

ÖVERSIKTLIG MILJÖGEOTEKNISK UNDERSÖKNING

Källstorp 4:3 och del av 4:4, Trollhättans stad



RAPPORT

2004-09-07

Uppdragsgivare: Trollhättans Stad

Uppdragsnr: 0470126

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
1.1	Uppdrag och Syfte.....	3
1.2	Bakgrund och historik	3
1.3	Områdesbeskrivning	4
1.4	Geologi, topografi och hydrogeologi.....	5
1.5	Tidigare undersökningar.....	5
2	Genomförande	6
2.1	Allmänt	6
2.2	Provtagning av jord	6
2.3	Provtagning av grund- och ytvatten.....	6
2.4	Provtagning av byggnadsmaterial.....	7
2.5	Analysomfattning av jord, vatten och byggnadsmaterial.....	7
2.6	Lakförsök	8
2.7	Geotekniska fältundersökningar	8
2.8	Fältobservationer.....	9
3	Kemiska analyser och resultat.....	11
3.1	Allmänt om bedömningskriterier	11
3.2	Fyllnadsmaterial.....	12
3.3	Vatten	14
3.4	Fri fas petroleumprodukt	17
3.5	Byggnadsmaterial.....	17
3.6	Utvärdering av XRF-mätningar i jord och byggnadsmaterial	18
3.7	Resultat av lakförsök	19
4	Översiktlig bedömning av stabilitetssituationen	22
4.1	Besiktning	22
4.2	Bedömning av stabilitetssituationen.....	22
5	Förenklad miljö- och hälsoriskbedömning.....	24
5.1	Sammanfattning av föroreningsituationen.....	24
5.2	Markanvändning.....	25
5.3	Riskbedömning	25
5.4	Riskklassning enligt MIFO fas 2.....	27
6	Slutsatser och rekommendationer	29

Figurförteckning

Figur 1.	Fyllnadsmaterialets sammansättning inom större delar av undersökningsområdet; gjutsand blandad med rivningsmassor, slagg m.m. I högen längst bak anas den ljusa T-kalken som använts för att avjämna den norra delen av området.	9
Figur 2.	Exempel på material som påträffades i provgropar vid markundersökningen. Från vänster rivningsmassor, slagg och slipstenar.....	9
Figur 3.	Exempel på det grå material med lerkonsistens som påträffades i varierande mängd i provgropar GA1-GA2 och GA8-GA9.....	10
Figur 4.	Illustration av en miljö/hälsorisk av en förorening i mark eller grundvatten.....	26

Tabellförteckning

Tabell 1.	Sammanställning av analysomfattning.....	8
Tabell 2.	Fyllnadsmaterial; Analysresultat för oorganiska parametrar samt jämförvärden	12
Tabell 3.	Fyllnadsmaterial; Analysresultat för organiska parametrar samt jämförvärden.....	13
Tabell 4.	Grundvatten; Analysresultat för oorganiska ämnen samt jämförvärden	14
Tabell 5.	Ytvatten; Analysresultat för oorganiska ämnen samt jämförvärden.....	15
Tabell 6.	Grundvatten; Analysresultat för organiska ämnen samt jämförvärden.	15
Tabell 7.	Ytvatten; Analysresultat för organiska ämnen samt jämförvärden.	16
Tabell 8.	Byggnadsmaterial; Analysresultat för oorganiska parametrar samt jämförvärden.	18
Tabell 9.	Jämförelse mellan XRF-mätningar och laboratorieanalyser.....	19
Tabell 10.	Resultat av lakförsök och beräknade fördelningskoefficienter (K_d) för L/S=2.....	20
Tabell 11.	Beräknad urlakad mängd vid L/S 10 samt gränsvärden för avfall (mg/kgTS).	21

Bilagor

Bilaga 1.	Översiktskartor
Bilaga 2.	Historisk översikt över verksamheter inom området
Bilaga 3.	Situationsplan, jord- och vattenprovtagning
Bilaga 4.	Situationsplan, provtagning av byggnadsmaterial
Bilaga 5.	Provtagningsprotokoll
Bilaga 6.	Protokoll från XRF-mätning
Bilaga 7.	Laboratorieprotokoll 2004
Bilaga 8.	Laboratorieprotokoll 2002
Bilaga 9.	Blankett a-e, MIFO fas 2
Bilaga 10.	CPT-sonderingar
Bilaga 11.	Stabilitetsberäkningar

1 Inledning

Golder Associates AB (Golder) har på uppdrag av Miljöförvaltningen hos Trollhättans Stad (beställaren) genomfört en översiktlig miljögeoteknisk undersökning inom Källstorps industriområde, det vill säga fastigheten Källstorp 4:3 samt del av fastigheten Källstorp 4:4 i Trollhättan. För geografisk orientering se översiktskartorna i Bilaga 1.

1.1 Uppdrag och Syfte

Uppdraget syftar till att klargöra i vilken omfattning mark, grund- och ytvatten samt byggnader inom undersökningsområdet har påverkats av den tidigare verksamheten och om möjligt klargöra från vilken tidsperiod och från vilken verksamhet de eventuella föroreningarna härrör.

Uppdraget omfattar en översiktlig miljöteknisk undersökning av mark och grund/ytvatten, en riskklassning enligt MIFO fas 2 samt en förenklad miljö- och hälsoriskbedömning utifrån perspektivet att området fortsättningsvis skall nyttjas för industriändamål (markanvändningsklass MKM, mindre känslig markanvändning, enligt NV rapport 4638 och 4639). Vidare ingår i uppdraget framtagande av förslag till kompletterande undersökningar och åtgärder beaktande det framtida nyttjandet av området vilket både kan innebära ett fortsatt nyttjande av marken för industriändamål (mindre känslig markanvändning, MKM) eller en eventuell omställning till bostadsändamål (känslig markanvändning, KM).

Uppdraget ska även klargöra om stabilitetsproblem föreligger inom fastigheten genom överslagsberäkning enligt Skredkommissionens anvisningar.

1.2 Bakgrund och historikⁱ

Inom undersökningsområdet har det bedrivits industriverksamhet sedan tidigt 1900-tal. Under större delen av perioden (1910-1987) är det företaget AB Stridsberg & Biörck (tidigare Gullöfors bruk) som har bedrivit verksamhet. Tillverkningsen var inriktad på stålgoods av olika slag som exempelvis sågklingor, maskinknivar, filar, skyfflar och spadar.

AB Stridsberg & Biörck sålde under 1986-1987 de båda fastigheterna till Trollhättan Tomt AB och upphörde med sin verksamhet. Efter 1987 har ett flertal mindre verksamheter hyrt in sig på fastig-

ⁱ Källor till kapitlet är: Bergström & Öhrström, *Rapport JB-03/03*, 2003-01-28, arkivmaterial i form av ritningar, myndighetskorrespondens et.c. erhållet från Trollhättans Stad och Trollhättan Tomt AB, Nordisk familjebok 1907, <http://www.lysator.liu.se/runeberg/nfbj/0194.html> och <http://www.lysator.liu.se/runeberg/nfbj/0342.html>

heterna, bland annat Bejab Stål AB som till viss del fortsatte med en verksamhet likartad den som AB Stridsberg & Biörck bedrev.

I AB Stridsberg & Biörcks tillverkning ingick processer såsom gjutning i martinugn och elektrougn samt påföljande mekanisk bearbetning av metallen (t.ex. valsning och smidning). Sedan 1962 har även ytbehandling av höglegerade metaller utförts inom området. För en översikt över var de olika verksamheterna skett se Bilaga 2. Denna grundar sig primärt på en ritning över industriprocesserna från 1953. Råmaterialet för tillverkningen har varit järnmalm och järnskrot och den tillsats som dominerat i legeringarna har, enligt uppgift från tidigare anställda, varit krom. Exempel på övriga kemikalier som har hanterats inom verksamheten är olika oljor (eldningsolja, skäroljor m.m.), fenol- och formaldehydbaserad harts (vid gjutning), polyklorerade furaner (som bindemedel i gjutsanden) och salt- och salpetersyra för betning (borttagning av oxid genom doppning).

AB Stridsberg & Biörcks tillverkning har givit upphov till stora mängder restprodukter, bl.a. slaggar från stålugnarna, sand från gjuteriet, avfall från slipningen samt slam från ytbehandling och avloppshantering. Restprodukterna har, tillsammans med diverse rivningsavfall, under verksamhetsperioden deponerats inom området med tillsynsmyndighetens medgivande. Enligt kommunens handlingar har även företaget Bejab Stål AB deponerat likartade massor inom området efter 1987, dock utan tillstånd. Denna deponering ska ha pågått fram till 1991 då Länsstyrelsen förbjöd vidare deponering inom området.

