

LÄNSSTYRELSEN KALMAR LÄN INFORMERAR



En utredning av föroreningsituationen i Söderåkra biodamm

-

MIFO fas 2

Förord

Den här rapporten har sammanställts av undertecknad för att utreda föroreningssituationen i en f d biodamm i Söderåkra, Torsås kommun. Kommunen har för avsikt att använda den f d biodammen som våtmark men höga halter av kvicksilver och koppar konstaterades i den under år 2000.

Länsstyrelsen lät under 2002 utreda föroreningssituationen. Rapporten omfattar en beskrivning av föroreningssituationen och preliminär riskbedömning. Till grund för utredningen ligger prover tagna av Länsstyrelsen under juli 2002. I rapporten presenteras förslag på åtgärder och kvarstående undersökningsbehov.

Huvudansvarig för projektet var Tommy Hammar. Provtagningen utfördes av undertecknad och Anders Svensson, projektledare för projektet.

Tack till Tommy Hammar som ställt upp med information och rådgivning. Anders Svensson för gott samarbete och svar på frågor. Alla andra på miljöenheten som hjälpt mig i samband med projektet.

Rapporten är författad av Christina Henricson och författaren är ensamt ansvarig för rapportens innehåll, varför den inte kan åberopas som Länsstyrelsens ståndpunkt.

Kalmar i December 2002

Christina Henricson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
BAKGRUND	2
Inledning	2
Historia	2
Områdesbeskrivning	2
Geologin i biodammens botten	4
UNDERSÖKNINGAR	5
Tidigare undersökningar	5
Utförda undersökningar	6
Analysmetoder	6
Provtagningar	7
FÖRORENINGSSITUATIONEN	8
Alifater	9
Föroreningsmängder	17
KVALITETSSÄKRING	18
PRELIMINÄR RISKBEDÖMNING	19
Föroreningarnas farlighet	19
Föroreningsnivå	20
Tillstånd	20
Avvikelse från jämförvärde	20
Mängd förorening	20
Volym förorenade massor	20
Spridningsförutsättningar	21
Spridningsvägar	21
Känslighet och skyddsvärde	21
RISKKLASSNING	22
PRELIMINÄR ÅTGÄRDSUTREDNING OCH UNDERSÖKNINGSBEHOV	23
Risker med att inte vidta någon åtgärd	23

Övergripande åtgärds mål.....	23
Olika reningsmetoder	23
Tänkbara åtgärder	25
Kvarstående undersökningsbehov	25
DISKUSSION.....	26
REFERENSER	27

Bilagor

Bilaga 1 Blankett C	
Bilaga 1 a Avvikelser från jämförvärden för metallerna	
Bilaga 1 b Avvikelser från jämförvärdet för alifaterna	
Bilaga 1 c Mängd och volym	
Bilaga 1 d Mängden föroreningar	
Bilaga 2 Blankett D	
Bilaga 3 Blankett E	
Bilaga 4 Analysresultaten för metaller	
Bilaga 5 Analysresultaten för organiska ämnen	
Bilaga 6 Fakta om metallerna och alifaterna	

Sammanfattning

Denna rapport är en utredning av föroreningssituationen i en f d biodamm i Söderåkra, Torsås kommun. Den f d biodammen har inte varit i bruk sedan 1980-talet. Kommunen har för avsikt att använda den f d biodammen som våtmark och tog prover i den under 2000 för att försäkra sig om att inga föroreningar finns i den. Analysresultaten visade på höga halter av koppar och kvicksilver. Detta föranledde till ytterligare undersökningar av föroreningssituationen i den f d biodammen under 2002. Länsstyrelsen lät undersöka föroreningarnas utbredning i yta och djup under juli 2002 genom att ta jordprover i valda punkter.

Den f d biodammen ligger i utkanten av ett bostadsområde. Den omges av Bruatorpsån i öst och åkermark i norr och väster. I söder ligger ett mindre lövskogsområde. Åkermarken ligger i en sluttning och i slutet av sluttningen finns biodammen. Uppe på åkermarkens krön ligger Söderåkra kyrka. I Söderåkra finns ett antal lergropar där lera tidigare brutits. Biodammens botten består, under ett tunt organogent skikt på ca tio cm, av lera på en del ställen och morän på andra. Biodammen omges av en kraftig vall, ca två meter hög. Botten är plan med undantag för ett meterdjupt dike som löper utmed östra och södra sidorna innanför vallen. Vattendjupet var i maj ca 20 cm och i juli noll cm.

Jordproverna togs i 18 punkter. En grop grävdes i varje provtagningspunkt med en spade och prover togs i gropens väggar i det organogena respektive minerogena skiktet med en trädgårdsspade. Jordproverna analyserades sedan på halter av organiska ämnen och metaller.

Analysresultaten visar att det finns höga halter av några metaller framförallt i den södra delen av biodammen. Kviksilver är den metall som gör situationen mest allvarlig, men även koppar, kadmium, nickel och bly förekommer i måttliga till allvarliga halter. Alifater förekommer i allvarliga halter (NV, 1999). Utifrån analysresultaten gjordes en preliminär riskbedömning vilken resulterade i att den f d biodammen klassas som ett riskklass 2 objekt.

P g a den torra sommaren fanns inget ytvatten att ta prover på vid provtagningsstillfället. Detta har begränsat förutsättningarna för en fullständig bedömning av föroreningssituationen. Provtagning av ytvatten i biodammen och av sediment i Bruatorpsån skulle behövas för att få en bättre helhetsbild av föroreningarnas utbredning. Det bör även undersökas om kvicksilverhalterna ökar med tiden då det kan indikera på att det finns en källa till kvicksilverutsläppet. Denna källa bör i så fall åtgärdas för att det ska vara någon mening med att vidta en efterbehandlingsåtgärd i biodammen.

Förslag på reningsmetoder presenteras där jordtvätt förefaller mest lämpad i detta fall med tanke på förekomsten av både organiska och oorganiska föroreningar. Bland tänkbara åtgärder nämns jordtvätt och deponering. Efter genomförd jordtvätt kan de renade massorna användas som fyllnadsmaterial och den mindre fraktionen av förorenade massor placeras på deponi.

Bakgrund

Inledning

I Söderåkra (Torsås kommun) finns en f d biodamm som tidigare användes för att rena avloppsvatten. Sedan omkring 1980 har inte biodammen använts. Torsås kommun har för avsikt att använda den f d biodammen som våtmark. Miljökontoret på Torsås kommun tog prover i fyra punkter under 2000 och analysresultaten visade på höga halter av koppar och kvicksilver. Biodammen fick då vara tills vidare.

Länsstyrelsen lät under 2002 undersöka föroreningssituationen ytterligare och undersökningen har lett till denna rapport. De frågeställningar som har legat till grund för rapporten är:

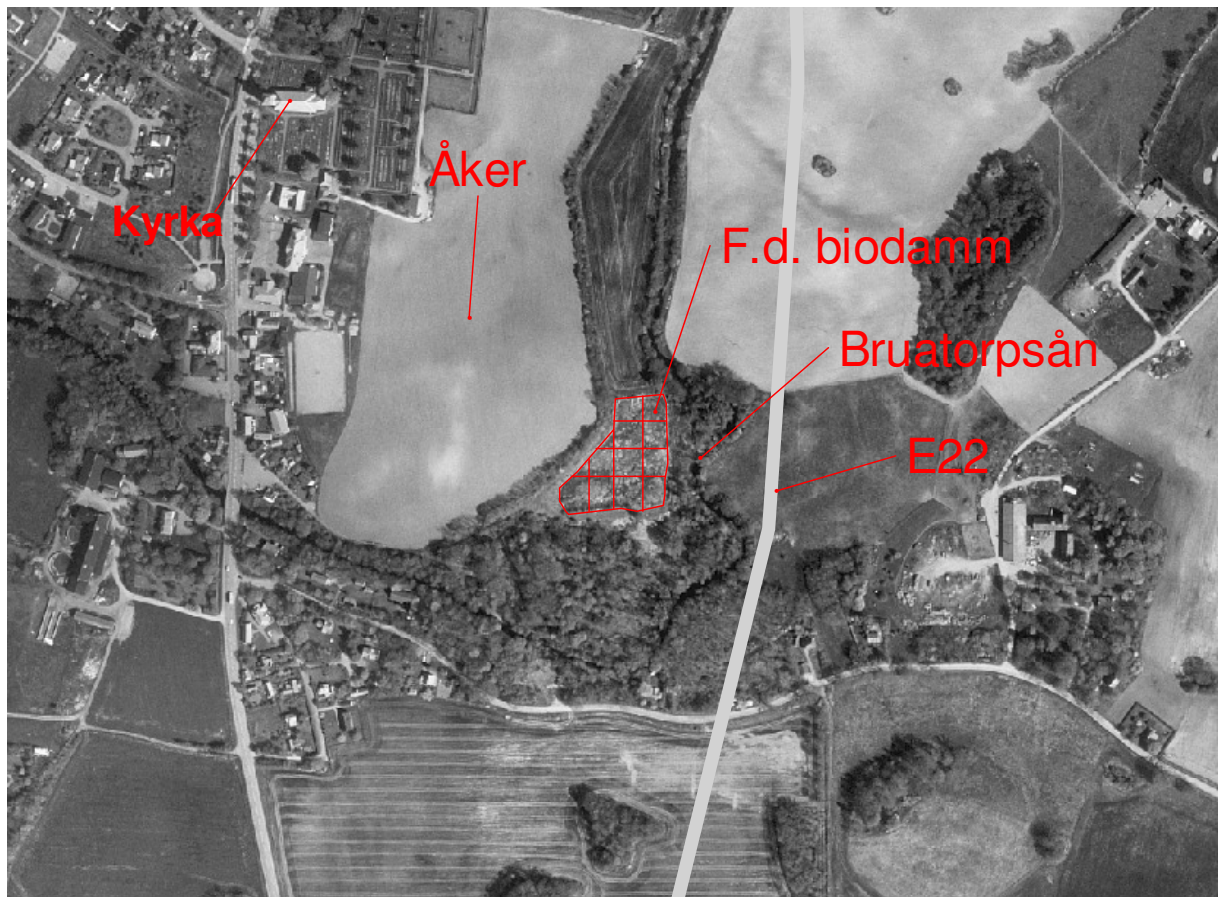
- Är det fortfarande höga halter av koppar och kvicksilver så som analysresultaten från provtagningarna utförda av Torsås kommun visar på?
- Finns det fler föroreningar än koppar och kvicksilver?
- Hur ligger föroreningarna fördelade; ligger de i ytan eller går de djupare?
- Finns föroreningarna endast i biodammen eller förekommer de även i omgivningarna?

Historia

Biodammen planerades 1962. Den byggdes i två steg där avloppsvattnet rann igenom den första biodammen och sedan över i den andra för att till slut rinna ut i ån. Den var i bruk i ungefär 20 år och har sedan dess inte använts.

Områdesbeskrivning

Biodammen omges av Bruatorpsån i öst och åkermark i norr och väster, se figur 1. I söder ligger ett mindre lövskogsområde. Åkern som ligger väster om biodammen sluttar ner mot biodammen och uppe på dess krön ligger Söderåkra kyrka, se figur 2.



Figur 1 Området runt biodammen.

På andra sidan kyrkan ligger samhället där bl a en tandläkarmottagning funnits. E22´s nya sträckning löper öster om ån vid biodammens östra sida och kan ses ifrån vallen som omger biodammen.

