



Länsstyrelsen
GOTLANDS LÄN

Lummelunds bruk

Riskklassning enligt MIFO Fas I

Rapport nr 2 2004 från Länsstyrelsens livsmiljöenhet



Förord

Länsstyrelsen genomför för närvarande inventering av gamla industrifastigheter på Gotland där någon form av miljöfarlig verksamhet förekommit som kan ha gett upphov till markföroreningar. Inventeringen resulterar i en riskklassning vars huvudsyfte är att ge en indikation på hur angeläget det är att arbeta vidare med objektet i form av fördjupade undersökningar vilka kan leda fram till beslut om sanering av det förorenade området.

Denna rapport är utförd av Cecilia Cederborg som ett examensarbete vid Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet, samt som en rapport i Länsstyrelsen i Gotlands läns rapportserie. Huvudansvarig för arbetet med förorenade områden på Gotland är Mattias Vejlens.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING

1.1	Bakgrund	sid 5
1.2	Problemställning	sid 6
1.3	Syfte och mål	sid 7

2. METODIK

2.1	MIFO-modellen	sid 9
2.2	Provtagningsmetoder	sid 11
2.3	Analysmetoder	sid 12
2.4	Metallhalter i mark	sid 13
2.5	Metallhalter i sediment	sid 14

3. LUMMELUNDS BRUK

3.1	Områdesbeskrivning	
3.1.1	Lokal	sid 15
3.1.2	Berggrund	sid 16
3.1.3	Jordarter	sid 17
3.1.4	Hydrologi	sid 17
3.2	Lummelunds bruk	
3.2.1	Kort historik	sid 20
3.2.2	Nuvarande fastighetsägare	sid 20
3.3	Verksamheter	
3.3.1	Järnbruk	sid 22
3.3.2	Pappersbruk	sid 22
3.3.3	Mjölkvarn	sid 22
3.3.4	Sågverk	sid 23
3.3.5	Vadmalsstamp	sid 23

3.4	Processer	
3.4.1	Järnbruk	sid 24
3.4.2	Pappersbruk	sid 24
3.4.3	Mjölkvärn	sid 25
3.4.4	Sågverk	sid 25
3.4.5	Vadmalsstamp	sid 26
3.5	Föroreningar	
3.5.1	Järnbruk	sid 27
3.5.2	Pappersbruk	sid 27
3.5.3	Mjölkvärn	sid 27
3.5.4	Sågverk	sid 28
4.	UNDERSÖKNING OCH RESULTAT	
4.1	Undersökning av slagg	
4.1.1	Inventering av slagghögar	sid 29
4.1.2	Slaggens karaktär	sid 30
4.2	Undersökning av malm	
4.2.1	Malmens bildning	sid 31
4.2.2	Malmens sammansättning	sid 31
4.2.3	Malmens härkomst	sid 31
4.3	Undersökning av sediment	sid 33
4.4	Undersökning av jord	sid 34
4.5	Analysresultat	
4.5.1	Slagg	sid 35
4.5.2	Sediment	sid 36
4.5.3	Jord	sid 37
4.6	Bedömningsgrunder för riskklassning	sid 38
4.6.1	Föroreningarnas farlighet	sid 38
4.6.2	Föroreningsnivå	sid 40
4.6.3	Spridningsförutsättningar	sid 40
4.6.4	Känslighet och skyddsvärde	sid 42
4.6.5	Riskklassning	sid 43

5.	DISKUSSION	sid 45
6.	SLUTSATS	sid 49
7.	TACK!	sid 51
8.	LITTERATUR/REFERENSER	sid 53
9.	BILAGOR	
Bil.1	Lummelundagrottan	sid 55
Bil.2	Huvudavrinningsområde	sid 57
Bil.3	Historik Lummelunds bruk	sid 59
Bil.4	Historik Utö gruvor	sid 63
Bil.5	Analysresultat slagg	sid 65

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Målet för den svenska miljöpolitiken är att vi till nästa generation ska kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta. För att åstadkomma en ekologiskt hållbar samhällsutveckling fattade Sveriges Riksdag 1999 beslut om att införa 15 svenska miljömål. Ett av dessa miljömål heter "Giftfri miljö". Detta innebär att miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Viktiga åtgärder för att uppnå detta miljömål är att inventera och efterbehandla förorenade områden.

Nyligen beslutade Riksdagen om att senast år 2005 ska Sveriges förorenade områden vara identifierade. För minst 100 av de områden som är mest prioriterade med avseende på riskerna för människors hälsa och miljön skall arbetet med sanering och efterbehandling ha påbörjats. Minst 50 av de områden där arbete påbörjats skall dessutom vara åtgärdade. Som en del i detta har Gotlands län satt upp ett regionalt miljömål som lyder att senast år 2005 ska sanering och efterbehandling ha påbörjats på minst fem av de mest förorenade områdena. Minst två av de områden där arbete påbörjats ska dessutom vara åtgärdade.

För en kostnadseffektiv sanering är det av högsta intresse att identifiera och prioritera förorenade områden. I samarbete med landets länsstyrelser har Naturvårdsverket genomfört den s.k. Branschkartläggningen (BKL) som finns beskriven i Naturvårdsverkets rapport 4393. BKL hade som syfte att kartlägga ett 60-tal industribranscher och verksamheter där man förmodade att det finns ett eftersaneringsbehov. En branschklassning genomfördes i samband med BKL och innebar att varje industri och verksamhetsbransch fick en generell riskklass. De kriterier som användes för riskklassningen var faktorer som produktionsprocesser, råvaror som använts, produkter och avfall som skapats och rutiner för hantering av dessa, samt hur allvarliga effekter på hälsa och miljö som verksamheten bedömdes ha gett upphov till. Branscherna och objekten delades in i fyra generella riskklasser, där riskklass 1 motsvarar mycket stor risk och riskklass 4 mycket liten risk att verksamheten kan ha förorenat omgivande miljö. Riskklass 1 innebär också att området har högsta prioritet för att undersökas vidare enligt Naturvårdsverkets MIFO-modell, som finns beskriven i Naturvårdsverkets rapport 4918.

Länsstyrelsen i Gotlands län har under 1999-2002 identifierat ca 1300 platser där miljöfarlig verksamhet pågår eller har pågått på Gotland. Områdena undersöks nu enligt MIFO-modellen, se punkt 2.1. En av de identifierade platserna är Lummelunds bruk, där det en gång bl.a. funnits ett järnbruk. Framställning av järn går enligt BKL under verksamhetsbeteckningen järn, stål- och manufakturindustri och bör enligt Naturvårdsverket placeras i den generella riskklassen 1.

1.2 Problemställning

Vid Lummelunds bruk fanns mellan åren 1651-1712 ett järnbruk med en masugn och två hammarsmedjor. Efter nedsmältning av malmen i masugnen skyfflades restprodukten i form av slagg ut över området och med tiden bildades en stor slagghög, som har legat kvar på samma plats sedan järnbrukets tid. På ena sidan slagghögen ligger Lummelunds å, som rinner genom hela bruksparken. På andra sidan finns två grävda dammar. Slagg återfinns längs med åns och dammarnas stränder och bottnar samt ligger utspritt över hela området. Dessutom finns en del slagg på havsbotten utanför området.

Varje år besöker hundratusentals människor Lummelunds bruk eftersom den berömda Lummelundagrottan ligger här. Området är ett populärt rekreationsområde och många har picknick i parken. Precis vid Lummelunds ås utlopp ligger det en allmän badplats och många barn vistas här.

Järnmalmen hämtades från Utö gruvor i Stockholms skärgård och man vet att malmen från vissa av dessa gruvor innehåller höga halter av tungmetaller, som t.ex. bly, kvicksilver och arsenik. Vid smältande verksamhet i t.ex. masugn kan dessa tungmetaller avgå till luften i gasform. Rökgaserna från smältande processer släpptes förr ut orenade, vilket innebär att tungmetallhaltigt stoft kan ha spridits över hela området. Om förhöjda halter av tungmetaller finns i marken kan detta medföra att grundvattnet blir förorenat och hälsofarligt.

Ytterligare spridningsrisk finns eftersom slagghögen ligger så nära Lummelunds å och de grävda dammarna. Om utsläpp av miljöfarliga ämnen sker i rinnande vatten finns stor risk att hela vattensystemet kan bli förorenat. Det finns ett fiskbestånd av havsöring som varje år vandrar upp i ån och leker. Dessutom odlas regnbågslax i de grävda dammarna som äts av dem som bor på platsen.

På grund av ovanstående är nu Länsstyrelsen angelägen om att ta reda på vad slaggen innehåller och på vilket sätt den eller dess rökgaserna kan ha påverkat eller påverkar omgivande mark och vattendrag. Förutom negativ effekt på miljön kan det även finnas en hälsorisk eftersom slaggen ligger helt öppet och kan plockas upp av besökande.

1.3 Syfte och mål

Syftet är att ta reda på om de verksamheter som funnits på platsen, eller dess restprodukter, kan ha orsakat/orsakar några risker för människa och/eller omgivande miljö.

Målet är att genomföra en riskklassning av området enligt Naturvårdsverkets MIFO-modell fas 1, se punkt 2.1. Dessutom ska resultaten sammanställas i en rapport och registreras i Länsstyrelsens MIFO-databas.

2. METODIK

2.1 MIFO-modellen

Arbetet med att upprätta en enhetlig arbetsmetodik för riskbedömningar av förorenade områden startade 1994 under Naturvårdsverkets ledning. Resultatet blev MIFO-modellen (Metodik för Inventering av Förorenade Områden) som finns i Naturvårdsverkets rapport 4918. MIFO-modellen är indelad i fas 1 och fas 2. Eftersom denna rapport huvudsakligen omfattar fas 1, den orienterande studien, beskrivs endast denna här.

Den orienterande studien görs för att bekräfta förekomsten av föroreningar och för att avgöra på vilka punkter som dessa kan förväntas förekomma. Dessutom ska en bedömning göras av föroreningarnas spridningsförutsättningar i området. All väsentlig information om verksamheten som kan ha förorsakat en förorening, omgivningsförhållanden och berörda intressen ska samlas in i den orienterande studien. Detta görs genom arkivforskning, platsbesök, kartstudier, flygfoton samt om möjligt intervjuer med personer som arbetat på platsen. Uppgifter om det förorenade området kan exempelvis hämtas från topografiska, ekonomiska, geologiska och hydrogeologiska kartor. När allt tillgängligt material är insamlat skall detta sammanställas och utvärderas. För de föroreningar som finns eller förmodas finnas inom området ska hälso- och miljöfarligheten bedömas liksom föroreningsnivåer, spridningsförutsättningar, hur känslig människan är för föroreningarna samt naturens eget skyddsvärde. Bedömningen resulterar i att objektet inordnas i en av följande riskklasser:

Riskklass 1- Mycket stor risk för hälsa och miljö

Riskklass 2- Stor risk

Riskklass 3- Måttlig risk

Riskklass 4- Liten risk

Till hjälp för att kunna indela verksamheten i rätt riskklass har Naturvårdsverket tagit fram fem olika blanketter, MIFO-blankett A-E, som beskrivs nedan.

I blankett A ska administrativa uppgifter, som t.ex. fastighetsägarens namn och adress samt områdets koordinater fyllas i.

I blankett B görs en beskrivning av verksamheter, området och omgivningarna.

I blankett C görs en bedömning av föroreningsnivån.

I blankett D bedöms föroreningarnas spridningsförutsättningar.

I blankett E görs en samlad riskbedömning av de risker för människa och miljö som det aktuella objektet medför idag och i framtiden. Den samlade riskbedömningen åskådliggörs i ett s.k. riskklassningsdiagram som ritas upp och som sedan ligger bifogat till blankett E. Detta ska ligga till grund för vilken riskklass man indelar verksamheten i. Efter riskklassningen görs en prioritering av vilka objekt man ska gå vidare med till fas 2. Under punkt 4.6 finns ytterligare information om de olika momenten vid riskklassningen.

I denna utredning har information insamlats från arkivstudier, litteraturstudier, intervjuer med fastighetsägare, samtal med olika Länsstyrelser, tidningsutklipp, Internet samt olika kartor. Dessutom har platsbesök gjorts på Lummelunds bruk, på Utö i Stockholms skärgård samt i Vigelsbo gruva i Roslagen. Ambitionsnivån har varit högre än vid en vanlig MIFO fas 1-undersökning eftersom även viss provtagning har genomförts i området.

2.2 Provtagningsmetoder

Provtagning av slagg har genomförts på några platser i området, se punkt 4.1. Slaggprover med olika utseende och färg togs från varje provtagningsplats, och samtliga prover lades i märkta plastpåsar. Från den stora slagghögen togs prover på två olika punkter. På vardera punkt plockades slagg dels från ytan och dels från en 30 cm djup grop. Slagg liggande löst i marknivå plockades med handskförsedd hand. För att komma åt slaggen på djupet grävdes gropar med spade. De två ytliga slaggproverna slogs ihop till ett prov-prov A. På samma sätt slogs proverna tagna från 30 cm djup ihop till ett prov-prov B. Fotografier togs före, under och efter grävandet av groparna för att visa Länsstyrelsen vilka ingrepp som gjorts i den fasta fornlämningen.

En provtagning av sediment har genomförts i området, se punkt 4.3. Sedimentprovtagningen utfördes av Erik Törnblom på Länsstyrelsen i Gotlands län. Han använde en plastbehållare för att ta upp sedimentet i och det lades i märkta plastpåsar.

Jordprover har också tagits, se punkt 4.4. Provtagningen gick till så att gropar grävdes med spade och ett jordprov togs med plasthandskförsedd hand från varje grop på 30 cm djup.

2.3 Analyismetoder

Analysen har genomförts av Analytica AB i Luleå, som är ett fristående tjänsteföretag inom kemisk analys. Analytica AB är ackrediterat av SWEDAC (Reg nr 1087) för ett stort antal analyismetoder. Ackrediteringen innebär att provningslaboratoriet uppfyller den internationella standarden SS - EN/IEC 17025, och därmed även ISO 9001.

Inom miljövården bestäms metallhalt vanligen efter lakning av provet med salpetersyra. Vid sådan syralakning går löst bundna metaller i lösning medan t.ex. metaller inne i mineralkorn stannar kvar i partiklarna.

För många metaller kan provets totala innehåll bestämmas efter upplösning med en smältmetod. Smältmetoden innebär att provet smälts i en koldegel tillsammans med ett smältmedel (litiummetaborat) vid 1000 grader Celsius. Den vid avsvälning bildade ”pärlan” löses sedan i utspädd syra. Om man endast väljer att använda smältmetoden så kan vissa grundämnen som kadmium och kvicksilver gå förlorade. Man valde därför att göra både en lakning och en smältning av slaggproverna, enligt Analyticas metod MG2.

I analysen av slaggen har grundämnena As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, La, Mo, Nb, Ni, Pb, S, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn, Zr samt oxiderna SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , MnO , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2 haltbestämts. För att bestämma halten av grundämnena As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, Se och S har man torkat proverna vid 50 grader Celsius för att sedan laka dessa enligt metod ASTM D3683. För att analysera oxidinnehållet och övriga metaller har man gjort en smälta av proverna, enligt metod ASTM D3682.

Lakning används även som analysmetod för att bestämma metallhalt i sediment. Grundämnena As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V och Zn har analyserats. Provet torkas först i 50 grader Celsius och elementhalterna TS-korrigeras. Sedan lakas provet i en lika blandning av salpetersyra och vatten i slutet teflonbehållare i mikrovågsugn. Analys har skett enligt EPA- metoder 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-QMS).

Analysmetoden för jord är också lakning men här används en blandning av salpetersyra och väteperoxid. Samma grundämnen som vid sedimentanalysen har haltbestämts. Före analysen har provet siktats genom en 2 mm siktduk.

