

Tjursbosjön.

Provplatser som inte skall omfattas av volymsammanställning

En plats representerar en yta av (75X100 m) = 7 500 m², eller del av denna yta.

Nivå 1 0-30 cm

Provplats	Yta 100%	Yta 75%	Yta 50%	Yta 25%
17	7 500			
18		5 625		
19			3 750	
54				1 875
57	7 500			
69			3 750	
70				1 875
76	7 500			
77				1 875
86				1 875
101		5 625		
105			3 750	
124	7 500			
130		5 625		
135	7 500			
142		5 625		
148	7 500			
157		5 625		
161		5 625		
Summa	45 000	33 750	11 250	7 500

Totalt 97 500 m² (9,75 ha)

Berörd yta i nivå 1, 0-30 cm = sjöytan 119 ha - totalt ovan

1 190 000 m² - 97 500 m² = 1 092 500 m²

Berörd volym i nivå 1, 0-30 cm: 1 092 500 m² x 0,3 m = 327 750 m³.

Tjursbosjön.

Provplatser som inte skall omfattas av volymsammanställning

En plats representerar en yta av (75X100 m) = 7 500 m², eller del av denna yta.

Nivå 2 30-50 cm

Provplats	Yta	Yta	Yta	Yta	Provplats	Yta	Yta	Yta	Yta
	100%	75%	50%	25%		100%	75%	50%	25%
4	7 500				94	7 500			
7	7 500				95	7 500			
8	7 500				99	7 500			
10	7 500				101		5 625		
12	7 500				102			3 750	
17	7 500				105			3 750	
18		5 625			106	7 500			
19			3 750		109		5 625		
30	7 500				110		5 625		
33	7 500				113			3 750	
34	7 500				118	7 500			
39		5 625			123		5 625		
40		5 625			124	7 500			
42		5 625			127	7 500			
43		5 625			130		5 625		
44	7 500				131		5 625		
45	7 500				133	7 500			
54				1 875	134			3 750	
57	7 500				135	7 500			
61	7 500				140	7 500			
65	7 500				141		5 625		
68	7 500				142		5 625		
69				1 875	143	7 500			
70				1 875	144		5 625		
76	7 500				145	7 500			
77				1 875	146	7 500			
78	7 500				147	7 500			
79	7 500				148	7 500			
86		5 625			149	7 500			
87	7 500				152			3 750	
90	7 500				157		5 625		
93	7 500				159	7 500			
					161				
Summa	157 500	33 750	3 750	7 500		127 500	56 250	18 750	

Totalt 405 000 m²

Berörd yta i nivå 2, 30-50 cm = sjöytan 119 ha - totalt ovan

1 190 000 m² - 405 000 m² = 785 000 m²

Berörd volym i nivå 2, 30-50 cm: 785 000 m² x 0,2 m = 157 000 m³.

Tjursbosjön.

Provplatser som skall omfattas av en volymsammanställning

En plats representerar en yta av (75X100 m) = 7 500 m², eller del av denna yta.

Nivå 3 50-70 cm

Provplats Yta 100% Yta 75% Yta 50% Yta 25%

1			3 750	
2	7 500			
3	7 500			
5	7 500			
9	7 500			
20	7 500			
21	7 500			
22	7 500			
23	7 500			
24	7 500			
25	7 500			
26				
29	7 500			
31	7 500			
37	7 500			
40		5 625		
41		5 625		
48	7 500			
49	7 500			
51	7 500			
59	7 500			
97	7 500			
G5				1 875
G9		5 625		
G10		5 625		
G11				1 875
G12				1 875
G13			3 750	
G14				1 875
G19			3 750	
G20		5 625		
G22		5 625		
G23		5 625		
G24		5 625		
Summa	135 000	45 000	11 250	7 500

Totalt 198 750 m²

Berörd yta i nivå 3, 50-70 cm = totalt ovan = 198 750 m²

Berörd volym i nivå 3, 50-70 cm = 198 750 m² x 0,2 m = 39 750 m³

Tjursbosjön.

Provplatser som skall omfattas av en volymsammanställning

En plats representerar en yta av (75X100 m) = 7 500 m², eller del av denna yta.

Nivå 4 70-100 cm

Provplats Yta 100% Yta 75% Yta 50% Yta 25%

4	7 500
9	7 500
20	7 500
22	7 500
27	7 500
51	7 500
60	7 500
73	7 500
92	7 500
98	7 500

Summa 75 000

Totalt 75 000 m²

Berörd yta i nivå 4, 70-100 cm = totalt ovan = 75 000 m²

Berörd volym i nivå 4, 70-100 cm = 75 000 m² x 0,3 m = 22 500 m³

Total areal- och volymsammanställning för Tjursbosjön

Nivå	Areal (m ²)	Volym (m ³)
1	1 092 500	327 750
2	785 000	157 000
3	198 750	39 750
4	75 000	22 500
Summa	2 151 250	547 000



VÄSTERVIKS
KOMMUN



Projekt Gladhammar rapport 2004:10

SEDIMENTKARTERING AV TJURSBOSJÖN. DEL 2. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.

Ekerö 2005-02-06

Hampus von Post

Innehållsförteckning

1. Uppdrag.....	4
2. Bakgrund.....	5
3. Provplatser.....	5
4. Vattendjup	6
5. Sediment.....	6
6. Gasförekomst.....	8
7. Sedimentens torrsbstanshalt och organiska halt.....	8
8. Föroreningsinnehåll.....	10
9. Förorenade sedimentmängder.....	14
10. Fysikaliska sedimentegenskaper.....	14
11. Skjuvhållfasthet, enaxliga tryckförsök och fallkon.....	17
12. Avvattningsegenskaper.....	18
13. Allmänna förutsättningar.....	19
14. Tekniska aspekter.....	19
14.1 Muddring.....	20
14.2 Avvattning.....	20
14.3 Gas i sedimenten.....	21
14.4 Skyddsskärmar.....	21
14.5 Transporter/etablering.....	21
14.6 Kraftförsörjning.....	22
14.7 Vattenförsörjning.....	22
14.8 Kemikalier och miljöpåverkan.....	22
14.9 Block och sten.....	22
14.10 Vegetation.....	23

Referenser

Figurer

Tabellförteckning

	sid
Tabell	
1. Provplatser och nivåprover.....	5
2. Vattendjup och fördelning på areal.....	6
3. TS- och GF-halt för proverna 1-162, nivå 1-4.....	8
4. TS- och GF-halt för proverna G1-G25, T1-T12 och D1-D4..	8
5. Organisk halt (%GF) för samlingsprov.....	9
6. Co- och Cu-halt för proverna 1-162, nivå 1-4.....	11
7. Co- och Cu-halt för proverna G1-G25, T1-T12 och D1-D4...	11
8. Förorenade arealer och volymer fördelade på sedimentdjup...	15
9. Fysikaliska undersökningar på samlingsprov.....	16
10. Enaxliga tryckförsök och skjuvhållfasthet	17
11. Avvattningssegenskaper för samlingsprov.....	18

Figurförteckning

Figurerna finns samlade i rapportens slut under, **Figurer**

Utbredningskartor för metallhalter i sediment:

Kobolt; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm och 70-100 cm

Koppar; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm och 70-100 cm

Djupkarta

Huvudstudie Gladhammars Gruvor. **Sedimentkartering av Tjursbosjön.**

Västerviks kommun genomför, med bidragsmedel från Länsstyrelsen i Kalmar län Projekt Gladhammars gruvor, en huvudstudie enligt Naturvårdsverket kvalitetsmanual för efterbehandling av förorenade områden.

Gladhammars gruvfält i Västerviks kommun har utnyttjats för brytning av järn, koppar och kobolt i olika perioder från 1500-talet fram till 1800-talets slut. Dessa gruvbrytningar har genererat stora utsläpp av metaller, främst koppar och kobolt, till det nedströms liggande sjösystemet och den långvariga belastningen har bidragit till att metaller har anrikats i sedimenten. Tjursbosjön ligger överst i systemet och efterföljande sjöar är Ekenässjön, Kyrksjön och Maren.

Projektets syfte är att utreda möjligheterna för att minska miljöbelastningen av tungmetaller, framför allt koppar och kobolt från gruvfältet, till intilliggande sjösystem. Inom ramen för huvudstudien genomförs därför omfattande undersökningar av förekomsten och spridningen av främst tungmetaller från gruvavfall och sediment, möjligheten till åtgärder m.m.. Även de kulturhistoriska värdena utreds.

Undersökningarna inom ramen för projektet styrs av Västerviks kommun med Envipro Miljöteknik AB som stöd, samt upphandlade underkonsulter. I projektet deltar också miljöenheten och kulturmiljöfunktionen vid Länsstyrelsen i Kalmar.

Denna rapport är en del i Huvudstudien.

1. Uppdrag

MiljöManagement Svenska AB har på uppdrag av Västerviks kommun genomfört en undersökning av förorenade sediment i Tjursbosjön. Karteringen skall ge underlag för en åtgärdsutredning där olika tekniska alternativ och ekonomiska förutsättningar skall utredas. I detta ingår alternativ med olika typer av muddring (bl.a gräv-, sug- och frysmuddring), avvattning och deponering av sedimenten samt övertäckning av sedimenten in-situ. För att nå dessa mål bör karteringen klarlägga de förorenade sedimentens:

utbredning i plan och djup
karaktär
torrsbstanshalt
densitet
organisk halt
kornstorlek
skjuvhållfasthet
föroreningsinnehåll
muddringsförutsättningar
avvattningsegenskaper

Uppdraget omfattar att sedimenten skall provtas och analyseras vid 150 stycken provplatser. Förutom dessa provplatser skall ytterligare 50 stycken platser provtas och okulärbesiktigas. Dessa prover skall sparas för eventuellt kompletterande analyser. Samlingsprover skall inte tillämpas.

I varje provpunkt skall sammanhängande prov tas ut till 70 cm (helst 100 cm) djup under sedimentytan. Prover skall tas ut representerande nivåerna; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm samt om möjligt 70-100 cm.

Upptagna prover skall okulärbesiktigas med avseende på sedimenttyp och sammansättning (jordartsbestämning), färg och fasthet.

I samband med provtagningen skall noteringar göras avseende gasförekomst vid varje provplats samt vegetationens utbredning och andra hinder som block, sten, sjunktimmer, etc, i syfte att klarlägga hinder för muddring.

Preliminärt skall sedimentnivåerna 0-30 cm och 30-50 cm skickas till analys för bestämning av metallhalt och torrsbstanshalt. Övriga prover sparas för kompletterande analyser.

Kemiska analyser samt torrsbstanshalt ingår inte i uppdraget.

Resultaten av undersökningarna skall redovisas dels i en *Undersökningsdel* (del 1) och i en del med *Slutsatser och rekommendationer* (del 2).

2. Bakgrund

Tjursbosjön har sedan början av 1500-talet påverkats av den gruvdrift som pågått vid Gladhammars gruvor i sjöns nordöstra del. Den största volymen malm som utvunnit är kopparmalm medan kobolt kanske varit den kommersiellt viktigaste mineralen. Idag finns föroreningar av många metaller, men främst av kobolt och koppar, spridda över hela sjön yta.

Gladhammars gruvor tillhör Sveriges äldsta med dokumenterad verksamhet sedan tidiga 1500-talet (möjligen även tidigare) och 400 år framåt i tiden, fram till slutet av 1800-talet. Brytningen skedde först för utvinning av järn men kvaliteten var på denna var dålig då den innehöll för mycket koppar, varför man istället började utvinna kopparmalm. 1777 upptäckte man att berget var rikt på kobolt och fyndigheten vid Gladhammar är den största som hittats i Sverige och den som haft den största produktionen i landet. Under perioden 1807-1892 utvanns 256 ton kobolt vid Gladhammars gruvor

3. Provplatser

Undersökningarna i Tjursbosjön har utförts på 162 förutbestämda provplatser fördelade över sjöytan med en ekvidistans på 75 m i ost/västlig riktning och 100 m i nord/sydlig riktning.

Denna provplatsomfattning kompletterades under fältarbetsfasen med 12 stycken strandnära provplatser (T1-T12) och med en provplats vardera inom de fyra djuphålorna (D1-D4) samt med 25 platser inom Gruvviken (G1-G25) där föroreningshalterna förväntades kunna vara högre än i övriga sjön.

Det totala antalet provplatser blev därmed 203 stycken och antalet uttagna nivåprover blev 588 stycken. Provplatsernas fördelning framgår av *Kartbilagan* i Undersökningdelen och *tabell 1* nedan.

Tabell 1. Provplatser och nivåprover.

