



Förstudie

Bysjön – utbildningscenter, deponier och tidigare sågverksområde

2010-09-23

Beställare: Borlänge Kommun
Bysjön
Uppdragsnummer: 220812

Författad av:

Liselott Petersson

Jon Berglin

Granskad av:

Nina Nilsson

Tobias Robinson

Sammanfattning

På uppdrag av Borlänge Kommun Hållbar samhällsbyggnad, Räddningstjänsten Dala Mitt och Borlänge Energi har Tyréns utfört denna förstudie avseende ett område kring Bysjön, Borlänge kommun. Området innefattar Räddningstjänstens utbildningscenter och övningsområde, deponier direkt norr och söder om detta, banvallar, delar av bostads- och industriområdet samt Bysjön, Vassjön och Vällhagssjön.

På området pågick tidigare sågverksverksamhet mellan 1920 och 1959. Tjära, kol, sprit, acetat och liknande produkter producerades under samma tid inom området och senare användes fabriken till förbränning av hushållssopor. Idag används området, där sågverk och kemfabrik var belägna, för Räddningstjänstens utbildningscenter och som rekreationsområde. I områdets södra del, det som tidigare utgjorde virkesupplag och bangård, finner man idag ett mindre industri- och bostadsområde samt grönytor. Det finns uppgifter på att Vällhagssjön och Vassjön har fyllts ut med massor som härrör från den tidigare sågverksverksamheten. Fritidsfiske förekommer i Bysjön.

Syftet med undersökningen är att så långt som möjligt klarlägga föroreningsituationen i undersökta media, utföra riskbedömningar samt slutligen ge preliminärt förslag på åtgärder. I denna provtagning har mark, yt- och grundvatten, sediment, dricksvatten, fisk, morötter samt byggnadsmaterial och inomhusluft provtagits.

Utförd provtagning visar på att massor från muddring av Bysjön kan ha deponerats i Vällhagssjön och Vassjön. Det bedöms inte finnas några risker för effekter på hälsa eller miljö med påträffade halter av analyserade ämnen i någon av sjöarna. Inte heller innebär de halter som har påträffats i Bysjöns sediment eller ytvatten någon direkt risk för miljö eller hälsa. Dock kan det inte uteslutas att konsumtion av fisk från Bysjön kan vara farligt för människors hälsa på grund av påträffade PFOS-halter. Detta gäller det i synnerhet vid ett kontinuerligt intag av fisk.

Vid jämförelse av påträffade halter och bedömningsgrunder för mark och grundvatten särskiljer sig några områden från mängden. Till exempel påträffades halter av metaller som var högre eller mycket högre än generella riktvärden i den så kallade askdeponin alldeles söder om Bysjön. Även inom bostadsområdet och det närliggande grönområdet påträffades ställvis halter av metaller och dioxin som var högre än generella riktvärden för markanvändningen. Inom bostadsområdet, och grönområdet söder om detta, bör markundersökningen kompletteras för att erhålla ett bra underlag inför bedömning av kommande åtgärder.

På flera platser har ytligt spridd kisaska påträffats. Utbredningen av denna behöver klargöras ytterligare. Även höga halter av metaller som påträffats i närheten av kemfabriken, samt i sedimenten i det dike som avvattnar den södra deponin, bör avgränsas.

Undersökningen visar att halter i vatten och sediment i Bysjön inte innebär någon risk för miljö eller hälsa. Halter i fisk visar dock på att kontinuerligt konsumtion av fisk från Bysjön kan innebära effekter på hälsa. Av grundvattenprovtagningen är det tydligt att spridning av metaller pågår från den norra deponin och att PFOS lakas ut från askdeponin. Fortsatta undersökningar bör inkludera spridningsvägar till Bysjön avseende metaller och PFOS från dessa områden.

Det dricksvattenprov som tagits vid Övermora vattenledningsförbunds vattenverk visade generellt på halter av metaller och organiska ämnen som var låga. I vattnet har dock pentaklorfenol påträffats. Halterna är lägre än Livsmedelsverkets gränsvärden, men eftersom det råder osäkerhet kring hur ämnet kommit till vattentäkten bör detta utredas.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Vid provtagning av byggnader påträffades dioxin i betong, i den f.d. ångcentralen i halt som översteg ett för objektet beräknat jämförelsevärde. Dioxin i byggnaden härrör troligen från den sopförbränning som tidigare skett i byggnaden. Vid ändrad användning av byggnaden bör dioxinförekomsten utredas vidare.

Den sammantagna bedömningen av området, dess känslighet och skyddsvärde, spridningsrisker, påträffade ämnen, halter och volymer ger att området bedöms tillhöra klass 2, stor risk.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	7
2	Syfte	7
3	Avgränsning	7
4	Områdesbeskrivning	8
4.1	Läge, befintliga förhållanden och recipient.....	8
4.2	Historik.....	10
5	Skyddsobjekt, känslighet och skyddsvärde	11
6	Förslag på övergripande åtgärds mål	12
7	Undersökningar	12
7.1	Tidigare utförda undersökningar och åtgärder	12
7.2	Nu genomförd undersökning.....	13
7.2.1	Provtagningsmetodik.....	13
7.2.2	Fältundersökning	14
7.2.3	Utförda laboratorieundersökningar	17
8	Karakterisering av föroreningar	17
8.1	Metaller.....	17
8.2	Kolväten, BTEX och PAH	19
8.3	Fenol och kresol	19
8.4	Dioxiner.....	19
8.5	Klorfenoler	19
8.5.1	Spridning av klorfenoler och dioxin	20
8.6	PFO/PFOS.....	20
9	Generella riktvärden, jämförvärden och tillståndsklassning	20
9.1	Jord	20
9.2	Grundvatten.....	21
9.3	Ytvatten.....	21
9.4	Sediment.....	21
9.5	Fisk.....	22
9.6	Växt	22
9.7	Byggnad.....	23
10	Mark- och grundvattenförhållanden samt spridningsförutsättningar	23
10.1.1	Norra området (område 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12).....	24
10.1.2	Södra området (2, 3, 6, 14)	25
10.1.3	Vassjön och Vällhagssjön (15 och 16).....	25
11	Förekomst av föroreningar inom området	26
11.1	Jord	26
11.2	Grundvatten.....	27
11.3	Ytvatten.....	28
11.4	Sediment.....	29
11.5	Fisk.....	29
11.6	Växter	29
11.7	Dricksvatten.....	29
11.8	Byggnad.....	29
11.9	Föroreningar på delområden	30
12	Riskklassning	32
13	Riskbedömning inklusive nollalternativ	34

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

13.1	Nollalternativ.....	41
14	Osäkerheter	41
15	Åtgärdsbehov och -möjligheter	42
15.1	Ansvar för efterbehandlingsåtgärder	46
16	Referenser	47

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Bilagor:

Bilaga 1.	Planritning för norra området	Flik 1
Bilaga 2.	Planritning för södra området	Flik 2
Bilaga 3.	Planritning sediment och ytvatten	Flik 3
Bilaga 4.	Borrhålsritning grundvattenrör	Flik 4
Bilaga 5.	Provtagningsprogram med ingående analyser	Flik 5
Bilaga 6.	Analysrapporter dricksvatten	Flik 6
Bilaga 7.	Resultattabell inkl jordartsbedömning, fältnoteringar	Flik 7
	a. mark	
	b. grund-/ytvatten	
	c. sediment	
Bilaga 8.	Analysrapporter	Flik 8
Bilaga 9.	Analysrapporter terratest	Flik 9
Bilaga 10.	Analysrapporter byggnader	Flik 10
Bilaga 11.	Analysrapporter växt	Flik 11
Bilaga 12.	Ansvarsutredning	Flik 12

1 Bakgrund

I en tidigare utförd MIFO-klassning har det före detta sågverksområdet sydöst om Bysjön bedömts tillhöra riskklass 2. I denna förstudie har Tyréns på uppdrag av Borlänge Kommun Hållbar samhällsbyggnad, Räddningstjänsten Dala Mitt samt Borlänge Energi utfört en fördjupad miljöteknisk markundersökning enligt Naturvårdsverkets kvalitetsmanual för efterbehandling av förorenade områden. Området innefattar Räddningstjänstens utbildningscenter och övningsområde, deponier direkt norr och söder om detta, banvallar, delar av bostads- och industriområdet samt Bysjön, Vassjön och Vällhagssjön. Provtagning av jord, yt- och grundvatten, sediment har utförts. Även översiktlig provtagning av byggnad utförs i detta skede. Även halter i fisk och växt analyseras.

Sågverksverksamheten pågick mellan 1920 och 1959. Under den tiden producerades tjära, kol, sprit, acetat och liknande produkter i den så kallade kemfabriken. När denna verksamhet upphörde övergick man till att använda fabriken till förbränning av hushållssopor. Askan tillsammans med oförbränt industriavfall deponerades sedan i två högar på området. Deponierna täcktes 1981 med morän.

Idag används området, där sågverk och kemfabrik var belägna, för Räddningstjänstens utbildningscenter och som rekreationsområde. I områdets södra del, som tidigare brukades som virkesupplag och bangård, finner man idag ett mindre industri- och bostadsområde samt grönytor. Det finns uppgifter på att Vällhagssjön och Vassjön har fyllts ut med massor som härrör från den tidigare sågverksverksamheten. Fritidsfiske förekommer i Bysjön.

Utredningen har utförts enligt riktlinjerna för Förstudie enligt Naturvårdsverkets kvalitetsmanual. Uppdragsledare har Jon Berglin varit. Liselott Petersson och Malin Eriksson har varit handläggare och Nina Nilsson samt Tobias Robinson har stått för granskning av projektet.

2 Syfte

Syftet med markundersökningen är att så långt som möjligt klarlägga föroreningsituationen i jord, sediment, yt- och grundvatten inom de undersökta områdena. I den mån det är möjligt ska även föroreningar avgränsas och riskbedömningar göras för att slutligen ge preliminärt förslag på åtgärder. I undersökningen ingår även att få en indikation av föroreningsituationen i den tidigare kemfabriken och om utfyllnader i Vällhagssjön och Vassjön innehåller föroreningar som kan påverka hälsa eller miljö. Även en bedömning om risk för påverkan via intag av växter och fisk ingår i undersökningen.

3 Avgränsning

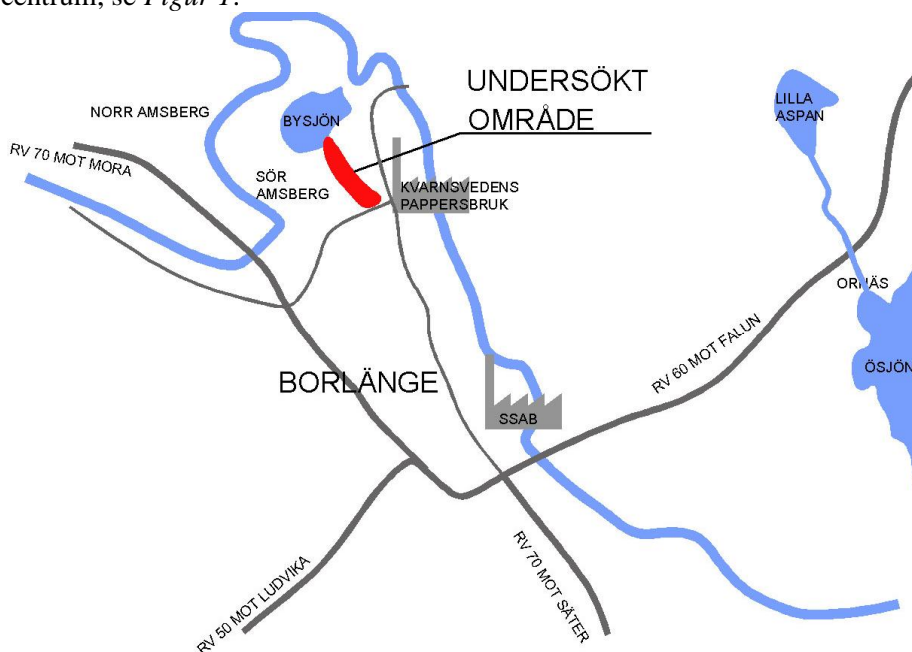
Den geografiska utbredningen av undersökningsområdet utgörs av de platser som i tidigare utredningar, utförda intervjuer och flygfoton har bedömts vara de potentiellt mest förorenade. De tillägg som görs från tidigare utförd undersökning är:

- Utförligare provtagning av jord, sediment och grundvatten
- Utförligare undersökning i Bysjön avseende sediment och ytvatten
- Undersökning av Vassjön och Vällhagssjön avseende eventuell deponering av muddermassor från Bysjön
- Undersökning av byggnad
- Undersökning av fisk i Bysjön
- Undersökning av växter inom bostadsområdet.

4 Områdesbeskrivning

4.1 Läge, befintliga förhållanden och recipient

Det aktuella området ligger i Kvarnsveden, Borlänge Kommun, cirka fyra kilometer norr om Borlänge centrum, se *Figur 1*.



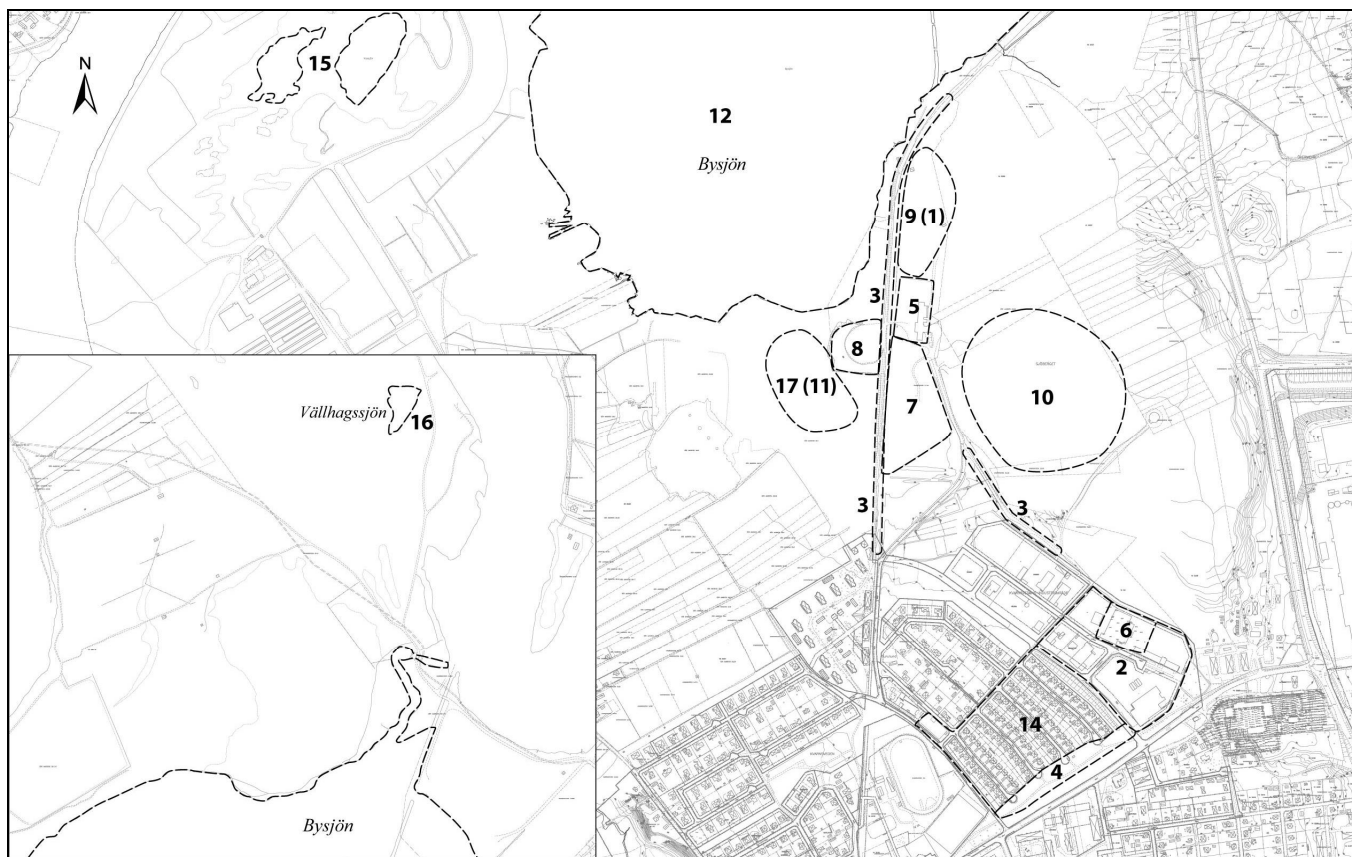
Figur 1. Området är beläget cirka fyra kilometer norr om Borlänge centrum.

Den uppdelning av undersökningsområdet som gjorts i tidigare utredningar baseras på tidigare verksamheter och dagens markanvändning och delområdena illustreras i figur 2. Området till väster om den västra banvallen Ludvika-Borlänge, Vassjön samt delar av Bysjön tillhör riksintresse för kulturmiljövård¹.