2.4 Metallhalter i mark

I Naturvårdsverkets rapport 4640 finns bakgrundshalter av ett antal metaller i morän- och sedimentjordarter i Sverige. Kännedom om bakgrundshalter av olika ämnen behövs för att avgöra om och i så fall i vilken grad ett område är förorenat. Med bakgrundshalt avses den halt som idag råder i mark som inte har påverkats av lokala punktkällor, d.v.s. summan av den naturliga halten och det diffusa antropogena tillskottet. Med naturlig halt avses den halt som skulle råda om ett område överhuvudtaget inte hade utsatts för antropogen påverkan. Om uppmätta halter påtagligt skulle överskrida de lokala bakgrundshalterna betraktas området som påverkat.

I MIFO-modellen ska de s.k. jämför- och riktvärden för förorenad mark som finns i Naturvårdsverkets rapport 4918 användas. Jämförvärdet är ett uppskattat värde som ska motsvara halten som skulle finnas på objektet om det inte var påverkat av en punktkälla. Jämförvärden och bakgrundshalter skiljer sig åt på det avseende att bakgrundshalter är verkligt uppmätta värden, medan jämförvärden alltså är uppskattade. Jämförvärdet utgörs av gränsen mellan "ej trolig påverkan från punktkälla" och "trolig påverkan från punktkälla" i Naturvårdsverkets rapport 4918, bilaga 5.

Riktvärdet är den haltnivå under vilken det bedöms att inga negativa effekter på människa och miljö riskeras. Bakgrundshalter i morän- och sedimentjordar, samt jämför- och riktvärden för förorenad mark finns i tabell 1.

Bakgrundshalterna i tabell 1 utgör den 90:e percentilen av uppmätta mätvärden. Med den 90:e percentilen menas det värde som överstiger 90 % av mätvärdena. De metaller som listats är arsenik, kadmium, kobolt, krom, koppar, kvicksilver, nickel, bly, vanadin och zink. Bakgrundshalten för kadmium är hämtat från Naturvårdsverkets rapport 4778.

Metall	Bakgrundshalt	Jämförvärde	Riktvärde
As	17	10	15
Cd	0,43	0,3	0,4
Co	27	10	30
Cr	82	30	120
Cu	28	25	100
Hg	0,18	0,1	1
Ni	31	20	35
Pb	32	20	80
V	86	40	120
Zn	81	60	350

Tabell 1. Bakgrundshalter i morän- och sedimentjordar i Sverige enligt Naturvårdsverket 1997 a och b. Jämför- och riktvärden enligt Naturvårdsverket 2002. Halter i mg/kg TS.

2.5 Metallhalter i sediment

För sediment finns idag inte tillräckligt väl underbyggda effektbaserade värden som en indelning av tillstånd, enligt MIFO-modellen, kan utgå ifrån (Naturvårdsverket 2002). Naturvårdsverket har emellertid i sin rapport 4913 tagit fram metallhalter i sediment i svenska sjöar och vattendrag. Dessa finns i tabell 2.

I rapport 4913 har fem olika tillståndsklasser upprättats. Beträffande risken för biologiska effekter av metaller i de olika klasserna gäller följande:

Klass 1. Mycket låga halter. Inga eller endast mycket små risker finns för biologiska effekter. Halterna representerar en uppskattning av halter i opåverkade vatten, där ingen mänsklig påverkan förekommer.

Klass 2. Låga halter. Små risker för biologiska effekter. Majoriteten av vattnen inom denna klass har förhöjda metallhalter till följd av utsläpp från punktkällor eller långdistansspridning.

Klass 3. Måttligt höga halter. Effekter kan förekomma. Risken är störst i mjuka, närings- och humusfattiga vatten samt i vatten med lågt pH- värde.

Klass 4 och 5. Höga till mycket höga halter. Ökande risker för biologiska effekter. Metallhalterna i klass 5 påverkar överlevnaden hos vattenlevande organismer redan vid kort exponering.

Metall	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
As	< 5	5 – 10	10 – 30	30 – 150	> 150
Cd	<0,8	0,8 – 2	2 – 7	7 – 35	>35
Cr	<10	10 – 20	20 – 100	100 – 500	>500
Cu	<15	15 – 25	25 – 100	100 – 500	>500
Hg	<0,15	0,15 – 0,3	0,3 – 1	1 – 5	>5
Ni	<5	5 – 15	15 – 50	50 – 250	>250
Pb	<50	50 – 150	150 – 400	400 – 2000	>2000
Zn	<150	150 – 300	300 – 1000	1000 – 5000	>5000

Tabell 2. Metallhalter i sediment angivna i mg/kg TS i ytsediment (0-1 cm) (Naturvårdsverket 1999).

Observera att tillståndsklasserna i tabell 2 inte är framtagna på samma sätt som de riktvärden och nivåer som finns angivna i Naturvårdsverkets rapport 4918. Därför är värdena i tabell 2 inte användbara vid riskklassningen av Lummelunds bruk. Däremot kan det vara intressant att jämföra värdena med analysresultatet från sedimentprovtagningen.

3. LUMMELUNDS BRUK

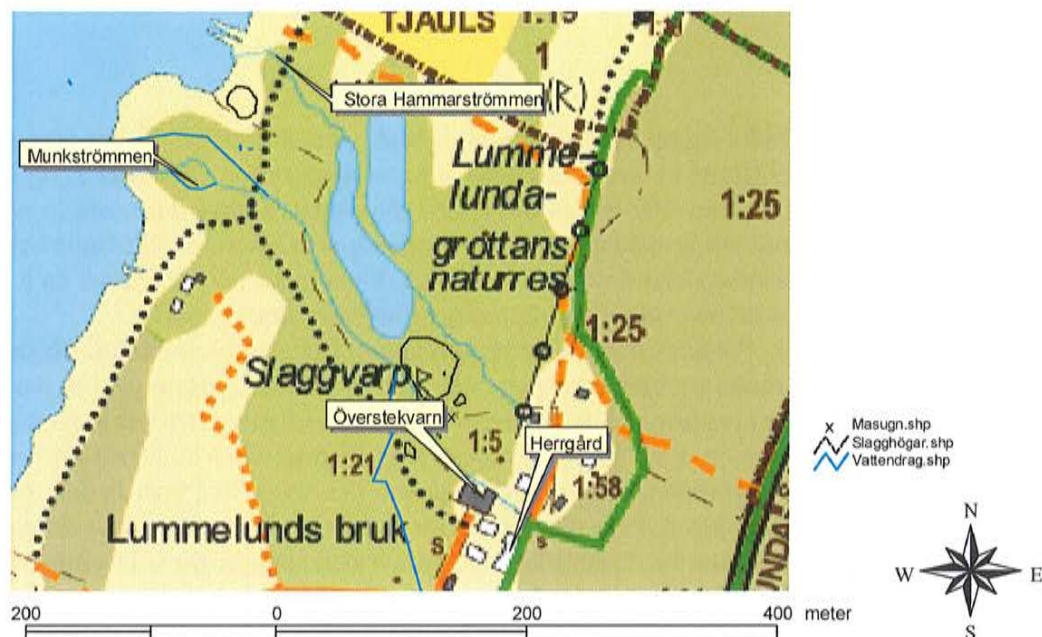
3.1 Områdesbeskrivning

3.1.1 Lokal

Det undersökta området ligger vid Lummelunds bruk, som är beläget 13 km norr om Visby längs väg 149 (figur 1). Den berömda Lummelundagrottan, se bilaga 1, ligger i området och dessutom finns här en 1800-tals herrgård, ett kvarnhus där norra Europas största kvarnhjul finns till beskådan, butik, café och muséet Silurum. Här finns också en vacker park som till stora delar är täckt av ramslök. Genom parken strömmar en å, Lummelunds å, som mynnar ut ur grottöppningen belägen strax ovanför herrgårdsbyggnaden. Alldeles framför grottmynnningen finns en liten damm och sedan forsar ån nedför terrasser mot bruksparken. Väl nere strömmar ån fram genom parken, för att sedan dela sig i två armar. Längs den ena följer ytterligare terrasser och en damm som kallas Munkdammen. Från Munkdammen rinner vattnet via Munkströmmen ut i Östersjön. Till Munkströmmen ansluter även den andra armen. Två grävda dammar finns norr om Lummelunds å. Från den största av dessa rinner en ström som tidigare hette Sora Hammarströmmen. I området finns ruiner och slagghögar som vittnar om gamla verksamheter (figur 2).



Figur 1. Lummelunds bruk.



Figur 2. Lummelunds bruk med vattendrag och byggnader.

3.1.2 Berggrund

För ca 400 miljoner år sedan sedimenterade lera, kalk och sand på botten av ett tropiskt hav. Dessa ca 500 m mäktiga sedimentpackar återfinns idag som bergarter på Gotland. I dessa lagerpackar kan man urskilja 13 olika tidsepoker varav de fyra äldsta förekommer i det undersökta området (Engh 1979).

Berggrunden i området består av kalksten, mörkelsten och revkalksten (SGU:s kartblad "VISBY" VI.Ö:36). Höga klinter av revkalksten ligger i nord-sydlig riktning och i en av dessa finns en grottnynning som kallas för Kytt-Jans källare eller Linnés grotta, som Lummelunds å strömmar ut ur. Grottnynningen är en ca 6000 år gammal strandgrotta och har utformats av Litorinahavets vågor (8000-3500 B.P.). Avståndet mellan grottöppningen och havet är 400 m och höjdskillnaden är ca 20 m.

Själva klinten består i huvudsak av revkalksten med inslag av mörkel (Engh 1979). Rakt ovanför klintarna finns erosionshak från Ancylussjön (9500-8000 B.P.). Kalkstenarna är mycket fossilrika och innehåller bl.a. koraller, sjölimjor, snäckor och musslor. Området är ett karstlandskap och här finns ett flertal doliner, se bilaga 1 (Engh 1979).

3.1.3 Jordarter

År 1696 gjordes en skattningskarta av Gabriel Elephant över Lummelunds bruk (figur 3). På denna ser man kanten till en sjö, som är belägen ett par hundra meter öster om bruket. Sjön hette Martebo Träsk och var en gång Gotlands största sjö.

Vid 1900-talets början kartlade man jordarterna i området. På platsen där sjön en gång låg består jordarterna nu av kärrtorv underlagrad av kalkgyttja (bleke) (SGU:s kartblad "VISBY" VI. Ö. 36).

Mellan det nu torrlagda Martebo Träsk och klinten består jordarten av en sandig morän med inslag av lera och mörgel (SGU:s kartblad VI. Ö. 36). Här finns också isälvsavlagringar och svämgrus från Baltiska issjön (12600-10300 B.P.) (SGU:s kartblad Aa. No. 183).

Omedelbart nedanför klinten finns rasmassor som synbart jämnats ut, förmodligen av vågpåverkan. Vid själva bruket saknas rasmassorna varför man kan förmoda att de använts till byggnadsändamål eller dylikt (Engh 1980).

Mellan klinten och den nutida strandlinjen, d.v.s. i bruksparken, täcks berggrunden huvudsakligen av sandiga sediment från Litorinahavet (Engh 1980). Enligt SGU:s kartblad "VISBY" VI. Ö. 36 består jordarten här av svallsand med en mäktighet av 1-2 m. Enligt SGU:s kartblad Ser.Ah nr 3, specialkarta 2 består jordarten av morän med en mäktighet upp till 3 m. Om man istället tittar på SGU:s jorrdjupskarta Ser.Ah nr 3, Specialkarta 3, ser man att jorrdjupet är mindre än 1 m. Vid platsbesök har jordarten bestämts vara en sandig morän med en mäktighet av 1-2 m.

Enligt SGU:s sårbarhetskarta tillhör området kategori 2, d.v.s. berggrunden överlagras av över 1 m jordtäckte med stor genomsläpplighet (sand och/eller grus).

3.1.4 Hydrologi

Dagens huvudavrinningsområde sträcker sig från Lummelunds bruk upp till Niome och avlänkas därifrån sydost mot Martebo. Det går vidare söderut till Hammars, därifrån sydväst till Tibbles och slutligen nordväst mot Stora Klintgårds och Lummelunds bruk, se bilaga 2.

Martebo Träsk har utdikats två gånger under 1800-talet. Första utdikningen ägde rum år 1847 (Internet 1). Utdikningen misslyckades och ytterligare en utdikning skedde runt år 1880 (Gardell 1992). Innan utdikningen gjordes var grundvattenståndet i området ovanför klinten minst tre meter högre än idag och vid snösmältningen på våren var vattenföringen i Lummelunds å avsevärt mycket större än nu (Forslund 1975). Trots utdikningen finns det gott om grundvatten i området. Enligt SGU:s grundvattentillgångskarta tillhör avrinningsområdet klass 5 och 6, d.v.s. mycket god grundvattentillgång finns i området. Upp till fem fastigheter/ha har en tillräcklig vattenförsörjning utan risk för att en vattenbristsituation ska uppstå under torrperioder.

Mediankapaciteten för vattenuttag är 600-2000 l/h och jordens transmissivitet är 10^{-5} till 10^{-4} m²/s (SGU, hydrogeologisk karta Ser.Ah nr 3).

Området har medelgoda förutsättningar för infiltration till berggrunden. Grundvattennivån är 20 m.ö.h. vid Linnés grotta och 10 m.ö.h. i bruksparken (SGU, karta över jordlager, infiltration och grundvattennivåer).

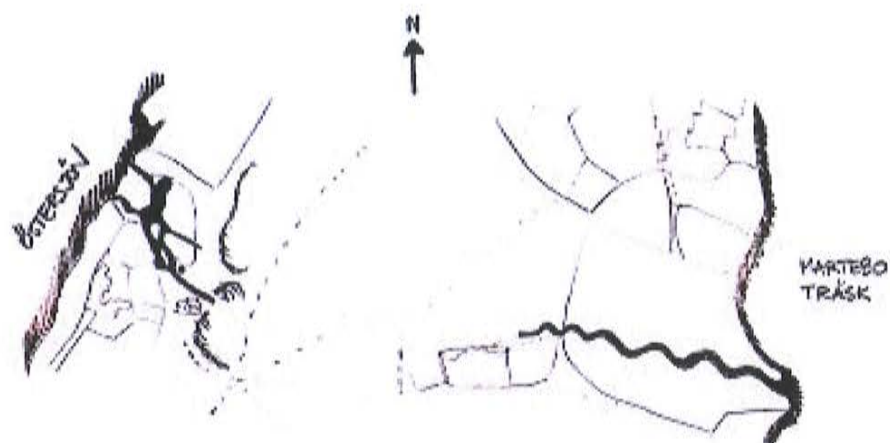
Jordarternas och grundvattnets pH ligger mellan 7 och 8. Kalciumhalten i grundvattnet är 50-100 mg/l och magnesiumhalten är 25-50 mg/l. Totalhårdheten (vattnets innehåll av kalcium och magnesium) är 70-150 mg/l uttryckt i tyska hårdhetsgrader (dH) (1 dH = 10 mg CaO/l vatten). Hårdhetsklass: hårt (10-21 °dH) (Karlqvist, fogdestam & Engqvist 1982).

I SGU:s brunnarsarkiv finns inga brunnar registrerade i området nedanför herrgårdsbyggnaden. Inga brunnar har heller påträffats vid undersökning av området runt masugnen och i bruksparken. Däremot finns det dricksvattenbrunnar i anslutning till fastigheterna i området öster om masugnen och bruksparken.

