	13300	1140	-	4,61	2305
2601 ³		0,0791	75600	258	141	0,832	21000	1510	0,51	5,35	2414
2603 ¹	Bäck nedströms	0,509	7260	86,8	16,3	6,22	2240	271	-	5,06	585
2603 ²		0,0433	4150	67,6	9,18	1,95	395	203	-	5,65	573
2603 ³		0,0233	814	6,28	1,38	<0,2	56	130	1,81	6,81	312
2600 ¹	Dike	2,7	31500	835	107	6,52	27200	879	-	4,18	1287
2600 ²		0,61	27100	436	74,1	7,51	19600	572	-	3,88	855
2600 ³		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

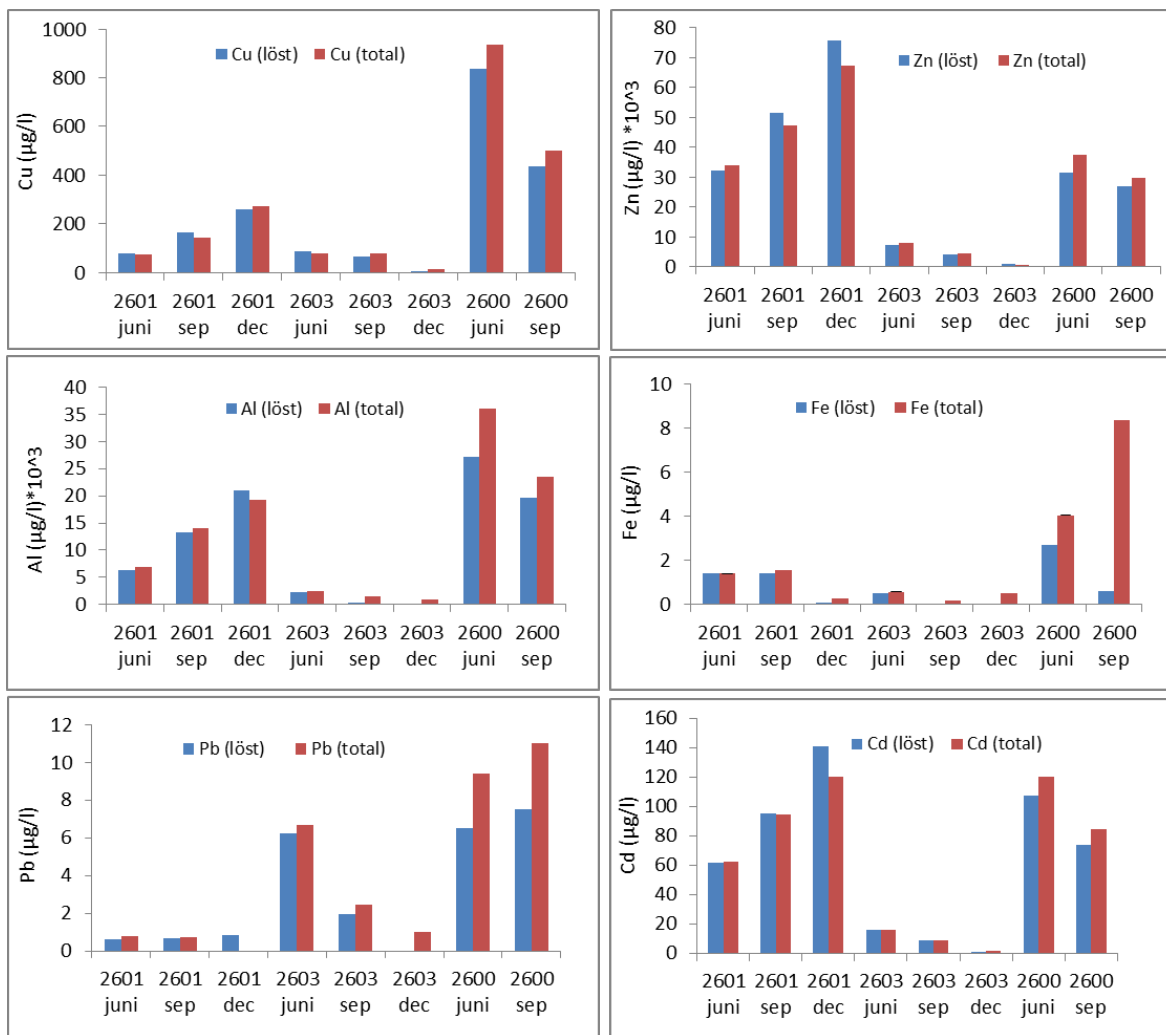
¹Analysresultat från juni

²Analysresultat från september

³Analysresultat från december

En säsongsvariation i metallhalter går att urskilja (Tabell 5). Säsongsvariationerna visualiseras även tydligt i Figur 13. Vid dagbrottssjöns utlopp är de lösta metallhalterna i juni generellt mycket lägre än i september och december. Halterna är högst i december, undantaget Fe (Tabell 5 & Figur 14). Denna säsongsvariation överensstämmer med den i grundvattenproverna. Säsongsvariationen för provpunkt 2603 och 2600 visar en trend tvärtom den i 2601, med högre lösta metallhalter i juni och lägre i september och december (Tabell 5 & Figur 14).

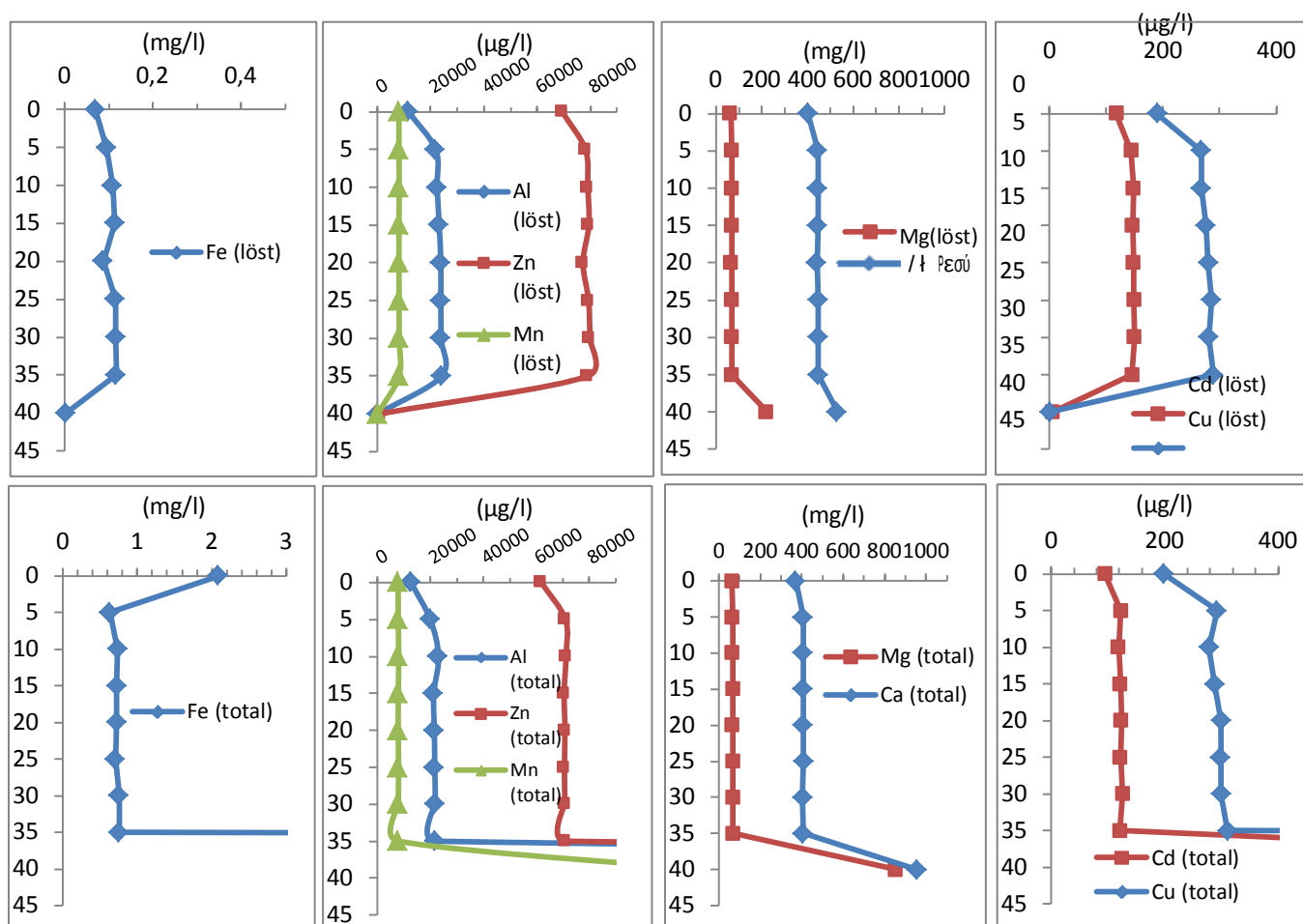
För ytvattenproverna analyserades både lösta och totala halter. Resultaten visar att den lösta fasen dominerar för i stort sett alla parametrar, för samtliga provpunkter (Figur 14). Det är endast i bäcken nedströms (2603) verksamhetsområdet som Fe, Al och Pb existerar i högre halt partikulärt än i löst fas, framförallt under december månad. I juni är dock nästan allt i löst fas. Även Provpunkt 2600 visar på höga halter av Fe i partikulär fas i september.



Figur 14. Lösta vs totala metallhalter i ytvattenproverna för varje provtagningsstillfälle. Total halt = löst + partikulärt. Säsongsvariationen går tydligt att urskilja för de olika provpunkterna, med generellt lägre lösta halter i juni och högre i september och december för provpunkt 2601. I provpunkt 2603 och 2600 är de lösta halterna istället generellt högre i juni och lägre i september och december.

7.3. Vattenkemi på olika djup i dagbrottssjön

Dagbrottssjön uppvisade höga metallhalter i hela vattenmassan. Resultaten visar att den lösta fasen dominerar för alla ämnen ned till 35 meters djup, undantaget järn som istället övervägande existerar i partikulär form (Tabell 6 och 7). Den lösta halten för de olika ämnena är väldigt homogent distribuerade mellan djupen 5-35 meter. Det är ytvattnet (0 m) och framförallt bottenvattnet (40 m) som skiljer sig åt jämfört med mellanliggande vattenmassa. Både ytvattnet och bottenvattnet har lägre halt lösta metaller, varav de absolut lägsta halterna återfinns i bottenvattnet. På detta djup minskar den lösta halten med flera magnituder för nästan alla ämnen och visar istället på extremt höga halter i partikulär form. Detta gäller framförallt för Fe, Al, Cd, Cu, Mn, Pb och Zn, medan Ca, Na, K, Mg och S istället ökar både i löst och partikulär fas (Figur 15).



Figur 15. Metallkoncentrationer med djup i dagbrottssjön. De översta figurena visar lösta koncentrationer, de nedre de totala koncentrationerna. Notera att den totala halten på 40 meters djup i vissa fall är så hög att den inte visas i figuren.

Den lösta halten organsikt kol (DOC) är väldigt låg, kring 0,5 mg/l (Tabell 6). Detta reflekteras även av det stora siktdjupet i sjön. DOC halten var dock något högre i bottenvattnet samt ytvattnet. Sulfathalten är mycket hög i hela vattenkolumnen, och en svag antydning av en ökning med djup kan avläsas från resultaten (Tabell 6).

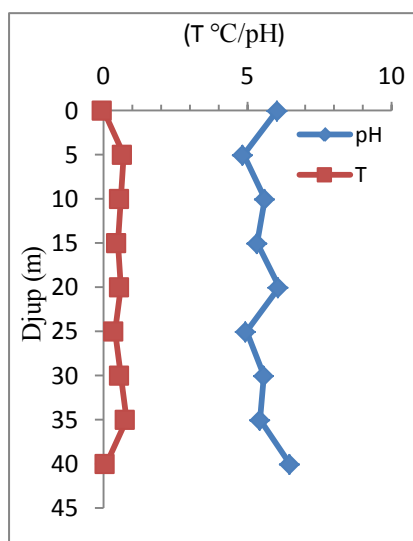
Tabell 6. Lösta metallhalter, S, SO₄²⁻, Cl⁻, och DOC i dagbrottssjön med djup. Notera de olika enheterna.

Provdjup (m)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)	Al (µg/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Mn (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	S (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Cl- (mg/l)	DOC (mg/l)
0	403	0,069	11700	118	190	8060	0,501	69400	476	1410	2,58	0,60
5	445	0,096	21900	144	268	8070	1,05	78100	538	1590	2,66	0,51
10	446	0,109	22400	148	268	8180	1,12	79000	533	1600	2,75	0,53
15	445	0,114	23200	147	276	8090	1,06	79400	533	1610	2,55	0,52
20	441	0,088	23800	148	280	8080	0,915	77200	533	1630	2,59	0,62
25	448	0,115	23800	149	286	8130	1,05	79300	539	1630	2,34	0,51
30	448	0,116	23900	150	281	8150	1,03	79700	525	1610	2,73	0,52
35	448	0,117	24100	146	289	8130	1,04	79000	541	1650	2,92	0,51
40	531	<0,004	133	5,92	1,33	87,7	0,200	1040	679	1640	2,57	0,88

Tabell 7. Totala halter i dagbrottssjön samt pH, konduktivitet och temperatur med djup. Notera de olika enheterna.

Provdjup (m)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)	Al (µg/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Mn (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	S (mg/l)	pH	Kond. (µS)	T (°C)
0	370	2,09	12700	96	199	7840	<1	62000	462	6,03	-	0
5	406	0,633	20000	123	292	7860	<1	71100	521	4,86	2424	0,7
10	407	0,740	23100	119	278	8030	1,09	71300	524	5,60	2435	0,6
15	405	0,723	21300	122	288	7900	<1	70600	523	5,34	2403	0,5
20	406	0,727	21500	124	300	7840	<1	70900	523	6,08	2058	0,6
25	408	0,704	21700	122	299	7990	<1	70700	528	4,95	2409	0,4
30	404	0,757	21900	126	300	7900	<1	70900	521	5,57	2427	0,6
35	407	0,753	21900	121	311	7920	<1	71200	521	5,44	2385	0,8
40	955	218	1670000	1590	16200	165000	144	1950000	1280	6,47	1236	0,1

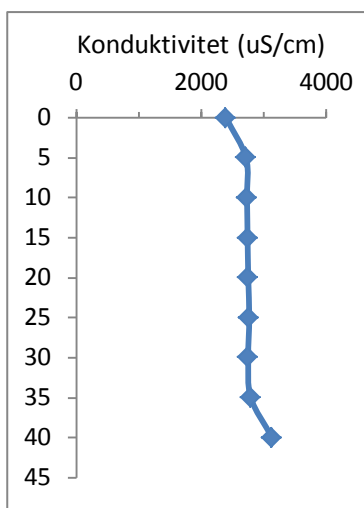
Temperaturskillnaden är väldigt liten mellan de olika djupen (Figur 16) med något lägre temperaturer i yt- och bottenvatten. pH-värdena följer inte någon specifik trend utan varierar mellan 4,8- 6,47 (Figur 16). De lägre pH-värdena hittas i vattenmassan mellan yt- och bottenvattnet, med ett undantag på 20 meters djup, där pH-värdet är något högre (6,08). Det högsta pH-värdet (6,47) har registrerats på 40 meter.



Figur 16. pH och temperatur med djup.

Den uppmätta konduktiviteten (Tabell 7) varierar inte mycket mellan 5-35 meter, utom för återigen på 20 meters djup där konduktiviteten är något lägre. På 20 meter är den lösta halten av Fe, Pb och Zn något lägre jämfört med de andra proven på 5-35 meter. På 40 meter minskar konduktiviteten med drygt 2 magnituder. Ett värde för konduktivitet för ytvattnet saknas.

Resultatet från den beräknade konduktiviteten visar återigen en skillnad i yt- och bottenvatten, jämfört med resterande vattenmassa (Figur 17). Till skillnad från den uppmätta konduktiviteten visar resultaten istället i en högre konduktivitet på 40 meter.



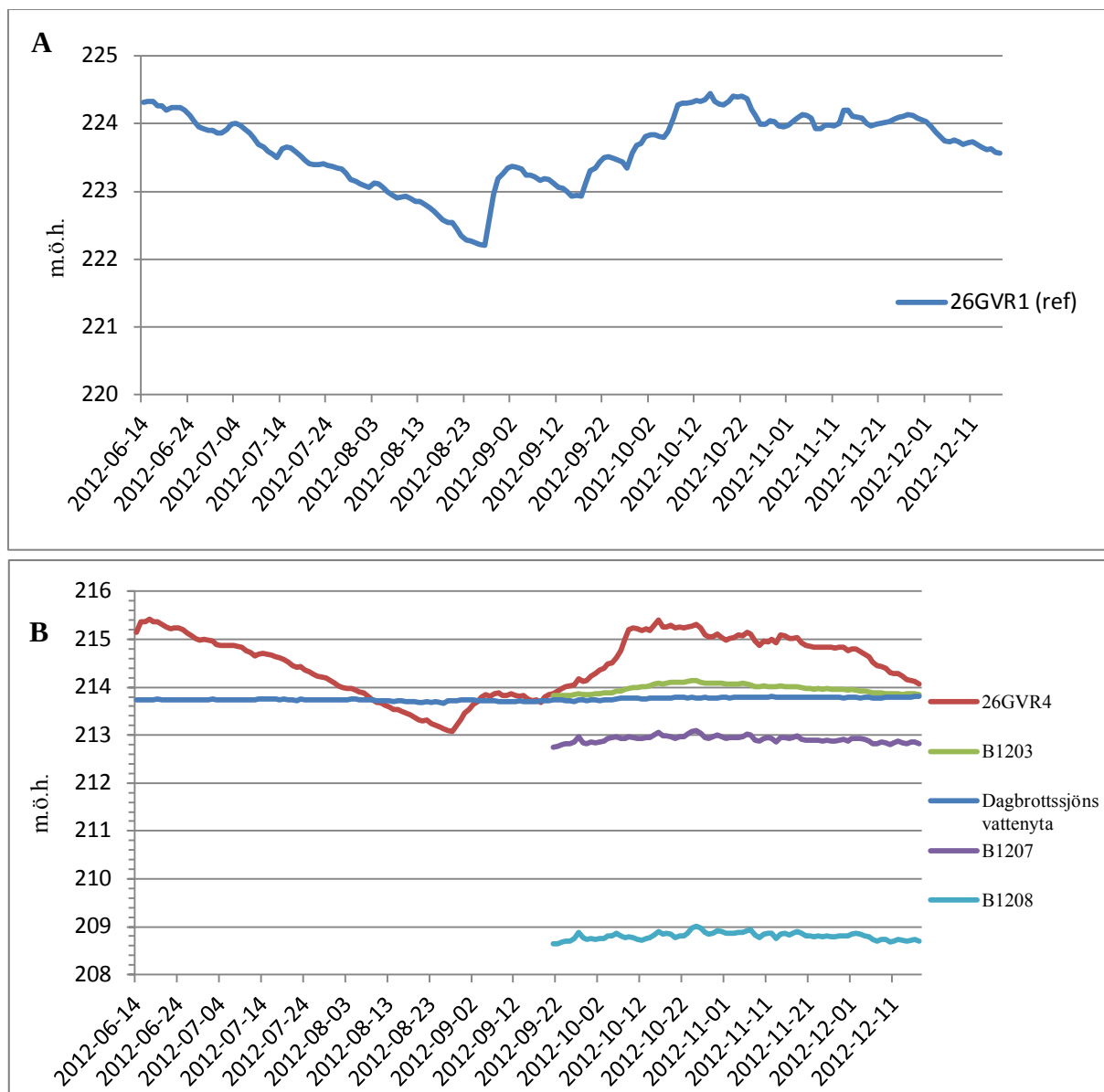
Figur 17. Beräknad konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$) med djup i dagbrottssjön.

Sammantaget visar resultaten att ytvattnet och bottenvattnet skiljer sig åt från resterande vattenvolym, som istället visar en relativt homogen distribution av de olika parametrarna.

7.4. Vattennivåer i grundvatten och dagbrottssjön

Grundvattennivåerna har loggats en gång om dagen i fem grundvattenrör med hjälp av en diver (för läge, se Figur 12). I två av rören (26GVR1 och 26GVR4) finns data tillgänglig för perioden juni- december. I resterande tre grundvattenrör (B1203, B1207 och B1208) registrerades grundvattennivån under september-december. Dagbrottssjöns vattenyta registrerades under juni-december.

