

Bolmens sågverk Rapport - Huvudstudie

Sveriges geologiska undersökning

2016-03-29



NIRAS

Miljö
Teknikringen 1E
583 30 Linköping

www.niras.se

Org.nr. 556175-6197

Datum:

2016-03-29

Uppdragsledare:

Jonny Bard (jonny.bard@niras.se tel. 013-210292)

Författare:

Nicklas Larsson (nicklas.larsson@niras.se tel. 040-6241025)

Jonny Bard

Kvalitetskontroll:

Nicklas Larsson

Monica Ouacha (monica.ouacha@niras.se tel. 013-210295)

Projekt nr: 8113011

INNEHÅLL

1. SAMMANFATTNING	5
2. BAKGRUND, SYFTE OCH OMFATTNING	6
3. PROJEKTORGANISATION	6
4. MILJÖ- OCCH KVALITETSSÄKRING	7
5. HISTORIK	7
5.1. Historiska källor	7
5.2. Bolmensågens historik	8
5.2.1. PERIODEN 1877 – 1940-TAL	8
5.2.2. PERIODEN 1950-TAL TILL 1978	10
5.2.3. PERIODEN 1978 - NUTID	12
5.3. Övriga industriella verksamheter i närområdet	13
6. GEOLOGI OCH HYDROLOGI	13
7. TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR	15
8. GENOMFÖRANDEBESKRIVNING	16
8.1. Inledning - historik och fältarbete	16
8.2. Mark	16
8.3. Grundvatten	19
8.4. Ytvatten	21
8.5. Sediment	21
8.6. Laboratorieanalyser	22
8.7. Inmätning av provpunkter	22
9. RESULTAT	23
9.1. Mark- och grundvattenförhållanden	23
9.2. Föroreningar i jord	24
9.3. Föroreningar i grund- och ytvatten	29
9.4. Föroreningar i sediment	33
10. RISKBEDÖMNING	36
10.1. Problembeskrivning	36
10.2. Övergripande åtgärds mål	37
10.3. Områdesbeskrivning	37
10.4. Föroreningssituationen	38
10.5. Bakgrundshalter	42
10.6. Föroreningsspridning och belastning	42
10.7. Bedömning av hälsorisker	42
10.8. Bedömning av miljörisker	43
10.9. Platsspecifika riktvärden för mark	43
10.10. Fördjupad hälsoriskbedömning avseende dioxin – sammanfattning	47
10.11. Sammanfattande riskbedömning	48

11. KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR OCH ÅTGÄRDER	50
11.1. Åtgärdsbehov.....	50
11.2. Utredningsbehov/kunskapsluckor	50
11.3. Kompletterande undersökningar.....	50
11.4. Åtgärds mål.....	50
11.4.1. Övergripande åtgärds mål.....	50
11.4.2. Mätbara åtgärds mål	51
11.4.3. Nollalternativet	51
11.4.4. Åtgärdsalternativ	51
11.4.5. Schaktsanering och deponering på extern mottagningsanläggning	54
12. REFERENSER	56

BILAGOR

BILAGA 1	A) Karta med provpunkter, B) Dioxinhalter i yttlig jord (0-0,5 m)
BILAGA 2	Fältprotokoll/profiler
BILAGA 3	Beräkning av platsspecifika riktvärden
BILAGA 4	PM – Fördjupad hälsoriskbedömning båtupplag Bolmen fd såg (WSP 2015-12-07)
BILAGA 5	Analysprotokoll
BILAGA 6	Rapporteringsgränser och metoder för utförda laboratorieanalyser

1. SAMMANFATTNING

NIRAS har på uppdrag av Sveriges Geologiska Undersökning utfört en undersökning motsvarande del av huvudstudie vid Bolmens före detta sågverksområde i Ljungby kommun. Uppdraget har omfattat en miljöteknisk markundersökning i två steg avseende föroreningsituationen i mark, grund- och ytvatten, samt sediment. Uppdraget har också omfattat en fördjupad riskbedömning av miljö- och hälsoeffekter, inkluderande beräkning av platsspecifika riktvärden, bedömning av åtgärdsbehovet, samt en översiktlig utredning av åtgärdsalternativen. Riskbedömningen har även utökats med en fördjupad hälsoriskbedömning avseende dioxiner i jord, vilken utförts av WSP som underkonsult. Objektet är beläget i Bolmens samhälle vid sjön Bolmen. Verksamhet i form av sågverk har pågått på platsen under en period av ca 100 år (1877-1978). Fr.o.m. senare delen av 1950-talet har doppimpregnering av virke med klorfenolinnehållande preparat bedrivits på två olika platser inom sågverksområdet. Sedan 1978 används området som småbåtshamn och campingplats. Terrängen sluttar svagt mot sjön Bolmen. Markytan utgörs av fyllning (nivå ca 0-1 m), underlagrad av sandig morän (nivå ca 1-15 m), vilken i sin tur underlagras av lera (nivå ca 15-20). Under leran finns en bottenmorän (nivå ca 20-25 m) ner till berget (nivå ca 25 m). Grundvattnets strömningsriktning bedöms vara i riktning mot sjön Bolmen i nordväst.

Undersökningen visar att de huvudsakliga föroreningskällorna utgörs av dioxiner i ytlig jord vid platsen för det gamla doppimpregneringskaret och klorfenoler på samma plats i ytligt/intermediärt morängrundvatten ner till övergången morän/lera på cirka 15 m djup under markytan. Dioxinförorening i ytlig jord förekommer även vid den nya doppimpregneringsanläggningen och i mindre omfattning vid en plats för sortering av virke. De uppmätta halterna av klorfenoler i grundvattnet (som högst ca 0,1 mg summa klorfenoler/l) bedöms inte utgöra något hot mot råvattenkvaliteten i ytvattentäkten Bolmen eller brunnar i samhället, vilka används för bevattning. Samhället förses med kommunalt dricksvatten.

Övergripande åtgärds mål har tagits fram för området och svarat som utgångspunkt vid beräkning av platsspecifika riktvärden. Människor (t.ex. barn) kan exponeras för markföroreningar i form av dioxiner främst genom oralt intag av jord och inandning av jordpartiklar (damm). Förorening av dioxiner i ytlig mark (0-1 m, som högst ca 1500 ng/kg TS) överskridande det platsspecifika riktvärdet (120 ng/kg TS) har konstaterats både vid den nya och vid den gamla doppimpregneringsplatsen. Ett saneringsbehov bedöms föreligga eftersom dioxinhalterna här är så pass höga att enstaka större intag jord för små barn, kan ge ett förhållandevis stort bidrag till dioxinintaget (ca 70 % av den årliga bakgrundsbelastningen vid ett tillfälle). I övrigt inom undersökningsområdet bedöms inget åtgärdsbehov föreligga. Föroreningsutbredningen bedöms sammanlagt till en yta av ca 500 m² och den förorenade volymen till ca 500 m³, vilket motsvarar ca 800-900 ton. Föroreningen är ej avgränsad i detalj. Det platsspecifika riktvärdet för hamnområdet 120 ng/kg TS för dioxiner föreslås gälla som mätbart åtgärds mål (som medelvärde). Inför en eventuell saneringsinsats behöver en kompletterande utredning genomföras där markföroreningen avgränsas i både djup- och ytled. Den översiktliga åtgärdsutredningen förordar schaktsanering av dioxinföroreningen kombinerat med transport och deponering på extern mottagningsanläggning. Mindre mängder massor kan innehålla bark och spån. Dessa massor föreslås behandlas genom högtemperaturförbränning. Kostnaden för en schaktsanering av platsen uppskatta till ca 1,5 miljoner kronor inklusive avgränsning av föroreningen, projektering, schakt, transporter, deponering/behandling och miljökontroll. Osäkerheter gällande mängden förorenad jord och därmed kostnaden föreligger dock.

2. BAKGRUND, SYFTE OCH OMFATTNING

NIRAS har på uppdrag av Sveriges Geologiska Undersökning utfört undersökningar och utredningar vid Bolmens före detta sågverksområde i Ljungby kommun. Syftet med undersökningen har varit att genomföra del av en huvudstudie enligt Naturvårdsverkets kvalitetsmanual för arbetet med förorenade områden, utgåva 4 (NV 2008). Uppdraget har omfattat en kompletterande miljöteknisk markundersökning i två steg avseende föroreningssituationen i mark, vatten och sediment. Uppdraget har också omfattat en fördjupad riskbedömning av miljö- och hälsoeffekter, inkluderande beräkning av platsspecifika riktvärden, en fördjupad hälsoriskbedömning avseende dioxiner i jord, bedömning av åtgärdsbehovet, samt en översiktlig utredning av åtgärdsalternativen. I uppdraget har ej ingått projektering, förberedelser och strategier för tillståndsansökningar, anmälningar och underlag för myndighetsgranskning, slutlig ansvarsutredning eller förslag till huvudmannaskap och finansiering/budgetering av fortsatta arbeten, vilket också omfattas av en huvudstudie enligt kvalitetsmanualen.

3. PROJEKTORGANISATION

Projektgrupp:	Kristina Sjödin, SGU Tobias Berglin, SGU Ann-Sofi Persson, Ljungby kommun Linda Bergqvist, Ljungby kommun Karin Simonsson, Länsstyrelsen Nicklas Larsson, Niras Jonny Bard, Niras
Projektledare Niras:	Jonny Bard, Ekotoxikolog
Handläggare Niras:	Nicklas Larsson, Markvetare Ebba Rocklind, Geokemist Andreas Carlsson, Markvetare
Fördjupad hälsoriskbedömning avseende dioxiner:	Ylva Persson, WSP Sverige
Borrentreprenör:	Geokompaniet, Helsingborg
Gräventreprenör:	Hampus Gräv, Annerstad, Ljungby
Inmätning av provpunkter:	Ljungby kommun
Laboratorium:	Eurofins Environment Testing Sweden AB

4. MILJÖ- OCCH KVALITETSSÄKRING

NIRAS Sweden AB:s verksamhet har ett ledningssystem som är uppbyggt enligt principerna i kvalitetsledningssystemet SS-EN ISO 9001:2015 och miljöledningssystemet SS-EN ISO 14001:2015. Ledningssystemet tar också i beaktning standarderna ISO 10006:2003, PMBOK Guide och NCB. NIRAS har etablerat en helt elektronisk version av sitt ledningssystem, kallat Portalen (företagets intranät) som innehåller instruktioner, rutiner och mallar som effektiviserar, systematiserar samt kvalitets- och miljösäkrar det dagliga arbetet. Revisioner av systemet sker genom interna granskningar av uppdrag. Detta för att säkerställa att systemet uppfyller sin funktion så att kvalitet i arbetssätt samt leveranser motsvarar kundens ställda krav.

Undersökningsarbetet planerades och genomfördes i tillämpliga delar i enlighet med de råd och riktlinjer som redovisas i Svenska Geotekniska Föreningens "Fälthandbok - Undersökningar av förorenade områden" (SGF, 2013). Riskbedömningen har utförts i enlighet med Naturvårdsverkets rapport nr. 5977 "Riskbedömning av förorenade områden - En vägledning från förenklad till fördjupad riskbedömning" (NV 2009b). Samtliga prover har analyserats vid Eurofins Environment Testing Sweden AB, som är ett av SWEDAC ackrediterat laboratorium.

5. HISTORIK

5.1. Historiska källor

Information om objektets historik har hämtats från följande källor:

Historiska flygfotografier

- År 1930 (Källa: Krigsarkivet)
- 1950-tal (Angelstads hembygdsförening)
- År 1966 (Länsstyrelsen och Angelstads hembygdsförening)
- Serie bestående av fyra överflygningar från 1946 till 1978 (Lantmäteriet genom SGU)

Historiska exteriörfotografier

- År cirka 1895 - 1916 (Angelstads hembygdsförening)

Historiskt ritningsmaterial

- 1910-tal (Angelstads hembygdsförening)
- 1970-tal (Ljungby kommunarkiv)

Tryckt litteratur

- Föreningen Sunnerboarkivet. Sunnerbokrönikan, del 5. Sid 127 – 145.

Personliga intervjuer och platsbesök

- Sivert Ohlsson. Närboende, f.d. feriearbetande på sågen samt verksam i Angelstads hembygdsförening.

5.2. Bolmensågens historik

5.2.1. PERIODEN 1877 – 1940-TAL

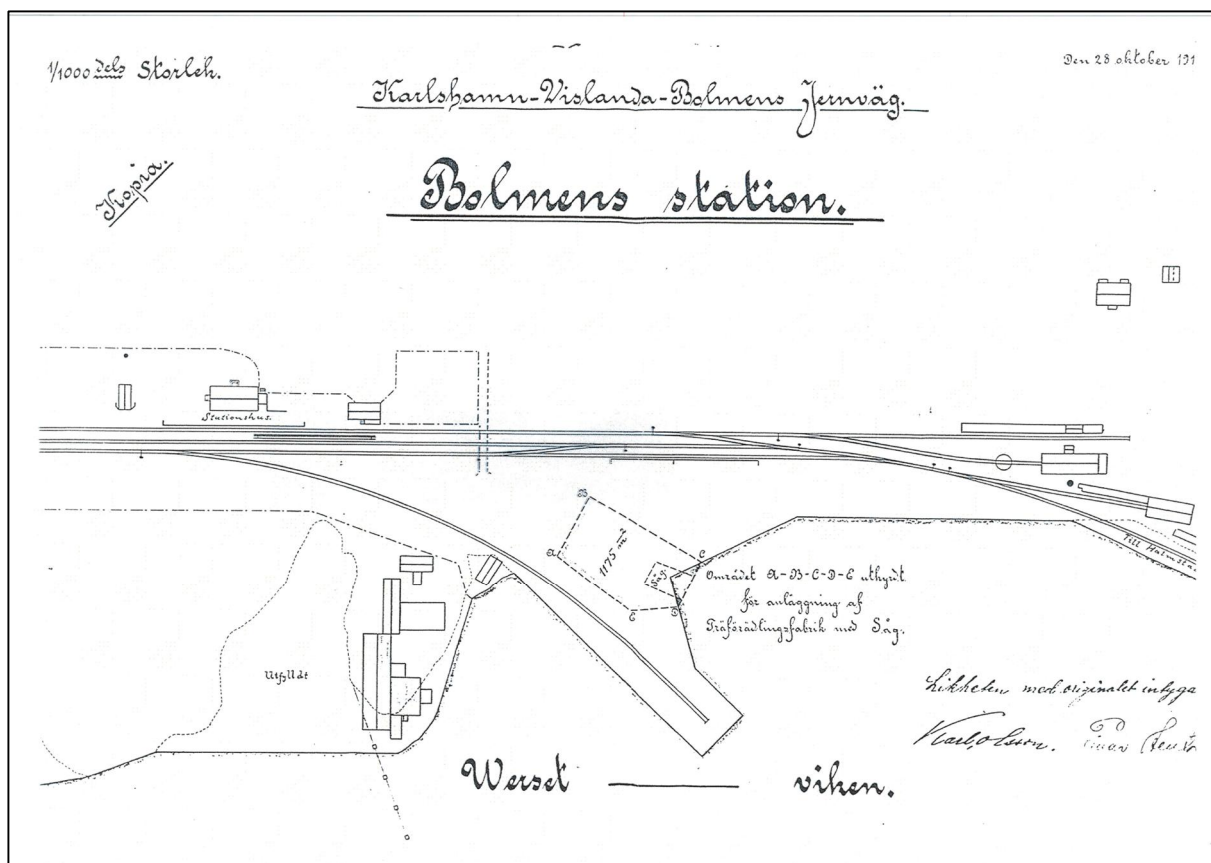
Under sent 1800-tal fanns gott om skog runt sjön Bolmen, men få möjligheter att vidareförädla råvaran. Under 1870-talet beslöts därför att uppföra ett sågverk och dra järnväg till sjön så att skog i området kunde forslas till sågverket sjövägen, förädlas och med järnväg fraktas till Karlshamn för export ut i Europa. Den första sågverksbyggnaden invigdes år 1877, järnvägen året därpå.

Sågverksbyggnaden brann ned år 1894 och ett nytt sågverk med kvarn uppfördes snabbt på samma plats. Slutprodukterna var huvudsakligen sågat virke, men viss tillverkning av staket och olika slags tunnor har troligtvis skett. Verksamheten lades ned 1913 och byggnaderna revs 1916. En ny ägare lät uppföra ett nytt, mindre sågverk på platsen år 1923. År 1927 brinner även detta sågverk ned, men byggs upp på nytt. Verksamheterna på sågverket omfattar troligtvis uteslutande sågning och möjligtvis hyvling. Under den aktuella perioden kraftförsörjs sågverket av olika ångmaskiner som eldas med spån och överskottsved.

I figurerna nedan visas ett urval av fotografier och ritningar över sågverksområdet från sent 1800-tal till 1930-tal.



Figur 1 Fotografi av den andra sågverksbyggnaden (1895 – 1916). Fotografiet är taget från norr mot söder. I förgrunden ses överskottsved, s.k. ytved, som användes för eldning i ångpannan.



Figur 2. Ritning över sågverks- och järnvägsområdet från 1910-tal. Av figuren framgår av den naturliga (streckade) strandlinjen att sågverksbyggnaden varit uppförd på en smal udde i sjön Bolmen. Det framgår också att ett område på motsatt sida om kajen har avsatts för anläggande av ett mindre sågverk (oklart om sågverket uppfördes).