Efter avslutad deponering har stora delar av området, med kommunens godkännande, avjämnats med ett cirka 0,5 m mäktigt lager med lermaterial och krossad slagg från AB Ferrolegeringar i Trollhättan (lokalt även kallad T-kalk).

1.3 Områdesbeskrivning

Källstorps industriområde ligger vackert i nordvästra delen av Trollhättan vid Göta Älvs västra strand. I väst och sydväst avgränsas området av järnvägen, i öst och sydöst av Göta Älv och i norr av ett rekreatiomsområde med skogsmark, fotbollsplaner och en fritidsanläggning, se Bilaga 1. Det aktuella undersökningsområdet omfattar den norra delen av det gamla industriområdet. Områdets areal är cirka $200 \times 250 \text{ m}^2$, d.v.s. $50\,000 \text{ m}^2$.

Under den period verksamheten var aktiv var större delen av undersökningsområdets centrala del täckt av byggnader, se Bilaga 2. Idag är ett flertal av byggnaderna rivna och bland dem som finns kvar inom undersökningsområdet kan nämnas en stor gjuterihall (markerat med valsverk på Bilaga 2) samt ett antal oljecisterner. Området i övrigt upptas av husgrunder (betongplattor) och större grusade öppna ytor samt i viss mån även asfalterade.

1.4 Geologi, topografi och hydrogeologi

Enligt SGU:s jordartskarta (Ser. Ae nr 48) utgörs de naturliga jordlagren i undersökningsområdet främst av tunna jordlager på berg samt av berg i dagen. Inom områdets norra och nordöstra del återfinns lera. Enligt tidigare genomförda historiska inventeringar (se fotnot i på sid. 3) är delar av området nedsprängt. Berg i dagen återfinns främst i den södra och nordöstra delen samt norr om de oljecisterner som finns inom området. Vidare är den norra delen av området delvis utfyllt med produktionsrester (främst slagg och gjutsand). Utfyllnaden har således skett både inom fastmarksområden, sannolikt direkt på berg, samt i vikar i Göta älv direkt på lera.

Undersökningsområdet är relativt plant med en svag lutning ut mot de branta slänterna ner mot Göta älv. Älvens vattenyta ligger omkring 4 meter lägre än marknivån inom undersökningsområdet. I söder, väster och nordväst återfinns bergklackar på en nivå cirka 4 meter högre än industriområdets marknivå.

Grundvattnets huvudsakliga strömningsriktning bedöms utifrån kartstudier huvudsakligen vara riktad ut mot älven (d.v.s. österut) med lokala avvikelser. Grundvattennivån i områdena närmast Göta älv styrs av älvens vattennivå medan den i de nordvästra delarna av området sannolikt ligger i berggrunden. I fyllnadsmaterialet ovan berget återfinns dock nedåtgående markvatten.

1.5 Tidigare undersökningar

Under våren 2002 uttog Länsstyrelsen i Västra Götaland fyra jordprover i ytlig jord (ner till maximalt 0,7 m) invid den tidigare ytbehandlingsanläggningen (för läget av denna se [Bilaga 2](#)). Proverna analyserades med avseende på metaller med XRF-instrument (X-Ray Fluorescence Spectrometer) och olja (alifater analyserade med GC-FID). I tre av proverna påvisades tyngre kolväten understigande riktvärdet för MKM och i alla fyra proverna uppmättes halter av krom överstigande riktvärdet för MKM, för analysprotokoll se [Bilaga 8](#). Noteras skall att metallanalysen är genomförd med XRF-instrument och de XRF-mätningar av krom som genomförts vid föreliggande undersökning har visat på en begränsad överensstämmelse med laboratorieresultaten, se vidare i [avsnitt 3.6](#) på sid. 18. Det är allmänt känt att krom är svår att mäta med XRF när höga järnhalter interfererar.

2 Genomförande

2.1 Allmänt

Fältundersökningen av området genomfördes den 1-3 juli 2004. Vädret var klart med temperaturer varierande mellan 20 och 25°C med svag vind. Underentreprenörer vid arbetena var Trestads Gräv- och Traktorcentral (TGT) samt LMI Borrteknik.

2.2 Provtagning av jord

Jordprovtagningen genomfördes uteslutande i områden med deponerat restmaterial. Inga jordprover har uttagits från det senare pålagda avjämningskiktet innehållande T-kalk.

Merparten av provtagningen utfördes genom provgroppsgrävning med grävmaskin. Provgroparna grävdes om möjligt ner till naturliga jordlager eller till maximalt 4 m (meter under markytan). Ett fåtal prover från fyllnadsmaterialet uttogs med hjälp av geoteknisk borrhandsvagn utrustad med skruvprovtagare. Samtliga provpunkters lägen redovisas i situationsplanen i Bilaga 3.

För att säkerställa kvaliteten avseende fältundersökningar ingår i Golders kvalitetssystem en fältdokumentation där all provtagningsdata såsom färg, lukt, jordlagerföljder med mera dokumenteras för alla provtagningspunkter. Samtliga prover har analyserats i fält med ett PID-instrument (Photo Ionization Detector) för att detektera flyktiga kolväten och ett urval av jordproverna har analyserats med XRF-instrument (X-Ray Fluorescence Spectrometer) avseende metallinnehåll. Provtagningsdata redovisas i Bilaga 5; Tabell 1, och resultaten från XRF-mätningarna redovisas i Bilaga 6.

Sammanlagt uttogs 32 prover av fyllnadsmaterial och naturliga underliggande jordlager från totalt 13 provtagningspunkter.

2.3 Provtagning av grund- och ytvatten

Temporära grundvattenrör av HDPE-plast har installerats i två punkter inom undersökningsområdet. Vattenprover har uttagits ur båda rören. Vidare har ett ytvattenprov uttagits från ett dike norr om fastigheten. Till det aktuella diket rann lakvatten från de deponerade fyllnadsmassorna ut. Vid provtagningstillfället var flödet i diket lågt men inte stillastående. Samtliga provpunkters lägen redovisas i situationsplanen i Bilaga 3.

Ur grundvattenrören hämtades vattnet med hjälp av bailer och tappades sedan på flaskor erhållna från laboriet. Ytvattenprovet togs direkt i flaska. För samtliga vattenprover har pH, konduktivitet och temperatur analyserats i fält, se Bilaga 5; Tabell 3. Samtliga prover som skulle analyseras

med avseende på metaller filtrerades i fält genom ett 0,45 µm filter för att avskilja eventuella medföljande partiklar.

Sammanlagt uttogs två grundvattenprover och ett prov på ytvatten, för ytterligare data se provtagningsprotokollen i Bilaga 5; Tabell 3.

2.4 Provtagning av byggnadsmaterial

I gjuteribyggnaden genomfördes en översiktlig provtagning av byggnadsmaterial för att erhålla en indikation om, och i så fall i vilken grad, golv och väggar påverkats av den tidigare verksamheten i byggnaden. Provpunkternas lägen redovisas i Bilaga 4 och valdes bland annat utifrån inledande XRF-mätningar se Bilaga 6.

Proverna uttogs med hjälp av bormaskin med slaghammare och maximalt provtagningsdjup var 5 cm. Innan provtagning rengjordes ytorna från löst damm med torr avtorkning. Inga prover har uttagits från ytor där tydliga spill av olja kunde iakttas.

Sammanlagt uttogs 13 prover på byggnadsmaterial från 9 provtagningspunkter, se vidare i provtagningsprotokollen i Bilaga 5; Tabell 2. Ett prov uttogs även på den lösa jord som fanns på golvet i byggnaden, även detta redovisas i Bilaga 5; Tabell 2.

2.5 Analysomfattning av jord, vatten och byggnadsmaterial

Totalt har 46 analyser på jord, vatten och byggnadsmaterial genomförts. Proverna har analyserats med avseende på tungmetaller, Cr⁶⁺, polyklorerade dibensodioxiner och -furaner (dioxiner), petroleumkolväten, PAH:er, flyktiga kolväten (VOC), fenoler, kreosoler, svavel och totalt organiskt kol (TOC) enligt Tabell 1 på nästa sida.

Laboratorieanalyserna har utförts av Analytica AB i Stockholm och Luleå.