Idag används området i huvudsak som bostads-, industri-, rekreations-, och övningsområde, se *Figur 2*. Rekreationsstråken följer i stort sett de gamla banvallarna men det finns även ett skidspår i området som går längs norra deponin (9) och fortsätter mellan sjön och övningsområdet (8).

Bysjön, som har sitt in- och utlopp i Dalälven ungefär en kilometer norr om Kvarnsvedens pappersbruk, utgör den närmsta recipienten för huvuddelen av de undersökta områdena. Vassjön är en grund lagunsjö till Dalälven norr om Sör Amsberg. Efter att ha sänkts och använts för kvittblivning av muddermassor från Bysjön är Vassjön idag en våtmark där fåglar häckar och rastar. Strandängarna i anslutning till sjön hålls öppna genom att kor betar området. Vällhagssjön ansluter till Dalälven genom våtmarksliknande tillflöden i norra delen av sjön. Vällhagssjön avvattnas västerut mot Dalälven.

¹ Länsstyrelserna, GIS-tjänster, 2010



Figur 2. Verksamheter på undersökt område.

- | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Plats för timmerupptagning och sågen, idag under deponi (9) |
| 2 | Tidigare virkesupplag, idag industriområde |
| 3 | Tidigare banvallar, den nordvästra banvallen (sträckan Ludvika-Borlänge) används idag som friluftstråk |
| 4 | Tidigare bangård och upplag, idag grönyta i anslutning till GC-väg och bostadsområde |
| 5 | Tidigare kemfabrik och förbränningsanläggning, används idag som övningsområde |
| 6 | Tidigare virkesupplag, här hittades tjärtunnor, idag industriområde |
| 7 | Sydlig deponi, tidigare plats för bl.a. kolugnar, idag övertäckt och används för övningar och upplag |
| 8 | Tidigare virkesupplag och askdeponi, används idag som övningsområde |
| 9 | Nordlig deponi, tidigare sågverksområde |
| 10 | Framtida naturreservat för rödlistade arter som vedsvampar |
| 11 | Område avsatt för skyddande av hackspettar |
| 12 | Bysjön, recipient |
| 14 | Tidigare virkesupplag och bangård, idag bostadsområde |
| 15 | Vassjön, deponering av muddermassor från Bysjön |
| 16 | Vällhagssjön, eventuell deponering av muddermassor från Bysjön |
| 17 | Tidigare brädupplag. |

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

4.2 Historik

I tidigare utredningar^{2,3} har mycket historik kring tidigare verksamheter sammanställts. För att inte gå miste om någon information har kompletterande uppgifter kring historik sökts på arkiv, bibliotek och genom intervjuer med tidigare arbetare. Information om hur det har sett ut inne på den s k kemfabriken har dock varit svår att tillgå.

Sågverksamheten startade 1920 och pågick fram till 1959. Därefter har byggnaderna på området rivits, förutom kemfabriken som användes för förbränning av hushållssopor under en tid för att sedan övergå till att användas av räddningstjänsten som övningslokal. Byggnaden har byggts ut och området har förändrats omkring fabriken. Den gamla askdeponin (8) har gjorts om för att kunna användas som övningsområde.

I området har följande varor producerats, redovisade med ungefärlig årlig produktionsvolym angivet som m³ (medianvärde under tiden för produktion) för att ge en uppfattning om verksamhetens storlek.

Försågat timmer (400 000) ^a	Oljor (70) ^b	Ättikssyrad kalk (1 100) ^c
Sulfatved (1 300 000) ^a	Sprit (150) ^b	Tjäror (1 800) ^c
Träkol (62 000) ^b	Råkol (670) ^c	Oljor (210) ^c
Acetat (470) ^b	Gengaskol (58 000) ^c	Råmetanol (270) ^c
Tjära (1 000) ^b	Stybb (7 500) ^c	

Medianvärdet har beräknats för följande tidsintervall ^a1930-1950 ^b1926-1935 ^c1941-1945

Vid byggandet av industrilokaler (slipningsindustri för Kvarnsvedens pappersbruk, område 6) i den sydöstra delen av det undersökta området påträffades vad som omtalas som tjära i fri fas i marken. Enligt rapporter rör det sig om en betydligt mindre kraftig förorening än tjära i fri fas⁴. En stor del av de massor som bedömdes som rena ska enligt uppgift ha använts för att täcka deponierna i norra delen.

Järnvägen Falun-Björbo upphörde lades ned 1960⁵ och spåren har rivits. Banvallarna (3) används nu främst som rekreationsstråk och ingår i den så kallade Bysjörundan som passerar genom området samt som bilvägar.

I den södra delen har den tidigare platsen för upplag omvandlats till industriområde (2). Den västra delen av upplagsområdet samt spårområdet har blivit bostads- och grönområde (14 och 4).

Växtligheten på områdets norra del består till stor del av tät skog och gräsytor vid deponierna samt grus- och asfaltstytter kring övningsområdet. I den södra delen vid industriområdet är stora delar asfaltbelagda med inslag av grus- och gräsytor. Bostadsområdet utgörs av radhus (cirka 100 m²) med små trädgårdar (cirka 1000 m²) och asfalterade vägar mellan husraderna.

Övningsområdet (5) kring den gamla kemfabriken används idag av Räddningstjänsten för utbildning och övningar. Räddningstjänsten använder släckskum i sina övningar. Det pågår arbete för att minska belastningen på miljön vid dessa övningar del genom användandet av betongplatta för uppsamlade av spolvatten och dels miljövänligare övningsobjekt. Vid schaktningsarbeten på planen framför den f.d. kemfabriken har tjära påträffats. På detta området har det tidigare bl.a. funnits magasin, tappningshus

² Melin Jenny, 2007.

³ Tyréns, 2009.

⁴ WSP, 2004.

⁵ Bergslaget, 1960.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

för tjära, och väster om banvallen, anordningar för skrubbevatten som ledde ner till Bysjön. Bakom (öster) kemfabriken har det stått tjärcisterner och fundamenten finns kvar än i dag på bergsslutningen.

Öster om Sjöberget, nordost om norra deponin (9) finns en gemensam dricksvattentäkt (Övermora vattenledningsförening). Denna används av 85 personer enligt uppgift från Borlänge Kommun.

På den norra deponin finns idag inga spår av verksamhet. Deponin har en relativt brant lutning vilket gör den mindre lättillgänglig. Den södra deponin används för räddningstjänstens övningar samt att mindre mängder byggavfall nyligen deponerats/mellanlagrats där.

Deponierna 7 och 9 har använts för hushålls- och industriavfall. Båda deponierna har täckts och deponi 9 har förbättrats i omgångar.

Det finns muntliga uppgifter om att marken som numer är bostadsområde tidigare var röd, vilket skulle kunna bero på kisaska. Vid provtagningar både år 2009 och 2010 påträffades jord som antas bestå av kisaska.

I början av 1950-talet fylldes Vassjön med muddermassor från timmermagasinet i Bysjön. Muntliga uppgifter finns även på att Vällhagssjön har fyllts ut med massor från sågverkets verksamhet.

5 Skyddsobjekt, känslighet och skyddsvärde

Det är önskvärt att verksamheten från den tid då sågverket verkade på platsen, samt de verksamheter som följt efter det inte ska ha någon effekt på de skyddsobjekt som framhålls för området.

Eftersom området utgörs av boende, arbetsplats och rekreationsområde utgör människor som bor eller vistas på de undersökta områdena det viktigaste skyddsobjektet. Inte heller djur som vistas på områdena ska påverkas negativt av påträffade föroreningar. Fritidsfiske förekommer, varför även skydd av ekosystem i Bysjön, och därigenom fisk som föda, utgör skyddsobjekt.

Med känslighet beskrivs hur ofta och mycket människor bedöms komma i kontakt med ett område. Bostadsområden har *mycket hög* känslighet, medan inhägnade områden som sällan besöks har *låg* känslighet. Skyddsvärdet handlar om övriga organismer och ekosystem. *Mycket stort* skyddsvärde har t.ex. naturreservat, medan kraftigt störda ekosystem har *litet* skyddsvärde.

Känsligheten i markanvändningen skiljer för de olika delområdena. Känsligast är den vid bostäderna (14), *mycket stor*, dit även angränsande grönytor (4) räknats. I övriga delområden bedöms känsligheten vara *stor* (arbetsplatser, friluftsområden). Skyddsvärdet av naturmiljöer är som störst vid Sjöberget öster om deponi 7 (framtida naturreservat), vid f.d. timmerupplaget sydväst om deponi 8 (område avsatt för skydd av hackspettar) samt vid Vassjön (restaurerad ängsmark), *mycket stort*. Skyddsvärdet för Vällhagssjön bedöms vara *stort* eftersom sjön och området i dess närhet i huvudsak kan antas vara opåverkad av sågverkets verksamhet. I övriga områden bedöms skyddsvärdet vara *måttligt*. Även fornlämningar är skyddsvärda, och även om det inte finns några registrerade inom verksamhetens kärnområde (hänvisning fornsök) finns det några inom närområdet. Fornlämningar bedöms dock inte påverkas i någon högre grad av föroreningar (om inte föroreningsnivån är riktigt hög, t.ex. flytande tjära).

6 Förslag på övergripande åtgärds mål

De gjorda undersökningarna har baserats på de föreslagna övergripande åtgärds mål som kan sättas upp för området:

- Människor ska kunna bo och vistas på respektive område utan risk för negativ påverkan på hälsa
- Djur ska kunna vistas på respektive område utan risk för negativ påverkan på hälsa
- Förtäring av fisk och växter ska inte utgöra någon risk för människors hälsa
- Markecosystem ska inte påverkas inom område där odling för konsumtion kan tänkas förekomma
- Ekosystemen i Bysjön, Vällhagsjön och Vassjön (och därigenom även Dalälven) ska inte påverkas negativt av den tidigare verksamheten.

7 Undersökningar

De punkter som har provtagits vid nu genomförd provtagning, samt i provtagning utförd 2009, redovisas i planritning i bilaga 1, 2 och 3. Ritning i *Bilaga 1* åskådliggör den norra delen av undersökningsområdet. Provtagningspunkter inom industriområdet, bostadsområdet och dess omgivning presenteras i *Bilaga 2*. De platser som har provtagits för sediment och ytvatten i Vällhagsjön samt Vassjön visas i *Bilaga 3*. De nivåer som mättes upp vid provtagning av grundvatten redovisas *Bilaga 4*. För fullständigt provtagningsprogram inklusive genomförda analyser, se *Bilaga 5*.

7.1 Tidigare utförda undersökningar och åtgärder

Området inventerades 2007 av Jenny Molin som i sitt examensarbete "Inventering och riskklassning av ett nedlagt industriområde i Bysjön, Borlänge kommun" utfört en MIFO1-inventering av området. Denna inventering resulterade i att området klassades som riskklass 2, stor risk.

Tyréns utförde år 2009 markundersökningar enligt MIFO 2⁶. Undersökningar genomfördes på jord, grundvatten och sediment. Området bedömdes sammantaget tillhöra riskklass 2. Detta baserades på att känsligheten och skyddsvärdet för delar av området är hög, att man påträffat föroreningar såsom exempelvis dioxin, bly, PAH i höga halter, samt att risken för spridning är relativt stor. I sedimentprov från Bysjön påvisades även PFOS. Undersökningen fokuserade på att visa på förekomst av förorening snarare än koncentrationer och avgränsningar.

På fastigheten Kälken 2, delområde 2, påträffades svart jord i ett 15 cm mäktigt skikt (cirka 1-1,3 meter undermarkytan) i samband med markundersökning innan byggnation av industrilokal år 2004. Den svarta jorden luktade kraftigt och antogs vara tjära och schaktades bort⁷. Cirka 500 m³ massor bedömdes vara förorenade och bortforslades. Även grundvattenprov togs och halterna av summa PAH understeg Kemaktas förslag för riktvärden för ämnen vid bensinstationer. Inga klorerande lösningsmedel detekterades. Inga metallhalter överstigande MKM detekterades vid undersökningen.

Borlänge Energi (f.d. Borlänge Industriverk) har på Länsstyrelsens uppmaning tidigare pumpat lakvatten från de diken som finns längs deponiernas västra långsidor till det kommunala spillvattennätet. Detta upphörde efter att man i slutet av 80-talet analyserat vattnet och konstaterat att föroreningshalterna var så låga att det inte var motiverat att fortsätta pumpa bort vattnet. En analysrapport från 1987-11-10 som påträffats i Borlänge Kommuns arkiv styrker detta beslut. Vattnet har analyserats med avseende på bland annat metaller och petroleumkolväten. I ett förslag till plan för

⁶ Tyréns, 2009a.

⁷ WSP, 2004.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Bysjöns deponiområde som Länsstyrelsen skrivit 1982-05-26 föreslås att massor från den 4 - 5 m höga asktippen bortforslas, varpå kompostmassor påförs och plantering sker. Detta stämmer till viss del med dagens utseende.

Från grundvattentäkten har prover tagna av Övermora Vattenförening analyserats den 11:e mars 2008. Även våren 2010 undersöktes dricksvattnet avseende dricksvattenkvalitet. För Eurofins analysrapporter, se Bilaga 6. Analyserna visar att vattnet uppfyller kraven på dricksvatten. Analyspaketet för kvalitet på dricksvatten tar inte hänsyn till ämnen som till exempel metaller. Kompletterande provtagning av dricksvatten utfördes därför i föreliggande undersökning. Nickel, bly, kvicksilver, koppar samt vissa PAH:er är de ämnen som analyserades, och påträffades i låga halter.

Regelbundna provtagningar av Bysjö deponi har utförts sedan åtminstone början av 1980-talet. De flesta mätningar har avsett fysikaliska parametrar som pH, konduktivitet m.m. År 1987 analyserades en rad olika metaller i ”PP1” (nedströms industritippen, här beskrivet som område 7) och ”PP2” (nedströms Sjöbergstippen, här beskrivet som område 9). Metallhalterna var *mindre allvarliga* till *måttligt allvarliga*, baserat på Naturvårdsverkets bedömningsgrunder⁸. Fenoler och petroleumkolväten förekom i halter i PP2 som troligen skulle bedömas som *allvarliga* eller *mindre allvarliga*.

7.2 Nu genomförd undersökning

Provtagningsprogrammet baserades på uppgifter från de tidigare gjorda utredningarna samt de skyddsobjekt som har identifierats för området. Inför upprättandet av det slutgiltiga provtagningsprogrammet genomfördes ett platsbesök tillsammans med en tidigare medarbetare från sågverket.

7.2.1 Provtagningsmetodik

På många platser har den tidigare markytan överlagrats med ny fyllning varför urvalet av prover i undersökningsfasen MIFO 2 var något djupare än brukligt. I föreliggande undersökning har provtagning utvidgats till områden och djup som tidigare inte undersökts. Placeringen av provpunkter syftade till att om möjligt avgränsa misstänkta föroreningsområden. Även om det har varit önskvärt att avgränsa påträffad förorening i plan och djup har detta inte varit möjligt vid till exempel deponierna. Markprovtagning har därför kompletterats med grundvattenprovtagning för att ändå få en uppfattning om eventuell spridning från deponiområdena.

De beteckningar som provtagningspunkterna har fått i denna undersökning har utgått från den numrering respektive delområde fått i MIFO2-undersökningen, exempelvis 9 i 9FSJ2. FS står sedan för förstudie. Därefter följer exempelvis J för jord (G för grundvatten, GJ om det är provtagning av både jord och grundvatten, H för handgrävning, S för sediment, A för ytvatten, B för byggnad. P för provgröp gjord med grävare). Den sista siffran är ett löpnr. Denna nomenklatur har försökts hållas i så stor utsträckning som möjligt, men till följd av anpassningar av provtagningsprogrammet precis i anslutning till, och under, fältprovtagning har det inte varit möjligt att hålla detta till punkt och pricka. För att få överensstämmelse med laboratorierapporter har vi valt att behålla de beteckningar som användes i fält även om provtagningsmedia ändrats (dvs J kan ha blivit GJ) eller punkter har tagits bort eller flyttats till nytt delområde.

⁸ Naturvårdsverket, 1999a.

7.2.2 Fältundersökning

Huvuddelen av undersökningen i fält har utförts under veckorna 21-23, samt enstaka dagar under veckorna 25 och 26 år 2010. Inhämtning av prover för analys av växtmaterial hämtades vecka 34. All provtagning har skett i av labbet föreslagna provtagningskärl. Prover har förvarats mörkt och kallt inför leverans till laboratorium.

För mark har provtagning utförts för varje halvmeter. Provtagningsintervallet har anpassats till jordlagerföljd samt lukt- och synintryck. För varje provtagningspunkt, oavsett media, har fältnoteringar gjorts. Jordartsbedömning och fältintryck redovisas i *Bilaga 7 a-c*.

För att komplettera tidigare utförda provtagning installerades 10 grundvattenrör för ytterligare provtagning av grundvatten.