<i>Del- område</i>	<i>Antal provplatser</i>	<i>Benämning</i>	<i>Antal nivåprov</i>
<i>Ursprunglig Omfattning</i>	162	1-162	457
<i>Strandnära</i>	12	T1-T12	35
<i>Djuphålorna</i>	4	D1-D4	24
<i>Gruvviken</i>	25	G1-G25	72
<i>Totalt antal</i>	203		588

4. Vattendjup

Undersökning

Tjursbosjön har tidigare ekolodats på sitt vattendjup av Myrica AB och denna djupkarta redovisas under *Kartbilagor* i "Del 1, Undersökningsdelen".

För varje enskild provplats har vattendjupen kontrollerats manuellt och noteringar gjorts i fältprotokollen, se bilaga 3 i "Del 1, Undersökningsdelen".

Resultat

Medelvattendjupet i Tjursbosjön är 10,1 meter. Det största vattendjupet har uppmätts till 25,7 meter i den mellersta östra djuphålan. I den sydöstra djuphålan var vattendjupet 25,4 meter medan den nordvästra var 24,2 meter djup och den sydvästra var 23,3 meter djup. Vattendjupens fördelning i sjön framgår av *tabell 2*.

Tabell 2. Vattendjup, fördelning på areal.

<i>Djupområde</i>	<i>Procentuell fördelning</i>	<i>Areal inom djupområdet (ha)</i>
<i>0-6 m</i>	33,3	40
<i>6-12 m</i>	27,5	33
<i>12-18 m</i>	24,9	30
<i>18-24 m</i>	11,9	14
<i>> 24 m</i>	2,4	3
<i>Totalt</i>	100 %	119 ha

Kommentar

Ekolodsmätningarna överensstämmer väl med de manuellt utförda mätningarna. Även de översiktligt markerade fasta- eller mjuka bottarna från ekolodningarna tycks stämma väl mellan de båda undersökningarna.

5. Sediment

Undersökning

Sedimentundersökningen har utförts genom provtagning med okulärbesiktning av provproppar och uttag av sedimentprov för analys på 203 stycken provplatser. Prover för analys har tagits ut från 588 st nivåprover (3-4 nivåer) vid de enskilda provplatserna.

Sedimentproppar togs ut med en kolvprovtagare (von Post-Wik) speciellt utvecklad för provtagning av lösa och djupa sedimentskikt. Metoden är väl utprovad och har visat sig lämpad för provtagning av den typ som skett i Tjursbosjön. Metoden redovisas mer detaljerat i "Del 1, Undersökningsdelen".

Varje sedimentpropp okulärbesiktigades med avseende på sedimenttyp, konsistens, färg, inslag av synliga föroreningar och dylikt. Prover för analys togs ut på förutbestämda nivåer samt på ytterligare provnivåer där okulärbesiktningen antydde förekomst av föroreningar. Sedimentprovtagningens omfattning framgår av *bilaga 3* i "Del 1, Undersökningsdelen".

Vid fältnoteringarna klassades sedimenten enligt följande standardiserade sedimenttyper;

- *Dy*; består huvudsakligen av humus (organiskt material) från omgivande land. *Dy* är ett löst material och ofta mörkbrun till färgen.
- *Detritus*; ett mycket löst material av organiska delar beläget i sedimentytan, vanligen mörkgrått till mörkbrunt till färgen.
- *Gyttja*; ett halvfast material av kraftigt nedbrutna organiska delar, vanligen brun till mörkt brun eller grå till färgen ibland med grönaktig ton.
- *Växtmaterial*; olika typer av icke nedbrutna växtdelar som rottrådar, blad osv.
- *Grus*, - *Sand*, - *Silt*, - *Lera*.

Resultat

Det ofta mycket lösa övre sedimentlagret består vanligen av ett 5-30 cm skikt av lös mörkt brun detritus eller blandning av detritus och gyttja. Därunder följer vanligen brun, men även grå, gyttja som i de övre delarna är lös till halvfast i konsistensen och med ökande djup blir allt fastare. Mäktigheten på detta skikt uppgår vanligen till 1-2 meter. Där fast botten har nåtts består denna av lera eller sand/silt och även av berg eller sten. Sand/ silt påträffades främst i sjöns norra samt östra och sydöstra del, men även kring öarna och de grundområden som finns i den nordvästra delen av sjön. Lera återfanns på många platser, främst i strandnära områden utanför områden med silt/sand. I djupområdena nåddes silt under gyttjan vid den nordvästra djuphålan vid 2,4 meters sedimentdjup. I övriga djuphålor togs prover ut ned till ca 3 meters sedimentdjup utan att komma genom gyttjelagret.

Kommentar

Sedimenten i Tjursbosjön har ett tämligen ensartat utseende i större delen av sjön. Jordartsanalyserna klassar sedimenten som gyttja eller grov gyttja med sandigt inslag på vissa platser.

I den sydöstra delen av sjön (viken strax norr om utloppet) förekommer en torvliknande rotfilt. Hårda bottnar bestående av sand eller silt förekommer på flera platser, bl.a. utefter den norra och östra delen av sjön.

Vanligen är lagerföljden för sediment i Tjursbosjön sådan att ett övre gyttjelager underlagras av först silt eller sand och sedan lera. På två platser i sjöns sydvästra del noterades en ovanlig lagerföljd där lera överlagras silt eller sand (provplats;106) eller förekommer som en lins i siltlagret (provplats;144).

Färgen på sedimentet håller sig normalt i olika nyanser av brunt och grått. Gulbruna eller "senapsfärgade" sediment noterades på provplatserna; 43, 44, 62, 102 och 140. Vid provplatserna 62 och 76 innehöll sedimenten "rostfärgade" partier och vid provplatsen 101 var den underlagrande leran "tegelfärgad". På fyra platser (13, 24, 62 och T10) fanns flerfärgade sediment med bl.a. inslag av grönt, orange, beige och lila.

Svarta band i sedimentprofilen har noterats på några provplatser. Dessa var ofta något diffusa men fanns också tydligt markerade bl.a. vid provplatserna; 127 och 129. Vanligen orsakas mörka band i sedimenten av olikartade oxidationsförhållanden.

Det görs ingen koppling mellan förekomsten av färg eller svarta band och förhöjda halter av någon förorening, möjligen finns en tendens till låga halter av metaller där gulbruna eller "senapsfärgade" sediment förekommer

6. Gasförekomst

Undersökning

Förekomst av gas har kontrollerats genom observation i samband med sedimentprovtagningen. Sedimentens gasinnehåll avslöjas vanligen då sedimenten penetreras vid provtagningen.

Resultat

För de flesta provplatserna har ingen gas uppmärksamats. Gasförekomst har dock noterats på följande provplatser; T12 (liten gasförekomst), 133 (påtaglig gasförekomst), T8 och T12 (kraftig gasförekomst).

Kommentar

Dessa observationer avser endast att grovt belysa den aktuella gassituationen och har inte till ambition att klassa olika delar av sedimentet vad avser gasförekomst. För att gas skall produceras måste nedbrytningsbart organiskt material finnas upplagrad. Tjursbosjön är oligotrof (närlingsfattig) till sin karaktär med låg produktion av organiskt material. Låg förekomst av gas i sedimenten överensstämmer därmed med de allmänna observationerna för sjön.

7. Sedimentens torrsubstanshalt och organisk halt.

Undersökning

Analyser för torrsubstanshalt (SS028113) och organisk halt (SS027105) har utförts av Analytica AB och av Sweco Geolab.

Resultat

Resultat av utförda analyser för torrsubstans och organisk halt redovisas i nedanstående tabeller 3, 4 och 5.

Tabell 3. TS- och GF-halter för proven; 1-162, nivå 1-4.

Nivå	1	1	2	2	3	3	4	4
	spann	medelv.	spann	medelv.	spann	medelv.	spann	medelv.
TS-halt	6-75	15,4	5,5-75	18,8	9-56	12,7	10-36	13,2
GF-halt	0,5-86	25,1	0,7-97	24,8	2,3-36	27,1	6-40	27,4

Tabell 4. TS- och GF-halter för proven; G1-G25, T1-T12 och D1-D4.

Prover	TS-halt, spann	TS-halter, medel	GF-halter, spann	GF-halt, medel
G1-G25 ¹⁾	8-63	11,7	2-31	26,3
T1-T12 ²⁾	7-74	22,3	1,4-51	21,8
D1 D4 ³⁾	7-17	8,9	29-34	17,9

1) Nivå 1 och 3. 2) Nivå 1,2 och 3. 3) Nivåerna D1; 1-6, D2; 1-2, D3; 1-2, D4; inga.

Tabell 5. Organisk halt (% GF) i samlingsprover.,

Provområde	Sedimentdjup (m)	% GF	Provområde	Sedimentdjup (m)	% GF
Djuphålorna	0-0,3	31,8	Södra delen	0-0,3	32,1
	0-1,0	34,8	Tjursboviken	0-0,3	26,3
Gruvviken	0-0,3	22,6		0,3-0,5	29,2
	0,3-0,5	16,9	Utloppsviken	0-0,3	39,9
	0,5-0,7	30,3		0,3-0,5	44,5
	0,7-1,0	26,9			
Norra delen	0-0,3	30,0			
	0,3-0,5	31,5			

Kommentar

Provplatserna 1-162

Torrsubstanshalt

Sedimentens torrsubstanshalt (%TS) varierar inom ett mycket stort spann, från ca 6% till ca 74 %. Den stora skillnaden förklaras i huvudsak av provernas innehåll av olika materialtyper som detritus, gyttja, sand, silt, lera, etc. Provets innehåll av oorganiskt material följer TS-halterna tämligen väl (se organisk halt). På vissa platser ökar TS-halten med ökat sedimentdjup, men detta gäller inte generellt för Tjursbosjön. Där gyttjelagret är djupt är TS-halterna tämligen lika för de fyra första provtagningsnivåerna (0-30, 30-50, 50-70 och 70-100 cm). Vanligen varierar TS-halterna här inom 8-11 %. Trots att det övre sedimentlagret (vanligen 5-30 cm) ofta är mycket löst har detta inte påtagligt lägre TS-halt än nästföljande lager. Medelvärdet för nivå 1 och 2 påverkas av att inom dessa nivåer ingår prover med stort oorganiskt innehåll.

Organisk halt

Den organiska halten (% GF) i sedimenten varierade från 0,5% till 97%. Den stora skillnaden förklaras med att proven ibland innehåller i det närmaste endast organiskt material och ibland

i det närmaste endast oorganiskt material. Där sedimenten består av mäktiga gyttjelager är den organiska halten vanligen mellan 25-30%. Medelvärdet för nivå 1 och 2 påverkas av att inom dessa nivåer ingår prover med stort oorganiskt innehåll.

Provplatserna G1-G25

Torrsubstanshalt

Sedimentens torrsubstanshalt (%TS) på dessa prover tagna inom Gruvviken varierar från ca 8% till ca 14 %. Enstaka prov (G2 och G16) har höga eller mycket höga TS-halter (62,7 och 22,6 %) pga provens innehåll av oorganiskt material .

Organisk halt

Den organiska halten (%GF) i sedimenten varierade från ca 22% till ca 31%. Två av proven (G2 och G16) skiljer sig från de övriga med halterna 1,7 och 10,8 %GF till följd av stor andel oorganiskt material.

Provplatserna T1-T12

Torrsubstanshalt

Sedimentens torrsubstanshalt (%TS) varierar för dessa ofta strandnära prover från ca 7% till ca 74 %. Den stora skillnaden förklaras av provernas olika innehåll av oorganiskt material.

Organisk halt

Den organiska halten (%GF) i sedimenten varierade för dessa prov från 1,4 % till ca 51%. Den stora skillnaden förklaras av provernas olika innehåll av oorganiskt material.

Provplatserna D1-D4

Torrsubstanshalt

För dessa prover från djuphålorna varierade sedimentens torrsubstanshalt (%TS) mellan ca 7% - 17 %.

Organisk halt

Den organisk halten (%GF) i sedimenten från djuphålorna varierar mellan ca 29 % - 34%.

Samlingsprov för fysikaliska analyser

Organisk halt

Samlingprover har tagits ut från de olika områdena för fysikaliska analyser. På dessa prover har den organisk halten (%GF) bestämts och resultatet framgår av *tabell 5*.

8. Föroreningsinnehåll

Undersökning

Totalt har sedimentens innehåll av föroreningar analyserats på 463 st nivåprover.

Metaller har analyserats enligt EPA-metoder 200.7 (mod.) och 200.8 (mod). Provet har torkats vid 105 grader C enligt SS028113. Analysprovet har torkats vid 50 grader C och elementhalterna TS-korrigerats. Upplösning har skett med mikrovågsugn i slutna teflonkärl med HNO₃/vatten 1:1. Analyserna har utförts av Analytica AB.