Grundvattennivån samvarierar i de två grundvattenrören 26GVR1 (placerat utanför avrinningsområdet) och 26GVR4 (placerat uppströms området) (Figur 18A och B). I dessa två rör var nivåerna höga vid provtagningstillfället i juni. Under sommaren sjönk nivåerna och var som lägst i slutet av augusti, för att sedan åter stiga till höga nivåer i oktober, jämförbara med dem i juni. Vid provtagningstillfället i september var trenden stigande och i oktober och december sjunkande. Generellt är grundvattennivåerna högst i juni och oktober, och lägst i augusti. Grundvattennivåerna verkar variera med ca 2 meter under halvårsperioden.



Figur 18. **A** = Registrerade grundvattennivåer i rör 26GVR1. **B** = Registrerade grundvattennivåer i rör: 26GVR4, B1203, B1207 och B1208 samt vattenytan i dagbrottssjön.

Grundvattennivåerna i rören nedströms dagbrottssjön på gamla industriplan (B1207 och B1208) varierar inte lika mycket under perioden sep-dec (Figur 17B). Grundvattennivån i röret B1203 (precis nedströms gråbergssupplet, men uppströms dagbrottssjön) varierar inte heller mycket under perioden sep-dec. En utjämnande effekt nära dagbrottssjön kan konstateras. Gradienten mellan dessa tre rör är mellan 1-5 meter. Dagbrottssjöns vattenyta under perioden juni-dec uppvisar inte några stora variationer (Figur 17B).

Utifrån handlodade grundvattennivåer i grundvattenrören 26GVR2 och 26GVR3 precis nedströms gråbergssupplet, var nivåerna ungefär 0,6-1,5 meter högre i juni jämfört med i september och december. Under provtagningstillfället i september och december varierade inte grundvattennivån mycket. Handlodade grundvattennivåer i samtliga rör vid varje provtillfälle kan ses som Bilaga.

7.5. Mättnadsindex

Mättnadsindex (SI) indikerar olika mineralfaser i en lösning. Om lösningen är övermättad med respekt till det specifika mineralet är utfällning möjligt, och är lösningen undermättad förblir mineralet i löst fas, termodynamiskt sett.

För grund- och ytvattenprover visas mättnadsindex för enkelhetens skull endast för provtillfället i september (Tabell 8), på grund av att det inte kunde ses någon betydande skillnad mellan provtillfällena. Det är framförallt utfällning av olika Fe-oxidhydroxider som sker i yt- och grundvatten, men även Al-oxidhydroxider. Roströda fällningar, troligen Fe-oxidhydroxider, kunde observeras vid sjöns utlopp. Utfällning av BaSO₄ sker generellt i proven med höga sulfathalter. SI för de olika mineralerna ligger i många fall ganska långt ifrån 0 (±0,5), vilket tyder på att lösningen antingen är mycket undermättad eller övermättad och att jämvikt inte är möjligt.

Tabell 8. Mättnadsindex (SI) för olika mineralfaser i grund- och ytvatten. Fetmarkerade siffror indikerar övermättnad, och siffror i normalstil indikerar undermättnad.

Prov	Al(OH) ₃ (a)	Alunit KAl ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	Kalcit CaCO ₃	Barit BaSO ₄	Dolomit CaMg(CO ₃) ₂	Fe(OH) 3 (a)	Gibbsit Al(OH) ₃	Götit FeOOH	Gips CaSO ₄	Hematit α-Fe ₂ O ₃	Manganit MnOOH
26GVR1	-1,219	-2,038	-2,010	-1,171	-4,696	-0,037	1,645	5,176	-3,343	12,272	-7,568
26GVR2	-1,331	6,442	-3,029	0,169	-6,405	-5,763	1,515	-0,482	-1,125	0,965	-10,585
26GVR3	-3,196	5,509	-4,132	0,645	-8,505	-6,930	-0,328	-1,737	0,063	-1,556	-12,721
26GVR4	-1,456	-4,207	-2,291	-1,930	-5,390	-0,665	1,388	4,624	-3,993	11,177	-7,402
B1201	-1,364	0,721	-1,429	-0,151	-3,664	-2,210	1,489	3,044	-1,740	8,013	-7,847
B1202	-3,704	4,532	-4,614	0,363	-9,568	-5,612	-0,851	-0,358	-0,055	1,210	-13,469
B1203	-1,697	-2,350	-1,453	0,281	-2,694	0,378	1,178	5,547	-2,674	13,008	-4,583
B1204	-2,143	-4,724	-1,743	-0,897	-4,181	-0,085	0,723	5,117	-2,765	12,151	-5,834
B1205	-2,267	0,834	-1,021	0,379	-2,813	0,104	0,561	5,457	-0,370	12,852	-7,094
B1206	-1,979	1,009	-0,301	0,606	-1,535	1,162	0,863	6,460	-0,099	14,850	-5,856
B1207	-1,942	-0,133	-0,495	0,765	-1,942	1,399	0,902	6,684	-0,960	15,298	-6,342
B1208	-1,927	0,580	-0,292	0,881	-1,487	0,709	0,924	5,970	-0,337	13,867	-5,586
B1209	-1,295	-1,684	-1,288	-0,214	-3,503	0,410	1,544	5,719	-2,524	13,370	-5,379
B1210	-0,736	3,192	-3,853	-0,576	-8,268	-3,493	2,108	1,797	-3,191	5,523	-8,838
2601 (ytv)	-2,474	5,211	-3,697	0,389	-8,047	-5,401	0,344	-0,010	-0,284	1,924	-11,911
2603 (ytv)	-0,910	5,696	-3,257	0,469	-7,251	-3,755	1,964	1,418	-1,299	4,751	-9,303
2600 (ytv)	-4,332	1,314	-4,473	0,080	-9,630	-7,900	-1,505	-2,546	-0,774	-3,154	-13,990

I dagbrottssjön är det även här framförallt Fe-oxidhydroxider samt Al-oxidhydroxider som visar på positiva SI värden, och förväntas fällas ut i hela vattenpelaren (Tabell 9). Då sulfathalten var mycket hög på alla djup förväntas även utfällning av BaSO₄. SI värdet för gips (CaSO₄) indikerar en jämvikt i vattnet i hela vattenpelaren, utom i ytvattnet. På 40 meters djup går det inte att se någon skillnad från övriga djup, även då metallanalyserna här visade på en drastisk förändring mellan löst och fast fas.

Tabell 9. Mättnadsindex (SI) för olika mineralfaser på olika djup i dagbrottssjön. Fetmarkerade siffror indikerar övermättnad, och siffror i normalstil indikerar undermättnad. Kursiva siffror indikerar jämviktsförhållanden.

Provdjup	Al(OH) ₃ (a)	Alunit KAl ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	Kalcit CaCO ₃	Barit BaSO ₄	Dolomit CaMg (CO ₃) ₂	Fe(OH) ₃ (a)	Gibbsit Al(OH) ₃	Götit FeOOH	Gips CaSO ₄	Hematit α- (Fe ₂ O ₃)	Manganit MnOOH
0	0,753	11,681	-2,648	0,642	-6,158	-2,777	3,691	2,143	-0,098	6,168	-7,481
5	-2,365	5,866	-3,130	0,651	-7,105	-6,150	0,566	-1,201	-0,048	-0,515	-11,012
10	-0,174	10,235	-2,511	0,648	-5,869	-3,874	2,758	1,071	-0,044	4,028	-8,785
15	-0,931	8,752	-3,021	0,622	-6,896	-4,634	2,002	0,307	-0,043	2,498	-9,567
20	1,199	12,943	-2,861	0,614	-6,591	-2,525	4,131	2,421	-0,029	6,726	-7,348
25	-2,090	6,457	-3,803	0,665	-8,464	-5,802	0,844	-0,865	-0,037	0,153	-10,734
30	-0,234	10,141	-2,458	0,665	-5,765	-3,939	2,698	1,007	-0,043	3,898	-8,878
35	-0,606	9,415	-3,566	0,634	-7,980	-4,315	2,324	0,638	-0,031	3,163	-9,266
40	-0,145	7,724	-0,206	0,641	-0,848	-3,168	2,792	1,756	-0,021	5,395	-8,290

Sammantaget, enligt modelleringen med PHREEQCI är det huvudsakligen den lösta fasen av respektive mineral som dominerar i sjön. Vattenpelaren är generellt inte i jämvikt.

7.6. Svavelisotoper

Svavelisotoper har analyserats för att påvisa vittring av sulfidmineral i området. Jämfört med $\delta^{34}\text{S}$ värdet i pyrit (0,3-1,8 ‰) från tidigare studie av Rickard et al. (1979) vid Uddengruvan, visar ungefär hälften av alla vattenprover ett $\delta^{34}\text{S}$ värde inom detta intervall (Tabell 10). Resterande vattenprover har ett något högre värde. Resultaten visar att 54-86 % av allt svavel i alla vattenprov ursprungligen härstammar från vittring av sulfidmineral. Det högsta $\delta^{34}\text{S}$ värdet, samt lägst andel gruvsvavel, återfinns i bäcken nedströms gruvområdet (prov 2603).

Tabell 10. Svavelisotopvärden och beräknad andel svavel som härstammar från sulfidmineral i grund- och ytvatten samt i dagbrottssjön på olika djup

Provpunkt	Datum	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)	Andel svavel från sulfidmineral (%)
26GVR1 (ref)	2012-09-19	2,09	71,0
26GVR2	2012-09-19	2,01	73,0
B1201	2012-09-19	2,03	72,6
B1204	2012-09-19	2,31	64,9
B1205	2012-09-19	1,70	81,6
B1206	2012-09-19	2,14	69,5
B1208	2012-09-19	1,53	86,1
2601 (ytv)	2012-09-19	1,69	81,7
2600 (ytv)	2012-09-19	1,88	76,6
2603(ytv)	2012-09-19	2,70	54,4
Provdjup (m)			
0	2012-12-21	2,01	73,1
5	2012-12-21	1,78	79,2
10	2012-12-21	1,90	76,0
15	2012-12-21	1,86	77,1
20	2012-12-21	1,66	82,5
25	2012-12-21	1,51	86,7
30	2012-12-21	1,70	81,4
35	2012-12-21	1,79	79,0
40	2012-12-21	1,95	74,8

$\delta^{34}\text{S}$ värdet i vattenproverna på olika djup i dagbrottssjön varierar inte särskilt mycket sinsemellan. Det är ytvattnet som har ett lite högre isotopvärde följt av bottenvattnet där det näst högsta isotopvärdet återfinns.

7.7. Vattenisotoper

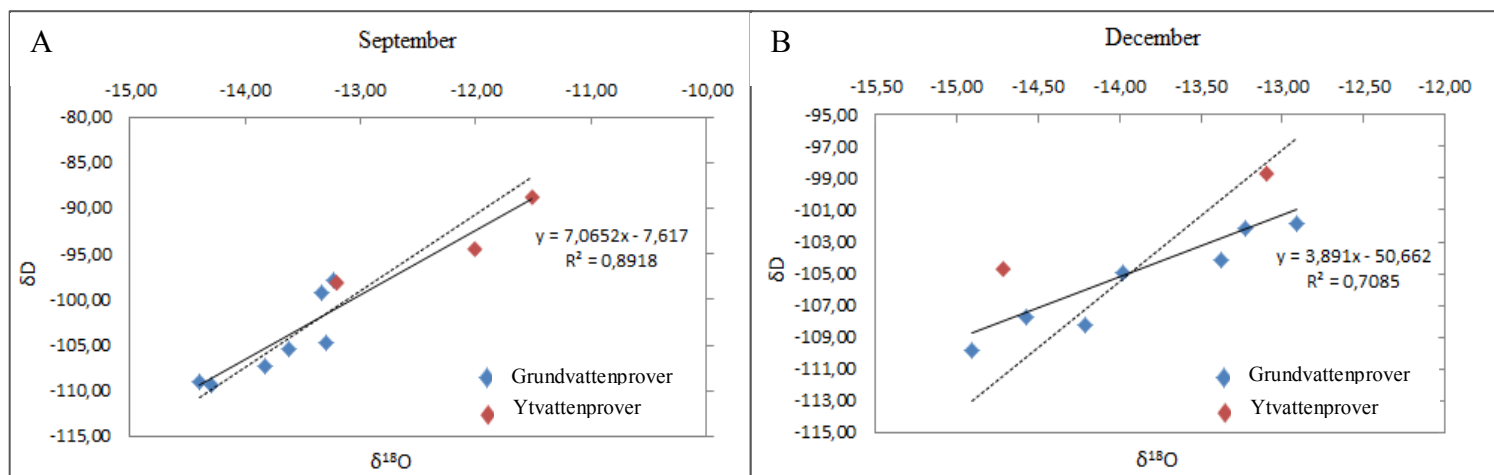
Resultaten visar att vattenisotopsammansättning för vattenproverna ligger inom intervallet för årsmedelvärdet i nederbörd (Tabell 11). Isotopvärdena i grund- och ytvatten är lägre jämfört med vattnet i dagbrottssjön. Isotopsammansättningen skiljer sig även i grund- och ytvatten mellan september och december, där isotopsammansättningen i vattenproverna från december generellt är lägre.

Tabell 11. Vattenisotopsammansättningen ($\delta^{18}\text{O}$ och δD) i grund- och ytvatten i september och december, samt i dagbrottssjön på olika djup i december.

Yt- och grundvatten	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	Dagbrottssjön (dec)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)
		September		December			
26GVR1	-13,24	-97,95	-14,91	-109,80	0 m	-12,80	-103,42
26GVR2	-13,33	-99,16	-14,57	-107,73	5 m	-12,65	-101,33
B1201	-14,30	-109,37	-13,98	-104,89	10 m	-12,66	-100,54
B1204	-14,39	-108,93	-14,21	-108,24	15 m	-12,68	-100,21
B1205	-13,62	-105,39	-13,37	-104,19	20 m	-12,77	-101,23
B1206	-13,30	-104,70	-12,91	-101,88	25 m	-12,50	-100,30
B1208	-13,83	-107,20	-13,23	-102,19	30 m	-12,57	-100,67
2601 (Ytv)	-12,01	-94,45	-13,10	-98,70	35 m	-12,72	-100,38
2603 (Ytv)	-13,21	-98,13	-14,72	-104,70	40 m	-13,20	-101,39
2600 (Ytv)	-11,51	-88,75	-	-			
Årsmedel i nederbörd	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)		δD (‰)				
	-11 till -14		~100				

Förhållandet mellan $\delta^{18}\text{O}$ och δD för de olika provtagningarna visas i Figurerna 18-20.

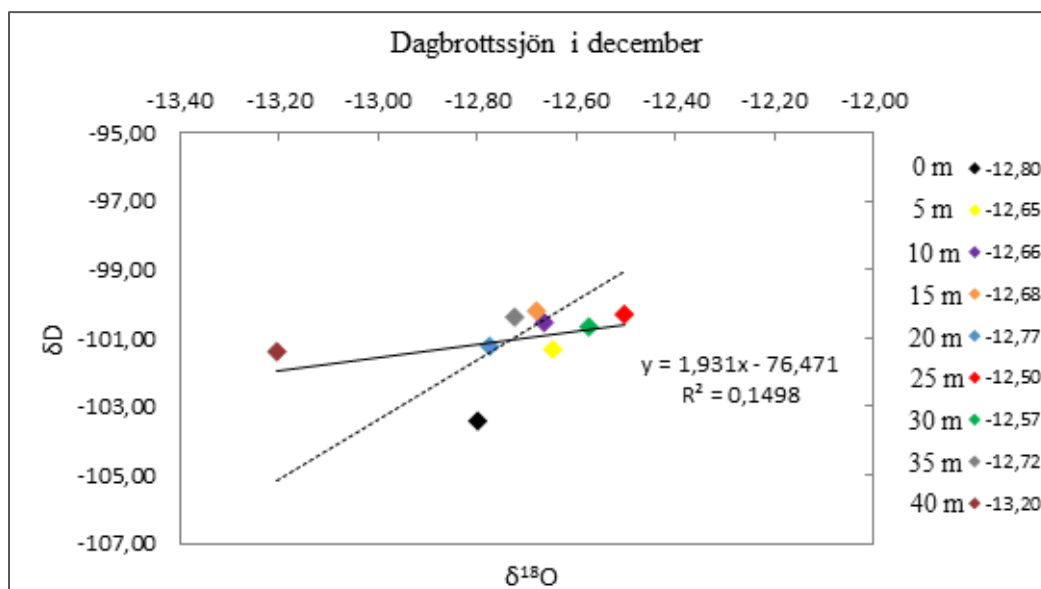
Resultaten för både september och december (Figur 19A & B) visar att isotopsammansättningen skiljer sig mellan yt- och grundvatten. I september är vattenisotopsammansättningen i ytvatten högre. I december sticker ytvattenproverna ut från grundvattenproverna genom en avvikelse från trendlinjen.



Figur 19. Förhållandet mellan $\delta^{34}\text{S}$ och δD i grund- och ytvattenprover från september (A) och december (B). Heldragen trendlinje visar sambandet mellan $\delta^{34}\text{S}$ och δD i vattenproverna. Streckad linje indikerar GMWL.

Vattenisotopsammansättningen i proverna från september (Figur 18A) visar ett samband liknande GMWL, medan vattenproverna i december visar ett samband som avviker ganska mycket från GMWL (Figur 18B).

Inget tydligt förhållande mellan $\delta^{18}\text{O}$ och δD kan ses i dagbrottssjön (Figur 20). I dagbrottssjön skiljer sig vattenisotopsammansättningen i ytvattnet och bottenvattnet från resterande djup, medan vattnet för djupen 5-35 meter visar på liknande isotopsammansättning. Det är framförallt bottenvattnet som skiljer sig åt med ett mycket lägre $\delta^{18}\text{O}$ värde.



Figur 20. Förhållandet mellan $\delta^{34}\text{S}$ och δD på olika djup i dagbrottssjön i december. Heldragen trendlinje visar sambandet mellan $\delta^{34}\text{S}$ och δD i vattenproverna. Streckad linje indikerar

7.8. Metalltransport

Beräkning av den årliga metalltransporten (Tabell 12) visar att metallbelastningen gällande Zn och Cd vid dagbrottssjöns utlopp är högre än metallbelastningen in till sjön via grundvatten, med en faktor 3-4. Metallbelastningen för Cu och Pb vid sjöns utlopp är ungefär lika hög som beräknats transporteras in till sjön.

Metallbelastningen är som allra högst i bäcken nedströms området (2603) för alla metaller. Här ökar metallbelastningen för Cu och Pb med en faktor 5 respektive 60 jämfört med i sjöns utlopp. Metallbelastningen för Zn och Cd ökar också men endast med en faktor 1,2-1,3.

Tabell 12. Metalltransport (kg/år). Baserad på specifik avrinning/grundvattenbildning, avrinningsområdets area samt analyserade metallkoncentrationer från alla tre provtagningsstillfällena.

Provpunkt	Objekt	Specifik avrinning (m/år)	Grundvattenbildning (m/år)	Area (m ²)	Cu (kg/år)	Zn (kg/år)	Cd (kg/år)	Pb (kg/år)
GVR*	Upplag till dagbrott (via grundvatten)	-	0,150	69647	8,96	893	1,24	0,031
2601	Dagbrottssjöns utlopp	0,412	-	128317	8,91	2824	5,27	0,037
2603	Bäck nedströms gruvområdet	0,412	-	1958702	43,4	3304	7,26	2,24

*inkluderar de sex grundvattenrör belägna precis norr om gråbergsupplaget (mellan upplaget och dagbrottssjön).

Metallbelastningen beräknad utifrån uppmätta flöden vid dagbrottssjöns utlopp visar dygnsvärden för metalltransporten från varje provtillfälle (Tabell 13). I december var metallbelastningen som högst, vilket reflekteras av det höga flödet (Q) och de höga metallhalterna i sjön under denna period. I september är metallbelastningen mycket lägre än i juni, även då metallkoncentrationerna i september var mycket högre. Dock var flödet i juni mycket högre än i september.

Tabell 13. Metallbelastning (kg/dygn) utifrån uppmätta flöden vid dagbrottssjöns utlopp, i juni, september och december.

Provpunkt	Objekt	Q (l/s)	Cu (kg/dygn)	Zn (kg/dygn)	Cd (kg/dygn)	Pb (kg/dygn)
2601 jun	Dagbrottssjöns utlopp	4,155	0,029	11,6	0,022	0,00021
2601 sep	Dagbrottssjöns utlopp	0,478	0,0068	2,1	0,0039	0,000027
2601 dec	Dagbrottssjöns utlopp	3,146	0,070	20,6	0,038	0,00023

7.9. Hydraulisk konduktivitet

Den beräknade hydrauliska konduktiviteten (k) utifrån pulstester för moränen var relativt hög (Tabell 14). Värdena ligger inom intervallet för grusig till sandig morän (Larsson, 2008). Medelvärde för $k = 4,8 \times 10^{-6}$ m/s.