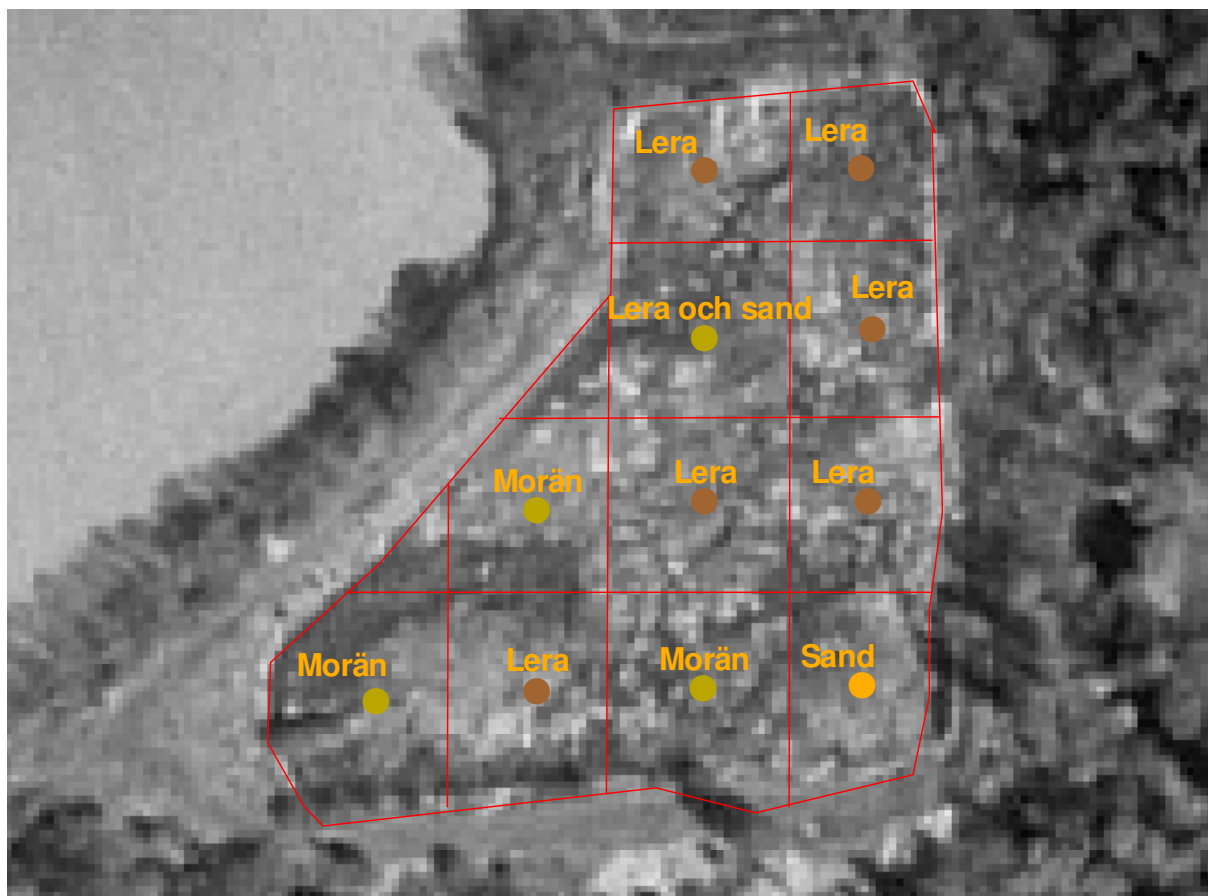


Figur 2 Kyrkan och åkern ligger väster om den f d biodammen.

Geologin i biodammens botten

Geologin i biodammen kartlades i maj 2002 genom att markera upp ett rutnät med träpinnar som stacks ner i jorden. I varje ruta bestämdes jordlagerna med hjälp av en markundersökningskäpp. Resultatet, som framgår i figur 3, visar att den dominerande jordarten är lera. Detta kan förklaras av att det finns ett antal lergropar i Söderåkra där lera tidigare brutits. Biodammen kan ha varit en sådan grop.

Större delen av biodammens botten är bevuxen med hög och tät bladvass med öppnare inslag av starr. Det översta bottenskiktet (som vassrötterna växer i) är ca tio cm djupt och består av vasstov och förna. Under vassrötterna finns ett tunt organiskt skikt på ca tio cm bestående av gytta och findetritus. Under detta skikt finns i större delen av dammen lera med undantag för några fläckar av morän. Biodammens botten är plan förutom i kanten som utgörs av ett meterdjupt dike som löper utmed östra och södra sidorna innanför vallen. Biodammen omges av en kraftig vall, ca två m högre än biodammens botten. Vattendjupet var i maj ca 20 cm.

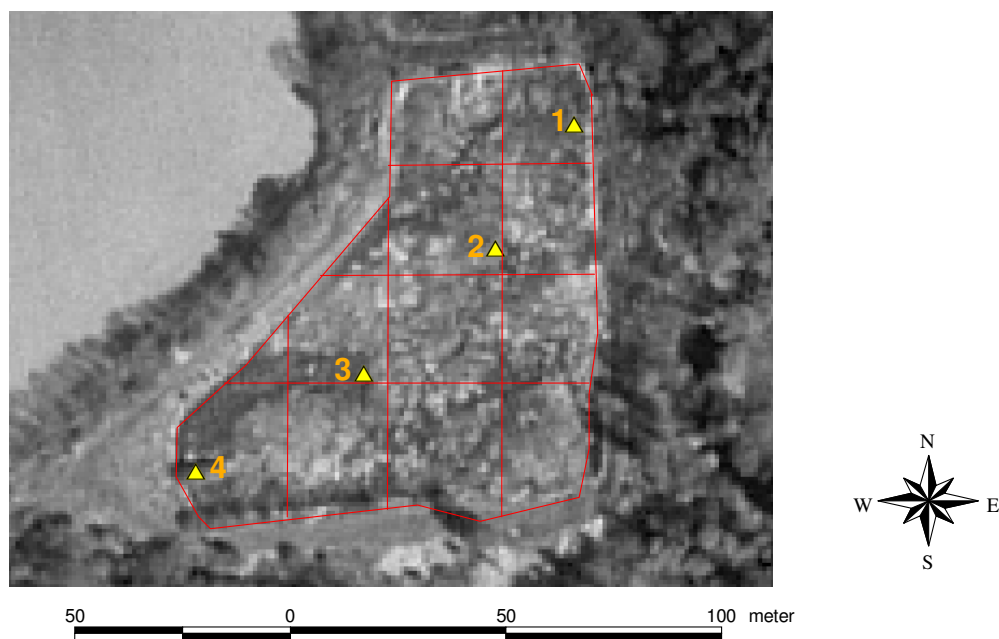


Figur 3 Det minerogena skiktet i den f d biodammen.

Undersökningar

Tidigare undersökningar

Miljökontoret i Torsås kommun tog prover ur fyra punkter i biodammens botten under juni 2000. Proverna togs diagonalt vilket även kan ses i figur 4.



Figur 4 Ungefärliga lägen på provtagningspunkter från den tidigare undersökningen gjord av Torsås kommun.

Analysresultaten från denna provtagning visade på höga halter av kvicksilver och koppar (se tabell 1) i punkt tre och fyra. Dessa värden är rödmarkerade i tabellen.

Tabell 1 Analysresultat från provtagning utförd av Torsås kommun. I punkt tre och fyra är halterna av koppar och kvicksilver höga. Dessa värden är rödmarkerade.

Söderåkra biodamm	TS	GR av TS	Cd mg/kgTS	Cu mg/kgTS	Hg mg/kgTS
1	84,3	98,5	0,09	22	0,098
2	86,9	98,7	0,07	13	0,12
3	44,2	74	0,65	380	6,4
4	54,5	87,5	0,51	240	3,3

Utförda undersökningar

För att utreda föroreningssituationen och verifiera tidigare undersökningar togs jordprover i den f d biodammen under juli månad 2002.

Analysmetoder

Efter avslutad provtagning skickades jordproverna på analys av grundämnen samt organiska ämnen. För analys av As, Cd, Co, Hg, Ni, Pb, B, Sb, Sn, Se och S torkades analysproven vid 50°C. Elementhalterna TS-korrigerades till 105°C. Upplösning skedde i mikrovågsugn i slutna teflonbehållare med salpetersyra/vatten 1:1. För analys av övriga grundämnen smältes 0.125 g torkat prov med 0.375 g LiBO₂ och upplöstes sedan i HNO₃. Analys av grundämnen skedde enligt EPA-metoderna 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-QMS).

Analys av organiska ämnen utfördes med GC-MS i ackrediterat laboratorium (reg.nr L086).

Provtagningar

Biodammen delades in i ett rutnät bestående av rutor på 25 * 25 meter. Jordprover togs i 18 punkter i biodammen. (Se även figur 5.) I nästan alla punkter togs prover på två olika skikt, det organogena och det minerogena.

Provtagningen genomfördes genom att gräva gropar på ca 0,5 meters djup med spade och ta ett eller två jordprov i gropens vägg från det organogena respektive minerogena skiktet med en trädgårdsspade.

I de rutor där ett samlingsprov togs blev det provet döpt till t ex Samlingsprov 1. Dessa punkter är markerade med en stjärna inuti en ring på bilden över provtagningspunkterna (bild 5). Detta för att hålla isär dem från övriga punkter där det endast togs prover ur en grop. Observera dock att Samlingsproverna inte är markerade på det viset senare i rapporten där kartbilder över varje metall redovisas, utan de är markerade med samma punkt som de andra provtagningspunkterna. Samlingsproverna togs genom att ta prover ur två gropar i det organogena respektive minerogena skiktet (inom den rutans område där det var bestämt att ett samlingsprov skulle tas) och blanda dessa i två provtagningskärl märkta med organogena respektive minerogena. Anledningen till att det endast grävdes två gropar var dels tidsbristen och dels att det i många rutor även togs prover i närheten av de gropar som samlingsproverna tagits ur. Därför bedömdes det som tillräckligt med två gropar.

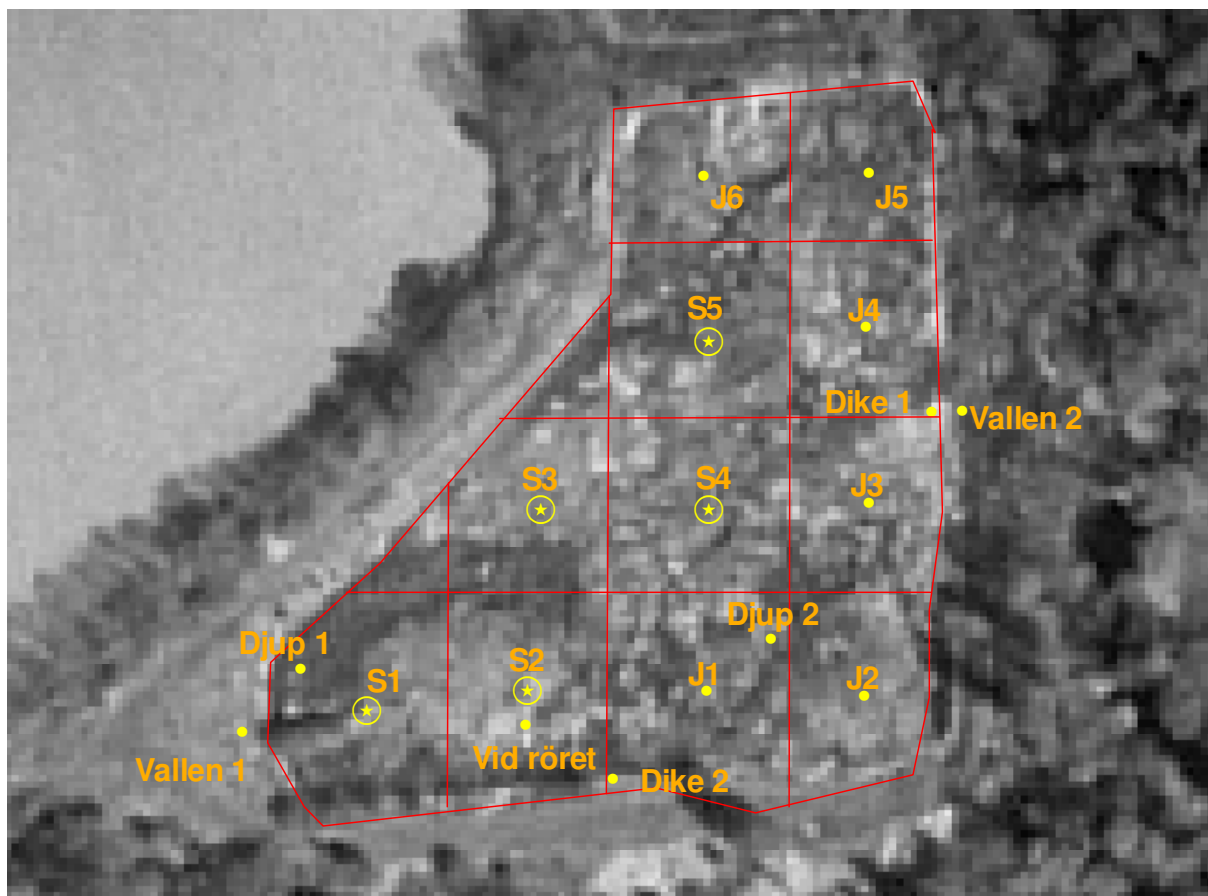
Proverna lades i plastburkar á 100 g med tillhörande plastlock. Plastburkarna förvarades i en kylväska tills de kunde tas in till kylskåpet i Länsstyrelsens laboratorium. Proverna skickades på analys några dagar efter det att provtagningarna avslutats.