Tabell 1. Sammanställning av analysomfattning

Analysparameter	Jord	Vatten	Byggnadsmaterial
Metaller	7 st	3 st	4 st
Cr ⁶⁺	5 st	3 st	1 st
Dioxiner	1 st	-	-
Petroleumkolväten ¹⁾	5 st	2 st	2 st
PAH:er ²⁾	1 st	2 st	1 st
VOC ³⁾	-	3 st	-
Svavel i oljefas	-	1 st	-
Fenol och kreosoler	-	2 st	-
GF / TOC ⁴⁾	3 st	-	-

1) För jord: Totalhalt >C10-C40 samt fraktionerade alifater och aromater. För grundvatten: Fraktionerade alifater och aromater.

2) PAH = polyaromatiska kolväten (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons).

3) VOC = lättflyktiga organiska ämnen.

4) TOC = totalhalt organiskt kol är beräknad från glödförlust (GF).

2.6 Lakförsök

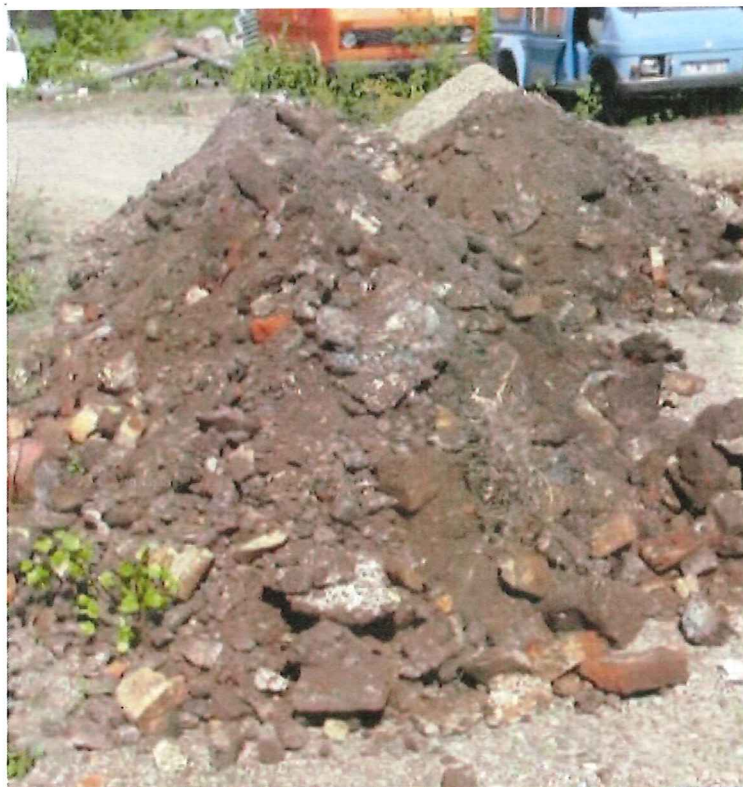
Fyllnadsmaterialet inom undersökningsområdet har även undersökts med avseende på lakningsbenägenheten av metaller. Ett samlingsprov från alla provpunkter (GA1-GA10) blandades och synliga större bitar av slagg sorterades undan innan provet sändes till Analytica AB i Luleå för ett skakförsök enligt EN 12457-3, L/S 2 och L/S 10.

2.7 Geotekniska fältundersökningar

Inom undersökningsområdet har en mycket begränsad undersökning av jordlagerföljden genomförts. CPT-sonderingar har utförts i två punkter inom områdets norra del, då det inom denna del av undersökningsområdet enligt jordartskartan, se avsnitt 1.4, återfinns lera ovan fast botten. Inom övriga delar av området återfinns främst fyllnadsmaterial på berg varför ytterligare sonderingar inom dessa områden inte bedömts relevanta att genomföra i detta skede. För sonderingspunkternas lägen se Bilaga 3. Syftet med sonderingarna har varit att klarlägga jordlagrens mäktighet och egenskaper för att möjliggöra en överslagsberäkning av stabilitetssituationen.

2.8 Fältobservationer

Fyllnadsmaterialet var av likartad uppbyggnad över hela det undersökta området. Det dominerades av gjutsand med inslag av olika slaggar, rivningsmassor, sprängsten och slipsten, se exempel i Figur 1 och Figur 2 nedan.



Figur 1. Fyllnadsmaterialets sammansättning inom större delar av undersökningsområdet; gjutsand blandad med rivningsmassor, slagg m.m. I högen längst bak anas den ljusa T-kalken som använts för att avjämna den norra delen av området.



Figur 2. Exempel på material som påträffades i provgropar vid markundersökningen. Från vänster rivningsmassor, slagg och slipstenar

I några punkter påträffades ett grått, icke naturligt, material med inslag av vita flingor, se fotografi i Figur 3 nedan. Materialet hade en konsistens liknande lera. Materialets ursprung är oklart. Eventuellt kan det röra sig om sedimenteringsslam från bad i ytbehandlingen eller verksamhetens avlopp.

I ett PM från Länsstyrelsen daterat den 24 april 1978 gällande inventeringen av avfalls- och industriupplaget hos AB Stridsberg & Biörck finns noterat att utöver fast material har även sediment från sedimenteringskamrarna deponerats inom fastigheterna. Avloppsledningarna som var anslutna till kamrarna ledde bland annat vatten innehållande slipavfall.



Figur 3. Exempel på det grå material med lerkonsistens som påträffades i varierande mängd i provgropar GA1-GA2 och GA8-GA9.

I provgroparna i den norra delen av undersökningsområdet (GA1-GA2 och GA7-GA10) bestod den översta halvmetern av ett ljusgrått material innehållande mindre slaggbitar, vilket bekräftar den tidigare nämnda avjämningen med lermaterial och T-kalk från AB Ferrolegeringar (se sid. 4).

I västra delen av industriområdet påträffades vatten i fyllnadsmassorna (sannolikt inte grundvatten utan nedåtgående markvatten) cirka 3 mmy. I området mot Göta älv påträffades grundvatten cirka 4 mmy. I punkt GA5 konstaterades en fri fas av en petroleumprodukt på grundvattenytan och i GA 10 kunde en hinna av petroleumprodukt anas på det vatten som rann in i provgropen.

I övrigt konstaterades ett avgränsat skikt i jorden i provpunkt GA7 med lukt av lösningsmedel.

3 Kemiska analyser och resultat

3.1 Allmänt om bedömningskriterier

De uppmätta halterna i jord inom undersökningsområdet har primärt jämförts med Naturvårdsverkets förslag till generella riktvärden; *Generella riktvärden för förorenad mark* (rapport 4638), samt med branschspecifika riktvärden presenterade i Naturvårdsverkets rapport *Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer* (rapport 4889).

Naturvårdsverket har utarbetat riktvärden för både minde känslig markanvändning, MKM, som tillämpas vid fastigheter där det bedrivs kommersiell eller industriell verksamhet t.ex. kontor, industrier och vägar. Känslig markanvändning, KM, är den bedömningsgrund som används vid nyttjande av markområden för t.ex. skolor, bostäder m.m. Riktvärdena är framtagna för att gälla som generella rekommendationer och är *inte* juridiskt bindande. Att jämföra med dessa värden är ett vanligt förfarande vid översiktliga miljötekniska markundersökningar och förenklade miljö- och hälsoriskbedömningar och är ett första steg innan eventuella platsspecifika riktvärden beräknas och en eventuell fördjupad miljö- och hälsoriskbedömning genomförs.

Naturvårdsverket har också utarbetat underlag för bedömningar av avvikelser från normaltillståndet i mark, yt- och grundvatten, (*Metodik för inventering av förorenade områden – Bedömningsgrunder för miljö kvalitet* (rapport 4918) och *Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag* (rapport 5050)).

Dessa värden har främst nyttjats i föreliggande undersökning vid bedömningen av föroreningsförekomst i grund- och ytvatten inom området men också vid riskklassningen enligt MIFO. I de fall där svenska jämförelsevärden saknas har jämförelser med nederländskaⁱⁱ, eller kanadensiskaⁱⁱⁱ värden gjorts.

För förorenade byggnadsmaterial finns inga riktvärden framtagna i Sverige. Naturvårdsverkets generella riktvärden gäller som beskrivits ovan enbart för förorenad mark. De är det lägsta värdet av ett humantoxikologiskt baserat värde (hälsorisk) och flera ekotoxikologiskt baserade värden för skydd av miljön på platsen respektive i ett närbeläget vattendrag. För att göra en relevant jämförelse för byggnadsmaterial, har i detta fall jämförelser gjorts med humantoxivärdet för KM och MKM.

ⁱⁱ RIVM report 711701 023, *Technical evaluation of the Intervention values for Soil/sediment and Groundwater, Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater*, February 2001.