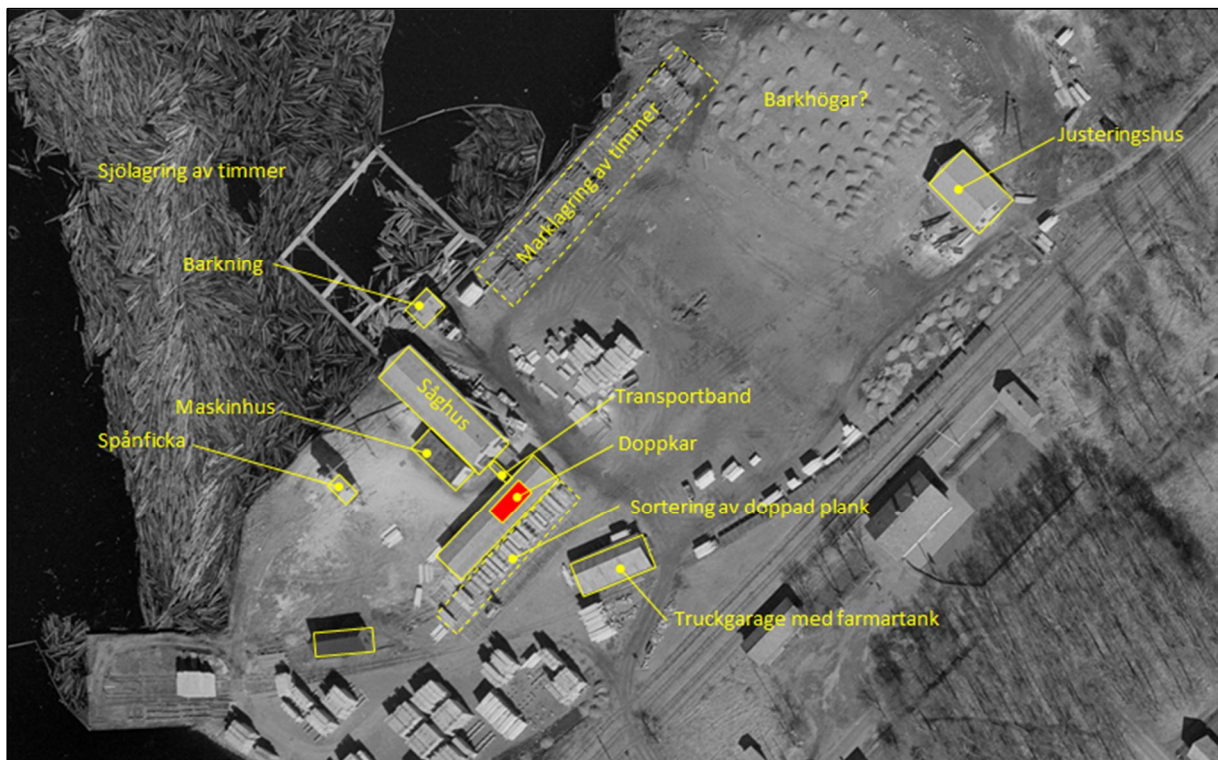


Figur 3. Flygbild över sågverksområdet i augusti 1930. I figuren ses sannolikt den tredje i raden av sågverksbyggnader, som uppförts tre år tidigare.

5.2.2. PERIODEN 1950-TAL TILL 1978

Under 1950-talet sker en modernisering och utbyggnad av sågverk och brädgård. Moderniseringen omfattar bland annat användning av dieseldrivna brädgårdstruckar på området, samt en successiv övergång från flottning till lastbilstransport av timmer till sågverket. Det timmer som kom landvägen förvarades på land och inte som tidigare i sjön, vilket i förlängningen ledde till problem med blånad i den sågade slutprodukten. Övergången till marklagring av timmer var sannolikt en huvudorsak till att sågverket börjar behandla sågat virke mot blånad, i slutet av 1950-talet.

Det har funnits två doppningsplatser över tid, vilkas lägen och funktion är relativt väl kända genom intervjuer med privatpersoner som har feriearbetat på sågverket under 1960-talet. Med stöd av figurer och text ges nedan sammanfattande beskrivningar av verksamheterna under de perioder doppning har bedrivits. I figuren nedan illustreras resultat av framkomna intervjuer på ett flygfotografi från 1961.



Figur 4. Flygfotografi över sågverksområdet år 1961, med ett urval av kända verksamheter markerade.

Nedan beskrivs de i figuren markerade verksamheterna i större detalj:

- Timmer magasinerades både i sjön och på land. Barkning skedde i en byggnad invid såghuset innan timret leddes in till såghuset. Sågarna drevs av elektricitet och en nätstation var lokaliserad i maskinhuset, som tidigare inhytt en vedeldad ångpanna. Sågspån leddes till en spånficka något väster om såghuset.
- Sågade plankor leddes en och en från såghus till doppkar via det södra av de två transportbanden från såghusets kortsida. Plankorna föll av bandet och rakt ned i doppkaret. I takt med att nya plankor föll i, gled äldre plankor längre bort i karet och vid motsatt kortsida

lyftes de upp mekaniskt till ett slags linbanekonstruktion för transport längre bort i längan. Här sorterades de våta plankorna för hand efter olika dimension och mellanlagrades i mindre spårbundna vagnar utanför längan.

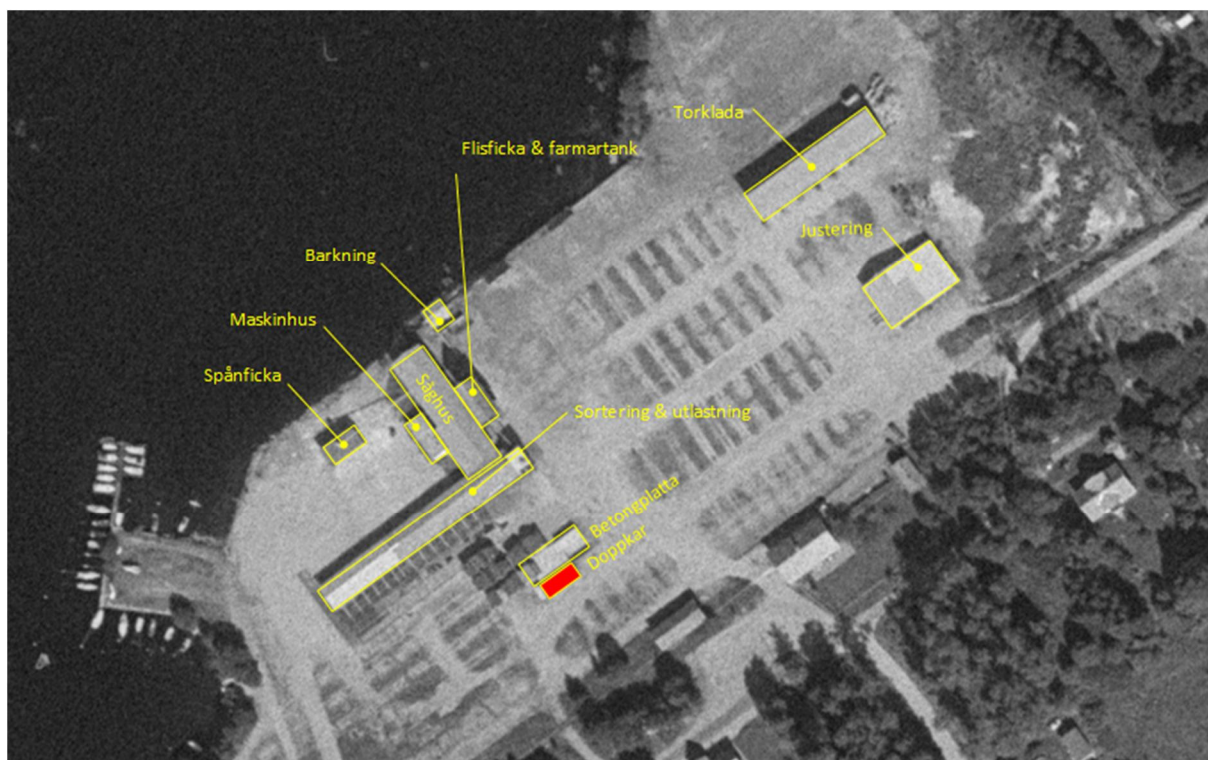
- Färdiga virkespackar kördes ut på sågverksområdet med truckar, som tankades från en cirka 3 m³ stor farmartank i eller i anslutning till truckgaraget.
- Plankorna i de olika virkespackarna var i regel olika långa. I de fall en köpare önskade plankor av samma längd, justerades hela packen i "justeringshuset" i områdets nordöstra del. Sågsån från denna verksamhet förväntas därför innehålla rester av doppningsvätska.

Nedan redovisas, för information, ett flygfotografi över sågverksområdet under samma period.



Figur 5. Fotografi över sågverksområdet år 1966.

Den ursprungliga doppningsanordningen ersattes senare av ett doppningssystem som medgav doppning av hela virkespackar. Det har inte kunnat fastslås när systemskiftet ägde rum, men troligtvis en bit in på 1970-talet. I figuren nedan redovisas resultat av framkomna intervjuer på ett flygfotografi från 1978.



Figur 6. Flygfotografi över sågverksområdet år 1978, med ett urval av kända verksamheter markerade.

Nedan beskrivs de i figuren markerade verksamheterna i större detalj:

- Då fotografiet är taget efter nedläggning syns inga timmer- eller plankupplag. Enligt genomförda intervjuer förvarades dock betydande del av timret på land samt under tak i en torklada i områdets norra del. Sågprocessen var identisk med tidigare, men en flisficka har tillkommit sedan 1960-talet. Under flisfickan fanns nu farmartank med tankningsmöjligheter för brädgårdstruckar.
- Fortfarande lämnar styckvisa plankor såghuset på transportband, men i den tidigare "doppningslängan" sker nu enbart sortering. Färdiga virkespackar körs sedan med truck till det nya doppkaret, som består av ett stort betongkar lokaliserat utomhus utan tak. Vid karets södra långsida finns en permanent hydraulisk lyft med gafflar som sänker ned hela virkespacken i vätskan. Efter behandling droptorkar virkespacken på en anslutande betongplatta med fall mot karet, som ett slags retursystem.
- Övriga verksamheter inom området är likvärdiga de som beskrivits i föregående figur.

1977 investerade sågverkets siste ägare i en del förbättringar, men sågverkshallens storlek medgav inte insättning av de maskiner som krävdes för framtida rationell drift. Sågverket lades slutligen ned den sista juli 1978.

5.2.3. PERIODEN 1978 - NUTID

Efter nedläggningen såldes alla maskiner och de flesta byggnaderna revs innan Ljungby kommun köpte området i början av 1980-talet. Området delades, så att den norra halvan blev camping och

den södra halvan småbåtshamn med båtuppställning vintertid. Området används fortfarande för samma ändamål.

De första båtbyggarna anlades 1982 och föregicks av muddringsarbeten i sjön nära strandlinjen. Inledningsvis sugmuddrades det lösa bottenmaterialet. Muddermassorna togs inte omhand, utan pumpades längre ut i sjön Bolmen. Vid efterföljande grävuddring av fastare material, lades massorna upp i en lång limpa som skiljer campingen från småbåtshamnens respektive områden. Grävuddermassor användes också för utfyllnader inom sankade delar av campingen.

5.3. Övriga industriella verksamheter i närområdet

Nedan redovisas, i punktform, information som framkommit om närbelägna industriella verksamheter i området.

- Järnvägsområdet i Bolmen har omfattat stationshus, samt två lokstall med tillhörande kolupplag och smörjgöpar.
- Från slutet av 1800-talet och fram till cirka 1915/1917 bedrev Kungliga Telegrafverket en impregneringsanstalt (kopparsulfat) för telegrafstolpar på "Fnasbacken", sydost om sågverket. Området har efterbehandlats under 1990-talet.
- Omkring år 1935 uppförs en ny industri på en halvö nordväst om sågverket. Industrin kallas i folkmun "Kvastskaftfabriken" och verksamheten tycks ha omfattat svarvning av kvastskaft, skaft till handpumpar och träklämmor. Det har inte framkommit någon ytterligare information om verksamheten. En kraftig stengrund ska finnas kvar än idag.
- År 1950 flyttar företaget Anåprodukter in i ett av lokstallen. Verksamheten sysselsatte 12 personer och omfattade tillverkning av varmvattenradiatorer.

I övrigt har ingen information framkommit om industriella verksamheter i närområdet.

6. GEOLOGI OCH HYDROLOGI

Enligt tillgängliga geologiska kartor utgörs den naturliga jordarten av morän och jorrdjupet till berg uppgår till mellan 10 och 20 meter. Utförda borrhningar visade på större jorrdjup (se resultatdelen). Vid inventeringen har viktig information framkommit, som kompletterar och komplicerar den allmänna bilden av områdets mark- och vattenförhållanden.

Av figur 2 ovan framgår att det ursprungliga sågverket anlades på en smal udde vid järnvägsstationen. En jämförelse med senare flygfotografier visar att omfattande utfyllnader har skett i sjön Bolmen över tid. Enligt boende i samhället som utfört grävarbeten för båtklubbens räknings, består utfyllnaderna bland annat av sågspån blandat med block och sprängsten från kraftverksbygget i Skeen.

Även grävuddermassor har använts för utfyllnadsarbeten efter att sågverket avvecklats. Massorna har dels lagts upp i en bank som idag utgör en fysisk barriär mellan småbåtshamnen och campingen, dels inom ospecificerade "sänkade områden" i campingens norra delar.

Vid inventeringen har det slutligen framkommit att privata brunnar förekommer inom flera av fastigheterna på motsatt sida om järnvägen. Med hänsyn till samhällets ålder, förväntas de privata brunnarna vara grävda ett stycke ned i moränen.

I figur 7 nedan redovisas ett sentida flygfotografi med de ovan nämnda informationerna markerade.

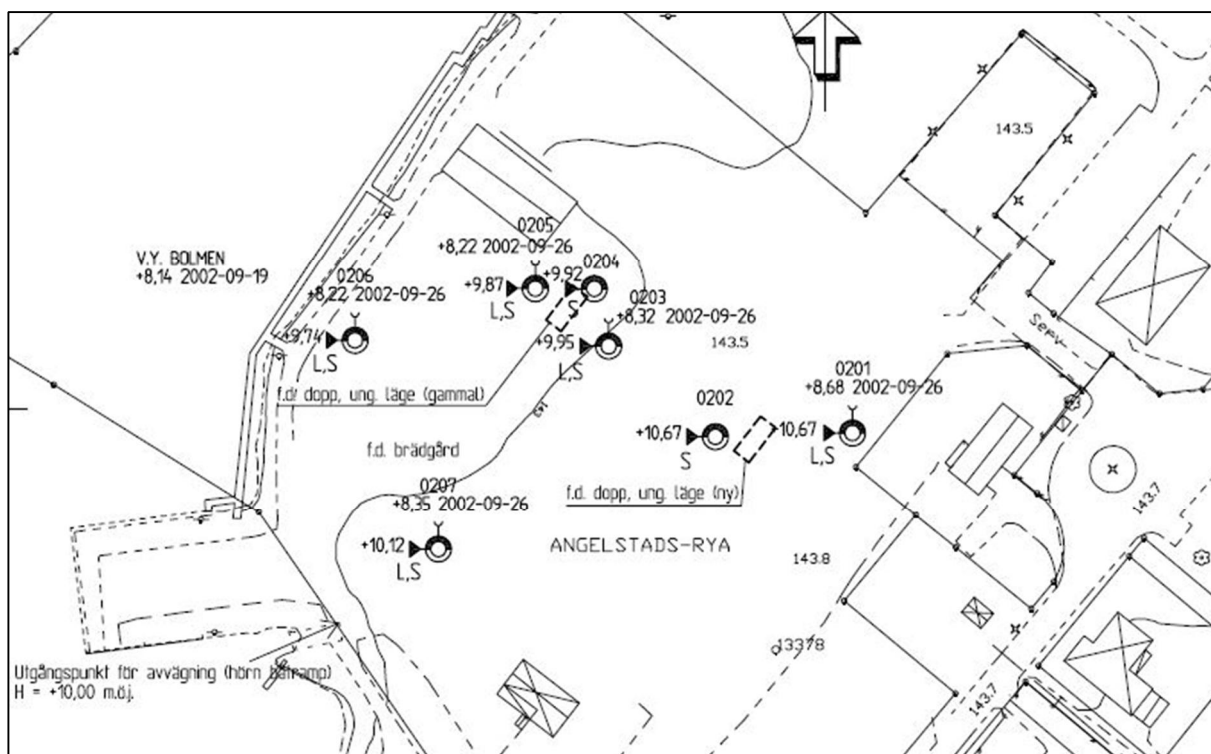


Figur 7. Nutida flygfotografi med 1910-talets strandlinje, samt kända lägen för privata brunnar och område som påförts grävuddermassor.

Utifrån de nu genomförda undersökningarna är platsens geologiska lagerföljd känd på djupet. Sammanfattningsvis har ett tunt lager bestående av fyllnadsjord påförts morän. Moränen är omväxlande siltig och sandig och vilar på ett cirka 7 m mäktigt lerlager som bedöms vila på berg. Lerlagret - och därmed sannolikt berget - bedöms slutta i riktning mot sjön Bolmen.

7. TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR

En miljöteknisk markundersökning motsvarande MIFO fas 2 utfördes vid Bolmens sågverk år 2002 på uppdrag av Länsstyrelsen i Kronobergs län (SWEKO VIAK 2002). I undersökningen togs jordprover ner till grundvattenytan i 7 punkter och fem "ytliga" grundvattenrör installerades. Klorfenoler detekterades i 2 av 7 provpunkter. Pentaklorfenol var den dominerande klorfenolen. I en av provpunkterna belägen vid platsen för det gamla doppimpregneringskaret (0204) överskreds Naturvårdsverkets generella riktvärde för MKM med avseende på pentaklorfenol (13 mg/kg TS). Cancerogena PAH (ungefär PAH H) detekterades i halter överskridande då gällande riktvärde för MKM GV i två provpunkter (0204 och 0206). Halterna var 14 respektive 30 mg/kg TS. Dioxiner analyserades i 2 provpunkter, bl.a. i 0204 där halten dioxiner var 1483 ng/kg TS mätt som TCDD ekvivalenter. Denna halt överskred MKM (200 ng/kg TS). I provpunkt 0205 var dioxinhalten 46 ng/kg TS mätt som TCDD ekvivalenter och överskred riktvärdet för KM (20 ng/kg TS). Klorfenoler detekterades i 1 av 5 ytliga grundvattenrör (0205). Halten summa klorfenoler uppmättes till 100 µg/l och halten pentaklorfenol till 45 µg/l. Totalt extraherbara aromater uppmättes till 0,24 och 0,33 mg/l i provpunkt 0206 respektive 0207. I övrigt detekterades inga alifater eller aromater i grundvattnet.



Figur 8. Placering av skruvborrpunkter och grundvattenrör vid undersökning genomförd 2002. GV-yta 1,5 – 2,0 meter under markytan (utsnitt från planritning, SWEKO VIAK 2002).