Det togs även prover i punkter som döptes till Jordprov 1-6, Vallen 1-2, Vid röret, och Dike 1-2. Dessa togs på samma sätt som samlingsproverna men med den skillnaden att jordprov togs ur endast en grop i dessa rutor. I provtagningspunkterna Dike 1 och 2 togs endast jordprov i det organogena skiktet. Detta för att undersöka om det förekommer några föroreningar i utkanterna av biodammen. I Djup 1 och 2 togs det endast prover på det minerogena skiktet för att se om det finns några föroreningar på en meters djup.

Vad gäller de organiska analyserna togs det organogena samlingsprovet genom att blanda en liten mängd jordprover i en provtagningsburk från det organogena skiktet ur varje ruta kallad samlingsprov. På samma sätt togs det minerogena samlingsprovet, vallen minerogena, jordprov minerogena o s v. Dessa prover skickades sedan på analys av organiska ämnen.

Det togs fler prover i södra delen av biodammen (d v s i S1, S2 och J1, J2) än i norra delen eftersom att tidigare undersökningar visat på höga halter av kvicksilver just här.

Alla provtagningspunkter och namn redovisas i figur 5. I de rutor där samlingsprov tagits står det ett S och någon siffra, t ex S3, beroende på vilket nummer provtagningspunkten har fått. På samma sätt fungerar det med de rutor där endast ett jordprov är taget, de kallas helt enkelt för J1, J2 o s v .



Figur 5 Provtagningspunkter i den f d biodammen. S1 står för Samlingsprov 1 och J1 står för Jordprov 1. S1-S5 är markerade med en stjärna inuti en ring då det togs prover ur två gropar i dessa punkter. I övriga punkter är det taget prover ur en grop.

Föroreningssituationen

I Naturvårdsverkets rapport 4918 (NV, 1999) delas ämnen in i de olika tillståndsklasserna Mindre allvarligt – Mycket allvarligt beroende på halten av det aktuella ämnet. Finns det t ex kvicksilverhalter som är mindre än 1 mg/kg TS innebär det att tillståndet är mindre allvarligt i den punkten som jordprovet är taget. Är däremot kvicksilverhalten 1-3 mg/kg TS blir tillståndet måttligt allvarligt o s v. För att beskriva hur pass allvarligt förorenad biodammen är har denna indelning tillämpats.

Jordproverna analyserades dels med avseende på metaller och dels med avseende på organiska ämnen. De organiska ämnen som förekommer i höga halter enligt NV (1999) är alifater. Analysresultaten över alifater visas i tabell 2. Tillståndet vad gäller alifater är allvarlig (orangemarkerad) i det organogena Samlingsprovet och i det organogena Jordprovet. Se även diagram 4 över alifaterna senare i rapporten.

Bland metallerna är det enligt NV (1999) kvicksilver, koppar, kadmium, nickel och bly som förekommer i mindre allvarliga till mycket allvarliga halter. Analysresultaten av dessa metaller visas i tabell 3. De värden som är orangemarkerade innebär att här är tillståndet allvarligt. De rödmarkerade och understrukna värdena talar om att tillståndet är mycket allvarligt. Längre in i rapporten visas kartbilder över föroreningssituationen för var och en av dessa metaller.

Tabell 2 Analysresultat över Alifater. Tillståndet är allvarligt (orangemarkerade) i det organogena Samlingsprovet och det organogena Jordprovet.

Alifater	mg/kg TS
Samplingsprov organogena	380
Samplingsprov minerogena	21
Djup 1 0,5-1m minerogena	<10
Djup 2 0,5 m minerogena	<10
Dike 3cm Org	140
Vallen Org	18
Vallen Min	<10
Jordprov Org	360
Jordprov Min	<10

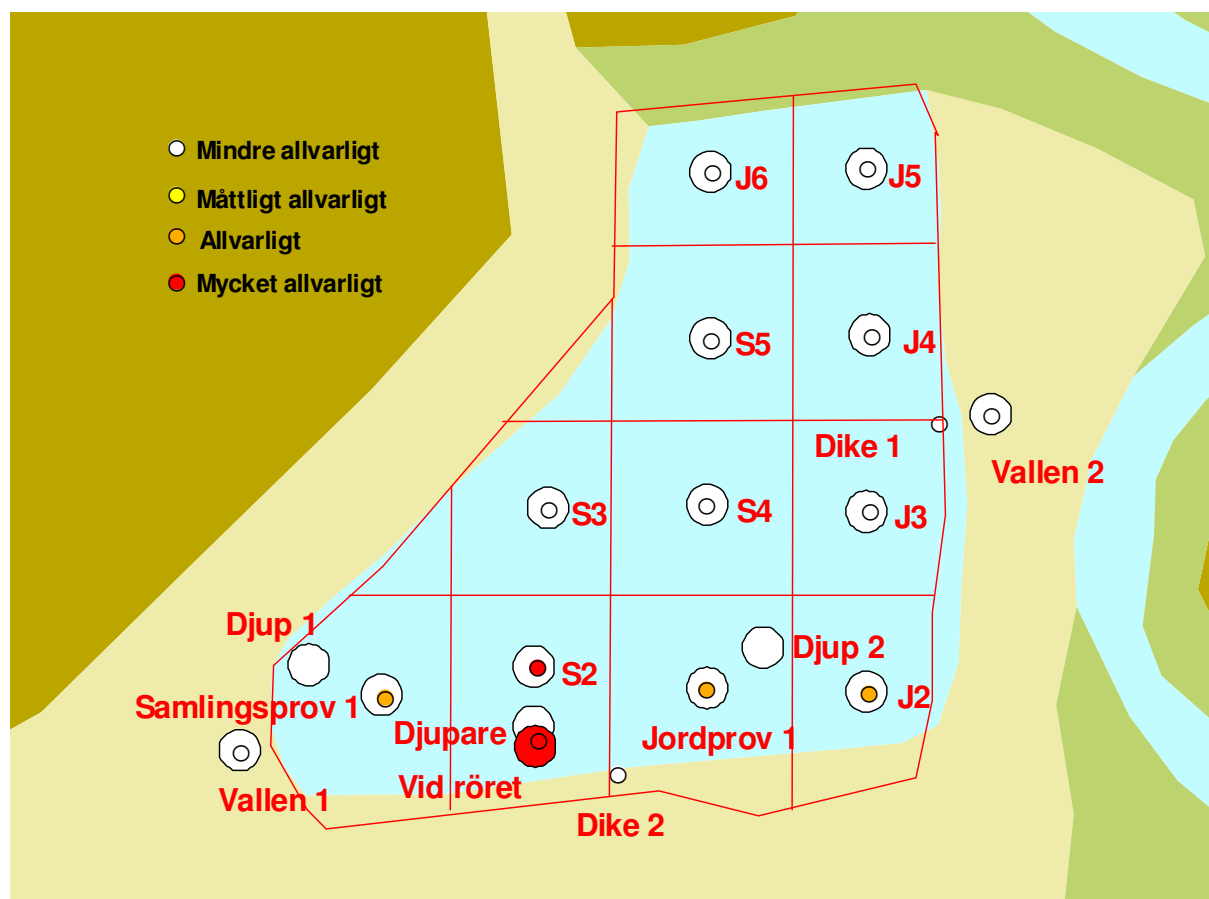
Tabell 3 Analysresultat av fem metaller i alla provtagningspunkterna. De orangemarkerade är värdena talar om att här är tillståndet allvarligt. De rödmarkerade och understrukna värdena innebär att tillståndet är mycket allvarligt.

	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb
	Mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	Mg/kg TS	mg/kg TS
Jordprov 1 Organogena	0,581	299	4,2	20,3	25,3
Jordprov 2 Organogena	0,459	237	3,92	19,1	25,9
Jordprov 3 Organogena	0,438	68,5	0,257	19,5	22,4
Jordprov 4 Organogena	0,105	38,7	0,129	12,2	13,4
Jordprov 5 Organogena	0,285	176	0,541	20,9	38,3
Jordprov 6 Organogena	0,169	118	0,314	12,5	26
Jordprov 1 Minerogena	0,0976	20,6	<0,04	5,77	10,2
Jordprov 2 Minerogena	0,126	27,2	<0,04	13,8	12,2
Jordprov 3 Minerogena	0,0605	23,7	0,0479	14	17,6
Jordprov 4 Minerogena	0,0487	19,6	<0,04	7,42	12,8
Jordprov 5 Minerogena	0,177	28	<0,04	34,9	26,1
Jordprov 6 Minerogena	0,0978	20,2	<0,04	37,2	25,1
Vid röret Organogena	1,86	502	18	26,1	164
Vid röret Minerogena	1,28	496	14,3	25,6	146
Djupare	0,954	24	<0,04	29,2	21,9
Djup 1 Minerogena	0,151	24,2	0,0892	17,2	76,4
Djup 2 Mineraljord	0,0753	24,5	0,0717	9,38	21,9
Dike 1 Organogena	0,222	66,1	0,17	17,2	23,1
Dike 2 Organogena	0,292	192	0,544	23,7	33,1
Vallen 1 Organogena	0,104	20,3	0,0608	10,7	18,1
Vallen 1 Minerogena	0,0738	15,4	0,0424	12,1	23,3
Vallen 2 Organogena	0,12	22,8	0,176	9,93	19,5
Vallen 2 Minerogena	0,145	21,3	0,0895	9,9	24,7
Samplingsprov 1 Organogena	0,83	544	6,14	20,5	97,3
Samplingsprov 2 Organogena	3,16	794	20,7	35,5	196
Samplingsprov 3 Organogena	0,213	67,9	0,234	15,4	48,7
Samplingsprov 4 Organogena	0,276	107	0,404	14,8	25,8
Samplingsprov 5 Organogena	0,385	163	0,397	13,4	29,4
Samplingsprov 1 Minerogena	0,236	33,3	0,0703	12,8	60
Samplingsprov 2 Minerogena	0,141	35,1	0,125	17,4	24,3
Samplingsprov 3 Minerogena	0,121	28,9	0,0584	13,4	97,3
Samplingsprov 4 Minerogena	0,116	26,1	<0,04	12,5	18,1
Samplingsprov 5 Minerogena	0,0852	22	<0,04	6,07	15,3