ⁱⁱⁱ *Canadian Environmental Quality Guidelines*, http://www.ccme.ca/publications/pubs_updates.html, utskrift 2003-10-22

3.2 Fyllnadsmaterial

I Tabell 2 och Tabell 3 nedan redovisas analysresultaten från proverna på fyllnadsmaterialet tillsammans med Naturvårdsverkets riktvärden och förslag för riktvärden för KM och MKM från rapporterna 4638 och 4889. De halter som överstiger riktvärdena har markerats med fet stil eller fet kursiv stil med skuggad bakgrund. För fullständiga analysprotokoll se Bilaga 7.

Tabell 2. Fyllnadsmaterial; Analysresultat för oorganiska parametrar samt jämförvärden

Prov-punkt (nivå i mumy)	As	Pb	Cd	Co	Cu	Cr _{tot}	Cr ⁶⁺	Hg	Ni	V	Zn	Mo
	mg/kgTS											
GA1 (0,5-1,5)	1	13	0,04	3	15	50	0,9	<0,05	19	21	7	25
GA2 (0,3-0,8)	14	2 860	<0,1	32	155	2 050	4,0	<1	143	418	132	538
GA5 (3,0-4,0)	24	6 030	1,94	20	494	861	NA	<1	72	110	624	35
GA6 (1,0-2,0)	14	587	1,16	12	190	323	0,2	<1	37	37	433	10
GA8 (1,0-2,0)	8	177	<0,1	175	173	510	1,0	<1	146	191	296	171
GA9 (1,0-2,0)	1	13	0,01	3	16	19	0,1	<0,05	4	6	7	8
GA10 (1,0-2,5)	11	353	0,12	72	200	1 430	NA	<1	91	204	141	278
GA1- -GA10¹⁾	14	579	0,4	149	275	1220	3	<1	149	286	232	264
KM	15	80	0,4	30	100	120	5	1	35	120	350	3²⁾
MKM	40	300	12	250	200	250	20	7	200	200	700	190³⁾

1) Samlingsprov på fyllnadsmaterialet från alla provgröpar, samtliga djup. Synliga slaggbitar har sorterats bort innan provet sändes till analys.

2) Nederländskt s.k. Target Value. Ett värde som representerar den halt i jord som på lång sikt innebär en försumbar risk på ekosystemet.

3) Nederländskt s.k. Intervention Value. Representerar den halt i jord över vilken föroreningen anses som allvarlig med hänsyn tagen till människor, djur och växter.

4) NA = Ej analyserat

Av Tabell 2 ovan framgår följande:

- Samtliga analyserade metaller utom kvicksilver och sexvärt krom förekommer i halter överstigande riktvärdena för KM.
- I proverna från GA1 och GA9 är halterna av samtliga analyserade metaller under riktvärdet för KM.

- I övriga provpunkter kan konstateras att framförallt bly och krom förekommer i halter överstigande riktvärdet för MKM, men också metallerna koppar, molybden, vanadin och zink förekommer i höga halter. Vidare kan konstateras att halterna av kadmium, kobolt och nickel är något förhöjda. Dessa metaller förekommer i halter mellan riktvärdena för KM och MKM.
- Arsenik understiger riktvärdet för KM i alla de undersökta punkterna utom punkten GA5.

Tabell 3. Fyllnadsmaterial; Analysresultat för organiska parametrar samt jämförvärden

Prov-punkt (nivå i mury)	"Olja" >C10-C40	Alifater >C5-C16	Alifater >C16-C35	Aromater >C8-C10	Aromater >C10-C35	Bensen	TEX	PAH _{Ca}	PAH _O	Dioxiner	GF
	mg/kgTS									TEQ ¹⁾	% ²⁾
GA2 (2,5-3,5)	110	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,89
GA4 (1,5-2,5)	360	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
GA7 (1,0-2,0)	NA	<20	24	<1,0	<2,0	<0,01	4,6	2,2	1,8	NA	14
GA7 (2,0-3,0)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	29	NA
GA8 (1,0-2,0)	750	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
GA10 (0,5-1,0)	5100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
KM	100³⁾	100	100	40	20	0,08	10	0,3	20	10	-
MKM	1000³⁾	500	1000	200	40	0,4/3⁶⁾	60	7	40	250	-

1) Halten hos de olika kongenerna viktas efter toxicitet och summeras och ger ett TEQ-värde

2) % av TS-halten

3) Gäller för alifater >C16-C35 (NV rapport 4889)

4) NA = Ej analyserat

5) - = Jämför/riktvärde saknas

6) 0,4 mg/kgTS gäller till 2 mury, 3 mg/kgTS gäller djupare än 2 mury.

Utifrån Tabell 3 kan följande konstateras:

- Olja har detekterats i samtliga prover som analyserats med avseende på totalhalt olja (GA2, GA4, GA8 och GA10). I samtliga punkter ligger halten över riktvärdet för KM och i en punkt överstiger den riktvärdet för MKM. Utifrån analysernas kromatogram (bifogas till laboratorieprotokollen i Bilaga 7) kan konstateras att oljeprodukterna i alla proverna domineras av längre kolkedjor (C20-C29). Tolkning av kromatogrammen indikerar att de påträffade kolvätena härrör från oljor liknande motoroljor och tyngre eldningsolja.

- I punkt GA7 som analyserats med avseende på fraktionerade kolväten detekterades inga halter av alifater eller aromater överstigande riktvärdet för KM.
- I punkt GA7 konstateras cancerogena PAH:er (PAH_{Ca}) i en halt över riktvärdet för KM, dock understigande riktvärdet för MKM. Övriga PAH:er (PAH_o) förekommer i låga halter i den undersökta punkten.
- En djupare nivå i punkt GA7 har analyserats med avseende på dioxiner. Analysen visar att dioxiner förekommer i en halt som överstiger riktvärdet för KM men inte MKM.

3.3 Vatten

I Tabell 4 till Tabell 7 nedan redovisas analysresultaten från vattenproverna uttagna på plats (grundvatten och ytvatten) tillsammans med relevanta jämförvärden. För fullständiga analysprotokoll se Bilaga 7. De halter som överstiger jämförvärdena har markerats med fet alternativt fet kursiv stil.

Tabell 4. Grundvatten; Analysresultat för oorganiska ämnen samt jämförvärden .

Ämne Provpunkt	As	Ba	Pb	Cd	Co	Cu	Cr _{tot}	Cr ⁶⁺	Hg	Ni	Mo	Zn
	µg/l											
GA5 ¹⁾	5	18	10	0,3	1	2	2	<20	<0,02	3	63	2
GA13 ²⁾	<1	19	0,5	0,6	0,6	11,5	2	<20	0,2	5	<20	99
NV ³⁾	50	- ⁵⁾	10	5	-	2000	50	-	1	50	-	-
DIV ⁴⁾	50	625	75	6	100	75	30	-	0,3	75	300	800

1) GA5 är belägen inom undersökningsområdet. Provtagningsdatum 2004-06-03.

2) GA13 är belägen utanför undersökningsområdet som referens och var torrt vid ordinarie provtagningsfall. GA13 provtogs 2004-06-28 efter en nederbördsperiod.

3) NV rapport 4918, bilaga 4, tabell 3, riktvärden för indelning av tillstånd av grundvatten förorenat av metaller baserat på hälsobaserade gränsvärden för dricksvatten. Halten markerar gränsen mellan klass "mindre allvarligt" och "måttligt allvarligt"

4) Nederländskt s.k. Intervention Value. Representerar den halt i grundvatten över vilken föroreningen anses som allvarlig med hänsyn tagen till människor, djur och växter.

5) - = Jämför/riktvärde saknas

Av Tabell 4 ovan framgår att tungmetallhalterna i analyserade grundvattenprover generellt sett är låga.

Tabell 5. Ytvatten; Analysresultat för oorganiska ämnen samt jämförvärden.

Ämne Provpunkt	As	Ba	Pb	Cd	Co	Cu	Cr _{tot}	Cr ⁶⁺	Hg	Ni	Mo	Zn
	µg/l											
GA14 ¹⁾	<1,8	298	1	0,4	0,3	7	18	<20	<0,02	2	62	23
JV ²⁾	15	- ⁴⁾	3	0,3	-	9	15	-	-	45	-	60
JV ³⁾	50	-	1	0,01	-	4	20	-	0,1	150	-	30

1) GA14 är belägen i direkt anslutning till undersökningsområdet. Provtagningsdatum 2004-06-03.