I rapporten gjordes bedömningen att spridningsförutsättningarna i mark och grundvatten är stora. Känsligheten har bedömdes som stor och skyddsvärdet som mycket stort. Farligheten avseende de analyserade parametrarna bedömdes för klorfenoler, PAH och dioxiner som mycket hög samt för aromatiska kolväten som hög. Föroreningsnivån bedömdes för mark och grundvatten som stor för dioxiner och pentaklorfenol (i jord), måttlig till stor för totalt extraherbara aromatiska kolväten och PAH samt som mycket stor för pentaklorfenol i grundvattnet. Området bedömdes vid en samlad riskklassning hamna i riskklass 1 "mycket stor risk" (dock på gränsen mot klass 2).

8. GENOMFÖRANDEBESKRIVNING

8.1. Inledning - historik och fältarbete

Arbetet inleddes med platsbesök och en historisk genomgång i mars 2013 och omfattade historiska flygfotografier (Krigsarkivet, Angelstads hembygdsförening, Länsstyrelsen, Lantmäteriet), historiska exteriörfotografier (Angelstads hembygdsförening), historiskt ritningsmaterial (Angelstads hembygdsförening och Ljungby kommunarkiv), litteratur (Föreningen Sunnerboarkivet, Sunnerbokrönikan) och personlig intervju (Sivert Ohlsson, f.d. feriearbetande på sågen samt verksam i Angelstads hembygdsförening).

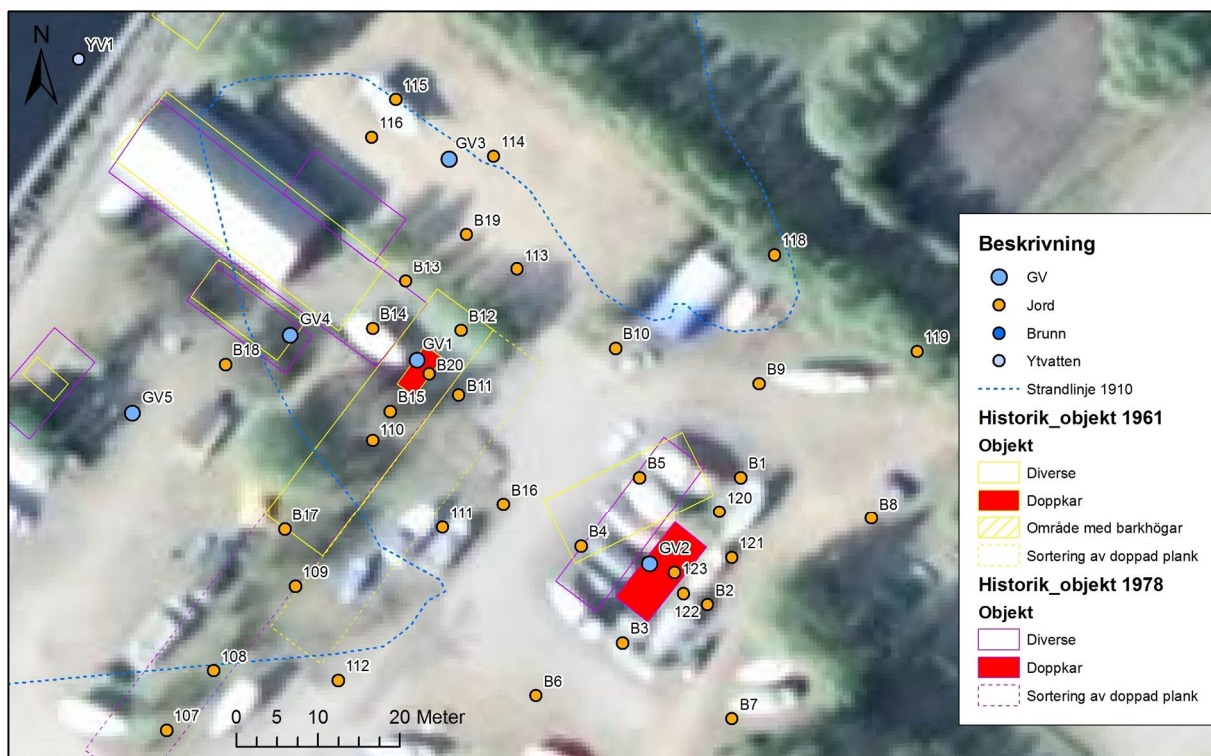
Startmöte hölls den 26/4 2013 i kommunhuset i Ljungby. Projektgruppen gjorde då även ett besök på platsen för Bolmens sågverk. Projektgruppen bestod av Karin Simonsson (Länsstyrelsen Kronobergs län), Linda Bergqvist (Ljungby kommun), Tobias Berglin (SGU), Kristina Sjödin (projektledare SGU), Nicklas Larsson (Niras) och Jonny Bard (Niras).

Under arbetets gång har telefonmöten hållits med projektgruppen och löpande kontakter med projektledaren på SGU.

Med hänsyn till verksamheten på platsen i form av småbåtshamn och campingplats förlades fältarbetet i form av provgroppsgrävning, skruvborrprovtagning och installation av grundvattenrör till början av sommaren då flertalet båtar lagts i sjön, men innan högsäsongen för campingen, samt till senhösten. Fältarbete etapp 1 med installation av grundvattenrör i tre nivåer vid de båda doppimpregneringskaren och provgroppsgrävning inom hamnområdet, samt sedimentprovtagning i Bolmen utfördes den 3-5 juni 2013. Fältarbete etapp 2, med installation av ytterligare grundvattenrör i tre nivåer i tre punkter mellan doppimpregneringskaren och sjön Bolmen, kompletterande provgroppsgrävning och skruvborrprovtagning inom hamnområdet, samt provgroppsgrävning inom campingområdet utfördes den 18-29 november och 2-3 december 2013.

8.2. Mark

Undersökningarna har omfattat jordprovtagning i totalt 51 punkter med hjälp av grävmaskin i provgropar och med hjälp av borrhandsvagn med skruvborr. Provpunkterna har lokaliserats till doppimpregneringsplatserna, torkplatser för impregnerat virke samt områden för lagring av impregnerat virke. Även områden med grävuddermassor har provtagits. Provgroparna har i flertalet fall grävts genom fyllningsmassorna och ned till naturlig jord. Massorna har beskrivits med avseende på jordart, innehåll av synligt processavfall och andra föroreningsobservationer. Provtagning har utförts som samlingsprover varje 0,5 m, om inte materialets färg, sammansättning, etc. motiverat annat uttag. Lika delar av uttagna ytliga (ca 0-0,5 m) jordprover har slagits samman till generalprover som analyserats kemiskt med avseende på klorfenoler, dioxin och metaller. Separata delprover har sparats för eventuell senare analys. Av figur 9 framgår slutlig lokalisering av provgropar, skruvborrpunkter och grundvattenrör. I figur 11 och 12 redovisas strategier för provtagning och *planerad* lokalisering av provpunkter i steg 1 och 2 av undersökningen.



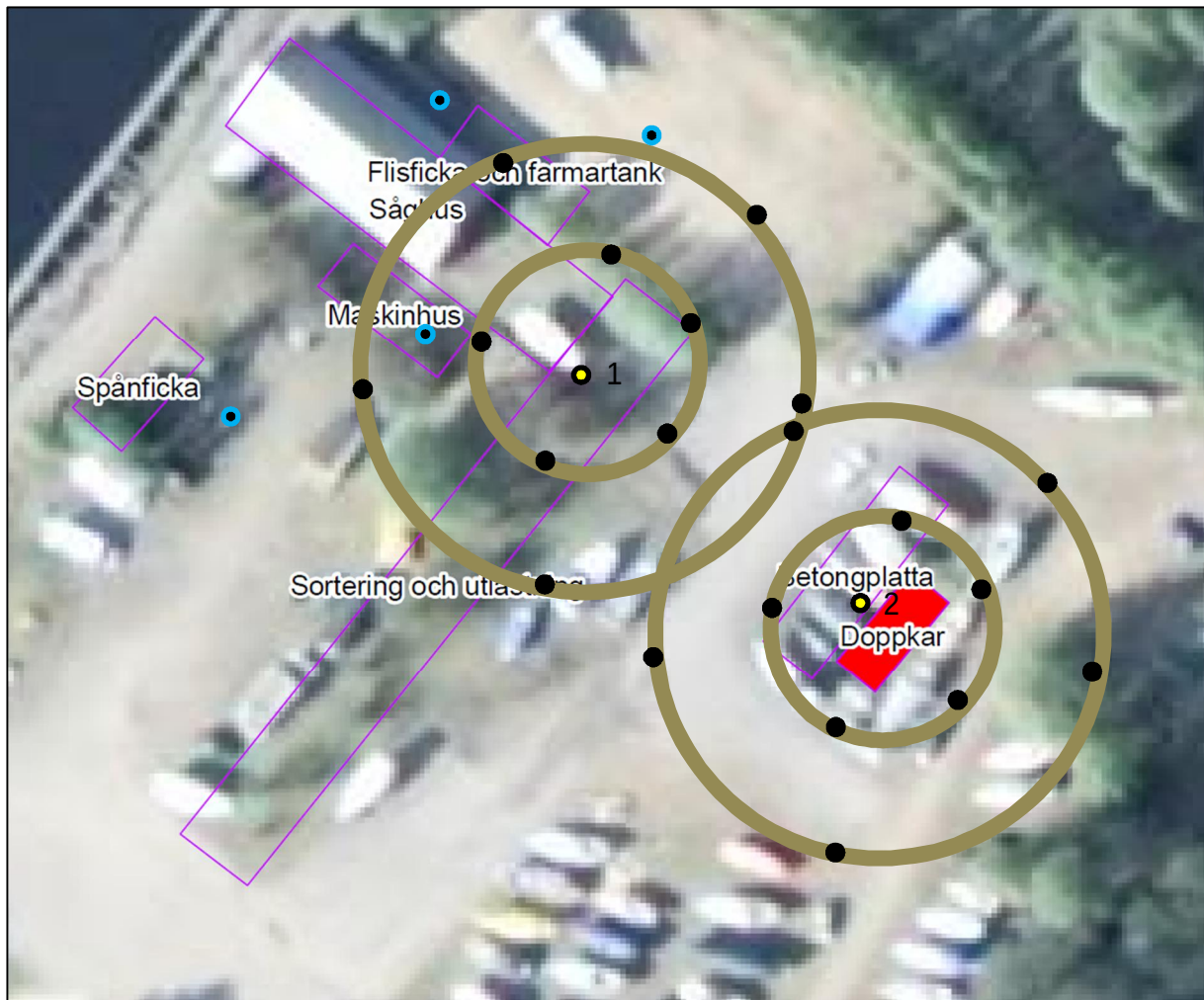
Figur 9. Lokalisering av centralt belägna provtagningspunkter vid undersökning av f.d. Bolmens sågverk. Se även bilaga 1a för samtliga provpunkter.



Figur 10. Provgropsgrävning. Bolmens f.d. sågverk.



Figur 11. Preliminära lägen för provtagningspunkter (kryss), samt tänkta "gränser" för ytor som motsvarar sammanslagna generalprover som analyseras med laboratorieanalyser. Provtagningsomgång Steg 1.



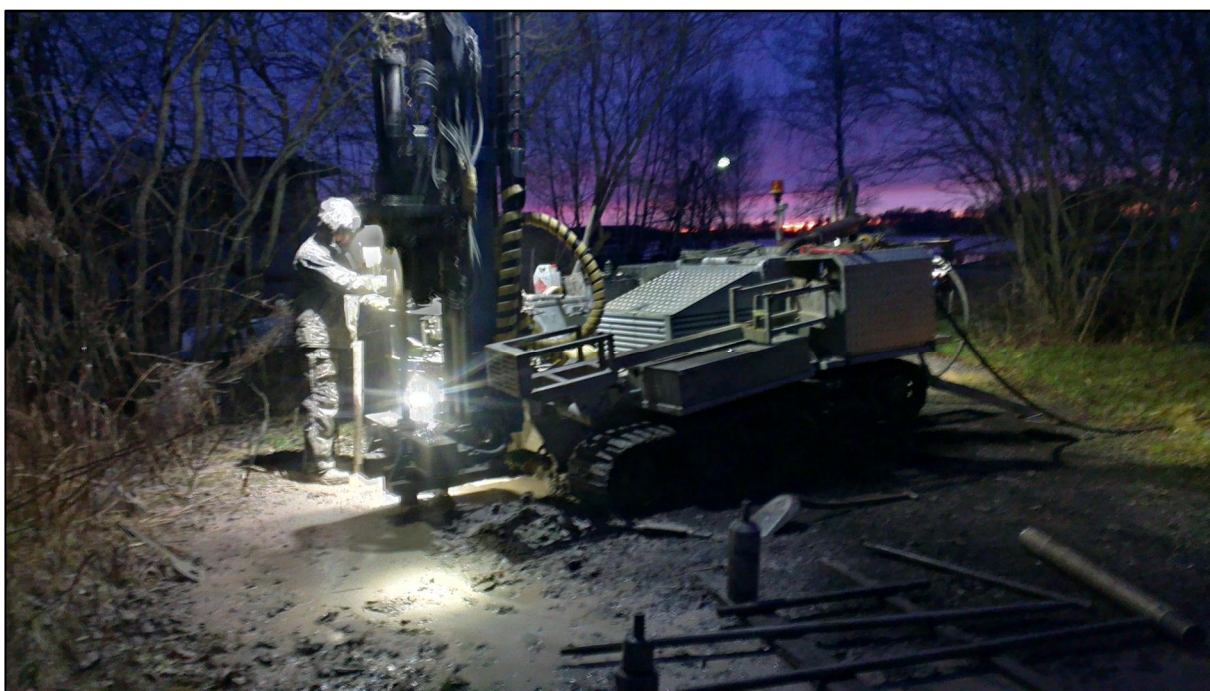
Figur 12. Förslag till kompletterande rörsättning (blå punkter) och provgroppsgrävning (svarta punkter & bruna ringar) i provtagningsomgång Steg 2. Prover från respektive "ring" slogs samman till generalprover som analyserades på laboratorium avseende dioxiner och klorfenoler.

8.3. Grundvatten

Vid de två doppningsplatserna har syftet med undersökningarna varit att:

- undersöka om ett eller flera källområden med klorfenoler förekommer,
- källområdenas utbredning ska vara tillräckligt känd i plan och profil,
- föroreningsplymer i det ytliga jordgrundvattnet ska vara avgränsade och spridningen till sjön Bolmen kunna bedömas,
- utbredning av föroreningsplymer i det djupa grundvattnet samt dominerande spridningsriktning ska vara känd, inklusive risk för spridning till den kommunala vattentäkten och eventuellt andra brunnar.

I fältetapp 1 installerades grundvattenrör på "nedströmssidan" om respektive doppimpregneringskar. GV1 beläget vid den gamla doppimpregneringsplatsen utgjordes av tre separata rör med filter på nivåerna ca 3, 8 och 15 meter under markytan. GV2 beläget vid den nya doppimpregneringsplatsen utgjordes av tre separata rör med filter på nivåerna ca 5, 7 och 12 meter under markytan. Marken vid de båda ytligaste nivåerna utgjordes av morän (si sa Mn). Den djupaste nivån placerades i moränen, ner mot underliggande lerlager. I fältetapp 2 installerades grundvattenrör på tre platser "nedströms" de båda doppimpregneringskaren i riktning mot sjön Bolmen. GV3 utgjordes av två separata rör med filter på nivåerna ca 8 och 19 meter under markytan. GV4 hade filtersättningarna på nivåerna 9, 19 och 26 meter under markytan och GV 5 hade filtersättningarna på nivåerna 9, 19 och 26 meter under markytan. Den översta filternivån placerades i moränen, den mellersta filternivån i moränen i gränsen mot underliggande lerlager och det djupaste filtret lokaliserades till moränen på nivån under leran på gränsen mot underliggande berg.



Figur 13. Installation av grundvattenrör vid Bolmens f.d. sågverk.

Inledningsvis gjordes en djup borrhning med skruvborr, för att få en uppfattning om jordlagerföljd samt om möjligt berg inom området. Grundvattenrören utgjordes av 1" stålrör. Inledningsvis gjordes försök med att trycka ned rören i hål som präglats med tryck-/slagsondering alternativt med J/B-sondering. Ingen av metoderna visade sig fungera därför utfördes installationer slutligen genom foderrörsborrning (ODEX).

Nivåmätningar utfördes med ljudlod i samtliga rörinstallationer. Rens- och omsättningspumpning utfördes med en peristaltisk pump tills stabila förhållande uppnått avseende kem-/fys-parametrar. Dessa mättes i fält med en YSI Multisond (temperatur, pH, konduktivitet, syrgashalt m.m.). Tryckgivare installerades under en period av ca två veckor i juli 2013 i grundvattenrören vid det nya doppimpregneringskaret (GV1, nivåer 5, 7 och 12 m). En tryckgivare placerades som referens ovan mark för att registrera atmosfärstrycket.

Provtagningen av grundvatten utfördes med hjälp av en peristaltisk pump försedd med polyetenslang. I vissa djupare installationer kompletterades pumpen med skakventiler (rostfritt stål) på slangen.

Provtagning av grundvatten för analys av klorfenoler utfördes vid två tillfällen gällande GV1 och GV2, samt vid ett tillfälle gällande GV3, GV4 och GV5.

Grundvatten (GV2, nivå 7 m) provtogs även för analys av petroleumrelaterade ämnen (alifater, aromater och BTEX) och avseende andra möjliga impregneringsmedel (2-fenylfenol, bensalkoniumklorid, didecyl-dimetylammoniumklorid och guazatinacetat).

Två brunnar (Brunn 1 och 2) vilka sporadiskt används för bevattning lodades och en av brunnarna (Brunn 1) provtogs för analys av klorfenoler. Den andra brunnen bedömdes ej kunna påverkas av föroreningar från sågverksområdet då den låg på relativt stort avstånd från det förorenade området och brunnens botten låg på en högre nivå relativt grundvattenytan på sågverksområdet och provtogs därför ej.