Tabell 14. Hydraulisk konduktivitet (k) m/s beräknade från pulstester.

Prov	26GVR1	26GVR2	26GVR4	B1202	B1205	B1206	B1207	B1208	B1209
k (m/s)	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-7}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{-7}$

8. Diskussion

8.1. Läckage från gråbergssupplaget via grundvatten

De höga halterna i grundvattenrören precis norr om (nedströms) gråbergssupplaget tyder på att läckage sker från gråbergssupplaget trots efterbehandling. Då grundvattnet flödar i en riktning rakt mot dagbrottssjön är detta en trolig bidragande källa till det låga pH-värdet och de höga metallhalter i sjön. Mycket höga metallhalter och lågt pH identifierades i tre av sex grundvattenrör, placerade relativt nära varandra, precis nedströms gråbergssupplaget. Grundvattnet i dessa tre grundvattenrör verkar alltså visa på punktkällor av föroreningar orsakade av vittring från gråbergsmassorna. Variationer i gråbergssammansättning, hur gråbergsmassorna blev fördelade över upplaget och bristande/skadat moränsskikt är olika faktorer som skulle kunna förklara dessa ”hot spots”. Dessa faktorer har dock inte utretts i denna studie, och får tillsvidare lämnas obesvarade.

Hur stort grundvattenflödet är från gråbergssupplaget till dagbrottssjön är inte helt säkert. Den snabba återfyllningen av vatten i dagbrottet, efter pumpning upphört, tyder på en stor flux av grundvatten till dagbrottet. Denna flux minskade dock förmodligen allteftersom den normala grundvattennivån återhämtat sig, och tryckskillnaden jämnats ut. Grundvattenbildningen beror till stor del på moränens täthet som gråbergssupplaget är täckt med. Vanligen är grundvattenbildning för moränområden ungefär 300 mm/år (Rhodet et al, 2004). Morän som används vid täckning utgörs oftast av packad lerig morän. Då denna morän är mindre genomsläpplig samt på grund av en sluttande topografi har grundvattenbildningen för gråbergssupplaget godtyckligt uppskattats till 150 mm/år (Pers. Kommentar, Henrik Hellman, Bergab, 2013). En lägre grundvattenbildning bidrar till en lägre metalltransport till dagbrottssjön.

Den hydrauliska konduktiviteten i moränen är relativt hög i området. Testerna kan dock anses vara begränsade då grundvattenytan var ganska låg i många av rören, vilket resulterar i en stor omättad zon. Detta bidrog till att mängden tillsatt vatten i många fall var för liten för att orsaka en tillräcklig höjning av grundvattenytan. Även en hög permabilitet i moränen, som testerna indikerade, kan förklara varför mängden tillsatt vatten inte var tillräcklig samt bidrog till en snabb återhämtning av vattennivån. Resultaten anses därför vara för osäkra för att vidare dra en slutsats, men kan agera som vägledning för vidare undersökningar vid Uddengruvan.

Grundvattenrören placerade söder om gråbergssupplaget visade inte på några förhöjda metallhalter, eller speciellt låga pH-värden. Det beror troligen på att de är placerade uppströms upplaget. Referensröret placerat utanför Uddengruvans avrinningsområde är inte heller påverkat av förhöjda metallhalter. De fyra grundvattenrör nedströms dagbrottssjön har låga halter av Cd, Pb och Cu och ett pH runt 6,5. Halterna av Fe, Zn och SO_4^{2-} är dock även här ganska höga framförallt i rör B1205 och B1206. Den troligaste orsaken är att grundvattnet i dessa rör är påverkat av vatten från dagbrottssjön. Möjligtvis kan det finnas kvarvarande vittringsbenäget material, från gamla malmrester, vid den gamla upplagsytan för malm. Detta skulle kunna agera som en lokal källa till de förhöjda halterna av Fe, Zn och SO_4^{2-} i

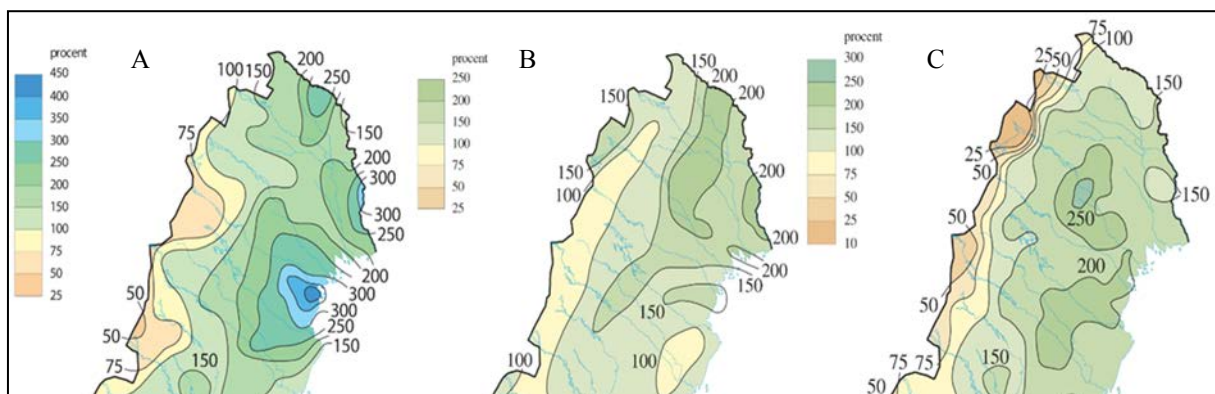
grundvattenröret B1206 som är placerat där. Dock schaktades delar av industriplan som innehöll sulfidhaltigt material ned till 0,5 meters djup.

Zink är den metall som visade på högst halt, följt av aluminium, järn, koppar och kadmium. Den höga halten zink beror troligen på att malmen som bröts var mycket zinkrik, samt dess högre mobilitet i mark relativt de andra metallerna (Naturvårdsverket, 2006). Zink, järn och till viss del koppar är även vanliga produkter vid oxidation av sulfidmineral. Även kadmium är ett resultat av vittring som förekommer som en biprodukt i olika metallmineral, främst tillsammans med zink.

De höga SO_4^{2-} halterna i många av provpunkterna är en indikation på oxidation av sulfidmineral. Även $\delta^{34}\text{S}$ värdet tyder på att vittring av sulfidmineral pågår. Det är vanligt med höga järnhalter i lakvatten från vittring av sulfidmineral, men överlag var Fe halterna låga i vattenproverna, med vissa undantag.

Säsongsvariationen som kan ses mellan provtillfällena, med generellt lägre halter i juni, kan förklaras med tanke på skillnader i nederbörd, avdunstning och grundvattennivå. Under sommarmånaderna när nederbörden är låg sjunker grundvattennivåerna, vilket exponerar mineral i marken. Mineralen utsätts för vittring då de kommer i kontakt med syre. Vid ökad nederbörd och minskad avdunstning stiger grundvattenytan igen, och i kontakt med vatten kan metalljoner och andra joner från de vittrade mineralen lösas och lakas ut.

SMHI lägger upp månadskartor över nederbördsavvikelse. Kartorna visar månadsnederbörden i procent av månadens normala nederbörd (1961-1990) (SMHI, 2012), där 100 % står för den normala nederbörden för respektive månad (Figur 21).



Figur 21. Nederbördsavvikelse (%) i juni (A), september (B) och december (C) under 2012 (SMHI, 2012).

År 2012 var ett år med generellt högre nederbörd än vanligt, men med en normal sommarnederbörd (juli och augusti). Nederbördsavvikelsen för området i juni var ungefär 250 %, en mycket högre nederbörd än normalt. Nederbördsavvikelsen i september låg runt 100-150 %. I december var nederbörden högre igen med en nederbördsavvikelse mellan 150-200 %.

Den höga nederbörden återspeglas i att grundvattennivåerna är högre än normalt dessa perioder (SGU, 2012b). Dagbrottssjön bräddade troligen under hela studieperioden vilket

förklarar den i stort sätt oföränderliga vattennivån i sjön samt den konstanta grundvattennivån i rören nedströms dagbrottssjön.

Metallhalterna i juni var mycket lägre än i september och december även då nederbörden och grundvattennivåerna var höga i juni. I detta fall beror troligen de lägre halterna på en utspädningsfaktor. Vårfloden som inträffar tidigare på våren har redan lakat ur stora mängder vittrade produkter. Så vid provtillfället i juni har den största urlakningen redan skett, och det höga flödet späder istället ut koncentrationerna i vattnet.

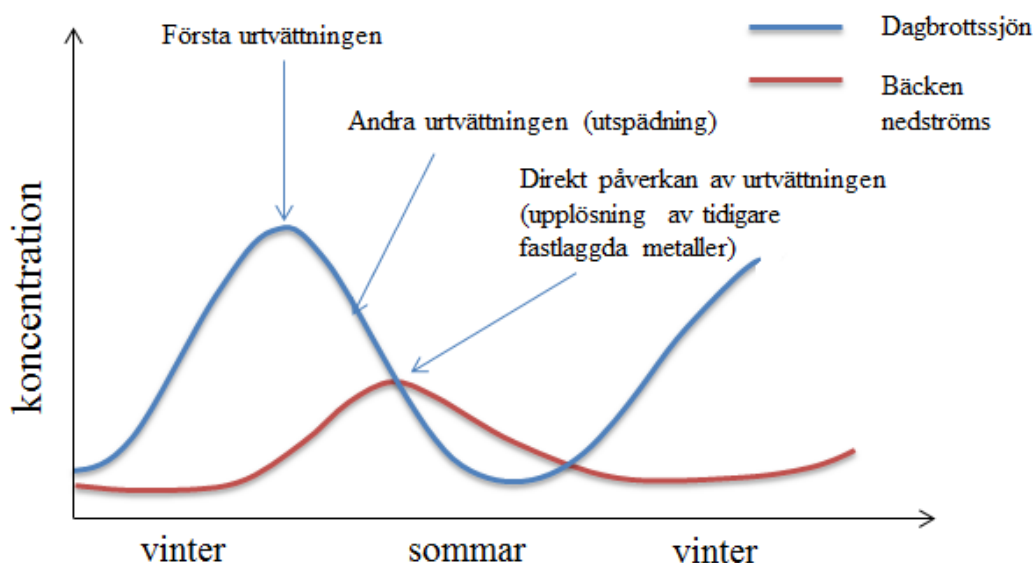
8.2. Förorenat ytvatten och metallers distribution

Metallhalterna var höga och pH relativt lågt vid utloppet av sjön vid varje provtillfälle. Här kunde samma säsongsvariation ses som i grundvattenproverna. Detta skulle kunna indikera att dagbrottssjön till stor del influeras av grundvatten, eller så beror det på en utspädning i sjön i juni då nederbörden var hög.

Metallhalterna var lägre och pH högre i bäcken nedströms området, och $\delta^{34}\text{S}$ värdet visar en mindre påverkan av vittring från sulfidmineral. Detta indikerar att metaller antingen fastläggs någonstans på vägen, troligen i sediment och i omgivande mark, eller sköljs ut ur systemet. Det finns även en möjlighet att vattnet från dagbrottssjön tar en annan väg genom marken, då området är sprickzonsbenäget. Dock uppvisar resultaten fortfarande en negativ påverkan av vattnet från gruvområdet. Den högre Pb-halten i bäcken nedströms kan bero på att Pb är mindre mobil än andra metaller och fastläggs i mark och i sediment i större utsträckning. Medan mer mobila metaller sköljs ut ur systemet. Vid höga flöden och surt vatten från uppströms löses bly återigen upp.

Både lösta och totala metallhalter analyserades för ytvattenproverna. För en del prov var den lösta halten något högre än den totala halten (löst + partikulärt), vilket inte bör vara fallet. Detta beror förmodligen på att den partikulära halten i vattenproverna var så låg, och mätosäkerheten i analyserna.

I bäcken var säsongsvariationen tvärtemot den för sjöns utlopp, med högre metallhalter och lägre pH i juni. Vid provtagningstillfället i juni gick troligen koncentrationstoppen i dagbrottssjön som uppstår vid första urtvättningen förbisedd, då den redan varit (Figur 22). Den första urtvättningen sker i början på snösmältningen, då grundvattennivåerna stiger och lakar ut metaller i marken från vittrat material som tidigare befunnits över grundvattenytan. Provtagningen i juni skedde antagligen vid den andra urtvättningen, då marken redan lakats på metaller under snösmältningen. Andra urtvättningen reflekteras av utspädning och lägre koncentrationer vid kraftig nederbörd som inträffade under denna period, då marken redan lakats på metaller. De högre koncentrationerna i bäcken nedströms i juni kan tänkas vara en försenad effekt av den tidigare urtvättningen i marken som sker vid snösmältning. Marken i området kan tänkas innehålla en del metaller då området under en lång tid har utsatts för metallhaltigt vatten. Vid höga flöden, tillsammans med surt vatten från området uppströms, sker upplösning av metaller som tidigare fastlagts i mark och sediment i bäcken. I december är avrinningen lägre och metallhalterna i bäcken likaså. Samtidigt som ackumulation av metaller sker i dagbrottssjön och i marklagren vid upplaget. Senare på våren när snön smälter sker ännu en urlakning i marken vilket troligen bidrar till högre metallhalter och lägre pH i bäcken igen.



Figur 22. Schematisk figur över hypotesen om variationen i metallkoncentrationer under året. Den röda linjen representerar bäcken nedströms gruvområdet, och den blå linjen representerar dagbrottssjön. Första urtvättningen sker vid snösmältningen då grundvattennivån stiger och lakar ur marken på metaller. Andra urtvättningen reflekteras av utspädning vid kraftig nederbörd, då marken redan lakats på metaller. En försenad koncentrationstopp i bäcken nedströms är ett resultat av den tidigare urtvättningen i marken då höga flöden tillsammans med surt vatten från uppströms bidrar till upplösning av tidigare fastlagda metaller, på grund av lågt pH.

Säsongsvariationen i bäcken nedströms skulle även kunna påverkas av tillflöde via diffusa flöden i marken, vilket skulle kunna resultera i en avvikande säsongsvariation än den i dagbrottssjön.

Det högre pH-värdet i bäcken nedströms i september och december kan även tänkas vara en effekt av kalkningen i dagbrottssjön som utfördes i augusti 2012. Kalkningen i sjön kan möjligen ha påverkat den naturliga dynamiken i systemet.

Generellt speglar vattenisotopsammansättningen i alla vattenprov signalen i nederbörd. Den högre vattenisotopsammansättningen i yt- och grundvattenprover i september kan förklaras genom att avdunstning är högre under denna period jämfört med december, vilket normalt är fallet. Ytvattenproverna skiljer sig från grundvattenproverna. Detta beror troligen på skillnad i omsättningstid mellan grund- och ytvatten. Ytvatten har en kortare omsättningstid och påverkas av direkt nederbörd och avdunstning i högre grad.

8.3. Metalltransporter

Den årliga metalltransporten av Cu och Pb var ungefär lika hög i grundvattnet in till sjön som vid sjöns utlopp. För Zn och Cd var metalltransporten mycket högre vid sjöns utlopp jämfört med i grundvattnet in till sjön. Resultaten indikerar att metaller inte verkar fastläggas i sjön som är tanken. Zn är relativt mobil jämfört med andra metaller, även Cd är ganska mobilt, speciellt vid lägre pH, vilket kan förklara varför dessa två ämnen inte fastläggs i samma utsträckning som t.ex. Cu och Pb. De höga metallhalterna i sjön kan möjligen vara ett resultat av en pågående urlakning från gråbergsmassorna som deponerades i sjön. I detta fall bör metallhalterna minska med tiden, allt eftersom materialet lakas ur. Hursomhelst, påverkas vattenkvaliten i sjön sannolikt till stor del även av metallhaltigt och surt grundvatten från gråbergssupplaget. Det betyder att åtgärder, som t.ex. bättre efterbehandling av gråbergssupplaget krävs för att förbättra vattenkvaliten i sjön.

För den här studien är inte den exakta metalltransporten det viktigaste, det handlar mer om att få en schematisk bild för hur systemet fungerar. Den beräknade metalltransporten bör dock tydas med försiktighet. Detta för att metallkoncentrationerna varierar mycket mellan de olika provtagningstillfällena. Därför skulle fler provtillfällen under året vara önskvärt för att kunna beräkna en mer representativ metalltransport. Vårfloden är en viktig händelse under året som troligen påverkar den årliga metallbelastningen. Därför bör denna händelse inkluderas i provtagningsserien för beräkning av den årliga metallbelastningen. Den här studien inkluderar inte denna händelse, vilket gör att den årliga metallbelastningen möjligen skulle kunna vara missvisande.

Den årliga metallbelastningen var högst i bäcken nedströms området. Det finns dock en möjlighet att metallbelastningen i dagbrottssjöns utlopp är underskattat. Detta på grund av att den första urtvättningen (vårfloden) redan skett och därför gått förbisedd i resultatet. Är detta fallet skulle möjligtvis metallbelastningen i sjön vara högre än den i bäcken nedströms.

8.4. Vattenkemi och processer i dagbrottssjön

Mycket konstant höga lösta metallhalter kunde ses på djupen 0-35 meter i dagbrottssjön, varav ytvattnet hade något lägre lösta metallhalter. Det är endast Fe som visar på högre halter i partikulär form. Järn oxideras och fälls ut vid lägre redoxpotential (lägre syrgashalt) jämfört med andra ämnen, vilket kan förklara den högre halten järn i fast fas (Stumm & Morgan, 1996; Ramstedt et al. 2003). Mättnadsindex beräknade med PHREEQCI visar att utfällning av Fe-Al-oxidhydroxider sker genom hela vattenkolumnen, men att utfällning av t.ex. Mn-oxidhydroxider inte är möjligt. Vattenproverna visar att Al endast existerar i löst fas på djupen 5-35 meter. Det är dock möjligt att kolloider av Al-oxidhydroxider passerat filtret, och därför går förlorade vid analys av den fasta fasen. Mn^{2+} är mycket mer termodynamisk stabil jämfört med Fe(II), och oxidationsprocessen av Mn^{2+} sker även mycket långsammare (Stumm & Morgan, 1996). Mangan är även mer beroende av pH än järn, varav Mn-oxidhydroxider löses upp vid lägre pH (Ingri, 2012).

De relativt låga pH-värdena på djupen 5-35 meter kan vara en bidragande orsak till de höga lösta metallhalterna på dessa djup. Vid modellering med PHREEQCI har olika förhållanden testats för att se hur pH och redoxpotentialen påverkar utfällning av metaller. Enligt dessa

försök är utfällning inte möjligt även vid högre pH. Istället krävdes en mycket hög redoxpotential ($p_e > 14$) för att utfällning av mangan skulle vara möjligt.

Metaller kan bilda komplex med löst organiskt material (DOC), som t.ex. humusämnen, och tas då med ut i lösning. En högre DOC halt bidrar därför till en högre löslighet av metaller (Naturvårdsverket, 2006). Dock är DOC halten i sjön så låg att det förmodligen inte är en stor bidragande faktor till de höga lösta metallhalterna.

Även fast analysresultaten visar höga halter i partikulär fas för alla ämnen på 40 meter, visar mättnadsindex att utfällning endast är möjligt för Fe och Al på detta djup. Sedimentet i sjön är mer ett löst slagg som antingen ackumulerats på botten eller befinner sig i suspension precis över. Provtagningen utfördes förmodligen väldigt nära botten, vilket orsakade en upprörning av sediment som följde med i provet. Den höga partikulära fasen i provet beror därför troligen på tidigare utfällda och sedimenterade mineral. Utfällning av sekundära Fe- och Al-oxidhydroxider är dock möjligt. Som nämnt ovan oxideras järn vid lägre halt löst syre. Al beror endast av pH, och anses vara mycket svårslösligt vid pH-värden nära 7 (Ingri, 1996).

Den drastiska förändringen i lösta metallhalter på 40 meters djup kan vid första anblick antas bero på fastläggning av metaller genom utfällning av sulfider. Dock finns det flera faktorer som talar emot att sulfatreduktion pågår. Den första är att sulfathalten inte minskar, vilket vanligen sker vid sulfatreduktion. Sulfathalten är relativt konstant för hela vattenpelaren. Sulfatreduktion sker i reducerande förhållanden med tillgång på organiskt material. I och med den låga DOC halten i sjön kan detta antas hämma sulfatreduktion. Resultaten för $\delta^{34}\text{S}$ indikerar också att sulfatreduktion inte pågår, vilka borde ha ett mycket högre isotopvärde om så var fallet. Det bör dock noteras att fler analyser av $\delta^{34}\text{S}$ bör utföras för ett mer pålitligt antagande. Resultat från tidigare studier visar också att förhållandena i sjön inte är optimala för sulfatreduktion. Även fast syrgashalten minskar med djupet, är den inte tillräckligt låg som normalt krävs vid sulfatreduktion (Ramstedt et al. 2003).