2) Jämförvärde utifrån NV rapport 4918, bilaga 4, tabell 4, riktvärden för indelning av tillstånd av ytvatten förorenat av metaller baserat på NV rapport 5050, *Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag*. Halten markerar gränsen mellan klass "mindre allvarligt" och "måttligt allvarligt"

3) Jämförvärde utifrån NV rapport 4918, bilaga 4, tabell 5, riktvärden för klassning av tillstånd av ytvatten förorenat av metaller baserat på kanadensiska vattenkvalitetskriterier. Halten markerar gränsen mellan klass "mindre allvarligt" och "måttligt allvarligt"

4) - = Jämför/riktvärde saknas

Av Tabell 5 framgår att:

- Halterna av metaller i dikesvattnet kan generellt betecknas som låga.
- Molybden- och kromhalten bedöms dock vara något förhöjd.
- En svag påverkan av koppar och kadmium kan också ses.

Tabell 6. Grundvatten; Analysresultat för organiska ämnen samt jämförvärden.

Ämne Provpunkt	Alifatiska kolväten	Aromatiska kolväten	Bensen	Toluen	Etylbensen	Xylen	PAH _{Ca}	PAH _O	Fenol	Kreosoler	Alkyl- bensener ⁷⁾	Trikloreten
	µg/l											
GA5 ¹⁾	19900	470	0,3	0,4	<0,2	0,2	7	23	0,8	0,3	210	0,1
GA13 ²⁾	NA ⁵⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<0,2	<0,2
NV ³⁾	100	100	10	60	20	200	0,2	10	-	-	-	-
DIV ⁴⁾	- ⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	2000	200	-	500

1) GA5 är belägen inom undersökningsområdet. Provtagningsdatum 2004-06-03.

2) GA13 är belägen utanför undersökningsområdet som referens och var torrt vid ordinarie provtagningsstillfälle. GA13 provtogs 2004-06-28 efter en nederbördsperiod.

3) NV rapport 4889, Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer.

4) Nederländskt s.k. "intervention value"

5) NA = Ej analyserat

6) - = Jämför/riktvärde saknas

7) Den använda analysmetoden ger "summa alkylbensener" av vilka de vanligaste är toluen, etylbensen och xylen. I tyngre petroleumprodukter som diesel och eldningsolja är även trimetylbensen och butylbensen vanliga. Utifrån den genomförda analysen är det inte möjligt att avgöra vilka alkylerade bensener som finns i provet.

Utifrån Tabell 6 ovan kan följande utläsas:

- I GA5 överstiger halten av alifatiska och aromatiska kolväten med bred marginal jämförvärdet för gränsen "måttligt allvarligt". Tyngdpunkten i fördelningen är förskjuten mot de tyngre kolvätena och sammansättningen indikerar att produkten är diesel eller eldningsolja. I detta prov fanns petroleumkolväten i fri fas, varför uppmätta halter sannolikt inte är lösta i vattenfasen.
- I GA 5 kan vidare konstateras att både PAH_{Ca} och PAH_O återfinns i förhöjda halter i förhållande till jämförvärdet.
- I analysen av VOC (flyktiga organiska ämnen) konstaterades en hög halt alkylbensener i grundvattnet i GA5. I samma analys detekterades även spår av det klorerade lösningsmedlet trikloreten, dock i en halt långt under jämförvärdet.
- I referensprovet (GA13) låg samtliga analyserade organiska parametrar under laboratoriets detektionsgräns.

Tabell 7. Ytvatten; Analysresultat för organiska ämnen samt jämförvärden.

Ämne Provpunkt	Alifatiska kolväten	Aromatiska kolväten	Bensen	Toluen	Etylbensen	Xylen	PAH _{Ca}	PAH _O	Fenol	Kreosoler	Alkyl- bensener	Trikloreten
	µg/l											
GA14 ¹⁾	55	2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,04	<0,05	0,3	<0,15	<2	1
JV ²⁾	100	- ³⁾	300	2	90	-	-	-	1	1	-	20

1) GA14 är belägen i direkt anslutning till undersökningsområdet. Provtagningsdatum 2004-06-03.

2) Jämförvärde utifrån NV rapport 4918, bilaga 4, tabell 5, riktvärden för klassning av tillstånd av grundvatten förorenat av metaller baserat på kanadensiska vattenkvalitetskriterier. Halten markerar gränsen mellan klass "mindre allvarligt" och "måttligt allvarligt"

3) - = Jämför/riktvärde saknas

7) Den använda analysmetoden ger "summa alkylbensener" av vilka de vanligaste är toluen, etylbensen och xylen. I tyngre petroleumprodukter som diesel och eldningsolja är även trimetylbensen och butylbensen vanliga. Utifrån den genomförda analysen är det inte möjligt att avgöra vilka alkylerade bensener som finns i provet.

Utifrån Tabell 7 ovan kan följande konstateras:

- I ytvattenprovet kan en påverkan av alifatiska och aromatiska kolväten konstateras. För alifatiska kolväten understiger halten Naturvårdsverkets jämförvärde med god marginal. För aromatiska kolväten saknar Naturvårdsverket jämförvärde men Golder bedömer den analyserade halten som låg.
- Fenol har detekterats i en halt som understiger halten Naturvårdsverkets jämförvärde.

- I VOC-analysen detekterades spår av det klorerade lösningsmedlet trikloreten, dock i en halt långt under jämförvärdet.

3.4 Fri fas petroleumprodukt

I prov GA5 har även svavelhalten i den påträffade fria fasen petroleumprodukt analyserats. Syftet har varit att med ledning av svavelhalten eventuellt kunna avgöra spilllets ålder.

Efter den 1 oktober 1972 tillkom ett förbud om att förbränna eldningsolja med högre svavelhalt än 1 vikt-%. AB Stridsberg & Biörck började elda med en lågsavlig olja i början av 1972 men hade dispens att använda eldningsolja (EO3) med 2 vikts-% svavel till och med 31 mars 1974. Analysen av den fria fasen petroleumprodukt gav en svavelhalt på 2350 mg/kg, d.v.s. knappt 0,3 vikt-%. Svavelhalten i en olja kan dock förändras över tiden till följd av adsorption i jordlagren, utspädning med annan olja och eventuell naturlig nedbrytning, varför det är mycket svårt att enbart utifrån med detta underlag klargöra oljans ursprung och när det aktuella spillet skett.

3.5 Byggnadsmaterial

I Tabell 8 på nästa sida redovisas analysresultaten från byggnadsmaterialproverna tillsammans med Naturvårdsverkets humantoxikologiska riktvärden för förorenad mark. För ytterligare information om dessa se avsnitt 3.1 ovan. Halter som överstiger jämförvärdena har markerats med fet alternativt fet kursiv stil. För fullständiga analysprotokoll se Bilaga 7.

Tabell 8. Byggnadsmaterial; Analysresultat för oorganiska parametrar samt jämförvärden.

Prov-punkt	As	Pb	Cd	Co	Cu	Cr _{tot}	Cr ⁶⁺	Hg	Ni	Mo	V	Zn	Olja ¹⁾
	mg/kgTS												
GA204 V-Btg	3	47	0,1	9	40	22	NA ³⁾	<1	20	3	40	119	NA
GA206 V-Puts	9	175	0,2	5	22	17	NA	<1	14	37	59	103	NA
GA206 V-Tegel	3	2	<0,1	2	7	6	NA	<1	4	0,5	12	8	NA
Lös jord golv	9	1 010	0,6	20	1 050	333	<0,10	<1	99	85	49	573	NA
GA205 G-Btg	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	250
GA208 V-puts	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	740
KM_H²⁾	12	80	0,4	30	8000	1500	5	1	35	-	120	5000	10000⁵⁾
MKM_H²⁾	40	5000	200	3000	IB⁴⁾	IB	20	7	450	-	13000	IB	25000⁵⁾

1) Analysen detekterar organiska föreningar (kolväten) och rapporterar dessa som en totalsumma

2) Naturvårdsverkets humantoxikologiska riktvärden för förorenad mark (se vidare i [avsnitt 3.1](#))

3) Ingen begränsning

4) - = Jämför/riktvärde saknas

5) Erhållet från underlaget för beräkning av de branschspecifika riktvärdena i NV:s rapport 4889. Värdet gäller för alifater >C16-C35 och är valt baserat på av analysens kromatogram.

Utifrån **Tabell 8** ovan kan följande konstateras:

- Ett referensprov av tegel som varit skyddat av puts (GA206) har uttagits från en vägg. Jämfört med referensprovet kan i de övriga analyserade proverna viss påverkan av bly, koppar, krom, nickel, vanadin och zink konstateras. De påvisade halterna ligger, undantaget för bly i en provpunkt, med god marginal under riktvärdena för både MKM och KM.
- I de två proverna från golv och vägg som analyserats med avseende på organiska föreningar har olja påträffats. Analysernas kromatogram visar att de påträffade kolvätena är uppbyggda av tyngre kolkedjor. De påträffade halterna ligger med god marginal under jämförvärdet.
- I den lösa jorden på golvet i gjuterihallen har halter av bly, kadmium och nickel detekterats i halter överskridande humantox-värdet för KM.