Halkriterium för undersökningen

För bedömning av hur påverkat det undersökta området är, har som halkriterium för påverkan valts nedan redovisade föroreningshalter, som utgör gräns för ingen eller liten påverkan från punktkälla enligt Naturvårdsverket rapport 4918 (1999) ”Metodik för inventering av förorenade områden”;

- (1) sjösediment
(2) förorenade havssediment, där uppgifter saknas för kategori (1).

Arsenik (As)	40 mg/kgTS	(1)	
Barium (Ba)	700 mg/kgTS	(2)	
Kadmium (Cd)	32 mg/kgTS	(1)	
Kobolt (Co)	60 mg/kgTS	(2)	
Krom (Cr)	160 mg/kgTS	(1)	
Koppar (Cu)	140 mg/kgTS	(1)	
Kviksilver (Hg)	1 mg/kgTS	(1)	(NV 4918, webupplaga, 2001)
Molybden (Mo)	40 mg/kgTS	(2)	
Nickel (Ni)	80 mg/kgTS	(1)	
Bly (Pb)	400 mg/kgTS	(1)	
Tenn (Sn)	14 mg/kgTS	(2)	
Vanadin (Va)	180 mg/kgTS	(2)	
Zink (Zn)	2400 mg/kgTS	(1)	

Dessa värden utgör *inte saneringsmål*, utan avser endast att belysa föroreningarnas utbredning. Naturvårdsverket har utkommit med en webupplaga av rapport 4918, 2001, där vissa justeringar gjorts i ovan angivna metallhalter. En separat åtgärdsutredning kommer att utföras för Tjursbosjön, där anpassade haltkriterier kommer att fastställas inför en eventuell saneringsåtgärd.

Resultat

Gruvverksamheten vid Gladhammars gruvor har varit inriktad på fyndighetens höga förekomst av kobolt, koppar och järn vilket avspeglar sig i analysresultaten.

Nedan beskrivs, grundat på analysresultaten, var halter över valda haltkriterier förkommer. Halter anges inom parentes (mg/kg TS):

Metaller

Arsenik; se kommentar nedan.

Barium; ingenstans

Beryllium; ingenstans

Kadmium; ingenstans

Kobolt; se kommentar nedan samt sammanställda analysresultat i *tabell 6 och 7*.

Krom; ingenstans

Koppar; se kommentar nedan samt sammanställda analysresultat i *tabell 6 och 7*.

Kviksilver; se kommentar nedan.

Järn; ingenstans

Litium; ingenstans

Mangan; ingenstans

Molybden; ingenstans

Nickel; se kommentar nedan.

Fosfor; ingenstans

Bly; se kommentar nedan.

Tenn; ingenstans

Sirkonium; ingenstans

Vanadin; ingenstans

Zink; ingenstans

Resultaten av analyserna för Co och Cu finns sammanställda i *tabellerna 6 och 7*.

Tabell 6. Co- och Cu-halt (mg/kg TS) för proven; 1-162, nivå 1-4.

Nivå	1	1	2	2	3	3	4	4
	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>	<i>spann</i>	<i>medelv.</i>
Co-halt	11-1170	313	4-919	172	6-177	42	4-71	22
Cu-halt	18-5900	1610	10-8090	844	16-1120	133	45-248	79

Tabell 7. Co- och Cu-halter för proven; G1-G25, T1-T12 och D1-D4.

Prover	Co-halt, spann	Co-halt, medel	Cu-halter, spann	Cu-halt, medel
G1-G25 ¹⁾	18-1410	312	38-10300	1805
T1-T12 ²⁾	11-521	97	18-3310	655
D1-D4 ³⁾	11-231	87	66-2450	924

1) Nivå 1 och 3. 2) Nivå 1,2 och 3. 3) Nivåerna D1; 1-6, D2; 1-2, D3; 1-2, D4; inga.

Kommentar

Det är vanligt att metallhalter i sedimentproven påverkas av provens innehåll av organiskt material. Där metallhalterna för ett prov i en serie plötsligt är lägre än i övriga prov, är ofta även den organiska halten låg.

I kommentarerna nedan anges provplats och provnivå på följande sätt, tex.; 49/2 avser provplats 49 och provnivå 2. Där föroreningshalter anges sker det inom parantes, tex 49/2 (40,9) och avser halt i mg/kg TS.

Proverna 1-162

Arsenik (As) förekommer i förhöjda halter i proverna; 49/2 (40,9), 120/1 (42,6) och 120/2 (43,4).

Kobolt (Co) förekommer i höga till mycket höga halter över hela sjöytan från den nordöstra delen till utloppsviken i den sydvästra delen, ofta i halter som överskrider haltkriteriet med en tiopotens. Det går inte att särskilja någon del av sjön eller något vattendjup där sedimenten inte är starkt påverkad av kobolt. Endast undantagsvis innehåller proverna i den översta nivån halter som underskrider uppställda haltkriterie (ca 9% av proven) och för nivå 2 ca 36%. Höga halter har återfunnits i sedimentnivå 1 och 2 och de allra högsta halterna i prover från nivå 1; 73/1 (1170), 154/1 (990) och 22/1 (941). De högsta halterna från nivå 2 fanns i proverna; 48/2 (919), 49/2 (847) och 75/2 (741).

På de 40 prover som analyserats från nivå 3, har 8 stycken (20%) förhöjda halter, samtliga med anslutning till Gruvviken; 20/3 (64,5), 21/3 (74,7), 22/3 (69,9), 23/3 (85,4), 48/3 (161), 49/3 (177), 51/3 (68,2) och 59/3 (85,2). Från nivå 4 har 67 prover analyserats där endast ett (1,5%) överskrider det ansatta haltkriteriet; 82/4 (70,6).

Koppar (Cu) följer i stort samma mönster som kobolt med höga till mycket höga halter över hela sjöytan. Även för koppar är endast 9 % av proven i den översta nivån under uppställda haltkriterie och 45 % i nivå 2. De högsta halterna har återfunnits i nivå 2 i proverna; 75/2 (8090), 120/2 (7450), 48/2 (6120). Högsta halter i nivå 1 var; 120/1 (5900), 113/1 (5760) och 141/1 (5090).

Från nivå 3 har 8 stycken prover (20%) förhöjda halter; 3/3 (388), 5/3 (141), 9/3 (158), 26/3 (174), 29/3 (174), 37/3 (148), 48/3 (1120) och 49/3 (541), alla från den norra delen av sjön. För nivå 4 har 3 stycken prover (4,5%) förhöjda halter; 48/4 (143), 82/4 (162) och 107/4 (248).

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter främst i sjöns nordligaste del samt inom och i anslutning till Gruvviken och då ofta i sedimentnivåerna 2, 3 eller 4. Även i den nordvästra viken förekommer förhöjda halter av kvicksilver men då mestadels i den översta sedimentnivån. Halterna uppgår vanligen till mellan 1-2 mg Hg/kg TS (29 stycken platser). Den högsta halten uppmättes på provplats 25/3 (3,2). Halter mellan 2-3 mg Hg/kg TS har uppmätts på 9 platser i proverna; 3/2, 8/1, 9/4, 21/2, 21/3, 25/3, 31/3, 60/4, och 120/2

Nickel (Ni) har noterats i förhöjda halter i 5 prover; 2/1 (97,2), 48/2 (95,8), 120/1 (84,9), 120/2 (101) och 141/1 (92,3).

Bly (Pb) har noterats i förhöjda halter i 14 prover; 2/1 (538), 8/1 (449), 12/1 (610), 22/1 (494), 26/1 (407), 38/1 (537), 41/1 (592), 42/1 (586), 45/1 (400), 49/2 (531), 120/1 (1300), 120/2 (1260), 129/2 (471) och 141/1 (516). Samtliga platser finns i den norra delen av sjön utom tre stycken som finns kring djuphålan i sjöns sydöstra del.

Analysresultaten för Cu och Co för område 1-162 finns sammanställda i *tabell 6*.

Provplatserna G1-G2

Arsenik (As) förekommer inte i förhöjda halter.

Kobolt (Co) förekommer i höga halter i 19 av 20 analyserade prov i den översta nivån (95%). De högsta halterna har återfunnits i proverna; G20/1 (1410), G12/1 (858) och G19/1 (857).

På de 17 prover som analyserats från nivå 2, har 5 stycken (29%) förhöjda halter; G10/2 (97,8), G11/2 (73,9), G14/2 (70), G14/2 (625) och G19/2 (81,3).

Koppar (Cu) förekommer i höga halter i 18 av 20 analyserade prov i den översta nivån (90%). De allra högsta halterna har återfunnits i proverna; G9/1 (10300), G6/1 (9720) och G12/1 (7230).

På de 17 prover som analyserats från nivå 2, har 3 stycken (18%) förhöjda halter; G14/2 (3000), G9/2 (371) och G10/2 (217).

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter på 22 av totalt 37 stycken analyserade prover (59%). Halterna uppgår vanligen till mellan 1-2 mg Hg/kg TS (14 stycken platser). Halter mellan 2-3 mg Hg/kg TS har uppmätts på proverna; G6/1, G8/1, G8/3, G9/1, G12/1, G14/3, och G15/1. Den högsta halten uppmättes på provplats G9/1 (2,55).

Liksom tidigare (proverna 1-162) visar dessa prover att kvicksilverföreningarna finns även på djupare nivåer. 8 prover med förhöjda halter återfinns i nivå 3; G8/3, G121/3, G19/3, G20/3, G22/3, G23/3 och G24/3.

Nickel (Ni) har förhöjda halter i 4 proverna; G6/1 (94,2), G9/1(141) och G12/1 (99,1).

Bly (Pb) har förhöjda halter i 4 proverna; G9/1 (874), G12/1 (865), G13/1 (588) och G14/3 (616).

Analysresultaten för Co och Cu för proverna G1-G25 finns sammanställda i *tabell 7*.

Provplatserna T1-T12

Arsenik (As) förekommer inte i förhöjda halter.

Kobolt (Co) förekommer i höga halter i 11 av 12 analyserade prov i den översta nivån (92%). De högsta halterna har återfunnits i proverna; T6/1 (521), T10/1 (240) och T7/1 (235). I de 8 prover som analyserats från nivå 2 och 3, saknas förhöjda halter.

Koppar (Cu) förekommer i höga halter i 18 av 20 analyserade prov i den översta nivån (90%). De allra högsta halterna har återfunnits i proverna; T12/1 (3310), T6/1 (2470) och T10/1 (2400). I de 8 prover som analyserats från nivå 2 och 3, saknas förhöjda halter.

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter i 4 av totalt 20 stycken analyserade prover (20%); T2/1 (1,69), T2/2 (1,19), T3/1 (1,26) och T7/1 (1,08).

Analysresultaten för Co och Cu för proverna T1-T12 finns sammanställda i *tabell 7*.

Provplatserna D1-D4

Arsenik (As) förekommer inte i förhöjda halter.

Kobolt (Co) förekommer i höga halter i samtliga 3 analyserade prov i den översta nivån; D/1 (231), D2/1 (206) och D3/1 (183). I nivå 2 hade D2/2 (140) förhöjd halt. Inget av övriga prover hade förhöjda halter.

Koppar (Cu) förekommer i höga halter i samtliga 3 analyserade prov i den översta nivån; D/1 (2290), D2/1 (2450) och D3/1 (2160). I nivå 2 hade D2/2 (1660) förhöjd halt. Inget av övriga prover hade förhöjda halter.

Kvicksilver (Hg) förekommer i förhöjda halter i 3 av totalt 10 stycken analyserade prover (30%); D1/3 (1,47), D2/2 (1,18) och D3/1 (2,52).

Analysresultaten för Co och Cu för proverna D1-D4 finns sammanställda i *tabell 7*.

9. Förorenade sedimentmängder

Beräkning

Bestämning av de förorenade sedimentens utbredning och volymer har skett på följande sätt: En genomgång har gjorts av analysresultaten för nivåerna 1-4 vid varje provplats, där samtliga metaller med halter över saneringskriteriet har noterats. På så vis har föroreningsdjupet för varje enskild provplats bestämts. Vidare har varje provplats ansetts vara centrum i och representera en yta som motsvarar provplatsfördelningen (75 x 100 m = 7 500 m²), justerat för eventuell närhet till land. Om landprofilen vid en strandnära provplats täcker t.ex. halva ytan i en sådan ruta, så har ytan justerats ned med 50 %.

För de övre två nivåerna, där merparten av provplatserna är förorenade, har arealsbestämningen gjorts genom att summera de platser som inte är förorenade och sedan

subtrahera denna areal från Tjursbosjöns totala vattenareal exklusive öar, som är 119 ha (uppgift

från Myrica AB). För övriga två nivåer har de förorenade provplatsernas areal summerats för respektive nivå. Baserat på dessa arealer har sedan de förorenade sedimentvolymerna bestämts för respektive nivå.