Om sulfatreduktion inte pågår måste det vara en annan process som kontrollerar fastläggningen av metaller. Den höga halten partikulär form på 40 meter påverkades förmodligen av en del sediment/slam som kom med i provet på detta djup. Den lösta metallhalten i provet kan även vara underskattad då adsorption av lösta metaller kan ha ökat då partiklar blev tillgängliga vid upprörning av sediment. Adsorption kan även ha pågått under transport i provflaskorna. Provet på 40 meters djup representerar därför möjligen inte bottenvattnet, utan mer gränsskiktet mellan vatten och sediment. Oavsett, indikerar resultaten att adsorption är en trolig process i sjön som bidrar till fastläggning av metaller, vilket även föreslagits i tidigare studier (Ramstedt et al. 2003; Lu, 2004). En möjlig hypotes är adsorption och medfällning av metaller till olika Fe, Al och Mn-oxidhydroxider, samt till andra partiklar som t.ex. lermineral och humusämnen, vilka ackumulerats på botten. Utfällning av sekundära Fe, Mn och Al-oxidhydroxider kan spela en väldigt stor roll för fastläggning av metaller genom olika adsorptionsprocesser, vilket leder till lägre metallhalter i vattnet. Till exempel tar Fe och Mn-oxidhydroxider effektivt upp andra element genom adsorption och medfällning, på grund av en mycket stor specifik yta (Ingri, 2012). Medfällning och adsorption till olika

metalloxidhydroxider ökar med ökande pH, även vid väldigt små pH-förändringar (Blowes & Jambor 1990).

Joner som Na, K, Ca, Mg, Cl, SO_4^{2-} och NO_3^- är konservativa och påverkas inte av ändringar i pH, tryck eller temperatur (Ingri, 2012). Den ökande kalciumhalten med djup kan vara ett resultat från kalkningen av sjön.

Enligt tidigare studier i dagbrottssjön (Ramstedt et al. 2003; Lu, 2004) sker en omblandning i sjön under höst och vår. Det är dock inte helt klart om hela vattenpelaren eller bara delar av vattenpelaren blir syresatt under dessa perioder. Den lösta syrgashalten (DO) var måttligt hög i hela vattenpelaren året runt, även då sjön var stratifierad (Ramstedt et al. 2003; Lu, 2004). DO var mellan 9-8 mg/l ned till 20 meters djup, där den minskade till ungefär 3 mg/l för att sedan kontinuerligt minska till 0,2-0,02 mg/l på 48 meters djup (Ramstedt et al. 2003). Redoxpotentialen (pe) var stabil med ett värde på ~ 8 ned till 20 meters djup, där den minskade till ~ 6 på 35 meters djup och ~ 5,5 på 40 meters djup (Ramstedt et al. 2003). Liknande förhållanden antas därför råda även vid detta provtagningstillfälle.

En total omblandning i sjön skulle innebära att syre transporteras ned till bottenvattnet och underliggande gruvavfall, vilket i sin tur innebär oxidation av sulfidmineral. Vidare undersökning i dagbrottet för att ta reda på om en total omblandning sker kan tänkas vara en viktig del för att förstå hur systemet i sjön fungerar. Det skulle då krävas mer frekventa provtagningar i sjön under året, vilket möjligtvis skulle kunna visa om sjön agerar som en källa eller sänka till metaller.

Höstomblandningen i sjön hade redan skett vid tidpunkten för provtagningen. Skiktningar i sjön har i tidigare studier funnits runt 5, 20 och 35 meter (Ramstedt et al. 2003; Lu, 2004). De olika lagren var dock ostabila och varierade med säsong. De lösta metallhalterna varierade inte så mycket under året i sjön, men en skillnad kunde ses mellan de olika lagren. Då provtagning i den här studien inte utfördes vid sjöns allra djupaste del (50 meter), samt att ingen mätning utav syrgashalt eller redoxpotential utfördes, kan observationen av skiktningar gått förbisedda.

Ytvatten och bottenvatten särskiljer sig från övriga vattenkolumnen, med lägre halt lösta metaller samt något högre pH-värden. På djupen 5-35 meter är alla parametrar homogent distribuerade. Resultaten från den beräknade konduktiviteten indikerar att det existerar en densitetsgradient på djupen 5 och 35 meter, orsakat av skillnader i salinitet. En högre konduktivitet på 40 meters djup är rimligt beaktat ökningen av löst fas för huvudelementen Na, Ca, K, Mg på detta djup. Det tillsammans med metallhalternas distribuering i vattenkolumnen indikerar en skiktning i sjön på 5 och 35 meters djup. Ingen tydlig skiktning kunde identifieras på 20 meter med avseende på skillnad i metallhalter. Detta skulle kunna bero på att sjön ännu inte ”återhämtat” sig från höstomblandningen.

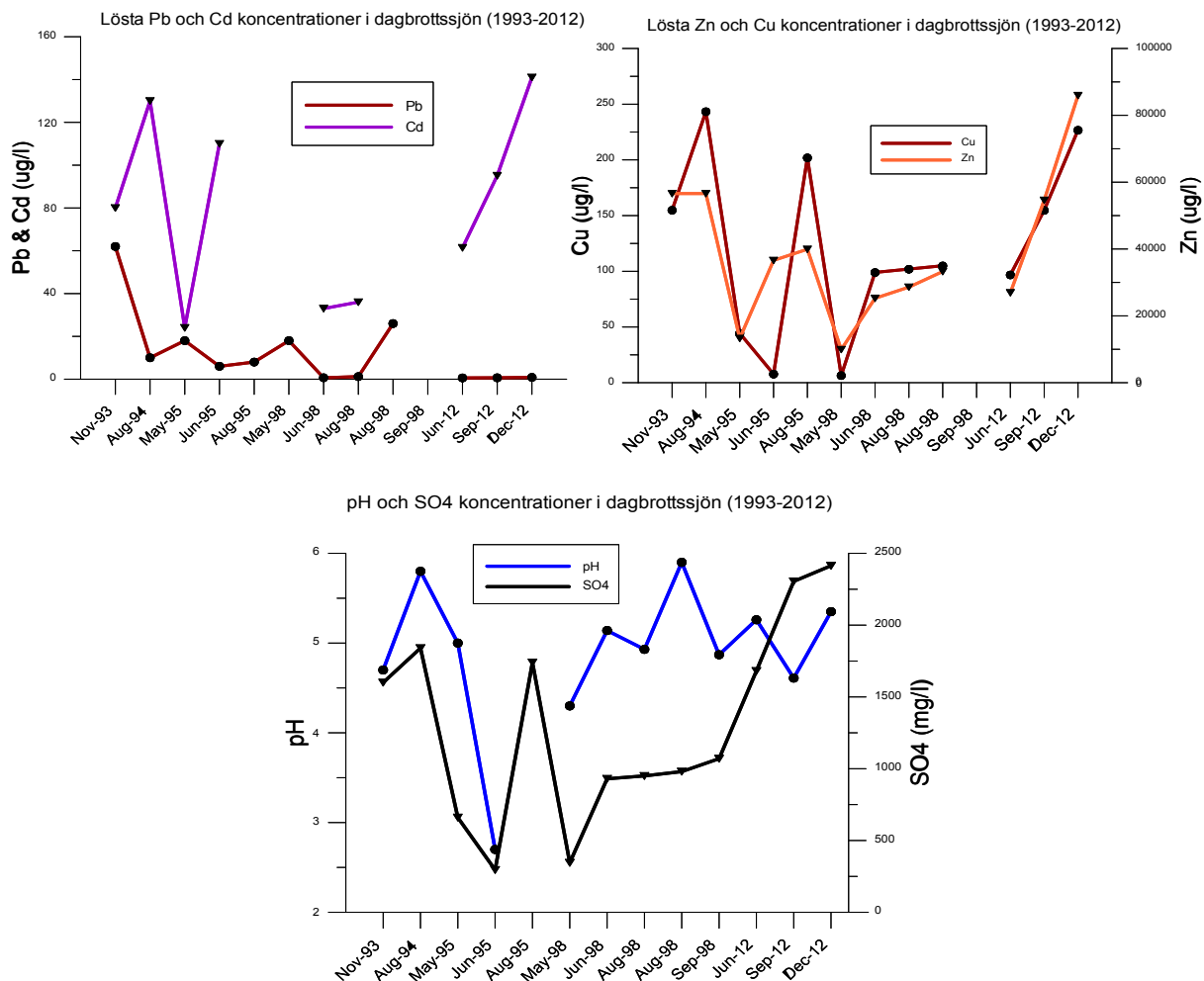
Den generellt lägre vattenisotopsammansättningen i dagbrottssjön jämfört med resterande vattenprover, beror troligast på att sjöar utsätts för avdunstning i större utsträckning. Vattenisotopsammansättningen visar en tydlig skillnad bottenvattnet och ytvattnet jämfört med vattnet på 5-35 meter. Det ska noteras att upprörningen av sediment i bottenvattnet inte

bör ha påverkat analys av vattenisotoper. Ytvattnets lägre isotopvärde kan bero på påverkan av snö, som har ett lägre ^{18}O värde. Det lägre värdet på 40 m, jämfört med 5-35 meter indikerar att dessa vatten kommer från två olika källor. Detta kan orsakas av t.ex. en sprickzon som bidrar till inflöde av djupt grundvatten på 40 meter, medan den homogent distribuerade isotopsammansättningen mellan 5-35 m möjligen grundar sig i ett ytligare inflöde av grundvatten. Hursomhelst tyder resultaten på att vattnet på 40 m inte är samma som överliggande vatten, och att dessa lager av vatten inte verkar blandas med varandra, i alla fall inte under tiden då sjön är stratifierad.

Under 2011 skedde ingen bräddning alls. Frågan som ställdes var då om vatten flödade ut ur sjön på annat håll, via grundvatten. Genom analys av vattenisotoper var tanken att möjligen kunna spåra signalen av $\delta^{18}\text{O}$ och δD i dagbrottssjön i vatten nedströms sjön, som kunde visa indikationer på ett grundvattenutflöde. Utifrån datan av vattenisotoper i den här studien går det inte att se något sådant samband. Det krävs det fler och mer omfattande dataserier för att kunna dra någon slutsats gällande grundvattenflödets storlek, med det är högst troligt att ett utflöde via grundvatten existerar, men hur stort det är, är inte säkert.

Under 2012 bräddade vattnet under varje fältbesök. Den omfattande kalkningen av sjön kan orsaka en ”igenpluggning” av sjön genom bildning av gipspartiklar som pluggar igen mark- och sedimentporer samt sprickor i berg. Detta förhindrar vattenutflöde via grundvatten, vilket kan orsaka en höjning av vattenytan. Mättnadsindex uppvisade jämviktsförhållande för gips i hela vattenkolumnen, vilket indikerar att utfällning av gipspartiklar sker. Den konstanta bräddningen av vattnet under 2012 kan troligare dock tänkas bero på ett år präglad av riklig nederbörd, eller möjligen en kombination av dessa två faktorer.

Vattenprovtagning har utförts av dagbrottssjöns ytvatten vid olika tillfällen sedan år 1993 (Figur 23). Koncentrationerna för alla ämnen samt pH uppvisar på stora säsongsvariationer. Halterna av Pb, Cd, Zn och Cu visar en nedåtgående trend från 1993 fram till 1998, dock är koncentrationerna fortfarande höga, utom för Pb. Resultaten från denna studie (2012) uppvisar dock lika höga halter som under 1993 gällande Zn, Cu och Cd. Detta indikerar att vattenkvaliten i sjön inte har förbättrats sedan gruvan lades ned. Även pH visar på säsongsvariationer med ett värde mellan 4,5-6, men det går inte att urskilja någon specifik uppåtgående eller nedåtgående trend. Vid ett enskilt provtillfälle i juni 1995 var pH mycket lågt (2,5). Möjligtvis kan detta vara ett mätfel. Sulfatkoncentrationen har även den varierat men varit hög vid varje provtillfälle och som högst 2012.



Figur 23. Variationer i metallhalter samt pH i dagbrottssjöns ytvatten sedan år 1993-2012. Datan från 2012 är från denna studie. Tidigare data är hämtad från Ramstedt et al. (2003), varav en del provtagningar är utförda av Boliden (opublicerad data).

De höga halterna i denna studie skulle kunna bero på att 2012 representerar ett höglödesår, vilket möjligen kan orsaka högre metallhalter. Det kan även vara ett resultat av yttre påfrestningar på gråbergssuppletet, som t.ex. erosion, som med tid kan reducera stabiliteten i moränskiktet, och därmed orsaka högre oxidation och urlakning av metaller.

9. Slutsats

Resultaten indikerar att gråbergssupplaget bidrar till metalläckage via grundvatten.

Grundvattnet precis norr om upplaget uppvisade punktvis höga metallhalter, sulfathalter samt låga pH-värden. Det är framförallt Zn-, Al-, Cu-, Fe- och Cd-halten som är mycket hög. Detta är troligen en bidragande källa till de fortsatt höga metallhalterna och de låga pH-värdena i dagbrottssjön.

Högre metalltransport ut från sjön än in till sjön indikerar att fastläggning av metaller i sjön inte fungerar optimalt. Då syrgashalten i sjön är relativt god och DOC halten låg, hämmas troligen sulfatreduktion. Detta styrks av den konstant höga sulfatkoncentrationen i hela vattenpelaren samt av de låga $\delta^{34}\text{S}$ värdena. Fastläggning av metaller i sjön sker troligen genom adsorptionprocesser nära botten av metaller till olika Fe, Al och Mn-oxidhydroxider samt andra partiklar, som t.ex. humusämnen och lermineral. De höga lösta metallhalterna i sjön indikerar eventuellt en pågående urlakning av de redan vittrade gråbergsmassorna som ligger i sjön.

Metallhalterna i grundvattnet nedströms dagbrottssjön (på gamla industriplan) visar endast förhöjda halter av Zn och SO_4^{2-} . Svavelisotopsammansättningen och de höga sulfathalterna i huvudsakligen alla vattenprover indikerar att oxidation av sulfidmineral pågår i området.

I bäcken nedströms gruvområdet kan en negativ påverkan från gruvområdet ses. Halterna av t.ex. Zn, Cu, Cd i bäcken klassas som allvarliga till mycket allvarliga enligt Naturvårdsverket ”indelning av tillstånd för förorenat ytvatten”. Halten Pb var även högre i bäcken än i dagbrottssjön.

Vattenisotopsammansättningen på olika djup i dagbrottssjön, indikerar att vattnet på 40 meters djup härrör från en annan källa än resterande vatten i sjön. Det tyder också på att de olika vattenmassorna inte verkar blandas med varandra, i alla fall under perioder när sjön är skiktad.

Genom att stärka efterbehandlingen av gråbergssupplaget kan metalläckage till grundvatten möjligen reduceras, och i sin tur förbättra vattenkvaliteten i sjön. Urlakning av de deponerade gråbergsmassorna i sjön bör med påföljande höga metallhalter reduceras med tiden.

Denna studie och tidigare studier pekar på att dagbrottssjön är en skiktad sjö, men att det sker en viss, eller total, omblandning under vår och höst. Det kan vara av betydelse att vidare undersöka om omblandningen sker i hela vattenpelaren, medförande oxidation av gruvavfallet på botten av sjön.

10. Erkännanden

Jag vill först tacka mina två handledare, Magnus Mörth på Stockholms universitet och Hanna Lokrantz på Bergab. Tack för hjälpen under arbetets gång, och för givande diskussioner angående alla mina frågor, stora som små, samt för stöd under skrivandet av rapporten.

Jag vill även ge mitt tack till Henrik Hellman som agerat tredje handledare och kommit med värdefulla idéer och funderingar.

Tack till Erik Spinnel på Boliden Mineral AB, som bistått med material samt varit hjälpsam vid fältbesök.

Jag vill även rikta ett tack till Karin Törnblom som ställt upp vid diverse hydrologifrågor, samt alla andra på Bergab som hjälpt till och gjort skrivandet av examensarbetet roligare.

Tack till Klara Hajnal som bistått med hjälp vid analys av svavelisotoper.

Till slut vill jag tacka min sambo Gustav för det stöd jag fått, och framförallt för att du tog dig tid att följa med upp till Udden för att hjälpa till med fältarbetet.

11. Referenser

- Bergab – Berggeologiska undersökningar AB., (2010): Dagbrottet i Boliden – En vattenbalansutredning för efterbehandling av dagbrottet. Beställare Boliden Mineral AB.
- Bergab – Berggeologiska undersökningar AB., (2008): Uddengruvan - Installation av grundvattenrör för bevakning av metalltransporter från gråbergssupplag. Beställare: Boliden Mineral AB.
- Björkvald, L., Giesler, R., Laudon, H., Humborg, C., Mörtz, C-M., (2009): Landscape variations in stream water SO₄²⁻- and $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ in a boreal stream network. *Geochimica et Cosmochimica*, vol. 73, sid. 4648-4660.
- Blowes, D. W., Jambor, J. L., (1990): The pore-water geochemistry and mineralogy of the vadose zone of sulfide tailings, Waite Amulet, Quebec, Canada. *Applied geochemistry*, vol. 5. sid. 327-246.
- Boliden Mineral AB., (2012): *Nedlagda objekt, Udden*. Opublicerad rapport.
- Boliden Mineral AB., (2000): *Reviderad efterbehandlingsplan för Kedträskgruvan, Norsjö kommun*. Beställare: Länsstyrelsen Västerbotten.
- Brandt, M., Jutman, T., Alexandersson, H., (1994): Sveriges vattenbalans, årsmedelvärden 1961-1990 av Nederbörd, Avdunstning och Avrinning. SMHI hydrologi, Nr. 49.
- Castendyk, D. N., Webster-Brown, J. G., (2007): Sensitivity analyses in pit lake prediction, Martha Mine, New Zealand 1: Relationship between turnover and input water density. *Chemical Geology*, vol. 244, Sid. 42-45.
- Castro, J. M., Moore, J. N., (2000): Pit lakes: their characteristics and the potential for their remediation, *Environmental Geology*. Vol. 39, sid. 1254-1260,
- Faure, G., Mensing, T. M., (2005): *Isotopes, principles and applications, Third edition*, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. New Jersey.
- Fauville, A., Mayer, B., Frömmichen, R., Friese, K., Veizer, J., (2004): Chemical and isotopic evidence for accelerated bacterial sulphate reduction in acid mining lakes after addition of organic carbon: laboratory batch experiments. *Chemical Geology*, Vol. 204, Sid. 325-244.
- Gazea, B., Adam, K., Kontopoulos, A., (1996): A review of passive systems for the treatment of acid mine drainage. *Minerals Engineering*. Vol. 9, Nr. 1, Sid. 23-42.
- Golterman, H. L. Clymo, R. S., Ohnstad, M. A. M., (1978): *Method for physical & chemical analysis of fresh waters*. IBP Handbook No 8, Blackwell Scientific Publications, Oxford, England, sid. 213.
- Hoefs, J., (2009): *Stable isotope chemistry*. Sixth edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Håkansson, K., (1999): Effects of iron oxidation on the adsorption of trace elements in systems with low pH and high iron concentrations, Naturvårdsverket, AFR-report 259.
- Höglund, L. O., Herbert, R., red. (2004): MiMi – Performance Assessment Main Report, MiMi 2003:3.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). (2002) [Elektronisk]: GNIP (Global Networks of Isotopes in Precipitation), Maps and animations. <http://www-naweb.iaea.org/naweb/ih/documents/userupdate/Waterloo/index.html>
- Ingri, J., (1996): *Kalixälvens hydrogeokemi*. Högskolans Tryckeri, Luleå.

