
Svenska Glasbruksföreningen

Metodik för utredning av miljörisker och lämpliga åtgärder vid svenska glasbruk

Slutrapport april 2004

1	BAKGRUND OCH SYFTE	4
2	GLASBRUKEN I ETT SAMHÄLLSPERSPEKTIV.....	5
3	ANVÄNDNING AV FARLIGA ÄMNEN VID GLASBRUK.....	7
4	ARBETSMETODIK.....	8
4.1	Fältundersökningar	8
4.1.1	Utförande.....	8
4.1.2	Resultat	9
4.2	Undersökningsprogram	10
4.2.1	Framtagning av undersökningsprogram	10
4.2.2	Utförande av provtagning och analys	11
4.2.3	Resultat och slutsatser	11
4.3	Laktester	12
4.3.1	Metoder	12
4.3.2	Resultat och slutsatser	13
5	METODIK FÖR RISKBEDÖMNINGAR VID GLASBRUK.....	14
5.1	Vad är en riskbedömning?	14
5.1.1	Riskklassning	14
5.1.2	Förenklad riskbedömning	14
5.1.3	Fördjupad riskbedömning	14
5.2	Föreslagen metodik	15
5.2.1	Generella eller platsspecifika indata	16
5.2.2	Sammanfattning av arbetsgång vid fördjupad riskbedömning	20
5.3	Slutsatser från tillämpning av föreslagen metodik på utvalda glasbruk	25
5.3.1	Resultat av fördjupad riskbedömning	25
5.3.2	Bedömning av åtgärdsbehov	26
6	EFTERBEHANDLINGSÅTGÄRDER FÖR GLASBRUK.....	28
6.1	Möjliga åtgärdsmetoder	28
6.1.1	Urgrävning och deponering på extern deponi.....	28
6.1.2	Täckning och tätning av befintliga deponier	29
6.1.3	Behandling med jordtvätt.....	30
6.1.4	Stabilisering och deponering	30
6.1.5	Solidifiering och deponering	30
6.2	Metodik för utredning av lämpliga åtgärder	31
6.3	Generella slutsatser för efterbehandling av glasbruksområden	36
7	RISKVÄRDERING	38
7.1	Översiktlig uppskattning av efterbehandlingskostnader för glasrikt	38
7.2	Vilka delar av riskbedömning är viktigast vid slutlig riskvärdering?	39
7.2.1	Riskbedömningens uppgift	39
7.2.2	Resultat av riskbedömningen	39

7.2.3 Val av skyddsnivåer i riskbedömning och riskvärdering	39
---	----

1 Bakgrund och syfte

Under flera hundra år har det småländska landskapet mellan Växjö och Kalmar varit centrum för svensk glasindustri. Det från början småskaliga hantverket med tillverkning av allt från kristallglas till rena bruksföremål utvecklades med åren och expanderade till sin omfattning i takt med att det svenska glaset blev känt världen över.

Vid glasframställningen användes i huvudsak kvartssand, kalciumkarbonat, natriumkarbonat och blymönja som råvaror. Flertalet tungmetaller förekom i tillverkningsprocesserna, där till exempel bly fungerade som stabilisator vid framställning av kristallglas, arsenik användes som luttringsmedel vid framställning av soda- och kristallglas medan kadmium ingick som bas i olika färgämnen. Även antimon, barium, bor och fluor användes som färgpigment vid glastillverkningen. Som i de flesta industriella verksamheter genererades även avfall och restprodukter – avfall som vid de flesta glasbruk deponerades i anslutning till byggnaderna och huvudsakligen bestod av glaskross, råvaruspill, sliperiavfall och kemikalierester. Ibland användes även rester från glastillverkningen för fyllning vid utbyggnad av nya markområden intill bruken.