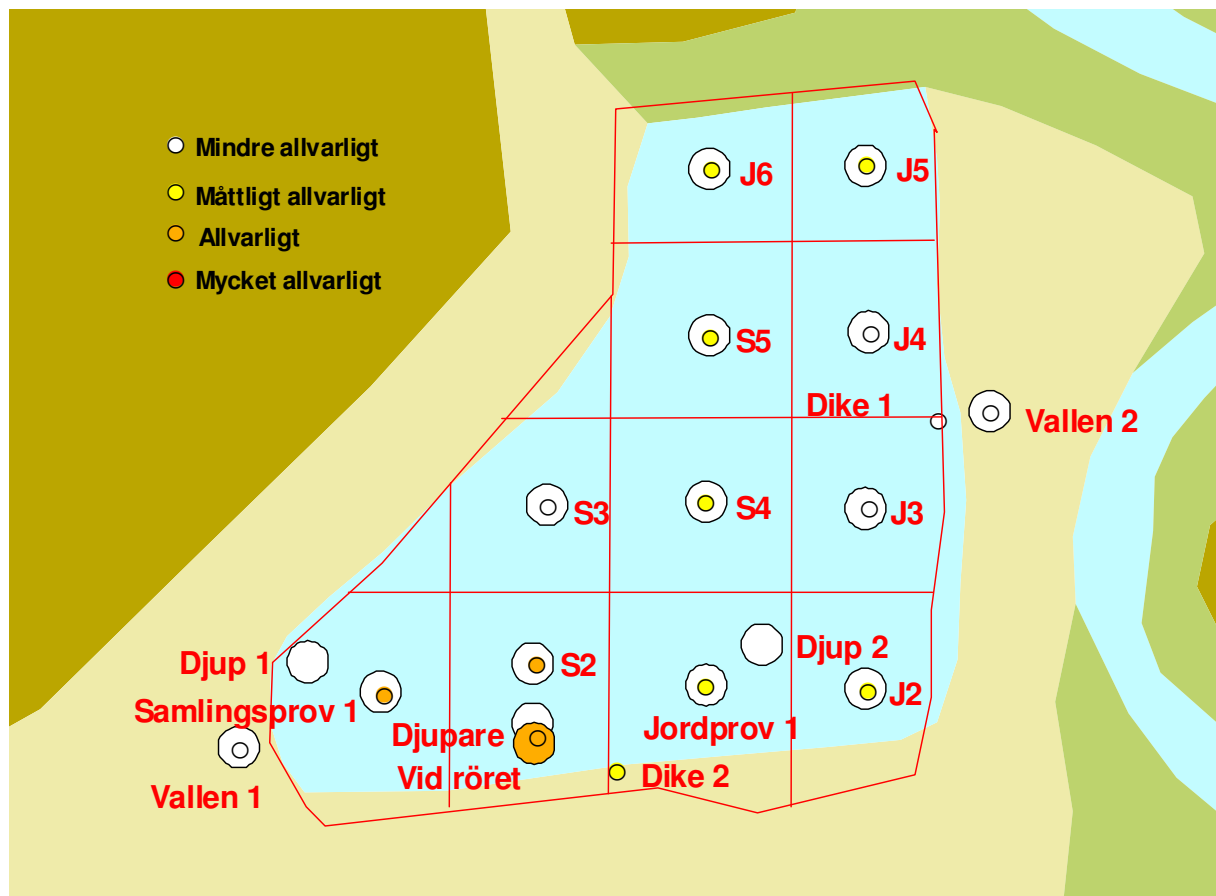
Följande bilder redogör för analysresultaten av kvicksilver, koppar, kadmium, nickel och bly. Bilderna har en annan bakgrund än tidigare bilder, detta för att färgerna i cirklarna ska vara lättare att se. Den måttstock som finns till bilden över Torsås kommuns provtagningar (figur 4) gäller även på dessa bilder, där varje rutas sida är 25 meter. Det är även samma norr- och sydriktning som gäller på dessa bilder som på kartbilden i figur 4.

Metallerna är indelade i de klasser som finns i NV (1999). Vit färg innebär att föroreningsituationen är mindre allvarlig, gul måttligt allvarlig, orange allvarlig och röd mycket allvarlig. I de flesta av provtagningspunkterna finns det en större cirkel, vilket representerar det minerogena skiktet. Pricken, eller den mindre cirkeln, i den minerogena cirkeln representerar det organogena skiktet.

När det gäller kvicksilver är situationen mycket allvarlig i det organogena skiktet i S2 och båda skikten i provtagningspunkten Vid röret (se figur 6). Det är allvarligt i det organogena skiktet i S1, J1 och J2.

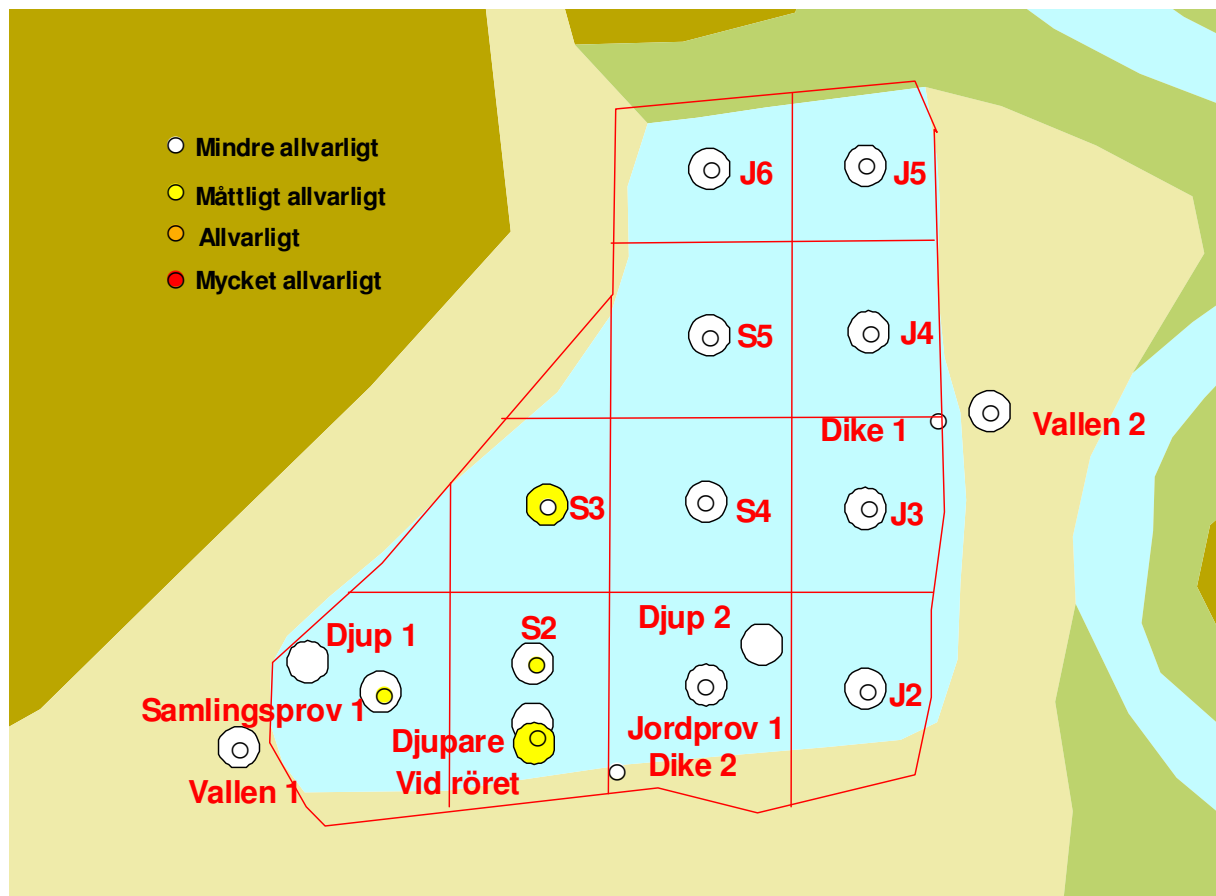


Figur 6. Föroreningssituationen för kvicksilver. De större cirklarna representerar det minerogena skiktet. Prickarna representerar det organogena skiktet. I södra delen av biodammen är det mest förorenat av kvicksilver. Det är mycket allvarligt Vid röret och i det organogena skiktet i S2. Det är allvarligt i det organogena skiktet i S1, J1 och J2.



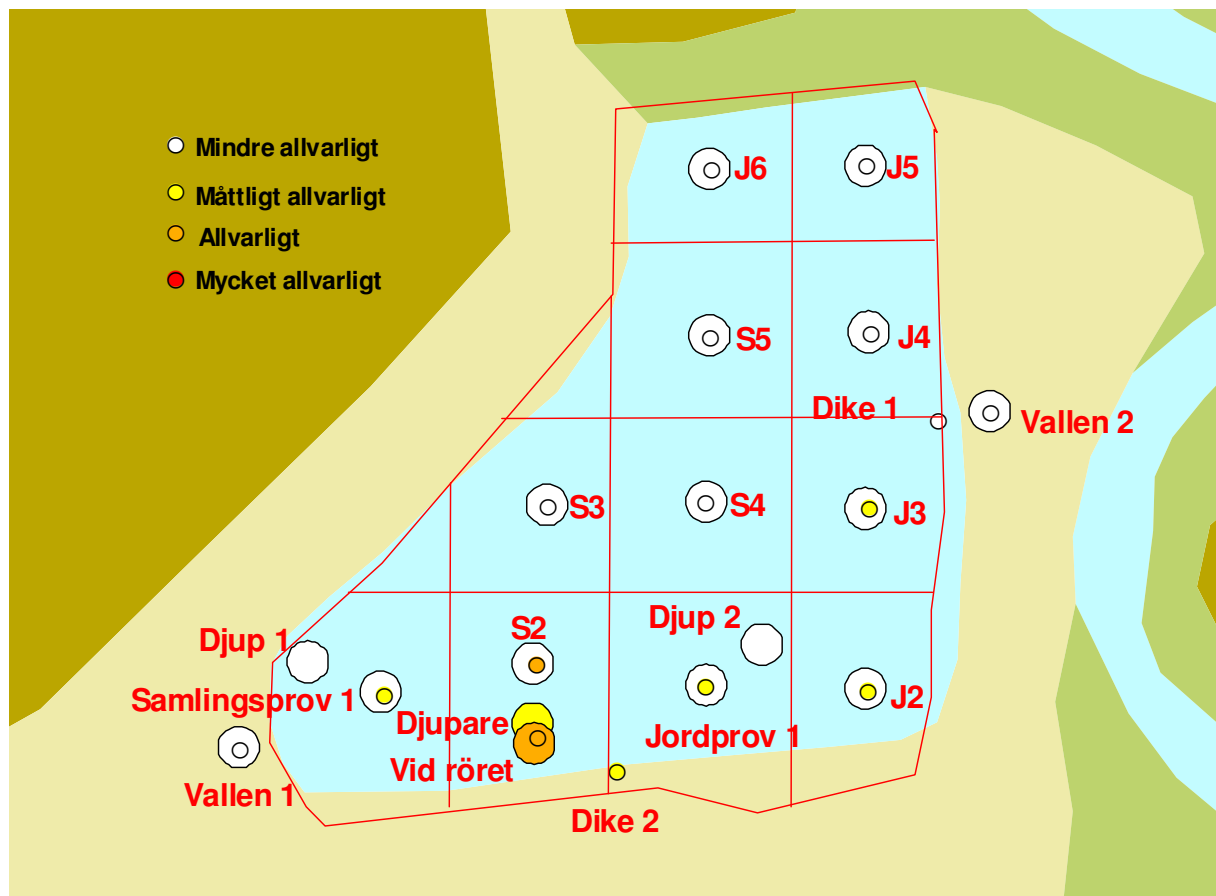
Figur 7. Föroreningssituationen för koppar. Vid röret och i den sydvästra delen av biodammen är tillståndet allvarligt. I J1, J2, J5, J6, S4, S5 och Dike 2 är tillståndet måttligt allvarligt.

Föroreningssituationen för koppar (figur 7) är allvarlig i punkterna S1, S2 och Vid röret. Det är måttligt allvarligt i punkterna J1, J2, J5, J6, S4, S5 och Dike 2.