7.2.2.1 Jord

Provtagning av djupare liggande marklager har utförts med skruvborr monterad på borrhandsvagn av typen Geotech 604D. I de punkter där grundvattenrör har installerats har detta samordnats med jordprovtagning. Huvuddelen av jordprover inom bostadsområdet har tagits för hand. För provtagning inom bostadsområdet har den allra översta mulden inte provtagits eftersom den med stor sannolikhet har tillförts markytan efter att verksamheten upphörde. För att få ett prov som kan visa på den tidigare verksamhetens eventuella efterlämningar har därför provtagning skett på 2 dm djup och djupare. Två punkter borrades för provtagning på större djup inom bostadsområdet. Malin Eriksson, Tyréns, har utfört provtagningen för hand. Ingemar Engström och Malin Eriksson, båda Tyréns, har provtagit jord med borrhandsvagn samt installerat grundvattenrör i de punkter där det varit aktuellt enligt provtagningsprogrammet. Nickan Larsson, Tyréns, har stått för jordprovtagning som utförts med grävare.

7.2.2.2 Yt- och grundvatten

Nio nya grundvattenrör installerades inom området. Det misstänkta källområdet ligger under den norra deponin (9) idag och eftersom deponin är mycket mäktig är det inte möjligt att komma åt den tidigare markytan i direkt anslutning till källområdet. Flera av de nya rören installerades därför i nedströms läge från deponin, dvs på deponins västra sida. Ett rör placerades ytterligare nedströms som en kontroll av en tänkt gradient ut mot Bysjön. Inför provtagning omsattes grundvattnet med motsvarande minst tre rörvolym vatten. Omsättning och provtagning skedde med engångsbailer. Filtrering av prov inför analys av metaller utfördes på laboratorium.

Dricksvatten från Övermora vattenledningsförbunds vattentäkt har provtagits.

Grundvatten- och dricksvattenprovtagning utfördes av Malin Eriksson och Klockar Jenny Nääs, Tyréns.

7.2.2.3 Sediment

Prov av sediment i Bysjön har tagits från roddbåt med en ekmanhuggare. Till följd av grund sjö och sank mark har provtagning av sediment i Vassjön och Vällhagsjön provtagits från strandkant. Provtagningen genomfördes med spade och plaströr för Vassjön respektive Vällhagssjön. Diken kring deponier har skett med spade. Malin Eriksson och Klockar Jenny Nääs har stått för sedimentprovtagningen.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

7.2.2.4 Fisk

Provfiske av abborre utfördes den 1-2 juli 2010. För analys av fiskmuskel togs 10 abborrar i intervallet 25-35 cm och preparerades till ett samlingsprov på laboratoriet. Fisken skickades djupfryst till laboratoriet. Fisket utfördes med nät med maskstorlek på 38 respektive 40 mm. För att det analyserade samlingsprovet i största möjliga mån ska representera hela sjön uttogs fisk från tre platser. Även valet av de relativt stora abborrarna syftar till att provet ska representera en större del av sjön⁹. Bilaga 3 anger ungefärliga lägen av fångstplatser. Fisket utfördes av Jon Berglin och Kalle Knihs, Tyréns.

7.2.2.5 Växt

För att undersöka om växter tar upp någonting av eventuella föroreningar såddes frön av morötter på tre platser (14FSX11, 14FSX12 och 14 FSX13) inom bostadsområdet efter beskrivning av Åberg m fl¹⁰. I anslutning till varje växt provtogs även jord (cirka 0,5-1 m bort från morot). För provpunkternas läge se Bilaga 11

7.2.2.6 Byggnad

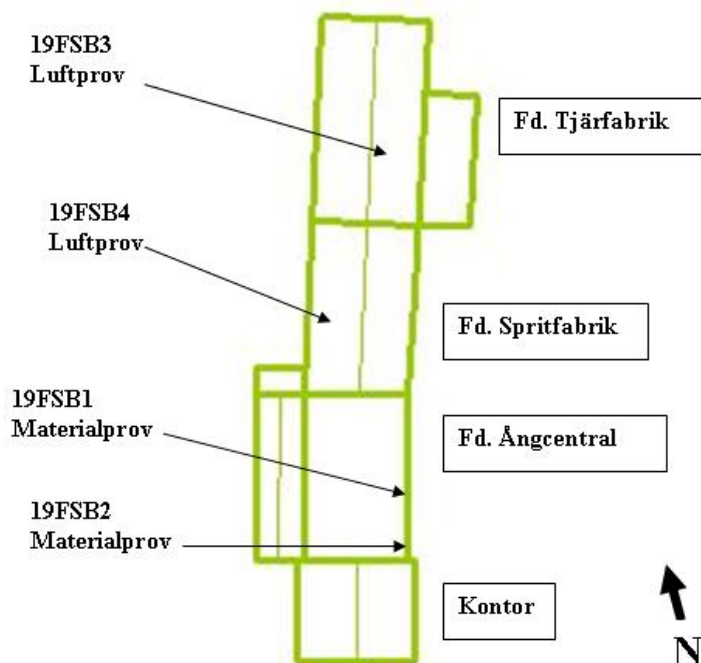
Provtagning av fd. kemfabriken utfördes av Jon Berglin 1 juli 2010. Den så kallade kemfabriken som idag används för Räddningstjänstens övningsverksamhet består egentligen av tre sammanbyggda byggnader. Listade från söder har dessa tidigare använts som; ångcentral (senare även sopförbränning), spritfabrik och tjärfabrik. Utöver dessa byggnader har en tillbyggnad uppförts söder om ångcentralen på senare tid. Tillbyggnaden omfattas inte av den genomförda provtagningen.

Inom ramen för den pågående verksamheten används lokalerna till mycket skiftande ändamål, som lektionssalar, rökgasträning, garage och verkstad.

Provtagningen genomfördes genom uttag av prov på byggnadsmaterial och luft. Syftet med undersökningen var i första hand att söka föroreningar i byggnaderna som uppkommit till följd av tidigare verksamhet. I den fd. ångcentralen uttogs ytliga betongprov i två punkter. I fd. tjärfabriken och spritfabriken där stora delar av ytskikten bytts ut togs prov på inomhusluft med hjälp av luftpumpar (modell SKC-PCXR 3-5) och absorbertrör. I den fd. spritfabriken placerades luftpumpen i en till synes orörd del av byggnaden på våning 4, med syfte att minimera inverkan från pågående verksamhet. I den fd. tjärfabriken placerades pumpen i en lektionssal som antogs vara den lokal som var minst påverkat av lösningsmedel och petroleumprodukter som hanteras i den angränsande verkstaden. För provpunkters placering, se *Figur 3*.

⁹ Naturvårdsverket, 2009, Metaller och organiska miljögifter i fisk från sjöar och vattendrag

¹⁰ Åberg A m.fl. 2010.


Figur 3. Planritning av den fd. kemfabriken

Provtagningspunkterna mättes in av Borlänge kommuns mätavdelning, med undantag av de prov som togs i Bysjön, Vassjön och Vällhagssjön (områdena 12, 15 och 16). Dessa mättes in med handhållen GPS av miljötekniker i fält. Sammantaget genomfördes provtagningar enligt *Tabell 1*.

Tabell 1. Sammanställning av utförd provtagning 2010.

Media	Antal punkter	Kommentar
Jord borrhandsvagn	28	
Jord grävare	6	
Jord spade	16	
Grundvatten	13	
Ytvatten	4	
Dricksvatten	1	
Sediment sjöar	16	
Sediment diken	2	
Byggmaterial	2	
Luft	2	
Fisk	1	Samlingsprov
Växter	2	

7.2.3 Utförda laboratorieundersökningar

Prover som skickades till laboratorium för analys valdes utifrån djup, kännedom om tidigare verksamheter, tidigare påträffade halter samt lukt och synlig förorening. Urvalet och provtagningsdjup redovisas i tabellform tillsammans med resultat i *Bilaga 7a-c*. Provkärl har valts i samarbete med laboratoriet och förvarats kylda fram till transport då proverna packats i kyllådor med kylklampor. Vid provtagning av vatten har kylda prover skickats omgående till laboratorium.

Samtliga prover har analyserats av det ackrediterade laboratoriet Eurofins Environmental AB. Fördelningen av utförda analyser redovisas i provtagningsprogram som finns i *Bilaga 5* och beskrivs i nedanstående text.

Metaller, alifatiska och aromatiska kolväten, BTEX samt PAH har analyserats för huvuddelen av proverna. Ett flertal prover har även analyserats för klorfenol, fenol och kresol samt dioxin. Tre jordprover och fyra grundvattenprover har analyserats med terratest, ett analyspaket som omfattar ett 220 ämnen. Analyserade ämnesgrupper i terratest är, utöver metaller, kolväten, BTEX och PAH: klorerade kolväten (bl.a. olika organiska lösningsmedel), PCB, klorerade bensener, klorerade nitrobensener, ett stort antal pesticider och ftalater. För en del ämnen är rapporteringsgränserna högre än vid enskild analys, men fördelen med paketet är att många olika föroreningar fångas upp. När föroreningar misstänks men inte är helt kända, som t.ex. i deponier, är sådana tester mycket användbara. PFOS har analyserats eftersom Räddningstjänsten bland annat övat brandsläckning. PFOS är ett ämne som tidigare användes i filmbildande släckningsmedel. För sediment har även TOC analyserats i sju prover.

I den f.d. kemfabriken uttogs prov på både betong och inomhusluft. Betongen analyserades med avseende på metaller, alifatiska och aromatiska kolväten, PAH och dioxin. Luftproven analyserades på innehåll av PAH och VOC.

I tidigare utredning föreslogs att prover skulle analyseras avseende pesticider. Vid eftersökning har det framkommit att banvallen längs sträckan Kvarnsveden-Källviken (utanför Falun), dvs banvallen väst och nordväst om det tidigare sågverket, revs år 1960. Även själva sågverket lade ned runt 1960 och spåren inne på området revs snart därefter. Tidigare än 1960 användes inte kemikalier för att få bukt på ogräs¹¹ och det finns därför inte anledning att undersöka pesticider.

Analysprotokoll från nu genomförd undersökning redovisas i *Bilaga 8*. Analysprotokoll för de prover som analyserats med terratest-paketet finns i *Bilaga 9*.

8 Karakterisering av föroreningar

8.1 Metaller

Kisaska utgör en restprodukt som bildas vid rostning av svavelkis då man tillverkar svavelsyra eller svaveldioxid som behövdes i sulfitmassetillverkning. Det är inte ovanligt att den deponerats på platser som ansetts lämpliga när det inte funnits avsättning för den. Kisaska innehåller vanligen höga halter järn och dessutom höga halter av andra metaller som arsenik, kadmium, bly, koppar och zink. Beroende på innehållet i deponierna på området kan det förväntas att även dessa kan ge upphov till förhöjda halter av metaller.

¹¹ Muntligen Torbjörn Synnerdahl, Eurofins Environmental, 2010-06-22.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder¹² klassas de metaller som finns med i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell enligt nedan:

Måttlig farlighet	Zink
Hög farlighet	Koppar, krom, kobolt, vanadin, nickel
Mycket hög farlighet	Arsenik, bly, kadmium, kvicksilver, krom

Här följer en kort beskrivning av flera av de metaller som förekommer vid Bysjön.

Kvicksilver binds hårt till organiskt material i jorden och har mycket låg löslighet. I reducerande miljöer bildar ämnet svårslösliga sulfider. Vid rumstemperatur avgår kvicksilver till luft. Ju högre upp i näringskedjan man kommer, desto högre blir halten lagrat kvicksilver. Kvicksilver kan i sin farligaste form orsaka skador på andningsorganen och det centrala nervsystemet samt ge psykiska störningar och ge fosterskador. Människor från främst i sig kvicksilver av att äta fisk.

Bly binds hårt till organiska komplex i mark och är därför svårslöslig. Lösligheten ökar dock med minskande pH. Transport av bly i marken sker främst genom lösta humuskomplex. Människor exponeras för bly främst via föda. Bly kan ge skador på det centrala nervsystemet, njurar och orsaka fosterskador.

Till skillnad från många andra metaller är **kadmium** relativt lätttröslig i marken, vid låga pH-värden och under syresatta förhållanden, men binds starkt till markpartiklar vid högt pH och i anaeroba jordar. Kadmium kan som liksom bly lagras i kroppen och orsaka cancer och fosterskador. Kadmium är även toxisk för vattenlevande organismer. Utöver rökning utgör kosten den största källan för människors exponering av kadmium.

Koppar förekommer naturligt i vår miljö och utgör ett essentiellt ämne. Koppar binds liksom bly starkt till markpartiklar. På samma sätt som för bly ökar även lösligheten med minskande pH och koppar transporteras huvudsakligen som lösta humuskomplex i mark och vatten. Höga halter koppar kan vara toxiska för vattenlevande organismer. I höga halter kan koppar även orsaka huvudvärk, yrsel, diarré eller njur- och leverskador.

Krom förekommer i trevärd och sexvärd form, varav den första är stabil i mark medan den andra är mer mobil och toxisk. Krom är känslig för redoxförhållanden. I den mättade zonen sprider sig krom endast via den lösta trevärda formen. Den sexvärda formen kan bland annat ge upphov till irritation för hud och slemhinnor och orsaka allergier. I miljön kan krom orsaka långtidseffekter.

Arsenik kan bilda svårslösliga föreningar med till exempel järn och aluminium, men även med koppar, krom eller zink. Lösligheten för arsenik ökar med ökande pH-värde. Arsenik kan orsaka cancer och kan i sin oorganiska form efter kronisk exponering ge upphov till leverskador och diabetes.

Zink är ett vanligt förekommande ämne i naturen. Vid pH<7 förekommer zink i jonform och är därmed vattenlöslig. Zink är ett essentiellt mikronäringsämne för växter, djur och människor. I höga halter kan det orsaka blodbrist och skador på bukspottskörteln.

¹² Naturvårdsverket, 1999b. NV Rapport 4918.

8.2 Kolväten, BTEX och PAH

Alifatiska och aromatiska kolväten återfinns naturligt i vår omgivning, men förekommer även i högre koncentrationer i till exempel bensin och oljor. Ju större antal kolatomer, desto högre benägenhet att binda till organiskt material i marken. Enligt Naturvårdsverkets klassning utgör aromatiska kolväten ämnen med hög farlighet, medan alifatiska kolväten klassas som ämnen med måttlig farlighet.

BTEX (bensen, toluen, etylbensen och xylener) är kolväten som förekommer bland annat i lösningsmedel och förekommer i bensin. Bensen kan förekomma som allmän luftförorening i tätorter och kan nybildas i förbränningsprocesser. Vid hög exponering kan BTEX ge skador på centrala nervsystemet, lever och njurar. Bensen klassas som ett ämne med hög farlighet av Naturvårdsverket (1999).

Flera sammansatta bensenringar kallas polycykliska aromatiska kolväten, **PAH**. PAH bildas vid ofullständig förbränning. Vid Bysjön förväntas PAH förekomma på platser som påverkats av framför allt tjära och kresot eller påverkats av brand-/släckningsövningar. PAH som förekommer i form av tjära eller kresot är generellt stabila. Exponering för människan i ett förorenat område kan innebära hudirritation och ge upphov till blodförgiftning, njur- och leverskador samt cancer. PAH har Naturvårdsverket (1999) klassats som ett ämne med mycket hög farlighet. Även småskalig vedeldning, fabriker och bensinstationer utgör källor till spridning av PAH. PAH som sprids på ett diffust sätt hamnar slutligen i vattenmiljön, där de kan samlas i sedimenten.

8.3 Fenol och kresol

Fenol utgör, med en bensenring med en hydroxylgrupp vid en av kolatomerna, den enklaste formen av fenoler. Kresol har även en metylgrupp på sitt ena kol. Fenoler oxideras långsamt vid kontakt med luft och får då en gulaktig till brunaktig röd färg. Fenoler kan bildas i upplag av virke och trärester. Vid spolning med vatten på upplaget kan fenoler tvättas ut och spridas till omgivningen. Naturvårdsverket klassar fenoler som ämnen med hög farlighet.

8.4 Dioxiner

Det finns 210 olika klorerade polyklorerade dibenso-*p*-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF). Dioxin används ofta som ett samlingsnamn då de liknar varandra i struktur och förekomst. Dioxin härrör från bland annat förbränning och har en stor diffus spridning. Påverkan av dioxiner är bred då dioxiner kan påverka många olika system i kroppen. Viktminskning, immunologiska effekter och störningar på reproduktionen är några konstaterade effekter. Såväl människor som djur kan drabbas av dessa typer av effekter. Dioxiner kan ackumuleras från vatten (i t.ex. fisk) och från föda och på så vis nå höga koncentrationer i organismer.

Dioxin klassas som en förorening med ”mycket hög” farlighet enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (NV1999).