I tidigare undersökningar av glasbruksområden har förhöjda halter av vissa metaller påträffats i anslutning till bruksmark, deponier, grundvatten och ytvatten, vilket har föranlett vidare utredningar för att få en uppfattning om risker och eventuella åtgärdsbehov, kopplade till förorenade markområden vid glasbruken.

Mot bakgrund av detta har Svenska Glasbruksföreningen tagit initiativ till att i samarbete med länsstyrelserna i Kalmar och Kronobergs län genomföra ett projekt för att ta fram branschspecifika riktlinjer och metoder för undersökning, riskbedömning, åtgärdsutredning och riskvärdering av förorenad mark vid glasbruk. Syftet med projektet har varit att undersöka och bedöma tänkbara risker kopplade till spill och avfall som genererats vid glastillverkningen, att utreda möjliga efterbehandlingsåtgärder för sanering av förorenade glasbruksområden och utifrån dessa resultat beskriva en generell metodik för utredning, riskbedömning och val av åtgärder för efterbehandling av förorenade glasbruksområden. Ett ytterligare syfte har varit att ta fram nyckeltal för kostnader som är förknippade med efterbehandling av glasbruksområden. Det huvudsakliga arbetet har planerats och genomförts av en projektgrupp med deltagande av Empirikon AB (projektledning), Kemakta Konsult AB (riskbedömning), Envipro Miljöteknik AB (åtgärdsteknik) samt länsstyrelsen i Kalmar län.

Föreliggande rapport är en sammanfattning av projektets arbete. Utförligare redovisningar av arbetet och slutsatserna av detta framgår av de underlagsrapporter som tagits fram, främst Kemakta AR 2003-07 (Undersökning och fördjupad riskbedömning av fem glasbruk i Kalmar och Kronobergs län samt förslag på generell metodik för riksbedömningar vid glasbruk) och Envipro Miljöteknik 2003-06-28 (Åtgärdsutredning med inriktning mot metodutveckling för glasbruk).

2 Glasbruken i ett samhällsperspektiv

Bruken i Glasriket har gamla anor och flertalet av de idag verksamma bruken etablerades redan på 1800-talet. Branschen har alltsedan starten haft en central roll i samhället och samhällsutvecklingen. Det vi till vardags kallar Glasriket består idag av 4 kommuner i Småland med knappt 50 000 invånare, en siffra som har sjunkit de senare decennierna främst till följd av utflyttning från regionen.

Arbetsmarknad

Initialt var glasbranschen förhållandevis personalintensiv och antalet direkt anställda i bruken var mycket betydande. Rationaliseringar och förändrade arbetsmetoder har tillsammans med en allt kärvare konjunktur har dock gjort att antalet direkt anställda har minskat allt efter hand för att i dagsläget uppgå till ca 1 200 personer förutom studiohyttor och enskilda hantverkare inom exempelvis gravyr och sliperi. Till detta skall läggas ett betydande antal arbetstillfällen inom de lokala kringverksamheter som glasbranschen ger upphov till. Normalt räknar man med en spridningseffekt på 2-3 gånger för varje arbetstillfälle inom tillverkningsindustrin vilket för Glasriket skulle betyda att omkring 3 000 ytterligare arbetstillfällen är beroende av glasbruken och deras existens. Det totala antalet arbetstillfällen som är mer eller mindre direkt beroende av en fungerande glasbruksindustri uppgår alltså till drygt 4 000, vilket skall ställas i relation till det totala antalet invånare i regionen som är knappt 50 000 personer.

Turistnäringen

Glasbruken har också en avgörande betydelse för turistnäringen i regionen. Idag sker ett organiserat samarbete mellan glasbruken och berörda kommuner inom ramen för det gemensamt ägda bolaget Turism i Glasriket AB med den självklara ambitionen att utveckla turistnäringen till gagn för hela samhället. Man räknar med att ca 800 000 personer per år besöker bruken varav så mycket som 25-30 % är utländska besökare. Glasbruken och därtill kopplade aktiviteter står också för huvuddelen av de samlade turistintäkterna i de berörda kommunerna.