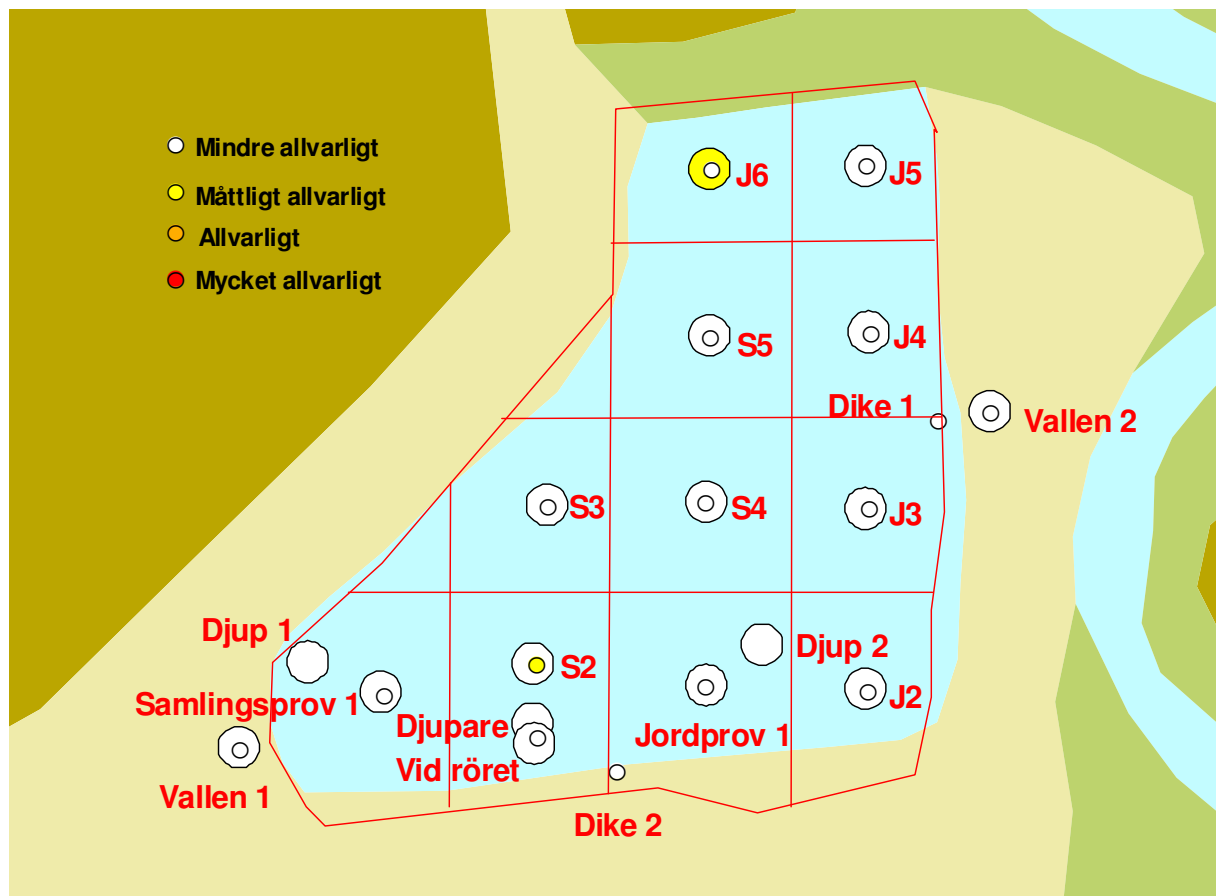
Figur 8. Föroreningssituationen för bly. I sydvästra delen av biodammen är det mest förorenat där det är måttligt allvarligt i det organogena skiktet i punkterna S1, S2 och Vid röret. Det är måttligt allvarligt även i det minerogena skiktet i punkterna Vid röret och S3.

Vad gäller för bly (figur 8) är situationen måttligt allvarlig i det organogena skiktet i punkterna S1, S2, och Vid röret. Det är måttligt allvarligt i det minerogena skiktet i punkterna Vid röret och S3.



Figur 9. Föroreningssituationen för kadmium. Tillståndet är måttligt allvarligt i det organogena skiktet i J1, J2, J3, S1 och Dike 1. Tillståndet är allvarligt i det organogena skiktet i S2 och Vid röret.

När det gäller kadmium (figur 9) är tillståndet allvarligt i Vid röret och i det organogena skiktet i S2. Tillståndet är måttligt allvarligt i det organogena skiktet i J1, J2, J3, S1 och Dike 2.



Figur 10. Föroreningssituationen för nickel. Tillståndet är måttligt allvarligt i det organogena skiktet i S2 och i det minerogena skiktet i J6.

Föroreningssituationen för nickel (figur 10) är måttligt allvarlig i det minerogena skiktet i J6 och det organogena skiktet i S2.

Nedan följer några diagram som visar föroreningssituationen i det organogena skiktet, eftersom att det i de flesta av provtagningspunkterna är mest förorenat i det skiktet. Kadmium och kvicksilver redovisas i egna diagram då deras värden skiljer sig markant från bly, koppar och nickel. Med höga halter menas att halterna överskrider riktvärdet för KM (Känslig Markanvändning).

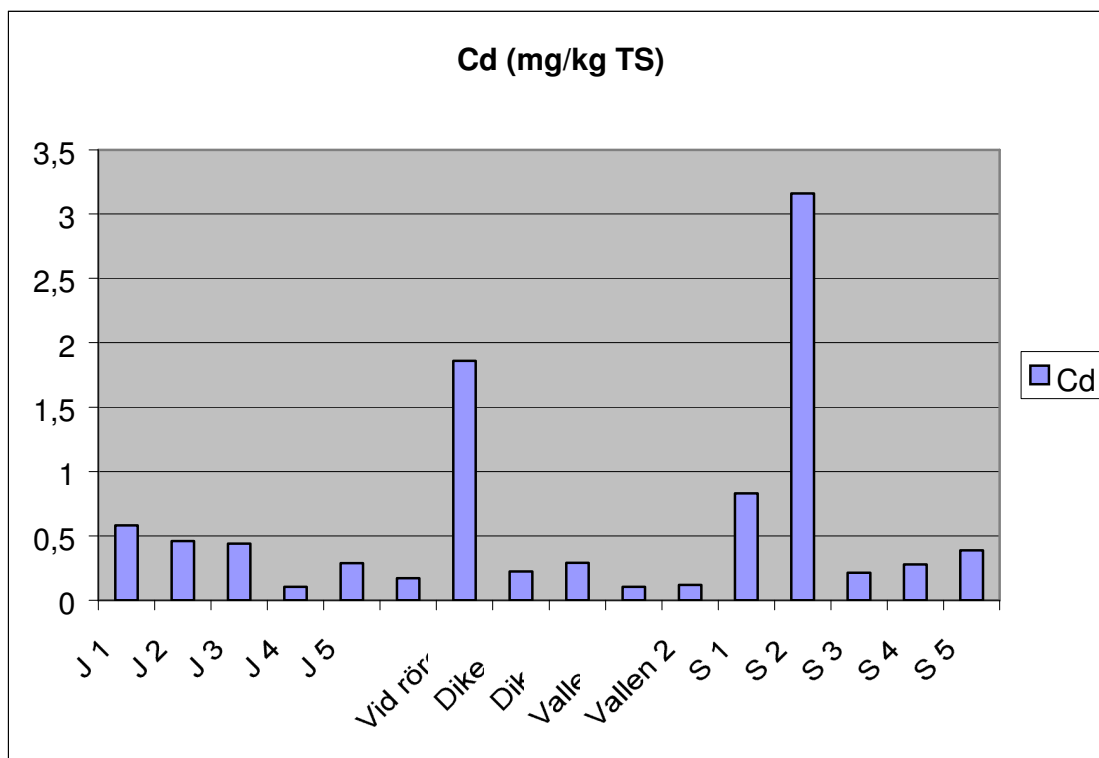


Diagram 1 De högsta halterna av kadmium är i det organogena skiktet vid provtagningspunkterna S2 och Vid röret. J står för Jordprov och S står för Samlingsprov.

Kadmium förekommer i höga halter i det organogena skiktet vid provtagningspunkterna S2 och Vid röret, (se diagram 1). J står för Jordprov och S står för Samlingsprov.

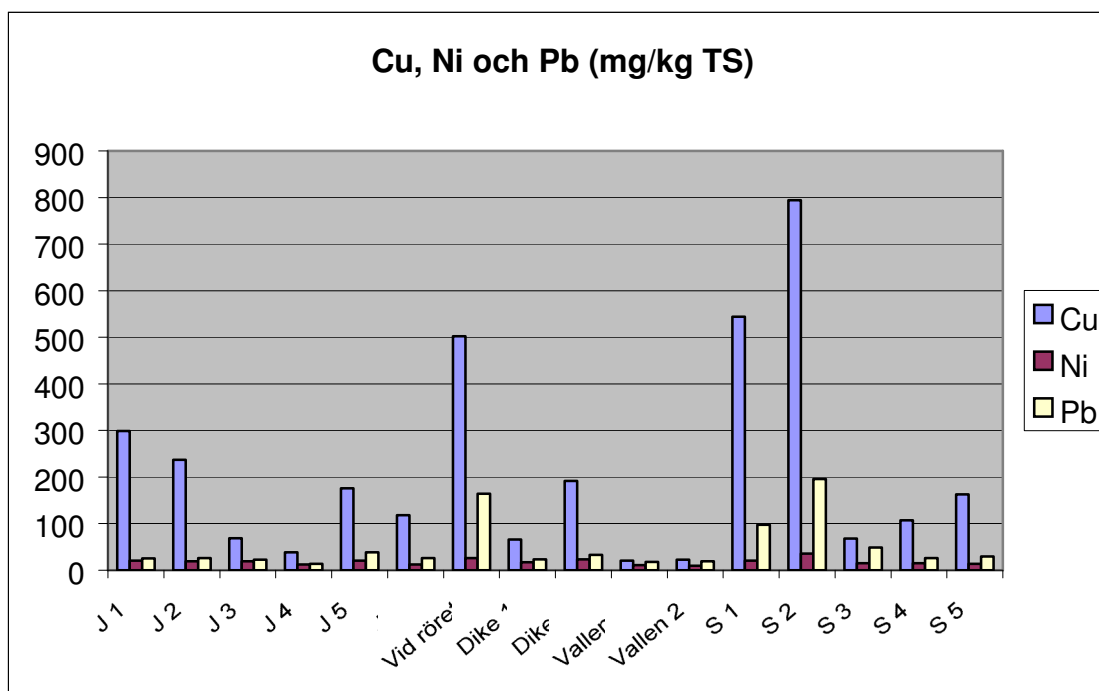


Diagram 2. De högsta halterna (mg/kg TS) av koppar är i det organogena skiktet Vid röret och i S1 och S2. Nickel förekommer i höga halter i S2 och bly har höga halter Vid röret och i S1 och S2. J står för Jordprov och S står för Samlingsprov.

Det är höga halter av koppar i det organogena skiktet vid provtagningspunkterna Vid röret, S1 och S2. Se även diagram 2. Nickel förekommer i höga halter i S2 och bly förekommer i höga halter Vid röret och i S1 och S2. J står för Jordprov och S står för Samlingsprov.

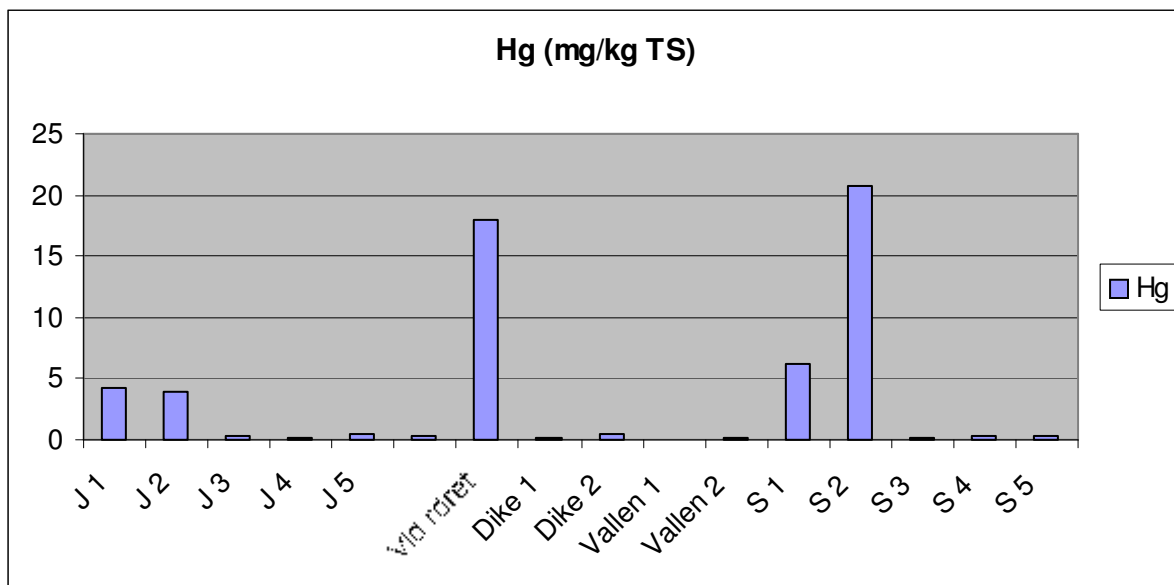


Diagram 3 De högsta halterna av kvicksilver finns i det organogena skiktet vid J1 och J2, Vid röret och i S1 och S2. J står för Jordprov och S står för Samlingsprov.