8.5 Klorfenoler

Pentaklorfenol kan vid hög exponering påverka människors andning, blodtryck och hjärtfunktion. Hud, ögon och slemhinnor kan irriteras. Djur som exponeras för stora mängder klorfenoler kan ha svårigheter att öka i vikt och kan få skador på lever och immunsystem. Ju fler kloratomer en klorfenol har, ju mindre lösligt är ämnet i vatten. Vid höga pH är lösligheten i vatten större än vid låga pH. Klorfenolernas toxiska egenskaper är därmed pH-beroende.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Klorfenoler klassas som föroreningar med ”mycket hög” farlighet enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (NV1999).

8.5.1 Spridning av klorfenoler och dioxin

Gemensamt klorfenoler och dioxiner är de är fettlösliga och oftast vattenskyende, stabila och i en del fall bioackumulerande (framförallt dioxiner). Att föreningarna är stabila innebär att de är svårnedbrytbara och att de kan spridas långt i miljön innan nedbrytning sker. I vattenmiljöer binds dioxin framför allt till partiklar som sedan transporteras med vattnet till sediment där de kan bli mycket långlivade. Därför är vattenekosystem nära utsläppskällor mest utsatta.

Skillnaden i löslighet mellan klorfenoler och dioxiner i vatten är stor. Klorfenoler kan förekomma som joner lösta i vatten, vilket inte dioxiner kan. Klorfenoler är också lättare att bryta ner biologiskt än dioxiner. Det innebär att mer klorfenoler än dioxiner kan ha tvättats ur marken sedan förorening ägt rum. Generellt anses dioxiner adsorbera hårt till partiklar och ha låg rörlighet.

8.6 PFOA/PFOS

Perfluoroktansulfonat, PFOS, och perfluoroktansyra, PFOA, tillhör ämnesgruppen perfluorerade organiska ämnen, vilka är vitt spridda i miljön. PFOS har tidigare används i rengöringsmedel, brandsläckningsskum av filmbildande typ samt i impregneringsmedel i en rad produkter såsom mattor, möbler, papper, textilier och läder. PFOS liknar de klassiska organiska miljögifterna (POP, stabila organiska föroreningar) i avseendet att de är svåra att bryta ner, persistenta, och har även visats bioackumulera. PFOS skyr både vatten och fett vilket skiljer ämnet från många andra stabila organiska ämnen. Resultatet blir att PFOS bildar PFOS-lager mellan vattenyta och luft.

Enligt OECD bedöms akuttoxiciteten hos PFOS-ämnen för akvatiska organismer som låg till måttlig. För landlevande invertebrater saknas tillräckligt med toxicitetsdata för att göra en liknande bedömning. Levern är speciellt utsatt för negativa effekter av PFOS och även reproduktionen hos olika organismer kan påverkas.

9 Generella riktvärden, jämförvärden och tillståndsklassning

9.1 Jord

För bedömning av föroreningshalter i mark görs jämförelse mot Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark¹³. Riktvärdena kan betraktas som haltnivåer under vilka negativa effekter på människa eller miljö inte riskeras på kort eller på lång sikt. Dessa riktvärden är beräknade utifrån vissa antaganden gällande spridningsförutsättningar, föroreningarnas farlighet och exponering. Utöver ämnen som ingår i de s.k. Terratestanalyserna som genomförts utgör PFOS det enda analyserade ämnet där det saknas generella riktvärden. I en tidigare undersökning av brandövningsområde har ett riktvärde för PFOS i jord beräknats (34 µg/kg TS¹⁴). Detta riktvärde baseras på effekten på människors hälsa p.g.a. få data om hur farligt ämnet är för marklevande organismer. PFOS-halten i sedimenten är betydligt lägre än det preliminära riktvärdet och i samma nivå som PFOS i sediment i en stad¹⁵.

¹³ Naturvårdsverket, 2009. NV Rapport 5976.

¹⁴ Tyréns, 2009b.

¹⁵ IVL, 2005.

Generella riktvärden finns framtagna för två typer av markanvändning, känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM). Jämförelse görs mot riktvärden för båda typerna av markanvändning eftersom såväl industrimark som bostadsområden ingår i undersökningen. Riktvärdet känslig användning är tillämpligt då markanvändningen skall utgöras av exempelvis bostadsbebyggelse där odling av grönsaker och dylikt ska ske och där grundvattenuttag kan förväntas. Mindre känslig markanvändning är tillämpligt när marken ska användas till industriändamål eller kontor d.v.s. människor vistas där under sin arbetstid eller barn som vistas tillfälligt på området. Skyddsnivån i båda fallen innebär att ekosystem i närliggande recipienter skyddas.

De generella riktvärdena gäller för bedömning av situationen på den aktuella platsen och kan ge hänvisning om vilka användningsområden eller omhändertaganden som är lämpliga av bortschaktade massor.

9.2 Grundvatten

För förorenat grundvatten finns inte riktvärden beräknade på motsvarande sätt som de generella riktvärdena för förorenad mark. Däremot finns Livsmedelsverkets kungörelse om grundämnen i dricksvatten¹⁶ som tar hänsyn både till hälsomässiga och tekniska effekter.

Riktvärden för organiska ämnen i grundvatten finns beräknade av Kemakta¹⁷. Riktvärdena från Kemakta har beräknats utifrån olika exponeringsvägar och inte bara från att grundvattnet skall användas som dricksvatten.

Jämförelser av metallhalter kan göras mot Naturvårdsverkets effektrelaterade tillståndsklasser enligt bedömningsgrunderna för miljö kvalitet i grundvatten¹⁸. Data finns dock endast för arsenik, bly, kadmium och zink. Gränsen för ”måttlig halt” är när effekter börjar uppträda på akvatisk biota i känsliga ytvatten. Även internationella data såsom kanadensiska riktvärden har använts¹⁹.

9.3 Ytvatten

För utvärdering av metaller i ytvatten används Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för tillstånd²⁰. Liksom för grundvatten utgör gränsen mellan ”låg halt” och ”måttligt hög halt” den halt där påverkan på arter kan förekomma. Jämförelser görs även med de av Naturvårdsverket föreslagna gränsvärden för krom, zink och koppar i ytvatten²¹. Avseende organiska ämnen används de riktvärden som har tagits fram för ämnen i grundvatten vid bensinstationer och som skyddar miljön i ytvattenrecipient²². För att få en uppfattning om halternas storlek finns även dricksvattennormerna med för jämförelse.

9.4 Sediment

För sediment finns inga svenska gräns- eller riktvärden. För att få en uppfattning av storleken på halterna av metaller jämförs därför uppmätta halter med Naturvårdsverkets bakgrundshalter samt de halter som anges för ”tydlig påverkan av lokala källor”²³. Det finns även nederländska riktvärden²⁴ för

¹⁶ SLV FS2001:30. Livsmedelsverkets kungörelse om grundämnen i dricksvatten.

¹⁷ Kemakta AR 2005-31. Riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer.

¹⁸ Naturvårdsverket Rapport 4915. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Grundvatten. 1999.

¹⁹ Canadian Environmental Quality Guidelines: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/>

²⁰ Naturvårdsverket Rapport 4913. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Sjöar och vattendrag. 1999.

²¹ Naturvårdsverket, 2008. NV Rapport 5799.

²² Kemakta AR 2005-31. Riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer.

²³ Naturvårdsverket, 2008. NV Rapport 5799.

²⁴ www.rivm.nl/rvs

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

när en halt bedöms som hög nog för att åtgärda (intervention value), vilka även de jämförs med erhållna halter. Avseende dioxin används riktvärden från Finland²⁵. Halter som anger grad 1 betecknar ett område som inte påverkats av förorening. Halter som betecknas som grad 2 innebär att det finns risk för att människors hälsa påverkas negativt.

9.5 Fisk

Naturvårdsverket har som stöd för vattenmyndigheternas arbete med statusklassningar och framtagande av miljökvalitetsnormer tagit fram förslag till gränsvärden för så kallade ”särskilt förorenande ämnen”, till vilka bl.a. PFOS och dioxin tillhör²⁶. Dessa förslag till gränsvärden har i föreliggande studie använts som bedömningsgrund för att utvärdera risker för människors hälsa vid intag av fisk från Bysjön.

Gränsvärdet för PFOS i vatten föreslås till 0,03 mg/l men detta har inte bedömts vara tillräckligt lågt för att skydda människa och predatorer från sekundärförgiftning och därför föreslås ett gränsvärde i biota på 6 µg/kg (baserat på det mest konservativa TDI-värdet). Som gränsvärde för högsta tolerabla intaget per dag har satts 0,25 µg/kg kroppsvikt.

Sedan i november 2006 gäller att gränsvärdet i EU för summan av dioxiner, furaner och dioxinliknande PCB:er är 8 pg WHO-TEQ däggdjur /g fisk färskvikt (Kommissionens förordning (EG) nr 1881/2006).

Gränsvärdet för kvicksilver när det gäller fiskkonsumtion har av EU (och WHO) satts till 0,5 mg/kg fisk. För övriga metaller saknas gränsvärden i biota.

9.6 Växt

EG kommissionen har föreskrivit gränsvärden för innehåll av bly och kadmium i livsmedel²⁸. För Kviksilver, koppar, krom, arsenik och zink saknas dock fastställda rikt- eller gränsvärden. Riskbedömning grundar sig därför på framtagna värden för tolerabelt daglig intag som räknats om till halter i grönsak analogt med Naturvårdsverkets beräkningsmodell för förorenad mark²⁷.

$$JV = TDI / (R_{ig} * f_h)$$

där:

JV	Jämförvärde i grönsak mg/kg ts
TDI	Tolerabelt dagligt intag, mg/ (kg * dag)
R _{ig}	Genomsnittligt dagligt intag av växter, kg färsk växt/ (kg kroppsvikt * dag)
f _h	Andel av växtkonsumtionen som kommer från det förorenade området

Värdet på R_{ig} är satt till 0,017 kg växt/ (kg kroppsvikt *dag) vilket är värdet för barns konsumtion enligt Naturvårdsverkets rapport 5976. Barn är på grund av kroppsstorlek känsligare för föroreningar i föda än vuxna. Värdet på f_h har satts till 10% i enlighet med rapport 5976. Jämförvärden och TDI för metaller redovisas i *Tabell 2*.

²⁵ OSPAR Commission, 2008

²⁶ Naturvårdsverket, 2008. Rapport 5799.

²⁷EG Kommissionen, 2006. Förordning 1881/2006.

Tabell 2. Riktvärden för bly och kadmium enligt EG kommissionen²⁸ jämte beräknade jämförvärden för metaller när det gäller växtkonsumtion. Beräknade värden bygger på Naturvårdsverkets beräkningsmodell enligt rapport 5976. För källhänvisningar till TDI hänvisas till rapport 5976.

Ämne	Rikt- och jämförvärden, mg/kg \pm s	TDI, mg/ (kg* dag)
Bly	0,1	-
Kadmium	0,1	-
Kvicksilver	0,14	0,00023
Koppar	290	0,5
Krom	880	1,5
Arsenik	0,0035	0,000006
Zink	180	0,3

9.7 Byggnad

För bedömning av inomhusluft gäller Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden för inomhusluft²⁸. Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden finns endast för vissa ämnen och anses som höga för lokaler där ingen förorenande verksamhet pågår (t.ex. bostäder, kontor eller som i föreliggande fall lektionssalar). De hygieniska gränsvärdena är inte enbart hälsoriskbaserade, d.v.s. hänsyn tas även till ekonomiska och tekniska aspekter vid fastställandet.

I Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2009:2 Arbetsplatsens utformning anser man att byggnadens tilluft bör ligga i nivå med detektionsgräns eller för ämnen med fastställt gränsvärde inte bör överstiga 1/20 av fastställda hygieniska gränsvärden. För miljöer där verksamheten inte avger några föroreningar kan kraven på tilluft som beskrivits ovan utgöra lämpligare jämförvärden.

Beträffande betongprov som uttagits i den f.d. kemfabriken saknas bra jämförvärden. För föreliggande undersökning har jämförvärden för betongprov tagits fram utifrån Naturvårdsverkets förorenings- och spridningsmodell för förorenade områden²⁹. Modellen har anpassats från det generella scenariot för mindre känslig markanvändning för att beakta exponering genom hudkontakt, intag av jord, inandning av damm och inandning av ånga. Exponeringstiden för intag av damm har satts till 120 dagar/år och för övriga exponeringsvägar till 365 dagar/år. Djup till förorening har satts till 0,01 meter.

10 Mark- och grundvattenförhållanden samt spridningsförutsättningar

Marken består till stora delar av moiga isälvsediment med varvad sand och silt. I den nordöstra delen finner man Sjöberget kring vilket marken utgörs av morän. På många av områdena har marken fyllts upp med grövre och mer genomsläppliga massor. I den nordvästra delen, inom område 8 och västra delen av område 5, är marken sank. Väster om Bysjön utgörs jordarten främst av älvsediment. Intill Vassjön och Vällhagssjön finns mindre områden med kärrtorv. Grundvattenytan är högre än 1 meter under markytan. För resten av området ligger grundvattenytan c:a 1 - 2 meter under marken och grundvattenströmningen går troligtvis i riktning mot Bysjön för hela området. Aktuella spridningsvägar för föroreningar från området är damning, förångning, intag av jord, utläckage med grundvatten samt i viss mån ytavrinning.

²⁸ Arbetsmiljöverket AFS 2005:17, Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar

²⁹ Naturvårdsverket, Rapport 5977. Riskbedömning av förorenade områden.

10.1.1 Norra området (område 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12)

Den norra deponin (9) är konformad med en brant lutning (cirka 1:5) vilket begränsar mängden vatten som infiltrerar ner genom massorna. En del av ytvattnet och markvattnet samlas upp i lakdiken. Troligtvis finns ingen tätning i botten av deponin där även rester från hanteringen vid sågverket, doppning och dimningslådor m.m. troligen finns. Enligt det förslag som togs fram 2004 skulle deponin täckas med ett 0,8 m tjockt lager av silt från byggnationer vid Kvarnsvedens pappersbruk samt förses med ett mull-/sandskikt för att etablera en växtbädd som motverkar erosion. Så verkar också ha skett då deponin har en jämn och fin yta. Detta bör begränsa spridningen via såväl damm som ånga. Spridningen via grundvatten till Bysjön som är belägen c:a 25 m västerut är troligtvis den dominerande spridningsvägen.

Under den södra deponin (7) låg tidigare kolugnar, regeneratorhus, kondenseringstorn m.m. Hur marken var beskaffad innan deponin uppfördes går inte att bedöma utifrån det material som är tillgängligt, men troligtvis har ett skikt av genomsläppliga massor funnits under tiden då verksamheten var i drift. Deponin har en plan övre del och används av räddningstjänsten vid övningar samt som upplag. Det grundvattenrör som tidigare placerades i deponin förde inte något vatten vilket troligtvis tyder på att deponin utgörs av genomsläppligt material. Dokumentationen för den norra deponin (9) är betydligt mer omfattande än för den södra deponin (7) vilket gör spridningsvägar mer svårbedömda för den södra deponin. Vatten från ytavrinning samlas till viss del upp i lakdiken väster om deponin, samt även till viss söder om deponin. Mitt på den västra långsidan mynnar ett rör som kommer från deponin i lakvattendiket.

Ifrån lakdikena verkar ingen pumpning ske i enlighet med det beslut som togs tidigare. Idag infiltrerar vattnet och avdunstar tillsammans med eventuella lättflyktiga föroreningar. Övriga föroreningar sedimenterar på botten av diket. En viss del av föroreningarna sprids troligen i riktning mot Bysjön med grundvattnet.

På västra sidan av lakdikena går den gamla banvallen. Då den är byggd av genomsläppligt material finns risk för både spridning till luft och grundvatten samt till lakdiken. Damningen begränsas av att motorfordon inte framförs i någon större omfattning.

Det västra övningsområdet (8) är beläget på den gamla asktippen. Marken är platt och har en yta som utgörs av grus och gräs vilket gör att vatten kan infiltrera ner genom massorna. Närhet till Bysjön samt att grundvattennivån ligger c:a 0,4 – 1 m under markytan gör att risken för spridning via grundvattnet är stor. Platsen möjliggör att spridning kan ske via damm och ånga. Spridningen via damning ökar vid övningar i området när utryckningssituationer simuleras och tunga fordon framförs i hög hastighet och mycket damm virvlar upp. Vid övningar finns ett miljötänkande hos räddningstjänsten som försöker begränsa spridning av giftiga brandgaser till omgivningen genom att t.ex. fordon som ska sättas i brand placeras på en stor betongplatta och strippas på plast m.m. innan övningen.

Området kring den gamla kemfabriken är idag asfalterad till ungefär hälften. Under provtagningen år 2009 ersattes en större asfaltsyta vid infarten med grus på grund av tjälskador. Detta gör att mer vatten nu infiltrerar ner till grundvattnet samtidigt som damning och genomsläppligheten av gas ökar. Öster om den gamla kemfabriken återfinns man fundament från de gamla tjärcesternerna. Dessa är förlagda direkt på berget som överlagras av ett tunt skikt av humus. Detta medför att ytvattnet kan sprida eventuella föroreningar nerför slänten och till sprickor i berggrunden. Spill från tjärhanteringen kan samlas i fickor i berggrunden och bli kvar under en lång tid.