Utvecklingen går idag mot kombinerade upplevelsekoncept med aktiviteter inom flera sektorer och en levande glasindustri med möjligheter att se och prova på glasblåsning, hyttsill m.m. är en central och helt avgörande förutsättning för denna utveckling. Att mångfalden också har central betydelse framgår tydligt av att runt 80 % av besökarna till Glasriket planerar att besöka fler än ett bruk. Turismens betydelse för hela regionen kan knappast överskattas och som exempel kan nämnas att turisterna under år 2000 beräknas ha spenderat i runda tal 4 miljarder kr i regionen.

Branschens ekonomiska bidrag till staten och regionen

Som framgår ovan står branschen, direkt och indirekt, för en mycket betydande del av arbetstillfällena inom regionen och även för huvuddelen av de samlade turistintäkterna. Detta förhållande har även gällt historiskt och härigenom har branschens bidragit och bidrar allttjämt till statskassan med högst avsevärda belopp i form av olika skatter och avgifter. Någon närmare beräkning av dess belopp låter sig inte göras men redan en grov uppskattning baserad på antalet direkt och indirekt anställda i verksamheterna (ca 4 000 personer) och de samlade intäkterna från turismen i regionen, visar att det handlar om mycket betydande belopp.

Bärare av ett svenskt kulturarv

Den manuella glasindustrin är en angelägenhet inte bara för regionen utan också för hela riket och då som bärare av en viktig del i det svenska kulturarvet. Svenskt glas har sedan lång tid en stark ställning även internationellt, främst tack vare dess höga kvalitet i både design och hantverkarskunnande. Det svenska konstglaset har också bidragit till att marknadsföra Sverige internationellt och ingår numera som en väsentlig del i vad som sammantaget skapar den svenska identiteten.

Branschstruktur och ekonomisk utveckling

Samtidigt som branschen har en avgörande betydelse för regionens fortlevnad och utveckling kan konstateras att den under en längre tid satts under hård press. Antalet anläggningar har reducerats över tiden och Glasriket består idag av 14 aktiva bruk och ett 60-tal studiohyttor och liknande verksamheter. Omsättning och lönsamhet har visat en vikande trend under en längre period och pressades ytterligare till följd av händelserna i USA den 11 september 2001. Under 2003 omsatte Svenska Glasbruksföreningens medlemsföretag sammanlagt knappt 700 Mkr kr varav ca 300 Mkr på export. Därtill skall läggas omsättningen i studiohyttor och liknande verksamheter som inte är medlemmar i Svenska Glasbruksföreningen.

Det finns givetvis flera förklaringar till branschens utsatta läge men det allmänna konjunkturläget och det minskade resandet till följd av främst terrorhot och andra oroligheter på den globala arenan är två av orsakerna. Andra orsaker som bidragit är kraftigt höjda löne- och energikostnader, ökad importkonkurrens från lågprisländer och stora förändringar i konsumenters och andra kunders köpvänor och -beteende.

Den svenska glasbruksindustrin har således konkurrensutsatts inte bara av ökad lågprisimport utan även av konsumenternas ökade möjligheter till alternativa prioriteringar när det gäller den egna konsumtionen och gåvor. Således har svensk kristall, som förr var en närmast självklar present vid bröllop och andra högtidsdagar, idag stark konkurrens av andra och delvis nya gåvoartiklar (ofta lågprisimport) och en stor marknad med upplevelseprodukter och -koncept i form av resor etc.

Det är därför mycket svårt att göra en bedömning om branschen, när det gäller efterfrågan, har nått sin lägsta punkt och nu kan se framtiden an med viss optimism. Det kommer givetvis att finnas en marknad för branschen men den kommer troligtvis inte att växa, såvida inte nya och hittills obearbetade marknader kan nås på ett kostnadseffektivt sätt eller verksamheterna kompletteras med nya produkter som är mer unika och därför mindre konkurrensutsatta. Osäkerheten beträffande möjligheterna härvidlag är dock minst sagt betydande.