3.6 Utvärdering av XRF-mätningar i jord och byggnadsmaterial

Proverna från GA1, GA9 samt lös jord från golvet inne i gjuteribyggnaden har analyserats dels på laboratorium och dels i fält med XRF-instrument för att inför en eventuell åtgärd utvärdera om

XRF-mätningar är en lämplig analysmetod för materialet området. Det är känt att speciellt krom och arsenik är svåra att mäta med XRF när höga järnhalter interfererar, samt att det generellt är svårt att utföra representativa och rättvisande mätningar på material som innehåller slagg och andra fasta avfall. En jämförelse av resultaten redovisas i Tabell 9 nedan.

Tabell 9. Jämförelse mellan XRF-mätningar och laboratorieanalyser.

Prov- punkt (nivå i mumy)	Metod	Fe	As	Co	Cu	Cr	Ni	Zn	Pb	Hg	Mo
		mg/kgTS									
GA1 (0,5-1,5)	XRF	133 598	60	4 019	161	8 772	509	303	71	25	472
	Lab	4 040	1	3	15	50	19	7	13	<1	25
GA9 (1,0-2,0)	XRF	106 581	48	2 166	145	2 049	332	235	145	31	61
	Lab	3 800	1	3	16	19	4	7	13	<1	8
Lös jord (inne)	XRF	61 833	43	2 509	1 293	UD ¹⁾	575	478	316	UD	53
	Lab	87 800	9	20	1 050	333	99	573	1 010	<1	85

1) UD = halt under detektionsgräns

Baserat på jämförelsen i Tabell 9 ovan kan konstateras att överensstämmelsen mellan de absoluta halterna för de båda analysmetoderna är begränsad. Gällande resultaten för koppar, zink och bly och till viss del även för nickel kan dock en svag trend ses gällande följsamheten mellan högre respektive lägre värden. Utifrån ovanstående jämförelse kan konstateras att XRF-mätningar bör användas med försiktighet på prover från fyllnadsmaterialet inom området.

3.7 Resultat av lakförsök

I Tabell 10 på nästa sida redovisas resultaten från lakförsöket för de metaller som förekommer i förhöjda halter i jorden inom undersökningsområdet eller i lakvåtskorna. För fullständiga analysprotokoll se Bilaga 7.

I Tabell 10 redovisas också beräknade ämnesspecifika fördelningskoefficienterna (K_d) för aktuella metaller. K_d anger kvoten mellan den uppmätta halten av metallen i jorden $[Me]_s$ och lakvåtskan $[Me]_{aq}$ vid $L/S=2$ l/kg. Ju högre K_d -värdet är desto hårdare bunden är metallen till slagg och jordpartiklar och desto mindre spridningsbenägen är den.

Som en jämförelse ges för lakvåtskan livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten (SLVFS 2001:30, gränsvärde för otjänligt dricksvatten). Vidare redovisas som en jämförelse också de K_d -värden som Naturvårdsverket använt vid framtagandet av de generella riktvärdena. För metaller har

NV valt värden från litteratur utifrån hur de olika ämnena uppträder i en typisk svensk jord med låg fastläggning och med ett pH mellan 5 och 7.

De halter som överstiger gränsvärdena för dricksvatten har markerats med fet stil och de K_d -värden som understiger de värden som Naturvårdsverket använt vid framtagandet av de generella riktvärdena har markerats med fet kursiv stil.

Tabell 10. Resultat av lakförsök och beräknade fördelningskoefficienter (K_d) för $L/S=2$.

	Tillgänglig mängd	L/S 2			
	[Me] _s	[Me] _{aq}	K_d -ber	SLV	K_d -NV
	mg/kgTS	µg/l	l/kg	µg/l	l/kg
As	14	8	1 742	10	30
Cd	0,4	15	27	5	30
Co	149	3	54 982	- ³⁾	100
Cr ¹⁾	1 220	500	2 440	50	2000
Cr ⁶⁺	3	1 100	3	(5)⁴⁾	30
Cu	275	130	2 115	2	500
Hg	<1	ED ²⁾	Ej ber.	1	200
Mo	264	3560	74	-	40⁶⁾
Ni	149	7,4	20 054	20	100
Pb	579	3	196 271	10	1000
Zn	232	2,2	107 907	5000⁵⁾	100
pH ⁷⁾		>10			

1) Reducerat för Cr⁶⁺

2) ED = Ej detekterat

3) Värde saknas

4) Värdet gäller för jord och markanvändning utan restriktioner (KM).

5) EPA National Secondary Drinking Water Standard

6) K_d -värde från nederländska listan (halt i jord/halt i porvatten)

7) pH i lakvätskan

Utifrån Tabell 10 ovan kan följande konstateras:

- Halterna av krom och molybden är mycket höga i lakvätskan medan övriga tungmetaller förekommer i förhållandevis låga nivåer.
- pH i lakvätskan är högt. En metalls K_d -värde beror av ett flertal faktorer, bl.a. är det i de flesta fall starkt knutet till pH-värdet. För de flesta metaller minskar rörligheten med ett ökande pH. Sexvärt krom och molybden är dock exempel på ämnen vars mobilitet stiger med ökande pH.

- Sammanfattningsvis visar lakförsöken att de flesta tungmetallerna i fyllnadsmaterialet sitter relativt hårt bundet till slagg och jordpartiklar och därmed bedöms de ha en mindre omfattande spridning till underlagrande naturliga jordlager och grundvatten. Krom⁶⁺ och i viss mån även molybden visar m.h.t. till sina relativt låga K_d-värden på en viss spridningsbenägenhet och därmed kan en spridning av dessa metaller till Göta älv inte uteslutas.

Utifrån de genomförda lakförsöken är det också möjligt att utifrån urlakad mängd för L/S10 ge en indikation på hur materialet klassas m.h.t. Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering (NFS 2004:10). I Tabell 11 nedan görs en jämförelse med gränsvärden för metallurlakning för deponering på deponier för inert avfall (IA), icke-farligt avfall (IFA) och farligt avfall (FA) enligt 22 §. De urlakade mängder som överstiger gränsvärdena har markerats med fet, fet kursiv alternativt fet kursiv understruken stil.

Tabell 11. Beräknad urlakad mängd vid L/S 10 samt gränsvärden för avfall (mg/kgTS).

	As	Ba	Cd	Cr _{tot}	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
L/S 10	0,04	0,9	0,05	6,5	0,4	<0,003	11,8	0,02	0,02	0,02
IA¹⁾	0,5	20	0,04	0,5	2	0,01	0,5	0,4	0,5	4
IFA²⁾	2	100	1	10	50	0,2	10	10	10	50
FA³⁾	<u>25</u>	<u>300</u>	<u>5</u>	<u>70</u>	<u>100</u>	<u>2</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	<u>200</u>

1) IA - inert avfall

2) IFA – icke farligt avfall

3) FA – farligt avfall

Av Tabell 11 ovan framgår att:

- De urlakade mängderna av kadmium, krom och molybden överskrider gränsvärdena för deponering på anläggning för inert avfall.
- Den urlakade mängden molybden överskrider även gränsvärdet för deponering på anläggning för icke farligt avfall.

4 Översiktlig bedömning av stabilitetssituationen

4.1 Besiktning

Den 26 maj 2004 genomfördes en okulärbesiktning av området i syfte identifiera om, och i så fall inom vilka delar av fastigheten, stabilitetsproblem bedöms kunna föreligga.

Som beskrivits i avsnitt 1.4 är det aktuella området relativt plant med en svag lutning åt öster ut mot Göta älv. Den naturliga jordlagerföljden inom området domineras av tunna friktionsjordlager på berg, med undantag för områdets norra del där de genomförda sonderingarna visar att ca 2-5 m mäktiga lager av lera återfinns direkt på berg. Grundvattenytan inom området närmast älven styrs av nivån i denna och återfinns ca 4 m under markytan.

Områdets östra gräns sluttar mycket brant ner mot älven och utgörs främst av berg i dagen med deponerade massor eller murar direkt på berg. Vid besiktningen återfanns i delar av dessa slänter ner mot älven restprodukter som bedöms vara tippade i desamma.

Inom områdets norra del är slänterna bevuxna med gräs och sly och utgörs främst av deponerade restprodukter från verksamheterna inom området. Slänterna ligger i en lutning som i princip motsvarar rasvinkeln hos det deponerade materialet, d.v.s. i lutning 1:1,4.