10.1.2 Södra området (2, 3, 6, 14)

Eftersom stora delar av det södra området är uppfyllt efter sågverkstiden minimeras spridningen via damning och ytavrinning.

Grundvattnets strömningsriktning går troligtvis i riktning mot Bysjön som ligger 700 - 1200 meter norr om området. Uppmätt grundvattennivå ligger ca 1 – 2 m under markytan i området.

Grundvattnet passerar på sin väg genom finsandiga isälvsediment vilka har en lång genomströmningstid och hög ”filteringsverkan”. Den största spridningsrisken finner man hos vattenlösliga föroreningar.

Industriområdet är till stor del asfalterat men det finns även grusade och gräsbevuxna ytor. De grusade ytorna utgörs troligen av fyllning som påförts efter att området slutade att användas som virkesupplag. Risken för spridning via damning får ses som relativt begränsad då endast ett fåtal ytor är grusade. En marginell damning kan ske från de små gräsbevuxna ytor som finns inom området. Spridning via gas/ånga begränsas på de delar som är asfalterade men från grus och gräsytor kan gas avgå relativt obegränsat då fyllningen domineras av sandiga fraktioner. På asfalterade ytor begränsas även den mängd vatten som passerar ner genom den övre metern av fyllning vid regn. Cirka 1 meter under markytan finns grundvatten som kan sprida föroreningar. Den förmodade grundvattenriktningen är riktad mot nord eller svagt nordvästlig, mot Bysjön. På grus- och framförallt gräsytor är risken för urlakning från ytligare lager större. Spridningen via ytavrinning får anses som begränsad då markytan till stora delar är asfalterad samt att markens övre del troligtvis, består av påfyllda massor från andra områden, är genomsläpplig

Den gamla banvallen inom den södra delen av området används idag som bilväg. Då den är byggd av genomsläppligt material finns det risk för spridning både till luft och till grundvatten. Damningen förvärras av att ytan är torr och att motorfordon framförs på vägen. De delar av den gamla banvallen som är belagda med asfalt (utanför område 3) ingår inte i denna undersökning.

På bostadsområdet och det grönområde som finns söder och öster om bostäderna är marken uppfylld med genomsläppliga massor som till exempel sandigt grus. Markytan består av gräs, asfalt, grus och planteringsytor på ett sätt som är typiskt för ett radhusområde i Sverige. Till skillnad mot övriga delområden förekommer det odling i trädgårdarna. Det finns därför en risk för spridning till människor via växter. Grönytorna är gräsbevuxna och klipps några gånger per år. Spridning från grönytorna bedöms ske i grundvatten och bedöms vara likadan som på industriområdet. Genomsläppligheten i de övre lagren gör att spridning till luften i gasform inte hindras i någon större omfattning. Detta gäller särskilt runt bostadshusen.

10.1.3 Vassjön och Vällhagssjön (15 och 16)

Områdena kring Vassjön (område 15) och Vällhagssjön (område 16) utgörs av kärrtorv och älvsediment. De muddermassor som möjligen har deponerats där ligger troligen ytligt vilket gör att fåglar och andra djur kan komma i kontakt med dem. Områdena utgör utströmningsområden vilket gör att transport av ämnen inte sker ut från området via grundvatten. Ämnen och partiklar i vatten kan transporteras vidare i vattenfas och så småningom nå Dalälven. Både Vassjön och Vällhagssjön är belägna på i det närmaste horisontella ytor. Vassjön omgärdas av strandäng och våtmark, medan Vällhagssjön omges av skog. Vällhagssjön ligger cirka 50 meter från Dalälven. Avståndet mellan Vassjön och Dalälven är cirka 250 meter. Vassjöns utflöde syns tydligt i fält, medan det inte är lika tydligt var Vällhagssjön har sitt utflöde.

11 Förekomst av föroreningar inom området

Tabellerna som finns i *Bilaga 7* redovisar samtliga analysresultat avseende jord, vatten och sediment med undantag för resultatet av vissa ämnen från terratestanalyserna. Även resultat från tidigare utredning inkluderas i tabellredovisningen i *Bilaga 7*. Analysrapporter från undersökningen år 2010 finns i *Bilaga 8*. För analysrapporter från tidigare undersökningar hänvisas till respektive rapport. Analysresultat för terratest avseende vatten redovisas i sin helhet i rapportform i *Bilaga 9*. Resultat från analyser i byggnad respektive för växter redovisas i sin helhet i *Bilaga 10* och *Bilaga 11*. För analysrapporter gällande dricksvatten, se *Bilaga 6*.

11.1 Jord

Med undantaget lättflyktiga kolväten förekommer samtliga undersökta ämnesgrupper i halter som är högre än det generella riktvärdet för KM någonstans inom området.

Södra området (områdena 2, 4, 6, 14)

Prover som tagits i denna och i samband med tidigare utförd undersökning i industriområdet (2 och 6) uppvisar inte några halter av analyserade ämnen som är högre än MKM.

Inom bostadsområdet (14) har totalt 16 jordprov tagits (inklusive fastigheten som har dagisverksamhet). Av dessa uppvisar nio prover halter av samtliga analyserade ämnen som är lägre än de generella riktvärdena för KM. Metallhalter som är högre än KM är av varierande storlek. Det är främst zink, koppar och bly som förekommer i höga halter. Prov som tagits i punkt 14FSH2 sticker ut med avsevärt höga halter av bly respektive zink (20 respektive 8 ggr högre än generella riktvärden för KM). Andra metaller som förekommer i halter högre än de generella riktvärdena för KM inom bostadsområdet är arsenik (högsta halt: 2,5 ggr KM) och kadmium (10 ggr KM).

Zink och koppar kan påverka markmiljön negativt men utgör sällan risk för människors hälsa när de påträffas i jord. Höga blyhalter över större ytor kan innebära risker för hälsan vid intag av jord (smutsiga fingrar, arbete i mark etc). Undantaget halter som påträffats i punkt 14FSH2, samt en enstaka blyhalt, är uppmätta halter i jord inom bostadsområdet acceptabla avseende hälsa, dock kan markorganismer påverkas inom ett större område.

Inom bostadsområdet har fem jordprover analyserats för dioxin. Ämnet har detekterats i samtliga prover. I ett av proven är halter högre än det generella riktvärdet för KM.

Jord från bostadsområdets utkant (område 4 och punkten 14FSP17) uppvisade halter av metall som är betydligt högre än KM. Punkten 14FSP18, som även den finns på den gräsbevuxta ytan i närheten av bostadsområdet uppvisade halter som är lägre än de generella riktvärdena för KM. I närheten av 14FSP18 finns en tydligt definierad kulle belägen. Denna uppvisade halter av metaller som enligt Avfall Sverige klassas som farligt avfall.

Generellt har låga halter av organiska ämnen detekterats inom bostadsområdet eller de närbelägna gräsytor. Undantaget utgörs av punkten J4.1AB som består av samlingsprov från två punkter i den närbelägna gräsytan. I detta prov påträffades vid MIFO 2-undersökningen bensen i halter som överstiger riktvärdet för KM. Denna bensenhalt har dock inte kunnat styrkas vid den senare provtagningen. På platsen låg tidigare järnvägsspår och ett kollager.

Norra området (område 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, och 12)

Den tidigare markytan i läget för sågverket och platsen där dopkning/sprayning med klorfenol har ägt rum (1 och 9) har inte kunnat nås till följd av den ovanliggande deponins mäktighet. Istället har avgränsning gjorts så nära deponins släntfot som möjligt. I punkt 9FSJ2 där provtagning skedde djupt för att om möjligt komma till tidigare markyta är halter av metaller lägre än de generella riktvärdena för markanvändningen. Avseende klorfenoler är halten lägre än laboratoriets rapporteringsgräns. I de punkter som placerats nedströms i den förmodade grundvattenriktningen (9FSGJ1 och 9FSG7) innehåller halter av metaller som är lägre än MKM och organiska ämnen påträffats i två av tre prov. Provet i punkten 9FSG7 innehåller lite kisaska, vilket ger upphov till höga halter av metaller (främst zink, men även arsenik, kadmium, koppar och bly).

För den södra deponin (7) är halter generellt låga på, och i direkt anslutning till, deponin. Mitt på deponin (7FSJ3) är zinkhalten i nivå med MKM och bensen har påträffats i halter över MKM. Övriga analyserade ämnen är lägre än generella riktvärden för MKM. I en handgrävd punkt (7FSH8), vid sidan av diket som löper längs deponins södra sida har dock halter av zink och bly påträffats. Det finns flera möjliga skäl till detta. Möjligen kan området där den södra deponin ligger idag ha fyllts ut med kisaska innan deponin anlades och det är detta lager som uppdagas i dikessedimenten. Alternativt finns det avfall i deponin som lakas ut med vatten och förs till det omkringliggande diket.

Provtagningarna på jord i banvallen (3) tyder på att vallen bitvis kan innehålla tydligt förhöjda metallhalter. Ett prov där jord med inslag av kol har påträffats uppvisade höga halter av metaller medan övriga jordprov inte visade på halter som var högre än de generella riktvärdena för MKM. Halter av organiska ämnen i banvallen är låga.

Inom området där tjärtillverkning ägt rum (5) har hög halt av PAH påträffats i en punkt norr om byggnaden. I punkt 5FSG3 har dock mycket höga halter (halter 2-3 ggr högre än FA) av zink, bly och koppar, påträffats. I punkten är även halter av barium hög, medan arsenik och tunga aromater (>C10-C35) är högre än generell riktvärde för MKM. I denna punkt har rester av porslin och glas påträffats så det kan vara troligt att de höga halterna har sitt ursprung från till exempel färgbeläggning på porslinsdelar.

På och runt omkring kisaskedeponin (område 8) påträffades höga halter av metaller på flera platser. De högsta halterna av zink och koppar är cirka 10-20 ggr högre än den föreslagna haltgränsen för farligt avfall. Dessa höga halter påträffas där marken har fyllts ut med bland annat glas, plast och slagg. Mitt på kisaskedeponin (punkt 8FSJ5), där släckningsövningar ägt rum har dioxin påträffats i låga halter och PFOS i relativt höga halter. I punkten nedströms kisaskedeponin påträffades vid fältprovtagningen kraftig lukt av olja och en schampoo-likt lukt. Undantaget zink var dock halter i mark i punkten generellt lägre än riktvärden för MKM.

Vassjön och Vällhagssjön (område 15 och 16)

De punkter som har provtagits för markprov i anslutning till Vassjön och Vällhagssjön visar på mycket låga halter av analyserade ämnen (metaller och organiska ämnen). Dioxin har inte kunnat påvisas i något av de två proven.

11.2 Grundvatten

Generellt innehöll grundvattnet låga halter PAH samt alifatiska och aromatiska kolväten vid provtagningstillfället. Fyra av de grundvattenprov som tagits år 2010 visade på halter av metaller som är höga eller mycket höga enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för tillstånd. I punkterna G9.1

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

och G14.4 bedöms kadmium- och zinkhalterna vara mycket höga. Även grundvattenproverna 3 FSGJ3, 5FSGJ3 och 9FSGJ1 innehöll halter av metaller som skulle kunna ge negativa effekter på biota.

I grundvatten från askdeponiområdet (8) där Räddningstjänsten övat bl.a. brandsläckning (G8.1), provtogs återigen PFOS eftersom tidigare uppmätt halt (0,4 µg/l) var i nivå med provisoriskt gränsvärde för dricksvatten (0,35-1 µg/l). Det nytagna provet visade på samma storleksordning som tidigare (0,89 µg/l). Båda uppmätta halterna är därmed i nivå med det provisoriska gränsvärdet för vatten, men är lägre än de halter som kan orsaka effekter på vattenlevande organismer (3 µg/l)³⁰. Även fenoler och kresoler har påträffats i grundvattnet nedströms askdeponin (punkt G8.1). Möjligen kan dessa ämnen härröra från att det finns en del trärester inne bland upplagsmassorna som läcker fenoler och kresoler då vatten strömmar genom deponin.

Klorfenoler har påträffats i två grundvattenprov (7FSG7 samt 3FSGJ3), dock ej i närheten av det misstänkta källområdet. Med den historik som är känd i dagsläget är det inte möjligt att säga varifrån dessa föroreningar kommer. Att det skett ett stort spill med klorfenol någonstans skulle kunna vara möjligt, men borde ha spolats bort. Det kan även vara så att källan till de påträffade klorfenolhalterna finns någonstans inne i deponin.

Det grundvattenprov som tagits nedströms den norra deponin tyder på att spridning av metaller förekommer i riktning ned mot Bysjön.

Den höga halt av PAH som påträffades i rör G5.2 vid provtagningen 2009 har inte kunnat bekräftas vid den nu utförda provtagningen. Halterna av lättare aromater har påvisats i grundvatten från G5.2. Halterna utgör inte någon risk för inträngning av ånga i byggnader eller att man skulle kunna få problem med lukt. På platsen tillverkades tidigare tjära, kol och andra industrikemikalier. De halter som uppmätts är acceptabla för närliggande ytvatten.

Vid tidigare undersökning uppmättes ett lågt pH i rör G14.4. Det innebär att det är svårt för organismer att klara sig och att många metaller blir mer rörliga. I grundvattenrör G9 och G8 var konduktiviteten hög vilket visar på förväntad påverkan från deponierna.

11.3 Ytvatten

Bysjön (område 12)

De två ytvattenprover som tagits i Bysjön visar på halter av metaller som är låga (bly och zink) eller mycket låga (arsenik, kadmium, krom och nickel) enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Inga halter av PAH, BTEX eller alifatiska och aromatiska kolväten har kunnat påvisats. Klorfenoler (penta- och tetra-) har påvisats i låga halter i provet som tagits närmast stranden (12FSA13).

Vassjön och Vällhagsjön (område 15 och 16)

Ytvattenprovet från Vassjön (område 15) uppvisar halter av metaller som är låga (zink) eller mycket låga (övriga). Halter av nickel och bly från ytvattenprov i Vällhagsjön (område 16) bedöms vara låga, medan halten av krom är måttlig. Övriga halter är låga. Inga halter av PAH, BTEX eller alifatiska och aromatiska kolväten har kunnat påvisats i varken Vassjön eller Vällhagsjön.

³⁰ Naturvårdsverket, 2008. Rapport NV 5799.

11.4 Sediment

Samtliga sedimentprover som tagits i Bysjön, Vassjön, Vällhagssjön eller diken kring deponier, undantaget ett prov i Bysjön, visar på förhöjda halter av metaller enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Endast ett av proven (7FSH9, dike väster om deponi 7) innehåller dock halter som bedöms visa på tydlig påverkan av lokala källor. I jämförelse med det nederländska värdet för när åtgärd vidtas är halter i majoriteten av sedimentprov från Bysjön högre än detta värde avseende zink, medan övriga metallhalter är lägre än detta värde för respektive ämne. För prover tagna i diken längs deponierna är koppar- och zinkhalterna högre än de nederländska värdena som indikerar åtgärd. I tidigare provtagna punkter för dikessediment (V3.5 och V7.2) visar halter på påverkan från omgivningen av oljeföreningar, halterna i dessa punkter avspeglar eventuellt läckage från deponin (7).

Avseende dioxin i Bysjöns, Vassjöns och Vällhagssjöns sediment har halter kunnat detekteras i samtliga fem prov som har analyserats för ämnet. I ett av proven från Bysjön (12FSS8) är halten dioxin högre än den halt som kan förväntas vid ett opåverkat område. Halter i övriga prover är lägre än de halter som kan förväntas vid ett opåverkat område. Varken klorfenol, fenoler eller kresoler har påträffats i något av sedimenten. Summaparametern TPH är hög i det tidigare provtagna sjösedimentet (S12.123) och det är troligt att organismer i sedimenten lokalt kan påverkas negativt. Även halten PAH med medelhög molekylvikt (d.v.s. halvflyktiga och halvlösliga i vatten) är hög i sjösedimentet. De höga halterna skulle kunna visa på högt innehåll av tjära. I samma prov har PFOS påträffats i detekterbara halter.

11.5 Fisk

Analys av muskler från abborre visade på generellt låga halter av metaller och dioxiner, medan halterna av PFOS visade sig vara höga. Halten av kvicksilver var betydligt lägre än gränsvärdet för fisk. Däremot överskreds det biologiska gränsvärdet på 0,02 mg Hg/kg våtvikt som gäller för EU:s ramdirektiv för vatten. De uppmätta halterna av PFOS var i storleksordningen 15 gånger högre än det av Naturvårdsverket föreslagna gränsvärdet i biota.

11.6 Växter

Tillväxten av morötter var dålig. Detta beror troligen på att sommaren 2010 var torr varvid småplantorna torkade ut. Etablerad växtlighet runt provpunkterna var god, så det är inte troligt att den dåliga tillväxten berodde på giftverkan av föroreningar i marken. På grund av den ringa tillväxten räckte inte provmaterialet till för en dioxin analys, däremot analyserades morötterna med avseende på metaller. Det påvisades inga halter av metaller överskridande de EG:s gränsvärden eller beräknade jämförvärdena. När det gäller arsenik var dock analysmetoden inte tillräckligt känslig för att kunna göra en jämförelse.