När det gäller lönsamheten i branschen har denna varit vikande under en längre tid men kan, förutsatt att erforderlig kapital kan frigöras, förbättras genom fortsatta investeringar i tillverkningsprocessen som dämpar kostnadsstegringarna och investeringar i marknaderna som resulterar i ökade försäljningsvolymer.

3 Användning av farliga ämnen vid glasbruk

De huvudsakliga råvarorna vid glasframställning av sodaglas är kvartssand kalciumkarbonat (kalk) och natriumkarbonat (soda) medan för kristallglas används kvartssand, kaliumkarbonat (pottaska) och blymönja. Vissa ämnen med miljö- och hälsofarliga egenskaper används också vid glasframställningen. Bly används vid framställning av kristallglas (stabilisator), arsenik vid framställning av vissa kristallglas (luttringsmedel) och kadmium ingår som bas i många gula och röda färgämnen (Länsstyrelsen i Kronobergs Län, 2001). Ytterligare ett stort antal ämnen används som pigment i olika färger.

De föroreningar som förekommer i störst omfattning vid glasbruk och/eller har störst påverkan på hälsa och miljö är bly (Pb), arsenik (As) och kadmium (Cd) samt i viss mån även antimon (Sb), barium (Ba), bor (B), fluor (F) och andra tungmetaller. I mer detalj omfattar glasframställningen användning av följande ämnen och material:

Glasbildare: Kwartssand (SiO_2), borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), borsyra ($\text{H}_3\text{B}_2\text{O}_3$).

Flussmedel: Soda (Na_2CO_3), pottaska (K_2CO_3).

Stabilisatorer: Kalk (CaCO_3), blyoxid (Pb_3O_4), baryt (BaCO_3), zinkoxid (ZnO), dolomit ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$), fältspat ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$).

Luttringsmedel: Arseniktrioxid (As_2O_3), antimontrioxid (Sb_2O_3), natriumsulfat (Na_2SO_4), natrium- eller kaliumnitrat (salpeter, NaNO_3 , KNO_3).

Färgämnen: Järn- och kromoxid (Fe/Cr ; grönt), koppar- och koboltoxid (Cu/Co ; blått), manganoxid (Mn; violett), kol och svavel (brunt), selen- och kadmiumsulfid (Se/Cd ; rött), Se i kombination med Fe (brun färg) och nickel (Ni). Även några mindre vanliga ämnen som uran (U), praseodym (Pr), neodym (Nd) och cerium (Ce) användes ibland som färgämnen (www.glafo.se, 2001). Praseodym ger en klargul färg, neodym ger skuggor som varierar från violett till vinrött och uran ger en svagt gul färg.

Grumlingsmedel: kalciumfosfat ($\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$) och fluorider (kryolit/ aluminium-trinatriumhexafluorid; Na_3AlF_6 eller flusspat/kalciumfluorid; CaF_2).

I samband med efterbearbetning av glaset, t ex polering, användes bl a pimpstensmjöl, tennoxid och ceriumoxid och vid etsning användes fluorvätesyra (HF). Använda mängder av ovanstående ämnen varierar för olika glasbruk. Vid tillverkning av hushållsglas ("sodaglas") ingår i enstaka sats 0,5 viktsprocent BaO respektive B_2O_3 , och vid tillverkning av kontinuerlig glasfiber 10-12 viktsprocent B_2O_3 . Helkristall innehåller 24-30 % PbO.

Avfall från glasindustrin utgörs av glaskross, råvaruspill, sliperiavfall, avskilt slam från reningssystem samt avskilt stoft från filter. De två senare avfallsslagen har uppkommit på senare år, och förekommer bara till viss del på de deponier som ingår i undersökningen.