Det finns inga indikationer på äldre skred, dock torde främst inom områdets norra del, en viss erosion av det i älven deponerade avfallet ske.

4.2 Bedömning av stabilitetssituationen

Stabiliteten inom området har analyserats i två sektioner inom områdets norra del som vid besiktningen bedömdes vara den del inom området där eventuella stabilitetsproblem kunde föreligga (sektion 1 och 2, för läge se situationsplanen i Bilaga 3). De genomförda sonderingarna redovisas i Bilaga 10. Stabilitetsanalyser har utförts med Slope/W för kombinerad analys. De redovisade säkerhetsfaktorerna avser Bishops' metod.

Ingen inmätning av sektionerna eller lodning i Göta älv har utförts inom ramen för detta uppdrag. Som underlag för de båda sektionernas geometri har den av Trollhättans kommun tillhandahållna situationsplanen nyttjats. Vidare har en erfarenhetsmässig bedömning av bottentopografin i älven gjorts.

I samband med föreliggande undersökning har enbart mycket begränsade geotekniska undersökningar genomförts, och de geotekniska parametrar som nyttjas för de naturliga jordlagren i beräkningarna har valts erfarenhetsmässigt med ledning av de genomförda sonderingarna och data från

undersökningar i närområdet. Inga geotekniska undersökningar har genomförts av avfallet vars geotekniska parametrar har bedömts utifrån erfarenhetsmässiga värden på motsvarande naturliga material.

Med anledning av ovanstående har avfallets friktionsvinkel antagits till $\phi'=32^\circ$ och dess skrymdensitet till $\rho=1,8 \text{ t/m}^3$. Lerans odränerade skjuvhållfasthet har i beräkningarna antagits till $\tau_{fu}=25 \text{ kPa}$ och den dränerade hållfastheten till $c'=0,1 \times \tau_{fu}$. Vidare har lerans friktionsvinkel antagits till $\phi'=30^\circ$ och dess skrymdensitet till $\rho=1,6 \text{ t/m}^3$.

I beräkningarna har en hydrostatisk portrycksprofil antagits motsvarande en grundvattenyta i nivå med älven, d.v.s. 4 mmy.

Resultaten från beräkningarna redovisas i Bilaga 11. Utförda beräkningar visar att Säkerhetsfaktorn mot stabilitetsbrott för sektion 1 är låg, $F_{komb}=1,3$. För korta lokala glidytor i fyllnadsmaterialet är säkerhetsfaktorn mycket låg, $F_{komb}=1,2$. För sektion 2 är motsvarande säkerhetsfaktorer mot stabilitetsbrott högre, $F_{komb}=1,8$ respektive $F_{komb}=1,6$.

Noteras skall att ovan presenterade säkerhetsfaktorer är behäftade med en stor osäkerhet med anledning av att det geotekniska underlaget är mycket begränsat.

5 Förenklad miljö- och hälsoriskbedömning

5.1 Sammanfattning av föroreningssituationen

En översiktlig miljögeoteknisk undersökning har genomförts inom fastigheten Källstorp 4:3, 4:4. Undersökningen har omfattat provtagning av både fyllnadsmaterial, grundvatten, ytvatten samt byggnadsmaterial. Sammanfattningsvis kan utifrån den genomförda undersökningen följande konstateras:

- Huvudsakligen utgörs den naturliga jordlagerföljden i området av tunna friktionjordlager direkt på berg. Inom områdets norra del återfinns dock ett ca 2-5 m mäktigt lerlager direkt på berg. Grundvattenytan i den östra delen av området är i nivå med Göta älv, cirka 4 m, och i den västra delen sannolikt i berggrunden.
- Fyllnadsmaterialet mäktighet varierar mellan 3 till minst 5 m och är som mäktigast inom det utfyllda deponiområdet i den norra delen. Huvudsakligen utgörs det av restprodukter från den verksamhet som bedrivits inom området såsom gjuterisand och olika typer av slagg.
- Generellt återfinns i fyllnadsmaterialet förhöjda halter av tungmetaller, bland annat bly, krom och molybden. I de undersökta punkterna har även förhöjda halter av tyngre petroleumkolväten återfunnits.
- Grundvattnet inom området innehåller låga halter av tungmetaller samt spår av trikloreten, men bedöms inte vara påverkat i någon betydande omfattning. Inom området vid oljecister-erna har fri fas av tyngre petroleumkolväten återfunnits på grundvattenytan. I samma punkt har även alkylbensener konstaterats.
- Inte heller i ett lakvattenpåverkat ytvatten inom områdets norra del har några tydligt förhöjda halter av tungmetaller återfunnits. Spår av trikloreten har identifierats även här, men halterna är mycket låga och ytvattnet bedöms ej vara påverkat i någon betydande omfattning.
- Den provtagna byggnaden är generellt påverkad av den verksamhet som bedrivits och golv och väggar är kontaminerade av damm som sannolikt innehåller förhöjda halter av tungmetaller. Dock har vid provtagningen, då ytorna rengjorts från löst damm, inga höga halter av tungmetaller återfunnits i ytskiktet på golv och väggar. Golv och väggar i gjuteribyggnaden är ställvis synligt kontaminerade av petroleumkolväten, men i de analyserade punkterna har inga halter som är skadliga för människor konstaterats.

5.2 Markanvändning

Källstorps industriområde ligger i den nordvästra delen av Trollhättan vid Göta älvs västra strand och avgränsas av järnvägsspår, Göta Älv och skogsmark. Området utgörs idag av ett antal äldre industribyggnader, några nyuppförda mindre lagerlokaler samt av husgrunder (betongplattor) och avgrusade och asfalterade öppna ytor. Undersökningsområdet är planlagt som och används som industrimark. Detta medför att området idag är att likställa med Naturvårdsverkets markanvändningsklass mindre känslig markanvändning, MKM (se vidare i Avsnitt 5.3 nedan).

En eventuell framtida omställning av det aktuella området för exempelvis bostadsändamål innebär att det bäst kan likställas med Naturvårdsverkets markanvändningsklass för känslig markanvändning, KM.

5.3 Riskbedömning

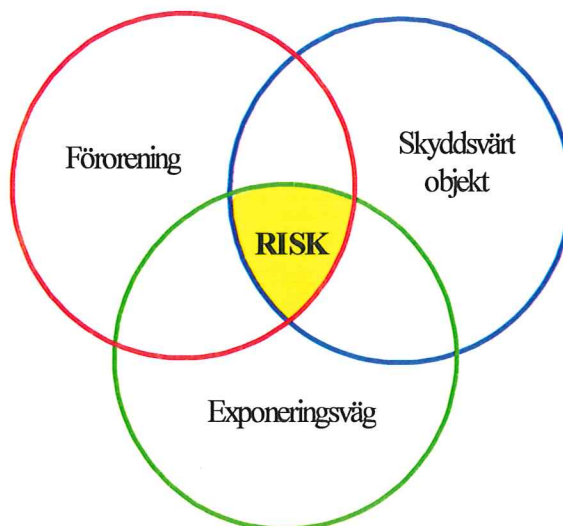
Enligt Naturvårdsverkets definition anger de generella riktvärdena en nivå som bör underskridas för att skydda människor och miljö mot oönskade effekter. Det generella riktvärdet är det lägsta värdet av ett *hälsoriskbaserat värde* och *ekotoxikologiska värden baserade på skydd av miljön på platsen* respektive i ett *närliggande ytvattendrag*. Riktvärdena har tagits fram för tre typer av markanvändning:

- **KM - känslig markanvändning.** Marken kan användas fritt utan restriktioner. Exempel på markutnyttjande är bostäder, daghem eller odling av grönsaker. Vid denna markanvändning skyddas ekosystem i närbelägna ytvatten och de flesta typerna av markekosystem.
- **MKM - mindre känslig markanvändning.** Restriktioner i markanvändningen finns och marken kan användas för kontor, industrier eller vägar. Också vid denna markanvändning skyddas ekosystem i närbelägna ytvatten medan skyddet av markekosystemen inte är lika starkt.
- **MKM GV - mindre känslig markanvändning med grundvattenskydd.** Som för MKM ovan, men grundvattenuttag är möjligt på ett visst avstånd från föroreningen.

Halter överstigande de generella riktvärdena innebär inte att oönskade effekter hos människor och/eller miljö automatiskt uppkommer. Risken för en negativ påverkan av en förorening i mark eller grundvatten uppkommer enbart om det *samtidigt* finns

- En förorening som överstiger en viss halt,
 - Ett skyddsvärt objekt,
- samt
- En exponeringsväg mellan dessa två.