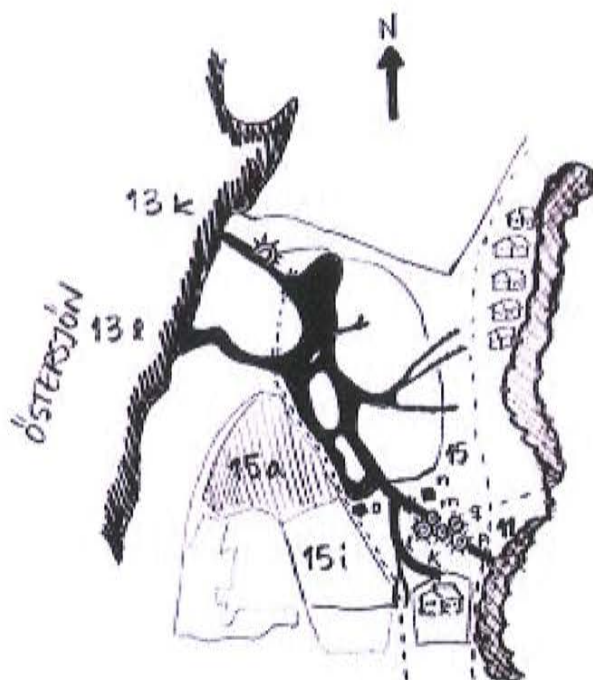
På kartan från år 1696 (figur 3) ser man att det från Martebo Träsk rann en å, som plötsligt upphör. Orsaken är att här ligger en av områdets slukhål, Stora Sluket. Ån har på senare tid rätats och grävts ut och kallas numera för Kanalen. Den mynnar ut i Östersjön strax norr om Lummelunds bruk. Kanalen är vanligtvis torrlagd till större delen av sin sträckning eftersom vattnet försvinner på vägen i ett flertal slukhål. Det är bara vid extremt högvatten som myrvattnet leds via kanalen till havet (Internet 1). Vattnet som försvinner ner i slukhålen rinner genom Lummelundagrottan och bildar Lummelunds å.

Lummelunds å står för den huvudsakliga ytvattentillgången i bruksparken. Marken i parken är täckt av ramslök, som är en utmärkt indikatorväxt på hög grundvattenyta då den kräver sipprande vatten i markytan (Engh 1980). Mindre bäckar sipprar strax norr om ån och vattnet från dessa ansamlas i de två utgrävda dammarna. Vid den stora slagghögen väster om masugnen sipprar vatten ut undertill. Vattnet förmodas röra sig dels mot dammarna och dels mot ån. Grundvattnets huvudriktning antas vara rakt västerut mot havet.

I en förstoring av kartan från år 1696 över Lummelunds bruk (figur 4) ser man att det fanns ett flertal vattendrag i området som numera är torrlagda. Dessa antas ha sinat i samband med den sista utdikningen på 1880-talet.



Figur 3. Avritning av Gabriel Elephants karta från år 1696. Skala 1:15000. Efter Lundberg (1939).



Figur 4. Avritning av Gabriel Elephants karta från år 1696. Skala 1:8000. Efter Lundberg (1939).

- 11 p: Två kvarnar med överfall i ett hus (Överstekvarn)
- 11 q: Såg med överfall
- 13 k: Stora hammarströmmen med laxfiske. Här ligger även den stora hammaren.
- 13 l: Munkströmmen med laxfiske
- 15 a: Munketvären (åker)
- 15 i: Trädgården
- 15 k: Valka med överfall
- 15 l: Hammarsmedja
- 15 m: Mellersta kvarn
- 15 n: Masugn

3.2 Lummelunds bruk

3.2.1 Kort historik

Lummelunds bruk har varit bebott åtminstone sedan 1100-talet. På den tiden var det troligen cisterciencermunkar som använde Lummelunds å för att odla fisk i och för att driva mjölkvarn och vadmalstamp. Det var troligtvis munkarna som byggde huset som står som en ruin i parken idag (Forslund 1975, Fornsalens arkiv 1).

Vid Gotlands reformation år 1537 konfiskerades all kyrkans mark och egendomar av staten. En del av marken gavs till hospitalet i Visby, en del blev privatägd och en del behöll staten själv. Man byggde två nya mjölkvarnar under samma period så att alla parter fick varsin kvarn. Vidare byggdes två sågkvarnar år 1620 (Lundberg 1939).

År 1651 anlade köpmannen Kristofer Neuman från Stockholm en masugn och två hammarsmedjor vid Lummelunds bruk. Man tillverkade bl.a. stångjärn, sågblad, släggor och grytor. Under 1650-talet var platsen centrum för grytgjutning. Järnbruket blev dock aldrig särskilt lönsamt utan ödeförklarades år 1712 av Karl den 12:e, när denne befann sig i Bender (Lundberg 1939).

År 1742 fanns en sågkvarn, en mjölkvarn och en vadmalstamp på platsen. År 1805 startades ett pappersbruk som lades ner år 1885 (Lundberg 1939). Sågen flyttades till Skomakre år 1915 (Länsmuseet 2001). Den enda byggnad som finns kvar idag av alla verksamheter som funnits på platsen är mjölkvarnen Överstekvarn.

Hela historiken för Lummelunds bruk finns i bilaga 3.

3.2.2 Nuvarande fastighetsägare

Det undersökta området omfattar fastigheterna Lummelunda Överstekvarn 1:5, 1:21, 1:41 och 1:58 med olika ägare.

Fastighet Lummelunda Överstekvarn 1:5 inrymmer byggnaden Överstekvarn där kvarnverksamhet och pappersbruk funnits, samt marken där masugnen och den stora slagghögen är belägen (figur 5).

Fastigheten Lummelunda Överstekvarn 1:21 inrymmer herrgårdsbyggnaden, Silurum, Café Bruket och parken fram till Lummelunds å (figur 5).

Fastighet Lummelunda Överstekvarn 1:41 inrymmer parken norr om Lummelunds å, inklusive dammarna och en del av den stora slagghögen (figur 5).

Fastigheten Lummelunda Överstekvarn 1:58 ligger ovanför bruksparken (figur 5). Klinten som är belägen strax utanför fastigheten har undersökts.



Figur 5. Lummelunds bruk med fastighetsgränser (heldragna streck).

3.3 Verksamheter

3.3.1 Järnbruk

En masugn och två hammarsmedjor med gjuteri har funnits på platsen mellan år 1651 och 1712 (Lundberg 1939). Den ena hammaren förmodas ha legat längs med den nu torrlagda sidoströmmen till Lummelunds å (figur 4, 15 l) och den andra inrymdes i den då nedlagda Nedersta kvarn vid Stora Hammarströmmen (Fornsalens arkiv 2).

Hammaren uppe vid sidoströmmen lades ner år 1676, och var en manufaktur eller kniphammare (Elephant 1696, Lundberg 1939). Hammaren vid Stora Hammarströmmen kan ha varit verksam ända tills bruket ödelades år 1712 (Lundberg 1939).

Masugnen lades ner år 1691 och hela järnproduktionen låg nere till år 1702. Detta år byggdes en ny hammarsmedja upp på samma plats som den som lades ner år 1676 (Elephant 1696, Lundberg 1939, Forslund 1975). Masugnen kan ha varit igång igen år 1702-1709 då bruket återigen var aktivt, men efter år 1709 har med största sannolikhet ingen järnproduktion skett.

År 1727 försökte man på nytt få igång en av hamrarna, men detta misslyckades (Gardell 1992).

Vid Lummelunds bruk har den årliga produktionen av järn troligtvis inte överstigit 30 ton. En tillfällig topp inträffade år 1674 då 114 ton stångjärn exporterades till Amsterdam (Lundberg 1939, Fornsalens arkiv 2).

3.3.2 Pappersbruk

Ett pappersbruk för tillverkning av grovt papper startade år 1805 i byggnaden Överstekvarn. Det rörde sig enligt Lundberg (1939) om en mycket obetydlig anläggning och man har troligtvis endast tillverkat grovt papper, som t.ex. makulaturpapper, papper som användes i växtpress samt tobakspapper (Lundberg 1939, Fornsalens arkiv 1974, Forslund 1975). Pappersråvaran var lump, d.v.s. linne och bomull. En pappersmästare, fyra pappersmakargesäller och en lumpsamlare fanns anställda. Pappersbruket lades ner år 1885 i samband med utdikningen (Lundberg 1939, Forslund 1975, Fornsalens arkiv 2).

3.3.3 Mjölkvärn

Minst tre mjölkvärnar har funnits här sedan medeltiden; Nedersta, Mellersta och Överstekvarn. Nedersta kvarn var belägen vid Stora Hammarströmmen, nästan ända nere vid strandkanten, och kallades därför ibland för Strandkvarnen (Forslund 1975).

Mellersta kvarn låg strax nedanför Överstekvarn (figur 4, 15 m). Av de tre kvarnarna finns nu endast Överstekvarn kvar (figur 2). På 1850-talet förnyades kvarnhjulet och kvarnhuset. I början av 1900-talet bildades det kvarnbolag, Överstekvarn AB, som äger kvarnen än idag. Kvarnhjulet var i drift ända fram till andra världskriget (Forslund 1975). Kvarnens maskinpark sågades sönder och togs bort på 1950-talet (Länsmuseet 2001). År 1970 beslöt Överstekvarn AB:s styrelse att man skulle restaurera kvarnhjulet. Dammen utanför grottan, vattenrännan och hjulet ställdes i ordning så att allt skulle bli som förr. Hjulet snurrar, nu som då, enbart med vattnets hjälp (Forslund 1975).

3.3.4 Sågverk

År 1620 byggdes enligt Lundberg (1939) två sågkvarnar vid Lummelunds bruk. Var dessa byggdes är emellertid något oklart. Om man tittar på Gabriel Elephants karta från år 1696 ska det endast ha legat en sågkvarn med överfall uppe vid Överstekvarn vid den tiden (figur 4, 11 q). Enligt andra uppgifter ska en stor såg även ha funnits där Nedersta kvarn en gång legat, alltså vid Stora Hammarströmmen. På samma plats låg också den ena av hammarsmedjorna under järnbrukets tid. Vid platsbesök påträffades grundmurar till ett något större hus vid Stora Hammarströmmen, så troligtvis har en såg eller dylikt funnits här. Däremot är det inte troligt att hammare och såg funnits på platsen samtidigt. Man har förmodligen ersatt den ena verksamheten med den andra och kanske använt sig av samma kvarnhjul, möjligtvis det ursprungliga hjulet som en gång drev Nedersta kvarn.

En gissning är att två sågkvarnar byggdes uppe vid Överstekvarn år 1620, men att endast den ena gick under beteckning sågkvarn vid kartritningen år 1696. Det andra kvarnhjulet kan vid den tidpunkten ha använts till att driva masugnens blåsälgar.

Sågen vid Stora Hammarströmmen startades troligtvis upp efter det att hammaren lagts ner, d.v.s. någon gång efter år 1712. År 1742 fanns den med säkerhet eftersom det då nedteknades att den producerade 150 tolfte bräder om året (Fornsalens arkiv 2). Sågen flyttades till Skomakre 2:1 år 1915 (Länsmuseet 2001).

3.3.5 Vadmalsstamp (valkverk/valka)

På kartan från år 1696 finns en vadmalsstamp med överfall markerad längs den nu torrlagda strömmen belägen söder om Lummelunds å (figur 4, 15 k). Enligt flera skriftliga belägg ska vadmalsstampen ha funnits här sedan medeltiden (Lundberg 1939, Forslund 1975). Denna kan ha anlagts av munkarna men har i så fall sedan tagits över av hospitalet i Visby vid reformationen år 1537. Enligt Lundberg (1939) planerade Neuman att anlägga en valka år 1652. I så fall bör denna ha byggts på samma plats som den ursprungliga. Vadmalsstampen ska ha tagits bort i samband med utdikningen runt år 1880 (Forslund 1975).

3.4 Processer

3.4.1 Järnbruk

Masugnen som malmen smältes ner i bestod av en ugn med ett schakt på några meters djup, som hade en diameter på 1-2 m på det bredaste stället. Den murades med en innerpipa av sandsten i lerbruk, och omgavs av en stödjande yttermur av grövre sten. Längst ut byggdes en timmerkista. Det hela byggdes av praktiska skäl i en backslutning vid en å, som kunde driva blåsbälgarnas vattenhjul (Internet 2). Det verkar som att masugnen vid Lummelunds bruk utgjort den norra gaveln av en jordkällare. Det har funnits en våning ovanpå masugnen. På platån öster om masugnsresten syns ett murat fundament, troligen grunden av en till masugnen ledande träbrygga (Fornminnesregistret 2001). Man kunde då kärra in malm och kol i toppen av masugnen direkt från upplag på övervåningen (Internet 2).

Järnet framställdes i två skilda steg. Först smälte man malmen med träkol i masugnen. Det bildade järnet droppade ner mot ugnens botten i flytande form. Man fick då ett högt utbyte av järn och nästan ingenting hamnade i avfallsprodukten, ”slaggen”. Slaggen var flytande och låg som ett skyddande lager ovanpå järnet i masugnen (Internet 2).

Att tappa ut det smälta järnet kallades att ”göra utslag”. Det fick stelna i former av sand till ”tackor”-”tackjärn”. Det hade hög kolhalt, var sprött och inte smidbart. För att få det smidbart måste man göra en andra process: smälta om järnet igen under andra betingelser och bränna bort överskottet av kol. Om man fick en mycket låg, kvarvarande kolhalt blev järnet helt mjukt. Var kolhalten lite högre fick man hårdbart stål. Denna andra process kallades för att ”färska järnet” och skedde inte i masugnen utan i en s.k. klensmedja (Internet 2).

Stångjärnsprocessen gick till så att tackjärn smältes ner i en härd, och under vissa betingelser började smältan att koka. När satsen var färdig hade man en stor klump av svampigt, halvsmält järn samlad i mitten av härden. Denna färdiggjorda smälta lades på härden till en stor vattendriven hammare, där den slogs ihop kompakt så att medföljande slag pressades ut. Smältan delades sedan i flera fyrkantiga ”smältstycken”, formade som limpor. Dessa måste sedan åter värmas upp för att sedan smidas till långa stänger. Hela processen tog fyra till sex timmar och var enormt bränsleslukande (Internet 2).

Gjutning innebär att metall smälts ner och hålls i en form som oftast är gjord av sand. Efter att metallen har stelnat slås sandformen sönder för att få ut produkten, som sedan bearbetas för att få bort sådan metall som inte ska vara en del av den färdiga produkten (Naturvårdsverket 1995).

3.4.2 Pappersbruk

Textillump som linne och bomull var förr i tiden dominerande som råvara vid papperstillverkning. Lumpen defibrerades tillsammans med vatten i vattendrivna

stampar och tillverkningen av papper skedde för hand. Under 1800-talet började halm och andra gräs spela en viktig roll (Internet 3).

På 1830-talet togs de första pappersmaskinerna i drift i Sverige. Man använde då fortfarande halm och gräs som råvara (Internet 4). På 1850-talet började man tillverka papper av träfibrer enligt tre metoder. Den ena var mekanisk och kallades för slipmassemetoden. De två andra var kemiska och kallades för sulfat- och sulfitmassemetoden. Pappret som tillverkades mekaniskt hade dåliga styrkeegenskaper och gulnade snabbt, och därför användes denna metod endast vid tillverkning av tidningspapper och kartong. En fullgod ersättning för det handgjorda lumppappret erhöles endast med de kemiska metoderna (Internet 3). På 1860-talet tog den industriella tillverkningen av slipmassa gjord av ved fart. Slipmassefabrikerna låg ofta nära järnbruken, medan många kemiska fabriker byggdes nära sågverken längs Norrlandskusten (Internet 4).

Eftersom en lumpsamlare fanns anställd och endast grovt papper har framställts vid Lummelunds bruk antas att man endast tillverkat papper manuellt av textillump.