4 Arbetsmetodik

För att ta fram en generell arbetsmetodik för riskbedömningar och åtgärdsutredningar har en strategi valts som utgått från översiktliga studier av fem stycken glasbruk, varav två har studerats mer ingående. Ingen fullständig utredning har genomförts för något av de studerade objekten då syftet enbart varit att studera likheter och skillnader som varit av betydelse för metodikfrågor. Utifrån det underlag som erhållits från dessa glasbruk har sedan generella slutsatser om metodik för riskbedömningar och åtgärdsutredningar formats.

Metodiken för riskbedömning är branschspecifik och inrymmer aspekter av specifik karaktär för glasbruksavfall. Som underlag för riskbedömningarna och för att ta fram en branschanpassad metodik för riskbedömning för glasbruk har ett antal frågeställningar identifierats och besvarats. De viktigaste har varit:

- Identifiering av möjliga scenarier som kan gälla generellt vid riskbedömning av glasbruk (spridningsvägar, exponering vid vistelse vid glasbruk som är i drift eller nedlagda, miljöskydd, skydd av recipienter, tänkbar markanvändning, etc).
- Avfallskaraktärisering inklusive klargörande av olika generaliserande samband inom och mellan glasbruk (avfallstyp, markförorening, halter, mm)
- Kvantifiering av lakbarheten hos glasavfall och förorenad mark runt glasbruk/deponier samt bedömning av styrande processer.

Väsentliga frågeställningar för framtagande av metodiken för åtgärdsutredning har varit:

- Vilka åtgärdsmetoder är ur teknisk synvinkel möjliga att tillämpa på glasbruksavfall och förorenad jord på glasbruksområden?
- Vilka kostnader är förknippade med de åtgärdsmetoder som är möjliga att tillämpa?
- Vilka frågeställningar är platsspecifika och måste utredas inför åtgärdsbeslutet?

Andra frågeställningar som utretts och legat till grund för uppskattningar av nyckeltal för kostnadsbedömningar för efterbehandling av glasbruksområden har varit hur stora mängder avfall och förorenad jord kan man förvänta sig att återfinna inom glasbruksområdena och hur avfall och förorenad jord från glasbruksområden skall klassificeras med hänsyn till kommande lagstiftning om mottagningskriterier vid deponier.

Inledande arbetsmoment bestod av en fältbesiktning av fem glasbruk, upprättande av objektsbeskrivning, framtagande av undersökningsprogram, samt planering och utformning av lakteter. Dessa moment diskuteras nedan. Utvärdering av resultaten från undersökningsprogram och lakteter gjordes i form av översiktliga och fördjupade riskbedömningar, vilket behandlas mer utförligt i kapitel 5 och för beslut om åtgärder, se kapitel 6.

4.1 Fältundersökningar

4.1.1 Utförande

Inledningsvis genomfördes skrivbordsstudier, kartstudier av topografiska och i förekommande fall geologiska och hydrogeologiska kartor samt fältbesiktningar av de fem objekt som valts ut för studierna. Särskild uppmärksamhet ägnades åt att kartlägga glasbrukens historia med inriktning på att lokalisera platser där föroreningar hanterats och avfall deponerats, bedöma markförhållanden, avrinningsförhållanden för yt- och grundvatten, spridningsvägar för föroreningar och möjliga exponeringsrisker. Med utgångspunkt från fältbesiktningar och inledande studier upprättades objektbeskrivningar för glasbruken.

Objektbeskrivningarna låg sedan till grund för utformning av ett program för de fältundersökningar som genomfördes. Ett basprogram genomfördes vid samtliga bruk. Detta omfattade över-

siktliga inmätningar av bruksområden och deponier, provgrovsgrävning inom deponiområden (ca 10 gropar per område) och inom glasbruksområden (ca 5 gropar per område) för kartläggning av deponier och fyllningar samt karaktärisering och provtagning av avfall och fyllningsmaterial. Vidare installerades tre grundvattenrör vid varje lokal för kartering av grundvattennivåer och provtagning av grundvatten.