8.4. Ytvatten

Ytvatten provtogs i sjön Bolmen med hjälp av bailer på ca 0,5 meters djup under sjöytan. Ytvattnet analyserades med avseende på klorfenoler.

8.5. Sediment

Sedimentundersökningen inleddes med att studera djupkurvor på sjökort över sjön Bolmen för att lokalisera lämpliga bottenar för provtagning. Sedimentprover uttogs med bottenhuggare (nivå ca 0-10 cm) i sex provpunkter i viken (Värsevik) utanför f.d. Bolmens såg. Utvalda sedimentprover analyserades med avseende på dioxiner, tungmetaller och PAH. Sedimentproverna karaktäriserades bl.a. med avseende på innehåll av barkrester och spån. Lokaliseringen av sedimentprovpunkterna framgår av figur 14.



Figur 14. Lokalisering av provpunkter för sediment i Värseviken i Sjöen Bolmen (ungefärliga lägen).

8.6. Laboratorieanalyser

Laboratorieanalyserna utfördes vid Eurofins Environment Testing Sweden AB. Dessa omfattade klorfenoler, dioxiner och dibensofuraner, PAH, oljescreening, pesticider, BTEX, alifatiska och aromatiska kolvten, samt 2-fenylfenol, benzalkoniumklorid, didecyl-dimetylammoniumklorid och guazatinacetate.

Kompletterande dioxinanalyser utfördes i december 2015 på ingående delprover i ett samlinsprov från yttlig jord av ALS Scandinavia AB.

I bilaga 6 redovisas rapporteringsgränser och metoder för använda laboratorieanalyser.

8.7. Inmätning av provpunkter

Inmätning utfördes med precisions-GPS i x-, y- och z-led i systemet Swedish Reference Frame 1999 (SWEREF 99), vilket är det officiella referenssystem som används mest frekvent i Sverige i dag. Inmätningen utfördes av Tingsryds kommun.

9. RESULTAT

9.1. Mark- och grundvattenförhållanden

I tabell 1. nedan redovisas resultat av genomförda fältmätningar och noteringar vid omsättning och provtagning. Data gällande installation och omsättning av grundvattenrören redovisas i bilaga 2.

Tabell 1. Fältmätningar och fältobservationer – grundvatten (GV 1-2 provtogs i juni 2013 och GV 3-5 i december 2013).

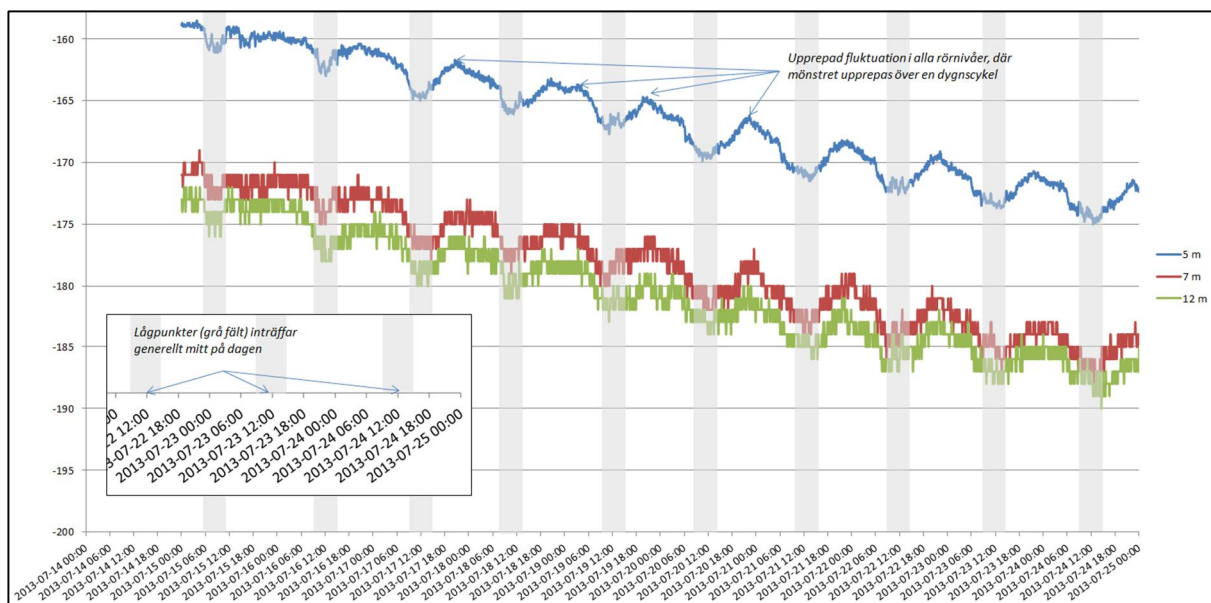
Punkt	Nivå	Akvifär	Temp °C	pH	EC µS/cm	DO mg/l	Färg/lukt	Finpartiklar
GV 1	3 m	Morän	10,5	6,3	481	0,7	Tydligt gul egenfärg, ingen tydlig lukt	Obetydligt
	8 m	Morän	Filter sandfyllt (skadat)					
	15 m	Morän/lera	9,7	5,9	236	0,3	Transparent, "sumpig" lukt	Obetydligt
GV 2	5 m	Morän	10,0	6,6	422	1,7	Svag lukt citrus,	Ja
	7 m	Morän	8,5	6,4	345	0,8	Svag lukt citrus	Ja
	12 m	Morän/lera	9,4	6,4	175	2,1	Transparent, ingen lukt	Obetydligt
GV 3	8 m	Morän	8,9	7,0	340	1,4	Transparent, ingen lukt	Obetydligt
	19 m	Morän/lera	8,2	7,0	7,7	2,1	Transparent, ingen lukt	Obetydligt
GV 4	9 m	Morän	8,8	6,9	416	2,4	Transparent, ingen lukt	Obetydligt
	19 m	Morän/lera	8,3	7,1	339	1,5	Transparent, ingen lukt	Lite
	26 m	Morän/berg	-	-	-	-	Lite vatten, grumligt	Ja
GV 5	9 m	Morän	9,0	7,1	321	1,0	Transparent, ingen lukt	Obetydligt
	18 m	Morän/lera	-	-	-	-	Lite vatten, grumligt	Ja
	25 m	Morän/berg	8,7	7,3	178	2,7	Grumligt, ingen lukt	Ja

EC= konduktivitet, DO= Sygashalt/löst syre.

Tabellen visar sammanfattningsvis följande:

- De två vattenprover som tagits ut i grundvattenrör GV1 (gamla doppringen) bedöms - utifrån fältparametrar och vattnets egenfärg - härstamma från respektive djup. En "sumpig" lukt noterades i vatten från den djupa nivån. Inget av de båda vattenproverna innehöll betydande mängd finpartiklar.
- En svag lukt - som i fält uppfattats som citrusartad - har noterats i vattenprover från de två ytliga filtren i grundvattenrör GV 1 och GV 2 i moränen. Dessa vattenprover innehöll vidare en ej obetydlig mängd finpartiklar. Vattenprov från den djupa nivån var transparent, luktade inget särskilt samt innehöll en begränsad mängd finpartiklar.
- Ingen lukt eller färg noterades i grundvattenproverna från GV 3, GV 4 och GV 5. Vattenprover från nivån under leran i moränen mot berget innehöll finpartiklar.

Tidigare och nu genomförda grundvattenundersökningar indikerar att avrinning sker mot sjön Bolmen. I figur 15 redovisas data från kontinuerliga nivåmätningar i grundvattenrör installerade på tre olika djup, i anslutning till det nya doppimpregneringskaret.



Figur 15. Grundvattenfluktuationer i rör installerade på 5, 7 och 12 m djup vid det nya doppningskaret (GV 2). Figuren omfattar två veckors mätningar i juli 2013.

Figuren visar sammanfattningsvis följande:

- Under mätperioden varierar grundvattnets trycknivå på ett likartat sätt i samtliga djupnivåer, vilket bl.a. indikerar att moränjorden saknar akvitarder (för grundvattnet svår genomträngliga lager av t.ex. silt eller lera).
- Trycknivån varierar vidare med ett över dygnet upprepat mönster, där grundvattennivån är som lägst mitt på dagen och som högst under sen kväll. Variationen uppgår till cirka 4 cm över dygnet i de olika djupnivåerna.
- Det upprepade mönstret kan indikera ett pågående pumpat grundvattenuttag i närområdet, eller möjligen vattenuttag ur Bolmen
- Mönstret kan också återspegla trädens vattenuttag och avdunstning från Bolmen. Denna förklaring bedömer vi som mest sannolik.

9.2. Föroreningar i jord

I tabell 2 redovisas uppmätta halter av dioxin i jord inom sågverksområdet. De uppmätta halterna jämförs med generella riktvärden för känslig och mindre känslig markanvändning, utgivna av Naturvårdsverket. I bilaga 1 redovisas en karta med provtagningspunkternas läge, samt dioxinhalter i yttlig jord (0-0,5 m). Analysprotokoll redovisas i bilaga 5.

Tabell 2. Uppmätta dioxinhalter i jordprover (ng/kg TS, sum WHO-PCDD/F-TEQ upperbound).

Provtagningsyta	Ingående delprover (provbeteckning)	Nivå (cirka)	PCDD/F TEQ, inkl LOD (ng/kg TS)
Upplag sv området	101+102+103	0-0,5 m	1,7
Upplag klubbstuga	104+105+106	0-0,5 m	2,8
Nya sorteringen, under hus	107+108	0-0,5 m	37
Gamla sorteringen, under hus	109+110	0-0,5 m	17
Äldre sorteringen, utanför hus	111	0-0,5 m	37
Äldre sorteringen,	109+110+111+112	0,5-1 m	130
Upplagsyta N såghuset	113+114+115	0-0,5 m	14
Grävuddermassor	117+118+119	0-0,5 m	3,6
Nya doppningen	120+121+122	0-0,5 m	272
Nya doppningen	120+121	0,5-1 m	4,8
Nya doppningen	120+122	2-3 m	1,9
Nya doppningen "inre ring"	SB1-5	0-0,5 m	5,2
Nya doppningen "inre ring"	SB1-5	0,5-1 m	2,5
Nya doppningen "yttre ring"	SB6-10	0-0,5 m	13
Nya doppningen "yttre ring"	SB6-10	0,5-1 m	5,5
Gamla doppningen, vid doppkar	SB20	0-0,5 m	8,6
Gamla doppningen, vid doppkar	SB20	0,5-1 m	1,9
Gamla doppningen, vid doppkar	SB20	1,5-2 m	1,9
Gamla doppningen, vid doppkar	SB20	2-3 m	1,8
Gamla doppningen "inre ring"	SB11-15	0-0,5 m	413
Gamla doppningen "inre ring"	SB11*	0-0,5 m	670
Gamla doppningen "inre ring"	SB12*	0-0,5 m	65
Gamla doppningen "inre ring"	SB13*	0-0,5 m	8
Gamla doppningen "inre ring"	SB14*	0-0,5 m	5
Gamla doppningen "inre ring"	SB15*	0-0,5 m	14
Gamla doppningen "inre ring"	SB11-15	0,5-1 m	289
Gamla doppningen "yttre ring"	SB16-19	0-0,5 m	36
Gamla doppningen "yttre ring"	SB16-19	0,5-1 m	3,3
Campingen, lagring timmer	SB21-22	0-0,3 m	7,4
Campingen, virkesupplag	SB23	0-0,5 m	1,9
Campingen, barkhögar?	SB24-26	0-0,5 m	2,6
Campingen, barkhögar?	SB24-26	0,5-1 m	3,8
Campingen, kulle, justeringshus	SB27-28	0-0,7 m	32
Campingen, kulle, justeringshus	SB27-28	0,7-1-1,4 m	6,0
Generella riktvärden NV	KM		20
	MKM		200

*Analys av sparade (i frys) delprover utförd november 2015.

Av tabellen framgår sammanfattningsvis följande:

- Den uppmätta halten av dioxin i yttlig jord invid den nya doppningsanläggningen överskrider det generella riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM).

- De uppmätta halterna i samlingsprover närmast den gamla doppimpregneringsanläggningen ("inre ring") överskrider det generella riktvärdet för MKM, dock ej i ytlig jord precis vid läget för doppkaret (SB20). Analyserade delprover (november 2015) visar att uppmätt dioxinhalt i samlingsprovet huvudsakligen härrör från provpunkt B11, belägen sydost om det gamla doppningskaret.
- De uppmätta halterna i anslutning till sorteringslängan - som även inhyste det ursprungliga doppkaret - uppgår till i storleksordningen ½ - 2 ggr det generella riktvärdet för känslig markanvändning (KM).
- För de f.d. upplagsytorna samt de provtagna grävuddermassorna är halterna låga och med bred marginal underskridande Naturvårdsverkets generella riktvärden.
- Inom campingområdet är dioxinhalterna generellt låga, med undantag av ytlig jord på kullen av fyllnadsmassor där justeringshuset legat, där det generella riktvärdet för KM överskrids något.

Låga halter av pentaklorfenol och diklorfenol detekterades i ytlig jord vid platsen för det gamla doppimpregneringskaret. Se tabell 3.

Tabell 3. Uppmätta halter av klorfenoler i jordprover (µg/kg TS).

Provets märkning	SB 1-5	SB 1-5	SB 16-19	SB 16-19	SB 20	SB 20	SB 120+122	KM	MKM
Djup	0-0,5 m	0,5-1 m	0-0,5 m	0,5-1 m	1,5-2 m	2-3 m	2-3 m		
Torrsubstans (%)	82,1	85,8	90,2	82,6	85	83,6	79,4		
2,3,4,5-Tetraklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,3,4,6-Tetraklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,3,4-Triklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,3,5,6-Tetraklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,3,5-Triklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,3,6-Triklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,3-Diklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,4,5-Triklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,4,6-Triklorofenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,4/2,5-Diklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2,6-Diklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
2-Klorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
3,4,5-Triklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
3,4-Diklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
3,5-Diklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	8	<5,0	<5,0		
3-Klorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
4-Klorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		
Pentaklorfenol	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	12	12	<5,0		
Summa klorfenoler					(20)	(12)		500	3000

Ett jordprov analyserades med avseende på DDT och andra pesticider. I jordprovet som togs på upplagsytan norr om det gamla doppimpregneringskaret (Provpunkt 114, nivå 0,5-1,3 m) kunde inga av de analyserade bekämpningsmedlen detekteras. Se tabell 4.

Tabell 4. Uppmätta halter av pesticider i jord från upplagsytan norr om det gamla doppimpregneringskaret.

Parameter (µg/kg TS)	S114, nivå 0,5-1,3 m	Parameter (µg/kg TS)	S114, nivå 0,5-1,3 m
Torrsubstans (%)	22,5	Endosulfan-alpha	<1,1
Aldrin	<1,1	Endosulfan-beta	<1,1
Chlordane-alpha	<1,1	Endrin	<1,1
Chlordane-gamma	<1,1	HCH, alpha-	<1,1
S:a Klordaner	<1,1	HCH-beta	<1,1
DDD, p,p'-	<1,1	HCH-delta	<1,1
DDD-o,p	<1,1	HCH,gamma- (Lindane)	<1,1
DDE, p,p'-	<1,1	Heptachlor	<1,1
DDE-o,p	<1,1	Heptaklorepoxyd (cis)	<1,1
DDT, o,p'-	<1,1	Heptaklorepoxyde - trans	<1,1
DDT,p,p'-	<1,1	Hexachlorbenzene	<1,1
DDT	<1,1	Pentachloraniline	<1,1
Dieldrin	<1,1	Quintozene	<1,1

Metallhalterna var genomgående låga, understigande Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning (KM) i analyserade jordprover, med undantag av arsenik i ett prov där halten något överskred KM och barium i ett prov där riktvärdet för KM tangerades, se tabell 5 och 6.

Tabell 5. Uppmätta metallhalter i jordprover (mg/kg TS).

Parameter	104+105 +106	109+110	109+110+ 111+112	113+114+ 115	117+118+ 119	120+121	KM	MKM
Djup (m)			0,5-1			0,5-1		
Torrsubstans (%)	88,3	93,5	83,9	93,7	66,6	69,5		
Arsenik As	< 2,1	< 2,0	< 2,2	< 2,0	12	< 2,6	10	25
Barium Ba	32	33	40	31	94	64	200	300
Bly Pb	16	8,2	14	5,4	14	17	50	400
Kadmium Cd	< 0,12	< 0,11	< 0,12	< 0,11	0,18	0,14	0,5	15
Kobolt Co	2,5	2,4	2,6	2,5	3,7	2,3	15	35
Koppar Cu	7,5	9	15	7,6	23	9,5	80	200
Krom Cr	4	3,3	4,3	3,7	5,7	4,7	80	150
Nickel Ni	3,6	3,5	3,5	3,7	7,5	3,4	40	120
Vanadin V	14	7,7	11	12	28	15	100	200
Zink Zn	35	52	61	35	41	16	250	500

Tabell 6. Uppmätta metallhalter i jordprover (mg/kg TS).

Parameter	SB 120+122	SB 1-5	SB 1-5	SB 16-19	SB 16-19	SB 20	SB 20	KM	MKM
Djup (m)	2-3	0-0,5	0,5-1	0-0,5	0,5-1	1,5-2	2-3		
Torrsubstans (%)	79,4	82,1	85,8	90,2	82,6	85	83,6		
Arsenik As	< 2,3	< 2,2	< 2,1	< 2,0	< 2,2	< 2,2	< 2,2	10	25
Barium Ba	27	39	38	200	31	23	13	200	300
Bly Pb	2,2	20	17	39	7,3	2,5	2	50	400
Kadmium Cd	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,5	15
Kobolt Co	2	2	2,2	2,2	2,5	4,4	1,4	15	35
Koppar Cu	5,2	12	11	56	7,9	8	5,4	80	200
Krom Cr	5,8	5,7	4,4	8,8	3,6	3	2,7	80	150
Nickel Ni	3,5	3,3	3,2	3,9	3,5	3,7	2,3	40	120
Vanadin V	9,8	12	11	10	11	7,1	5,7	100	200
Zink Zn	16	35	47	45	27	13	11	250	500

9.3. Föroreningar i grund- och ytvatten

I tabell 7-9 redovisas uppmätta halter av klorfenoler i grundvattnet i respektive grundvattenrör, i brunnsvatten och i ytvatten från sjön Bolmen. Uppmätta halter jämförs med Livsmedelsverkets dricksvattennorm för bekämpningsmedel (SLVFS2001:30), WHO Guidelines (WHO 2008) för klorfenoler i dricksvatten och för smak, samt med de Kanadensiska vattenkvalitetskriterierna för sötvattenorganismer (CCME 2013). Analysprotokoll redovisas i bilaga 5.