3.4.3 Mjöl kvarn

I äldre tider fanns i huvudsak två typer av vattenkvarnar; skvaltkvarn och hjulkvarn. Skvaltkvarnen var en enkel mjölkvarn som fordrade mindre vattenkraft (Internet 5). Eftersom vattenföringen i Lummelunds å var stor före utdikningen på 1800-talet antas att samtliga mjölkvarnar var av typen hjulkvarn. Denna typ av kvarn hade högre verkningsgrad än skvaltkvarnen. Hjulkvarnar brukade ha två våningsplan med förmalningsapparaten i den övre och kugghjulsmaskineriet i den nedre (Internet 6).

Mjöl kvarnen Överstekvarn är en hjulkvarn och finns fortfarande kvar till beskådan. Den har ett s.k. överfallshjul som drivs med vattnets tyngd. När vattnet faller ner på hjulets skovlar på ena sidan av hjulet resulterar detta i att hjulet får överbalans och börjar snurra. Innan utdikningen snurrade hjulet som mest sju varv i minuten. Med hjälp av kugghjulssystemet växlade man upp varvhastigheten till kvarnstenarna som då snurrade med 150 varv i minuten (Forslund 1975).

3.4.4 Sågverk

På 1600-talet drevs sågverken i Sverige oftast av en s.k. hjulkvarn, se punkt 3.4.3 (Internet 6). Kanske har sågverket vid Stora Hammarström drivits med det ursprungliga kvarnhjulet från Nederste kvarn, eftersom det förmodas att denna varit en hjulkvarn.

3.4.5 Vadmalsstamp

Vadmalskläder var varma och stod emot vätan bra. Av detta sydde man huvudsakligen vinterkläder, d.v.s. byxor och västar. Vadmalen tillverkades av fårull. Först vävdes en lös väv med ull i varpen och i inslaget. Väven lades i veck i en ho med 40-gradigt vatten, där ett vattendrivet hjul drev vadmalsstampen som bearbetade väven så att den tovade ihop sig. De uppvärmda fibrerna öppnade sig och hakade i varandra och skapade därmed de goda egenskaperna (Internet 7).

För att få tyget riktigt tätt och hållbart avslutade man med att valka det. Tyget blev då ännu tätare och tjockare eftersom man i processen reducerade bort luft. Valkningen skedde för hand på en räfflad tvättbräda (Internet 7).

Kläderna syddes i s.k. vantfabriker som Neuman hade på andra platser på Gotland, bl.a. i Kopparsvik beläget strax söder om Visby (Lundberg 1939).

Föroreningar

3.5.1 Järnbruk

Enligt Naturvårdsverkets rapport 4393 är tungmetaller de viktigaste föroreningarna som branschen järn-, stål-, och manufakturindustri släpper ut. Bland dessa kan särskilt nämnas bly, kvicksilver, krom, kadmium och zink. Järnmalm är mindre miljöfarlig än sulfidmalm eftersom tungmetaller främst är bundna till sulfidmineral.

Enligt rapport 4393 ska slagg från masugn vara ett relativt inert material eftersom den genomgått en värmebehandling. Däremot kan tungmetallerna bly, kvicksilver och arsenik finnas i rökgaserna från masugn eftersom dessa avgår i gasform till luften under smältprocessen och vid bearbetning av malmen. Rökgaserna från smältande processer släpptes förr ut orenade, vilket kunde innebära ca tio kg stoft per ton järn. Stoft och metallhydroxidslam är två av de avfallsslag som man befärar kan medföra störst utläckage av metaller.

De viktigaste avfallskategorierna från gjutning är enligt rapport 4393 troligtvis förorenad sand och avfall från smältningen.

3.5.2 Pappersbruk

Man har enligt muntliga och skriftliga uppgifter endast tillverkat grovt papper av lump vid Lummelunds bruk. Inga kemikalier antas ha använts.

3.5.3 Mjölkvarn

Om det förekommit betning av säd vid Överstekvarn är oklart. Enligt Jordbruksverket är betning av frön mot främst utsädesburna sjukdomar en mycket gammal bekämpningsmetod. Metoderna som använts har varit många. De tidigaste metoderna var att blanda in aska, sot, kalk, salt mm för hand. På 1700- och 1800-talet började man istället att blanda in metallsalter av koppar, kvicksilver eller arsenik i utsädet. Från början stöptes fröna i stora mängder vattenlösning av metallföreningarna, men svårigheter med att torka utsädet gjorde att man istället gick över till att vattna eller spraya lösningen över utsädet och blanda om detta direkt på golvet.

Överstekvarn användes till att mala säd i med hjälp av vattenkraft fram till andra världskriget (Forslund 1975). Därefter drev man den med en råoljemotor som byttes ut mot elektriska motorer på 1950-talet (Länsmuseet 2001).

Om betning av utsäde har förekommit i Överstekvarn kan det finnas rester av tungmetallhaltig lösning kvar i kvarnen, främst på golvet. Det kan även hända att det finns kvar rester efter olja i kvarnen.

3.5.4 Sågverk

Enligt Naturvårdsverkets rapport 4393 är doppningskemikalier sågverksbranschens viktigaste föroreningar. Troligtvis har doppning inte förekommit vid Lummelunds bruk eftersom doppning för blånadsskydd för virke började förekomma i Sverige först på 1940-talet. Sågverket vid Lummelunds bruk lades ned år 1915.

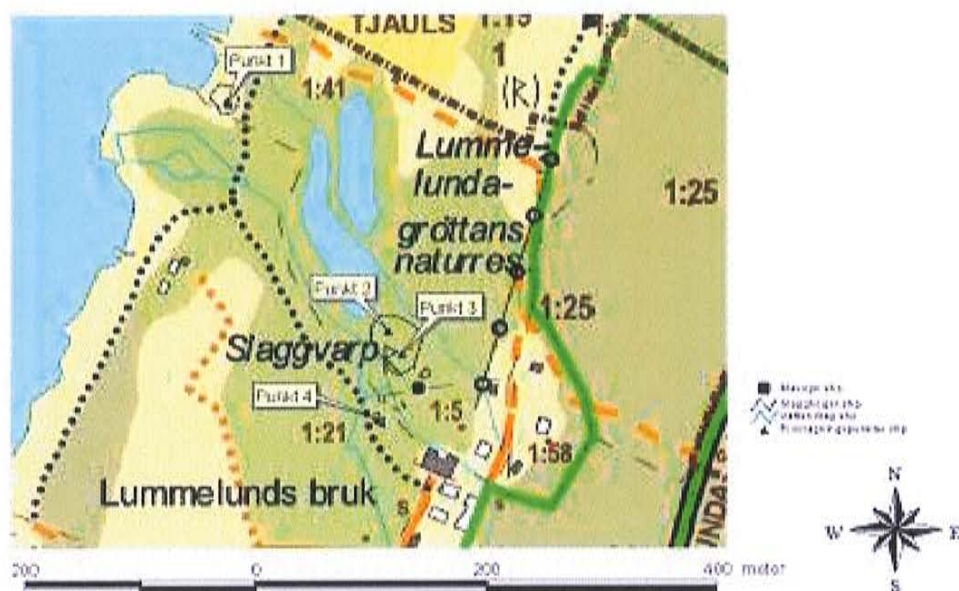
4. UNDERSÖKNING OCH RESULTAT

4.1 Undersökning av slagg

4.1.1 Inventering av slagghögar

Slagghögarna vid Lummelunds bruk är fasta fornlämningar, vilket innebär att de är skyddade mot ingrepp enligt Kulturminneslagens förordning 1988:950. Riksantikvarieämbetet och Länsstyrelsen har emellertid rätt att utan hinder undersöka en fast fornlämning enligt samma lag.

En inventering av slagghögarna i området gjordes den 5 april 2004. Dessa påträffades på de fyra platser som är inringade i figur 6. För att kunna avgöra vilken typ av slagg det rör sig om och vad den innehåller togs slaggprover i området den 22 april 2004. Slaggprover togs från tre av slagghögarna (figur 6, punkt 1- 4). Av dessa skickades endast proverna från den stora slagghögen på analys (figur 6, punkt 2 och 3).



Figur 6. Lokalisering av slagghögar (inringade) och provtagningsplatser slagg (punkter).

Punkt 1: Ett slaggprov togs från en mindre ansamling av slagg nära Stora Hammarströmmens utflöde. I närheten antas att den ena hammarsmedjan har legat.

Punkt 2 och 3: Två slaggprover togs från den stora slagghögen, dels från ytan och dels från en 30 cm djup grop.

Punkt 4: Ett slaggprov togs från en mindre ansamling av slagg nära husruinen. I närheten antas att den andra hammarsmedjan har legat.

4.1.2 Slaggens karaktär

Slaggen består enligt Fornminnesregistret av masugnsslagg och inblandad färskningsslagg. Den största andelen av slaggen är svart och porös. Vissa har inslag av ett blått, glasartat ämne och andra är helt igenom blå. Enligt geolog Arne Sundberg på SGU kan den blå färgen bero på att det finns flusspat eller apatit i malmen. Andra geologer säger att den blå färgen istället beror på koppar, natrium- eller kaliumhalten. Den blå slaggen kallas för bergslagssten och har förr använts vid husbyggen. Enligt marinarkeologer som har vidrört slaggen som ligger i vattnet utanför Stora Hammarströmmen så är den av oljig karaktär och har en frän lukt.

4.2 Undersökning av malm

4.2.1 Malmens bildning

Med malm menas en i naturen förekommande metallhaltig mineralkoncentration som är brytvärd ur ekonomisk synpunkt (Loberg 1999). Järnmalmen på Utö är av typen BIF-malm (BIF står för Banded Iron Formation) och är bandad i omväxlande lager av rödaktig kvarts, s.k. jaspelit, och svart malm. Enligt Olofsson (1980) antas malmen ha bildats för 2,0-1,8 miljarder år sedan under en vulkaniskt aktiv period då stora mängder vulkaniska utbrottsprodukter avlagrades tillsammans med kalk på havsbotten. Under denna period var världshaven fyllda med syreproducerande blågröna alger, s.k. cyanobakterier, som under perioder med kraftig uppblomstring tros ha oxiderat löst tvåvärt järn (Fe^{2+}) till svårslösligt trevärt järn (Fe^{3+}). I perioder då algernas aktivitet varit lägre har kisel, som färgats rött av järnet, sedimenterat i stället. Detta kan vara en förklaring till varför järnmalmen är bandad (Olofsson 1980).

4.2.2 Malmens sammansättning

Järnmalmen på Utö består mest av hematit (Fe_2O_3) och magnetit (Fe_3O_4). Den har generellt låga halter av svavel. Järnhalten är 38-45 % och fosforhalten 0,08-0,17 % (Geijer 1944).

Sulfidmalmen på Utö innehåller bl.a. svavelkis (pyrit, FeS_2), magnetkis (Fe_{1-x}S), kopparkis (CuFeS_2) och blyglans (PbS). Den innehåller även höga halter av litium och kan vara silverförande. Svavlet i sulfiden kan bilda svavelsyra med omgivande vattenmolekyler, och i den sura miljön sker en s.k. sulfidvittring. Detta resulterar i utsläpp av järn och andra tungmetaller från slaggen till miljön (R. Herbert, muntl.inf.). Geolog Arne Sundberg på SGU som har undersökt malmer i Stockholmstrakten menar att om malmen har högre svavelhalt än 3 % så kan utläckaget av tungmetaller bli betydligt.

4.2.3 Malmens härkomst

För att kunna avgöra vilken typ av malm som användes vid Lummelunds bruk har de gruvor som var aktiva på Utö under den aktuella perioden 1650-1712 studerats. Nedan följer en kort sammanställning av dessa.

Skogsgruvan	(järnmalm)	1600-talet
Liljebergsgruvorna	(järnmalm)	1600-talet
Finngruvan	(järnmalm)	1600-1668
Nyköpingsgruvan	(järn- och sulfidmalm)	1607-1677
Storgruvan	(järnmalm)	1677-1714

Att avgöra vilken av ovanstående gruvor som malmen hämtats ifrån är svårt. De arkiv som en gång fanns på Utö förstördes vid rysshärjningen år 1719, se bilaga 4. En gissning är att malmen från början hämtats från Nyköpings- eller Finngruvan eftersom dessa bröts aktivt runt år 1650. När Finngruvan lades ner år 1668 var Nyköpingsgruvan den enda gruvan som man med säkerhet vet var aktiv. Troligtvis hämtades malmen därifrån fram till år 1677, då gruvan stängdes och Storgruvan började brytas istället (Byström 1996).

Enligt Lundberg (1939) ska järnmalm ha tagits ifrån Vigelsbo gruva i Roslagen under en kort period år 1673. Enligt samma källa ska malm återigen ha hämtats från Utö år 1674.

4.3 Undersökning av sediment

Den 9 juni 2004 togs tre sedimentprover i området. Det första togs från botten av en liten rännil som sipprar fram under den stora slagghögen (figur 7, sedimentprov 1).

Ett referensprov togs uppströms den stora slagghögen, alldeles utanför grottmynningen (figur 7, sedimentprov 2). Detta prov samt provet från den stora slagghögen skickades på analys.

Ett prov togs även från botten av Lummelunds å, men detta prov bedömdes senare vara mindre angeläget att skicka på analys. Vattnets hastighet i ån är hög under stora delar av året. På grund av detta förmodas att eventuella tungmetaller som lakats ut från slagghögen snabbt transporteras ut i Östersjön utan att fastna någonstans på vägen.



Figur 7. Provtagningspunkter sediment.

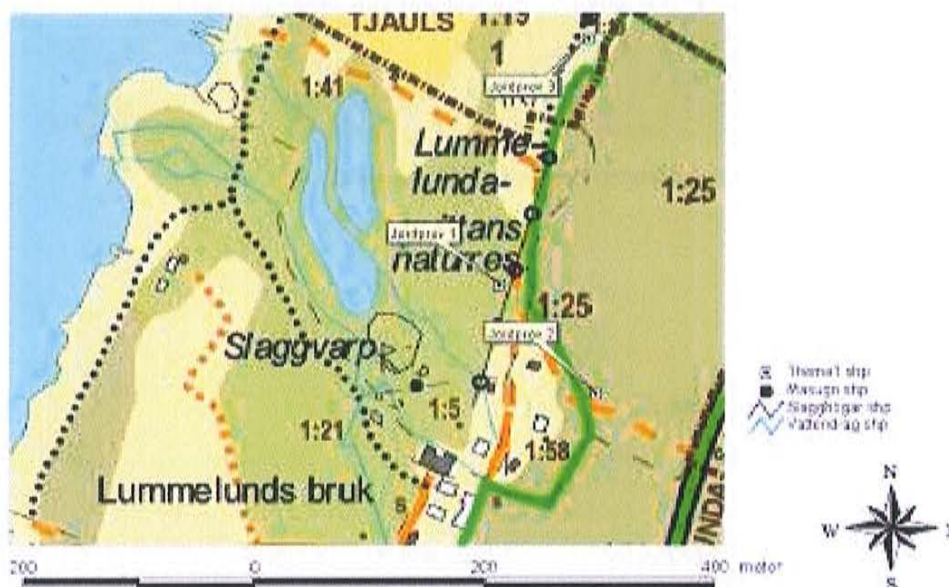
4.4 Undersökning av jord

Rökgaser från masugn kan enligt Naturvårdsverkets rapport 4393 innehålla tungmetaller, framförallt bly, kvicksilver och arsenik. Eftersom den dominerande vindriktningen är västlig i området så innebär det att tungmetaller kan ha transporterats mot området öster om masugnen. Här ligger flera fastigheter med trädgårdar och grönsaksland. På 1600-talet byggdes masugnspiporna med en höjd av åtta till tio meter, och detta innebär att pipan nätt och jämt stack upp över slänten där masugnen var belägen. Rökgaserna antas ha rört sig över slänten mot klinten för att där ha vikit av uppåt eller nedåt. Området har genomgått en del förändringar sedan järnbrukets dagar. För att kunna avgöra om rökgaserna från masugnen har förorenat marken eller inte så är det viktigt att provtagningen görs på en plats där jorden inte borttransporterats eller dithörts under de senaste 350 åren.