För två av glasbruken genomfördes ett utökat specialprogram för att möjliggöra mer ingående studier av förorenings-spridningen. Dessa bruk representerar skilda exponeringssituationer. Det ena bruket är lokaliserat så att en eventuell förorenings-spridning sker med infiltrerande nederbörd direkt till en större grundvattenakvifer (grusås) vilken utnyttjas som vattentäkt, medan det andra bruket är placerat så att en eventuell förorenings-spridning sker i princip direkt till ett större ytvattendrag som är av riksintresse för naturvård. Specialprogrammet omfattade installation av ytterligare fem grundvattenrör per objekt, där rören placerades både uppströms, inom och nedströms potentiellt förorenade områden. Vidare omfattade provtagningen sediment- och ytvatten från intilliggande vattendrag och brunnar i närheten.

Utvärderingen av fältundersökningarna omfattade bedömningar av ungefärliga utbredningar och volymer av deponier, fyllningar med avfall/restprodukter och områden förorenade av spill samt bedömning av jordlagerföljder, geohydrologiska förhållanden, spridningsvägar och exponeringsmöjligheter för eventuella föroreningar.

4.1.2 Resultat

De studerade bruksområdena varierar med avseende på jordlagerförhållanden, men består till stor del av fyllnadsmassor och normaltäta jordarter, främst morän. Dock finns såväl områden på genomträngliga jordar av intresse för grundvattenförsörjning, som områden angränsande till ytvattendrag och utfyllda i våtmarker representerade. Även deponierna vid glasbruken skiljer sig åt och består på vissa platser av en stor deponi medan det på andra håll finns flera små deponier, som ibland är svåra att avgränsa..

Bruk 1 från sekelskiftets början är beläget på en grusås i ett skogsbevuxet område, som ligger i anslutning till bebyggelse med bostadsområden. De översta jordlagren på bruksområdet består mestadels av fyllning av sand och organisk jord. På ett par meters djup påträffas fast lagrad friktionsjord, som i huvudsak utgörs av stenig och grusig sand.

Bruksområdet omfattar ca 30 000 m² varav ca 10 000 m² utgörs av hårdgjorda ytor (inkl. byggnader). Intill bruksområdet återfinns en deponi om ca 12 000 m² med en medelmäktighet av ca 1,5 m, där restprodukter från tillverkningsprocessen, inklusive tegel, byggavfall och stenkolk har deponerats. Recipienterna för nederbörd som infiltrerar inom området utgörs främst av grundvatten i grusåsen, som även utnyttjas som vattentäkt. I grundvattnets strömningsriktning och ett par hundra meter från deponiområdet rinner ett större vattendrag, där även en bäck, dit slipvatten och avloppsvatten tidigare leddes ut, mynnar.

Bruk 2 ligger i en klassisk bruksort, omgiven av skogsmark och med bostäder alldeles invid bruket, som utgörs av en hytta, en glasbod och diverse lagerbyggnader. Bruksområdet omfattar ca 30 000 m² varav ca 16 000 m² utgörs av hårdgjorda ytor och byggnader. Inom fastigheten och i grund- och ytvattnets utströmningsriktning rinner ett större vattendrag, till vilket renat slipvatten avleds. Strax nedströms bruksområdet är vattendraget klassat som riksintresse för naturvården. I samband med tidigare verksamhet deponerades avfall på en ungefär 5 000 m² stor deponi med medelmäktigheten ca 1 m som är belägen intill vattendraget i ett område där jordlagren utgörs av torv och morän. De geohydrologiska förutsättningarna innebär att nederbörd som infiltrerar på deponin och inom bruksområdet bedöms avrinna till vattendraget och risken för förorening av grundvatten utanför området är begränsad.