Tabell 7. Uppmätta halter av klorfenoler i brunn- och grundvatten (µg/l).

Klorfenoler i grund- o ytvatten	Brunn	Nya doppkaret			Gamla doppkaret			
Ämne	Brunn 1	GV2:5 juni	GV2:7 juni	GV2:12 juni	GV01:3 juni	GV01:3 dec	GV01:15 juni	GV01:15 dec
Akvifär	Mn	Mn	Mn	Mn/Le	Mn	Mn	Mn/Le	Mn/Le
Pentaklorfenol	<0,010	0,09	0,03	<0,01	1,4	4,7	<0,010	<0,010
2,3,4,5-Tetraklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	2,8	0,3	<0,010	<0,010
2,3,4,6-Tetraklorfenol	<0,010	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,47	0,63	0,33
2,3,4-Triklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,056	<0,010	<0,010
2,3,5,6-Tetraklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	0,19	1,6	0,33	0,037
2,3,5-Triklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	0,51	0,52	<0,010	<0,010
2,3,6-Triklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	<0,010	<0,010
2,3-Diklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	0,091	<0,010	<0,010	<0,010
2,4,5-Triklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,12	<0,010	0,014
2,4,6-Triklorfenol	<0,010	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	0,094	31	8,9
2,4/2,5-Diklorfenol	<0,010	<0,060	<0,01	<0,01	1,3	0,5	0,83	1,6
2,6-Diklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	0,22	0,12
2-Klorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,019	<0,010	0,11
3,4,5-Triklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	27	1,5	<0,010	<0,010
3,4-Diklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	10	1,3	<0,010	0,011
3,5-Diklorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	2,9	8,2	<0,010	<0,010
3-Klorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	49	1,2	<0,010	0,066
4-Klorfenol	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,010	<0,010	0,39
Provtagningsdatum	131121	130626	130626	130626	130626	131203	130626	131203
Ämnesgrupp	Brunn 1	GV2:5	GV2:7	GV2:12	GV01:3	GV01:3	GV01:15	GV01:15
Pentaklorfenol	<0,010	0,09	0,03	<0,01	1,4	4,7	<0,010	<0,010
Tetraklorfenoler	<0,030	0,018	<0,030	<0,030	2,99	2,37	0,96	0,367
Triklorfenoler	<0,060	0,079	<0,060	<0,060	27,5	2,4	31	8,91
Diklorfenoler	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	14,3	10	1,05	1,73
Monoklorfenoler	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	49	1,22	<0,030	0,566
Summa klorfenoler:	<0,050	0,185	0,025	<0,010	95,2	16,0	33,0	11,6

Tabell 8. Uppmätta halter av klorfenoler i grund- och ytvatten (µg/l).

Klorfenoler i grund- o ytvatten	SO om gamla doppkaret		Öster om gamla doppkaret			NO om gamla doppkaret			Bolmen
Ämne	GV03:08	GV03:19	GV04:09	GV04:19	GV4:26	GV05:09	GV05:18	GV05:25	YV1
Akvifär	Mn	Mn/Le	Mn	Mn/Le	Mn/Berg	Mn	Mn/Le	Mn/Berg	Ytvatten
Pentaklorfenol	<0,010	<0,010	0,033	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,3,4,5-Tetraklorfenol	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,3,4,6-Tetraklorfenol	<0,010	<0,010	0,14	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,3,4-Triklorfenol	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,3,5,6-Tetraklorfenol	<0,010	<0,010	0,019	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,3,5-Triklorfenol	<0,010	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,3,6-Triklorfenol	<0,010	<0,010	0,033	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,3-Diklorfenol	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,4,5-Triklorfenol	<0,010	<0,010	0,32	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,4,6-Triklorfenol	<0,010	<0,010	0,18	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2,4/2,5-Diklorfenol	0,042	0,11	0,87*	0,039	0,18	0,014	0,047	0,015	<0,010
2,6-Diklorfenol	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2-Klorfenol	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
3,4,5-Triklorfenol	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
3,4-Diklorfenol	<0,010	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
3,5-Diklorfenol	0,01	0,014	<0,010	<0,010	0,02	<0,010	0,012	<0,010	<0,010
3-Klorfenol	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
4-Klorfenol	<0,010	<0,010	0,019	<0,010	<0,010	<0,010	0,029	<0,010	<0,010
Provtagningsdatum	131203	131203	131203	131203	131203	131203	131203	131203	131121
Ämnesgrupp	GV03:08	GV03:19	GV04:09	GV04:19	GV4:26	GV05:09	GV05:18	GV05:25	YV1
Pentaklorfenol	<0,010	<0,010	0,033	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Tetraklorfenoler	<0,030	<0,030	0,16	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Triklorfenoler	<0,060	<0,060	0,56	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060	<0,060
Diklorfenoler	0,052	0,12	0,88*	0,039	0,2	0,014	0,059	0,015	<0,050
Monoklorfenoler	<0,030	<0,030	0,019	<0,030	<0,030	<0,030	0,029	<0,0300	<0,030
Summa klorfenoler:	0,052	0,12	1,67	0,039	0,2	0,014	0,088	0,015	<0,050

*Riktvärde WHO smak

Tabell 9. Jämförvärden för klorfenoler i grund- och ytvatten (µg/l).

Klorfenoler i grund- o ytvatten	JÄMFÖRVÄRDEN/RIKTVÄRDEN			
Ämne	Vattenkval. Krit. CCME	Guideline WHO	WHO	SLVFS2001:30
<i>Akvifär</i>	<i>Sötvattenorganismer</i>	<i>Dricksvatten</i>	<i>Smak</i>	<i>Dricksvatten*</i>
Pentaklorfenol		9		0,1
2,3,4,5-Tetraklorfenol				0,1
2,3,4,6-Tetraklorfenol				0,1
2,3,4-Triklorfenol				0,1
2,3,5,6-Tetraklorfenol				0,1
2,3,5-Triklorfenol				0,1
2,3,6-Triklorfenol				0,1
2,3-Diklorfenol				0,1
2,4,5-Triklorfenol				0,1
2,4,6-Triklorofenol		200	2	0,1
2,4/2,5-Diklorfenol			0,3	0,1
2,6-Diklorfenol				0,1
2-Klorfenol			0,1	0,1
3,4,5-Triklorfenol				0,1
3,4-Diklorfenol				0,1
3,5-Diklorfenol				0,1
3-Klorfenol				0,1
4-Klorfenol				0,1
Ämnesgrupp				
Pentaklorfenol	7			
Tetraklorfenoler	1			
Triklorfenoler	18			
Diklorfenoler	0,2			
Monoklorfenoler	7			
Summa klorfenoler:				0,5**

*Bekämpningsmedel

**Summa bekämpningsmedel

Av tabellen framgår följande:

- Vid det gamla doppkaret har klorfenoler påvisats i grundvattnet, vilket visar att impregneringsvätska historiskt har släppts ut till mark via t.ex. större spill och/eller långvarigt läckage. Klorfenoler har påvisats i det ytliga morängrundvattnet, men också i det rör som installerats med intagsdel i övergången morän/lera på cirka 15 m djup.
- Halterna varierar över tiden. Betydligt lägre halter detekterades i den andra provtagningsomgången. Detta kan möjligen bero på varierande mängd av finpartiklar.
- Vid det nya doppkaret har genomgående mycket låga halter av klorfenoler påvisats i det ytliga och intermediära morängrundvattnet. I det djupa morängrundvattnet kunde inga klorfenoler detekteras.
- I grundvattnet (GV 3, 4 och 5) ca 15-30 meter "nedströms" den gamla doppimpregneringsanläggning detekterades genomgående låga halter av klorfenoler i både ytligt/intermediärt grundvatten i moränen och i djupare grundvatten i övergången morän/lera och även i moränen under leran.
- I det grundvattenrör (GV4) som är beläget centralt "nedströms" den gamla doppimpregneringsanläggningen detekterades något högre halter av klorfenoler i det ytliga/intermediära grundvatten i moränen jämfört med övriga grundvattenrör (GV 3 och 5).
- Inga klorfenoler kunde detekteras i vattnet från brunnen (Brunn 1) belägen "uppströms" doppimpregneringskaren.
- Inga klorfenoler kunde detekteras i ytvattnet från Bolmen.

Petroleumrelaterade ämnen analyserades i "ytligt" grundvatten från grundvattenröret beläget vid den nya doppimpregneringsanläggningen. Vid denna plats har även ett truckgarage varit beläget och farmartankar för diesel varit uppställda. Inga petroleumrelaterade ämnen detekterades. Se tabell 10.

Tabell 10. Uppmätta halter av petroleumrelaterade ämnen i grundvatten (mg/l).

Ämne (mg/l)*	GV 2: 7 m
Bensen	<0,0005
Toluen	<0,001
Etylbensen	<0,001
M/P/O-Xylen	<0,001
Summa TEX	<0,002
Alifater >C5-C12	<0,03
Alifater >C12-C35	<0,05
Aromater >C12-C35	<0,07
Aromater >C10-C16	<0,01
Aromater >C16-C35	<0,005
Oljetyp	Ej påvisad

*Provtagningsdatum: 2013-06-05

Med anledning av att grundvattnet vid det nya doppkaret uppvisade knappt mätbara halter av klorfenoler - i kombination med att en "citruslukt" noterades vid provtagning - togs beslut om en ny grundvattenprovtagning, i syfte att kontrollera om andra doppningskemikalier förekommer i grundvattnet. Utifrån en genomgång av Kemikalieinspektionens bekämpningsmedelsdatabas (www.kemi.se) valdes några doppningspreparat ut för analys. Urvalet baserades dels på uppgifter om lukt och färg, period då medlet varit godkänt för användning och möjlighet att analysera ämnet. Inget av ämnena kunde påvisas i grundvattenproverna. Se tabell 11.

Tabell 11. Uppmätta halter av träimpregneringsmedel i grundvatten ($\mu\text{g/l}$).

Ämne ($\mu\text{g/l}$)*	GV 2: 5 m	GV 2: 7 m
2-fenylfenol	<0,05	<0,05
Benzalkoniumklorid	<10	<10
didecyl-dimetylammoniumklorid	<10	<10
Guazatinacetate (kvalitativ)	<500	<500

*Provtagningsdatum: 2013-09-23

9.4. Föroreningar i sediment

I tabell 12 redovisas uppmätta halter av metaller i ytliga sedimentprover, uttagna med bottenhuggare. De uppmätta halterna jämförs med bakgrundshalter i sediment i södra Sverige (NV 2008), samt med kanadensiska (CCME 2013) och holländska effektbaserade jämförvärden (RIVM 2001).

För de kanadensiska jämförvärdena redovisas effektnivån PEL (Probable Effect Level) som motsvarar en nivå där det är troligt att negativa effekter kan uppstå på vattenlevande växter och djur. Riktvärdena baseras på observationer i fält, vilket medför att det inte kan uteslutas att observerade effekter beror på annat än totalhalten metaller.

De holländska riktvärdena är framtagna genom försök i laboratorium. Eftersom biotillgänglighet för metaller kan variera mycket mellan olika sediment, kan osäkerheter förekomma. Jämförvärdet MPC_{eco} (Maximum Permissible Concentration) representerar en halt där endast små biologiska effekter antas förekomma (95 % av arterna eller individerna i det akvatiska ekosystemet drabbas inte av negativa effekter). Riktvärdet SRC_{eco} (Serious Risk Concentration) representerar en halt där allvarliga biologiska effekter kan antas förekomma (allvarliga negativa effekter förväntas för 50 % av arterna eller processerna i det akvatiska ekosystemet). Provtagningspunkternas lägen redovisas i figur 16. Analysprotokoll redovisas i bilaga 5.

Tabell 12. Metallhalter i ytliga (ca 0 - 0,2 m) sediment från Värseviken i Bolmen. Enhet (mg/kg TS).

Ämne	SED 2	SED 3	Bakgrund södra Sverige	PEL	MPC _{ECO}	SRC _{ECO}
Notering	Synligt spån & barkrester	Synliga barkrester	-	-	-	-
Koppar (Cu)	43	21	20	197	56	635
Zink (Zn)	150	93	240	315	770	6500
Kadmium (Cd)	2,1	1,8	1,4	3,5	30	820
Bly (Pb)	34	16	80	91	4580	63005
Krom (Cr)	8	5	15	90	1715	42015
Nickel (Ni)	30	14	10	-	20	2610
Kobolt (Co)	10	8	-	-	62	3215
Arsenik (As)	8	12	10	17	170	5908
Vanadin (V)	19	15	20	-	-	-
Kvicksilver Hg	0,07	0,05	0,16	0,49	26	1500

PEL (Probable Effect Level)

MPC_{eco} (Maximum Permissible Concentration)

SRC_{eco} (Serious Risk Concentration)

Av tabellen framgår sammanfattningsvis följande:

- I de två ytliga (ca 0 - 0,2 m) provtagningspunkterna noterades synliga barkrester, vilket indikerar att kemiska analyser har utförts på i sammanhanget relevanta prover.
- Uppmätt halt av nickel i ett av sedimentproverna överskrider MPC_{ECO}, men underskrider SRC_{ECO} med mycket bred marginal. De uppmätta metallhalterna är i övrigt att betrakta som låga och underskridande de effektbaserade jämförvärdena.

I tabell 13 nedan redovisas uppmätta halter av PAH-16 och dioxin i ytliga sedimentprover. De uppmätta halterna jämförs med holländska och kanadensiska effektbaserade jämförvärden.

Tabell 13. Halter av dioxin och PAH-16 i ytliga (ca 0 - 0,2 m) sediment från Värseviken i Bolmen.

Ämne	Enhet	SED 1	SED 2	SED 3	PEL	SRC _{ECO}
Notering	-	Synliga barkrester			-	-
PAH-16	mg/kg TS	-	2,5	1,3	-	40
WHO(2005)-PCDD/F TEQ	µg/kg TS	9	12	4	21,5	~200

Tabellen visar sammanfattningsvis att uppmätta halter av PAH och dioxiner i ytliga sedimentprover underskrider de använda jämförvärdena med bred marginal. Att synliga barkrester påvisats i samtliga provtagningspunkter tyder på att kemiska analyser har utförts på i sammanhanget relevanta sedimentprover. Karaktärisering av sedimentproverna avseende bark och spån m.m. redovisas i tabell 14. Lokaliseringen av sedimentlokalerna framgår av figur 16

Tabell 14. Sediment – innehåll av bark och spån.

ID	Bottenmaterial
Sed 1	Barkrester med synligt spån
Sed 2	Barkrester med synligt spån
Sed 3	Mestadels bark och gyttja
Sed 4	Fina rötter samt synliga äldre rötter och pinnar - ingen synlig koppling till sågverksverksamhet
Sed 5	Fina rötter samt synliga äldre rötter och pinnar - ingen synlig koppling till sågverksverksamhet
Sed 6	Barkrester med mindre delar sågspån samt synlig ljusgrå mellansand



Figur 16. Lokalisering av provpunkter för sediment i Värseviken i Sjön Bolmen.

10. RISKBEDÖMNING

10.1. Problembeskrivning

Syftet med riskbedömningen har varit att uppskatta vilka risker föroreningssituationen innebär och hur mycket riskerna behöver reduceras för att det inte ska uppstå oacceptabla effekter på miljö, hälsa och naturresurser idag och i framtiden. Riskbedömningen har utgått från nuvarande markanvändning som utgörs av en småbåtshamn och ett campingområde. De huvudsakliga föroreningskällorna bedöms vara dels dioxiner i yttlig jord vid platsen för det gamla doppimpregneringskaret och klorfenoler på samma plats i ytligt/intermediärt morängrundvatten ner till övergången morän/lera på cirka 15 m djup under markytan.

Föroreningar i den omättade zonen (ovan grundvattenytan) kan mobiliseras av infiltrerande vatten (regnvatten) och transporteras ned till grundvattnet. På samma sätt medför grundvatten som strömmar genom de förorenade massorna att förorening i den mättade zonen frigörs. Den huvudsakliga spridningsvägen för klorfenoler bedöms vara spridning via morängrundvattnet ovan leran i riktning mot recipienten Bolmen. Låga halter av diklorfenoler detekterades även under lerlagret i moränen ovan berget. Denna spridningsväg bedöms dock vara av mindre omfattning. Fastläggning av föroreningar i marken och utspädning med oförorenat grundvatten gör att halten i grundvattnet avtar med ökande avstånd från källan. Dioxiner har en låg löslighet i vatten, men kan till viss del transporteras med mobilt organiskt kol i finpartikulär eller löst form. I den omättade zonen sker en avdunstning av flyktiga föroreningar från porvatten och från grundvattenytan.

Människor kan exponeras för ångor genom inandning. Denna exponeringsväg är viktigare inomhus än utomhus på grund av den större utspädningen av ångor som sker utomhus. Klorfenoler och dioxiner har låga ångtryck och de förångas i ringa omfattning, därför bedöms denna exponeringsväg vara av mindre betydelse.

Föroreningar som dioxiner kan spridas genom damning från ytlig mark och från djupare skikt vid exempelvis schaktarbete varvid människor som vistas i området kan exponeras. Växter på området kan ta upp förorening och människor och djur kan exponeras för föroreningar genom intag av växter. Inom det aktuella området bedöms dock intaget av växter att vara mycket begränsat eftersom ingen odling sker. Direkt exponering för främst dioxiner kan ske genom oralt intag av jord samt inandning av jordpartiklar (damm).