Följaktligen innebär inte enbart förekomsten av en förorening automatiskt en risk för negativ påverkan. Se även illustrationen i Figur 4 nedan. I en **riskbedömning** utvärderas dessa parametrars förhållande till varandra och en tydligare bild av den eventuella risken erhålls.



Figur 4. Illustration av en miljö/hälsorisk av en förorening i mark eller grundvatten.

Vid en **förenklad riskbedömning** jämförs de på platsen uppmätta halterna med de generella riktvärdena och om dessa överskrider föreligger enligt definitionen en risk. Vilken typ av risk som föreligger och hur man skall reducera/eliminera denna kan alltså **inte** utvärderas i en förenklad riskbedömning.

Inom det undersökta området finns i fyllnadsmaterialet ett flertal metaller (bl.a. krom, bly, molybden, koppar och vanadin) som förekommer i halter överstigande de generella riktvärdena för KM och MKM. Vidare återfinns ställvis förhöjda halter av petroleumkolväten i både fyllnadsmaterial och grundvatten. Den fria fasen av petroleumprodukter i grundvattnet har tidigare, vid höga vattenflöden i älven, läckt ut till densamma, vilket inte kan anses vara acceptabelt.

De genomförda provtagningarna visar att de i fyllnadsmaterialet påträffade metallerna har påverkat grund- och ytvattnet i begränsad omfattning. Detta styrks också av de genomförda lakförsöken som ger en tydlig indikation på att merparten av de i fyllnadsmaterialet konstaterade tungmetallerna är hårt bundna till jordpartiklar och slaggprodukter, undantagen är sexvärt krom och molybden. Spridningen av tungmetaller från fyllnadsmaterialet till underlagrande naturliga jordlager och grundvatten bedöms således som mycket liten. Det förekommer dock ställvis inom området en kontinuerlig erosion av tungmetallhaltiga fyllnadsmaterial från de branta slänterna längs områdets strandkant. De eroderade partiklarna avsätts nedströms i områden med lugnvatten. Denna kontinuerliga spridning bedöms i dagsläget vara av mindre omfattning men stabilitetssituationen inom områdets norra

del innebär en risk för ras och skred och därmed också en potentiell risk för negativ påverkan på vattenlevande växter och djur i Göta älv.

Sammanfattningsvis kan, med hänsyn till:

- de i fyllnadsmaterialet förekommande förhöjda halterna av tungmetallhalter och petroleumkolväten;
- risken för ras och skred inom området;
- den ställvis förekommande fria fasen av petroleumkolväten i grundvattnet;

en risk för negativ påverkan på människa och miljö inom det aktuella området inte uteslutas vid nuvarande och framtida mindre känslig markanvändning (MKM).

Vid en eventuell framtida omställning av området och exploatering med till exempel bostäder kommer de ovan identifierade riskerna för negativ påverkan på miljö och i synnerhet människor tydligt att förstärkas.

5.4 Riskklassning enligt MIFO fas 2

I föreliggande undersökning har även en riskklassning av området utifrån NV rapport 4918 genomförts, se Bilaga 9. Riskklassningen utifrån MIFO-bedömningen utgår från nuvarande markanvändning.

- De förhöjda halter av tungmetaller och petroleumkolväten som förekommer i fyllnadsmassorna inom hela det undersökta området i kombination med den rådande stabilitetssituationen innebär en risk att föroreningar med hög farlighet påverkar *ytvatten och sediment* i Göta Älv vilka bedöms ha högt skyddsvärde och känslighet. Även den lokalt förekommande fria fasen av petroleumkolväten medverkar starkt till att området bör placeras som **riskklass 1**. Om ytterligare stabilitetsutredningar visar att ras/skredrisken inte är av den omfattning som föreliggande översiktliga beräkningar visar kommer området sannolikt att inordnas i en lägre riskklass.
- **Mark och grundvatten** inom området bedöms trots de konstaterade föroreningarnas farlighet vara i **riskklass 2**. Detta beaktat det måttliga skyddsvärdet hos idag exponerade grupper och exponerad miljö. Vid en eventuell framtida omställning av området till en användning med exponering av känsligare grupper, t.ex. barn, kommer mark och grundvatten sannolikt att inordnas i en högre riskklass.

- Områdets **byggnader** bedöms vara i **riskklass 3** baserat på den låga föroreningsnivån i gjuteribyggnaden samt det låga skyddsvärdet hos exponerade grupper och exponerad miljö. Vid en eventuell framtida omställning av området till en användning med exponering av känsligare grupper, t.ex. barn, kommer byggnaderna sannolikt att inordnas i en högre riskklass.

6 Slutsatser och rekommendationer

Utifrån resultaten av den inom Källstorp 4:3 och 4:4 genomförda översiktliga miljögeotekniska undersökningen med tillhörande förenklad riskbedömning och riskklassning kan sammanfattningsvis följande konstateras:

- Enligt Skredkommissionens anvisningar rekommenderas att säkerhetsfaktorn mot ett kombinerat brott i en översiktlig utredning skall vara $F_{\text{komb}}=1,5$. Detta krav kan ej anses vara uppfyllt för den rådande belastningssituationen inom områdets norra del. Mot bakgrund av den osäkerhet som råder avseende avfallets och den naturliga lerans hållfasthetsegenskaper samt med hänsyn till den stora negativa miljöpåverkan som kan uppstå i Göta älv vid ett eventuellt ras i det tungmetallhaltiga avfallet eller skred i de naturliga jordlagren krävs att stabilitetssituationen inom området klarläggs tydligare.
- Det undersökta området består till stor del av deponerade restprodukter från tidigare gjuteriverksamhet. Massorna består av gjutsand, olika slaggar, rivningsmassor m.m. och materialets sammansättning inom olika delar av området är likartad. I dessa massor påträffas ett flertal metaller i höga halter och ställvis även tyngre petroleumkolväten. Många av de metaller som påvisas är vanliga vid gjuteriverksamheter, medan exempelvis de höga halterna av bly och molybden inte kan förklaras utifrån erhållen historisk information om verksamheten eller generell kunskap om äldre gjuteriverksamheter. Provtaget grundvatten och ytvatten inom området innehåller dock låga halter av de metaller som påvisas i fyllnadsmassorna vilket indikerar att de flesta av metallerna har en låg rörlighet. Genomförda laktest indikerar dock att de utfyllda massorna inte kan klassas som inert avfall enligt NFS 2004:10 då urlakningen av sexvärt krom och molybden inte är obetydlig.
- I anslutning till befintliga oljecisterner nära Göta älvs strandkant har fri fas olja påträffats på grundvattenytan, vilket indikerar ett eller flera historiska oljespill. Enligt uppgift från kommunen sprids periodvis fri fas olja till Göta älv från detta område. Källan till oljan på grundvattenytan har inte hittats men det är troligt att det i anslutning till oljecisternerna finns betydande oljeförorening i mark.
- Med hänsyn till de i fyllnadsmaterialet återfunna förhöjda halterna av tungmetaller, den rådande stabilitetssituationen samt den i grundvattnet lokalt förekommande fria fasen av pe-

rekommenderas att de ovan beskrivna utredningarna kombineras med följande utredningar och undersökningar genomförs:

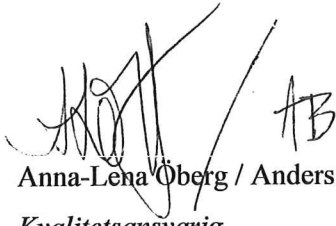
- En fördjupad riskbedömning som klargör riskerna för den negativa påverkan på människor och miljö som de inom området förekommande föroreningarna kan innebära med hänsyn tagen till den planerade exploateringen. Vidare bör principiella åtgärdsförslag utarbetas och kostnadsuppskattas. Ovanstående syftar till att utgöra ett underlag för exploatören och myndigheterna i diskussioner kring skäliga åtgärder.
- En fördjupad åtgärdsinriktad markundersökning som klargör vilka av de i den fördjupade riskbedömningen föreslagna åtgärderna som är lämpliga/möjliga att genomföra samt en kostnadsbedömning av desamma. .

Ovan nämnda undersökningar och utredningar bedöms kosta i storleksordningen 500 000 (mindre känslig markanvändning) – 1 000 000 skr (känslig markanvändning).

Göteborg, som ovan

GOLDER ASSOCIATES AB


Jenny Larsson
Uppdragsledare, handläggare


Anna-Lena Öberg / Anders Bank
Kvalitetsansvarig

Distribution:

3 kopior Trollhättans Stad
3 kopior Länsstyrelsen i Västra Götaland
1 kopia Golder Associates AB