Bruk 3 har, som många andra glasbruk, gamla anor. Under åren har bruket flyttats och byggts till i omgångar och ett samhälle har växt upp, som angränsar till området. Väster om bruksområdet sträcker sig en höjdrygg i sydostlig-nordvästlig riktning, där sandig morän är den dominerande jordarten. I övrigt är marken relativt plan och mer eller mindre utfylld över hela området

som omfattar ca 40 000 m² varav ca hälften utgörs av hårdgjorda ytor och byggnader. Grundvat-
tenavrinningen från området är diffus och kan ske åt flera håll. Ett flertal brunnar finns i omgiv-
ningen. I anslutning till bruksområdet finns en deponi som fyllts ut i en kärrmark med avrinning
till ett mindre ytvattendrag. Deponin omfattar drygt 4 000 m² med en medelmäktighet av ca 1,5
m.

Bruk 4 ligger i ett samhälle, där omgivningarna är av intresse för kulturminnesvården. I anslut-
ning till bruksområdet ligger ett flertal små deponier. Den huvudsakliga deponin upptar en yta
av ca 1 200 m² med ca 1,5 m mäktighet. Bruksområdet omfattar ca 10 000 m² varav ca 2 500 m²
upptas av byggnader. Den dominerande jordarten inom området är sandig morän med inslag av
ytligt berg. Grundvatten från området kan dels avrinna till en mindre ytvattenrecipient, dels av-
rinna i riktning mot samhällets grundvattentäkt, där uttag för dricksvatten sker.

Bruk 5, med huvudsaklig tillverkning av medicinflaskor, är nedlagt sedan närmare 40 år. Bruket
låg i ett typiskt brukssamhälle, där bostadshusen var koncentrerade runt fabriksbyggnaderna.
Byggnaderna inom fabriksområdet finns fortfarande kvar, men används idag för annan verk-
samhet. Terrängen runt bruksområdet består av skogs- och kärrmark, där delar av kärrmar-
ken har utnyttjats för deponering av avfall. Deponin omfattar en yta av ca 2 600 m² med ca 1,5
m mäktighet. Våtmarken avvattas av en å, som ett par hundra meter nedströms deponierna rin-
ner genom ett område med mycket höga naturvärden.

Viktiga faktorer för de genomförda riskbedömningarna och åtgärdsutredningen sammanfattas i
tabell 4.1.

Tabell 4.1. Översikt över viktiga förhållanden vid de utvalda studieobjekten.

Objekt	Bruket	Deponier		Hydrogeologiska förhållanden	Särskilda skyddsvärden
		Yta* (m ²)	Djup (m)		
1	20 000	12 000	1,5	Infiltration direkt till grund- vattenmagasin (grusås).	Grundvattentäkt i grusåsen
2	15 000	5 000	1	Huvudsaklig avrinning till en passerande å.	Vattendraget av riksintresse för naturvård strax nedströms bruket.
3	20 000	4 000	1,5	Såväl infiltration till grund- vatten (morän på berg) som till våtmark/ytvatten.	Ett flertal dricksvattenbrunnar finns i omgivningen.
4	7 500	1200	1,5	Huvudsakligen infiltration till grundvatten som även kan nå ett mindre vattendrag.	En grundvattentäkt för närlig- gande samhälle.
5	-	2 600	1,5	Huvudsaklig avrinning till en våtmark som avvattas av en å.	Nedströms bruket rinner vat- tendraget genom ett område med mycket höga naturvärden.

*Exklusive byggnadsyta

4.2 Undersökningsprogram

4.2.1 Framtagning av undersökningsprogram

Platsbesöken på glasbruken och de upprättade objektsbeskrivningarna har använts för att ta fram
en provtagningsplan och för att planera utformningen av laktester. Bland annat har följande fak-
torer beaktas vid utformning av lämplig metodik för undersökningsprogram vid glasbruk:

- Verksamhetshistoria, platsbeskrivning: används för lokalisering av provtagningspunkter i
anslutning till tänkbara hot-spots, dvs ställen där höga halter i marken pga spill mm kan för-
väntas (tex mängkammare, slipkistor, mm).