Platsspecifika riktvärden har beräknats för att ange en haltnivå av föroreningar i marken som inte innebär oacceptabla risker för människors hälsa eller markmiljön. Riktvärdena anger också haltnivåer som inte medför någon oacceptabel spridning till yt- och grundvatten. De huvudsakliga skyddsobjekten bedöms vara:

- Barn och vuxna som vistas inom området
- Växter och djur som finns inom markområdet
- Det akvatiska livet i Bolmen
- Bolmen som dricksvattentäkt

10.2. Övergripande åtgärds mål

De övergripande åtgärds målen beskriver vilka krav som ställs på skydd av hälsa och miljö i omgivningen samt allmänna och enskilda intressen.

Följande övergripande åtgärds mål föreslås för området som helhet:

- Eventuella föroreningar i mark och vatten skall inte utgöra oacceptabla hälsorisker för människor som vistas inom området. Både barn och vuxna skall kunna komma i direkt kontakt med jorden på området utan att ska riskera att leda till negativa hälsoeffekter.
- Området skall inte ge upphov till föroreningsnivåer i Bolmen som resulterar i begränsningar i möjligheten att utnyttja denna för rekreation, som exempelvis bad och fiske, eller till dricksvatten eller bevattning.
- Förorenings spridning från området skall ej medföra sådant utläckage att det medför risker för det ekologiska systemet i Bolmen eller en belastning som på sikt kan leda till en ökad antropogen bakgrunds nivå av föroreningar.

Följande restriktioner för markanvändningen ska gälla: Inget uttag av grundvatten skall ske från området.

10.3. Områdesbeskrivning

Sågverksamhet har bedrivits på platsen sedan den första sågverksbyggnaden invigdes år 1877. Under 1950-talet skedde en modernisering och utbyggnad av sågverk och brädgård. Moderniseringen omfattade bland annat användning av dieseldrivna brädgårdstruckar på området, inklusive egen tankning, samt en successiv övergång från flottning till lastbilstransport av timmer till sågverket. I och med övergången till marklagring av timmer började sågat virke behandlas mot blånad. Doppimpregnering med preparat, innehållande pentaklorfenol och klorfenoler med lägre kloreringsgrad, samt med innehåll av dioxinförorening, har utförts på två platser inom området, dels invid såghuset (från 1950-talet till början av 1970-talet) och dels på en plats sydost därom (från början av 1970-talet). Sågverket lades slutligen ned i juli 1978.

Efter nedläggningen revs de flesta byggnaderna innan Ljungby kommun köpte området i början av 1980-talet. Området delades, så att den norra halvan blev camping och den södra halvan småbåtshamn med båtuppställning vintertid. Området används fortfarande för samma ändamål.

Den naturliga jordarten utgörs av morän (sandig siltig) ner till mellan 12 och 19 meters djup under markytan. Moränen överlagras av fyllning med en mäktighet av ca 0,5-1 meter. Moränen underlagras av lera med en mäktighet av ca 5 meter, som i sin tur underlagras av en bottenmorän. Jorddjupet till berg uppgår till mellan ca 20 och 26 meter. Det ursprungliga sågverket anlades på en smal udde. Omfattande utfyllnader har skett i sjön Bolmen över tid, med bland annat sågspån blandat med block och sprängsten.

Lerlagret - och därmed sannolikt berget - bedöms sluta i riktning mot sjön Bolmen. Grundvattnets strömningsriktning bedöms vara nordvästlig i riktning mot ytvattenrecipienten sjön Bolmen. Platsen

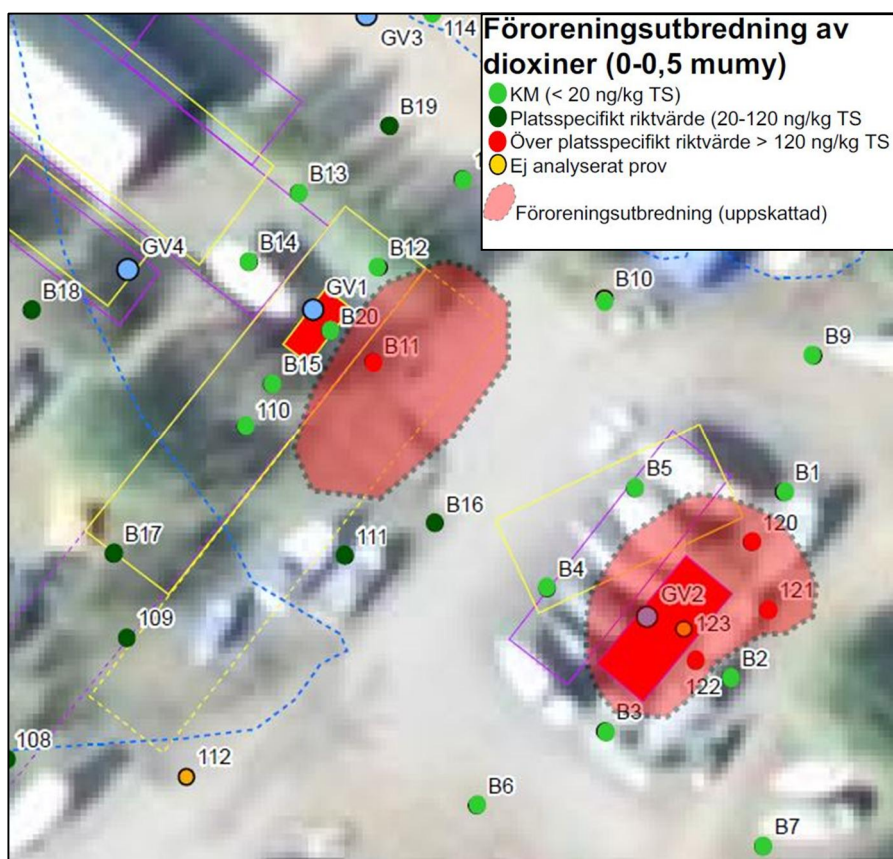
för det gamla doppimpregneringskaret är belägen ca 50 meter från sjön och platsen för det nya karet ca 90 meter från sjön. Se även tolkade geologiska sektioner i figur 17 och 18 i avsnitt 11.4.

10.4. Föroreningssituationen

Jord

Uppmätta halter av dioxiner i marken inom hamnområdet överskred Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) i 3 av totalt 22 samlingsprover, dels i yttlig jord i ett område runt det gamla doppimpregneringskaret ("inre ring", 0-0,5 m och 0,5 -1 m), samt invid det nya doppimpregneringskaret (Prov 120+121+122, 0-0,5 m). I övrigt underskreds Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känslig markanvändning inom hamnområdet. Högsta uppmätta dioxinhalt var 670 ng/kg TS (enskilt prov B11, mätt som WHO PCDD/F TEQ, upperbound), vilken motsvarar ungefär tre gånger det generella riktvärdet för MKM (200 ng/kg TS).

Inom Campingområdet var dioxinhalterna genomgående låga och underskred Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning (KM) med undantag av ett prov med yttlig jord från en skogsbevuxen kulle där justeringshuset varit beläget. Dioxinhalten i detta prov uppmättes till 32 ng/kg TS, vilket kan jämföras med det generella riktvärdet för KM (20 ng/kg TS). Totalt analyserades 6 samlingsprover från Campingområdet. Föroreningssituationen vid de båda impregneringsplatserna visas i figur 17 i förhållande till generella och beräknade platsspecifika riktvärden (se avsnitt 10.9).



Figur 17. Bedömd utbredning av dioxinförorenad yttlig jord vid de båda doppimpregneringsplatserna vid Bolmens f.d. sågverk. Se även bilaga 1b.

Grundvatten

Vid det gamla doppkaret har klorfenoler påvisats i grundvattnet (GV01), vilket visar att impregneringsvätska historiskt har släppts ut till mark via t.ex. större spill och/eller långvarigt läckage. Klorfenoler har påvisats i det ytliga morängrundvattnet, men också i det rör som installerats med intagsdel i övergången morän/lera på cirka 15 m djup. Halterna varierar över tiden. Betydligt lägre halter detekterades i den andra provtagningsomgången. Klorfenoler med olika kloreringsgrad detekterades från pentaklorfenol till monoklorfenoler. Högst halter förekom av tri-, di- och monoklorfenoler. Mono- och diklorfenoler är nedbrytningsprodukter. Tri- och tetraklorfenoler kan också vara nedbrytningsprodukter av pentaklorfenol eller så kan de ha ingått som komponenter i använt preparat som t.ex. Servarex teknisk.

Vid det nya doppkaret har genomgående mycket låga halter av klorfenoler påvisats i det ytliga och intermediära grundvattnet (GV02). I det djupa morängrundvattnet kunde inga klorfenoler detekteras.

I grundvattnet (GV 3, 4 och 5) ca 15-30 meter "nedströms" den gamla doppimpregneringsanläggningen detekterades genomgående låga halter av klorfenoler i både ytligt/intermediärt grundvatten i moränen och i djupare grundvatten i övergången morän/lera och även i moränen under leran. I det grundvattenrör (GV 4) som är beläget centralt "nedströms" den gamla doppimpregneringsanläggningen detekterades något högre halter av klorfenoler (främst di- och triklorfenoler) i det ytliga/intermediära grundvattnet i moränen jämfört med övriga grundvattenrör (GV 3 och 5). Inga klorfenoler kunde detekteras i vattnet från brunnen belägen i samhället "uppströms" doppimpregneringskaren.

Petroleumrelaterade ämnen analyserades i "ytligt" grundvatten från grundvattenröret beläget vid den nya doppimpregneringsanläggningen. Vid denna plats har även ett truckgarage varit beläget och farmartankar för diesel varit uppställda. Inga petroleumrelaterade ämnen detekterades. Med anledning av att grundvattnet vid det nya doppkaret uppvisade gulaktig färg och "citrusluk" analyserades grundvattnet även med avseende på andra möjliga doppimpregneringskemikalier förutom klorfenoler. Inga av dessa ämnen kunde detekteras (fenylfenol, bensalkoniumklorid, didecyl-dimetylammoniumklorid, guazatinacetat).

I figur 18 och 19 visas tolkade geologiska sektioner utifrån utförda borrhningar. Halten av klorfenoler i respektive grundvattenrör och tidpunkt redovisas också.

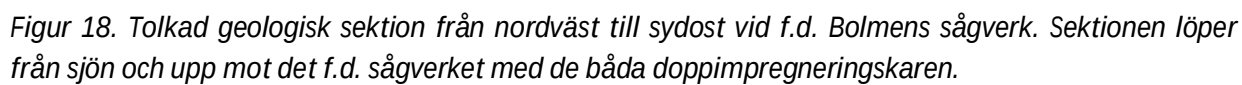
Ytvatten

Inga klorfenoler kunde detekteras i ytvattnet från sjön Bolmen.

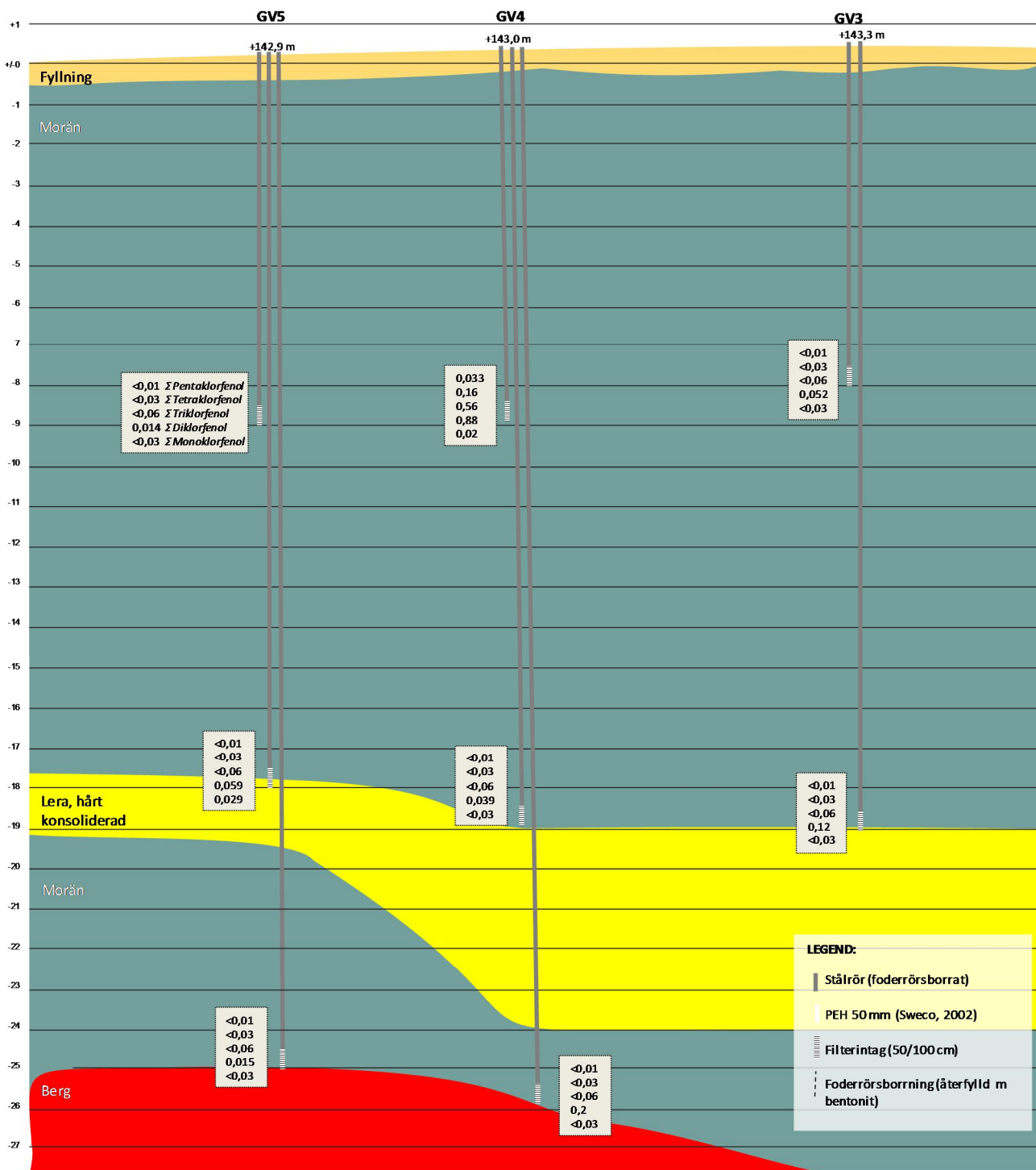
Sediment

Ytsediment (0-0,2 m) i närrecipienten (Värseviken i Bolmen) undersöktes med avseende på metaller, PAH-16 och dioxiner. Uppmätta föroreningshalter var genomgående låga i sedimenten, med undantag av en något förhöjd halt av nickel jämfört med normala bakgrundhalter. Barkrester noterades i prover från 4 av totalt 6 sedimentlokaler.

Baserad på tolkningar av nu och tidigare genomförda undersökningar.



BOLMEN: TOLKAD GEOLOGISK SEKTION SYDVÄST MOT NORDOST
Baserad på tolkningar av nu och tidigare genomförda undersökningar.



Figur 19. Tolkad geologisk sektion från sydväst mot nordost vid f.d. Bolmens sågverk. Sektionen löper parallellt med sjön Bolmens strand mellan sjön och den gamla doppimpregneringsanläggningen.

10.5. Bakgrundshalter

Dioxiner är antropogena ämnen som endast i mycket begränsad utsträckning finns naturligt i miljön. På grund av utsläpp vid exempelvis förbränning finns en diffus bakgrundsbelastning av dioxin. I Sverige har en 90-percentil av bakgrundshalten bedömts ligga på ca 10 ng TEQ/kg TS (Naturvårdsverket, 1997). Inom det aktuella undersökningsområdet är de lägsta påvisade halterna i yttlig jord (0-0,5 m) runt 2-3 ng TEQ/kg. Även klorfenoler är antropogena ämnen. Bakgrundshalterna av klorfenoler förväntas underskrida rapporteringsgränserna i förekommande analyser, 5 µg/kg TS.

10.6. Föroreningsspridning och belastning

Förorening av dioxiner i yttlig mark (0-1 m) och klorfenoler i yttligt och intermediärt grundvatten har konstaterats vid den gamla doppimpregneringsanläggningen. De uppmätta halterna av klorfenoler i grundvattnet (som högst ca 0,1 mg summa klorfenoler/l) eller dioxiner i marken (som högst ca 400 ng/kg TS) bedöms, med hänsyn till främst fastläggnings- och utspädningsprocesser, inte utgöra något allvarligt hot mot råvattenkvaliteten i ytvattentäkten Bolmen. Sjöns volym uppgår till i storleksordningen 1 000 000 000 m³ och erfarenhetsmässigt förväntas förorenat grundvatten med halter i storleksordningen 0,1 mg/l som läcker ut i sjön omedelbart spädas ut till halter som inte kan påvisas med kommersiella analysmetoder. Inga klorfenoler kunde detekteras i ytvattenprov tagit vid strandkanten direkt utanför platsen för doppimpregneringskaren (summa klorfenoler <0,050 µg/l).

Någon betydande påverkan av klorfenoler på grundvattnet har inte påvisats vid det nya doppimpregneringskaret. Detta kan t.ex. bero på att spillet varit mycket begränsat, delvis beroende på att verksamheten bedrevs under mycket kort tid. Dioxiner har dock detekterats i yttlig jord även vid det nya karet (som högst ca 300 ng/kg TS).

Grundvattenföroreningen av klorfenoler kan dock utgöra ett hot mot den lokala grundvattenkvaliteten. Om moränggrundvatten används för t.ex. dricksvattenändamål så kan en hälsorisk föreligga. Privata brunnar finns i samhället öster om sågverket och utifrån kontinuerliga grundvattenmätningar kan det inte uteslutas att pumpade uttag sker i närområdet. Genomförda grundvattenanalyser mellan den gamla doppningen och dessa brunnar indikerar dock att ingen spridning sker mot brunnarna öster om sågverket. Analys av vattnet i den närmast i öster lokaliserade brunnen, belägen ca 120 m från det gamla doppimpregneringskaret och ca 80 m från det nya doppimpregneringskaret, visade inte på några detekterbara halter av klorfenoler. Samhället förses med kommunalt vatten och brunnarna används inte för dricksvattenändamål, däremot kan användning för bevattning förekomma.