En sammanställning av detta material redovisas i *tabell 8*.

Tabell 8. Förorenade arealer och volymer fördelade på sedimentdjup.

Nivå	Sedimentdjup (cm)	Areal (m ²)	Volym (m ³)
1	0-30	1 092 500	327 750
2	30-50	785 000	157 000
3	50-70	198 750	39 750
4	70-100	75 000	22 500
Summa			547 000 m ³

Kommentar

De föroreningar som dominerar Tjursbosjön avseende halt och utbredning är kobolt (Co) och koppar (Cu). Dessa metaller är i huvudsak dimensionerande för bedömningen av föroreningarnas utbredning, såväl areellt som på djupet. Dock förekommer kvicksilver (Hg) djupare i sedimentet främst inom eller i anslutning till Gruvviken och Tjursboviken men även på några platser i den norra och mellersta delen av sjön.

Dessa framräknade mängder förorenade sediment skall inte ses som saneringsvolymmer då dessa kommer att baseras på uppställda haltkriterier som utreds separat inom ramen för huvudstudiens åtgärdsutredning.

För nivå 1 upptar de förorenade sedimenten en yta av drygt 109 ha, d.v.s. ca 92 % av den totala sjöytan (119 ha) och en volym på ca 327 750 m³. Föroreningarna finns spridda över hela sjöytan med halter under uppställda haltkriterier endast på några få platser. Några av dessa platser finns mot förmodan i Gruvvikens norra del, proverna; G1-3, G4, G5 och G9.

Undersökningen omfattar totalt 203 provplatser, inklusive den förtätande provtagningen. Av dessa har 25 stycken platser inga föroreningshalter som överstiger de uppställda haltkriterierna. Flera av dessa provplatser (12 stycken) saknar helt sediment och har därför inte provtagits och analyserats. Detta innebär att 190 stycken provplatser av 203, eller 94 %, inom nivå 1 håller förhöjda halter.

För nivå 2 upptar de förorenade sedimenten en yta av ca 78,5 ha, dvs ca 66 % av den totala sjöytan och en volym på ca 157 000 m³. Föroreningarna finns även för denna nivå spridda över hela sjöytan men med halter under uppställda haltkriterier på sammanhängande platser i Tjursboviken och efter den västra stranden samt i den södra delen av sjön.

För nivå 3 upptar de förorenade sedimenten en yta av ca 20 ha, d.v.s. ca 17 % av den totala sjöytan och en volym på ca 39 750 m³. Föroreningarna finns främst i Gruvviken och de inre delarna av Tjursboviken.

För nivå 4 upptar de förorenade sedimenten en yta av ca 7,5 ha, d.v.s. ca 6 % av sjöytan och en volym på ca 22 500 m³. Föroreningarna finns på enstaka platser i Gruvviken (10 stycken), i Tjursboviken och i den östra delen av sjön.

Avvattnad volym och mängd

Den förorenade sedimentvolymen har totalt beräknats till ca 547 000 m³ vid den TS-halt som sedimentet har på botten av sjön. TS-halterna varierar för de förorenade sedimenten mellan ca 6-75 % TS, med ett uppskattat medelvärde för de förorenade sedimenten på ca 16% TS. Den totala TS-volymen kan därmed uppskattas till ca 87 500 m³. Densiteten skattas grovt till ca 1,01 ton/m³, varvid TS-mängden uppgår till ca 88 000 ton TS.

Avvattningen har i försöken skett med laboratoriecentrifug. Erfarenhetsmässigt ger avvattning med centrifug i fullskala en något högre sluttorrhalt varför avvattnade volymer och mängder skulle minska något vid centrifugering i fullskala.

10. Fysikaliska sedimentegenskaper

Undersökning

För att belysa sedimentens förutsättningarna för en efterbehandling har dess fysikaliska egenskaper undersökts avseende; densitet, vattenkvot, konflytgräns, skjuvhållfasthet, kornstorleksfördelning och avvattningsegenskaper.

Resultat

Resultaten av de fysikaliska undersökningarna framgår av sammanställning i *tabell 9*.

Tabell 9. Fysikaliska undersökningar på samlingsprov.

Område	Djup (m)	Klassning (SGF 1981)	Densitet (t/m ³)	Vattenkvot (w %)	Konflytgräns (w _L %)	Skjuvhållf. (kPa)	Glödgningsförlust (GF %)
Tjursboviken	0,0-0,3	grov gyttja	1,03	742	356	1)	26,3
	0,3-0,5	grov gyttja	1,01	767	418	0,11	29,2
Norra delen	0,0-0,3	grov gyttja	1,01	1120	490	0,06	30,0
	0,3-0,5	grov gyttja	1,0	1021	457	0,10	31,5
Gruvviken	0,0-0,3	sandig grov gyttja	1,0	739	305	0,08	22,6
	0,3-0,5	sandig gyttja	1,02	499	264	0,10	16,9
	0,5-0,7	gyttja	1,0	858	461	0,13	30,3
	0,7-1,0	gyttja	1,04	670	388	0,18	26,9
Djuphålorna	0,0-0,3	grov gyttja	1,02	1228	525	1)	31,8
	0,0-1,0	grov gyttja	1,0	1094	532	1)	34,8
Södra delen	0,0-0,3	grov gyttja	1,0	1098	449	1)	32,1
Utloppsviken	0,0-0,3	grov gyttja	1,03	1221	516	1)	39,9
	0,3-0,5	grov gyttja	1,0	1240	623	1)	44,5

- 1) konintryck mer än 20 mm med 10 g kon.

Kommentar

Proven har *jordartsklassats* enligt SGF 1981 till gyttja eller grov gyttja med eller utan inslag av sand.

Densiteten som har undersökts gravimetriskt varierar mellan 1,0 till 1,04 t/m³. Det finns ingen entydig bild av att densiteten ökar med ökat sedimentdjup (konsolideringsgrad) eller beroende på innehåll av oorganiskt material.

Provens *vattenkvot* varierar mellan 499 och 1240 w(%). De högsta noterade vattenkvoterna återfinns i djuphålorna och i utloppsviken.

Konflytgränsen varierar mellan 305 och 1240 w_L(%). Även för konflytgränsen återfinns de högsta noterade halterna i djuphålorna och i utloppsviken.

Sedimentens egenskaper avseende *skjuvhållfasthet* har undersökts med fallkon. Resultaten visar låga värden mellan 0,06 och 0,13 kPa. På 6 av 13 utförda prov (46%) blev konintrycket mer än 20 mm med 10 grams kon.

Den organiska halten i proven, *glödgningsförlusten* (GF), varierar mellan 16,9 och 44,5 vikts %.

11. Skjuvhållfasthet på avvattnade prov, enaxliga tryckförsök och fallkon.

Undersökning

Skjuvhållfasthetsförsök har utförts på avvattnade samlingsprov, genom enaxliga tryckförsök och fallkon, från provområdena: Norra delen, Gruvviken och Djuphålorna. Sedimenten har inför försöken avvattnats till en lägsta TS-halt som medger packning av en stabil provkropp i provhylsorna. Erforderliga TS-halter för försöken var 21-38 % TS. Vattenkvoten varierade mellan 166-370 w %.

Resultat

Resultat av försöken redovisas i *tabell 10*.

Tabell 10. Enaxliga tryckförsök och skjuvhållfasthet på avvattnade samlingsprov.

Område	Djup (m)	Torrsubstans (%TS)	Densitet (t/m ³)	Vattenkvot (w%)	Enaxl. tryckförs. (kPa)	Konförsök (kPa)
Norra delen	0,0-0,3	27	1,14	273	2,8	9,4
	0,3-0,5	21	1,12	370	1,1	3,2
Gruvviken	0,0-0,3	30	1,19	232	2,9	8,1
	0,3-0,5	29	1,16	248	3,5	9,8
	0,5-0,7	38	1,26	166	4,6	9,4
Djuphålorna	0,0-1,0	22	1,13	346	2,9	7,4
	1,0-1,5	22	1,09	353	3,7	7,8

Kommentar

Skuvhållfastheten på de avvattnade sedimenten är tämligen låg. Bestämd med enaxliga tryckförsök varirar den mellan 1,1-4,6 kPa och med fallkon mellan 3,2-9,8 kPa. Resultaten indikerar att sedimenten efter avvattning kan komma att vara svåra att hantera i en traditionell öppen deponi. Beroende på deponins utformning kan stabilisering komma att krävas för att tillfredsställande stabilitetsförhållanden skall kunna uppnås.

12. Avvattningsegenskaper

Undersökning

Sedimentens avvattningsegenskaper har undersökts på samlingsprover från provområdena: Norra delen, Gruvviken och Djuphålorna.

Flockningsförsök har utförts för att bestämma lämplig typ av polymer för flockning av slammet. Försöken har utförts på samtliga delprov med 9 olika polyelektrolyter (CDM) med olika jonstyrka och laddning.

Baserat på resultaten av flockningsförsöken utfördes dränagetester med olika dosering av Magnaflock 351 på samtliga sediment samt med Zetag 7633 (katjon) på fem stycken sedimentprov. Avvattning av sedimenten utförs normalt genom pressning mellan viradukar. I detta fallet fick avvattningen utföras genom centrifugering, se kommentar nedan.

Resultat

Uppnådda TS-halter efter avvattning varierade mellan 13-19 % TS för samtliga prover utom för Gruvviken 50-70 cm, där TS-halten var 28 %.

Resultaten av avvattningsförsöken redovisas i *tabell 11*.

Tabell 11. Avvattningsegenskaper för samlingsprov.

<i>Område</i>	<i>Djup (m)</i>	<i>Torrsubstans Efter spädning (%TS)</i>	<i>Torrsubstans Efter avvattning (%TS)</i>	<i>Polymerdos (g/kgTS)</i>
<i>Norra delen</i>	<i>0,0-0,3</i>	<i>2,1</i>	<i>16</i>	<i>1,6-2,0</i>
	<i>0,3-0,5</i>	<i>2,0</i>	<i>15</i>	<i>2,5-3</i>
<i>Gruvviken</i>	<i>0,0-0,3</i>	<i>2,1</i>	<i>17</i>	<i>2,5-3</i>
	<i>0,3-0,5</i>	<i>2,5</i>	<i>19</i>	<i>1,3-1,5</i>
	<i>0,5-0,7</i>	<i>4,1</i>	<i>28</i>	<i>1,6-2,0</i>
<i>Djuphålorna</i>	<i>0,0-1,0</i>	<i>1,9</i>	<i>13</i>	<i>2,5-3</i>
	<i>1,0-1,5</i>	<i>2,2</i>	<i>13</i>	<i>2,5-3</i>

Flockningsförsöken visade att bästa flockningseffekt erhöles med nonjonaktiva polymerer, där Magnaflock 351 gav bästa flockbildning.

Dränagetester med olika dosering av Magnaflock 351 utfördes på samtliga sediment. Försök utfördes även med Zetag 7633 och Zetag 7645, men utan förbättrade resultat. Den erforderliga polymerdoseringen var i genomsnitt ca 2,3 g/kgTS.

Kommentar

Bedömning av polymerdosering ger främst information om eventuella skillnader i avvattningsegenskaper för de olika proven. Val av avvattningsutrustning påverkar polymerdosering, men bedömningen av nivån kan ändå ge en god bild av den mängd polymer som åtgår för att avvattna sedimenten.

Sedimenten har låg hållfasthet och kunde inte avvattnas genom pressning mellan viradukar, då sedimenten trycktes in i viraduken och ”kavlade” ut på sidorna. För avvattningen användes

istället centrifugering i laboratorieskala. Erfarenhetsmässigt ger avvattning med centrifug i fullskala en något högre sluttorrhalt än avvattning med laboratorieutrustning.

13. Allmänna förutsättningar

Tjursbosjön är djup med ett medeldjup på 10,1 m och ett maxdjup på 26 meter. Sjön har en stor vattenvolym och omsättningstiden är ca 8 år. Sjön har en oligotrof karaktär med sparsam förekomst av vass och flytbladsvegetation.

Tjursbosjön är beläget i ett område där landskapet är kraftigt kuperat och med tämligen höga, bergiga och svårtillgängliga stränder. I den sydvästra delen av sjön är stränderna mycket branta med förekomst av block och sten. Sten förekommer också på många strandnära platser utefter hela sjön, dock mest markant i den norra och den östra och sydöstra delen.

Hårda bottenar bestående av sand eller silt förekommer på flera platser, bl.a. utefter den norra och östra delen av sjön.