De högsta halterna av kvicksilver finns i J1, J2, Vid röret, S1 och S2. Se även diagram 3. J står för Jordprov och S står för Samlingsprov.

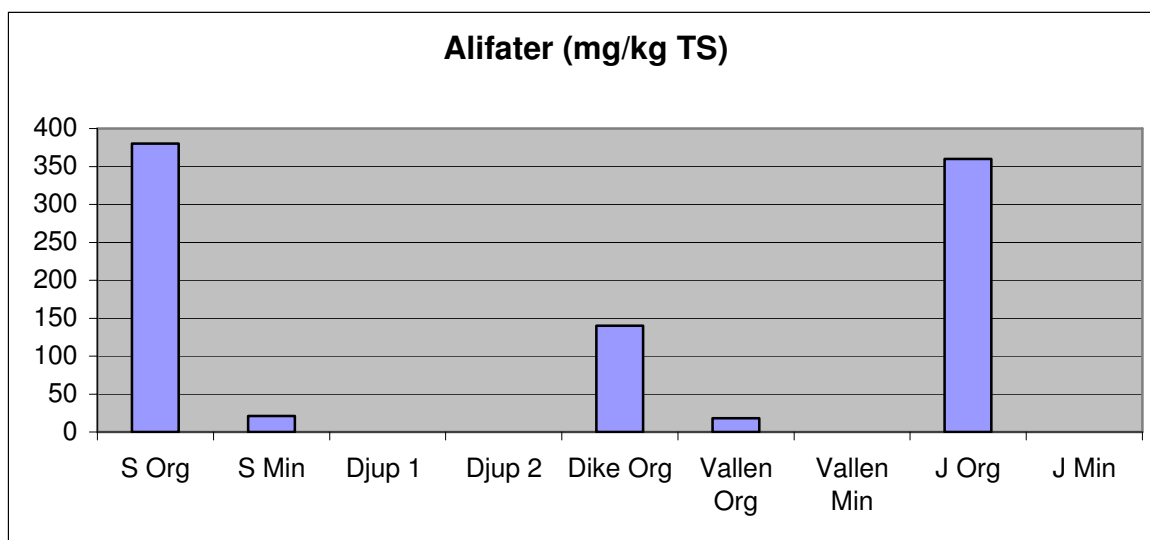


Diagram 4 De högsta halterna av alifater finns i det organogena samlingsprovet och det organogena jordprovet. Enligt NV:s indelning av tillstånd (NV, 1999) är föroreningssituationen allvarlig i S Org och J Org. S står för Samlingsprov, J för Jordprov, Org för organogena och Min för minerogena.

Det finns höga halter av alifater i det organogena skiktet på Jordprovet och på Samlingsprovet, se även diagram 4. J står för Jordprov och S står för Samlingsprov.

Sammanfattningsvis är det i framförallt Samlingsprov 2 och Vid röret som de högsta halterna finns. Figur 11 visar fynd från provtagningspunkten Vid röret.

Föroreningsmängder

För att göra det tydligare vilka ungefärliga mängder av föroreningarna som finns i biodammen är dessa siffror redovisade i tabell 4 och 5. Det är beräknat till olika djup i de olika provtagningsområdena då mängden metaller går olika långt ner. I S2 t ex finns det kvicksilverhalter på ca 20 mg/kg TS vid ca 0,2 meters djup, vilket ger en volym på ca 156 m³. I J4 däremot finns det ingen metall vars värde överstiger gränsen för KM (Känslig Markanvändning), varför det blir noll kg för varje metall. (Se även bilagorna 1 c och d.) Med förorenad jord menas att det är halter som överstiger riktvärdet för KM (Känslig Markanvändning) eller den undre gränsen för mindre allvarligt enligt NV (1999).

Tabell 4 Mängder av metallerna. Med förorenad jord menas att någon av metallhalterna i analysresultaten överstiger den undre gränsen för mindre allvarligt (NV, 1999). För beräkningar se bilagorna 1 c och d.

Provtagnings- Område	Area (m ²)	Volym förorenad jord (m ³)	Mängd torr förorenad jord (ton)	Hg (kg)	Cu (kg)	Pb (kg)	Cd (kg)	Ni (kg)
S1	625	68,8	34,4	0,211	18,7	3,34	0,0285	0,705
S2	625	156	78,1	1,38	46,7	13,2	0,142	2,00
S3	625	125	62,5	0,0	0,0	6,08	0,0	0,8
S4	625	68,8	34,4	0,0	3,68	0,0	0,0	0,509
S5	625	68,8	34,4	0,0	5,60	0,0	0,0132	0,0
J1	625	68,8	34,4	0,144	8,44	0,0	0,0150	0,0
J2	625	68,8	34,4	0,135	8,15	0,0	0,0158	0,0
J3	625	68,8	34,4	0,0	0,0	0,0	0,0151	0,0
J4	625	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
J5	625	68,8	34,4	0,0	6,05	0,0	0,0	0,0
J6	625	163	81,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,02
Totalt	6875	925	463	1,87	97,3	22,6	0,229	7,07

Mängder för alifater har inte beräknats på samma sätt som metallerna då det är en liten mängd prov från varje ruta kallad Samlingsprov respektive Jordprov sammanlagd till ett prov. Ett prov för det organogena skiktet från alla gropar ur de rutor som kallades för Samlingsprov, o s v. Av dessa analysresultat är det Samlingsprov organogena och Jordprov organogena som har halter som överstiger nivån för mindre allvarligt (NV, 1999). Mängden alifater är här 175 kg resp 167 kg.

Tabell 5 Mängden alifater i de provtagningsområden där halterna överskrider gränsen för mindre allvarligt enligt NV (1999).

Provtagningsområde	Alifater (kg)
Samlingsprov, organogena	175
Jordprov, organogena	167



Figur 11 Några föremål som fanns i provtagningspunkten Vid röret

Kvalitetssäkring

Med anledning av de höga halterna av kvicksilver som konstaterades vid Torsås kommuns provtagning, togs ytterligare prover för att utreda i vilken omfattning i yta och djup bl a kvicksilver finns. Kviksilveranalyser är svåra att genomföra och för att säkra trovärdigheten i analyserna skickades fyra jordprover på analys av kvicksilver till två olika laboratorier. Det var alltså samma fyra jordprover som analyserades av två olika laboratorier. Bland de fyra proverna fanns två med de högsta halterna, ett prov med en halt som låg mellan de två högsta och den lägsta halten samt slutligen ett prov med den lägsta halten. Resultaten, som kan läsas i diagram 5 nedan, visar att kvaliteten i första laboratoriet inte skiljer sig så mycket ifrån det andra laboratoriet. Om de hade haft samma värden skulle punkterna ha varit placerade utmed diagonalen. Det ska dock betonas att detta är en test på kvaliteten i analyserna och inte en test på kvaliteten i provtagning eller dylikt.

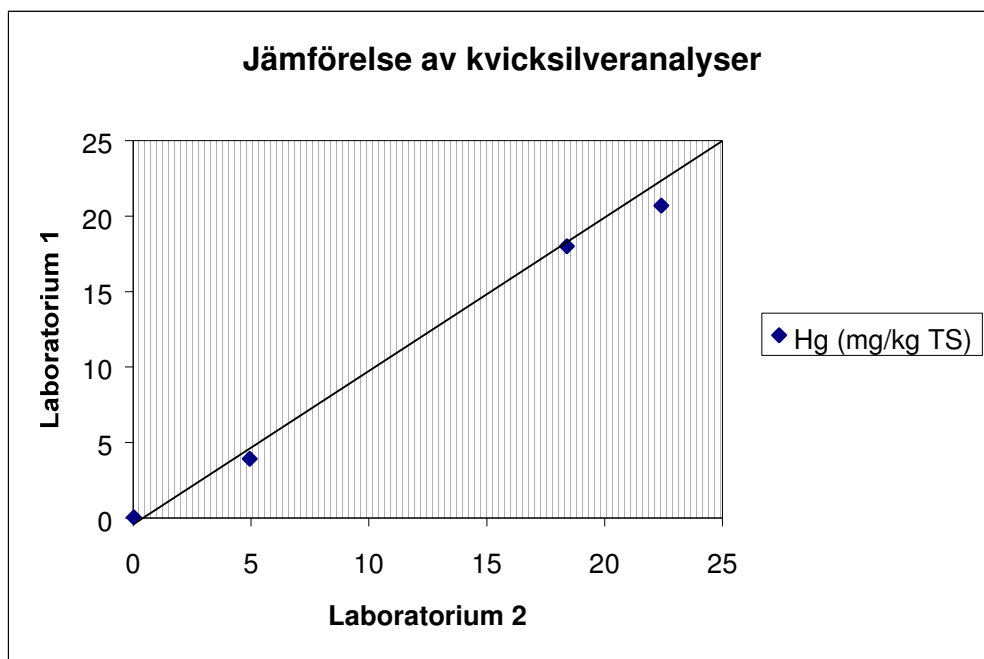


Diagram 5. Vid en jämförelse av kvicksilveranalyser gjorda av Laboratorium 1 respektive Laboratorium 2 skiljer sig inte analysresultaten nämnvärt från varandra.

Preliminär riskbedömning

I en riskbedömning görs en bedömning av risken för att en oönskad händelse ska ske och vilka konsekvenserna blir om det oönskade sker. Riskerna för människa och miljö identifieras och kvantifieras. Riskbedömningen fås genom att väga samman **föroreningsnivån, föroreningarnas farlighet, spridningsförutsättningarna** samt **känslighet och skyddsvärde**. Sammanvägningen kan göras genom att använda sig av blanketterna C till E i NV (1999) där blanketten C behandlar föroreningsnivån, blanketten D spridningsförutsättningarna och blanketten E riskbedömningen. I blanketten E finns även ett riskklassningsdiagram som utgör det sista steget i riskbedömningen. Här sker riskklassningen av det aktuella området och beroende på hur stor risk för människa och miljö området utgör delas det in i riskklasserna ett till fyra. Blanketterna A (administrativa uppgifter) och B (verksamhets-, områdes- och omgivningsbeskrivning) finns inte med som bilagor i denna rapport men deras innehåll finns redogjorda för i början av rapporten.

Föroreningarnas farlighet

I en bedömning av föroreningarnas farlighet avgörs hur hälso- och miljöfarliga föroreningarna är. Enligt NV (1999) är föroreningarnas farlighet följande:

Tabell 6 Föroreningarnas farlighet enligt NV (1999)

Föroreningar	Grad av farlighet
Alifatiska kolväten	Måttligt farliga
Koppar	Hög
Nickel	Hög
Kadmium	Mycket hög
Bly	Mycket hög
Kvicksilver	Mycket hög

Föroreningsnivå

Vid bedömning av föroreningsnivån görs en sammanvägning av tillståndet, avvikelsen från jämförvärdet, mängd förorening och volym förorenade massor.

Tillstånd

Tillståndet delas in i fyra grupper, från mindre allvarligt till mycket allvarligt. Detta tillstånd bestäms utifrån de värden som gäller för det aktuella området. Värdena jämförs med de riktvärden som finns i NV (1999). Beroende på vilken halt mätvärdet har blir tillståndet olika. Tillståndsklassningen är relaterad till vid vilka halter effekter kan konstateras på människors hälsa och miljön.