- Ingri, J., (2012): *Från berg till hav - en introduktion I miljögeokemi*. Författaren och studentlitteratur AB, Lund. Sid. 230.
- Johnson, B. D., Hallberg, K. B., (2003): The microbiology of acidic mine waters, *Research in microbiology*, Vol. 154, pp. 466-473.
- Krouse, H. R., Grinenko, V. A., (1991): *Stable isotopes, Natural and anthropogenic sulphur in the environment*. John Wiley & sons, New York. Sid. 439.
- Lu, M., (2004): Pit lakes from sulphide ore mining, geochemical and limnological characterization before treatment, after liming and sewage sludge treatments, *Doctoral thesis, Department of chemical engineering and geosciences*. Vol. 62
- Länsstyrelsen Västerbotten., (2007): Ämnen och material av riksintresse enligt miljöbalken. Referensnummer: 46-1486/2005. Sid. 10.
- Länsstyrelsen Västerbotten., (2012): Tillsynsprojekt – Efterbehandling av sulfidmalmsgruvor, Meddelande 3.
- Merkel, B. J., Planer-Friedrich, B., (2008): *Groundwater Geochemistry, a practical guide to modeling of natural and contaminated aquatic systems. Second edition*. Springer-Verlag Berlin. Sid.
- Mörth, C-M., Laudon, H., Mellqvist, E., Torssander, P., Giesler, R., (2008): Sources of stream water sulfate during the spring snowmelt in boreal streams: Evidence from $\delta^{34}\text{S}$ isotope measurements. *Journal of geophysical research*. vol. 113.
- Naturvårdsverket., (1998): Gruvavfall, miljöeffekter och behov av åtgärder. Rapport 4948. Bilaga 5.
- Naturvårdsverket, (1999a): Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Grundvatten. Rapport 4915. Naturvårdsverket förlag, Stockholm.
- Naturvårdsverket, (1999b): Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - sjöar och vattendrag. Rapport 4920. Naturvårdsverket förlag, Stockholm.
- Naturvårdsverket., (1999c): Metodik för inventering av förorenade områden. Rapport 4918. Naturvårdsverket Förlag.
- Naturvårdsverket., (2002a): Uppföljning av efterbehandlingsprojekt inom gruvsektorn, Rapport 5190.
- Naturvårdsverket., (2002b): Handledning för vattenföringsbestämningar inom miljöövervakningen, Version 1:1.
- Naturvårdsverket., (2006): Metaller mobiliter i mark. Rapport 5536.
- Papadopoulos, S. S., Bredehoeft, J. D., Cooper, H. H., (1973): On the analysis of slug test data, *Water resources research*, Vol. 9, Nr. 4.
- Ramstedt, M., Carlsson, E., Lövgren, E., (2003): Aqueous geochemistry in the Udden pit lake, northern Sweden, *Applied Geochemistry*, Vol. 18, Sid. 97-108.
- Rickard, D. T., Zweifel, H., Donnely, T. H., (1979): Sulfur isotope systematic in the Åsen pyrite-byrite deposits, Skellefte district Sweden. *Economic Geology*, Vol. 74, pp. 1060-1068.
- Rhode, A., Lindström, G., Rosberg, J., Pers, C., (2004): grundvattenbildning i svenska typjordar – översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet, sid. 35.
- Salmon, S. U., Destouni, G., (2001): Environmental regulation of mine waters in the European Union. Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden.

- SGU., (2012a) [Elektronisk]: Kartgeneratören (Berggrundskartan, jordartskartan och grundvattenkartan). Hämtad 2012.
http://maps2.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html
- SGU., (2012b) [Elektronisk]: Nyhetsbrevet Grundvatten. Hämtad 2012.
<http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/grundvatten/nyhetsbrev-grundvatten.html>
- SMHI., (2012) [Elektronisk]: Klimatdata: Nederbörd. Hämtad 2012.
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord>
- Salomons, W., (1995): Environmental impact of metals derived from mining activities: Process, predictions, preventions, *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 52, Sid. 5-23.
- Stumm, W., Morgan, J. J., (1996): *Aquatic chemistry, chemical equilibria and rates in natural waters*. Wiley Interscience, New York.
- Toran, L., Harris, R. F., (1989): Interpretation of sulfur and oxygen isotopes in biological and abiological sulfide oxidation, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 53, pp. 2341-2348.

Bilaga 1. Indelning av tillstånd för förorenat yt- och grundvatten

1. Ytvatten

Tabell B1. Indelning av tillstånd för förorenat ytvatten baserat på material framtaget i projektet "Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag". Gränsen mellan "mindre allvarligt" och "måttligt allvarligt" utgörs av en nivå som ger ökade risker för biologiska effekter, µg/l (Naturvårdsverket, 1999c)

Ämne	Mindre allvarligt (µg/l)	Måttligt allvarligt (µg/l)	Allvarligt (µg/l)	Mycket allvarligt (µg/l)
Koppar	<9	9-30	30-90	>90
Zink	<60	60-180	180-600	>600
Kadmium	<0,3	0,3-1	1-3	>3
Bly	<3	3-10	10-30	>30

Tabell B2. Indelning av tillstånd för förorenat vatten gällande Zn, Cu, Cd och Pb i ytvattenprover (Naturvårdsverket, 1999c).

Provpunkt	Zn (µg/l)	Cu (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)
2601 ¹	32300	81	61,4	0,585
2601 ²	51600	164	95,1	0,652
2601 ³	75600	258	141	0,832
2603 ¹	7260	86,8	16,3	6,22
2603 ²	4150	67,6	9,18	1,95
2603 ³	814	6,28	1,38	<0,2
2600 ¹	31500	835	107	6,52
2600 ²	27100	436	74,1	7,51
2600 ³	-	-	-	-

¹Analysresultat från juni

²Analysresultat från september

³Analysresultat från december

2. Grundvatten

Tabell B3. Indelning av tillstånd för förorenat grundvatten baserat på hälsobaserade gränsvärden för dricksvatten. I första hand används "otjänligt" i andra hand "tjänligt m anm". Gränsvärdet är gränsen mellan "mindre allvarligt" och "måttligt allvarligt". µg/l (Naturvårdsverket, 1999c).

Ämne	Mindre allvarligt (µg/l)	Måttligt allvarligt (µg/l)	Allvarligt (µg/l)	Mycket allvarligt (µg/l)
koppar	<2000	2000-6000	6000-20000	>20000
Bly	<10	10-30	30-100	>100
Kadmium	<5	5-15	15-50	>50

Tabell B4. Indelning av tillstånd för förorenat grundvatten
gällande Cu, Cd och Pb i grundvattenprover (Naturvårdsverket,

Provpunkt	Cu (µg/l)	Cd (µg/l)	Pb (µg/l)
26GVR1 ¹	1,48	<0,05	<0,2
26GVR1 ²	1,23	<0,05	<0,2
26GVR1 ³	1,8	<0,05	<0,2
26GVR2 ¹	40,7	4,118	0,347
26GVR2 ²	127	19,5	0,644
26GVR2 ³	179	25,9	1,89
26GVR3 ¹	146	29,6	<0,2
26GVR3 ²	4930	512	4,69
26GVR3 ³	7310	754	5,83
26GVR4 ¹	<1	<0,05	<0,2
26GVR4 ²	<1	<0,05	<0,2
26GVR4 ³	2,27	<0,05	<0,2
B1201 ²	<1	0,773	<0,2
B1201 ³	3,16	0,685	<0,2
B1202 ²	504	291	18,7
B1202 ³	649	423	18
B1203 ²	2,02	0,129	<0,2
B1203 ³	59,1	0,782	1,27
B1204 ²	1,07	0,517	<0,2
B1204 ³	3,13	1,21	<0,2
B1205 ²	<1	0,766	<0,2
B1205 ³	2,2	0,0665	<0,2
B1206 ²	<1	0,147	<0,2
B1206 ³	<1	<0,05	<0,2
B1207 ²	<1	<0,05	<0,2
B1207 ³	<1	2,49	<0,2
B1208 ²	<1	0,869	<0,2
B1208 ³	1,41	<0,05	<0,2
B1209 ²	<1	0,0938	<0,2
B1209 ³	4,74	0,228	<0,2
B1210 ²	<1	0,12	<0,2
B1210 ³	2,21	0,0596	<0,2

¹ Analysresultat från juni

² Analysresultat från september

³ Analysresultat från december

Bilaga 2. Inmätning av provpunkter samt handlodade grundvattennivåer

Tabell B5. Inmätning av grundvattenrör samt handlodade grundvattennivåer vid varje provtillfälle (m.ö.h.). Koordinatsystem SWEREF 99 TM.

Grundvattenrör	X (E)	Y (N)	m.ö.h. (inmätning)	Nedmätning (juni)	Nedmätning (sep)	Nedmätning (dec)	Grundvatten -nivå (jun) m.ö.h.	Grundvatten -nivå (sep) m.ö.h.	Grundvatten -nivå (dec) m.ö.h.
26GVR1	727841	7212393	226,4	2,06	3,26	2,91	224,3	223,1	223,5
26GVR2	728209	7212473	221,5	6,89	7,53	7,37	214,6	214,0	214,2
26GVR3	728318	7212435	222,0	6,465	8,07	7,94	215,5	213,9	214,0
26GVR4	728445	7212228	221,1	2,075	3,92	3,52	219,1	217,2	217,6
B1201	728116	7212554	222,1		6,91	6,63		215,2	215,5
B1202	728148	7212515	220,6		6,22	5,95		214,3	214,6
B1203	728282	7212448	221,4		7,7	7,53		213,7	213,8
B1204	728408	7212415	220,3		6,34	6,13		213,9	214,1
B1205	728496	7212516	213,5		1,63	1,46		211,8	212,0
B1206	728240	7212697	214,5		4,82	4,74		209,7	209,8
B1207	728343	7212607	216,2		3,41	3,45		212,7	212,7
B1208	728426	7212673	214,4		5,73	5,73		208,7	208,7
B1209	728309	7212203	221,6		2,18	2,55		219,5	219,1
B1210	728381	7212208	221,3		2,66	2,79		218,6	218,5

Tabell B6. Inmätning av ytvattenprovpunkter (m.ö.h.). Koordinatsystem SWEREF 99 TM.

Ytvattenprover	X (E)	Y (N)	m.ö.h. (inmätning)
2601	728442	7212532	214,4
2603	729313	7213390	190,6

c:\2472\2473853 borrmisc doc\ellil\lil boriden\5borbelmit_liln\autograf\fig01-0402.dwg Layout: C640f

AGE	DEVELOPMENTAL AGE	SCORE	STATUS
-----	-------------------	-------	--------

SWICO
SWICO INFRASTRUCTURE AB
Västtra Värngatan 11, Box 53 125, 073 24 Luleå
Telefon 0920 335 00, Fax 0920 355 45

BORRNINGAR SKELLEFTÅFALTET BOLDEN
LIDEN
BORRNINGAR B0841, B0842 OCH B0844

SKALA 1:100	NUMER G401	1 DET
-------------	------------	-------

Rapport

Sida 1 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-06-15**
 Utfärdad **2012-06-29**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3A= Filtrerade prover (lösta halter)

Er beteckning	2601-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765497					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	NEJ			1	I	MKA
Ca	300	36	mg/l	1	E	ULGE
Fe	1.39	0.18	mg/l	1	E	ULGE
K	8.20	1.20	mg/l	1	E	ULGE
Mg	33.4	4.1	mg/l	1	E	ULGE
Na	5.82	1.14	mg/l	1	E	ULGE
Al	6350	954	µg/l	1	E	ULGE
As	<1		µg/l	1	H	HEOS
Ba	15.1	2.9	µg/l	1	H	HEOS
Cd	61.4	10.3	µg/l	1	H	HEOS
Co	102	14	µg/l	1	E	ULGE
Cr	<0.5		µg/l	1	H	HEOS
Cu	81.0	16.3	µg/l	1	H	HEOS
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	4070	511	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	HEOS
Ni	382	51	µg/l	1	E	ULGE
Pb	0.585	0.145	µg/l	1	H	HEOS
Sb	<0.1		µg/l	1	H	HEOS
Sr	279	36	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	HEOS
Zn	32300	5110	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	318	47	mg/l	1	E	ULGE
pH	4.7	0.1 pH-enh		2	I	JOZA
Kond.	157	8%	mS/m	3	I	JOZA
SO ₄	1140	171	mg/l	4	1	ANEN

Rapport

Sida 2 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Er beteckning	2602-20120614 = 2603 (ej 2602) 2012-06-14					
Labnummer	U10765498					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	NEJ			1	I	MKA
Ca	82.5	9.9	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.509	0.065	mg/l	1	E	ULGE
K	2.26	0.30	mg/l	1	E	ULGE
Mg	9.74	1.20	mg/l	1	E	ULGE
Na	2.42	0.34	mg/l	1	E	ULGE
Al	2240	336	µg/l	1	E	ULGE
As	2.14	0.85	µg/l	1	H	HEOS
Ba	28.9	4.7	µg/l	1	E	ULGE
Cd	16.3	2.7	µg/l	1	H	HEOS
Co	26.2	3.3	µg/l	1	E	ULGE
Cr	<0.5		µg/l	1	H	HEOS
Cu	86.8	12.1	µg/l	1	E	ULGE
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	1210	153	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	HEOS
Ni	77.1	10.2	µg/l	1	E	ULGE
Pb	6.22	1.19	µg/l	1	H	HEOS
Sb	0.429	0.109	µg/l	1	H	HEOS
Sr	91.6	12.0	µg/l	1	E	ULGE
V	0.307	0.091	µg/l	1	H	HEOS
Zn	7260	1150	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	86.2	12.7	mg/l	1	E	ULGE
pH	4.6	0.1 pH-enh		2	I	JOZA
Kond.	56.3	8%	mS/m	3	I	JOZA
SO ₄	271	40.7	mg/l	4	1	ANEN

Rapport

Sida 3 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Er beteckning	26GRV1-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765499					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	NEJ			1	I	MKA
Ca	6.80	0.82	mg/l	1	E	ULGE
Fe	<0.004		mg/l	1	H	BLHO
K	3.04	0.40	mg/l	1	E	ULGE
Mg	1.27	0.16	mg/l	1	E	ULGE
Na	7.14	0.88	mg/l	1	E	ULGE
Al	<2		µg/l	1	H	BLHO
As	14.5	4.2	µg/l	1	H	BLHO
Ba	5.70	1.12	µg/l	1	H	BLHO
Cd	<0.05		µg/l	1	H	BLHO
Co	0.240	0.122	µg/l	1	H	BLHO
Cr	0.520	0.190	µg/l	1	H	BLHO
Cu	1.48	0.40	µg/l	1	H	BLHO
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	3.23	0.83	µg/l	1	H	BLHO
Mo	0.904	0.410	µg/l	1	H	BLHO
Ni	6.39	1.55	µg/l	1	H	BLHO
Pb	<0.2		µg/l	1	H	BLHO
Sb	0.376	0.099	µg/l	1	H	BLHO
Sr	26.8	3.5	µg/l	1	E	ULGE
V	0.274	0.090	µg/l	1	H	BLHO
Zn	12.2	4.5	µg/l	1	H	BLHO
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	3.50	0.51	mg/l	1	E	ULGE
pH	6.8	0.1 pH-enh		2	I	JOZA
Kond.	8.83	8%	mS/m	3	I	JOZA
SO ₄	8.78	1.32	mg/l	4	1	ANEN

Rapport

Sida 4 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Er beteckning	26GRV2-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765500					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	NEJ			1	I	MKA
Ca	19.0	2.3	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.0431	0.0101	mg/l	1	H	BLHO
K	4.06	0.52	mg/l	1	E	ULGE
Mg	5.97	0.74	mg/l	1	E	ULGE
Na	2.83	0.39	mg/l	1	E	ULGE
Al	932	140	µg/l	1	E	ULGE
As	<1		µg/l	1	H	BLHO
Ba	14.3	2.4	µg/l	1	E	ULGE
Cd	4.18	0.70	µg/l	1	H	BLHO
Co	14.7	3.0	µg/l	1	H	BLHO
Cr	<0.5		µg/l	1	H	BLHO
Cu	40.7	8.1	µg/l	1	H	BLHO
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	489	62	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	BLHO
Ni	113	24	µg/l	1	H	BLHO
Pb	0.347	0.104	µg/l	1	H	BLHO
Sb	0.601	0.155	µg/l	1	H	BLHO
Sr	61.0	8.0	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	BLHO
Zn	8580	1350	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	29.6	4.3	mg/l	1	E	ULGE
pH	5.2	0.1 pH-enh		2	I	JOZA
Kond.	24.2	8%	mS/m	3	I	JOZA
SO ₄	106	15.9	mg/l	4	1	ANEN

Rapport

Sida 5 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Er beteckning	26GRV3-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765501					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	NEJ			1	I	MKA
Ca	57.3	6.9	mg/l	1	E	ULGE
Fe	1.68	0.21	mg/l	1	E	ULGE
K	4.72	0.61	mg/l	1	E	ULGE
Mg	18.8	2.3	mg/l	1	E	ULGE
Na	5.09	0.64	mg/l	1	E	ULGE
Al	3240	642	µg/l	1	H	BLHO
As	<1		µg/l	1	H	BLHO
Ba	41.1	6.7	µg/l	1	E	ULGE
Cd	29.6	4.9	µg/l	1	H	BLHO
Co	60.0	12.3	µg/l	1	H	BLHO
Cr	<0.5		µg/l	1	H	BLHO
Cu	146	29	µg/l	1	H	BLHO
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	3430	430	µg/l	1	E	ULGE
Mo	0.625	0.387	µg/l	1	H	BLHO
Ni	414	83	µg/l	1	H	BLHO
Pb	<0.2		µg/l	1	H	BLHO
Sb	0.224	0.060	µg/l	1	H	BLHO
Sr	103	13	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	BLHO
Zn	17900	2820	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	86.7	12.7	mg/l	1	E	ULGE
pH	5.0	0.1 pH-enh		2	I	JOZA
Kond.	65.9	8%	mS/m	3	I	JOZA
SO ₄	331	49.7	mg/l	4	1	ANEN

Rapport

Sida 6 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Er beteckning	26GRV4-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765502					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	MKA
Ca	3.09	0.37	mg/l	1	E	ULGE
Fe	<0.004		mg/l	1	H	BLHO
K	1.28	0.20	mg/l	1	E	ULGE
Mg	0.499	0.062	mg/l	1	E	ULGE
Na	5.43	0.68	mg/l	1	E	ULGE
Al	7.39	5.83	µg/l	1	H	BLHO
As	6.92	2.03	µg/l	1	H	BLHO
Ba	2.59	0.52	µg/l	1	H	BLHO
Cd	<0.05		µg/l	1	H	BLHO
Co	<0.05		µg/l	1	H	BLHO
Cr	<0.5		µg/l	1	H	BLHO
Cu	<1		µg/l	1	H	BLHO
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	1.35	0.58	µg/l	1	H	BLHO
Mo	1.56	0.49	µg/l	1	H	BLHO
Ni	<0.5		µg/l	1	H	BLHO
Pb	<0.2		µg/l	1	H	BLHO
Sb	0.275	0.070	µg/l	1	H	BLHO
Sr	16.7	2.2	µg/l	1	E	ULGE
V	0.211	0.076	µg/l	1	H	BLHO
Zn	2.32	1.22	µg/l	1	H	BLHO
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	2.22	0.33	mg/l	1	E	ULGE
pH	6.6	0.1 pH-enh		2	I	JOZA
Kond.	4.70	8%	mS/m	3	I	JOZA
SO ₄	5.73	0.86	mg/l	4	1	ANEN

Rapport

Sida 7 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Er beteckning	Dike nedströms d-20120614 = 2600 2012-06-14					
Labnummer	U10765503					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	NEJ			1	I	MKA
Ca	203	24	mg/l	1	E	ULGE
Fe	2.70	0.34	mg/l	1	E	ULGE
K	2.76	0.36	mg/l	1	E	ULGE
Mg	22.6	2.8	mg/l	1	E	ULGE
Na	3.15	0.42	mg/l	1	E	ULGE
Al	27200	4080	µg/l	1	E	ULGE
As	1.20	0.68	µg/l	1	H	BLHO
Ba	7.75	1.52	µg/l	1	H	BLHO
Cd	107	14	µg/l	1	E	ULGE
Co	46.6	5.8	µg/l	1	E	ULGE
Cr	1.13	0.28	µg/l	1	H	BLHO
Cu	835	115	µg/l	1	E	ULGE
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	7350	921	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	BLHO
Ni	84.1	11.4	µg/l	1	E	ULGE
Pb	6.52	1.27	µg/l	1	H	BLHO
Sb	0.218	0.058	µg/l	1	H	BLHO
Sr	231	30	µg/l	1	E	ULGE
V	0.0786	0.0596	µg/l	1	H	BLHO
Zn	31500	4970	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	259	39	mg/l	1	E	ULGE
pH	3.9	0.1 pH-enh		2	I	JOZA
Kond.	153	8%	mS/m	3	I	JOZA
SO ₄	879	132	mg/l	4	1	ANEN

	Metod
1	Analys av vattenprov utan föregående uppslutning. Provet har surgjorts med 1 ml salpetersyra(suprapur) per 100 ml. Detta gäller dock ej prov som varit surgjort vid ankomsten till laboratoriet. Vid analys av W har provet ej surgjorts. Vid analys av Se har provet uppslutits med HCl i autoklav (120°C) i 30 minuter. För analys av Ag har provet konserverats med HCl. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008
2	Analys enligt SS-EN ISO 10523:2012 Tidskritisk analys.
3	Analys enligt SS-EN 27 888-1 Tidskritisk analys.
4	CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1, CSN EN ISO 10304-2).