14. Tekniska aspekter

Mot bakgrund av utförda undersökningar, fältobservationer och erfarenheter från andra likartade projekt lämnas här synpunkter på förutsättningar och val av teknisk utrustning samt andra aspekter vid eventuella återställningsarbeten av de undersökta sedimenten.

De metoder för återställning av förorenade sediment som kommit till användning kan delas in i in-situmetoder och metoder för att avlägsna de förorenade sedimentmängderna från vattenområdet.

In-situ metoderna syftar till att på plats åtgärda föroreningsituationen med fysikaliska, kemiska eller biologiska metoder så att föroreningarna bryts ned eller inaktiveras. Ett sätt att motverka utbytet mellan föroreningar i sedimenten och den omgivande vattenvolymen är att förse de förorenade sedimenten med täckning som hindrar eller minskar föroreningsspridning genom uppgrumling, diffusion, etc. Täckningen kan vara av typ naturliga geologiska membran som grus, sand och lera eller artificiella som geomembran och geotextiler.

Vid övertäckning av sediment bör främst sedimentens gasproduktion beaktas. Innehåller sedimentet organiskt material medför detta vanligen att gas produceras i sedimentet. Vid övertäckning måste då gasevakuering från sedimentet kunna ske. Annars kommer på sikt sådana gasmängder att ansamlas att dess lyftkraft bryter igenom en övertäckning. Gasförekomsten i Tjursbosjöns sediment förefaller vara mycket liten.

Skall de förorenade sediment avlägsnas från vattenområdet måste risken för spridning av föroreningarna genom uppgrumling beaktas. Den teknik som bäst tillgodoser denna risk, är

sugmuddring. För att ytterligare säkerställa att föroreningar inte sprids vid muddringsarbeten avskärmas ibland arbetsområdet med geotextilskärmar.

14.1 Muddring

De sediment som kan bli aktuella för en sanering består i huvudsak av gyttja eller grov gyttja med eller utan inslag av sand. Materialets karaktär gör att det vid uppgrumling kan hållas i suspension länge varför uppgrumling bör undvikas då detta medför med risk för spridning av föroreningarna.

Den typ av utrustning som är mest lämpad för sådan muddring, är sugmudderverk utrustat med inmatningsanordning särskild avsedd för lösa sediment. Vid muddring av PCB-förorenade sediment i Järnsjön (Hultsfreds kommun 1993-94) användes sugmudderverk med inmatningsanordning bestående av en liggande skruv och försedd med reglerbara skyddssköldar. Omfattande miljökontroller under detta arbete visade att uppgrumlingen vid muddringen var mycket begränsad och en stor del av muddringen kom att ske utan planerade skyddsskärmar av geotextil.

För att säkerställa korrekt och effektiv avverkning bör mudderverket vara utrustat med positioneringsutrustning med tillräckligt god precision. Det är också önskvärt att utrustningen är försedd med lämpliga instrument för egenkontroll av avverkning och miljöpåverkan. Uppgrumlingen kan kontrolleras bla genom turbiditetsmätning och avverkningen kan följas genom mätning av volymflöde och torrsubstansinnehåll.

Sedimenten i Tjursbosjön lämpar sig väl för avverkning med sugmudderverk. Det bör dock påpekas att mudderverk utrustade på ovan angivet sätt och lämpade för muddring av förorenade sediment ofta har muddringsdjup begränsade till ca 8-14 meter. De mudderverk som finns i Sverige (2 st) är mycket djupgående (ca 14 meter) i förhållande till sin storlek. Från den kummulative arealfördelningen (Myricas djupkarta) framgår att ca 30 % av sjöytan har vattendjup överstigande detta djup. Det finns sugmudderverk på marknaden som klarar de djup som förekommer i Tjursbosjön, men dessa är ofta mycket stora enheter avsedda för havsmuddring och helt olämpliga för detta ändamål. Saneringen av kvicksilverkontaminerade sediment i Svartsjöarna i Hultsfreds kommun planeras genomföras av ett Belgiskt muddringsföretag. Muddringsutrustningen anpassas för projektet (behov ca 12-14 meter) men uppgifter tyder på att utrustningen kommer att ha kapacitet att nå ca 20 meter. Utrustningen är flexibel på så vis att mudderverket kan vara monterad på en fast bom, eller på en grävmaskin stående på pontonerna. Det är något oklart vilka specifikationer de olika applikationerna kommer att ha.

14.2 Avvattning

TS-halterna efter avvattning var högst för sedimenten från Gruvviken (17-19 %) medan proverna från norra delen av Tjursbosjön var 15-16% och de från djuphålorna 13 %. Ett prov från Gruvviken (50-70 cm) hade avvikande hög torrhalt (28%). Skälet till detta är troligen att detta prov innehöll en högre andel oorganiskt material.

Sedimenten bedöms som svåravvattnade till följd av sin fina och homogena struktur. Silbandspressning (tryck med viradukar mellan valsar) bygger på att stegvis få undan vatten ur presskakan och därvid öka sedimentets förmåga att det klara allt högre presstryck. Materialet har låg skjuvhållfasthet vilket innebär att det vid höga tryck skjivas åt sidan. Detta medför sk "slamflykt", dvs att materialet pressas ut från avvattningsbanan. Materialets fina karaktär gör även att viraduken sätts igen så att vattentransporten från sedimentet hindras vid pressningen. Detta medför att dräneringen sker långsamt och avvattningen av sedimentflockarna hinner inte ske under pressmomenten. Detta bidrar ytterligare till att materialet blir svåravvattnat.

Sammantaget kan detta medföra stora svårigheter vid avvattning med silbandspressar. Det bör dock nämnas att tidigare laboratorieförsök (avseende Örserumsviken, Västervik) med någorlunda likartat material och likartat resultat vid avvattningsförsök har visat sig underskatta uppnådda resultat i fullstor skala och silbandspressar ändå kunnat användas. Val av polymer eller blandningar av polymerer och/eller andra tillsatser är av stor vikt vid avvattning av sediment av denna svåravvattnade typ.

Försöksresultaten visar att materialet kan avvattnas med centrifug. Det finns goda erfarenheter av avvattning med centrifuger i fullstor skala vid återställningsarbeten (tex Korsnäs Marma, 1980-83). Centrifuger är dock känsliga för slitage. Man bör därför vara uppmärksam på sedimentens innehåll av slitande material, som sand och grus. Den oorganiska andelen (bl.a. sand) i de aktuella sedimenten uppgår ofta till ca 70-80 % .

14.3 Gas i sedimenten

Förekomst av gas i sedimenten påverkar avverkning med sugmuddring genom att gasen kan fastna i pumpen med kavitation som följd. Påtaglig gasförekomst medför vanligen kapacitetsnedsättning och extra vatteninspädning vid muddringen. För muddring i gasrika sediment kan därför särskilda åtgärder behöva vidtagas, tex kontinuerlig gasevakuering från pumpen. Är pumpen placerad i nedre delen på bommen ("submerged pump") bidrar detta till att minska störningarna av gas.

Gasförekomsten i de undersökta områdena var generellt liten vid undersökningstillfället. Gas i sediment bildas genom nedbrytning av organiskt material. Den organiska andelen (GF) i sedimentet är relativt liten, normalt ca 20-30 %. I utloppsviken var dock GF-halten ca 40 %.

Effektiviteten vid nedbrytning av organiskt material är temperaturberoende. Undersökningen utfördes under hösten (september) med relativt låga vattentemperaturer. Observationerna vid provtagningstillfället kan därför vara missvisande gällande sedimentens gasproduktion vid för detta mera gynnsamma tillfällen.

14.4 Skyddsskärmar

För att säkerställa att uppgrumlade förorenade sediment ej sprids vid muddring, används ibland skyddsskärmar av geotextil. Vid val av sådana skärmar beaktas deras partikelgenomsläpplighet och den styrka duken kan behöva för att motstå påfrestningar. Skall duken utnyttjas över längre tid än en säsong bör duken vara avsedd för solljusexponering, då den annars blir skör. Skärmar av detta slag förankras vanligen tätt mot botten och hålls på plats med tex. ankare eller stolpar och ställinor.

14.5 Transporter / etablering

I samband med återställningsarbeten behöver transporter kunna ske dels till de vattenområden som skall åtgärdas och dels till den plats där en eventuell behandlingsanläggning skall lokaliseras. Den största och tyngsta transporten består i etablering av mudderverk. För detta arbete krävs kranbilar i 100-tonsklassen. Såväl vägar som etableringsplatser behöver dimensioneras för detta. Till behandlingsanläggningen behöver normala transporter kunna ske med lastbil och släp.

Transporter av behandlat sediment är en av de viktigaste logistiska frågorna vid projekt av denna typ. Det finns flera alternativa möjligheter för dessa transporter vilka är kopplade till totalkonceptet med behandlingssätt, metod och plats för slutlig disponering av sedimentet, samt transportavstånd osv. Slutligt val i denna fråga kan lösas först i ett projekteringskede.

Vägnätet är väl utbyggt kring sjön med väg 33 strax norr om sjön och väg E22 ett par kilometer österut. Det finns för närvarande dock bara en väg fram till sjön, i dess sydvästra del fram till Karlberg. Det finns dock goda möjligheter att skapa väg fram till sjön även i dess norra del vid gården Tjursbo.

14.6 Kraftförsörjning

För en avvattnings- och vattenreningsanläggning, av den typ och kapacitet som användes i Järnsjöprojektet, krävs en installerad effekt på ca 350-400 kW och en drifteffekt på ca 300 kW. Vid detta projekt utnyttjades silbandspressar för den mekaniska avvattningen. Vid avvattningen med centrifuger kan den installerade effekten behöva ökas, då centrifuger kräver höga starteffekter.

Det bör inte medföra några svårigheter att erhålla tillgång till elektrisk kraft i erforderlig omfattning i detta område.

14.7 Vattenförsörjning

För polymerberedning krävs tillgång till minst ca 25 m³ vatten per timme. Det kan vara möjligt att utnyttja sjövattnet för detta ändamål, men då bör avskiljning först ske av suspenderade partiklar. Huruvida gruvan håller vatten av lämplig kvalitet och kvantitet är inte utrett men förefaller inte osannolikt.

14.8 Kemikalier och miljöpåverkan

Trots att efterbehandlingsprojekt av större omfattning utförs för att gynna miljön innehåller de ofta flera aktiviteter som kan ge negativ miljöpåverkan. Det är viktigt att redan från början vara uppmärksam på detta och under projektet ha en vaksamhet och uppföljning på dessa förhållanden, så att de undviks eller minimeras. Nedan nämns några uppenbara sådana aktiviteter.

Saneringsförfarandet

Risk för spridningen av föroreningar med suspenderat material vid muddring.

Kemikaliehantering

Fällningskemikalier för vattenrening kan innehålla ämnen som har negativ miljöpåverkan (tex acrylamid). I vissa fall kan sådana preparat undvikas i andra fall kan preparatens effekter behöva vägas mot nyttan av att erhålla en optimerat god avskiljning av andra miljöbelastande ämnen vid vattenreningen.

Maskinutrustning

Det är vanligt att mudderverk och entreprenadmaskiner drivs med dieselmotorer och att de olika funktionerna styrs med hydraulik. I många sammanhang föreskrivs att drift av dieselmotorer skall ske med miljödiesel samt att vegetabilisk hydraulolja skall användas för att undvika miljöbelastning vid spill.

Transporter på vattnet med förbränningsmotorer ger miljöbelastning. Tex sprider utombordsmotorer av tvåtaktstyp olja till vattnet tillsammans med sina avgaser. Sådan belastningen kan minskas genom att välja fyrtaktsmotorer utan smörjolja i bränslet och genom att använda miljövänligare bränsle (tex alkylat-bränsle) med låga bensen- och aromathalter.

14.9 Block och sten

Block och sten kan medföra svårigheter vid muddrings- och avskärningsarbeten i vattendrag.

I samband med sedimentundersökningarna har block- eller stenrika bottnar påträffats främst i den sydvästra delen av sjön. Sten förekommer dock på flera strandnära platser, mest markant i den norra och östra delen av Tjursbosjön.

14.10 Vegetation

Under undersökningsperioden utgjorde vegetation inget hinder för framkomlighet med utombordsmotor någonstans i sjön. Flybladsvegetation förekommer i den västra delen av sjön men utgör ingenstans hinder för t.ex. muddringsarbeten. Torvliknande rotfilt finns inom ett område i sjöns sydöstra del. Huruvida denna kan avverkas med traditionell sugmuddringsutrustning bör kontrolleras inför eventuella åtgärder i denna del av sjön.

Referenser

Ingenjörsg-geologiska fältundersökningsmetoder. KTH-rapport 1987.

Muddring och muddermassor. Naturvårdsverket allmänna råd 85:4.