En jordprovtagning genomfördes i området den 7 juni 2004. Ett prov togs i slänten nedanför grusvägen som går igenom området (figur 8, jordprov 1). Eftersom inga hus finns markerade här på kartan från år 1696 (figur 4) förmodas att platsen låg oskyddad under järnbrukets period.

Ett jordprov togs även uppe på klinten ovanför fastigheten 1:58 (figur 8, jordprov 2). Platsen ligger rakt öster om masugnen och bör ha legat i vindriktningen från masugnen. Troligtvis fanns här heller ingen bebyggelse under järnbrukets period som kan ha skyddat marken från rökgaserna.

Ett referensprov togs 500 m norr om området (figur 8, jordprov 3).



Figur 8. Provtagningspunkter jord.

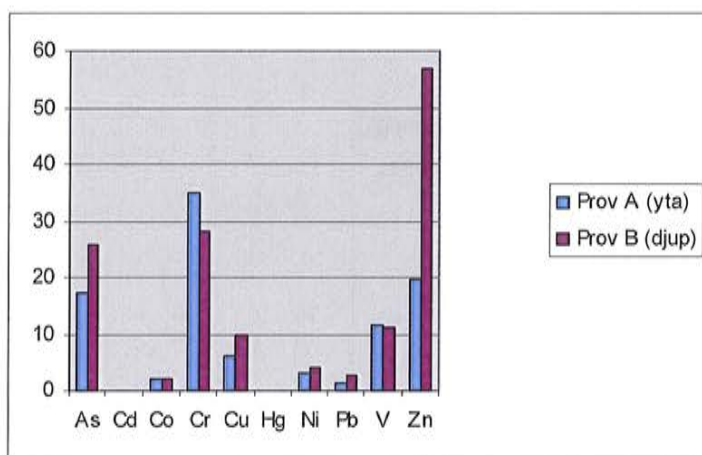
4.5 Analysresultat

4.5.1 Slagg

Slaggproverna som analyserats av Analytica AB i Luleå bestod från början av 100 g vardera. Efter torkning återstod en provmängd på 99,7 gram av vardera prov. En mängd olika grundämnen och oxider har haltbestämts och finns i bilaga 5. Tungmetallerna listas i tabell 3 nedan. Riktvärden för jord är hämtade från Naturvårdsverkets rapport 4918, bilaga 4, tabell 1. För att få en mer överskådlig bild har ett diagram över tungmetallhalter i slaggen från ytan och djupet av slagghögen ritats upp (figur 9).

Metall	Prov A (yta)	Prov B (djup)	Riktvärde
As	17,20	25,90	15
Cd	<0,10	<0,10	0,4
Co	2,04	2,11	30
Cr	34,90	28,00	120
Cu	6,24	9,79	100
Hg	<0,10	<0,10	1
Ni	2,92	3,96	35
Pb	1,31	2,84	80
V	11,50	11,30	120
Zn	19,50	57,10	350

Tabell 3. Analysresultat slagg angivet i mg/kg TS. Riktvärden för jord angivet i mg/kg enligt Naturvårdsverket 2002.



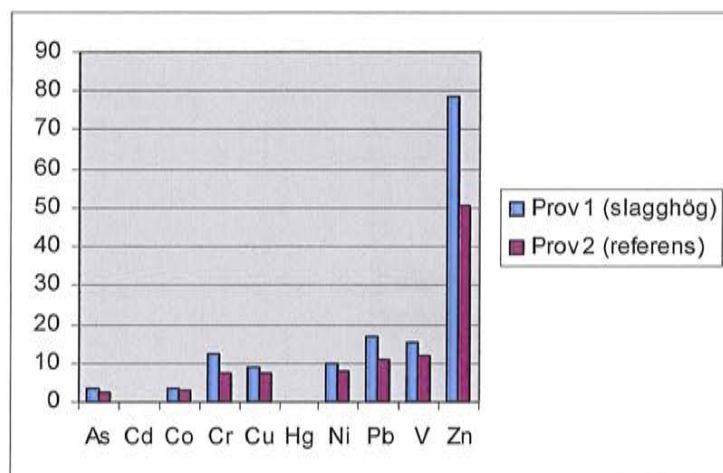
Figur 9. Diagram över tungmetallhalter i slaggproverna.

4.5.2 Sediment

Sedimentproverna vägde från början 100 g vardera. Efter torkning återstod 58,4 % av sedimentprovet taget vid slagghögen, och 63,8 % av referensprovet taget utanför grottöppningen. Man har haltbestämt tungmetaller och resultatet finns listat i tabell 4. För att få en mer överskådlig bild har ett diagram över tungmetallhalterna i sediment under slagghögen och i referensprovet ritats upp (figur 10).

Metall	Prov 1 (slagghög)	Prov 2 (referens)
As	3,61	2,35
Cd	0,18	0,13
Co	3,51	3,11
Cr	12,50	7,59
Cu	8,99	7,66
Hg	0,08	0,06
Ni	10,10	7,93
Pb	17,00	10,90
V	15,30	11,90
Zn	78,60	50,30

Tabell 4. Analysresultat sediment angivet i mg/kg TS.



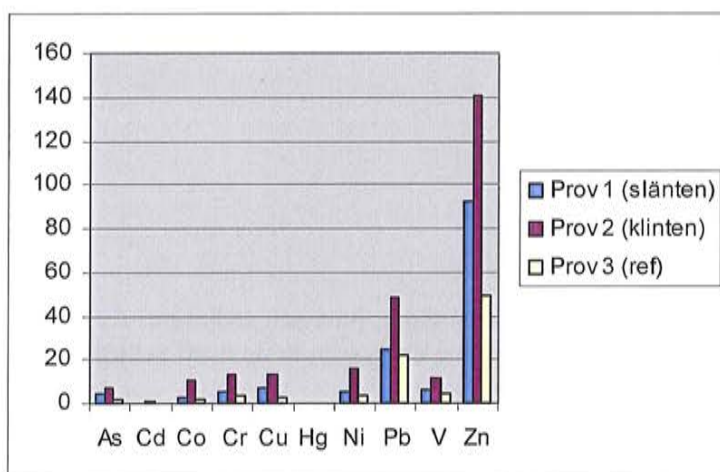
Figur 10. Diagram över tungmetallhalter i sedimentproverna.

4.5.3 Jord

Jordproverna vägde från början 100 g vardera. Efter torkning av proverna återstod 85,9 % av jordprov 1, 70,8 % av jordprov 2 och 76,5 % av jordprov 3. Resultatet finns listat i tabell 5. Riktvärden för jord är hämtade från Naturvårdsverkets rapport 4918, bilaga 4, tabell 1 och jämförvärdena från rapport 4918, bilaga 5, tabell 1 och 2. För att få en mer överskådlig bild har ett diagram över tungmetallhalterna i jordproverna från slänten, klinten och området utanför ritats upp (figur 11).

Metall	Jordprov 1	Jordprov 2	Jordprov 3	Riktvärde	Jämförvärde
As	4,24	6,88	1,95	15	10
Cd	0,27	0,65	0,22	0,4	0,3
Co	2,51	10,70	<2,00	30	10
Cr	4,95	13,50	3,27	120	30
Cu	7,17	13,50	2,92	100	25
Hg	0,08	0,18	0,06	1	0,1
Ni	5,69	16,20	3,54	35	20
Pb	25,00	48,50	21,80	80	20
V	6,28	11,80	4,39	120	40
Zn	92,10	141,00	49,20	350	60

Tabell 5. Analysresultat jord angivet i mg/kg TS. Riktvärden och jämförvärden för jord angivet i mg/kg enligt Naturvårdsverket 2002.



Figur 11. Diagram över tungmetallhalter i jordproverna.

4.6 Bedömningsgrunder för riskklassning

I MIFO-modellen ska som tidigare nämnts ett antal blanketter fyllas i. Dessa ska sedan ligga till grund för riskklassningen. Nedan följer en beskrivning av MIFO-blankett C-E.

I blankett C ska en bedömning av föroreningsnivån göras. Här bedöms först hälso- och miljöfarligheten hos föroreningarna på objektet. Med farlighet avses ett ämnes inneboende möjlighet att skada människa och miljö, d.v.s. ämnets toxicitet. Därefter gör man en bedömning av riskerna beroende på hur förorenat objektet är. Slutligen bedöms föroreningsnivån för varje förorening separat i vart och ett av de medier där den förekommer genom att väga samman tillstånd, avvikelse från jämförvärde, mängd förorening och volym förorenade massor.

I blankett D bedöms föroreningarnas spridningsförutsättningar i mark, i grundvatten, i sediment, till och i ytvatten samt till och från byggnader.

I blankett E görs en samlad riskbedömning av de risker för människa och miljö som det aktuella objektet medför idag och i framtiden. Detta görs genom att väga samman föroreningarnas farlighet, föroreningsnivån, spridningsförutsättningar samt känslighet för människa och skyddsvärde för naturen. De olika medierna byggnad/anläggning, mark/grundvatten, ytvatten samt sediment ska bedömas var för sig.

Den samlade riskbedömningen åskådliggörs i ett s.k. riskklassningsdiagram (figur 12). Längs y-axeln i riskklassningsdiagrammet anges spridningsförutsättningarna till och från de olika medierna. Vågräta linjer läggs in i diagrammet för att indikera nivån på dessa. Utefter linjerna placeras sedan punkter, i form av bokstäver, vilka anger bedömningen som gjorts gällande föroreningarnas farlighet (F), föroreningsnivån (N), känslighet (K) samt skyddsvärde (S) i respektive medium. Diagramytan delas in i fyra fält där varje fält står för en riskklass. Punkternas placering i diagrammet indikerar således vilken riskklass objektet ska tilldelas.

4.6.1 Föroreningarnas farlighet (F)

Ett 20-tal metaller har haltbestämts vid analysen av slagg, jord och sediment. Av dessa är det de så kallade tungmetallerna (densitet över 5 g/cm^3) som är de mest miljöfarliga. De tungmetaller som påträffats beskrivs nedan.

Arsenik: Arsenik och dess föreningar är giftiga och cancerframkallande. Giftigheten är starkt beroende av den kemiska formen. Arsenik har använts för impregnering av trä, och har även spridits i naturen i samband med järnframställning. Exponering för arsenik sker främst via intag av dricksvatten, men kan även ske genom kontakt med jord eller intag av fisk. Arsenik är akuttoxiskt och dödligt i höga doser. Vid lägre doser kan irritation, yrsel och illamående uppträda.

Bly: Bly och blyföreningar är miljöfarliga och bioackumulerbara. De är giftiga för vattenlevande organismer och varmblodiga djur. Exponering för människa sker främst genom inandning av damm och intag av jord eller vatten. Bly kan ge skador på det centrala nervsystemet och njurarna samt ge fosterskador.

Kadmium: Kadmium och dess föreningar är miljöfarliga och bioackumulerbara. De är giftiga för vattenlevande organismer och varmblodiga djur. Exponering för människa sker främst genom inandning av damm och intag av jord eller vatten. I högre doser kan kadmium orsaka skador på lungor och njurar samt påverka matsmältningsapparaten. Kadmium är cancerframkallande.

Kobolt: Kobolt är mycket giftigt för vattenorganismer och kan orsaka långtidseffekter i vattenmiljön. Potentiellt bioackumulerbar. Kan ge allergier.

Koppar: Koppar är naturligt förekommande i vår miljö och i små mängder är det ett essentiellt ämne. Koppar som tillförts miljön på konstgjord väg kommer främst från kopparrör och behandling av trä, läder och tyger. I stora mängder är koppar och dess föreningar giftiga för vattenorganismer och varmblodiga djur. Exponering för människa sker främst genom inandning av damm samt intag av jord eller vatten.

Krom: Krom och dess föreningar har varierande toxicitet. Krom och dess föreningar är cancerogena och allergiframkallande. De är giftiga för vattenlevande organismer och varmblodiga djur, samt bioackumulerbara.

Kvikksilver: Kvikksilver och dess föreningar är giftiga för vattenorganismer och varmblodiga djur samt bioackumulerbara. Kvikksilver är giftigt vid inandning.

Nickel: Nickel är giftigt för vattenorganismer och har hög bioackumulerbarhet. Nickel kan ge allergi vid hudkontakt.

Vanadin: Vanadin och dess föreningar har varierande toxicitet. Giftigt för vattenorganismer. Kan ge skadliga långtidseffekter i vattenmiljö.

Zink: Zink är ett vanligt förekommande ämne i jordskorpan och i små mängder är zink ett essentiellt ämne. Zink och dess föreningar i större mängder är giftiga för vattenlevande organismer. Exponering för människa sker främst genom inandning av damm samt intag av jord eller vatten. I höga halter kan zink orsaka blodbrist och skador på bukspottskörteln.

I Naturvårdsverkets rapport 4918, tabell 3, står föroreningarnas farlighet listade. Där bedöms att arsenik, bly, kadmium, kvikksilver och sexvärt krom har **mycket hög farlighet**. Vidare har kobolt, koppar, trevärt krom, nickel och vanadin bedömts ha **hög farlighet**. Zink bedöms ha **måttlig farlighet** och järn **låg farlighet**.

I riskklassningsdiagrammet (figur 12) ska blotta förekomsten av föroreningar med mycket hög farlighet vara avgörande för F:s placering. Därför har det placerats i kategorin **mycket hög** i samtliga medier.

4.6.2 Föroreningsnivå (N)

1. Först ska en *bedömning av tillstånd* göras. Här bedöms risker relaterade till hur pass allvarliga effekter på människa eller miljö som uppmätta halter kan innebära. Uppmätta halter på objektet jämförs med effektbaserade värden och leder till en effektbaserad bedömning. Det finns ett flertal typer av effektbaserade värden som kan användas. För mark och slagg används i första hand svenska riktvärden för förorenad mark som finns i Naturvårdverkets rapport 4918, bilaga 4, tabell 1.

I slaggen har 25,90 mg/kg arsenik påträffats. Denna halt motsvarar tillståndet **måttligt allvarligt**. För övriga metaller i slaggen motsvarar halterna tillståndet **mindre allvarligt**.

I jordproverna från klinten har 0,65 mg/kg kadmium påträffats. Detta motsvarar tillståndet **måttligt allvarligt**. För övriga metaller i jorden motsvarar halterna tillståndet **mindre allvarligt**.

Som tidigare nämnts finns det inte för sediment idag tillräckligt väl underbyggda effektbaserade värden som en indelning av tillstånd kan utgå ifrån. Om man hade kunnat använda den indelning i tillståndsklasser för sediment som finns i Naturvårdverkets rapport 4913, se tabell 2, så skulle uppmätt halt av krom (12,50 mg/kg) motsvara klass 2.

2. Efter att tillståndet har bedömts ska det avgöras om objektet är påverkat av en punktkälla eller inte. Detta görs genom att studera *avvikelsen från jämförvärdet*. För jord har Naturvårdverkets rapport 4918, bilaga 5, tabell 1 använts. Jämförvärdet för metallerna kadmium och kvicksilver i jord har hämtats från Naturvårdverkets rapport 4918, bilaga 5, tabell 2. För sediment har bilaga 5, tabell 15 och 16 i samma rapport använts. För slagg har ingen jämförelse gjorts.