	Godkännare
ANEN	Anna Engberg
BLHO	Britt-Louise Holmqvist
EM	Erik Magnusson
HEOS	Helene Österlund
JOZA	Josefin Zackrisson
MKA	Martina Krekula
ULGE	Ulrika Genberg

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS
I	Man.Inm.
1	För analysen svarar ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfe 336/9, 190 00 Prague 9, Tjeckien, som är av det tjeckiska ackrediteringsorganet CAI ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 1163). CAI är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till.

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 9 (9)



L1214430

14CQ2YRC8LX



Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

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

Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

Rapport

Sida 1 (3)



L1214431

13NZKYK9MR2



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-06-15**
Utfärdad **2012-06-21**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3B = Ofilterade prover (Totala halter)

Er beteckning	2601-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765504					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet ($\pm$)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	260	28	mg/l	1	E	EL
Fe	1.40	0.13	mg/l	1	E	EL
K	8.02	0.72	mg/l	1	E	EL
Mg	31.6	2.8	mg/l	1	E	EL
Na	5.11	0.61	mg/l	1	E	EL
S	317	44	mg/l	1	E	EL
Al	6900	593	μ g/l	1	E	EL
As	0.674	0.662	μ g/l	1	H	HEOS
Ba	14.8	2.6	μ g/l	1	E	EL
Cd	62.6	7.8	μ g/l	1	E	EL
Co	105	14	μ g/l	1	E	EL
Cr	<0.9		μ g/l	1	H	HEOS
Cu	73.8	8.4	μ g/l	1	E	EL
Hg	<0.02		μ g/l	1	F	EM
Mn	3750	346	μ g/l	1	E	EL
Mo	<0.5		μ g/l	1	H	HEOS
Ni	371	38	μ g/l	1	E	EL
Pb	0.758	0.232	μ g/l	1	H	HEOS
Sb	<0.1		μ g/l	1	H	HEOS
Sr	295	24	μ g/l	1	E	EL
V	<0.2		μ g/l	1	H	HEOS
Zn	33900	3280	μ g/l	1	E	EL

Rapport

Sida 2 (3)



L1214431

13NZKYK9MR2



Er beteckning	2603-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765505					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	72.8	7.8	mg/l	1	E	EL
Fe	0.567	0.052	mg/l	1	E	EL
K	2.21	0.27	mg/l	1	E	EL
Mg	9.94	0.89	mg/l	1	E	EL
Na	2.21	0.41	mg/l	1	E	EL
S	89.1	12.4	mg/l	1	E	EL
Al	2390	208	µg/l	1	E	EL
As	2.33	0.90	µg/l	1	H	HEOS
Ba	29.4	3.3	µg/l	1	E	EL
Cd	16.3	2.3	µg/l	1	H	HEOS
Co	26.8	4.8	µg/l	1	H	HEOS
Cr	<0.9		µg/l	1	H	HEOS
Cu	78.2	7.9	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	1170	108	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	HEOS
Ni	81.1	15.7	µg/l	1	H	HEOS
Pb	6.70	1.15	µg/l	1	H	HEOS
Sb	0.343	0.154	µg/l	1	H	HEOS
Sr	98.0	8.0	µg/l	1	E	EL
V	0.336	0.102	µg/l	1	H	HEOS
Zn	7980	765	µg/l	1	E	EL

Er beteckning	Dike nedströms d-20120614 2012-06-14					
Labnummer	U10765506					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	211	22	mg/l	1	E	EL
Fe	4.04	0.77	mg/l	1	H	HEOS
K	3.08	0.32	mg/l	1	E	EL
Mg	25.5	2.3	mg/l	1	E	EL
Na	3.32	0.47	mg/l	1	E	EL
S	297	42	mg/l	1	E	EL
Al	36100	3080	µg/l	1	E	EL
As	1.56	0.76	µg/l	1	H	HEOS
Ba	10.3	1.8	µg/l	1	H	HEOS
Cd	120	12	µg/l	1	E	EL
Co	60.7	10.9	µg/l	1	H	HEOS
Cr	1.17	0.26	µg/l	1	H	HEOS
Cu	937	74	µg/l	1	E	EL
Hg	0.0246	0.0093	µg/l	1	F	EM
Mn	7090	653	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	HEOS
Ni	105	19	µg/l	1	H	HEOS
Pb	9.38	1.61	µg/l	1	H	HEOS
Sb	0.232	0.147	µg/l	1	H	HEOS
Sr	273	22	µg/l	1	E	EL
V	<0.2		µg/l	1	H	HEOS
Zn	37300	3570	µg/l	1	E	EL

	Metod
1	Upplösning och analys av vattenprov, 12 ml prov och 1.2 ml HNO₃ (suprapur) har behandlats i autoklav. Vid analys av Ag har upplösning skett med HCl i autoklav. För Se har upplösning skett med HCl i autoklav vid 120°C i 30 minuter. För W är provet upplöst med HNO₃ och HF i värmeblock. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008

	Godkännare
EL	Erik Lidman
EM	Erik Magnusson
HEOS	Helene Österlund

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 1 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-09-24**
Utfärdad **2012-10-03**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3A

Er beteckning	26GRV1-20120918 2012-09-18					
Labnummer	U10791290					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	7.63	0.92	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.0100	0.0050	mg/l	1	H	ENMU
K	3.42	0.44	mg/l	1	E	ULGE
Mg	1.39	0.17	mg/l	1	E	ULGE
Na	7.31	0.90	mg/l	1	E	ULGE
Al	5.63	5.61	µg/l	1	H	ENMU
As	15.0	4.3	µg/l	1	H	ENMU
Ba	7.63	1.51	µg/l	1	H	ENMU
Cd	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Co	0.0933	0.1100	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	1.23	0.35	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	2.67	1.60	µg/l	1	H	ENMU
Mo	1.07	0.43	µg/l	1	H	ENMU
Ni	4.30	1.10	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.317	0.091	µg/l	1	H	ENMU
Sr	29.4	3.8	µg/l	1	E	ULGE
V	0.445	0.100	µg/l	1	H	ENMU
Zn	11.8	5.6	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	3.63	0.53	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	8.18	1.23	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 2 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	26GRV2-20120918 2012-09-18					
Labnummer	U10791291					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	118	14	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.0143	0.0054	mg/l	1	H	ENMU
K	8.17	1.02	mg/l	1	E	ULGE
Mg	26.6	3.3	mg/l	1	E	ULGE
Na	5.75	0.72	mg/l	1	E	ULGE
Al	3520	691	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	14.4	2.4	µg/l	1	E	ULGE
Cd	19.5	3.2	µg/l	1	H	ENMU
Co	47.8	9.8	µg/l	1	H	ENMU
Cr	0.706	0.230	µg/l	1	H	ENMU
Cu	127	25	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	2210	277	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	493	98	µg/l	1	H	ENMU
Pb	0.644	0.150	µg/l	1	H	ENMU
Sb	1.47	0.36	µg/l	1	H	ENMU
Sr	307	40	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	47900	7540	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	160	23	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	352	52.8	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 3 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	26GRV3-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791292					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	310	37	mg/l	1	E	ULGE
Fe	1.80	0.37	mg/l	1	H	ENMU
K	16.1	2.1	mg/l	1	E	ULGE
Mg	242	30	mg/l	1	E	ULGE
Na	10.6	1.6	mg/l	1	E	ULGE
Al	267000	40500	µg/l	1	E	ULGE
As	<5		µg/l	1	H	ENMU
Ba	23.0	4.6	µg/l	1	H	ENMU
Cd	512	85	µg/l	1	H	ENMU
Co	1090	223	µg/l	1	H	ENMU
Cr	3.45	1.06	µg/l	1	H	ENMU
Cu	4930	981	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	26100	3270	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<3		µg/l	1	H	ENMU
Ni	5500	1110	µg/l	1	H	ENMU
Pb	4.69	0.99	µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Sr	519	68	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.3		µg/l	1	H	ENMU
Zn	279000	44000	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	1150	169	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	4090	614	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 4 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	26GRV4-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791293					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	4.23	0.51	mg/l	1	E	ULGE
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	1.66	0.23	mg/l	1	E	ULGE
Mg	0.640	0.079	mg/l	1	E	ULGE
Na	4.50	0.57	mg/l	1	E	ULGE
Al	3.86	5.56	µg/l	1	H	ENMU
As	2.57	0.93	µg/l	1	H	ENMU
Ba	4.46	0.90	µg/l	1	H	ENMU
Cd	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Co	0.0663	0.1030	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	3.73	0.92	µg/l	1	H	ENMU
Mo	1.04	0.42	µg/l	1	H	ENMU
Ni	0.748	0.477	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.330	0.083	µg/l	1	H	ENMU
Sr	17.8	2.3	µg/l	1	E	ULGE
V	0.321	0.078	µg/l	1	H	ENMU
Zn	23.1	8.3	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	2.57	0.38	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	<5.00		mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 5 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1201-20120919					
	2012-09-19					
Labnummer	U10791294					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	50.2	6.0	mg/l	1	E	ULGE
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	4.33	0.55	mg/l	1	E	ULGE
Mg	6.20	0.76	mg/l	1	E	ULGE
Na	3.77	0.49	mg/l	1	E	ULGE
Al	3.32	5.53	µg/l	1	H	ENMU
As	2.80	0.99	µg/l	1	H	ENMU
Ba	14.8	2.4	µg/l	1	E	ULGE
Cd	0.773	0.134	µg/l	1	H	ENMU
Co	0.318	0.125	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	45.3	5.7	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	39.9	8.1	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.705	0.175	µg/l	1	H	ENMU
Sr	67.8	8.9	µg/l	1	E	ULGE
V	0.112	0.042	µg/l	1	H	ENMU
Zn	1960	689	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	35.6	5.2	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	79.8	12.0	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 6 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1202-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791295					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	281	34	mg/l	1	E	ULGE
Fe	178	36	mg/l	1	H	ENMU
K	15.2	2.0	mg/l	1	E	ULGE
Mg	143	18	mg/l	1	E	ULGE
Na	11.3	1.6	mg/l	1	E	ULGE
Al	332000	49900	µg/l	1	E	ULGE
As	<5		µg/l	1	H	ENMU
Ba	13.1	2.7	µg/l	1	H	ENMU
Cd	291	49	µg/l	1	H	ENMU
Co	631	129	µg/l	1	H	ENMU
Cr	3.45	1.11	µg/l	1	H	ENMU
Cu	504	100	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	24300	3050	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<3		µg/l	1	H	ENMU
Ni	1480	296	µg/l	1	H	ENMU
Pb	18.7	3.6	µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Sr	354	46	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.3		µg/l	1	H	ENMU
Zn	315000	49700	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	1260	185	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	4140	620	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 7 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1203-20120918 2012-09-18					
Labnummer	U10791296					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	26.8	3.2	mg/l	1	E	ULGE
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	4.65	0.59	mg/l	1	E	ULGE
Mg	4.96	0.61	mg/l	1	E	ULGE
Na	123	15	mg/l	1	E	ULGE
Al	4.38	5.58	µg/l	1	H	ENMU
As	2.30	0.87	µg/l	1	H	ENMU
Ba	23.5	3.9	µg/l	1	E	ULGE
Cd	0.129	0.041	µg/l	1	H	ENMU
Co	0.980	0.244	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	2.02	0.45	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	174	22	µg/l	1	E	ULGE
Mo	7.60	1.59	µg/l	1	H	ENMU
Ni	5.91	1.30	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.942	0.246	µg/l	1	H	ENMU
Sr	76.6	10.0	µg/l	1	E	ULGE
V	2.15	0.45	µg/l	1	H	ENMU
Zn	35.6	12.5	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	55.9	8.2	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	142	21.4	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 8 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1204-20120918 2012-09-18					
Labnummer	U10791297					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	16.3	2.0	mg/l	1	E	ULGE
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	2.51	0.33	mg/l	1	E	ULGE
Mg	1.89	0.23	mg/l	1	E	ULGE
Na	7.46	0.92	mg/l	1	E	ULGE
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	2.72	0.97	µg/l	1	H	ENMU
Ba	5.46	1.08	µg/l	1	H	ENMU
Cd	0.517	0.096	µg/l	1	H	ENMU
Co	0.367	0.128	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	1.07	0.35	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	30.7	3.9	µg/l	1	E	ULGE
Mo	1.35	0.46	µg/l	1	H	ENMU
Ni	4.09	1.07	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	1.04	0.25	µg/l	1	H	ENMU
Sr	43.0	5.6	µg/l	1	E	ULGE
V	0.278	0.081	µg/l	1	H	ENMU
Zn	195	69	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	9.69	1.42	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	23.5	3.52	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 9 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1205-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791298					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	352	42	mg/l	1	E	ULGE
Fe	5.87	1.20	mg/l	1	H	ENMU
K	12.3	1.7	mg/l	1	E	ULGE
Mg	37.6	4.6	mg/l	1	E	ULGE
Na	10.2	1.5	mg/l	1	E	ULGE
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	4.63	1.43	µg/l	1	H	ENMU
Ba	20.1	4.0	µg/l	1	H	ENMU
Cd	0.766	0.134	µg/l	1	H	ENMU
Co	23.6	4.8	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	4240	531	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	37.5	7.7	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.121	0.038	µg/l	1	H	ENMU
Sr	296	39	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	1650	580	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	320	47	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	816	122	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 10 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1206-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791299					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	574	69	mg/l	1	E	ULGE
Fe	7.74	1.57	mg/l	1	H	ENMU
K	13.4	1.8	mg/l	1	E	ULGE
Mg	44.6	5.5	mg/l	1	E	ULGE
Na	11.4	1.6	mg/l	1	E	ULGE
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	1.72	0.76	µg/l	1	H	ENMU
Ba	29.1	5.7	µg/l	1	H	ENMU
Cd	0.147	0.041	µg/l	1	H	ENMU
Co	14.2	2.9	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7760	980	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	13.9	2.9	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.166	0.049	µg/l	1	H	ENMU
Sr	627	82	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	2510	880	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	480	70	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	1230	184	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 11 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1207-20120918 2012-09-18					
Labnummer	U10791300					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	190	23	mg/l	1	E	ULGE
Fe	15.3	3.1	mg/l	1	H	ENMU
K	5.72	0.72	mg/l	1	E	ULGE
Mg	14.5	1.8	mg/l	1	E	ULGE
Na	23.8	2.9	mg/l	1	E	ULGE
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	77.8	12.8	µg/l	1	E	ULGE
Cd	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Co	5.74	1.18	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	2840	355	µg/l	1	E	ULGE
Mo	0.941	0.420	µg/l	1	H	ENMU
Ni	11.6	2.5	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.397	0.099	µg/l	1	H	ENMU
Sr	254	33	µg/l	1	E	ULGE
V	0.0698	0.0417	µg/l	1	H	ENMU
Zn	35.3	12.4	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	102	15	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	250	37.4	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 12 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1208-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791301					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	404	49	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.981	0.200	mg/l	1	H	ENMU
K	13.6	1.8	mg/l	1	E	ULGE
Mg	33.7	4.2	mg/l	1	E	ULGE
Na	14.8	2.0	mg/l	1	E	ULGE
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	19.5	5.5	µg/l	1	H	ENMU
Ba	58.4	9.7	µg/l	1	E	ULGE
Cd	0.869	0.155	µg/l	1	H	ENMU
Co	3.59	0.75	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	4930	626	µg/l	1	E	ULGE
Mo	5.75	1.23	µg/l	1	H	ENMU
Ni	19.4	3.9	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.227	0.061	µg/l	1	H	ENMU
Sr	463	60	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	79.3	27.9	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	317	46	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	801	120	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 13 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1209-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791302					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	32.1	3.9	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.0223	0.0071	mg/l	1	H	ENMU
K	3.86	0.50	mg/l	1	E	ULGE
Mg	1.96	0.24	mg/l	1	E	ULGE
Na	10.0	1.2	mg/l	1	E	ULGE
Al	6.31	5.64	µg/l	1	H	ENMU
As	1.97	0.81	µg/l	1	H	ENMU
Ba	34.0	5.6	µg/l	1	E	ULGE
Cd	0.0938	0.0368	µg/l	1	H	ENMU
Co	1.54	0.36	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	381	48	µg/l	1	E	ULGE
Mo	1.35	0.46	µg/l	1	H	ENMU
Ni	6.16	1.28	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.865	0.213	µg/l	1	H	ENMU
Sr	71.0	9.3	µg/l	1	E	ULGE
V	0.783	0.200	µg/l	1	H	ENMU
Zn	57.3	20.2	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	9.45	1.39	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	23.2	3.48	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 14 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



Er beteckning	B1210-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791303					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	7.85	0.94	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.0081	0.0050	mg/l	1	H	ENMU
K	2.44	0.33	mg/l	1	E	ULGE
Mg	1.13	0.14	mg/l	1	E	ULGE
Na	2.35	0.34	mg/l	1	E	ULGE
Al	66.3	14.1	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	16.4	2.7	µg/l	1	E	ULGE
Cd	0.120	0.040	µg/l	1	H	ENMU
Co	2.58	0.54	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	382	48	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	3.60	0.92	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.184	0.050	µg/l	1	H	ENMU
Sr	29.4	3.8	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	25.6	9.1	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	6.70	0.98	mg/l	1	E	ULGE
SO ₄	16.4	2.46	mg/l	2	1	JELU

	Metod
1	Analys av vattenprov utan föregående uppslutning. Provet har surgjorts med 1 ml salpetersyra(suprapur) per 100 ml. Detta gäller dock ej prov som varit surgjort vid ankomsten till laboratoriet. Vid analys av W har provet ej surgjorts. Vid analys av Se har provet uppslutits med HCl i autoklav (120°C) i 30 minuter. För analys av Ag har provet konserverats med HCl. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008
2	CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1, CSN EN ISO 10304-2).

	Godkännare
EE	Elna Eneris
ENMU	Enrico Muth
JELU	Jenny Lundmark
MKA	Martina Krekula
TALA	Tanja Larsson
ULGE	Ulrika Genberg

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS
I	Man.Inm.
1	För analysen svarar ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfe 336/9, 190 00 Prague 9, Tjeckien, som är av det tjeckiska ackrediteringsorganet CAI ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 1163). CAI är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till.

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 16 (16)



L1222000

1CHNLAGL42A



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

Rapport

Sida 1 (3)



L1221999

1BZK9XHH7OP



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-09-24**
Utfärdad **2012-09-27**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3A

Er beteckning	2601-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791287					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	EE
Ca	498	60	mg/l	1	E	ULGE
Fe	1.43	0.29	mg/l	1	H	ENMU
K	11.2	1.5	mg/l	1	E	ULGE
Mg	49.9	6.1	mg/l	1	E	ULGE
Na	8.13	1.33	mg/l	1	E	ULGE
Al	13300	2620	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	19.5	3.8	µg/l	1	H	ENMU
Cd	95.1	15.8	µg/l	1	H	ENMU
Co	149	30	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	164	33	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	5400	677	µg/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	503	100	µg/l	1	H	ENMU
Pb	0.652	0.149	µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.1		µg/l	1	H	ENMU
Sr	435	57	µg/l	1	E	ULGE
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	51600	8130	µg/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	500	73	mg/l	1	E	ULGE

Rapport

Sida 2 (3)



L1221999

1BZK9XHH7OP



Er beteckning	2603-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791288					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet ($\pm$)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45 μ m*	JA			1	I	EE
Ca	91.0	10.9	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.0430	0.0099	mg/l	1	H	ENMU
K	3.35	0.43	mg/l	1	E	ULGE
Mg	10.2	1.3	mg/l	1	E	ULGE
Na	3.82	0.49	mg/l	1	E	ULGE
Al	395	79	μ g/l	1	H	ENMU
As	<1		μ g/l	1	H	ENMU
Ba	30.0	4.9	μ g/l	1	E	ULGE
Cd	9.18	1.53	μ g/l	1	H	ENMU
Co	14.0	2.9	μ g/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		μ g/l	1	H	ENMU
Cu	67.6	13.5	μ g/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		μ g/l	1	F	TALA
Mn	1060	133	μ g/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		μ g/l	1	H	ENMU
Ni	40.9	8.2	μ g/l	1	H	ENMU
Pb	1.95	0.38	μ g/l	1	H	ENMU
Sb	0.207	0.060	μ g/l	1	H	ENMU
Sr	135	18	μ g/l	1	E	ULGE
V	0.0875	0.0526	μ g/l	1	H	ENMU
Zn	4150	1460	μ g/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	89.1	13.1	mg/l	1	E	ULGE

Er beteckning	Dike nedströms-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791289					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet ($\pm$)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45 μ m*	JA			1	I	EE
Ca	154	19	mg/l	1	E	ULGE
Fe	0.610	0.123	mg/l	1	H	ENMU
K	7.55	0.94	mg/l	1	E	ULGE
Mg	20.7	2.5	mg/l	1	E	ULGE
Na	3.20	0.43	mg/l	1	E	ULGE
Al	19600	3850	μ g/l	1	H	ENMU
As	<1		μ g/l	1	H	ENMU
Ba	11.0	1.8	μ g/l	1	E	ULGE
Cd	74.1	12.3	μ g/l	1	H	ENMU
Co	68.4	14.0	μ g/l	1	H	ENMU
Cr	0.554	0.213	μ g/l	1	H	ENMU
Cu	436	87	μ g/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		μ g/l	1	F	TALA
Mn	5680	712	μ g/l	1	E	ULGE
Mo	<0.5		μ g/l	1	H	ENMU
Ni	129	26	μ g/l	1	H	ENMU
Pb	7.51	1.44	μ g/l	1	H	ENMU
Sb	<0.1		μ g/l	1	H	ENMU
Sr	166	22	μ g/l	1	E	ULGE
V	<0.05		μ g/l	1	H	ENMU
Zn	27100	4260	μ g/l	1	E	ULGE
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	MKA
S	199	29	mg/l	1	E	ULGE

	Metod
1	Analys av vattenprov utan föregående uppslutning. Provet har surgjorts med 1 ml salpetersyra(suprapur) per 100 ml. Detta gäller dock ej prov som varit surgjort vid ankomsten till laboratoriet. Vid analys av W har provet ej surgjorts. Vid analys av Se har provet uppslutits med HCl i autoklav (120°C) i 30 minuter. För analys av Ag har provet konserverats med HCl. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008

	Godkännare
EE	Elna Eneris
ENMU	Enrico Muth
MKA	Martina Krekula
TALA	Tanja Larsson
ULGE	Ulrika Genberg

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS
I	Man.Inm.