Avvikelse från jämförvärde

Vid avvikelse från jämförvärdet kan tabellerna i NV (1999), användas, men ibland finns inte motsvarande geologiska förhållanden som anges i tabellerna, och då kan det vara aktuellt att räkna fram egna jämförvärden. Den f.d. biodammen är ett exempel på detta och därför har egna jämförvärden tagits fram. Resultat från Länsstyrelsens provtagning i den f.d. biodammen och Torsås kommuns provtagningar i andra biodammar i Torsås kommun har använts vid framtagandet av jämförvärden och avvikelser från dessa. (Bilaga 1 a)

Det krävs då att minst fem prover har tagits i ett icke förorenat område med liknande förhållanden. Har då fem till tjugo prover tagits ska det näst högsta värdet användas som jämförvärde. För att sedan få fram avvikelsen jämförs det näst högsta mätvärdet med det näst högsta jämförvärdet. Beroende på hur många gånger större eller mindre avvikelsen är än jämförvärdet placeras området i ingen eller liten påverkan av punktkälla till mycket stor påverkan av punktkälla. Respektive förorening placeras sedan i lämplig ruta i blankett C, NV (1999). Se även bilaga 1.

Finns det något värde som avviker markant från övriga mätvärden som ska användas som jämförvärde bör det undersökas om de inte borde uteslutas ur beräkningarna. Detta görs genom att beräkna ett medelvärde av referensvärdena, multiplicera dessa med 2,5 och de värden som överstiger detta tal kan därmed uteslutas.

Mängd förorening

Efter genomgång av tabellerna 3 och 6 i NV (1999), bedöms mängden alifater som stor och mängden kvicksilver, kadmium, koppar, nickel och bly som mycket stor. För att komma fram till mängderna antogs att 1 m³ jord är lika mycket som 1000 kg fuktig jord. Efter genomgång av analysresultaten bestämdes den genomsnittliga TS-halten till 50%. Med hjälp av de olika metallhalterna i S1-S5 och J1-J6 räknades mängden av respektive metall fram. I de områden där fler än ett värde förekommer med måttligt allvarligt tillstånd är ett medelvärde av dessa framtaget. Utifrån detta kunde ungefärliga mängder för metallerna beräknas. För alifaterna är mängden framräknad genom att använda halterna i Samlingsprov Organogena samt Jordprov Organogena. Med förorenat avses halter som överstiger den undre gränsen för Måttligt allvarligt enligt NV (1999). Se även bilaga 1c.

Volym förorenade massor

Volymen förorenade massor beräknades genom att ta fram volymen av det organogena skiktet i de rutor där föroreningarna endast ligger i det organogena skiktet. I de rutor där föroreningarna även förekommer i det minerogena skiktet beräknades en volym ned till även detta skikt. Den sammanlagda förorenade volymen jord beräknades till ca 925 m³ vilket betraktas som en liten volym. Se även bilaga 1c.

En sammanvägning av ovanstående faktorer gör att **föroreningsnivån i marken** sammantaget bedöms som **mycket stor**.

Spridningsförutsättningar

Spridningsvägar

Det finns inte några byggnader eller anläggningar som föroreningarna kan spridas till eller ifrån. Det förekommer ingen damning. Föroreningarnas lokalisering i marken idag är framförallt i den södra delen av biodammen.

Föroreningar som sprids med vatten är kvicksilver, kadmium, bly, koppar och nickel. Markens genomsläpplighet i det mest genomsläppliga lagret bedöms till 10^{-4} m/s. Med en beräknad lutning på 3% (höjden 12 m och avståndet 360 m mellan Bruatorpsån och kyrkan), bedöms det mest genomsläppliga lagret sandig morän ha en grundvattenströmning på 300 meter per år enligt figur 2 i NV (1999).

Hotade ytvatten är Bruatorpsån och så småningom även kusten. Avståndet till Bruatorpsån från biodammen är ungefär 15 meter. I dagsläget går det inte att säga om det finns föroreningar i ytvattnet då det inte togs några ytvattenprover. Detta gäller även sediment.

Risken att föroreningarna ska spridas till grundvattnet bedöms som liten då biodammen vilar på ett tjockt lerlager. Föroreningarna transporteras knappt i denna jordart utan ligger kvar i det tunna jordlagret. Biodammen ligger nersänkt i förhållande till omgivande terräng vilket minskar risken för spridning till omgivningen.

Föroreningarna kan vid riklig nederbörd transporteras ut i Bruatorpsån via avloppsledningen. Regn för med sig jordpartiklar och till dessa bundna tungmetaller vilket ökar spridningsrisken mycket.

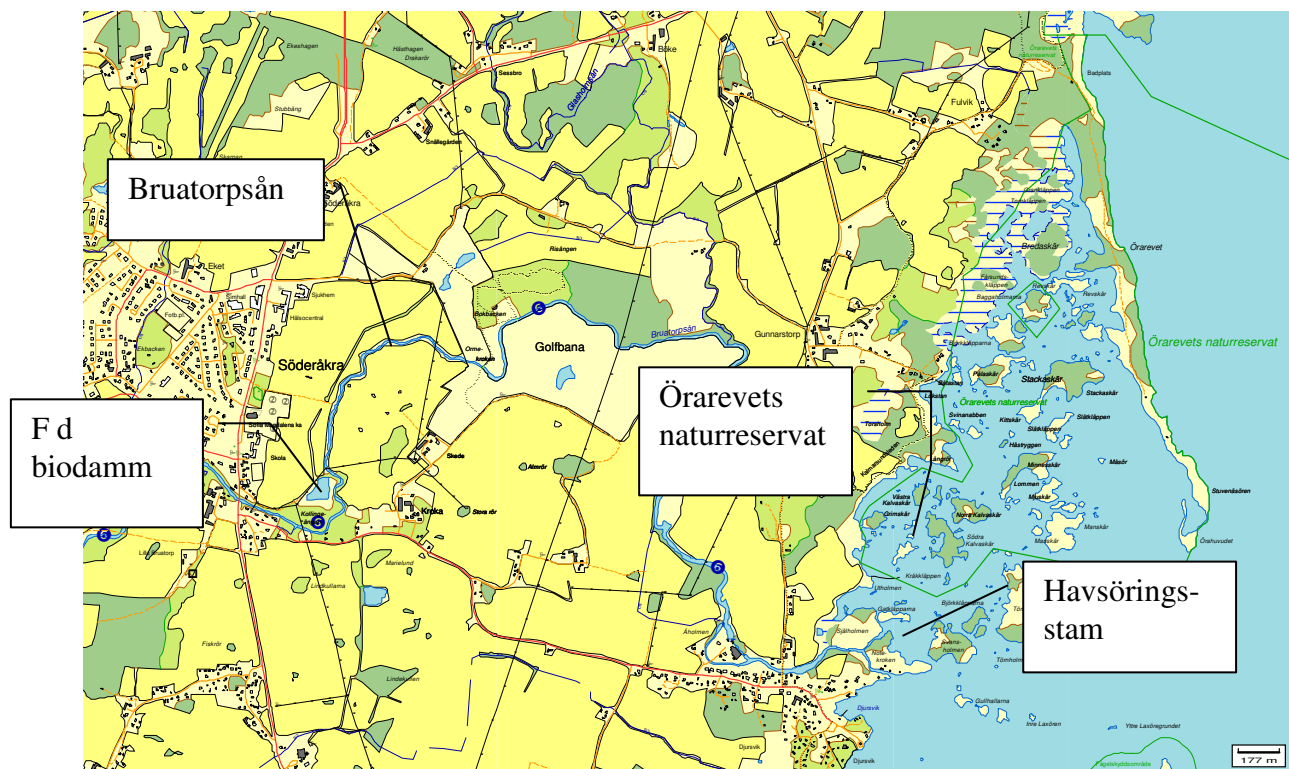
Mot bakgrund av ovanstående fakta bedöms **spridningsförutsättningarna i mark och grundvatten** som **måttliga** och **till ytvatten** som **mycket stora**. Se även bilaga 2.

Känslighet och skyddsvärde

Känsligheten m a p **grundvatten** bedöms som **måttlig** då det enligt tabell 8 (NV, 1999) finns yrkesverksamma som kan exponeras men då endast i liten utsträckning. Med yrkesverksamma syftas på jordbrukaren som arbetar på åkern ibland. Eftersom åkern ligger i en sluttning väster om biodammen, rinner troligtvis grundvattnet ner mot biodammen. Grundvattnet kan därför inte sprida några föroreningar i riktningen mot åkern utan eventuella föroreningar sprider sig mot Bruatorpsån som rinner förbi öster om biodammen. Grundvattnet används inte heller som dricksvatten i Söderåkra utan dricksvattentäkten finns i Bergkvara. (K_{gv} i diagrammet, se figur 13.)

Biodammen ligger i utkanten av ett villaområde och en skola finns i närheten. Folk i allmänhet men framförallt barn kan alltså vistas fritt i området vilket innebär att de kan exponeras för föroreningarna. Området bedöms därför ha **hög känslighet** vad gäller **markanvändning**. (K_{mark} i diagrammet, se figur 13.)

Själva biodammen och dess närliggande områden bedöms ha **måttligt skyddsvärde** (S_{mark} i diagrammet, se figur 13.) då det ligger i ett jordbrukslandskap. I dagsläget är biodammen avstängd. Om den skulle börja användas igen utan någon vidtagen åtgärd finns risken att kvicksilver kommer att transporteras via Bruatorpsån ut till kusten där naturreservatet Örarevet ligger. Se även figur 12. I Bruatorpsåns mynningsområde finns en reproducerande havsöringsstam. I detta område ligger även fågelskyddsområden. Med dessa fakta som utgångspunkt blir **skyddsvärdet och känsligheten för ytvattnet mycket stort**. (S och K på ytv-linjen i diagrammet, se figur 13.)

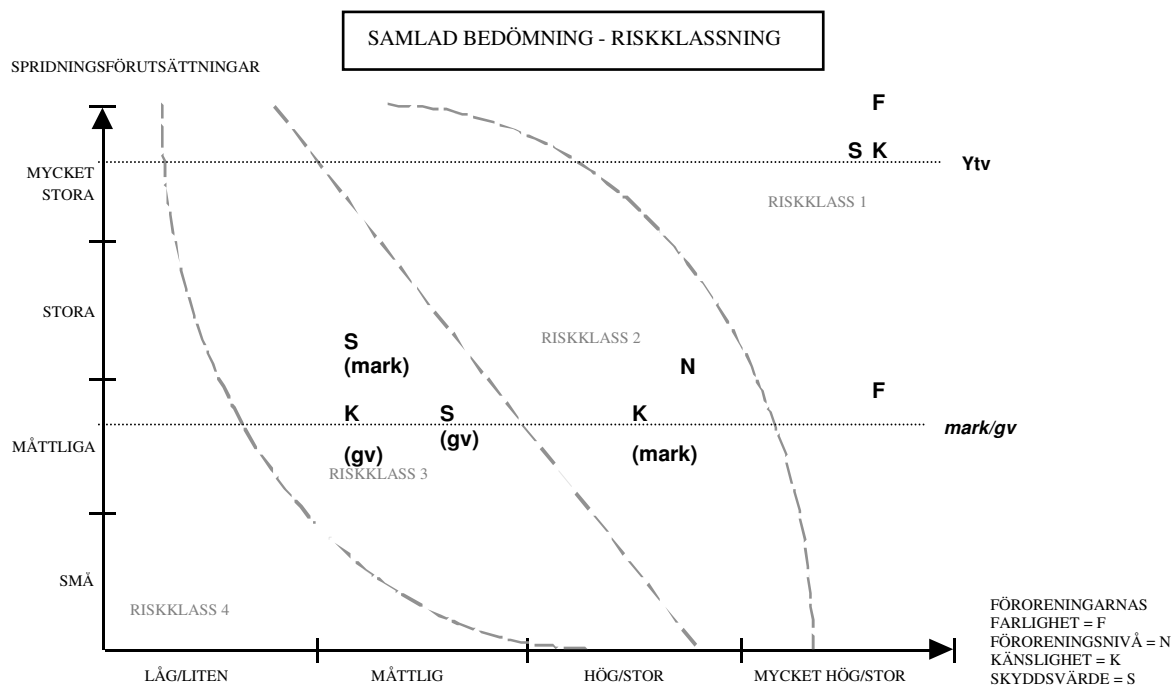


Figur 12 Översiktsskarta över bl a Bruatorpsåns mynningsområde.