11.7 Dricksvatten

I det prov som tagits från vattenverket i Övermora (18FSD2) är samtliga metallhalter låga jämfört med dricksvattenkriterierna. Dock har pentaklorfenol påträffats.

11.8 Byggnad

F.d. Ångcentralen

Vid analys av uttagna materialprov i betong har i stort sett samtliga analyserade ämnen detekterats. Undantaget är kvicksilver och PAH med låg molekylvikt (PAH L). Vid jämförelse mot framtagna jämförelsevärden som beskrivits ovan framgår dock att merparten av detekterade föroreningar

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

förekommer i låga halter. Endast dioxin (TCDD-ekv) som förekommer i en halt av 50,8 ng/kg TS överskrider det föreslagna jämförelsevärdet för dioxin på 36 ng/kg TS. Övriga halter understiger de beräknade jämförelsevärdena. Analys med avseende på dioxin har endast gjorts i ett av materialproven, 19FSB1, som uttagits i pannfundament i den f.d. ångcentralen, som idag används som demohall.

Tre föroreningstyper förekommer i halter som överstiger 25 % av beräknade jämförelsevärden. Dessa är arsenik, PAH med medelhög molekylvikt (PAH M) och Alifater i fraktionen C12-C16. Signifikant för de båda analyserna är att både arsenik och PAH M förekommer i halter över 25 % av beräknat jämförelsevärde. På grund detta, samt att både arsenik och PAH M förekommer i mycket liknande halter för båda provpunkterna kan man anta att de sannolikt förekommer i uppmätta halter i resterande delar av byggnaden. Dock gäller detta inte för nyare betong i byggnaden som bytts ut eller överlagrat den befintliga efter avslutad verksamhet.

F.d. Tjär- och spritfabrik

Analys av inomhusluft genomfördes en lektionssal i den f.d. tjärfabriken (19FSB3) och i ett förrådsutrymme på fjärde våningen i den f.d. spritfabriken (19FSB4). Inga analyserade föroreningar för vilka det finns upprättade hygieniska gränsvärden överskrider dessa. Flertalet ämnen uppvisar halter under detektionsgräns.

Total-VOC-halt (Total Volatile Organic Compound) som betecknar den sammanlagda VOC-koncentrationen är uppmätt till 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 19FSB3 och 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i 19FSB4. Jämfört med normala halter i boende miljö eller icke industriella miljöer (30-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kan halten i 19FSB4 som uttagits i den gamla spritfabriken betecknas som hög. Däremot i jämförelse med vanligt förekommande halter för industriella miljöer, där halter på 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ är vanligt, är uppmätt halt inte hög. Detta efter som garage/verkstadsutrymmen finns i båda byggnaderna (Se Bilaga 8c, Analysrapport byggnader).

Provtagen inomhusluft i lektionssal (f.d. tjärfabriken) visar högre halter av naftalen än vad som anses som normalt i aktuell typ av lokal.

11.9 Föroreningar på delområden

Eftersom undersökningen omfattar flera delområden där markanvändningen skiljer sig mycket åt sinsemellan redovisas påvisade föroreningar i kombination med hur känslig markanvändningen bedöms vara i *Tabell 3*.

Tabell 3. Påträffade föroreningar på de olika delområdena. De föroreningar som angetts är de som överstiger riktvärden (jord och sediment) eller som visar på stor påverkan av punktkälla (grundvatten, jord och sediment).

Område	Områdes nr	Markanvändning/Skyddsvärde (skv)	Konstaterade föroreningar	Möjlig källa	Kommentar
Bostadsområde	14	KM	Metaller (bly, zink, koppar, kvicksilver och kadmium), dioxin	Kollager, kisaska och upplag	
Grönytor i anslutning till bostadsområde	4 samt del av 14	KM	Bensen, TPH	F.d. järnvägsspår och lokstall, kollager, kisaska	
Deponi 9	9	MKM	Metaller (bly, barium, koppar, zink, kadmium, arsenik), tunga aromater, klorfenoler över KM	Utlakning från deponin (hushålls- samt industriavfall; plast, glas, slagg mm) och sågverksområdet. (Karbidslam från AGA kan ha lagts här; relativt höga kromhalter, över KM).	Trots att relativt höga kromhalter påträffats påvisades inte Cr ⁶⁺ (hög halt förväntades från karbidslam)
Deponi 7	7	MKM	Metaller (bly, zink, arsenik, koppar, kvicksilver), TPH, bensen	Utlakning från deponin (hushålls- samt industriavfall), eventuellt kisaska, övningar	
Bysjön*	12	Måttligt skv	Klorfenoler, fenoler och kresoler, TPH, PAH-M, dioxin, PFOS	Timmerlagring, möjlig strandnära hantering oljor, tjära och klorfenolpreparat alt utlakning från område 8 och 9 alt massor från industriområdet (2)	
Vassjön	15	Mycket stort skv	Zink	Deponering av muddermassor från Bysjön.	
Vällhagssjön	16	Stort skv	Zink, nickel, krom	Eventuell deponering av muddermassor från Bysjön.	
Industriområde	2 och 6	MKM	Förhöjda dioxinhalter	Tidigare hantering doppningsmedel	Dioxinmönstret liknar det i sjösedimentet
Banvall	3	MKM	Metaller (zink, kadmium, vanadin, bly, TPH)	Kisaska, läckage från deponi, läckage från transporterat gods och virke	
Övningsområde, askdeponin	8	MKM	Metaller (zink, koppar, vanadin, barium, arsenik, bly), TPH, PFOS	Bensin, olja utbrända bilar och liknande vid övningar, askor, kisaska.	
Tidigare brädupplag	17	MKM	Metaller (arsenik, bly)	Delvis utfyllt med kisaska	Utbredningen av "landtungan" med kisaska, är relativt enkel att bedöma i fält.
Tjär- och koltillverkning	5	MKM	Metaller (zink, koppar, bly, barium, arsenik), aromater, PAH L	Tjär- och koltillverkning	

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

12 Riskklassning

Farligheten (F) hos de olika föroreningar som påträffats på respektive område redovisas i *Tabell 4*. Farligheten varierar från *mycket hög* (t.ex. dioxiner, PAH:er, bly) till *måttligt hög* (zink, alifatiska kolväten). Farligheten baseras på ämnet som sådant och inte på halter som hittats.

Tabell 4. Föroreningar påträffade i halter över generella riktvärden inom respektive delområde, samt bedömning av föroreningarnas farlighet. TPH= alifatiska och aromatiska kolväten. KM= känslig markanvändning, MKM= mindre känslig markanvändning.

Område	Områdes nr	Markanvändning/ Skyddsvärde (skv)	Konstaterade föroreningar	Farlighet F
Bostadsområde	14	KM	Metaller (bly, zink, koppar, kvicksilver och kadmium), dioxin	Mycket hög: bly, kadmium, kvicksilver, dioxin Hög: koppar Måttligt hög: zink
Grönytor i anslutning till bostadsområde	4 samt del av 14	KM	Bensen, TPH	Mycket hög: bensen Hög: aromatiska kolväten Måttligt hög: alifatiska kolväten
Deponi 9	9	MKM	Metaller (bly, barium, koppar, zink, kadmium, arsenik), tunga aromater, klorfenoler över KM	Mycket hög: klorfenoler, bly, arsenik, kadmium Hög: koppar, aromatiska kolväten Måttligt hög: zink
Deponi 7	7	MKM	Metaller (bly, zink, arsenik, koppar, kvicksilver), TPH, bensen	Mycket hög: bly, arsenik, kvicksilver, bensen Hög: koppar, aromatiska kolväten måttligt hög: zink, alifatiska kolväten
Bysjön*	12	Måttligt skv	Klorfenoler, fenoler och kresoler, TPH, PAH-M, dioxin, PFOS	Mycket hög: PAH, dioxin, klorfenoler Hög: aromatiska kolväten, fenoler Måttligt hög: alifatiska kolväten
Vassjön	15	Mycket stort skv	Zink	Måttligt hög: zink
Vällhagsjön	16	Stort skv	Zink, nickel, krom	Hög: nickel, krom Måttligt hög: zink
Industriområde	2 och 6	MKM	Förhöjda dioxinhalter	Mycket hög: dioxiner i förhöjda halter men ej över MKM
Banvall	3	MKM	Metaller (zink, kadmium, vanadin, bly, TPH)	Mycket hög: bly, Hög: aromatiska kolväten Måttligt hög: zink, alifatiska kolväten
Övningsområde, askdeponin	8	MKM	Metaller (zink, koppar, vanadin, barium, arsenik, bly), TPH, PFOS	Mycket hög: bly, arsenik Hög: koppar, vanadin, aromatiska kolväten måttligt hög: alifatiska kolväten
Tidigare brädupplag	17	MKM	Metaller (arsenik, bly)	Mycket hög: arsenik, bly
Tjär- och koltillverkning	5	MKM	Metaller (zink, koppar, bly, barium, arsenik), aromater, PAH L	Mycket hög: PAH, bly, arsenik Hög: koppar, aromatiska kolväten Måttligt hög: zink

* Inga metallhalter visar på tydlig påverkan från punktkälla. Övriga ämnen som haft halter högre än rapporteringsgräns nämns här.

Bysjön

Liselott Petersson 08- 566 410 44

2010-09-23

Jon Berglin 060- 789 3919

I *Tabell 5* redovisas för respektive delområde uppskattade volymer av förorenade massor tillsammans med bedömda föroreningsnivåer (N). Beräkning av volymerna har utgått från delområdenas areor, vilka modifierats beroende av hur föroreningssituationen ser ut i plan. Areorna har sedan multiplicerats med det djup som förorenat jordskikt består av. Volymerna av deponierna har beräknats utifrån den höjd deponin skulle haft om den vore platt istället för ”toppig”. Volymerna baseras på fältbedömningar från provtagningar och kännedom om verksamheter, bl.a. gamla flygfoton. Mängden förorening utgår ifrån medelhalter av påträffade halter, vilket sannolikt ger en överskattning av föroreningsnivån inom ett större område. Att översätta sediment till resonemang om förorenad mark på det här sättet är inte helt riktigt, men görs för att få en utgångspunkt för diskussioner om vidare arbeten.

Tabell 5. Volymer förorenade massor och sediment som innehåller alter som är högre än vad som accepteras för respektive markanvändning. Volymerna baseras på fältbedömningar från provtagningar och kännedom om verksamheter, samt beräknade medelhalter. * Endast halter motsvarande mindre eller måttligt allvarligt påträffade.

Område	Område nr	Area (m ²)	Uppskattad volym (m ³)	Föroreningsnivå N baserad på volym massor	Föroreningsnivå N baserad på halter
Industriområde	2 och 6	25 000	25 000	Stor	*
Banvall	3	4 270	4 270	Måttlig	Mycket stor: Zn, Pb, V, Cd
Dikessediment banvall	V3, 9FSH7	2 025	1 013	Måttlig	Mycket stor: As, Cu
Bostadsområde (BO) med närliggande grönytor (GR)	4 och 14	BO: 40 000 GR: 20 000	BO: 20 000 GR: 20 000	BO: Stor GR: Stor	Mycket stor: BO: Dioxin, Zn, Pb, Cd GR: Zn, Pb, Cu, As, Cd
Tjär- och koltillverkning	5	13 000	13 000	Stor	Mycket stor: Zn, Ob, Cu, Ba, PAH
Deponi 7	7	21 000	147 000	Mycket stor	Mycket stor: Zn, Pb, bensen
Dikessediment deponi	V7	750	375	Liten	Måttlig: Hg, Cu Stor: Zn Mycket stort: As,
Övningsområde	8	11 000	27 500	Stor	Mycket stor: Zn, Pb, Cu, PAH
Deponi 9	9	28 000	238 000	Mycket stor	Mycket stor: Cu, Zn, Pb
Sjösediment Bysjön	12	800 000	Osäkert	Liten	Mycket stor: Dioxin
Sjösediment Vällhagssjön	16	3 000	0	Liten	*
Sjösediment Vassjön	15	25 000	0	Liten	*

13 Riskbedömning inklusive nollalternativ

De uppmätta grundvattennivåerna styrker den gjorda bedömningen av trolig grundvattenriktning inom samtliga delområden. Den jord som bedöms som förorenad antas på stora delar finnas ett stycke under markytan eftersom massor lagts ovan jord på flera platser sedan verksamhet pågick. På vissa platser finns dock förorening direkt vid ytan, endast överlagrad av ett tunt lager löv. Bedömningen baseras på synintryck vid de geotekniska fältundersökningarna. Risken för direkt kontakt med föroreningarna vid daglig lek o.s.v. bedöms vara begränsad på de områden som tillförts massor vid senare skede. På friluftsområdena, delar av deponi- och industriområdena samt bostadsområdet och dess intilliggande grönytor bedöms riskerna för människor att komma i kontakt ytlig jord som något större. De jordlager av t.ex. matjord som påförts kan delvis röras om vid grävning m.m. och på sikt kan därför även djupare liggande föroreningar komma upp i ytan via omblandad, och därmed utspädd, jord. Den mängd jord som kommer upp till ytan på detta sätt borde vara liten. Den före detta kemfabriken samt den södra deponin är omgärdade med stängsel, vilket gör det mindre troligt att människor utsätts för hälsorisker. Det finns dock tecken på en pågående transport av föroreningar i riktning mot Bysjön.

Eftersom varje delområde skiljer sig i fråga om känslighet och skyddsvärde diskuteras risker utifrån samtliga undersökta media för respektive delområde mer detaljerat i texten som följer. Sammantaget bedöms området tillhöra riskklass 2.

Industriområdet (område 2 och 6)

Inom industriområdet (område 2 och 6) är samtliga halter av analyserade ämnen lägre än de generella riktvärdena som gäller för markanvändningen. Inga åtgärder bedöms därför behövas inom området.

Banvallen (område 3)

Eftersom banvallen väster om sågverksområdet (område 3) används som rekreationsstråk och höga halter av metaller i fyllnadsmaterial har påträffats ytligt liggande i dess omedelbara närhet (3 FSJ1 och 9FSG7) kan halterna utgöra risk för människors och djurs hälsa. Vid transport av borrhandsvagnen påträffades även misstänkt kisaska i ytliga marklager i närheten av punkt 7FSGJ1 som ligger i nära anslutning till banvallen. Kisaskan kan ha tillförts banvallen då den byggdes. Banvallen och de intilliggande deponierna ligger väldigt nära varandra, vilket även skulle kunna innebära att kisaskan härrör från själva deponierna. Eftersom höga halter ställvis påträffats och nuvarande provtagning är relativt gles rekommenderas att kompletterande provtagning utförs för banvallssträckningen väster om deponierna.

Bostadsområdet och närliggande grönområde (område 14 och 4)

Halter som är högre än de generella riktvärdena för känslig markanvändning har påträffats punktvis inom bostadsområdet. Att halter överskrider riktvärdet behöver inte per automatik innebära negativa effekter på till exempel hälsa. För att det ska utgöra en risk måste man även ta hänsyn till sannolikheten att träffa på en förorening. För att få en uppfattning av halter i bostadsområdet som helhet kan jämförelser göras mot medelhalter. Bly är då drygt två gånger högre än det generella riktvärdet för KM. Den motsvarande zinkhalten är i nivå med riktvärdet. Genom att äta odlade växter och rotsaker, eller inte tvätta händerna från förorenat damm kan bly utgöra risk för negativa effekter på människor som exponeras. Zink och koppar i höga halter påverkar i första hand marklevande organismer. Halterna av dioxin inom bostadsområdet låga, med undantag av den höga halten i punkt 14FSH9) och utgör inte någon risk för hälsa om man ser till enbart det ämnet.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Sammantaget tyder erhållna resultat på att det kan finnas risk för att människors hälsa påverkas negativt inom delar av bostadsområdet.

Liksom vid provtagningen år 2009 har högst metallhalter påträffats i G14.4 och G9.1. G14-röret ligger intill bostadsområde, men inga egna brunnar finns på området och bostadsområdet är anslutet till kommunalt dricksvatten. Risken för att människor ska påverkas negativt av metallerna via dricksvatten bedöms som liten, men halterna visar att spridning av föroreningar sker i området. Det samlingsprov som tagits på fastigheten där Furulundsgården bedriver dagisverksamhet består av 3 delprov. Samtliga punkter visade på naturlig sand utan några inslag av misstänkta föroreningar och uppvisade även låga halter av analyserade ämnen. Det bedöms inte föreligga någon risk för barns hälsa till följd av det tidigare upplaget som funnits i närheten.