Sanering avjärnsjön i Emån. Undersökning av förorenade sediment. Naturvårdsverket rapport 3998. v. Post H.

Utredning angående möjliga metoder för PCB-sanering av järnsjön. Undersökning av förorenade sediment. IVL rapport B 930. v. Post H.

Undersökning av förorenade sediment i Örserumsviken, Västerviks kommun. MiljöManagement Sv AB rapport 2000-04-10. v. Post H.

Åtgärdsteknik. Metoder för efterbehandling och sanering av förorenad mark. Naturvårdsverket rapport 4232.

Metoder för sanering av förorenade sediment i Japan. Naturvårdsverket rapport 4449.

Vägledning för miljötekniska markundersökningar, del 1:Strategi. Naturvårdsverket rapport 4310.

Vägledning för miljötekniska markundersökningar, del 2:Fältarbete. Naturvårdsverket rapport 4311.

Generella riktvärden för förorenad mark. Naturvårdsverket rapport 4638.

Efterbehandling av förorenade områden. Naturvårdsverket rapport 4803.

Åtgärdskrav vid efterbehandling. Naturvårdsverket rapport 4807.

Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket rapport 4913.

Metodik för inventering av förorenade områden. Naturvårdsverket rapport 4918.

Fälthandbok. Miljötekniska markundersökningar. Svenska Geologiska Föreningen rapport 1:2001.

Gladhammars gruvfält, utökad förstudie. Västerviks kommun och Envipro Miljöteknik AB, 2002 . Ramström C och Holmström H.

Gladhammars gruvor. Informationsblad, Västerviks kommun. 2003-05-16.

Muntlig information 2004; Christer Ramström, Västerviks kommun.

Muntlig information 2004; Hennig Holmström, Envipro Miljöteknik AB.

Figurer

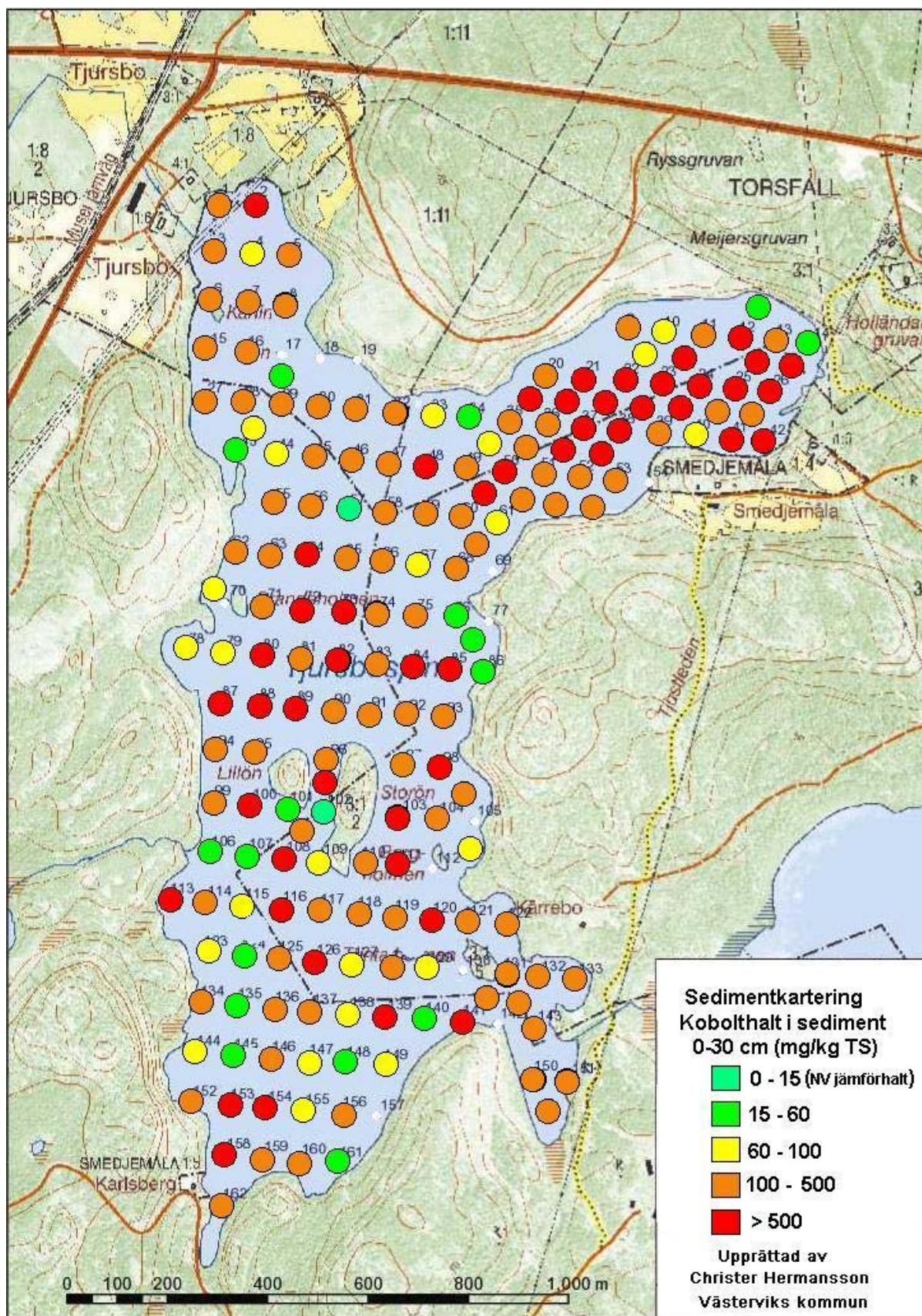
Utbredningskartor för metallhalter i sediment:

Kobolt; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm, 70-100 cm

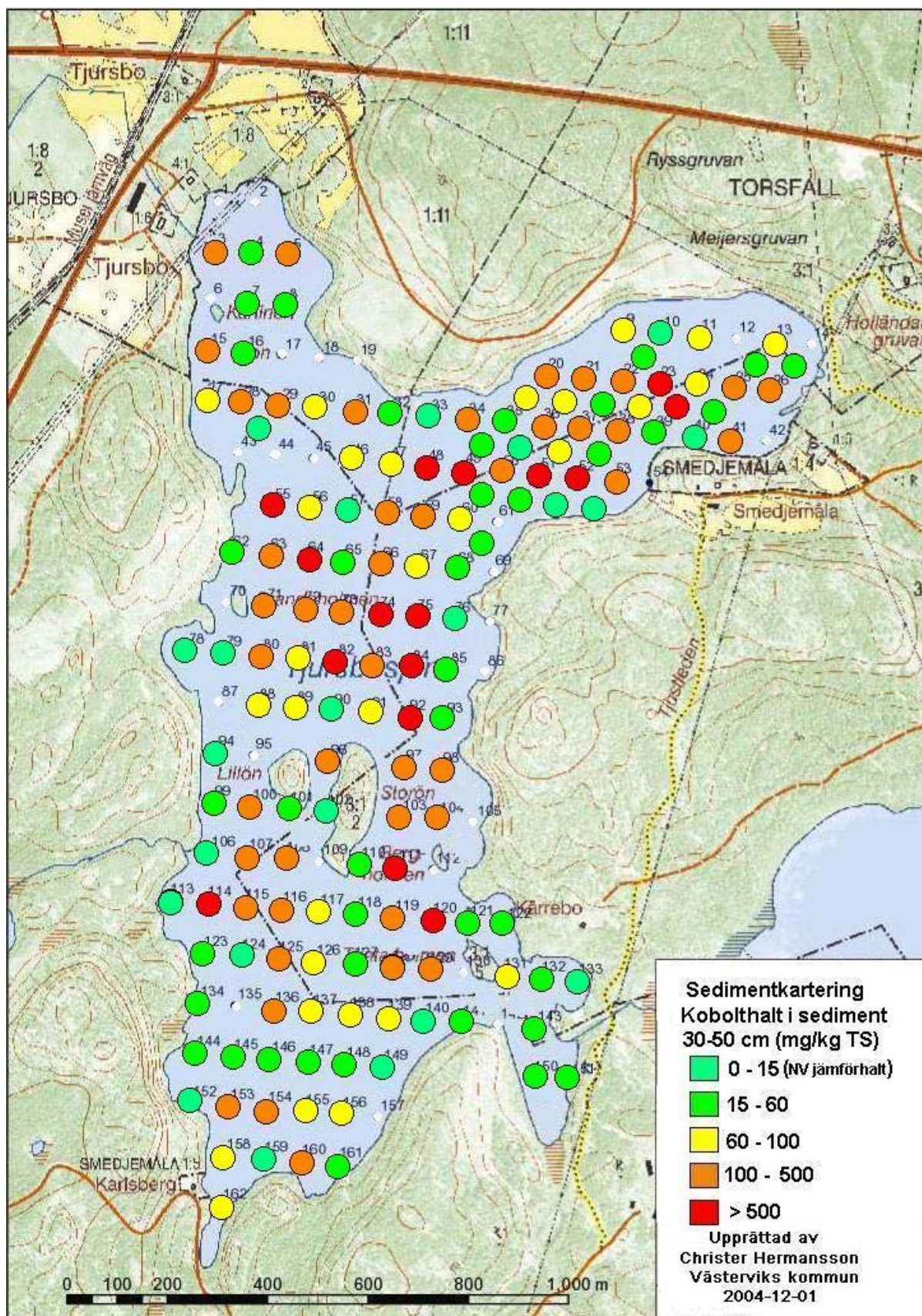
Koppar; 0-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm, 70-100 cm