I jordanalysen från klinten har 141,00 mg/kg zink, 48,50 mg/kg bly, 0,65 mg/kg kadmium, 0,18 mg/kg kvicksilver och 10,70 mg/kg kobolt påträffats. Detta innebär att jorden där har en **trolig påverkan av punktkälla** gällande dessa metaller.

I jordanalysen från området nedanför klinten har 92,10 mg/kg zink och 25,00 mg/kg bly påträffats. Detta innebär att jorden här har en **trolig påverkan av punktkälla** gällande dessa metaller.

Sedimenten har **ingen eller liten påverkan av punktkälla**.

3. Till sist ska *mängden förorening eller volym förorenade massor* uppskattas. Den uppskattade mängden relateras till föroreningarnas farlighet. Detta görs enligt Naturvårdverkets rapport 4918, tabell 6.

När det gäller slaggen har följande beräkning utförts: Den stora slagghögen är ca 10 m lång, 4 m bred och 2 m hög. Slagghögens volym uppskattas till 80 m^3 . Densiteten för jord brukar grovt beräknas till $1,6 \text{ ton/m}^3$. I det här fallet rör det sig om slagg vilken dessutom är porös. Dess densitet uppskattas därför endast vara hälften så hög, vilket innebär $0,8 \text{ ton/m}^3$. Vikten skulle då bli ca 64 ton. Hur mycket slagg som ligger utspritt över området och i havet utanför är svårt att avgöra. Mängden har i det här arbetet uppskattats till 6 ton och den totala volymen blir då $87,5 \text{ m}^3$ och vikten 70 ton slagg.

Vid grundämnesanalysen av slaggen påträffades barium och svavel i högst halt. Dessa ämnen är inte bioackumulerbara och tillhör inte de ämnen som anses vara bland de mest miljöfarliga. Däremot tillhör t.ex. arsenik och sexvärt krom gruppen ämnen som anses ha mycket hög farlighet. Sexvärt krom reduceras dock till trevärt krom relativt snabbt när det kommer ut i miljön. Arsenikhalten i slaggen är ca 25 mg/kg och kromhalten är ca 35 mg/kg . Om slaggen i området antas ha en vikt på 70 ton så innebär detta att $1,75 \text{ kg}$ arsenik och $2,45 \text{ kg}$ krom finns i området. I Naturvårdsverkets rapport 4918 står att om mängden föroreningar med mycket hög farlighet är några kilo så ska mängden föroreningar anses som stor. N har därför placerats i kategorin **hög/stor** på linjen för mark/grundvatten i riskklassningsdiagrammet (figur 12).

Eftersom jorden och sedimentet innehåller låga till mycket låga halter föroreningar har inte mängden föroreningar eller volym förorenade massor räknats ut.

4.6.3 Spridningsförutsättningar

Ingen bedömning av spridningsförutsättningar från byggnader har gjorts vid Lummelunds bruk eftersom det antas att det inte finns några föroreningar i dessa. Spridningsförutsättningarna till byggnader har heller inte bedömts eftersom dessa ligger uppströms den stora slagghögen. Därför kommer inte byggnader/anläggningar att tas med i riskklassningsdiagrammet (figur 12).

Enligt SGU:s kartor består områdets jordlager av svallsand och morän. Vid platsbesök i bruksparken bestämdes jordarten vara en sandig morän. Eftersom området består av olika jordarter så har följande beräkning gjorts. Enligt Naturvårdsverkets rapport 4918, figur 2, är den hydrauliska konduktiviteten för sand 10^{-3} till 10^{-6} m/s och för sandig morän 10^{-6} till 10^{-8} m/s . Ett genomsnittligt värde blir 10^{-6} m/s och jordarten anses då vara "genomsläpplig".

Grundvattnets strömningshastighet genom jordarten bedöms vara ca 1 m/år enligt Naturvårdsverkets rapport 4918. Dessa värden gäller vid 1 % lutning av grundvattenytan. Vid Lummelunds bruk lutar den troligtvis mer än så. Grundvattennivån är 20 m.ö.h. vid klintväggen och sträckan till havet är 400 m, vilket innebär att grundvattenytan i området lutar 5 %. Vid en lutning på 5 % ökar strömningshastigheten med en faktor 5 enligt rapport 4918.

I rapport 4918 står att mark med genomsläppliga jordarter som har tydligt lutande grundvattenyta har "mycket stora spridningsförutsättningar". I mark, grundvatten och sediment skulle då ämnen spridas över 5 m/år. Linjen för spridningsförutsättningar i **mark/grundvatten** har därför placerats i kategorin **mycket stora** i riskklassningsdiagrammet (figur 12). Linjen för spridningsförutsättningar i **sedimenten** har placerats i kategorin **stora**. Lummelunds å rinner med relativt hög hastighet förbi den stora slagghögen. Detta innebär att eventuellt utlakade ämnen från slaggen snabbt förmodas transporteras vidare ut till Östersjön, och därmed bör en mindre mängd sedimentera på botten av ån.

I ytvatten har det bedömts att det är **måttlig** risk för att föroreningarna ska spridas vidare. Även om Lummelunds å rinner snabbt genom området mot Östersjön, och på så sätt kan föra med sig stora mängder föroreningar på kort tid, så bör dessa neutraliseras så fort de når Östersjön.

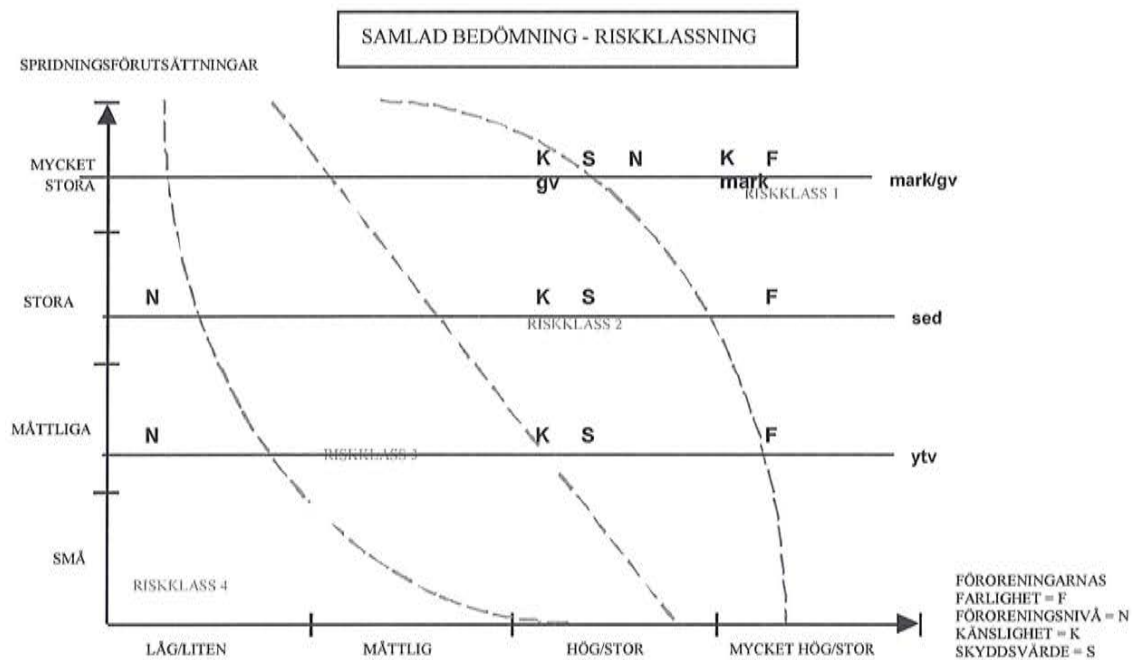
4.6.4 Känslighet och skyddsvärde (KoS)

När det gäller *känslighet för människa* ska enligt Naturvårdsverkets rapport 4918, tabell 8, bedömningen "mycket stor känslighet" ges för mark och grundvatten om människor bor permanent i området. Samma sak om barn kan exponeras i stor utsträckning av föroreningarna. Hundratusentals människor besöker Lummelunds bruk varje år och många har picknick i parken. Barn leker ofta i och intill Lummelunds å och vid den allmänna badplatsen som finns precis vid åns utlopp. Därför har känsligheten bedömts vara **mycket stor för mark** och **stor för grundvatten** eftersom det inte finns några brunnar nedströms den stora slagghögen. Vidare har bedömningen **stor känslighet för ytvatten** tilldelats eftersom området har stor betydelse för det rörliga friluftslivet, eftersom djurhållning sker och eftersom barn kan exponeras för föroreningar när de leker och badar i ån och på badplatsen. Dessutom odlas regnbågslax i dammarna och fisken äts av dem som bor i området. Även sedimenten har tilldelats **stor känslighet** eftersom det kan innehålla tungmetaller.

När det gäller *naturens skyddsvärde* så står i rapport 4918, tabell 9, att "områden med ekosystem som är mindre vanliga i regionen, eller områden med stort skyddsvärde som t.ex. strandområden och känsliga vattendrag, rekreatiomsområden eller parker ska ha stort skyddsvärde". Havsöring leker i Lummelunds å och i parken finns många mindre vanliga träd och växter, som t.ex. ramslök och valnöt. Platsen är mycket vacker och är ett rekreatiomsområde. Därför anses skyddsvärdet för naturen vara **stort för mark, grundvatten, ytvatten och sediment**.

4.6.5 Riskklassning

Med hjälp av resultaten från punkt 4.2.1- 4.2.4 har ett riskklassningsdiagram ritats upp (figur 12). Lummelunds bruk har vid riskklassningen indelats i riskklass 3.



Figur 12. Riskklassningsdiagram

5. DISKUSSION

När undersökningen vid Lummelunds bruk startade i mars 2004 så kändes det viktigt att ta reda på vilken typ av malm som slaggen härrörde från. Enligt skriftliga belägg ska malmen ha hämtats från Utö i Stockholms skärgård och man vet att där fanns både järn- och sulfidgruvor som bröts aktivt under 1600-talet. Om det skulle visa sig att slaggen härrörde från eller innehöll sulfidmalm så skulle detta innebära att betydligt större risk finns för att tungmetaller läcker ut från slagghögarna. Vid analys av slaggen visade det sig att svavelinnehållet var 514 mg/kg, vilket motsvarar 0,05 %. Enligt geolog Joakim Mansfeldt på Stockholms universitet så är det en normal svavelhalt för järnmalm. Dessutom är koppar- och zinkhalterna (9,79 mg/kg respektive 57,10 mg/kg) för låga för att det skulle röra sig om slagg från sulfidmalm. Vidare innehåller slaggen 22 % kalciumoxid. Den höga halten kalciumoxid beror enligt geolog Joakim Mansfeldt på att de förr i tiden tillsatte kalk för att få ut järnet vid smältningsprocessen i masugn av just järnmalm.

Efter att det fastställts att slagghögarna består av järnmalmsslagg så var nästa fråga om det sker något utläckage av tungmetaller ifrån den. I slagganalysresultatet kunde man se att nästan samtliga tungmetallhalter var högre i provet taget från 30 cm djup än från ytan av slagghögen. Haltskillnaderna var kanske inte så stora, men man såg dock att det fanns en tydlig förhöjning, speciellt av tungmetallerna arsenik och zink. Om man utgår från att resultaten stämmer så skulle detta kunna vara en indikation på att en utlakning sker i slaggen. Förklaringen till den högre halten längre ner skulle då kunna vara att de utlakade tungmetallerna från ovanförliggande slagg fastnar på den underliggande vid nedåtttransport med regn- och smältvatten genom slagghögen. En annan förklaring skulle kunna vara att ytligt liggande slagg utlakas mer än slaggen på djupet, eftersom slaggen på ytan står i direktkontakt med väder och vind. Det sura, svavelinnehållande regnet som faller över vårt land skulle kunna bidra till den ökade utlakningen. I Naturvårdsverkets rapport 4393 står att slagg från järnmalm ska vara relativt inert. Detta kan stämma om man jämför med andra typer av slagg, t.ex. från sulfidmalm. Men man bör för den sakens skull inte avfärda järnmalmsslagg som helt ofarlig eftersom analysresultaten antytt att en viss utlakning av tungmetall faktiskt sker från den.

I sedimentprovet som togs från en liten rännil som sipprar fram under den stora slagghögen kunde man i analysresultatet se att samtliga tungmetallhalter var högre än i provet taget uppströms slagghögen. Detta gällde framförallt krom, bly och zink. Även detta kan tolkas som att en viss utlakning sker från slaggen. Uppmätta halter var emellertid mycket låga. Detta kan bero på att sedimentprovet togs relativt nära markytan. Eftersom slagghögen är 350 år gammal kan man tänka sig att högre tungmetallhalter hade påträffats i sedimenten intill slagghögen om provet hade tagits från en djupare nivå. Man kan förmoda att den största utlakningen borde ha skett när slaggen var färsk, eftersom det då troligtvis fanns en större mängd löst bundna metaller på ytan av den.

Inför jordprovtagningen fanns det till en början vissa tveksamheter om var någonstans proverna skulle tas. Till sist bestämdes att klintens ovansida kunde vara en bra provtagningsplats. Här fanns möjligheten att jordtacket har legat orört under alla år och dessutom ligger platsen rakt öster om masugnen, och bör då på grund av de dominerande västliga vindarna ha varit utsatt för rökgaserna.

I jordanalysresultatet kunde utläsas att halten av samtliga tungmetaller var högre i provet taget uppe på klinten jämfört med provet taget nedanför klinten, och i referensprovet taget utanför området. Detta gäller framförallt tungmetallerna kadmium, kobolt, kvicksilver, bly och zink. Även i provet taget nedanför klinten var samtliga tungmetallhalter högre än i referensprovet taget utanför området. Förutsatt att provtagningen skett i jord som legat intakt sedan järnbrukets dagar kan jordanalysresultaten tolkas som att rökgaserna från masugnen har innehållit tungmetaller och att dessa har spridits över området. Uppmätta halter är dock så låga att det bedöms som att det inte är hälsoskadligt att vare sig dricka grundvattnet eller att odla i området.

Lummelunds bruk har vid riskklassningen indelats i riskklass 3. Man kan tycka att området borde hamna i en högre riskklass än så eftersom ämnen med mycket hög farlighet har påträffats i förhöjda halter i slaggen. Dessutom finns stora till mycket stora spridningsförutsättningar i området. Men eftersom uppmätta halter av tungmetaller i slagg, sediment och jord har visat sig vara låga verkar det som att slaggen är mer eller mindre inert, d.v.s. att tungmetaller inte lakas ut från den i någon större omfattning. Därför finns ingen anledning till att ta bort slagghögarna. Dessa är fornminnesmärkta och därför skyddade enligt lag. Tyvärr så är det många som inte känner till detta och som plockar upp slagg och tar med sig den från platsen. För att skydda slagghögen mot detta och för att samtidigt förhindra att människor utsätts för de miljöfarliga ämnena som finns i slaggen borde man sätta upp en skylt på platsen som talar om att det är förbjudet att vidröra slagghögarna.

Vid riskklassningen av området har Naturvårdsverkets MIFO-modell använts (Naturvårdsverket 2002). Förutsatt att samtliga bedömningar har gjorts på rätt sätt och att riskklassningsdiagrammet (figur 12) har ritats upp korrekt så har MIFO-modellen uppfattats som något "fyrkantig" vid riskklassningen av Lummelunds bruk. Skulle man till exempel gå strikt efter riskklassningsdiagrammet skulle Lummelunds bruk hamna i en högre riskklass än 3. Det går alltså inte att endast titta på var någonstans de olika bokstäverna hamnar i diagrammet för att avgöra vilken riskklass objektet tillhör, utan man måste tänka själv och göra en egen bedömning. Riskklassningsdiagrammet är däremot en bra hjälp för att få en överskådlig blick över situationen i ett område.