Den höga bensenhalten som tidigare påträffades i en punkt vid grönområdet intill bostäderna har inte kunnat styrkas vid den nu utförda undersökningen. På platsen låg tidigare ett kollager. Även andra produkter kan ha lagrats i byggnaden. Om så är fallet bör utbredningen av bensen vara lokal. Källan kan också vara av senare datum (bensen är mycket flyktigt). Till exempel skulle närhet till vägar m.m. kunna vara en sentida källa.

Då det gamla flygfotot överlagras med grundkartan, se *Figur 4* och *Figur 5*, kan man se att verksamheten inte bredd ut sig över hela det nuvarande bostadsområdet. Till exempel har det högst troligt inte varit någon verksamhet exakt på platsen för Furulundsgården daghem, förskola och fritidshem. Troligen har det heller inte, undantaget för spår- och lokstallsområdet, varit någon förorenande verksamhet i större omfattning i den sydvästra delen av bostadsområdet. Punkterna 14FSH2 och 14FSH9 ligger inom det område som med säkerhet har använts som brådgårdsområde. De höga halterna av dioxin skulle kunna vara en följd av spill i samband med hantering av doppat virke på platsen. De höga halterna av metaller hör mest troligt samman med den kisaska som kan ha spridits på området.

Halter av metaller som är högre än haltkriterier för farligt avfall har påträffats i den kulle som finns i direkt anslutning till punkt 14FSP18. Området ligger nära bostadsområdet och utgör en trolig lekplats för barn. Eftersom halterna är höga och det är sannolikt att barn exponeras för påträffade föroreningar finns risk för negativa hälsoeffekter.

Genom kompletterande provtagningar erhålls ett bättre underlag för kommande beslut om åtgärder inom området. Eftersom höga halter av analyserade ämnen har påträffats punktvis inom bostadsområdet bör provtagningen kompletteras för att uppnå en bättre provtäthet över ytan samtidigt som områden med högre respektive lägre risk eventuellt kan urskiljas. Som underlag för kommande provtagningsprogram föreslås flygfoton och dess tolkning vara till hjälp. Provtagningen föreslås vara som tätast inom det område som med säkerhet tolkats som brådgårdsområde, medan provtätheten kan vara något glesare inom område som definierats som osäkert brådgårdsområde.

Testet av växtupptag av föroreningar från marken visade inte på att metaller togs upp från marken i den utsträckning att de skulle utgöra en hälsorisk. Testet genomfördes med en rotsak vilka förväntas uppvisa ett högre upptag av föroreningar än bladgrönsaker, där föroreningarna inte bara måste tas upp av roten utan också måste transporteras från roten till bladen. När det gäller metaller bedöms risken för negativa hälsoeffekter av grönsakskonsumtion som låg. Då mängden provmaterial var för låg för en analys av dioxinhalter i morötterna, kan ingen bedömning göras med avseende på dioxinföroreningar.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

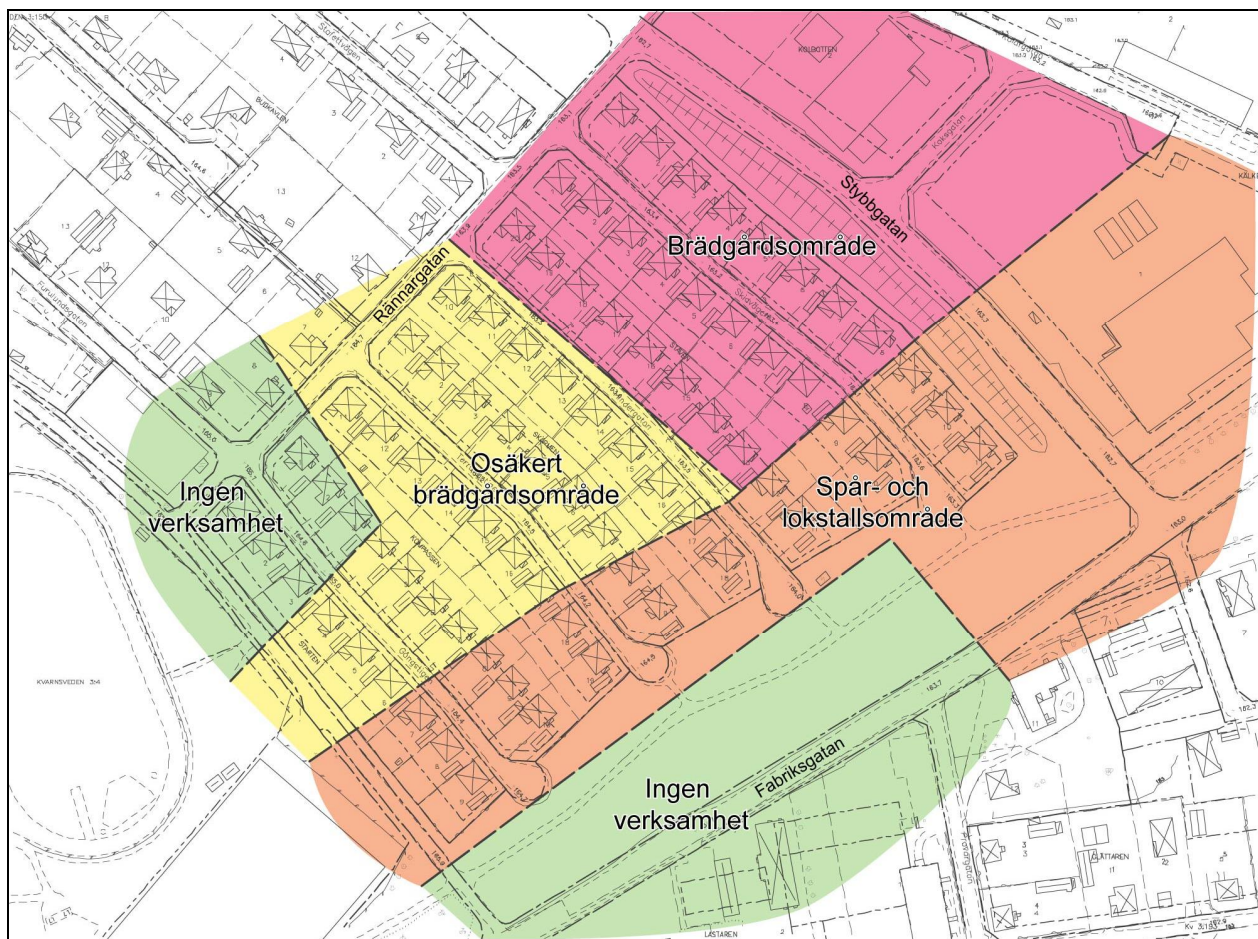
2010-09-23



Figur 4. Flygfoto över bostadsområdet överlagrat av grundkarta och provtagningsplan. Vita ytor i den norra delen utgör upplag, medan det är mer osäkert vad området centralt och något ned till vänster har använts till.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23



Figur 5. Tolkning av flygfoto. Tjockare linjer skiljer områden med olika verksamhet. Det vita området överst i bild tolkas som brädgårdsområde, medan det är mer osäkert vad det vita området i nedre delen använts till.

Tjärtillverkning (område 5)

På platsen för en tidigare cistern ovan jord norr om den s.k. kemfabriken, punkt 5FSJ1, har PAH L och tunga aromater uppmätts i halter om 2-3 ggr MKM i jordprov på 0,7-1,0 meters djup. Halten i det grundvattenprov som tagits år 2009 i intilliggande provtagningspunkt visade på halter av PAH_{övriga} (≈PAH L + PAH M) som var något förhöjd. Dock var halten inte så hög att den medför någon risk för att förångning in i byggnader kan ske.

Det är troligt att de höga metallhalterna som påträffats i punkt 5FSG3 kommer av de glas- och porslinsrester som påträffats i punkten. Enligt fältbedömningen innehåller jordprovet närmast markytan inte uppenbara rester av porslin, men uppvisar ändå höga halter av metaller. Eftersom ytan endast är täckt med grus kan det finnas risk för att människor som på arbetstid vistas inom det instängslade området kan komma i kontakt med föroreningen. Påträffad förorening kan utgöra en lokal förorening, alternativt att utfyllnaden kan hänga samman med den södra deponin. Föroreningen bör avgränsas genom kompletterande provtagning. De halter av främst zink, men även bly och kadmium som har påträffats i grundvattnet i denna punkt är i storleksordningen att de kan påverka organismer negativt.

Övriga undersökta punkter inom delområdet uppvisar inte några anmärkningsvärda halter av undersökta ämnen.

Undersökta byggnader

Dioxin påträffades i betong, i den f.d. ångcentralen i halt som översteg det för objektet beräknade jämförelsevärdet. Dioxin i byggnaden härrör troligen från den sopförbränning som skett i byggnaden. Vid ändrad användning av byggnaden bör dioxinförekomsten utredas vidare.

I den f.d. tjärfabriken visade analys av inomhusluft i en lektionssal på förhöjd halt av naftalen. Den förhöjda naftalenhalten beror sannolikt på att naftalen använts i byggnaden i den tidigare verksamheten. Uppmätta halter utgör ingen direkt hälsorisk, men kan utgöra ett luktproblem för känsliga personer.

Undersökta ämnen i de byggnader som undersökts förekommer inte i anmärkningsvärt höga halter.

Södra och norra deponin (område 7 och 9)

I deponierna påträffas halter som är högre än MKM. Till följd av deponiernas mäktighet har den nivå som tidigare utgjorde markyta inte kunnat provtas. Grundvattenrör har därför installerats i förmodat nedströms läge från den plats där impregneringen har ägt rum. Det finns inte några halter av klorfenol som är högre än rapporteringsgräns i grundvattnet nedströms den nordliga deponin, vilken ligger ovanpå platsen där behandling mot röta ägt rum. Däremot tyder höga halter av kadmium och zink i grundvattnet nedströms deponin att det pågår en spridning från området. Deponin utgör en möjlig källa till metallhalterna, men eftersom rören är installerade i eller alldeles intill banvall kan även eventuell utfyllnad med kisaska i banvall utgöra en källa.

I dagsläget finns en inhägnad som omsluter stora delar av den norra deponin. Det finns dock öppningar åt ost och nordost som gör att man kan ta sig in på området. Eftersom den här provtagningen har haft störst fokus på spridning till Bysjön är osäkerheten i provtagningen av själva deponin relativt stor. Det rekommenderas därför att man bör åtgärda inhägnaden så att hela deponin omsluts av denna. Spridning ned mot Bysjön bör dock utredas vidare.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Röret 7FSGJ1 är placerat i nedströms grundvattenriktning från den södra deponin. Vid den terratestanalys som utförts av grundvattnet är det endast ett fåtal ämnen som har kunnat detekteras över huvud taget. Zinkhalten indikerar att vattenlevande organismer skulle kunna påverkas, medan övriga metallhalter är låga eller mycket låga. Låg halt av klorerade kolväten (cis 1,2-dikloreten) har detekterats. Spridningen av ämnen från den södra deponin till Bysjön bedöms vara liten.

De halter som har påträffats i mark inne på den södra deponin, inom inhägnat område bedöms inte utgöra någon risk för hälsa med den markanvändning som finns där idag.

Halter i sediment i de diken som avvattnar den södra deponin är höga och bör utredas ytterligare. Det kan tänkas att de kommer av att kisaska deponerats på platsen innan Borlänge Energi kom att använda platsen för deponi av hushålls- och industriavfall och att stora delar av deponin alltså underlagras av kisaska. Dikena ligger öppna intill det promenadstråk som går längsmed banvallen och för att utreda om sedimenten utgör någon risk eller inte, bör kompletterande provtagningar i dikena ske.

Askdeponin, övningsområde (område 8)

Övningsområdet som ligger på askdeponin uppvisar i flera punkter mycket höga halter av metaller samt i en enstaka punkt hög halt av tyngre aromater. Fler punkter har även avgett lukt vid provtagningen. Dioxinhalter har detekterats, men är lägre än de generella riktvärdena för MKM. Vid fältarbete upptäcktes även misstänkt kiskaska i mycket ytliga lager i en, i fält, väl definierad landtunga som finns i direkt anslutning till deponins sydvästra hörn.

Påträffade halter i grundvattenröret som ligger nedströms deponin, cirka 60 meter från Bysjöns strandlinje (G8.1) uppvisar tydligt förhöjda halter av fenoler och kresoler, samt PFOS. Någon större transport av metaller från det aktuella området har dock inte kunnat påvisats.

Grundvattenprovtagning som utförts uppströms deponin har visat halter av zink och arsenik som skulle kunna påverka vattenlevande organismer. Däremot har analys av fenoler, kresoler eller PFOS gjorts i grundvattnet uppströms området. Möjligen kan vatten som infiltrerat och transporterats genom deponin påverka det vatten som finns i deponins omedelbara närhet och därför påverka det vatten som provtagits uppströms

Erhållna resultat tyder på att fenoler, kresoler och PFOS transporteras i riktning mot Bysjön. Fenoler och kresoler har undersökts i några provtagningspunkter för sediment utspridda över sjöns botten men har bara kunnat påvisas i det samlingsprov som tagits i sjöns sydöstra del (S12.123).

Generellt sett utgöra de halter som har påträffats i högst halter (zink och koppar) mindre ofta ett problem för hälsa än till exempel arsenik, kvicksilver och kadmium när det är fråga om halter i mark. Även bly, som kan påverka hälsan genom att man äter till exempel odlade grönsaker eller bär, förekommer i höga halter på deponin. Ställvis är halter av zink, koppar och bly är mycket höga. Föroreningar som har påträffats inom och runtomkring övningsområdet ligger direkt i ytan och området är helt öppet för kringströvande människor. Sammantaget bedöms det därför finnas risk för att människor och djur kan påverkas negativt om de vistas på eller i direkt anslutning till området. Den genomsläppliga ytan ger att nederbörd kan infiltrera markytan och spola med sig föroreningar ned till grundvattenytan för vidare transport till Bysjön. Sammantaget bedöms övningsområdet på askdeponin ha ett åtgärdsbehov.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Bysjön (område 12)

Med de halter som sediment uppvisar kan det möjligtvis finnas risk för att sedimentlevande organismer påverkas negativt lokalt i någon enstaka punkt, men sett till hela Bysjön bedöms den negativa påverkan inte vara stor. Dioxin har påträffats i samtliga provtagningspunkter för sediment i sjön. Halterna sträcker sig från något lägre än, till tre gånger så hög som, det finska riktvärdet som finns för sediment som inte påverkats av förorening. Halten pentaklorfenol i Bysjöns vatten underskrider WHO:s riktlinjer för dricksvatten ($9 \mu\text{g/l}$)³¹ och påträffade halter av analyserade ämnen i Bysjöns vatten indikerar att vattenlevande organismer inte påverkas negativt.

Halterna av kvicksilver och dioxiner i fisk, tillsammans med förhöjda halter av koppar, är var för sig inte att betrakta som hälsovådliga. Däremot är det möjligt att dessa föroreningar tillsammans kan utgöra fara för människors hälsa. Mot bakgrund av ovanstående resonemang och i kombination med de höga halterna av PFOS kan det inte uteslutas att konsumtion av fisk från Bysjön kan vara farligt för människors hälsa, i synnerhet vid ett kontinuerligt intag av fisk.

Som föroreningssituationen ser ut i dag är den, undantaget fisk, acceptabel för Bysjön. Utifrån erhållna resultat innebär det inte någon risk för negativa effekter på hälsa att genomföra livräddningsövningar i sjön, eller låta sin hund bada eller dricka vatten. Om det i framtiden skulle bli aktuellt att till exempel anlägga en badplats eller liknande i sjön ändras dock känsligheten och man bör då göra en ny riskbedömning. Kunskapsläget om PFOS är i dagsläget osäker och det pågår mycket forskning kring ämnet. Riskbedömning avseende fiskintag kan därför komma att behöva revideras allt eftersom forskningen framskrider.

Vassjön och Vällhagssjön (område 15 och 16)

Av de resultat som framkommit i utförd undersökning innehåller varken sediment eller mark i direkt anslutning till vattenspeglarna halter eller mängder av något ämne som utgör risk för hälsa eller miljö. Pentaklorfenol har detekterats i halter som är långt lägre än WHO:s riktlinjer för dricksvatten i både Vassjöns och Vällhagssjön, vilket tyder på att muddermassor deponerats på platsen. Halten krom i Vällhagssjöns ytvatten är i nivå med gränsen för den halt där biota kan påverkas negativt, men halten i sig motiverar inte någon åtgärd. Även dioxin har påträffats i sjöarnas sediment, men i mycket låga halter och bedöms inte påverka vatten- eller sedimentlevande organismer. Med erhållna resultat bedöms inga åtgärdsbehov föreligga för Vassjön eller Vällhagssjön.

Brädupplag (område 17)

Området sydväst om askdeponin består huvudsakligen av sumpskog. Till följd av tät vegetation och därmed låg framkomlighet flyttades provtagningspunkter närmare askdeponin, se plankarta i *Bilaga 1*. I en av de undersökta punkterna påträffades kisaska, samt vid transport av borrhandsvagnen blottades kisaska som var mycket ytlig och endast täcktes med ett tunt lövtäcke. Det område som finns alldeles i närheten av askdeponins sydvästra hörn utgör därmed ett riskområde. Provtagning har inte kunnat göras med borrhandsvagn längre in i området med sumpskog. Provtagning av de mer centrala delarna av det tidigare brädupplaget bör göras.