Djupkarta

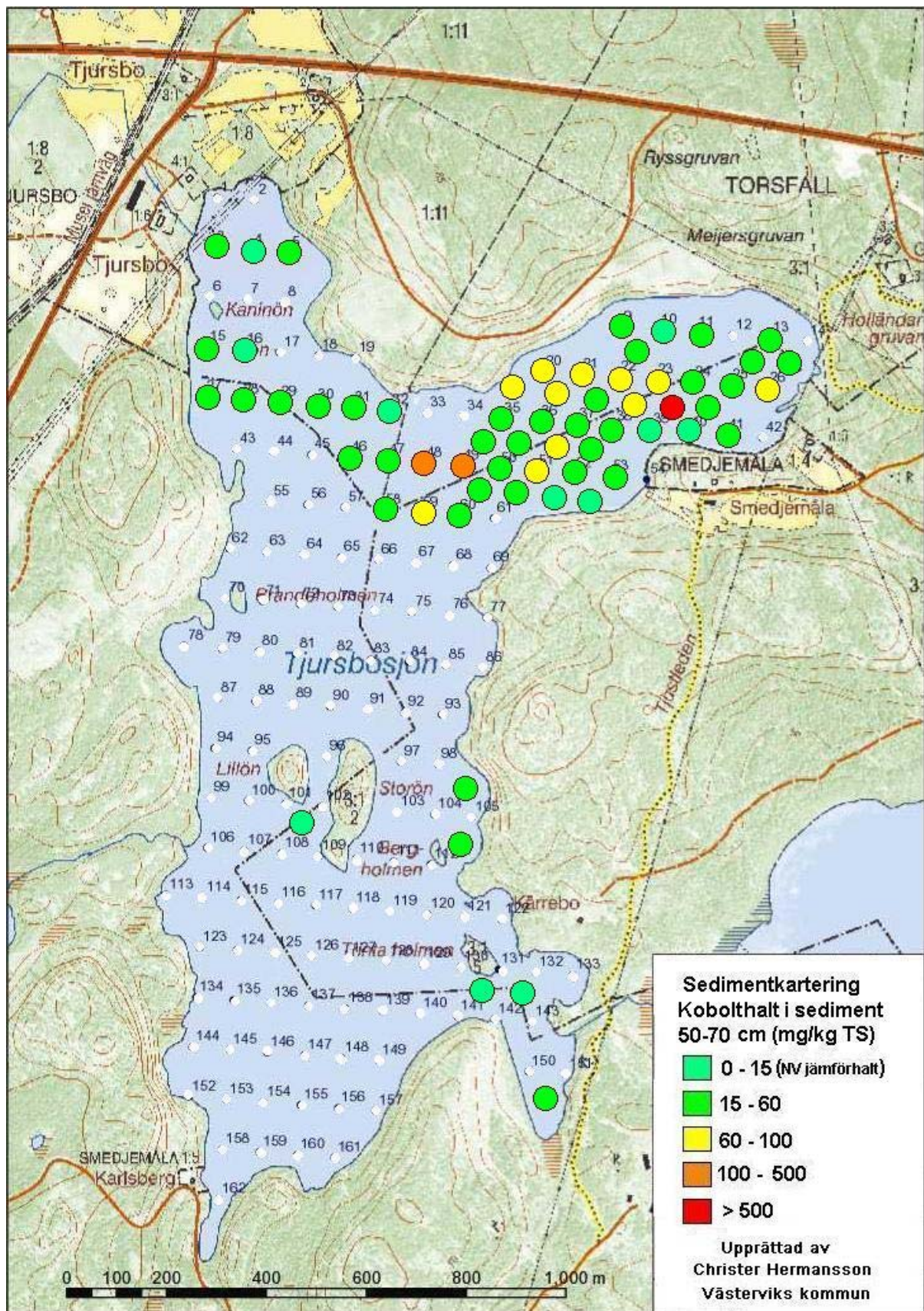
Kobolt; 0-30 cm sedimentdjup



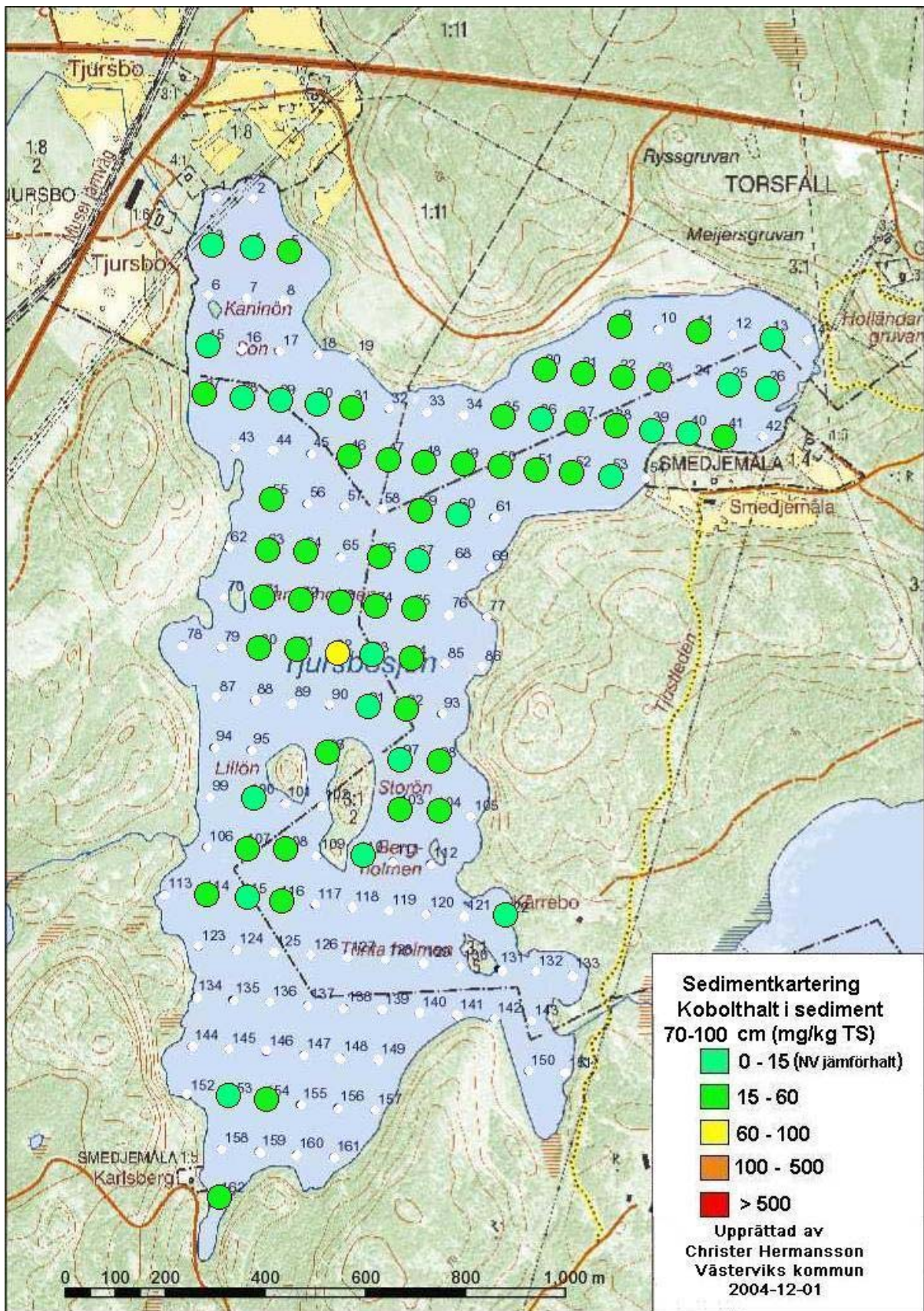
Kobolt; 30-50 cm sedimentdjup



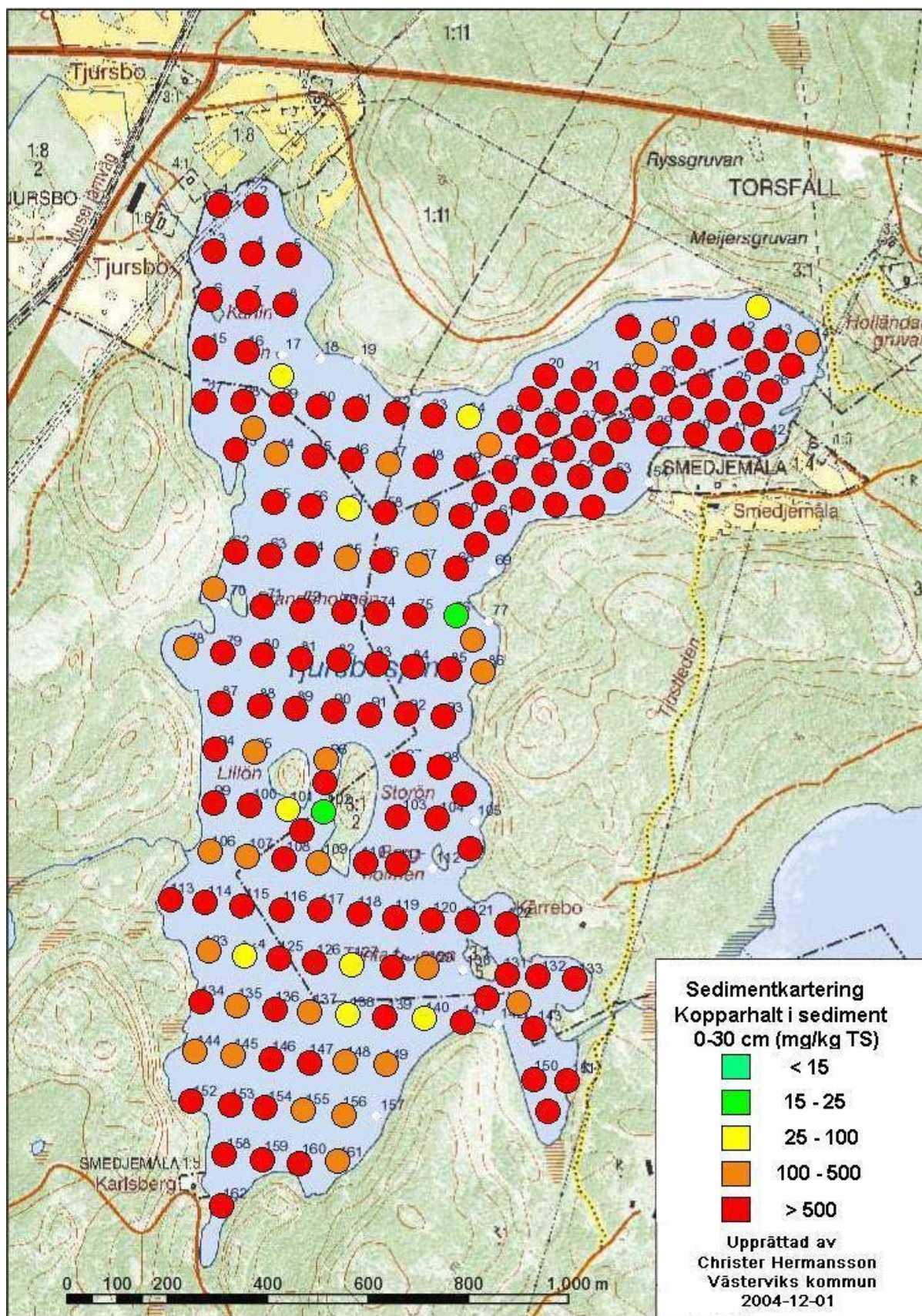
Kobolt; 50-70 cm sedimentdjup



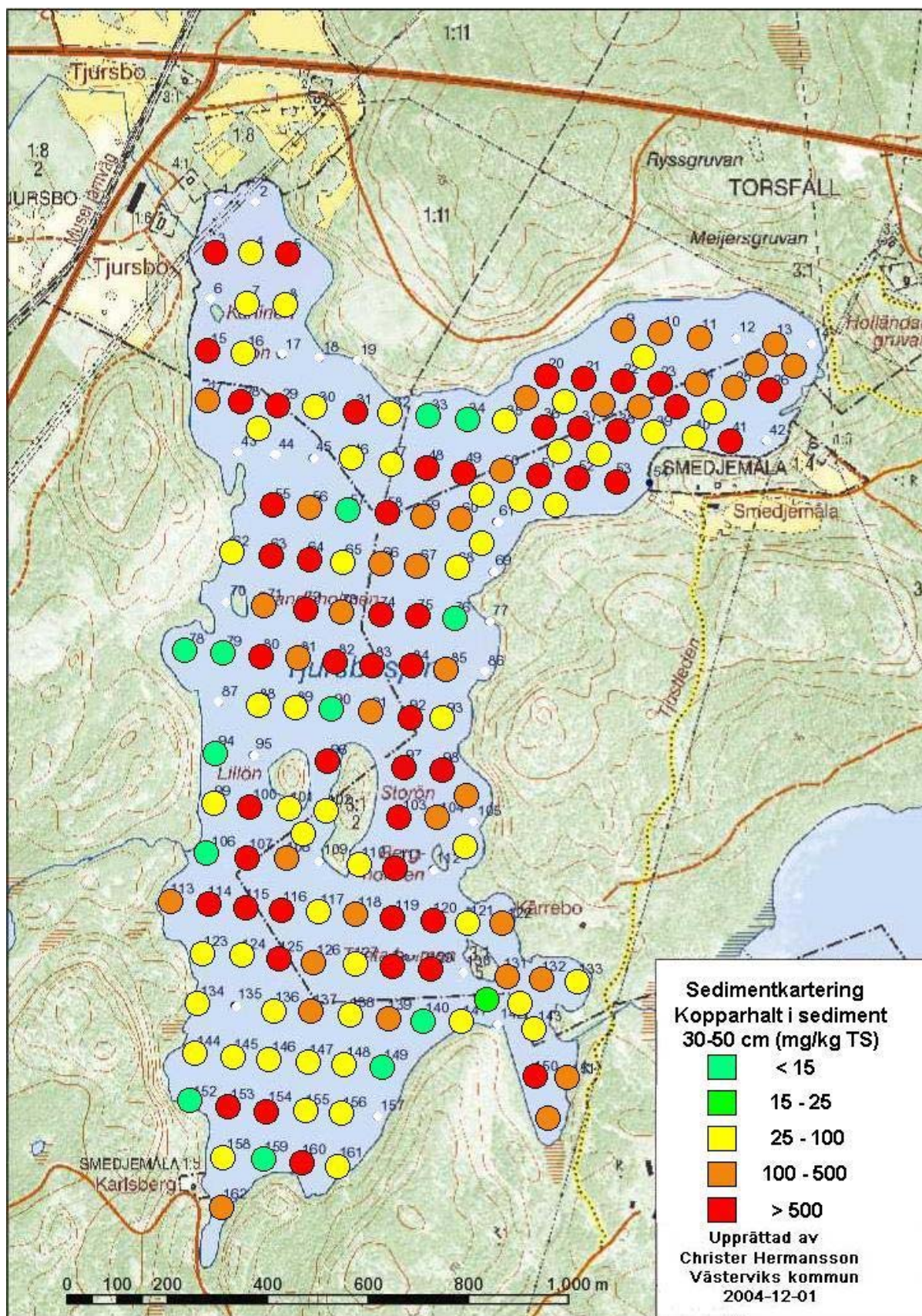
Kobolt; 70-100 cm sedimentdjup



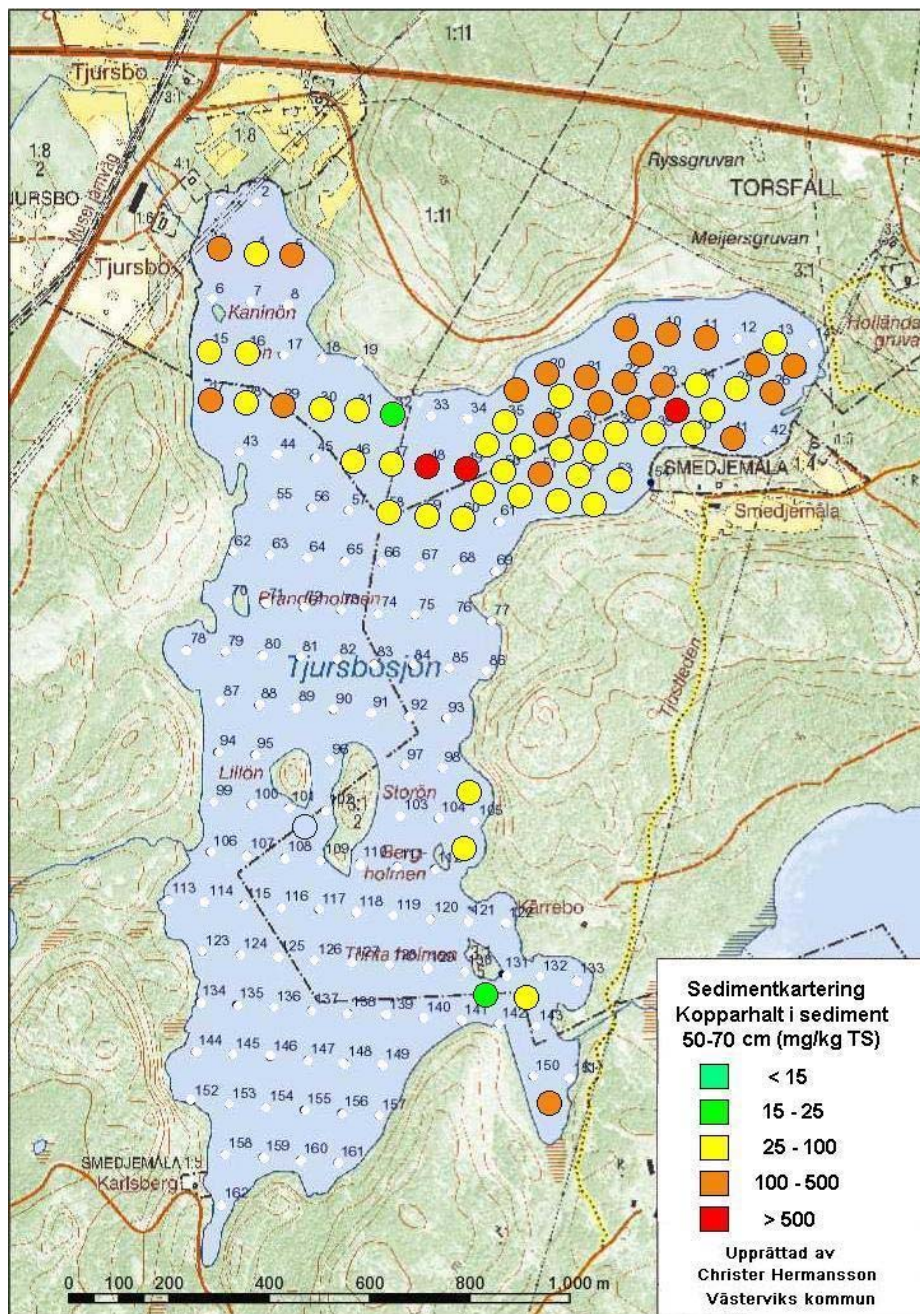
Koppar; 0-30 cm sedimentdjup



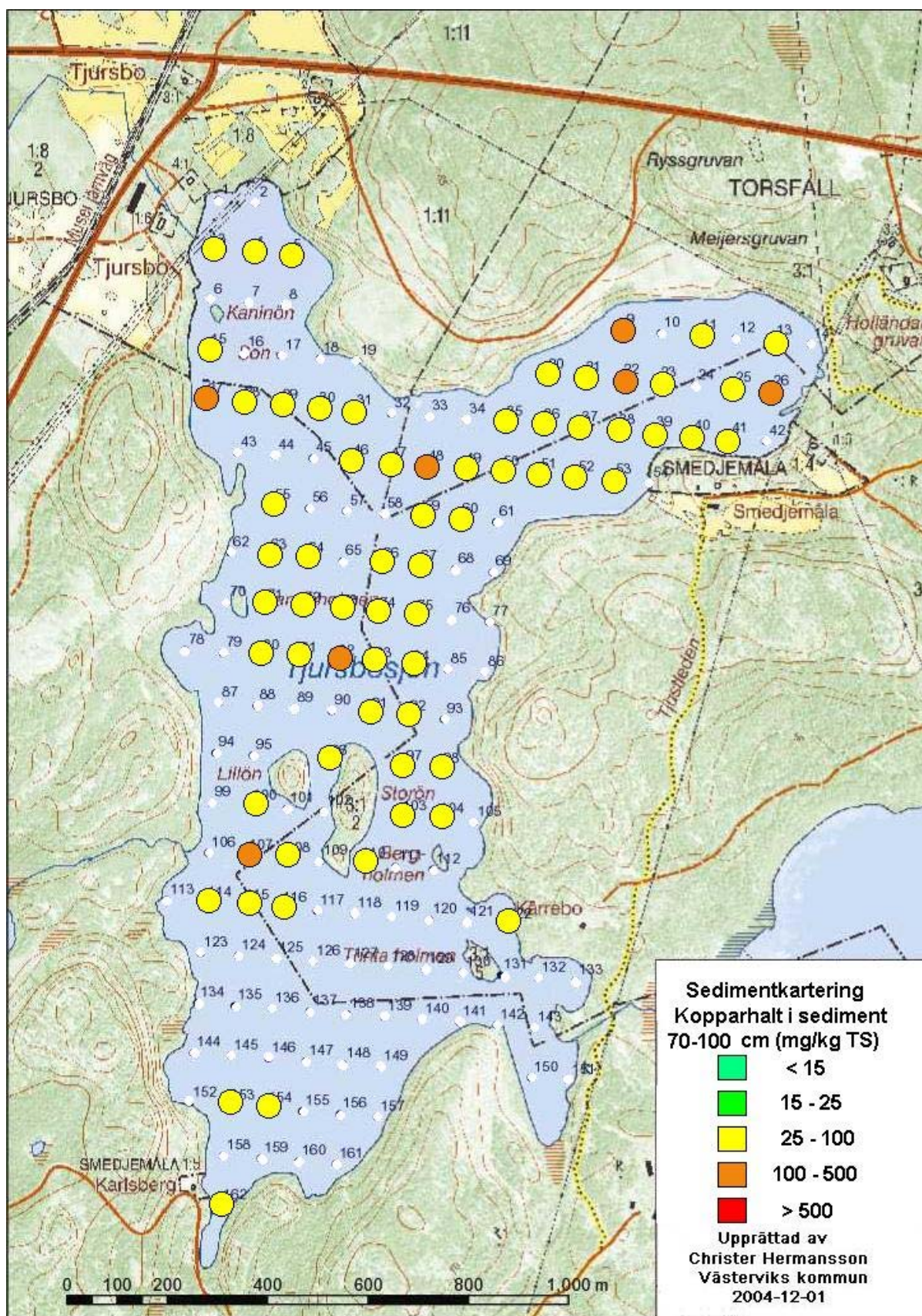
Koppar; 30-50 cm sedimentdjup



Koppar; 50-70 cm sedimentdjup



Koppar; 70-100 cm sedimentdjup



Djupkarta

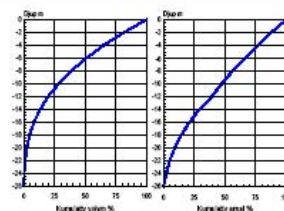
TJURSBOSJÖN

639814 153618 Västerviks kommun, Kalmar län

Djupangivelser i meter, refererade till vattenståndet 51,6 moh (BHT0). Ockluderingshöjter och avvikelse från angivna djup kan förekomma. Båttrafik efter kartan eller på egen risk. Projektion Gauss, RT 90 2,5 gonvår.