10.7. Bedömning av hälsorisker

För att bedöma hälsoriskerna vid vistelse inom området har dels platsspecifika riktvärden för jord tagits fram enligt Naturvårdsverkets beräkningsmodell (Naturvårdsverket, 2009a) och dels har en fördjupad hälsoriskbedömning utförts. Den fördjupad hälsoriskbedömning, som utförts av WSP, har främst syftat till att belysa de hälsorisker som kan finnas med exponering av dioxin via intag av jord inom det f.d. sågverksområdet. I hälsoriskbedömningen har det, utifrån representativa dioxinhalter i jord, beräknats vilket bidrag som olika dioxinhalter motsvarar i förhållande till tolerabelt dagligt intag (TDI), se vidare avsnitt 10.10. Den fördjupade hälsoriskbedömning redovisas i sin helhet i bilaga 4.

I Naturvårdsverkets beräkningsmodell ingår även underlag för att bedöma miljörisker inom området samt spridning till omgivningarna. De övergripande åtgärds målen har svarat som utgångspunkt vid beräkning av de platsspecifika riktvärdena. Människor (t.ex. barn) kan exponeras för markföroreningar (främst dioxiner) genom oralt intag av jord och inandning av jordpartiklar (damm). Växter på området kan ta upp föroreningarna och människor kan exponeras för föroreningar genom intag av växter. Inom det aktuella området bedöms dock intaget av växter vara mycket begränsat eftersom ingen odling sker. Exponering kan teoretiskt även ske genom intag av förorenat yt- eller grundvatten (främst klorfenoler). Inget grundvattenuttag för dricksvattenändamål förekommer i området. Se vidare under avsnitt 10.9 Platsspecifika riktvärden för mark.

10.8. Bedömning av miljörisker

De generella riktvärdena avseende skydd av markmiljön har använts för bedömning av miljöriskerna. Den ekotoxikologiska komponenten i riktvärdet för känslig markanvändning skyddar markfunktioner till den skydds nivå som är lämplig för den aktuella markanvändningen, samt skyddar djur som vistas på området. Att föroreningar, exempelvis dioxiner, bioackumuleras i näringskedjan har beaktats vid framtagning av riktvärdena. Se vidare under avsnitt 10.9 Platsspecifika riktvärden för mark.

10.9. Platsspecifika riktvärden för mark

Platsspecifika riktvärden för jord har beräknats enligt Naturvårdsverkets modell (Naturvårdsverket, 2009a). Modellen beaktar olika exponeringsvägar och skyddsobjekt och beräknar utifrån detta olika "delriktvärden":

- *Hälsoriskbaserat riktvärde* för olika exponeringsvägar som avser att skydda människor som vistas på området. Riktvärdet anger en haltgräns i jorden under vilken man inte förväntar sig några negativa hälsoeffekter för vuxna eller barn.
- *Riktvärde för skydd av markmiljön*, markens funktion och djur som vistas inom området.
- *Riktvärde för skydd av miljön i nedströms liggande ytvattenrecipient*.
- *Riktvärde för skydd av grundvattnet* i området.

De olika "delriktvärdena" vägs samman till ett sammanvägt riktvärde där även exponering från andra källor och bakgrundshalter vägs in. Utdrag från beräkningsprogrammet redovisas i bilaga 3.

Riktvärden har tagits fram för de ämnen där halter över rapporteringsgräns uppmäts i föreliggande undersökning eller tidigare utförd undersökning. Dessa ämnen är dioxiner, klorfenoler, PAH, BTEX, alifatiska och aromatiska kolväten. Dock har inga riktvärden beräknats för metaller då dessa genomgående detekterats i förhållandevis låga halter (under de generella riktvärdena för KM med något undantag).

Det f.d. sågverksområdet har delats in i två delområden dels hamnområdet/båtopplaget och dels campingområdet för vilka separata beräkningar av platsspecifika riktvärden har utförts. Båtopplaget används mest intensivt under vår och höst i samband med isättning och upptag av båtar. Campingområdet används huvudsakligen under sommaren. Båda områdena kan dock nyttjas som strövområden under andra delar av året. På vissa punkter avviker förutsättningarna för områdena från de som antagits vid beräkningen av Naturvårdsverkets generella riktvärden för KM respektive MKM. De parametrar som avviker vid beräkningen av de platsspecifika riktvärdena jämfört med de värden som använts för beräkning av de generella riktvärdena redovisas i tabell 15.

Tabell 15. Platsspecifika exponeringsdata som använts för beräkning av de platsspecifika riktvärdena för f.d. Bolmens sågverk. Exponeringsdata för beräkning av Naturvårdsverkets generella riktvärden visas som jämförelse.

Exponeringsväg	Platsspecifika parametrar		Jämförelse med:	
	Hamnområdet	Campingen	KM	MKM
Intag av dricksvatten	beaktas ej	beaktas ej	beaktas	beaktas ej
Scenariospecifika modellparametrar	MKM-värde	KM-värde	KM-värde	MKM-värde
Exp.tid barn - intag av jord	90	120	365	60
Exp.tid vuxna - intag av jord	200	200	365	200
Exp.tid barn - hudkontakt jord/damm	90	120	120	60
Exp.tid vuxna - hudkontakt jord/damm	90	120	120	90
Exp.tid barn - inandning av damm	90	120	365	60
Exp.tid vuxna - inandning av damm	200	200	365	200
Andel inomhusvistelse - inandning av damm	0,5	0,5	1	1
Exp.tid barn - inandning av ånga	90	120	365	60
Exp.tid vuxna - inandning av ånga	200	200	365	200
Andel inomhusvistelse - inandning av ånga	0,5	0,5	1	1
Intag av växter	beaktas	Beaktas	beaktas	beaktas ej
Andel växter från odling på plats (ca 2 kg/år för vuxna och ca 1 kg/år för barn)	0,001	0,001	0,1	0
Akviferens mäktighet (m)	25	25	10	10
Avstånd till brunn (m)	100	100	0	200
Skydd av markmiljö	MKM-värde	KM-värde	KM-värde	MKM-värde

Både hamnområdet och campingområdet används för fritid och rekreation med olika markanvändning. Både barn och vuxna kan vistas relativt frekvent på områdena. För hamnområdet har vistelsetiden generellt antagits vara ca 3 månader per år (90 dagar) och för campingen till ca 4 månader per år (120 dagar). Inga värden för exponeringstid har antagits vara lägre än de som anges för beräkningarna av de generella riktvärdena för MKM, vilket medför att vistelsetiden för vissa parametrar blir så lång som 200 dagar per år. Detta medför sannolikt en överskattning av de verkliga vistelsetiderna. I den fördjupade hälsoriskbedömningen, som redogörs för nedan, har för vissa beräkningar valts kortare och mer realistiska vistelsetider för respektive delområde. I beräkningarna av de platsspecifika riktvärdena har halva vistelsen antagits ske inomhus och halva vistelsen ske utomhus.

Ett begränsat intag av växter från området antas ske. Mängden motsvarar en begränsad konsumtion av svamp och bär (ca 2 kg/år för vuxen och ca 1 kg/år för barn). Ingen konsumtion av dricksvatten från brunnar inom området antas ske eftersom området har kommunalt dricksvatten. För att skydda markmiljön inom campingområdet tillämpas de generella riktvärdena för skydd av markmiljön enligt KM, vilket innebär att markens funktioner inte är begränsande för markanvändningen. För hamnområdet har skydd av markmiljön motsvarande MKM ansetts vara tillräckligt.

Beräknade platsspecifika riktvärden redovisas i tabell 16, 17 och 18.

Tabell 16. Platsspecifika riktvärden för de dominerande föroreningarna vid f.d. Bolmens sågverk. Jämförelse med de generella riktvärdena. OBS, enheten för dioxiner anges i ng/kg TS.

Ämne	Platsspecifikt riktvärde		Generellt riktvärde	
	Hamnområdet	Campingområdet	KM	MKM
Dioxin (TCDD-ekv)	120 ng/kg TS	60 ng/kg TS	20 ng/kg TS	200 ng/kg TS
Monoklorfenoler	1,8 mg/kg TS	0,5 mg/kg TS	0,5 mg/kg TS*	3 mg/kg TS*
Diklorfenoler	3,5 mg/kg TS	0,5 mg/kg TS		
Triklorfenoler	5,0 mg/kg TS	0,5 mg/kg TS		
Tetraklorfenoler	5,0 mg/kg TS	0,5 mg/kg TS		
Pentaklorfenol	5,0 mg/kg TS	0,5 mg/kg TS		

*Det generella riktvärdet avser summa klorfenoler (mono - penta).

Tabell 17. Platsspecifika riktvärden, samt ingående "delriktvärden" för föroreningarna vid f.d. Bolmens sågverk, hamnområdet.

Platsspecifika riktvärden f.d. Bolmens sågverk, Hamnområdet					
Ämne (mg/kg TS)	Hälsorisk-baserat riktvärde	Skydd av markmiljö	Spridning		Avrundat riktvärde
			Skydd av grundvatten	Skydd av ytvatten	
Dioxin (TCDD-ekv)	0,00013	0,002	0,00023	0,00078	0,00012
Monoklorfenoler	170	5	1,8	25	1,8
Diklorfenoler	260	5	3,7	29	3,5
Triklorfenoler	3800	5	68	240	5,0
Tetraklorfenoler	2500	5	29	20	5,0
Pentaklorfenol	100	5	8,3	26	5,0
PAH L	430	15	21	170	15
PAH M	36	40	66	110	35
PAH H	14	10	21	150	10
Bensen	2,1	50	0,049	34	0,050
Toluen	220	50	54	54	50
Etylbensen	1100	50	61	140	50
Xylen	190	50	79	110	50
Alifat >C5-C6	94	200	56	97	60
Alifat >C6-C8	320	200	420	870	200
Aromat >C8-C10	250	500	3200	3300	250
Alifat >C10-C12	2100	500	37000	76000	500
Alifat >C12-C16	5700	500	86000	ej begr.	500
Alifat >C16-C35	450000	1000	160000	ej begr.	1 000
Aromat >C8-C10	810	50	210	720	50
Aromat >C10-C16	4800	15	63	530	15
Aromat >C16-C35	4300	40	39	67	40

Tabell 18. Platsspecifika riktvärden, samt ingående "delriktvärden" för föroreningarna vid f.d. Bolmens sågverk, campingområdet.

Platsspecifika riktvärden f.d. Bolmens sågverk, Campingområdet					
Ämne (mg/kg TS)	Hälsorisk-baserat riktvärde	Skydd av markmiljö	Spridning		Avrundat riktvärde
			Skydd av grundvatten	Skydd av ytvatten	
Dioxin (TCDD-ekv)	0,00006	0,00025	0,00023	0,00078	0,000060
Monoklorfenoler	67	0,5	1,8	25	0,50
Diklorfenoler	130	0,5	3,7	29	0,50
Triklorfenoler	1400	0,5	68	240	0,50
Tetraklorfenoler	1300	0,5	29	20	0,50
Pentaklorfenol	75	0,5	8,3	26	0,50
PAH L	140	3	21	170	3,0
PAH M	12	10	66	110	10
PAH H	5,5	2,5	21	150	2,5
Bensen	0,71	10	0,049	34	0,050
Toluen	73	10	54	54	10
Etylbensen	380	10	61	140	10
Xylen	64	10	79	110	10
Alifat >C5-C6	31	50	56	97	30
Alifat >C6-C8	110	50	420	870	50
Aromat >C8-C10	84	100	3200	3300	80
Alifat >C10-C12	700	100	37000	76000	100
Alifat >C12-C16	1900	100	86000	ej begr.	100
Alifat >C16-C35	190000	100	160000	ej begr.	100
Aromat >C8-C10	280	10	210	720	10
Aromat >C10-C16	2100	3	63	530	3,0
Aromat >C16-C35	1800	10	39	67	10

Styrande för de platsspecifika riktvärdena för dioxiner är hälsoriktvärdet med intag av jord som dominerande exponeringsväg, samt exponering från andra källor. Riktvärdena baseras vanligen på att 50 % av det tolerabla dagliga intaget (TDI) kan tas i anspråk av det förorenade området. För dioxiner utgörs dock intaget från övriga källor en stor andel av TDI-värdet, varför det förorenade området får bidra med endast 10% av TDI-värdet i beräkningarna. För klorfenolerna är skyddet av markmiljön styrande för de platsspecifika riktvärdena, förutom för mono- och diklorfenoler i hamnområdet där skyddet av grundvatten är styrande.

10.10. Fördjupad hälsoriskbedömning avseende dioxin – sammanfattning

En fördjupad hälsoriskbedömning har utförts, av WSP, vilken syftat till att mer ingående belysa de hälsorisker som kan finnas med exponering av dioxin via intag av jord inom det f.d. sågverksområdet. I den fördjupade hälsoriskbedömningen har det, utifrån representativa dioxinhalter i jord, beräknats vilket bidrag som olika dioxinhalter motsvarar i förhållande till tolerabelt dagligt intag (TDI). Den fördjupade hälsoriskbedömning, som redovisas i sin helhet i bilaga 4, har omfattat statistisk bearbetning av resultaten, exponeringsanalys (innefattande bedömning av bakgrundsexponeringen, dioxiners biotillgänglighet och oralt intag av jord), effektanalys, riskkaraktärisering, samt en bedömning av föreliggande osäkerheter. Slutsatserna som dras i den fördjupad hälsoriskbedömning redovisas nedan.

En genomlysning av föroreningsituation i jord vid Bolmens f.d. sågverk visar att:

- Dioxinförorening i jord i hamnområdet (Bolmens båtklubbs område) och campingområdet har en heterogen utbredning. Representativa halter av dioxin i jord är högst vid de f.d. doppkaren, med en representativ halt på 833 ng TEQ/kg TS (90-percentil stickprov) vid det gamla doppkaret och 242 ng TEQ/kg TS (90-percentil samlingsprov) vid det nya doppkaret. I övriga båtklubbsområdet är den representativa halten 38 ng TEQ/kg TS (UCLM₉₅) och vid campingen 22 ng TEQ/kg TS (90-percentil samlingsprov).
- Dioxinhalter i jord inom området Bolmens småbåtshamn och campingen medför inte några långsiktiga hälsorisker. Dioxinföroreningen får ge ett ofrivilligt bidrag av dioxin i storleksordningen mindre än 10 % av TDI (tolerabelt dagligt intag) till vuxna och barn enligt Naturvårdsverkets riktvärdesmodell (NV 2009b). Detta dioxinbidrag motsvarar en ökad årsbelastning på mindre än 2 % jämfört med bakgrundsbelastningen av dioxin (enligt Livsmedelsverket). Med beaktande av de osäkerheter som lyfts fram kan ett sådant bidrag anses försumbart.
- Inom området där doppimpregnering bedrivits kan dioxinförorenad jord, motsvarande de representativa halterna, ge ett ofrivilligt bidrag av dioxin som vid exponeringstillfället överskrider TDI.
- Lokalt vid platserna där doppimpregneringskaren varit belägna förekommer dioxinhalter, som vid enstaka större intag jord för små barn, kan ge en ökad dioxindos motsvarande 70 % av den genomsnittliga bakgrundsbelastningen under ett år.

Vetenskapliga studier visar att biotillgänglighet av dioxin i jord är lägre (10-20%) än de 100 % som antagits i beräkningarna i den fördjupade hälsoriskbedömningen. Ovansående slutsatser är därmed konservativa. Sammantaget konstateras att föroreningsituation i området där det gamla doppimpregneringskaret varit beläget bör åtgärdas för att undvika risker vid enstaka större intag av jord. Exponering för dioxinförorenad jord kan ge ett ofrivilligt tillskott till en redan hög bakgrundsbelastning. I övrigt, både i hamnområdet och på campingen, är dioxinhalterna lägre och bedöms inte utgöra en långsiktig hälsorisk med dagens markanvändning. Det finns dock osäkerheter avseende vilka maxhalter som kan finnas inom området där det nya doppimpregneringskaret varit

beläget eftersom endast samlingsprover analyserats. Denna osäkerhet bör klargöras innan slutligt beslut om åtgärd tas.

10.11. Sammanfattande riskbedömning

De övergripande åtgärdsmålen har svarat som utgångspunkt för beräkning av platsspecifika riktvärden för det f.d. sågverksområdet i Bolmen. Separata platsspecifika riktvärden har beräknats för båthamnen/båtklubben och campingen gällande dioxiner och andra föroreningsämnen som detekterats i undersökningsområdet. Dioxiner har konstaterats vara den huvudsakliga föroreningen i jord. Det platsspecifika riktvärdet för dioxiner har beräknats till 120 ng/kg TS för området som omfattar båthamnen/båtklubben och till 60 ng/kg TS för campingområdet.

Människor (t.ex. barn) kan exponeras för markföroreningar i form av dioxiner främst genom oralt intag av jord och inandning av jordpartiklar (damm). Högst dioxinhalter har detekterats i yttlig mark (0-1 m) vid den gamla doppimpregneringsplatsen. Dioxinhalten uppmättes som högst till 670 ng/kg TS i föreliggande undersökning och 1483 ng/kg TS i en tidigare utförd undersökning (SWECO VIAK 2002). Vid den nya doppimpregneringsplatsen detekterades som högst 272 ng/kg TS (i ett samlingsprov). I den fördjupade hälsoriskbedömningen har representativa halter av dioxin i jord beräknats för platserna runt de f.d. doppimpregneringskaren, med en representativ halt på 833 ng TEQ/kg TS (90-percentil stickprov) vid det gamla doppkaret och 242 ng TEQ/kg TS (90-percentil samlingsprov) vid det nya doppkaret. I övriga båtklubbområdet har den representativa halten beräknats till 38 ng TEQ/kg TS (UCLM₉₅) och till 22 ng TEQ/kg TS (90-percentil samlingsprov) i campingområdet. De representativa dioxinhalterna överskrider det platsspecifika riktvärdet (120 ng/kg TS) vid både den gamla och den nya doppimpregneringsplatsen. Utbredningen av dioxinföroreningen bedöms vara förhållandevis begränsad till platserna där doppimpregneringskaren varit lokaliserade. Inom båtklubbområdet i övrigt underskrider den representativa dioxinhalten det platsspecifika riktvärdet (120 ng/kg TS). Tilläggas kan att endast en analyserad halt utanför doppningsområdena (samlingsprov vid sorteringen) överskrider det platsspecifika riktvärdet. Inom campingområdet underskrider samtliga analyserade jordprover det platsspecifika riktvärdet (60 ng/kg/TS).