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 1 (3)



L1221998

1CHNJBCH6TZ



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-09-24**
Utfärdad **2012-10-03**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3B

Er beteckning	2601-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791284					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	446	48	mg/l	1	E	LABJ
Fe	1.54	0.29	mg/l	1	H	ENMU
K	12.0	2.2	mg/l	1	E	LABJ
Mg	46.1	4.3	mg/l	1	E	LABJ
Na	7.08	3.70	mg/l	1	E	LABJ
S	517	72	mg/l	1	E	LABJ
Al	14000	2470	µg/l	1	H	ENMU
As	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ba	19.5	3.4	µg/l	1	H	ENMU
Cd	94.6	13.5	µg/l	1	H	ENMU
Co	137	25	µg/l	1	H	ENMU
Cr	3.45	0.70	µg/l	1	H	ENMU
Cu	143	26	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	4530	786	µg/l	1	H	ENMU
Mo	10.2	3.3	µg/l	1	H	ENMU
Ni	511	96	µg/l	1	H	ENMU
Pb	0.706	0.223	µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.1		µg/l	1	H	ENMU
Sr	387	32	µg/l	1	E	LABJ
V	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Zn	47100	4520	µg/l	1	E	LABJ
SO ₄	1140	171	mg/l	2	1	JELU

Rapport

Sida 2 (3)



L1221998

1CHNJBCH6TZ



Er beteckning	2603-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791285					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	81.5	8.7	mg/l	1	E	LABJ
Fe	0.158	0.020	mg/l	1	E	LABJ
K	3.04	0.32	mg/l	1	E	LABJ
Mg	9.92	0.91	mg/l	1	E	LABJ
Na	3.77	0.49	mg/l	1	E	LABJ
S	92.9	13.0	mg/l	1	E	LABJ
Al	1480	137	µg/l	1	E	LABJ
As	0.711	0.664	µg/l	1	H	ENMU
Ba	26.5	3.2	µg/l	1	E	LABJ
Cd	8.74	1.25	µg/l	1	H	ENMU
Co	13.7	2.4	µg/l	1	H	ENMU
Cr	2.17	0.41	µg/l	1	H	ENMU
Cu	79.7	8.1	µg/l	1	E	LABJ
Hg	<0.02		µg/l	1	F	EM
Mn	1030	95	µg/l	1	E	LABJ
Mo	2.19	1.01	µg/l	1	H	ENMU
Ni	42.4	8.4	µg/l	1	H	ENMU
Pb	2.47	0.47	µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.238	0.149	µg/l	1	H	ENMU
Sr	123	10	µg/l	1	E	LABJ
V	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Zn	4640	445	µg/l	1	E	LABJ
SO ₄	203	30.5	mg/l	2	1	JELU

Er beteckning	Dike nedströms-20120919 2012-09-19					
Labnummer	U10791286					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	169	18	mg/l	1	E	LABJ
Fe	8.36	0.75	mg/l	1	E	LABJ
K	6.06	1.09	mg/l	1	E	LABJ
Mg	23.6	2.2	mg/l	1	E	LABJ
Na	3.52	1.85	mg/l	1	E	LABJ
S	250	35	mg/l	1	E	LABJ
Al	23600	2050	µg/l	1	E	LABJ
As	2.22	0.89	µg/l	1	H	ENMU
Ba	17.0	3.0	µg/l	1	H	ENMU
Cd	84.5	12.0	µg/l	1	H	ENMU
Co	79.8	14.7	µg/l	1	H	ENMU
Cr	1.97	0.39	µg/l	1	H	ENMU
Cu	500	54	µg/l	1	E	LABJ
Hg	0.0430	0.0110	µg/l	1	F	EM
Mn	6620	622	µg/l	1	E	LABJ
Mo	0.844	0.917	µg/l	1	H	ENMU
Ni	154	28	µg/l	1	H	ENMU
Pb	11.0	1.9	µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.161	0.145	µg/l	1	H	ENMU
Sr	182	15	µg/l	1	E	LABJ
V	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Zn	29600	2840	µg/l	1	E	LABJ
SO ₄	572	85.8	mg/l	2	1	JELU

	Metod
1	Upplösning och analys av vattenprov, 12 ml prov och 1.2 ml HNO ₃ (suprapur) har behandlats i autoklav. Vid analys av Ag har upplösning skett med HCl i autoklav. För Se har upplösning skett med HCl i autoklav vid 120°C i 30 minuter. För W är provet upplöst med HNO ₃ och HF i värmeblock. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008
2	CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1, CSN EN ISO 10304-2).

	Godkännare
EM	Erik Magnusson
ENMU	Enrico Muth
JELU	Jenny Lundmark
LABJ	Lars Björken

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS
1	För analysen svarar ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfe 336/9, 190 00 Prague 9, Tjeckien, som är av det tjeckiska ackrediteringsorganet CAI ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 1163). CAI är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till.

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 1 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-12-28**
Utfärdad **2013-01-10**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3A

Er beteckning	26GRV1-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825414					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	6.36	0.77	mg/l	1	E	EL
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	2.35	0.31	mg/l	1	E	EL
Mg	1.17	0.14	mg/l	1	E	EL
Na	6.41	0.79	mg/l	1	E	EL
Al	3.47	5.54	µg/l	1	H	ENMU
As	7.09	2.08	µg/l	1	H	ENMU
Ba	4.87	0.96	µg/l	1	H	ENMU
Cd	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Co	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	1.80	0.42	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	0.416	0.514	µg/l	1	H	ENMU
Mo	0.869	0.427	µg/l	1	H	ENMU
Ni	1.10	0.41	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.264	0.070	µg/l	1	H	ENMU
Sr	24.6	3.2	µg/l	1	E	EL
V	0.258	0.067	µg/l	1	H	ENMU
Zn	2.04	1.14	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	2.86	0.42	mg/l	1	E	EL
SO ₄	7.88	1.18	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.59	0.12	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 2 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	26GRV2-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825415					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	214	26	mg/l	1	E	EL
Fe	0.0199	0.0100	mg/l	1	H	DKA
K	10.2	1.4	mg/l	1	E	EL
Mg	44.3	5.4	mg/l	1	E	EL
Na	6.50	1.20	mg/l	1	E	EL
Al	8680	1300	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	34.4	6.7	µg/l	1	H	DKA
Cd	25.9	4.3	µg/l	1	H	DKA
Co	58.4	12.1	µg/l	1	H	DKA
Cr	<1		µg/l	1	H	ENMU
Cu	179	27	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	4040	506	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	930	122	µg/l	1	E	EL
Pb	1.89	0.40	µg/l	1	H	DKA
Sb	0.757	0.193	µg/l	1	H	DKA
Sr	586	77	µg/l	1	E	EL
V	0.160	0.081	µg/l	1	H	DKA
Zn	96000	15100	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	292	43	mg/l	1	E	EL
SO ₄	786	118	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	1.44	0.29	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 3 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	26GRV3-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825416					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	302	36	mg/l	1	E	EL
Fe	1.73	0.22	mg/l	1	E	EL
K	20.1	2.7	mg/l	1	E	EL
Mg	307	38	mg/l	1	E	EL
Na	11.3	2.3	mg/l	1	E	EL
Al	362000	54400	µg/l	1	E	EL
As	<10		µg/l	1	H	DKA
Ba	23.7	4.8	µg/l	1	H	DKA
Cd	754	97	µg/l	1	E	EL
Co	1510	184	µg/l	1	E	EL
Cr	6.74	2.14	µg/l	1	H	DKA
Cu	7310	973	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	30800	3860	µg/l	1	E	EL
Mo	<5		µg/l	1	H	DKA
Ni	8850	1170	µg/l	1	E	EL
Pb	5.83	1.44	µg/l	1	H	DKA
Sb	<1		µg/l	1	H	DKA
Sr	549	72	µg/l	1	E	EL
V	<0.5		µg/l	1	H	DKA
Zn	387000	61100	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	1480	217	mg/l	1	E	EL
SO ₄	4340	651	mg/l	2	1	JELU
Cl	3.64	0.729	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	8.12	1.62	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 4 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	26GRV4-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825417					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	3.68	0.45	mg/l	1	E	EL
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	1.25	0.19	mg/l	1	E	EL
Mg	0.517	0.064	mg/l	1	E	EL
Na	3.92	0.51	mg/l	1	E	EL
Al	2.60	5.52	µg/l	1	H	ENMU
As	2.20	0.85	µg/l	1	H	ENMU
Ba	2.39	0.49	µg/l	1	H	ENMU
Cd	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Co	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	2.27	0.49	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Mo	0.724	0.398	µg/l	1	H	ENMU
Ni	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.140	0.042	µg/l	1	H	ENMU
Sr	14.0	1.8	µg/l	1	E	EL
V	0.120	0.042	µg/l	1	H	ENMU
Zn	3.68	1.59	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	2.20	0.33	mg/l	1	E	EL
SO ₄	5.98	0.90	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.92	0.18	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 5 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1201-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825418					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	44.9	5.4	mg/l	1	E	EL
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	3.91	0.50	mg/l	1	E	EL
Mg	5.79	0.71	mg/l	1	E	EL
Na	2.85	0.39	mg/l	1	E	EL
Al	6.58	5.65	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	13.5	2.6	µg/l	1	H	ENMU
Cd	0.685	0.121	µg/l	1	H	ENMU
Co	0.0888	0.1040	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	3.16	0.67	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	11.9	1.6	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	32.7	6.5	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.582	0.147	µg/l	1	H	ENMU
Sr	61.4	8.0	µg/l	1	E	EL
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	2330	368	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	34.5	5.1	mg/l	1	E	EL
SO ₄	91.8	13.8	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	0.062		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.62	0.12	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 6 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1202-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825419					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	265	32	mg/l	1	E	EL
Fe	128	16	mg/l	1	E	EL
K	13.8	2.0	mg/l	1	E	EL
Mg	145	18	mg/l	1	E	EL
Na	10.8	2.2	mg/l	1	E	EL
Al	375000	56300	µg/l	1	E	EL
As	<10		µg/l	1	H	DKA
Ba	11.6	2.6	µg/l	1	H	DKA
Cd	423	55	µg/l	1	E	EL
Co	615	75	µg/l	1	E	EL
Cr	<5		µg/l	1	H	DKA
Cu	649	92	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	19000	2380	µg/l	1	E	EL
Mo	<5		µg/l	1	H	DKA
Ni	1510	199	µg/l	1	E	EL
Pb	18.0	3.6	µg/l	1	H	DKA
Sb	<1		µg/l	1	H	DKA
Sr	321	42	µg/l	1	E	EL
V	<0.5		µg/l	1	H	DKA
Zn	329000	52000	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	1290	190	mg/l	1	E	EL
SO ₄	4100	615	mg/l	2	1	JELU
Cl	5.37	1.07	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	4.84	0.97	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 7 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1203-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825420					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	27.7	3.3	mg/l	1	E	EL
Fe	0.622	0.079	mg/l	1	E	EL
K	3.72	0.48	mg/l	1	E	EL
Mg	4.22	0.52	mg/l	1	E	EL
Na	42.7	5.2	mg/l	1	E	EL
Al	524	79	µg/l	1	E	EL
As	25.1	7.1	µg/l	1	H	ENMU
Ba	227	37	µg/l	1	E	EL
Cd	0.782	0.142	µg/l	1	H	ENMU
Co	12.8	2.6	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	59.1	8.3	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	167	21	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	28.2	5.7	µg/l	1	H	ENMU
Pb	1.27	0.27	µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.424	0.105	µg/l	1	H	ENMU
Sr	102	13	µg/l	1	E	EL
V	7.83	1.61	µg/l	1	H	ENMU
Zn	859	136	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	9.80	1.44	mg/l	1	E	EL
SO ₄	24.2	3.63	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	1.28	0.26	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 8 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1204-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825421					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	14.9	1.8	mg/l	1	E	EL
Fe	0.0055	0.0047	mg/l	1	H	ENMU
K	1.97	0.27	mg/l	1	E	EL
Mg	1.74	0.21	mg/l	1	E	EL
Na	2.74	0.38	mg/l	1	E	EL
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	1.61	0.74	µg/l	1	H	ENMU
Ba	7.30	1.45	µg/l	1	H	ENMU
Cd	1.21	0.21	µg/l	1	H	ENMU
Co	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	3.13	0.72	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	3.37	0.88	µg/l	1	H	ENMU
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	3.11	0.84	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.329	0.092	µg/l	1	H	ENMU
Sr	31.2	4.1	µg/l	1	E	EL
V	0.105	0.052	µg/l	1	H	ENMU
Zn	355	56	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	7.79	1.14	mg/l	1	E	EL
SO ₄	21.2	3.18	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	0.424		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.56	0.11	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 9 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1205-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825422					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	299	36	mg/l	1	E	EL
Fe	3.35	0.42	mg/l	1	E	EL
K	10.6	1.4	mg/l	1	E	EL
Mg	32.8	4.0	mg/l	1	E	EL
Na	8.98	1.41	mg/l	1	E	EL
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	2.48	0.92	µg/l	1	H	ENMU
Ba	12.5	2.4	µg/l	1	H	ENMU
Cd	0.0665	0.0373	µg/l	1	H	ENMU
Co	22.0	4.5	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	2.20	0.48	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	3480	437	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	42.7	8.7	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.1		µg/l	1	H	ENMU
Sr	258	34	µg/l	1	E	EL
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	2050	323	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	286	42	mg/l	1	E	EL
SO ₄	755	113	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.72	0.544	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.61	0.12	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 10 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1206-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825423					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	520	62	mg/l	1	E	EL
Fe	2.84	0.36	mg/l	1	E	EL
K	12.2	1.6	mg/l	1	E	EL
Mg	41.3	5.1	mg/l	1	E	EL
Na	10.5	1.5	mg/l	1	E	EL
Al	<2		µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	23.5	4.6	µg/l	1	H	ENMU
Cd	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Co	13.3	2.7	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7020	880	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	11.9	2.6	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.169	0.049	µg/l	1	H	ENMU
Sr	578	76	µg/l	1	E	EL
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	2910	458	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	448	66	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1230	185	mg/l	2	1	JELU
Cl	4.64	0.927	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	2.39	0.48	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 11 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1207-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825424					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	197	24	mg/l	1	E	EL
Fe	0.231	0.029	mg/l	1	E	EL
K	6.57	0.83	mg/l	1	E	EL
Mg	16.3	2.0	mg/l	1	E	EL
Na	17.8	2.2	mg/l	1	E	EL
Al	8.33	5.77	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	60.3	9.9	µg/l	1	E	EL
Cd	2.49	0.42	µg/l	1	H	ENMU
Co	2.69	0.59	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	<1		µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	2380	298	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	8.37	1.77	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.215	0.057	µg/l	1	H	ENMU
Sr	268	35	µg/l	1	E	EL
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	1320	209	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	77.2	11.3	mg/l	1	E	EL
SO ₄	223	33.5	mg/l	2	1	JELU
Cl	3.62	0.725	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	20.7		mg/l	3	1	JELU
DOC	38.9	7.78	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 12 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1208-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825425					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	352	42	mg/l	1	E	EL
Fe	0.166	0.025	mg/l	1	E	EL
K	9.56	1.32	mg/l	1	E	EL
Mg	30.1	3.7	mg/l	1	E	EL
Na	12.8	1.8	mg/l	1	E	EL
Al	7.50	5.73	µg/l	1	H	ENMU
As	1.97	0.80	µg/l	1	H	ENMU
Ba	33.1	6.5	µg/l	1	H	ENMU
Cd	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Co	0.744	0.206	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	1.41	0.34	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	3910	491	µg/l	1	E	EL
Mo	1.06	0.44	µg/l	1	H	ENMU
Ni	1.55	0.56	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.505	0.126	µg/l	1	H	ENMU
Sr	368	48	µg/l	1	E	EL
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	32.7	11.6	µg/l	1	H	ENMU
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	295	43	mg/l	1	E	EL
SO ₄	775	116	mg/l	2	1	JELU
Cl	21.2	4.23	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	3.79	0.76	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 13 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1209-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825426					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	26.6	3.2	mg/l	1	E	EL
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	2.66	0.35	mg/l	1	E	EL
Mg	1.56	0.19	mg/l	1	E	EL
Na	5.08	0.64	mg/l	1	E	EL
Al	7.34	5.68	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	17.8	3.5	µg/l	1	H	ENMU
Cd	0.228	0.051	µg/l	1	H	ENMU
Co	1.28	0.29	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	4.74	0.97	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	132	17	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	4.52	0.95	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.448	0.115	µg/l	1	H	ENMU
Sr	54.9	7.2	µg/l	1	E	EL
V	0.498	0.108	µg/l	1	H	ENMU
Zn	46.1	7.4	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	7.01	1.03	mg/l	1	E	EL
SO ₄	19.4	2.91	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	1.25	0.25	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 14 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	B1210-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825427					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	5.87	0.71	mg/l	1	E	EL
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	1.86	0.26	mg/l	1	E	EL
Mg	0.915	0.112	mg/l	1	E	EL
Na	2.17	0.32	mg/l	1	E	EL
Al	51.5	11.5	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	12.3	2.0	µg/l	1	E	EL
Cd	0.0596	0.0346	µg/l	1	H	ENMU
Co	1.73	0.38	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	2.21	0.50	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	176	22	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	2.81	0.70	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.1		µg/l	1	H	ENMU
Sr	20.6	2.7	µg/l	1	E	EL
V	0.0524	0.0353	µg/l	1	H	ENMU
Zn	18.3	3.2	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	5.18	0.76	mg/l	1	E	EL
SO ₄	14.6	2.20	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	0.759		mg/l	3	1	JELU
DOC	1.07	0.21	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 15 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	2601-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825428					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	445	53	mg/l	1	E	EL
Fe	0.0791	0.0186	mg/l	1	H	DKA
K	10.6	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	67.6	8.3	mg/l	1	E	EL
Na	8.18	1.34	mg/l	1	E	EL
Al	21000	3160	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	18.1	3.6	µg/l	1	H	DKA
Cd	141	19	µg/l	1	E	EL
Co	232	29	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	258	36	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7810	979	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	847	112	µg/l	1	E	EL
Pb	0.832	0.229	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	434	57	µg/l	1	E	EL
V	0.114	0.082	µg/l	1	H	DKA
Zn	75600	11900	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	527	77	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1510	227	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.56	0.512	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.51	0.10	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 16 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Er beteckning	2603-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825429					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	45.1	5.4	mg/l	1	E	EL
Fe	0.0233	0.0041	mg/l	1	E	EL
K	1.93	0.26	mg/l	1	E	EL
Mg	5.12	0.63	mg/l	1	E	EL
Na	3.57	0.47	mg/l	1	E	EL
Al	56.0	12.3	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	17.2	2.8	µg/l	1	E	EL
Cd	1.38	0.24	µg/l	1	H	ENMU
Co	1.91	0.41	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	6.28	1.29	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	206	26	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	7.09	1.48	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.1		µg/l	1	H	ENMU
Sr	99.1	12.9	µg/l	1	E	EL
V	0.0683	0.0395	µg/l	1	H	ENMU
Zn	814	128	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	40.5	5.9	mg/l	1	E	EL
SO ₄	130	19.4	mg/l	2	1	JELU
Cl	<1.00		mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	0.156		mg/l	3	1	JELU
DOC	1.81	0.36	mg/l	4	1	JELU

	Metod
1	Analys av vattenprov utan föregående uppslutning. Provet har surgjorts med 1 ml salpetersyra(suprapur) per 100 ml. Detta gäller dock ej prov som varit surgjort vid ankomsten till laboratoriet. Vid analys av W har provet ej surgjorts. Vid analys av Se har provet uppslutits med HCl i autoklav (120°C) i 30 minuter. För analys av Ag har provet konserverats med HCl. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008
2	CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1, CSN EN ISO 10304-2).
3	CZ_SOP_D06_02_019 Determination of ammonia, nitrites, and total oxidized nitrogen ions by discrete spectrophotometry (akuekem) (based on CSN ISO 11732, CSN ISO 13395)
4	CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).