Ekodred med båt, 6 077 lodkott med individuell GPS-positionering.

Havsutvinningsområde	71	Botorpströmmen
Areol göyta	119	Hå
Maxdjup	28	m
Medeldjup	10,1	m
Volymin	12,0	Milj. m ³
Strandlinjens längd inkl öar	10 100	m
Antal öar 6 larval >0,01 ha areal	3,1	Hå
Avr- område (utsepp)	9,7	Km ²
Avringsstal (SMH 1961:00)	5	L/dkm ²
Antig avrinning	1,5	Milj. m ³
Taot: oms. 483	8	År
HH (BHT0)	51,6	m



Skötselning och layout: Anders Zvalenberg, Myrica AB, Fårnäs, 2004.

*Ouklar bottenlag

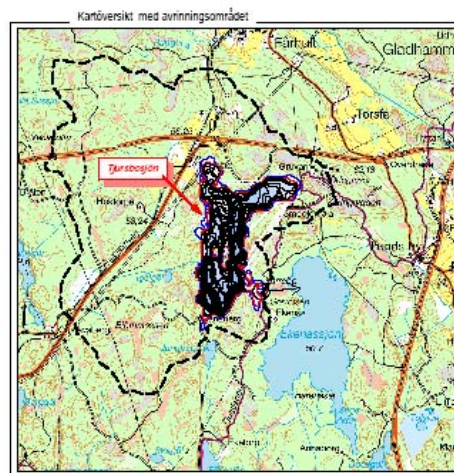
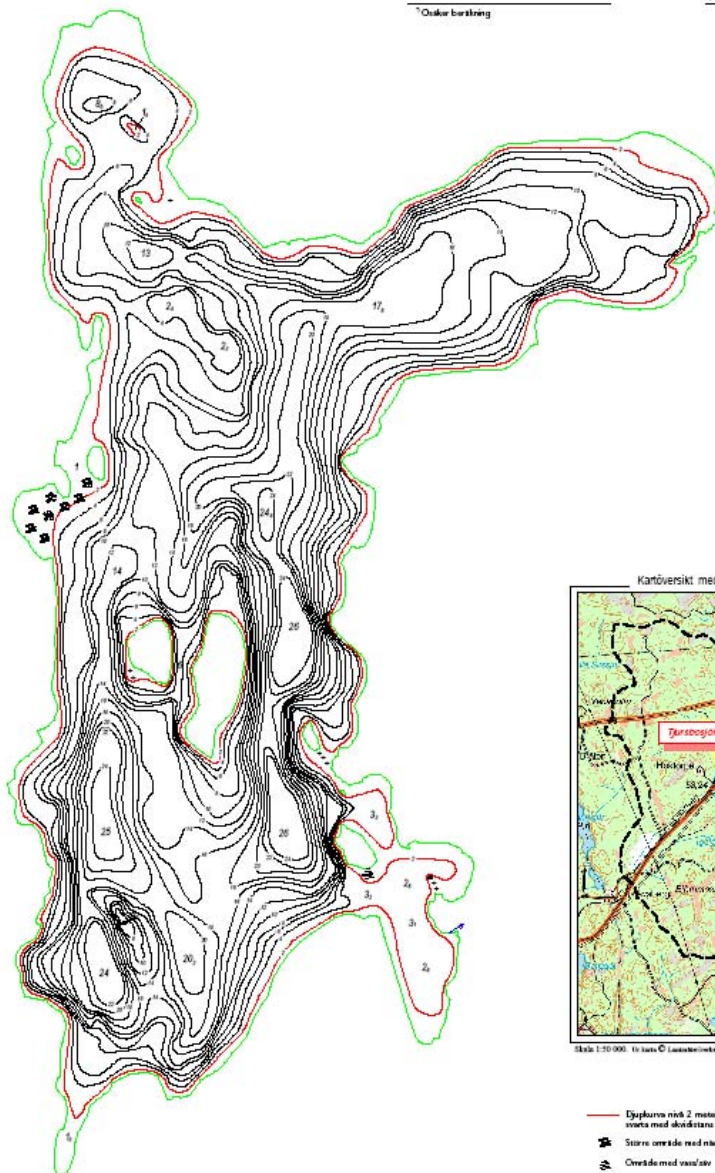
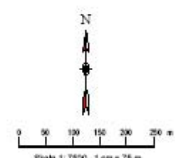


Bild 1: 10 000. © Lantmäteriet, GSI 2010. Skapad med MyricaSoft.

- Djuperna min 2 meter. Övriga djupmarkerade med skidstans 2 meter.
- ☄ Stora område med näckrosor
- ☄ Områden med vasslar
- Sten, normalt synlig
- + Sten under eller i ytan
- 5: Djupangivelser i meters-nösnar



En kartprodukt från MYRICA AB