Det faktum att det ännu inte finns några användbara jämförvärden för att kunna göra en bedömning av tillstånd för sediment i MIFO-modellen gör att riskklassningen känns ofullständig. Det finns en indelning i tillståndsklasser av sediment som Naturvårdsverket har tagit fram i sin rapport 4913, men denna kan inte tillämpas i MIFO-modellen eftersom den inte gjorts på samma sätt som för t.ex. mark. Detta borde kunna ändras.

Det man kan tänka på vid riskklassningen av sådana här områden är att först ta reda på vilken typ av malm som använts. Är det järnmalm så kan man förutsätta att föroreningshalten inte är särskilt hög, varken i slaggen eller i området. Troligtvis kommer det att räcka med att göra en riskklassning enligt MIFO fas 1, beroende lite på omfånget av verksamheten. Om det handlar om stora slagghögar så kan mängden föroreningar i den vara så pass stor, trots att det rör sig om järnmalmsslagg, att mer omfattande provtagning av mark- och grundvattnet kan behöva göras enligt MIFO fas 2.

Jag anser att det inte finns något behov av ytterligare undersökningar vid Lummelunds bruk. De resultat som framkommit har visat att området inte är förorenat i den grad att en åtgärd måste vidtas, vilket är bra med tanke på den turistverksamhet som finns på platsen och för det kulturvärde som slagghögarna och masugnen har. Förväntningarna inför riskklassningar av andra platser på Gotland där järnbruk funnits är att resultaten kommer att vara liknande som vid Lummelunds bruk. Detta förutsatt att det rör sig om slagg från järnmalm och att metoderna som använts är de samma.

6. SLUTSATS

Malmen som användes vid Lummelunds bruk var järnmalm från Utö i Stockholms skärgård samt järnmalm från Vigelsbo gruva i Roslagen. Även om det vid analys av slaggen har påträffats ämnen i den som har mycket stor farlighet för människa och miljö så har analysresultaten visat att halterna av dessa ämnen är låga, och att de inte lakas ut från slagghögarna i någon större omfattning.

I sedimenten under slagghögen har påträffats något förhöjda tungmetallhalter av framförallt krom, bly och zink som kan ha lakats ut från slaggen. Halterna är dock så låga att det bedöms att ingen risk finns för att miljön ska ta skada.

I jordproverna har något förhöjda halter av tungmetaller uppmätts, gällande framförallt kadmium, kobolt, kvicksilver, bly och zink. Halterna är dock så låga att det bedöms att det inte är hälsoskadligt att vare sig dricka grundvattnet eller att odla i området.

Lummelunds bruk har vid riskklassningen indelats i riskklass 3, vilket innebär att de verksamheter som funnits på platsen har orsakat att en *måttlig* risk finns för hälsa och miljö. Slagghögarna behöver därför inte tas bort. Däremot bör en skylt sättas upp på platsen som talar om att det är förbjudet att vidröra dem, dels för att skydda människor mot de hälsofarliga ämnen som påträffats i slaggen och dels för att skydda den fasta fornlämningen mot förstörelse.

7. TACK!

Jag vill rikta ett stort tack till alla på Livsmiljöenheten på Länsstyrelsen i Gotlands län för att ni har gjort min vistelse här så trevlig. Speciellt vill jag tacka Mattias Vejlens, Anna Bohlin och Fredrik Gustafsson som hela tiden har funnits där till min hjälp, och som från allra första dagen fått mig att känna mig som en i gruppen. Tack för att ni har granskat rapporten så många gånger och kommit med synpunkter och många goda förslag.

Tack även till min handledare på Stockholms universitet, Åke Delteus, som har granskat och godkänt rapporten.

Jag vill även tacka Anna Forslund som visade mig filmen om Lummelunds bruk och som gav mig en kopia av sin uppsats om bruket. I den stod det mycket bra och intressant information!

Sist, men absolut inte minst, vill jag tacka Andreas Gällerspång som har kommit med många briljanta idéer och förslag gällande rapportens text och innehåll.

Visby, 2004-08-15

Cecilia Cederborg

8. LITTERATURLISTA/REFERENSER

Tidningsurklipp, arkivmaterial och broschyrer:

Fornminnesregistret, 2001, Länsstyrelsen i Gotlands län

Fornsalens arkiv 1: *Arkeologisk utredning Lummelunds bruk*, Lst dnr 220-2801-99

Fornsalens arkiv 2: *Gotland fick sin storindustri vid Lummelunds bruk på 1600- talet*, artikel i Gotlands Folkblad 25/10 1974

Fornsalens arkiv 3: 1985, *Kvarnhjulet Lummelunda*, Broschyr från Lummelundagrottan

Länsmuseet på Gotland, 2001, *Småindustriinventeringen av Pär Malmros*

Publicerad litteratur:

Byström, 1996, *Utö bergslagsområde*, Atlas över Sveriges bergslag, Jernkontoret

Engh, 1980, *Lummelundagrottan med tillhörande karstområde*, Sveriges speleologförbund

Gardell, 1992, *Gotlands historia i fickformat*, tredje upplagan, Immenco AB, Visby

Geijer & Magnusson, 1944, *De mellansvenska järnmalmernas geologi*, Stockholm

Karlqvist, Fogdestam & Engqvist, 1982, *Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Gotlands län*, SGU

Loberg, 1999, *Geologi*, sjätte upplagan, Bokförlaget Prisma

Lundberg, 1939, *Lummelunds bruk*, Jernkontorets bergshistoriska skriftserie nr 8

Mc Knight, 1999, *Physical Geography : a landscape appreciation*, sixth edition, University of California, Prentice Hall New Jersey

Naturvårdsverket, 1995, *Branschkartläggningen* - SNV Rapport 4393

Naturvårdsverket, 1997a, *Bakgrundshalter i mark* - SNV Rapport 4640

Naturvårdsverket, 1997b, *Tillståndet i svensk åkermark* - SNV Rapport 4778

Naturvårdsverket, 1999, *Sjöar och vattendrag* - SNV Rapport 4913

Naturvårdsverket, 2002, *Metodik för inventering av förorenade områden* - SNV Rapport 4918

Naturvårdsverket, 2003, *Efterbehandling av förorenade sediment- en vägledning* – SNV Rapport 5254

Olofsson, 1980, *Utö-exkursion*, Stockholms universitet

Öhrman Roger, 1994, *Vägen till Gotlands historia*, Gotländskt arkiv

Opublicerad litteratur:

Forslund, 1975, skoluppsats om Lummelunds bruk

Förutom ovanstående referenser har även nedanstående internetadresser använts:

1: www.speleo.se/gris/lummel.htm, 2004-05-05

2: www.ekomuseum.se/fordjupning/jarnhantering.html, 2004-04-13

3: www.arbetslivskola.info/PYN-branschen.htm, 2004-04-29

4: www.isk.kth.se/isk_saru/papperstillverkning.htm, 2004-04-29

5: www.karlshamn.se/kommun/struktur/forvaltn/samhbygg/Laxaleden/Angolsmala_kvarnpl.pdf, 2004-07-21

6: www.unnaryd.com/valkommen/brunnsbacka/kulturhistoria2.htm, 2004-07-29

7: www.ulander.com/ljustorp/sevardheter/skaljomsbacken/vadmalsstamp.html, 2004-04-14

8: www.cafebruket.se, 2004-03-31

9: www.lansmuseum.a.se/industri/industri2a.cfm?in_idnr=ind12, 2004-03-31

10: www.archipelago.nu/SKARGARD/SVENSKA/GOTLAND/lummelunda.htm, 2004-04-29

9. BILAGOR

Bilaga 1. Lummelundagrottan

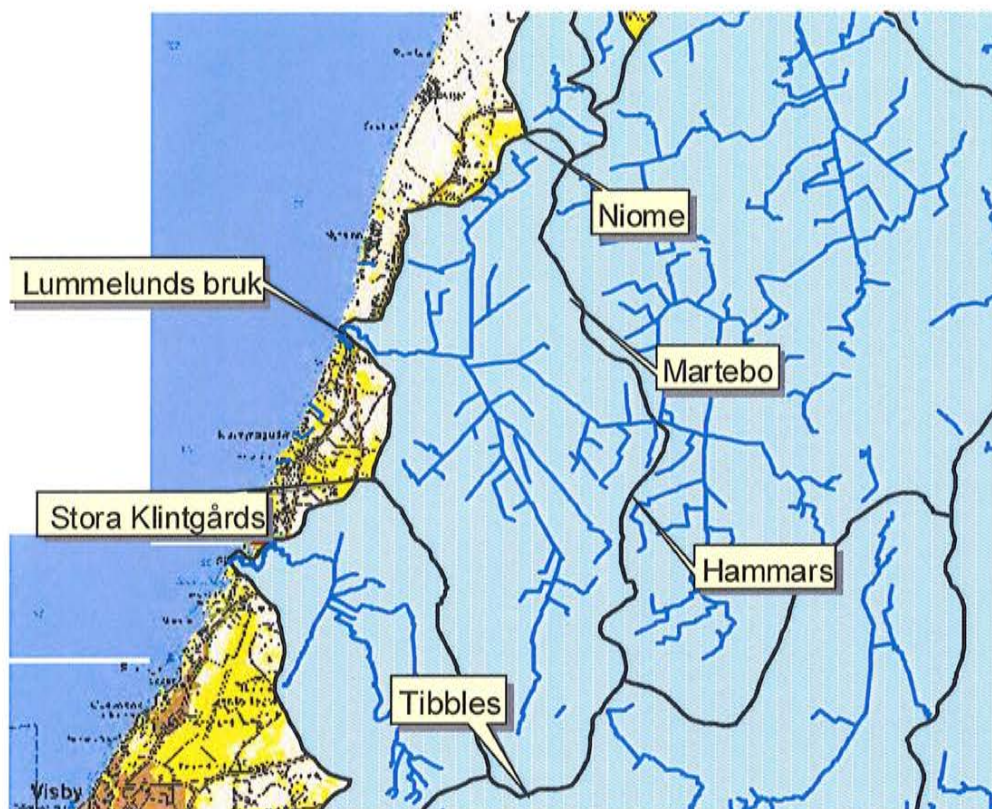
Lummelundagrottan är en typisk karstgrotta. Eftersom grottan antas ha bildats längs en långsamt sluttande grundvattenyta är den även en s.k grundvattenytegrotta. Grottan har i stort sett horisontell sträckning och följer gotlandssilurens plana kalkskikt (Internet 1). Grottan är full av droppstenar, både stalagmiter och stalaktiter, och eftersom dessa inte kan växa under vatten menar vissa att grottan har bildats efter det att Gotland dök upp ur Yoldiahavet (10300-9500 B.P.). Med tanke på grottsystemets storlek är det mest troliga att de inre delarna av grottan är mycket äldre än så.

Den kemiska processen vid en grottbildning är komplicerad, men kan förenklat beskrivas på så sätt att ytvatten som tagit upp koldioxid från luften blir aggressivt mot kalksten och löser upp kalciumkarbonaten till kalciumbikarbonat. Denna är mycket vattenlöslig och följer med vattnet bort, varpå ett hålrum så småningom bildas på platsen. Processen är mycket långsam och varierar med vattenflöde, temperatur, berggrundens beskaffenhet och många andra faktorer (Internet 10, Mc Knight 1999). Processen går emellertid snabbare i varma och fuktiga klimat, som exempelvis i södra Europa. I Sverige har klimatet efter den senaste istiden i perioder varit något varmare än idag, men det rör sig inte om mer än några få grader. Sannolikheten att grottan ska ha hunnit utformas i vårt kalla klimat under endast ca 10000 år är mycket liten. Enligt Uppsalas statsgeolog Sven Svantesson har grottan antagligen bildats under flera interglacialer, vilket kan innebära flera hundratusentals år.

Dolinerna vid Lummelunda uppgår till 53 stycken. Dessa är belägna i ett ca 100 m brett stråk längs klintkanten. Merparten av dolinerna har bildats genom en långsam upplösning av berggrunden. I vissa av dessa doliner har slukhål bildats. Slukhål är beteckningen på det ställe i markytan där vattendrag försvinner ner till ett underjordiskt dräneringssystem. De kända slukhålarna i området är samtliga belägna i den artificiellt fördjupade strömfåran, den s.k. Kanalen. Endast ett fåtal av slukhålarna har en öppning som överstiger 0,1 m² (Engh 1980). Vatten från myren ovanför söker sig ner genom slukhålarna till Lummelundagrottan som är belägen precis under. På dess väg genom grottan mot havet för vattnet hela tiden med sig material från grottans väggar och golv och därmed ökar grottans storlek sakta men säkert.

De underjordiska gångarna breder ut sig över ett betydligt större område än vad man från början hade trott. På 1700-talet uppskattade Carl von Linné att de underjordiska gångarnas längd var 700 m. På 1950-talet trodde grottforskaren Leander Tell att de var omkring 1100 m. Han menade också att de flesta underjordiska kanaler och hålrum med största sannolikhet borde befinna sig i massivet omedelbart i närheten av de stora slukhålarna, framförallt rakt under den forna myren. Han trodde också att de underjordiska kanalerna kunde sträcka sig ända bort till Själsö och Kolens kvarn. Man gjorde en undersökning av vattnets hastighet genom att färga det. Det tog ca tre dygn för vattnet att ta sig från Stora Sluket till grottmynnningen. Man beräknade den verksamma vattenmängden genom grottan till 9000 m³, men man antog att det fanns ännu mer vatten magasinerat inne i grottbassängen (Forslund 1975). Nu är grottan kartlagd och uppmätt till drygt tre kilometer sammanlagd gånglängd. Den tävlar med Korallgrottan i Jämtland om att vara Sveriges längsta grotta.

Bilaga 2. Huvudavrinningsområde



Dagens huvudavrinningsområde sträcker sig från Lummelunds bruk upp till Niome och avlänkas därifrån sydost mot Martebo. Det går vidare söderut till Hammars, därifrån sydväst till Tibbles och slutligen nordväst mot Stora Klintgårds och Lummelunds bruk. Samtliga namn är Ortsnamn.

Bilaga 3. Historik Lummelunds bruk

Vattenkraften vid Lummelunds bruk är unik för Gotland och har utnyttjats åtminstone sedan medeltiden. Det gynnsamma läget med allt vatten som på våren strömmade ut från Martebo myr genom Lummelundagrottan och ned mot havet gjorde Lummelunds bruk idealisk för att driva vattendrivna verk. Det tidigaste skriftliga belägget för detta finns i 1594 års jordebok för Gotland. Där talas om "möllaren i Lummelunds mölle", Sören Öfverstekvarn. I kyrkoräkenskaperna för Lummelunda år 1621 nämns Siffre och Oluf överstekvarn, Peder medekvarn och Maren nederstekvarn (Lundberg 1939).

Enligt flera källor har munkar varit aktiva vid Lummelunds bruk (Forslund 1975, Fornsalens arkiv 1 och 3). Ännu existerande namn som Munkströmmen och Munkdammen kan även tyda på detta. Det mest troliga är att det i så fall handlade om cisterciensermunkar som kom till Gotland via Nydala kloster på 1100-talet. De invigde Roma kloster år 1164 och ska mest ha ägnat sig åt meditation och att förvalta sina egendomar (C. Runeby, muntl.inf.). Enligt cisterciensermunkarnas klosterregel skulle de livnära sig av eget arbete, d.v.s. jordbruk och boskapsskötsel (Gardell 1992). De var kända för att ta över mark som i andras ögon inte hade så mycket värde, som t.ex. vattensjuka områden. De var skickliga på att dränera denna typ av mark och göra den odlingsbar. De grävde även dammar och kanaler för att kunna odla fisk (C. Runeby, muntl.inf.). I ån nedanför Lummelunds bruk finns lämningar efter en träkonstruktion. Enligt lokal tradition skulle här ha funnits en dammanläggning anlagd av cisterciensermunkarna (Fornsalens arkiv 1).