	Godkännare
ASAP	Åsa Apelqvist
DKA	Dan Krekula
EL	Erik Lidman
ENMU	Enrico Muth
JELU	Jenny Lundmark
TALA	Tanja Larsson

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS
I	Man.Inm.
1	För analysen svarar ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfe 336/9, 190 00 Prague 9, Tjeckien, som är av det tjeckiska ackrediteringsorganet CAI ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 1163). CAI är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till.

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 18 (18)



L1231794

1KXXLJHY90G



Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

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

Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

Rapport

Sida 1 (3)



L1231795

1KBFN1MJQ8S



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-12-28**
Utfärdad **2013-01-03**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3B

Er beteckning	2601-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825430					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	407	43	mg/l	1	E	EL
Fe	0.273	0.057	mg/l	1	H	ENMU
K	10.5	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	65.8	6.0	mg/l	1	E	EL
Na	8.43	1.97	mg/l	1	E	EL
S	516	72	mg/l	1	E	EL
Al	19200	1650	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	16.4	2.9	µg/l	1	H	ENMU
Cd	120	17	µg/l	1	H	ENMU
Co	190	34	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	275	35	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7590	707	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	761	124	µg/l	1	E	EL
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	404	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	67200	6540	µg/l	1	E	EL

Rapport

Sida 2 (3)



L1231795

1KBFN1MJQ8S



Er beteckning	2603-20121220 2012-12-20					
Labnummer	U10825431					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet ($\pm$)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	41.4	4.4	mg/l	1	E	EL
Fe	0.487	0.046	mg/l	1	E	EL
K	1.95	0.25	mg/l	1	E	EL
Mg	4.79	0.43	mg/l	1	E	EL
Na	3.44	0.47	mg/l	1	E	EL
S	40.6	5.7	mg/l	1	E	EL
Al	875	85	μ g/l	1	E	EL
As	0.981	0.691	μ g/l	1	H	ENMU
Ba	15.8	2.7	μ g/l	1	E	EL
Cd	1.52	0.22	μ g/l	1	H	ENMU
Co	1.99	0.41	μ g/l	1	H	ENMU
Cr	<0.9		μ g/l	1	H	ENMU
Cu	12.9	2.4	μ g/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		μ g/l	1	F	TALA
Mn	198	18	μ g/l	1	E	EL
Mo	<0.5		μ g/l	1	H	ENMU
Ni	7.68	1.89	μ g/l	1	H	ENMU
Pb	0.978	0.254	μ g/l	1	H	ENMU
Sb	0.126	0.144	μ g/l	1	H	ENMU
Sr	90.8	7.4	μ g/l	1	E	EL
V	<0.2		μ g/l	1	H	ENMU
Zn	731	71	μ g/l	1	E	EL

	Metod
1	Upplösning och analys av vattenprov, 12 ml prov och 1.2 ml HNO₃ (suprapur) har behandlats i autoklav. Vid analys av Ag har upplösning skett med HCl i autoklav. För Se har upplösning skett med HCl i autoklav vid 120°C i 30 minuter. För W är provet upplöst med HNO₃ och HF i värmeblock. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008

	Godkännare
EL	Erik Lidman
ENMU	Enrico Muth
TALA	Tanja Larsson

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 1 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-12-28**
Utfärdad **2013-01-10**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3A

Er beteckning	Dagbrott1-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825463					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	403	48	mg/l	1	E	EL
Fe	0.0693	0.0168	mg/l	1	H	DKA
K	9.90	1.35	mg/l	1	E	EL
Mg	63.4	7.8	mg/l	1	E	EL
Na	8.27	1.35	mg/l	1	E	EL
Al	11700	1760	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	17.7	3.5	µg/l	1	H	DKA
Cd	118	16	µg/l	1	E	EL
Co	212	27	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	190	29	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8060	1010	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	768	101	µg/l	1	E	EL
Pb	0.501	0.190	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	426	56	µg/l	1	E	EL
V	0.131	0.078	µg/l	1	H	DKA
Zn	69400	10900	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	476	70	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1410	211	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.58	0.516	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.60	0.12	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 2 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott2-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825464					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	445	53	mg/l	1	E	EL
Fe	0.0955	0.0217	mg/l	1	H	DKA
K	10.9	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	70.0	8.6	mg/l	1	E	EL
Na	8.22	1.34	mg/l	1	E	EL
Al	21900	3280	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	18.6	3.6	µg/l	1	H	DKA
Cd	144	19	µg/l	1	E	EL
Co	237	29	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	268	41	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8070	1010	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	884	116	µg/l	1	E	EL
Pb	1.05	0.27	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	435	57	µg/l	1	E	EL
V	<0.1		µg/l	1	H	DKA
Zn	78100	12300	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	538	79	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1590	238	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.66	0.532	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.51	0.10	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 3 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott3-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825465					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	446	54	mg/l	1	E	EL
Fe	0.109	0.020	mg/l	1	E	EL
K	10.9	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	70.1	8.6	mg/l	1	E	EL
Na	8.29	1.35	mg/l	1	E	EL
Al	22400	3360	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	18.3	3.6	µg/l	1	H	DKA
Cd	148	19	µg/l	1	E	EL
Co	239	29	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	268	38	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8180	1020	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	889	117	µg/l	1	E	EL
Pb	1.12	0.27	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	437	57	µg/l	1	E	EL
V	<0.1		µg/l	1	H	DKA
Zn	79000	12500	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	533	78	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1600	240	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.75	0.550	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.53	0.11	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 4 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott4-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825466					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	445	53	mg/l	1	E	EL
Fe	0.114	0.021	mg/l	1	E	EL
K	10.8	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	69.3	8.5	mg/l	1	E	EL
Na	8.21	1.34	mg/l	1	E	EL
Al	23200	3490	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	17.1	3.3	µg/l	1	H	DKA
Cd	147	19	µg/l	1	E	EL
Co	238	29	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	276	39	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8090	1010	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	888	117	µg/l	1	E	EL
Pb	1.06	0.27	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	435	57	µg/l	1	E	EL
V	<0.1		µg/l	1	H	DKA
Zn	79400	12500	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	533	78	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1610	242	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.55	0.509	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.52	0.10	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 5 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott5-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825467					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	441	53	mg/l	1	E	EL
Fe	0.0879	0.0185	mg/l	1	H	ENMU
K	11.2	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	68.3	8.4	mg/l	1	E	EL
Na	8.30	1.35	mg/l	1	E	EL
Al	23800	3580	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	16.8	3.3	µg/l	1	H	ENMU
Cd	148	19	µg/l	1	E	EL
Co	233	29	µg/l	1	E	EL
Cr	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Cu	280	39	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8080	1010	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	881	117	µg/l	1	E	EL
Pb	0.915	0.197	µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.1		µg/l	1	H	ENMU
Sr	441	58	µg/l	1	E	EL
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	77200	12200	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	533	78	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1630	244	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.59	0.518	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.62	0.12	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 6 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott6-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825468					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	448	54	mg/l	1	E	EL
Fe	0.115	0.020	mg/l	1	E	EL
K	10.7	1.4	mg/l	1	E	EL
Mg	69.4	8.6	mg/l	1	E	EL
Na	8.24	1.34	mg/l	1	E	EL
Al	23800	3570	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	18.7	3.7	µg/l	1	H	DKA
Cd	149	19	µg/l	1	E	EL
Co	240	30	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	286	40	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8130	1020	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	894	118	µg/l	1	E	EL
Pb	1.05	0.26	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	437	57	µg/l	1	E	EL
V	<0.1		µg/l	1	H	DKA
Zn	79300	12500	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	539	79	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1630	244	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.34	0.468	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.51	0.10	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 7 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott7-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825469					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	448	54	mg/l	1	E	EL
Fe	0.116	0.021	mg/l	1	E	EL
K	10.8	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	70.3	8.7	mg/l	1	E	EL
Na	8.22	1.34	mg/l	1	E	EL
Al	23900	3590	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	19.0	3.7	µg/l	1	H	DKA
Cd	150	19	µg/l	1	E	EL
Co	242	30	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	281	39	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8150	1020	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	892	118	µg/l	1	E	EL
Pb	1.03	0.26	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	438	57	µg/l	1	E	EL
V	<0.1		µg/l	1	H	DKA
Zn	79700	12600	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	525	77	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1610	242	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.73	0.547	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.52	0.10	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 8 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott8-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825470					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	448	54	mg/l	1	E	EL
Fe	0.117	0.021	mg/l	1	E	EL
K	10.8	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	70.5	8.7	mg/l	1	E	EL
Na	8.21	1.34	mg/l	1	E	EL
Al	24100	3610	µg/l	1	E	EL
As	<2		µg/l	1	H	DKA
Ba	17.8	3.5	µg/l	1	H	DKA
Cd	146	19	µg/l	1	E	EL
Co	239	30	µg/l	1	E	EL
Cr	<1		µg/l	1	H	DKA
Cu	289	44	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8130	1020	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	DKA
Ni	887	119	µg/l	1	E	EL
Pb	1.04	0.26	µg/l	1	H	DKA
Sb	<0.2		µg/l	1	H	DKA
Sr	438	57	µg/l	1	E	EL
V	<0.1		µg/l	1	H	DKA
Zn	79000	12400	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	541	80	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1650	248	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.92	0.585	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.51	0.10	mg/l	4	1	JELU

Rapport

Sida 9 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Er beteckning	Dagbrott9-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825471					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Filtrerad med 0,45µm*	JA			1	I	ASAP
Ca	531	64	mg/l	1	E	EL
Fe	<0.004		mg/l	1	H	ENMU
K	11.6	1.5	mg/l	1	E	EL
Mg	222	27	mg/l	1	E	EL
Na	8.56	1.37	mg/l	1	E	EL
Al	133	27	µg/l	1	H	ENMU
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	18.7	3.6	µg/l	1	H	ENMU
Cd	5.92	0.99	µg/l	1	H	ENMU
Co	4.23	0.89	µg/l	1	H	ENMU
Cr	1.80	0.40	µg/l	1	H	ENMU
Cu	1.33	0.33	µg/l	1	H	ENMU
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	87.7	11.3	µg/l	1	E	EL
Mo	<0.5		µg/l	1	H	ENMU
Ni	11.8	2.4	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.134	0.047	µg/l	1	H	ENMU
Sr	622	81	µg/l	1	E	EL
V	<0.05		µg/l	1	H	ENMU
Zn	1040	164	µg/l	1	E	EL
Stabiliserad med H ₂ O ₂ för S*	JA			1	I	ASAP
S	679	99	mg/l	1	E	EL
SO ₄	1640	246	mg/l	2	1	JELU
Cl	2.57	0.514	mg/l	2	1	JELU
NO ₃ -N	<0.060		mg/l	3	1	JELU
DOC	0.88	0.18	mg/l	4	1	JELU

	Metod
1	Analys av vattenprov utan föregående uppslutning. Provet har surgjorts med 1 ml salpetersyra(suprapur) per 100 ml. Detta gäller dock ej prov som varit surgjort vid ankomsten till laboratoriet. Vid analys av W har provet ej surgjorts. Vid analys av Se har provet uppslutits med HCl i autoklav (120°C) i 30 minuter. För analys av Ag har provet konserverats med HCl. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008
2	CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1, CSN EN ISO 10304-2).
3	CZ_SOP_D06_02_019 Determination of ammonia, nitrites, and total oxidized nitrogen ions by discrete spectrophotometry (akuekem) (based on CSN ISO 11732, CSN ISO 13395)
4	CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).

	Godkännare
ASAP	Åsa Apelqvist
DKA	Dan Krekula
EL	Erik Lidman
ENMU	Enrico Muth
JELU	Jenny Lundmark
TALA	Tanja Larsson

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS
I	Man.Inm.
1	För analysen svarar ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfe 336/9, 190 00 Prague 9, Tjeckien, som är av det tjeckiska ackrediteringsorganet CAI ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 1163). CAI är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till.

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

Rapport

Sida 11 (11)



L1231827

1KXXQ1KM9EG



Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

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

Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

Rapport

Sida 1 (6)



L1231828

1KEU02UHN5W



Projekt

Boliden Mineral AB
Erik Spinnel

Registrerad **2012-12-28**
Utfärdad **2013-01-04**

Kontorsvägen 1
936 81 Boliden
Sweden

Analys: V3B

Er beteckning	Dagbrott1-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825472					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	370	39	mg/l	1	E	EL
Fe	2.09	0.20	mg/l	1	E	EL
K	9.65	1.25	mg/l	1	E	EL
Mg	62.8	5.8	mg/l	1	E	EL
Na	8.44	1.97	mg/l	1	E	EL
S	462	64	mg/l	1	E	EL
Al	12700	1130	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	15.7	2.8	µg/l	1	H	ENMU
Cd	95.5	13.9	µg/l	1	H	ENMU
Co	178	32	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	199	30	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7840	722	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	646	117	µg/l	1	H	ENMU
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	398	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	62000	6020	µg/l	1	E	EL

Rapport

Sida 2 (6)



L1231828

1KEU02UHN5W



Er beteckning	Dagbrott2-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825473					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	406	43	mg/l	1	E	EL
Fe	0.633	0.090	mg/l	1	E	EL
K	10.5	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	65.6	5.9	mg/l	1	E	EL
Na	8.45	1.97	mg/l	1	E	EL
S	521	73	mg/l	1	E	EL
Al	20000	1720	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	16.1	2.9	µg/l	1	H	ENMU
Cd	123	17	µg/l	1	H	ENMU
Co	202	36	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	292	35	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7860	741	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	789	126	µg/l	1	E	EL
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	0.202	0.290	µg/l	1	H	ENMU
Sr	404	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	71100	6850	µg/l	1	E	EL

Er beteckning	Dagbrott3-20121219 2012-12-19					
Labnummer	U10825474					
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	407	43	mg/l	1	E	EL
Fe	0.740	0.096	mg/l	1	E	EL
K	10.8	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	66.1	5.9	mg/l	1	E	EL
Na	8.40	1.97	mg/l	1	E	EL
S	524	75	mg/l	1	E	EL
Al	23100	1990	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	16.4	2.9	µg/l	1	H	ENMU
Cd	119	17	µg/l	1	H	ENMU
Co	194	35	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	278	34	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	8030	766	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	777	126	µg/l	1	E	EL
Pb	1.09	0.43	µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	403	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	71300	6830	µg/l	1	E	EL

Er beteckning		Dagbrott4-20121219 2012-12-19				
Labnummer		U10825475				
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	405	43	mg/l	1	E	EL
Fe	0.723	0.095	mg/l	1	E	EL
K	10.5	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	66.8	6.0	mg/l	1	E	EL
Na	8.47	1.97	mg/l	1	E	EL
S	523	73	mg/l	1	E	EL
Al	21300	1830	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	17.4	3.2	µg/l	1	H	ENMU
Cd	122	18	µg/l	1	H	ENMU
Co	197	35	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	288	34	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7900	741	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	796	126	µg/l	1	E	EL
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	402	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	70600	6820	µg/l	1	E	EL

Er beteckning		Dagbrott5-20121219 2012-12-19				
Labnummer		U10825476				
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	406	43	mg/l	1	E	EL
Fe	0.727	0.096	mg/l	1	E	EL
K	10.5	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	66.5	6.0	mg/l	1	E	EL
Na	8.33	1.96	mg/l	1	E	EL
S	523	73	mg/l	1	E	EL
Al	21500	1850	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	17.6	3.2	µg/l	1	H	ENMU
Cd	124	18	µg/l	1	H	ENMU
Co	201	36	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	300	36	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7840	731	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	791	126	µg/l	1	E	EL
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	405	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	70900	7000	µg/l	1	E	EL

Er beteckning		Dagbrott6-20121219 2012-12-19				
Labnummer		U10825477				
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	408	44	mg/l	1	E	EL
Fe	0.704	0.094	mg/l	1	E	EL
K	10.8	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	67.8	6.1	mg/l	1	E	EL
Na	8.46	1.97	mg/l	1	E	EL
S	528	74	mg/l	1	E	EL
Al	21700	1870	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	16.5	2.9	µg/l	1	H	ENMU
Cd	122	17	µg/l	1	H	ENMU
Co	197	35	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	299	35	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7990	737	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	788	126	µg/l	1	E	EL
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	400	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	70700	6800	µg/l	1	E	EL

Er beteckning		Dagbrott7-20121219 2012-12-19				
Labnummer		U10825478				
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	404	43	mg/l	1	E	EL
Fe	0.757	0.099	mg/l	1	E	EL
K	10.6	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	67.2	6.0	mg/l	1	E	EL
Na	8.38	1.96	mg/l	1	E	EL
S	521	73	mg/l	1	E	EL
Al	21900	1890	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	18.1	3.2	µg/l	1	H	ENMU
Cd	126	18	µg/l	1	H	ENMU
Co	199	35	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	300	34	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7900	737	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	795	126	µg/l	1	E	EL
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	400	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	70900	6840	µg/l	1	E	EL

Er beteckning		Dagbrott8-20121219 2012-12-19				
Labnummer		U10825479				
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	407	43	mg/l	1	E	EL
Fe	0.753	0.097	mg/l	1	E	EL
K	10.6	1.3	mg/l	1	E	EL
Mg	67.6	6.1	mg/l	1	E	EL
Na	8.40	1.97	mg/l	1	E	EL
S	521	73	mg/l	1	E	EL
Al	21900	1890	µg/l	1	E	EL
As	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ba	16.5	2.9	µg/l	1	H	ENMU
Cd	121	17	µg/l	1	H	ENMU
Co	201	36	µg/l	1	H	ENMU
Cr	<2		µg/l	1	H	ENMU
Cu	311	37	µg/l	1	E	EL
Hg	<0.02		µg/l	1	F	TALA
Mn	7920	734	µg/l	1	E	EL
Mo	<1		µg/l	1	H	ENMU
Ni	791	127	µg/l	1	E	EL
Pb	<1		µg/l	1	H	ENMU
Sb	<0.2		µg/l	1	H	ENMU
Sr	403	33	µg/l	1	E	EL
V	<0.4		µg/l	1	H	ENMU
Zn	71200	6910	µg/l	1	E	EL

Er beteckning		Dagbrott9-20121219 2012-12-19				
Labnummer		U10825480				
Parameter	Resultat	Mätosäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
Ca	955	102	mg/l	1	E	EL
Fe	218	19	mg/l	1	E	EL
K	15.8	1.8	mg/l	1	E	EL
Mg	853	76	mg/l	1	E	EL
Na	11.4	2.4	mg/l	1	E	EL
S	1280	179	mg/l	1	E	EL
Al	1670000	143000	µg/l	1	E	EL
As	81.5	23.2	µg/l	1	H	ENMU
Ba	227	23	µg/l	1	E	EL
Cd	1590	151	µg/l	1	E	EL
Co	4860	440	µg/l	1	E	EL
Cr	80.4	14.2	µg/l	1	H	ENMU
Cu	16200	1280	µg/l	1	E	EL
Hg	0.0205	0.0091	µg/l	1	F	TALA
Mn	165000	15200	µg/l	1	E	EL
Mo	8.47	10.80	µg/l	1	H	ENMU
Ni	19900	1710	µg/l	1	E	EL
Pb	144	25	µg/l	1	H	ENMU
Sb	5.86	1.97	µg/l	1	H	ENMU
Sr	1200	98	µg/l	1	E	EL
V	111	20	µg/l	1	H	ENMU
Zn	1950000	188000	µg/l	1	E	EL

	Metod
1	Upplösning och analys av vattenprov, 12 ml prov och 1.2 ml HNO₃ (suprapur) har behandlats i autoklav. Vid analys av Ag har upplösning skett med HCl i autoklav. För Se har upplösning skett med HCl i autoklav vid 120°C i 30 minuter. För W är provet upplöst med HNO₃ och HF i värmeblock. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SFMS). Analys av Hg med AFS har skett enligt SS-EN ISO 17852:2008

	Godkännare
EL	Erik Lidman
ENMU	Enrico Muth
TALA	Tanja Larsson

	Utf ¹
E	ICP-AES
F	AFS
H	ICP-SFMS

* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

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

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).