Dricksvatten Övermora vattenförening

De halter som har påträffats av analyserade ämnen är lägre än de gränsvärden som anges i SLV:s dricksvattenföreskrifter. Dock är det anmärkningsvärd att pentaklorfenol har påträffats i

³¹ WHO, 2010.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

dricksvattenprovet eftersom källan där dricksvattnet hämtas ligger på stort avstånd från misstänkt källa, samt på andra sidan Sjöberget från denna. Det område på Bysjöns nordvästra sida, där brunnen är belägen består av kärrtorv. I fält är det tydligt att det är ett låglänt område. Möjligtvis kan detta område stå i kontakt med Bysjön och till exempel svämmas över vid högt vattenstånd. Det kan även finnas grövre jordlager på större djup där vatten mellan sjön och vattentäkten står i kontakt med varandra.

Halten pentaklorfenol i Bysjön är cirka fyra ggr högre än halten som har påträffats i vattenprovet från vattenverket. Utspädningen mellan sjö och grundvatten borde kunna förväntas vara större. Det kan poängteras att provtagning och analys av ytvatten är svårt eftersom halter kan variera stort mellan provtagningstillfällena och årstider.

Halterna av klorfenol är acceptabla för dricksvattenändamål, men provtagning bör ändå utföras igen för att försäkra sig om att halten är representativ.

13.1 Nollalternativ

Ett scenario där man inte skulle göra någon åtgärd på området skulle innebära risker för negativa effekter på människors och djurs hälsa, samt kunna leda till miljöeffekter i begränsade områden. Att konsumera fisk från Bysjön kontinuerligt under lång tid kan innebära en risk. Även intag av växter eller lekande barn som får in jord i munnen skulle kunna utgöra en stor risk inom bostadsområdet alternativt längs banvall och inom kisaskedeponin.

Den tidigare verksamheten har upphört helt och nya föroreningar tillkommer därför inte. Erhållna resultat från grundvattenprovtagning visar på att det idag pågår en spridning av metaller från områden som förorenats till Bysjön. De senaste åren har den sura nederbörden över Sverige minskat. En sur markmiljö gör det lättare för många metaller att röra sig i marken. Med ökade regnmängder som förväntas vid ett förändrat klimat kan man ändå förvänta sig att spridning av metaller kommer att fortsätta.

Grundvattenprov nedströms askdeponin visar att det även pågår en spridning av fenoler, kresoler och PFOS till Bysjön. Vid provtagning av askdeponin påträffades i flera punkter bräddor och i en punkt en rustbädd. De höga halterna av fenol och kresol skulle kunna komma av naturligt fenol som lakas ur de trärester som finns inne i deponin, medan PFOS härrör från brandövningar. Transporten av dessa ämnen kommer minska med tiden eftersom nya föroreningar av dessa slag inte tillkommer.

Alifatiska och aromatiska föreningar bryts, under rätta förhållanden, ned på naturlig väg och kan förväntas minska i halt även om någon efterbehandling inte utförs.

14 Osäkerheter

På grund av den norra deponins (9) mäktighet har det inte varit möjligt att undersöka den tidigare markytan i anslutning till rötbehandlingen vid sågverket. Grundvattenprovtagningen i nedströms läge visar dock på låga halter av de ämnen som kan tänkas härröra från sågverkets tid. Istället pågår en spridning av metaller från deponin. Det råder dock idag osäkerheter kring mängder, varför komplettering av grundvattenprovtagning föreslås i ett nästa steg.

Det har heller inte varit möjligt att undersöka de marklager som finns under den södra deponin (7). Möjligtvis kan metallförorening i diket härröra från de marklager som finns under dagens

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

deponi. Att bedöma ursprung och utbredning av förorening i diket är dock inte möjligt att göra utifrån den nu utförda provtagningen.

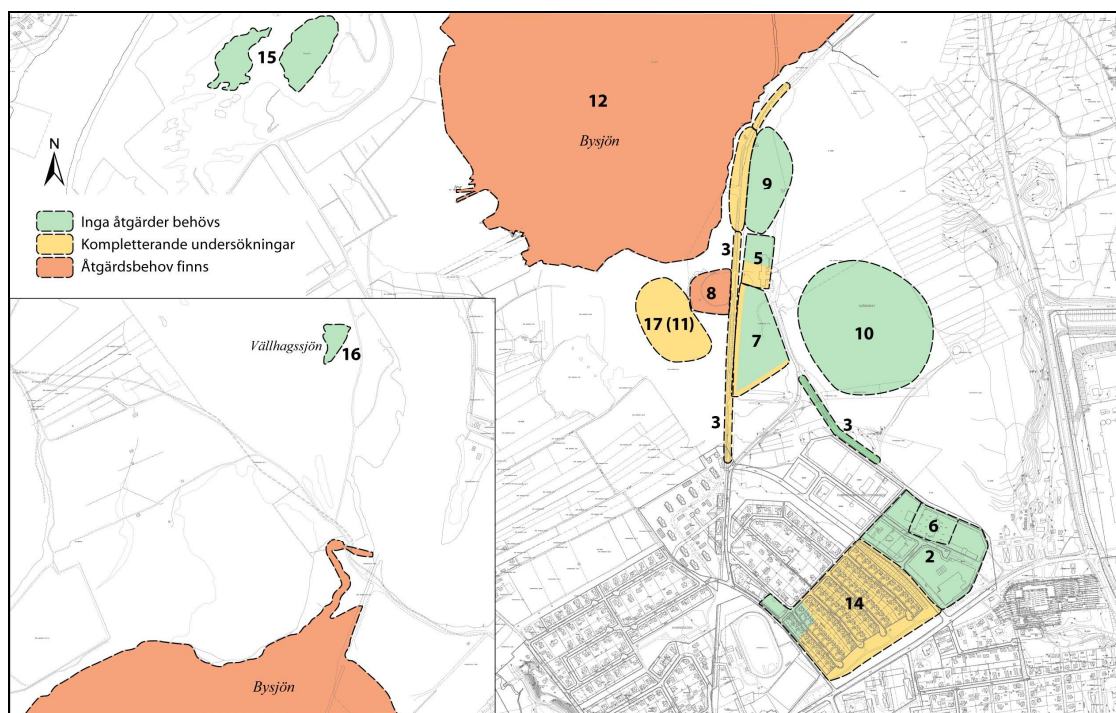
Osäkerheter finns fortfarande i vilken omfattning förorening förekommer vid bostadsområdet och intilliggande grönytor, delar av kemfabriksområdet (5) samt hur utbredningen av kisaska längs banvall (3) och askdeponin (8) ser ut.

De morötter som såddes under juni visade sig vid skörd i augusti vara mycket små, om de ens tagit sig. Det kan innebära att de resultat som erhållits avseende metaller kanske inte är representativt för människors vanor av intag av växter från trädgården.

Eftersom dricksvattenprov påvisat förekomst av klorfenoler bör detta utredas vidare. Det kan finnas betydande årstidsvariation som påverkar resultat för yt- och grundvattenprovtagning och därför bör dricksvatten provtas igen. Det råder osäkerheter kring varifrån klorfenolen härrör och en utredning om källan till klorfenolen bör utföras. I samband med utredningen föreslås att ytvatten i Bysjön provtas ännu en gång.

15 Åtgärdsbehov och -möjligheter

I följande text diskuteras de områden som, utifrån den här undersökningen, har visat sig vara i behov av åtgärd. För flera områden kan vi inte idag se hur åtgärdsbehovet ser ut, varför kompletterande provtagning föreslås (enligt ovan). Generellt gäller att de områden som ligger öppna för allmänhet och uppvisar halter som kan medföra risk bör provtas ytterligare. Detta innefattar till exempel askdeponin och dess närområde där kisaska påträffats i ytliga lager, samt banvallar. En sammanställning över samtliga undersökta områden, samt deras åtgärdsbehov, ställs samman i *Tabell 6*. För en grafisk översiktsbild över delområdenas åtgärdsbehov, se *Figur 6*.



Figur 6. Åtgärdsbehov inom undersökta områden.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Det bör påpekas att nedanstående åtgärdsalternativ är just möjligheter. Det har i det här läget inte utförts någon riskvärdering, inkluderande kostnadsuppskattning, för de nedanstående förslagen till åtgärdsalternativ.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Tabell 6. Sammanställning av resultat och preliminär bedömning av åtgärdsbehov per undersökningsområde.

Område	Områdes nr	Markanvändning/Skyddsvärde (skv)	Föroreningar	Resultat	Åtgärdsbehov
Bostadsområde	14	KM	Metaller (bly, zink, koppar, kvicksilver och kadmium), dioxin	Metallhalter >KM punktvis inom bostadsområdet. Ett hotspotområde sticker ut (14FSH2: zink, bly; 14FSH9: dioxin) Dagis låga halter (<KM) Verksamheten inte brett ut sig över hela det nuvarande bostadsområdet.	Kompletterande provtagning av jord och biologiskt material inom bostadsområdet.
Grönytor i anslutning till bostadsområde	4 samt del av 14	KM	Bensen, TPH	Höga halter metaller. Tidigare bensenhalt har inte kunnat styrkas.	Kullen grävs bort. Avgränsa påträffade föroreningar övrig yta.
Deponi 9	9	MKM	Metaller (bly, barium, koppar, zink, kadmium, arsenik), tunga aromater, klorfenoler över KM	Metallhalter > MKM Tidigare marknivå ej provtagen -> Grundvattenrör i spridningsriktning Halter i mark: inte risk för människors hälsa Halter i grundvatten höga Pågående spridning till Bysjön	Spridning ned mot Bysjön från norra deponin bör utredas vidare
Deponi 7	7	MKM	Metaller (bly, zink, arsenik, koppar, kvicksilver), TPH, bensen	Metallhalter > MKM Halter i mark: inte risk för människors hälsa Spridning från södra deponin till Bysjön troligen liten, dock klorerat Diken intill södra deponin ->höga halter av metaller	Kompletterande provtagning diken.
Bysjön*	12	Måttligt skv	Klorfenoler, fenoler och kresoler, TPH, PAH-M, dioxin, PFOS	Ev lokal påverkan på sedimentlevande organismer Dioxin har påträffats i samtliga provtagningspunkter för sediment -> opåverkat område Pentaklorfenol i Bysjöns vatten < WHO:s riktlinjer för dricksvatten Vattenlevande organismer inte påverkas negativt. Bad ok.	Ev ändrad markanvändning. T ex anläggandet av badplats eller liknande i sjön ändras markanvändningen. Ny riskbedömning. (Muddring, samt storskaligt badande.)
Vassjön	15	Mycket stort skv	Zink	Sediment eller mark: låga halter. Pentaklorfenol < WHO:s riktlinjer för dricksvatten	Inga åtgärder
Vällhagsjön	16	Stort skv	Zink, nickel, krom	Cr-halten i ytvattnet i nivå med gränsen för den halt där biota kan påverkas negativt. Sediment eller mark: låga halter. Pentaklorfenol < WHO:s riktlinjer för dricksvatten	Inga åtgärder
Industriområde	2 och 6	MKM		Samtliga halter av analyserade ämnen lägre än de generella riktvärdena som gäller för markanvändningen.	Inga åtgärder

Bysjön

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Område	Områdes nr	Markanvändning/Skyddsvärde (skv)	Föroreningar	Resultat	Åtgärdsbehov
Banvall	3	MKM	Metaller (zink, kadmium, vanadin, bly, TPH)	Föroreningar i halter > MKM ytligt (transport av borrhandsvagnen påträffades även misstänkt kisaska i ytliga marklager i närheten av punkt 7FSGJ1) Rekreativstråk - ev risk människors och djurs hälsa.	Kompletterande provtagning
Övningsområde, askdeponin	8	MKM	Metaller (zink, koppar, vanadin, barium, arsenik, bly), TPH, PFOS	Flera punkter mycket höga metallhalter (Zn, Cu, Pb) Kisaska i ytliga lager vid deponins sydvästra hörn. Fenoler, kresoler och PFOS transporteras i riktning mot Bysjön.	Bör åtgärdas
Tidigare brädupplag	17	MKM	Metaller (arsenik, bly)	Sumpskog, svårtillgängligt Troligen något påverkad av kisaskedeponin.	Avgränsning kisaska, samt punktprov inom tidigare upplag.
Tjär- och koltillverkning	5	MKM	Metaller (zink, koppar, bly, barium, arsenik), aromater, PAH L	Norr om kemfabriken, punkt 5FSJ1; PAH L och tunga aromater = 2-3 ggr MKM på djup 0,7-1,0 meters djup. Metallhalter i punkt 5FSG3 > MKM, troligen glas- och porslinsrester. Grusad yta.	Avgränsa förorening vid 5FSG3.
Dricksvatten		KM	Pentaklorfenol	Översvämning Bysjön?	Utreda vattentäkten

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

Det finns ett behov att minska exponeringen, och spridning av, föroreningar som påträffats vid askdeponin (8). Eftersom området ligger öppet och det inte finns några större byggnader är reduktion av förorening genom urgrävning en möjlig åtgärd. Alternativt minskas risken för exponering för, och spridning av, föroreningar genom täckningsåtgärder.

Det är även troligt att det finns behov av åtgärder inom bostadsområdet. Eftersom ytan består av bostadsmark kan administrativa åtgärder (till exempel restriktioner avseende odling) bli aktuellt. Om avgränsning av förorening är möjlig kan avskärmning av förorening (markering med geotextil och rena massor som överlagras den) vara ett annat alternativ. För att fastställa omfattning och typ av åtgärd behöver dock bostadsområdet provtas ytterligare avseende jord och biologiskt material inom de delar av bostadsområde där verksamhet förekommit eller misstänks ha förekommit.

För att minska exponeringen av höga halter metaller bör det förorenade området runt den kulle som påträffats nära punkt 14FSP18 inom grönområdet sydost om bostadsområdet avgränsas. Eftersom området är lättillgängligt bör förorening i kullen samt närområdet avlägsnas från platsen genom bortgrävning.

Avseende Bysjön föreligger behov av administrativ åtgärd (information eller restriktioner) avseende intag av fisk.

15.1 Ansvar för efterbehandlingsåtgärder

För Länsstyrelsens bedömning av ansvarsfrågan, se *Bilaga 12*.

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

16 Referenser

Arbetsmiljöverket, AFS 2005:17. Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar.

Bergslaget, 1960. Sidorna 21-22, nr 3

IVL, 2005. Results from the Swedish National Screening Programme 2005. Subreport 3: Perfluorinated alkylated substances (PFAS). B1698.

Kanadensiska riktvärden, Canadian Environmental Quality Guidelines: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/>

Kemakta, 2006. AR 2005-31. Riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer.

Kommissionens förordning (EG) 1881/2006, om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel.

Länsstyrelserna GIS-tjänster, 2010-06-21, <http://gis.lst.se/lanskartor/>

Molin Jenny, 2007. Inventering och riskklassning av ett nedlagt industriområde i Bysjön, Borlänge kommun. Examensarbete 20 p.

Naturvårdsverket, 2008. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Stöd till vattenmyndigheterna vid statusklassificering och fastställande av MKN. Rapport 5799.

Naturvårdsverket, 2009a. Metaller och organiska miljögifter i fisk från sjöar och vattendrag.

Naturvårdsverket, 2009. Riktvärden för förorenad mark. NV Rapport 5976.

Naturvårdsverket, 1999. Metodik för inventering av förorenade områden. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Vägledning för insamling av underlagsdata. NV rapport 4918.

Naturvårdsverket. 2009. Metaller och organiska miljögifter i fisk från sjöar och vattendrag. Version 1:1 2009-07-09.

OSPAR Commission, 2008. Overview of contracting parties' national action levels for dredged material (2008 update).

RIVM, 2010. www.rivm.nl/rvs

SGF, Rapport 1:2001. Fälthandbok – Miljötekniska markundersökningar.

SLV, FS 2001:30. Livsmedelsverkets kungörelse om grundämnen i dricksvatten.

Tyréns, 2009a. Markundersökning enligt MIFO fas 2. Uppdragsnr 220812.

Tyréns, 2009b. Perfluorerade ämnen i miljön – en bedömning av risker för människa och miljö vid f.d. Räddningsverkets skola i Rosersberg

Liselott Petersson 08- 566 410 44
Jon Berglin 060- 789 3919

2010-09-23

WHO, 2010 http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWAN4rev1and2.pdf

WSP, 2004. Fastighets AB Hushagen, Kälken 2, Borlänge. Sammanställning av analyserade prover.

Åberg A, Tysklind M, Nilsson T, MacLeod M, Hanberg A, Andersson R, Bergek S, Lindberg R, Wiberg K (2010) Exposure assessment at a PCDD/F contaminated site in Sweden—field measurements of exposure media and blood serum analysis. *Environ Sci Pollut Res* 17:26-39