I den fördjupade hälsoriskbedömningen bedöms uppmätta dioxinhalter i jord inom området Bolmens småbåtshamn och campingen inte medföra några långsiktiga hälsorisker. Dioxinföroreningen får ge ett ofrivilligt bidrag av dioxin i storleksordningen mindre än 10 % av TDI (tolerabelt dagligt intag) till vuxna och barn enligt Naturvårdsverkets riktvärdesmodell (NV 2009b). Lokalt inom de båda områden där doppimpregnering bedrivits kan dioxinförorenad jord, motsvarande de representativa halterna, ge ett ofrivilligt bidrag av dioxin som vid exponeringstillfället överskrider TDI. Där doppimpregneringskaren varit belägna förekommer dioxinhalter, som vid enstaka större intag jord för små barn, kan ge en ökad dioxindos motsvarande 70 % av den genomsnittliga årliga bakgrundsbelastningen. Detta medför att föroreningssituation i området där det gamla doppimpregneringskaret varit beläget bör åtgärdas för att undvika risker vid enstaka större intag av jord. I övrigt, både i hamnområdet och på campingen, är dioxinhalterna lägre och bedöms inte utgöra en långsiktig hälsorisk med dagens markanvändning. Det finns dock osäkerheter avseende vilka maxhalter som kan finnas inom området där det nya doppimpregneringskaret varit beläget eftersom endast samlingsprover analyserats, vilket medför att även detta område kan behöva åtgärdas. Denna osäkerhet bör klargöras innan slutligt beslut om åtgärd tas.

Dioxinföroreningarna bedöms begränsade till en yta av ca 10x20 m både den gamla och den nya doppimpregneringsanläggningen. Tillsammans uppskattas de båda förorenade ytorna mycket grovt till ca 500 m² och den förorenade volymen till ca 500 m³, vilket motsvarar ca 900 ton. Osäkerheter föreligger gällande föroreningsutbredningen. Dioxinföroreningen är inte detaljavgränsad varken i yt- eller djupled. Inför eller i samband med en eventuell saneringsinsats behöver kompletterande utredningar genomföras för att detaljavgränsa föroreningarna.

Förorening av klorfenoler i främst ytligt och intermediärt grundvattnet har konstaterats vid den gamla doppimpregneringsanläggningen. De uppmätta halterna av klorfenoler i grundvattnet (som högst ca 0,1 mg summa klorfenoler/l) bedöms, med hänsyn till främst utspädningsprocesser, inte utgöra något hot mot råvattenkvaliteten i ytvattentäkten Bolmen. Sjöns volym uppgår till i storleksordningen 1 000 000 000 m³ och erfarenhetsmässigt förväntas förorenat grundvatten med halter i storleksordningen 0,1 mg/l som läcker ut i sjön omedelbart spädas ut till halter som inte kan påvisas med kommersiella analysmetoder. Inga klorfenoler kunde detekteras i ytvattenprov tagit vid strandkanten direkt utanför platsen för doppimpregneringskaren (summa klorfenoler <0,050 µg/l).

Någon betydande påverkan av klorfenoler på grundvattnet har inte påvisats vid det nya doppimpregneringskaret. Detta kan t.ex. bero på att spillet varit mycket begränsat, delvis beroende på att verksamheten bedrevs under mycket kort tid.

Grundvattenföroreningen av klorfenoler kan möjligen utgöra ett hot mot den lokala grundvattenkvaliteten. Om moränggrundvatten används för t.ex. dricksvattenändamål så kan en hälsorisk föreligga. Privata brunnar finns i samhället öster om sågverket och utifrån kontinuerliga grundvattenmätningar kan det inte uteslutas att pumpade uttag sker i närområdet. Genomförda grundvattenanalyser mellan den gamla doppimpregneringsplatsen och dessa brunnar indikerar dock att ingen spridning sker mot brunnarna öster om sågverket. Analys av vattnet i den närmast i öster lokaliserade brunnen, belägen ca 120 m från det gamla doppimpregneringskaret och ca 80 m från det nya doppimpregneringskaret, visade inte på några detekterbara halter av klorfenoler. Samhället förses med kommunalt vatten och brunnarna används inte för dricksvattenändamål, däremot kan användning för bevattning förekomma.

Inget behov av riskreduktion bedöms föreligga gällande föroreningen av klorfenoler i mark och grundvatten varken med avseende på Bolmen som ytvattentäckt för dricksvatten, för bad, fiske eller annan rekreation, eller med avseende på eventuellt grundvattenuttag i samhället.

11. KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR OCH ÅTGÄRDER

11.1. Åtgärdsbehov

Ett åtgärdsbehov bedöms föreligga avseende dioxiner i ytlig jord (ca 0-1 m under markytan) i relativt begränsade områden (totalt ca 500 m²) vid både den gamla och den nya doppimpregneringsplatsen eftersom dioxinhalterna här är så pass höga att enstaka större intag jord för små barn, kan ge ett förhållandevis stort bidrag till dioxinintaget (ca 70 % av bakgrundsbelastningen). I övrigt inom undersökningsområdet bedöms inget åtgärdsbehov föreligga.

11.2. Utredningsbehov/kunskapsluckor

Inför en eventuell saneringsinsats behöver kompletterande undersökning genomföras avseende detaljavgränsning av konstaterad dioxinförorening vid de båda doppimpregneringsplatserna.

11.3. Kompletterande undersökningar

Detaljavgränsning av dioxinföroreningen i både djup- och ytled kan göras före eller under projekteringsfasen genom en detaljerad undersökning där massorna förklassificeras i selektiva efterbehandlingsvolymmer (SEV) med avseende på dioxininnehåll och innehåll av organiskt material. En lämplig omfattning kan vara att varje SEV utgörs av en volym av 10 m x 10 m x 0,5 m (50 m³). Tillsammans med befintliga provresultat bör föroreningen på detta sätt kunna detaljavgränsas genom kompletterande provtagning i ca 3-5 provpunkter vardera på den nya respektive gamla impregneringsplatsen. Provtagning bör utföras ner till 1-1,5 meters djup under markytan. Totalt bedöms ca 20 dioxinanalyser/TOC-analyser (kostnad ca 3500 kr/analys) vara tillräckligt för att detaljavgränsa föroreningen. Provtagningen görs lämpligen genom skruvborrprovtagning, vilket bedöms kunna utföras under en dag på plats.

11.4. Åtgärds mål

11.4.1. ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL

Följande övergripande åtgärds mål föreslås för området som helhet:

- Eventuella föroreningar i mark och vatten skall inte utgöra oacceptabla hälsorisker för människor som vistas inom området. Både barn och vuxna skall kunna komma i direkt kontakt med jorden på området utan att detta leder till negativa hälsoeffekter.
- Området skall inte ge upphov till föroreningsnivåer i Bolmen som resulterar i begränsningar i möjligheten att utnyttja denna för rekreation, som exempelvis bad och fiske, eller till dricksvatten eller bevattning.
- Föroreningsspridning från området skall ej medföra sådant utläckage att det medför risker för det ekologiska systemet i Bolmen eller en belastning som på sikt kan leda till en ökad antropogen bakgrunds nivå av föroreningar.

Följande restriktion för markanvändningen ska gälla: Inget uttag av grundvatten skall ske från området.

11.4.2. MÄTBARA ÅTGÄRDSMÅL

Följande mätbara åtgärds mål föreslås för hamnområdet (områdena runt doppimpregneringskaren):

Det platsspecifika riktvärdet 120 ng/kg TS för dioxiner som beräknats med Naturvårdsverkets riktvärdesmodell ska gälla som mätbart åtgärds mål. Jämförelse med åtgärds målet/platsspecifika riktvärdet görs mot medelvärdet (UCLM₉₅) för dioxinhalten i delområdet.

11.4.3. NOLLALTERNATIVET

"Nollalternativet" d.v.s. alternativet att inga åtgärder vidtas innebär att nuvarande exponeringssituation med risk för hälsoskadlig exponering permanentas. Som nämnts ovan bedöms i första hand en risk för exponering föreligga med avseende på dioxiner i yttlig jord.

11.4.4. ÅTGÄRDSALTERNATIV

I tabell 18 jämförs tänkbara åtgärdsalternativ med avseende på nedan uppräknade parametrar:

- Måluppfyllelse jämfört med riskbedömningen
- (Kostnader)
- Teknik
- Risker vid genomförande
- Omgivningspåverkan
- Prövningsplikt
- Inverkan på natur- och kulturmiljövärden
- Inverkan på landskapet
- Återvinning av material/kretslopp

Slutsatser

Följande åtgärds metod bedöms som mest fördelaktig för dioxinföroreningarna vid Bolmens f.d. sågverk:

- Urschaktning och omhändertagande av förorenade massor genom deponering på extern mottagningsanläggning.
- Urschaktning och omhändertagande av förorenade massor med högt innehåll av organiskt material (t.ex. spån och bark) genom förbränning på extern behandlingsanläggning.

Övertäckning av området för att minska exponering för människor som vistas inom området från kvarlämnade föroreningar bedöms kunna vara ett alternativ. Detta alternativ bedöms dock ej vara en långsiktig lösning och kräver restriktioner för området t.ex. i samband med schakt. Ett problem med övertäckning är också att tunga maskiner ska kunna nyttja området för transport av båtar.

Övriga genomgångna åtgärdsalternativ bedöms ej vara tillräckligt tekniskt beprövade och/eller ekonomisk mindre fördelaktiga.

Tabell 18. Jämförelse mellan åtgärdsalternativ för sanering av dioxiner vid f.d. Bolmens sågverk.

	Bortgrävning Deponering, extern deponi	Bortgrävning Deponering lokalt/nyanlagd deponi	Övertäckning	Jordtvätt on site/off site
Måluppfyllelse jämfört med riskbedömning	Eliminerar risk för miljö- och hälsopåverkan på platsen	Eliminerar risk för miljö- och hälsopåverkan på platsen	Minskar risk för miljö- och hälsopåverkan på platsen	Eliminerar risk för miljö- och hälsopåverkan på platsen
Kostnader, Mkr	1,3*	?	0,2	?
Beprövad teknik	Ja	Ja	Ja	Nej
Risker vid genomförande	Arbetsmiljö, damning	Arbetsmiljö, damning	Små	Arbetsmiljö, damning, lakvatten, buller
Omgivningspåver kan (möjliga negativa miljöeffekter)	Tillfällig forcerad utlakning av dioxiner kan förekomma >> Transporter	Tillfällig forcerad utlakning av dioxiner kan förekomma. Påverkan på närboende, på grundvattnet > Transporter	> Transporter	Tillfällig forcerad utlakning av dioxiner kan förekomma < Transporter/ >>transporter
Prövningsplikt	Anmälningspliktig	Tillståndspliktig	Anmälningspliktig	Tillståndspliktig/ anmälningspliktig
Inverkan på natur- & kultur- miljövärden	Liten inverkan på natur- och kulturmiljö	Stor inverkan på natur- och kulturmiljö	Liten inverkan på natur- och kulturmiljö	Liten inverkan på natur- och kulturmiljö
Inverkan på landskapsbild	Ingen eller liten inverkan efter återfyllnad	Ingen eller liten inverkan efter återfyllnad	Liten inverkan, någon höjning av markytan	Ingen eller liten inverkan efter återfyllnad
Återvinning av material / kretslopp	Sämre material- återvinning	Sämre material- återvinning	Sämre material- återvinning	God material- återvinning

*Kompletterande undersökning tillkommer (ca 0,2 miljoner kronor).

Tabell 18. fortsättning. Jämförelse mellan åtgärdsalternativ för sanering av dioxiner vid f.d. Bolmens sågverk.

	Förbränning on site/off site	Termisk avdrivning on site/off site	Biologisk behandling on site/off site	"Noll- alternativet" ingen åtgärd
Måluppfyllelse jämfört med riskbedömning	Reducerar väsentligt/eliminera risk för miljö- och hälsopåverkan	Reducerar väsentligt/eliminera risk för miljö- och hälsopåverkan	Reducerar väsentligt/eliminera risk för miljö- och hälsopåverkan	Risk för miljö- och hälsopåverkan kvarstår för överskådlig tid
Kostnader	Hög	?	?	Låg
Beprövad teknik	Ja	Nej, låg effektivitet för dioxiner	Nej. Tveksam effektivitet, tar lång tid	-
Risker vid genomförande	Arbetsmiljö närboende (on site)	Arbetsmiljö närboende (on site)	Arbetsmiljö	-
Omgivningspåverk an (möjliga negativa miljöeffekter)	Risk för påverkan på närboende genom utsläpp till luft (on site), damning < Transporter/ >>transporter	Risk för påverkan på närboende genom utsläpp till luft (on site), damning < Transporter/ >>transporter	Risk för påverkan på närboende genom utsläpp till luft (on site), damning < Transporter/ >>transporter	Risk för hälsoskadlig exponering via ytjord, risk för hälsoskadlig exponering vid grävarbeten
Prövningsplikt	Tillståndspliktig/ anmälningspliktig	Tillståndspliktig/ anmälningspliktig	Tillståndspliktig/ anmälningspliktig	Nej
Inverkan på natur- & kultur- miljövärden	Liten inverkan på natur- och kulturmiljö	Liten inverkan på natur- och kulturmiljö	Liten inverkan på natur- och kulturmiljö	Ingen inverkan på natur- och kulturmiljö
Inverkan på landskapsbild	Ingen eller liten inverkan efter återfyllnad	Ingen eller liten inverkan efter återfyllnad	Ingen eller liten inverkan	Ingen inverkan på landskapsbilden
Återvinning av material / kretslopp	God material- återvinning	God material- återvinning	Mycket god material- återvinning	-

11.4.5. SCHAKTSANERING OCH DEPONERING PÅ EXTERN MOTTAGNINGSANLÄGGNING

Massor som är förorenade med dioxiner, i halter över det platsspecifika riktvärdet 120 ng/kg TS TCDD ekvivalenter, schaktas upp och transporteras till extern mottagningsanläggning. Totalt bedöms den förorenade ytan till ca 500 m² och den förorenade volymen till ca 500 m³, vilket motsvarar ca 900 ton. Beräkningarna baseras på ett genomsnittligt schaktdjup av ca 1 meter (0-1 m) och endast schakt ovan grundvattenytan. Avfall Sverige har tagit fram bedömningsgrunder gällande klassificering av förorenade massor som farligt avfall (Avfall Sverige, 2007). Föreslagen haltgräns för dioxiner är 15000 ng/kg TS. Enligt Naturvårdsverkets författningssamling (NFS 2004:10) finns bl.a. gränsvärden för olika organiska parametrar som ska beaktas vid klassificering avseende omhändertagande på mottagningsanläggning för avfall. För TOC gäller att halten får uppgå till maximalt 3 % för deponering som inert avfall, 5 % som icke farligt avfall och 6 % som farligt avfall. För massor innehållande spån och bark har kostnaderna beräknats för transport till SAKAB, Kumla och förbränning i roterugn (antagen mängd 50 ton). För övriga jordmassor är kostnadsberäkningen baserad på transport och mottagning på lokal/regional mottagningsanläggning (Ljungby, Svevia ca 2,5 mil, Häringetorp Växjö ca 7 mil, Hult Jönköping ca 12 mil och Fliseryd Vetlanda ca 13 mil, antagen mängd 2000 ton, antagen sträcka 20 mil t.o.r., antagen milkostnad 20 kr/tonmil). Urschaktade massor ersätts med rena massor till befintligt skick. En översiktlig kostnadsberäkning presenteras i tabell 19. Totalt beräknas grovt kostnaden för en sanering till ca 1,5 miljoner kronor. Stora osäkerheter föreligger (t.ex. gällande mängder, innehåll av organiskt material och deponi kostnad).

Åtgärden kräver anmälan om efterbehandlingsåtgärd i förorenat område enligt 28 § förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

Tabell 19. Kostnadsuppskattning för schaktsanering av dioxinförorening vid f.d. Bolmens sågverk.

Moment	Kostnad (kr/ton)	Mängd (ton)	Summa (kr)
Schakt	100 (50-100)	900	90000
Transport till mottagningsanläggning	400 (100-500)	850	340000
Kostnad för deponering icke farligt avfall	300 (200-400)	850	255000
Transport till mottagningsanläggning av bark/spån	1300 (900-1300)	50	65000
Förbränning av bark och spån	2000 (1000-3000)	50	100000
Återfyllnadsmassor inkl. transport	150 (100-150)	900	135000
Moment	Kostnad (kr)	Antal	Summa
Projektleddning	50000	1	50000
Projektering/Miljökontroll	100000	1	100000
Kompletterande undersökning	200000	1	200000
Övrigt (t.ex. etablering) + oförutsett	Ca 15 %		200000
Summa:			1 535 000

NIRAS

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jonny Bard'.

Jonny Bard
Ekotoxikolog

Granskad av:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Nicklas Larsson'.

Nicklas Larsson
Markvetare

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Monica Ouacha'.

Monica Ouacha
Civilingenjör/Teamchef

12. REFERENSER

Avfall Sverige (2007) Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor. Rapport 2007:01, Avfall Sverige Utveckling.

Naturvårdsverket (2008) Rapport 5799. Förslag till gränsvärden för särskilt förorenande ämnen.

Naturvårdsverket (2009a) Rapport 5976 – Riktvärden för förorenad mark, modellbeskrivning och vägledning.

Naturvårdsverket (2009b) Riskbedömning av förorenade områden. En vägledning från förenklad till fördjupad riskbedömning. Rapport 5977.

RIVM (2001) RIVM report 711701 023. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater.

SGF (2013). Fälthandbok – Undersökningar av förorenade områden. Svenska Geotekniska Föreningen, Rapport 2:2013. ISSN: 1103-7237.

SLV FS (2001) Livsmedelsverkets föreskrifter dricksvatten. SLV FS 2001:30.

SWECO VIAK (2002). Bolmens sågverk, Ljungby kommun, MIFO fas 2, Miljöteknisk markundersökning, Växjö 2002-11-26.

WHO (2008) Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol.1, Recommendations. – 3rd ed.

CCME (2013) Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian Environmental Quality Guidelines for Aquatic Life [electronic resource].