Vid Lummelunds bruk anlade munkarna en mjölkvarn, en vadmalstamp, åkrar och ängar samt dammar för att kunna odla karp (Forslund 1975). De brukade ha folk anställda vid klostret som skötte om verksamheterna (C. Runeby, muntl.inf.). Det kan även ha varit munkarna som byggde huset som står som en ruin i parken. Det är ett medeltidshus med kraftiga väggar och små fönster. Det är uppfört av gråsten och kalksten och fogad med kalkbruk, och man tror att man har tagit sten från det för att bygga upp masugnen. Legendan säger att om huset rivs så kommer Lummelunds bruk att brinna nattetid. Kanske är det denna sägen som räddat huset från att rivas helt (Forslund 1975). Parken som ruinen står i var från början munkarnas trädgård och det kan ha varit de som planterade in ramslöken som idag täcker hela området. Ramslöken går nämligen utmärkt att koka soppa på (A. Forslund, muntl.inf.).

Vissa tror att det istället har varit dominikanermunkar som funnits på platsen. Men dessa ägnade sig vanligtvis inte åt att bruka mark utan ägnade sig mer åt mission och bön. De tillhörde de s.k. tiggarrordnarna som upprättades på 1000-talet och tog helt avstånd från jordäggande och klosterliv. De livnärde sig enbart på allmosor (Gardell 1992).

Vid Gotlands reformation år 1537 exproprierades alla kyrkors och klosters egendomar av staten (d.v.s. Danmark). Klostrets mark vid Lummelunds bruk överlämnades till hospitalet i Visby varpå Mellerstakvarn, vadmalstampen och området söder om Lummelunds å med åkrar och ängar blev s.k. hospitalgrund. Staten behöll också en del av marken vid Lummelunds bruk. På dess ägor, s.k. kronogrund, låg Nederstekvarn som

även kallades för Strandkvarnen eftersom den låg vid Stora Hammarströmmen nära stranden. Nederstekvarn försåg det då existerande Visborgs slott med mjöl. Överstekvarn var privatägd och bestod av två mjölkvarnar. Den fungerade som en s.k. tullkvarn, vilket innebar att bönderna kom hit och malde sin säd och lämnade en del kvar som betalning (Forslund 1975).

År 1645 slöts freden i Brömsebro. Då fick Sverige landskapen Jämtland, Härjedalen, Halland och Gotland från Danmark. Men även om Gotland blev svenskt förvandlades inte gotlänningarna från danskar till svenskar över en natt. Det gällde därför för den svenska myndigheten att satsa på svenskt näringsliv på ön. Man uppmuntrade bl.a. till brytning av kalk- och sandsten (Lundberg 1939).

Stormakttidens Sverige behövde kläder till sina arméer. Gotland hade naturliga förutsättningar att bedriva klädproduktion eftersom här fanns bra möjligheter till fåravel. Därför beslöt en köpman från Stockholm vid namn Kristofer Neuman att upprätta ett vantmakeri (klädesfabrik) på Gotland. År 1649 fick han i ett privilegiebrev av drottning Kristina tillstånd att upprätta detta vid Kopparsvik strax söder om Visby, där en liten ström vid denna tid drev tre kvarnar. Mot att han klarade garnisonernas beklädnad i Visby och Kalmar fick han arrendera några hemman på Gotland, bl.a. Lummelunds bruk, på statens bekostnad. Han fick dessutom ta emot alla skatteintäkter från fem gårdar på norra Gotland. Inte heller behövde han betala tull för import av nödvändiga råvaror eller skatta för sitt arbetsfolk. För att skaffa fårull fick han tillstånd att inrätta fårgårdar, s.k. schäferier, vid Kungsladugården nära Visby och på Skenholmen utanför den nordöstra kusten. Mängder av ull krävdes till tillverkningen av kläder och därför uppmanades det gotländska folket att skaffa får (Lundberg 1939).

Under samma period planerade Neuman att anlägga ett järnbruk vid Lummelunds å, som skulle bestå av en masugn och två hammare. Eftersom det inte fanns någon järnmalm på Gotland skulle malmen fraktas från Utö i Stockholms skärgård. Utö låg visserligen 18 mil bort, men Neuman ansåg att eftersom man kunde leverera malm från Utö till Finland så kunde man göra det även till Gotland. Från Kappelshamn skulle malmen köras på oxkärror till Lummelunda där man sedan skulle bearbeta malmen. Neuman begärde s.k. bergfrälse hos drottning Kristina (bergfrälse innebar rätten att driva bergbruk utan att behöva skatta för det) och år 1651 beviljades han detta. Året därpå gavs Gotland i förläning till Karl den 11:e som innehade ön två år innan han blev kung av Sverige. Drottning Kristina hade nämligen abdikerat och flyttat till Rom. För Neumans del innebar detta att han krävdes på arrendeavgifter. Han kom i ekonomisk kris och var tvungen att avveckla Kopparsvik, och hade nu alltså bara järnbruket kvar (Lundberg 1939).

Lummelunds bruk saknade egen hamn. Därför skeppades järnet ut från Brissund och det mesta gick på export till Tyskland. Enligt tabeller över järninförseln genom Norder- och Österport från Lummelunds bruk år 1654 gick 105 skeppund (ca 15 ton) järn dit. Tabellerna visar dock inte brukets totala årsproduktion. Detta beror dels på att Neuman skeppade ut järnet med egna fartyg, och dels på att mycket järn stannade kvar hos bönderna som betalning för vedkörning, kolning, jordbruksprodukter och virkesleveranser. Neuman bedrev också handel med kalk, virke och tjära, som säkert gav honom fler intäkter än järnbrukets produkter eftersom inte heller hans järnindustri kom igång ordentligt. Detta berodde delvis på att gotlänningarna, dansksinnade som de var, inte såg med blida ögon på den inflyttade svenskens företag. Neuman hade att

kämpa mot ett fruktansvärt motstånd från Visbyborgarna, som inte kunde smälta att han lyckats upprätta ett bruk och få hjälp av regeringen i form av vidsträckta privilegier. Dessutom lät Neuman skeppa ut varor direkt till de gotländska bönderna via hamnarna runt ön. Bönderna slapp då köra hela vägen in till Visby för att köpa humle och salt och detta gillade inte Visbyborgarna, som sedan dansk tid hade monopol på all sådan handel. Även bruksfolket var besvärligt eftersom de stal, söp och slogs. Mycket ofta hände det att de smusslade undan järn och sålde det i sin tur för egen förtjänst. Det som satte definitivt stopp för Neuman var dock pesten. Han avled i mars år 1663 tillsammans med många andra på Gotland (Lundberg 1939).

Hans hustru, Brita Knutsdotter Neuman, även kallad Nymanskan, tog över verksamheten efter makens död. Järnbruket var beroende av att bönderna levererade ved och hö regelbundet. Eftersom dessa prioriterade kalkugnar istället för Nymanskans bruk blev detta stillastående i långa perioder p.g.a. kolbrist. Bönderna vägrade att sälja skog till änkan. Brita klagade bittert inför bergskollegiet och generalguvernören över böndernas illvilja. Hon tröttnade snart på att leda järnbruket och arrenderade ut det istället (Lundberg 1939).

Mellan åren 1671-84 arrenderades bruket av Vilhelm Facht och Mattias Trip. Facht drev bruket och levererade allt järn till Trip för försäljning. År 1672 fanns endast 11 personer anställda, men bruket tog snabbt fart och år 1673 fanns 48 personer anställda. Arbetsstyrkan bestod av svenskar, gutar och valloner. Malmen bör fortfarande ha hämtats från Utö. Troligtvis fick han en kort tid även malm från Roslagen, närmare bestämt från Vigelsbo gruva i Roslagen. Det gick ganska bra för bruket nu. I juli år 1674 avgick skeppet Den lilla Silverkronan från Visby med en last stångjärn vägandes 803 skeppund (ca 114 ton) med destination Amsterdam. Det var första gången gotländskt järn fraktades till Holland. År 1676 erövrade danskarna Gotland och höll det ockuperat under 3 år. De stoppade och beslagtog malmtillförseln varpå bruket stod stilla under dessa år (Lundberg 1939).

Mellan åren 1684-89 drevs bruket av Gotlands mäktigaste Visbybo under 1600-talet, Holger Jönsson. Malmskutorna anlade då oftast Visby, varifrån frakten till Lummelunda blev kostsam. Skattetrycket var högt på bruket och efter några år sades arrendet upp (Lundberg 1939).

Under alla dessa år stod Brita Neuman fortfarande som ägare av bruket. Eftersom hon stod i skuld till staten p.g.a. obetalda skatter stämde hon år 1692. År 1694 utföll domen som fastställde hur mycket hon skulle betala. Eftersom några pengar aldrig betalades in konfiskerades Lummelunds bruk av staten. I samband med detta upprättade Gabriel Elephant en skattelägningskarta år 1696 (figur 3 och 4) för att man skulle kunna göra en utvärdering av bruket. Detta är den första utförliga kartan som gjorts över området. Frågan var nu om det skulle utarrenderas eller säljas. Till slut utarrenderades bruket till Adam Helms som varit delaktig i Holger Jönssons tidigare affärer. Han köpte bruket år 1699 och gjorde en del bättringar och reparationer, bl.a. lät han bygga en ny hammare år 1702.

Kol- och vattenbristen gjorde att bruket ändå gick sitt öde till mötes. År 1709 inkom en begäran från Helms till bergskollegiet att få bruket ödeförklarat. Vid Bender i Turkiet den 17 september år 1712 biföll Karl den 12:e ansökan från Helms, som därmed blev fri från alla vidare utgifter för bruket (Lundberg 1939).

Av de många anläggningar som funnits vid Lummelunds bruk finns nu bara Överstekvarn kvar. Herrgårdsbyggnaden som är belägen ovanför kvarnhuset byggdes år 1805 på samma plats som ett tidigare hus från medeltiden (Öhrman 1994). Huslängan som inrymmer caféet och Silurum var tidigare ladugård och svinstia (Internet 8).

Bilaga 4. Historik Utö gruvor

Det finns ett tjugotal olika mineral och ett tiotal olika bergarter på Utö. Holmqvist upptäckte år 1904 ett nytt mineral här som han uppkallade Holmqvistit efter sig själv. Såväl slagg som malm med förekomst av detta mineral har påträffats vid en arkeologisk undersökning i Visby. Lagren i vilka fynden gjordes har daterats till mitten av 1100-talet. Detta fynd har medfört att startdatumet för gruvbrytningen på Utö kan sättas så tidigt som till den tiden (Byström 1996).

På Utö fanns 17 gruvor och ett 20-tal orter som var i drift vid olika tidpunkter. Här fanns både zinkgruvor, järnmalmgruvor och sulfidmalmgruvor (Byström 1996). Enligt Lundberg (1939) köpte Kristofer Neuman sin malm av amiral Bielkenstierna på Utö, som skötte malmhanteringen där vid mitten av 1600-talet.

De äldsta skriftliga uppgifterna om dagbrotten på Utö omtalar att *Skogs- och Liljebergsgruvorna* är de äldsta järnmalmgruvorna. Dessa upptogs i början av 1600-talet. Även *Nyköpingsgruvan och Finngruvan* bröts under samma period. Nyköpingsgruvan är både en sulfidmalmgruva och en järnmalmgruva och började brytas på allvar 1607. Totalt upptogs 19 orter i denna gruva som också kallades Companiegruvan, eftersom bruksägarna i Södermanland bröt malm här på egen bekostnad under 1600-talet. Gruvan bröts fram till år 1878, men låg nere mellan åren 1677-1729 (Byström 1996).

Finngruvan var en järnmalmgruva och bröts fram till år 1668. Storgruvan var i drift mellan åren 1677-1714 och var även den en järnmalmgruva. Långgruvan var en lång gruvsträcka som tidigare utgjort flera gruvor såsom Storgruvan och norra Finngruvan (Byström 1996).

Malmen bröts åtminstone före 1700-talets slut främst genom s.k. tillmakning. Genom öppen eld upphettades berget, varefter det avkyldes med vatten och bearbetades för hand med släggor och spett. Vedkonsumtionen blev mycket hög och bränsle fick inköpas i stora mängder dels från fastlandet, dels från kringliggande öar, tidvis även från Finland. Enligt 1683 års bestämmelser fick ingen bruksägare hämta Utömalmen utan att samtidigt leverera vissa kvantiteter ved. Såväl att läns pumpa gruvorna som att uppfordra malmen var länge svårbemästrade problem. I avsaknad av vattenkraft nyttjades under den förindustriella tiden, förutom vinddrivna pumpverk, hästar och oxar som dragare för vinscherna. År 1689 omtalas 15 till 20 par hästar vid gruvorna och i ett senare skede nämns stallplatser för ett femtiotal djur. För dessa krävdes ansevärliga mängder foder som det ofta visade sig vara svårt att anskaffa. Utös eget bete räckte inte långt, varför hö regelbundet fick inköpas från olika platser - en tid från Åland. När leveranserna av någon anledning, t ex på grund av torka 1702, uteblev, förorsakade detta ett svårt avbrott i gruvdriften. Det genom tiderna allvarligaste driftstoppet inträffade sommaren år 1719. Då härjade tsar Peter I:s flotta stora delar av den svenska ostkusten och totalförstörde Utögruvorna. Hela gruvgården med uthus brändes ner. Så skedde även med samtliga arbetarbostäder, vilkas grunder t.o.m. revs. Pumparna och andra till gruvdriften hörande verk nedstörtades i dagbrotten och fyra av de största gruvschakten fylldes med varp. Fortfarande återfinns flera tusen ton av ryssarna nedstörtad gråbergsvarp i Långgruvan, som till stora delar legat öde sedan 1719 (Internet 9).

Bilaga 5. Analysresultat slagg

ELEMENT	SAMPLE	Prov A (yta)	Prov B (djup)
TS	%	99,70	99,70
SiO ₂	% TS	60,80	58,50
Al ₂ O ₃	% TS	2,88	3,05
CaO	% TS	22,40	22,50
Fe ₂ O ₃	% TS	6,07	5,66
K ₂ O	% TS	1,16	1,39
MgO	% TS	4,93	4,92
MnO	% TS	2,74	2,02
Na ₂ O	% TS	0,21	0,28
P ₂ O ₅	% TS	0,03	0,04
TiO ₂	% TS	0,07	0,08
Summa	% TS	101,30	98,40
LOI	% TS	-1,20	-0,20
As	mg/kg TS	17,20	25,90
Ba	mg/kg TS	340,00	354,00
Be	mg/kg TS	18,20	19,10
Cd	mg/kg TS	<0,10	<0,10
Co	mg/kg TS	2,04	2,11
Cr	mg/kg TS	34,90	28,00
Cu	mg/kg TS	6,24	9,79
Hg	mg/kg TS	<0,10	<0,10
La	mg/kg TS	20,00	21,00
Mo	mg/kg TS	<6,00	<6,00
Nb	mg/kg TS	<6,00	<6,00
Ni	mg/kg TS	2,92	3,96
Pb	mg/kg TS	1,31	2,84
S	mg/kg TS	279,00	514,00
Sc	mg/kg TS	2,06	1,76
Sn	mg/kg TS	<20,00	<20,00
Sr	mg/kg TS	98,20	94,80
V	mg/kg TS	11,50	11,30
W	mg/kg TS	<60,00	<60,00
Y	mg/kg TS	12,50	11,40
Zn	mg/kg TS	19,50	57,10
Zr	mg/kg TS	39,10	114,00