Riskklassning

I ett s k riskklassningsdiagram förs slutsatserna från de olika områdena föroreningsnivå, föroreningars farlighet m.m. in. Se även bilaga 3. En samlad riskbedömning görs utifrån de fakta som finns som underlag. Med hjälp av diagrammet blir objektet klassat i någon av riskklasserna 1-4. Riskklass 1 innebär att det utgör mycket stor risk för människa och miljö och bör därför åtgärdas mycket snart. Riskklass 4 innebär att området utgör liten risk för omgivningen.

I detta fall riskklassas objektet som riskklass 2 vilket innebär att objektet utgör stor risk för människa och miljö. Detta kan även läsas ur figur 13 där Ytv står för Ytvatten och gv för grundvatten.



Figur 13 Riskklasseringsdiagrammet visar att den f d biodammen klassas som ett riskklass 2 objekt. Ytv står för ytvatten och gv för grundvatten.

Preliminär åtgärdsutredning och undersökningsbehov

Risker med att inte vidta någon åtgärd

Om ingen åtgärd vidtas och det regnar mycket kan ytvatten rinna ut i Bruatorpsån. Med vattnet följer jordpartiklar och till dessa bundna metaller. Bruatorpsån rinner så småningom ut i havet, där naturreservatet Örarevet ligger. Här finns en havsöringsstam som skulle kunna ta skada vid intag av kvicksilver. Den mängd som eventuellt skulle kunna rinna ut i Örarevet är så liten att den som enda bidrag förmodligen inte påverkar havsöringsstammen. Men totalt sett, tillsammans med andra bidrag kan dock den mängd kvicksilver som den f d biodammen eventuellt bidrar med ändå påverka Örarevet och därför bör den inte ignoreras.

Det ligger både ett bostadsområde och en skola i närheten så folk kan mycket väl vistas i området. Det faktum att det finns en skola i området och den f d biodammen ligger i ett bostadsområde gör det ganska troligt att barn även leker i och omkring biodammen. Djur förekommer även på området vilket inte är bra i längden eftersom de kan få i sig kvicksilver och ta skada av det.

Övergripande åtgärds mål

Det övergripande åtgärds målet är att den f d biodammen ska bli en våtmark.

Olika reningsmetoder

Det finns ett antal reningsmetoder för förorenad jord. De olika reningsmetoderna delas dels upp i ex-situ och in-situ och dels upp i fysikaliska, kemiska, biologiska och termiska

reningsmetoder. När det pratas om ex-situmetoder innebär det att jorden grävs upp. Ex-situ delas även in i on-site och off-site där on-site innebär att de förorenade massorna renas i en mobil anläggning som ställts dit på området medan off-site innebär att massorna körs iväg till en anläggning. In-situ innebär att jorden renas på plats. Den grävs inte upp utan området tillförs något som t ex en kemikalie eller luft via en mobil anläggning. Det ryms en rad olika metoder inom varje område bland de fysikaliska, kemiska etc.

Med nuvarande kunskapsläge är en in-situ rening inte aktuell då vetenskapen om spridningsvägar i området är för bristfällig och risken för att föroreningarna ska spridas ut i ån är för stor. Därför följer här nedan en redogörelse för endast ex-situ metoder.

Marken i den f d biodammen innehåller höga halter av kvicksilver, kadmium, nickel, koppar, bly och alifater. Det finns en rad metoder som renar förorenade massor antingen enbart från metaller eller enbart från organiska föroreningar. Få är de metoder som renar både organiska föroreningar och metaller, och då det i detta fall finns både metaller och organiska föroreningar, blir presentationen över möjliga reningsmetoder något mager. Naturligtvis finns möjligheten att kombinera olika reningsmetoder för att nå ett lyckat reningsresultat, men detta alternativ är mycket dyrt och har därför inte diskuterats.

En vanlig och billig metod är jordtvätt som ryms inom fysikaliska reningsmetoder. I Sverige har metoden funnits sedan 1997. Metoden lämpar sig för både oorganiska och organiska föroreningar. Jordtvätt fungerar dock sämre på finkorniga jordar där silt- och lerhalten överstiger 40%.

Jordtvätt ex-situ är ett sätt att koncentrera föroreningarna till en mindre volym jord. I allmänhet brukar föroreningarna bindas till de finkorniga jordfraktionerna. Genom att sortera ut den finare jordfraktionen separeras även det mesta av föroreningarna bort. Dessa massor deponeras sedan. De grövre fraktionerna rengörs med antingen enbart vatten eller vatten och tillsatt kemikalie. I normala fall kan 75-80 % av massorna återföras eller återanvändas. En del av föroreningarna tvättas ut ur jorden och hamnar i processvattnet som därför renas. (<http://home.swipnet.se/marksanering>).

Termiska metoder innebär att de förorenade massorna värms upp på något sätt. Beroende på hur höga temperaturer som uppnås blir resultatet olika. Termiska metoder lämpar sig för organiska föroreningar och metaller med låg kokpunkt som t ex kvicksilver. Man skiljer på förbränning och termisk avdrivning. Den senare sker i 100-600 °C varvid föroreningar med låg kokpunkt förångas och avgår från de förorenade massorna. Föroreningarna fångas upp i ett reningssystem för rökgaser. Förbränning innebär att organiska föroreningar förstörs i någon form av förbränningsanläggning vid 1000-1200 °C. De vanligaste förbränningsanläggningarna är roterugn och fluidiserande bädd. Termiska metoder är ett effektivt och snabbt sätt att rena de förorenade massorna på men samtidigt en mycket energikrävande och dyr metod. Om massorna är blöta krävs mera energi vilket fördyrar processen.

Sammanfattningsvis är jordtvätt den enda tänkbara reningsmetoden eftersom att termiska metoder endast fungerar på kvicksilver. De andra metallerna kommer alltså inte att separeras från de förorenade massorna om detta alternativ väljs, och då återstår jordtvätt. De koncentrerade föroreningarna förvaras förslagsvis på deponi efter avslutad jordtvätt.

Tänkbara åtgärder

Vid en bedömning av tänkbara åtgärdsalternativ av den f d biodammen ska flera faktorer beaktas. Vilka är förutsättningarna? Är in-situ behandling överhuvudtaget möjlig? Hur ser spridningsförutsättningarna ut?

Med gällande förutsättningar finns följande åtgärdsalternativ:

- Gräva upp den förorenade jorden och rena den på plats för att sedan använda de jordmassor som är renade enligt platsspecifika riktvärden som fyllnadsmassor, i bullervallar eller till landskapsbygge. (Denna metod kallas för ex-situ on-site.) Biodammen fylls på med ny jord. De förorenade massor som återstår efter reningen läggs på deponi.
- Gräva upp den förorenade jorden, rena den på plats, lägga tillbaka de jordmassor som är renade enligt platsspecifika riktvärden och lägga de koncentrerade förorenade jordmassorna på deponi. (Denna metod kallas för ex-situ on-site.) Om behov finns fylla på med ny jord i biodammen.
- Gräva upp den förorenade jorden och transportera den till en anläggning för rening och lägga tillbaka den renade jorden. (Denna metod kallas för ex-situ off-site.) Om behov finns fylla på med ny jord. De koncentrerade förorenade massorna läggs på deponi.
- Gräva upp den förorenade jorden och lägga den på deponi. Biodammen fylls med ny, ren jord.

Kvarstående undersökningsbehov

Innan ett beslut om någon åtgärd fattas bör några saker undersökas ytterligare. Nedan följer några förslag på fortsatta undersökningar.

- Undersöka om även ytvattnet i Bruatorpsån är förorenat.
- Undersöka ytvattnet i själva biodammen. Vid provtagningstillfället fanns inget ytvatten p g a den varma och torra våren, och därför kunde inga ytvattenprover tas.
- Undersöka på vilket djup grundvattenytan ligger.
- Undersöka förekomsten av metylkvicksilver
- Avgränsa spridning i yta och djup. Eventuellt ta ytvattenprover i ån för att se om det har spridit sig dit.
- Undersöka om kvicksilverhalterna ökar eller förblir konstanta med tiden.
- Om kvicksilverhalterna ökar kan det bli aktuellt att lokalisera källan till kvicksilver och åtgärda även den.
- Lokalisera källan till koppar.
- Ansvarsförhållanden

Diskussion

Analysresultaten från Torsås kommuns provtagningar visar på höga halter i södra delen av biodammen vilket också analysresultaten från provtagningarna utförda 2002 bekräftar. Kvicksilver ligger fläckvis samlat runt utloppsröret i biodammen och då främst i det organogena skiktet. Detta är mycket karakteristiskt för kvicksilver; att samlas fläckvis och ligga bundet till det organiska materialet.

Kvalitetssäkringen gjordes bl a för att försäkra sig om kvaliteten och trovärdigheten i analysresultaten. Detta är ett enkelt sätt att kunna konstatera att eventuella tvivelaktigheter i analysresultaten kan uteslutas.

Undersökningarna utförda 2002 visar att alifater, koppar, kadmium, bly och nickel även förekommer i sådana halter att de gör tillståndet mindre allvarligt - allvarligt i biodammen. Frågan som ställdes i inledningen om det finns andra föroreningar än koppar och kvicksilver är därmed besvarad.

Analysresultaten visar att föroreningarna framförallt ligger fördelade i det organogena skiktet, vilket bör underlätta när åtgärd vidtas då ej all jorden i biodammen behöver behandlas. Det kan även konstateras av analysresultaten att föroreningarna förekommer endast i biodammen och inte i t ex vallen som omger biodammen. Hur det ser ut i ytvattnet i biodammen är dock ännu inte utrett. Vid provtagningstillfället var det planerat att ta prover av även ytvattnet i biodammen, men då det var en varm och torr sommar var även biodammen torr, varför det inte var möjligt att utföra planerade ytvattenprovtagningar. Detta är en av de saker som skulle behöva utredas för att få en mer beskrivande bild av föroreningssituationen.

Hur stor risken är för spridning ut i Bruatorpsån är svårt att säga men den risken ska inte heller bortses ifrån. Faktum kvartstår att föroreningarna (då framförallt kvicksilver) kan spridas ut i havet via Bruatorpsån. Ett sätt att undersöka om det förekommer någon spridning ut i Bruatorpsån är att ta sediment- och ytvattenprover vid utloppsröret i Bruatorpsån.

Det som saknas för att göra bedömningen av föroreningarnas utbredning mer komplett är provtagning av ytvatten i biodammen och av sediment i Bruatorpsån. Detta är ett av förslagen på fortsatta undersökningar. Det bör även utredas vilka källorna är till föroreningarna samt var källan eller källorna finns. Om kvicksilverhalten ökar i framtiden tyder detta på att det finns en aktiv källa. Om inte förekomst av källa undersöks är det inte så stor mening med att utföra någon åtgärd i biodammen då källan kan komma att tillföra nya mängder kvicksilver.

Den föreslagna åtgärden jordtvätt är inte helt tillförlitlig då verkligheten ofta överträffar teorin. Jordtvätt är framtagen som en bra reningsmetod under vissa förutsättningar, men det kan visa sig att den inte alls fungerar i detta fall. Bl a kan den höga lerhalten hindra reningsmetodens effektivitet.

En av de tänkbara åtgärderna som har presenterats är att gräva upp den del av jorden som är förorenad och lägga den på deponi. Denna åtgärd är den som bör beaktas i sista hand då det i längden inte är välbetänkt att förvara förorenade massor på det viset. De bör åtminstone behandlas på något sätt så att föroreningsmängderna koncentreras till en mindre fraktion. Den koncentrerade mängden skulle i så fall förvaras på deponi. Det borde eftersträvas att behandla jorden så långt det är tekniskt och ekonomiskt möjligt med den teknik som finns idag. De renade massorna kan sedan användas som fyllnadsmaterial.

Referenser

Marksaneringsinfo, <http://home.swipnet.se/marksanering/>, 2002-10-01

Nationalencyclopedia

Naturvårdsverket, 1999. Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO).
Naturvårdsverkets Rapport 4918

Warfvinge P., 1997. Miljökemi, pp 236-249, KFS AB, Lund, Sverige