- Omgivnings/recipientbeskrivning: används för bestämning av lämpliga provtagningsmedier (avfall, bruksmark, sediment, ytvatten) beroende på hydrogeologin inom och utanför de aktuella områdena, förekomst av brunnar och ytvattenrecipienter i omgivningen, mm.
- Kemikaliehantering, processhistoria: ger information om vilka ämnen som bör undersökas och analyseras i mark och vatten.
- Genomgång av befintlig information om avfallsmaterial och fyllnadsmaterial vid bruksbyggnaderna: används för att klargöra hur provtagning och förbehandling av jord/avfallsprov bör utföras (sällning, analys av olika fraktioner, glasbitar mm) för att uppnå en representativ fraktion av materialet.
- Lakteter (skakteter, kolontester och mättnadstester), möjligen kompletterat av tester med sk laser ablation-teknik, befanns vara de bästa metoderna för att ge en bild av lakningsförloppet och graden av utlakning från glas/deponimaterial.
- Vissa lakteter bedömdes även krävas på förorenad fyllnadsjord runt bruksbyggnaderna ("bruksmark") för klargörande av lakbarheten även i detta material.

4.2.2 Utförande av provtagning och analys

Ett provtagnings- och analysprogram utformades utifrån resultatet av platsbesiktningen samt utvärdering av tidigare undersökningar. Fältprovtagningar och analyser utfördes under hösten 2002 vid de fem utvalda glasbruken. Det ursprungligen planerade upplägget kom att ändras något pga platsspecifika förhållanden i fält.

Basprogrammets upplägg omfattade provtagning av deponiavfall och mark runt glasbruken samt referensprov (totalt 5-10 st prov/objekt). Basprogrammet omfattade även provtagning av grundvatten i deponierna, i mark runt bruken samt referensprov uppströms glasbruksområdet (2-4 st grundvattenrör/objekt).

Specialprogrammet omfattade en utökad provtagning av grundvatten i deponi och mark runt bruken samt installation av fler grundvattenrör nedströms objekten (ca 5 st/objekt). I specialprogrammet provtogs även ytvatten och sediment från recipienter nedströms objekten (1-3 st per objekt) samt slam i stenkistor. Specialprogrammet omfattade också provtagning av glasbitar, deponiavfall och mark runt bruken för karakterisering av lakbarheten.

Kemiska analyser har utförts på fyllnads- och deponimaterial, grundvatten inklusive deponivat-ten, ytvatten och sediment. I analysprogrammet ingår ämnen som direkt kan hänföras till glasbruksverksamheten, främst arsenik, bly, kadmium, antimon, barium, zink och bor. Ett urval av ämnen som koppar, kobolt, fluor, selen, tenn, uran, cerium, praseodym, mfl har också analyserats. På samtliga bruk har ett par bredspektraanalyser av flera metaller utförts. Analys av vattenprov har skett vid Analytica. Analys av fasta prov har skett vid både Analytica (totalhalter, lakbar halt/syralakning) och vid GLAFO (endast Pb och As).

4.2.3 Resultat och slutsatser

I projektet studeras på ett övergripande sätt hur förekomst och halter av föroreningar varierar dels inom respektive glasbruksområde dels hur dessa varierar mellan olika glasbruk. För att kunna bedöma om en generell metodik för riskbedömning och åtgärdsutredning av glasbruk är tillämplig, har likheter/skillnader i föroreningshalter och sammansättning mellan glasbruk utretts.

Resultaten visar att stora heterogeniteter förekommer i deponi- och utfyllnadsmaterialet. Undersökningen har indikerat att variabiliteten mellan olika bruk är högre än variabiliteten inom ett enskilt bruk.

Generellt visar föroreningshalterna i bruksmark samma mönster som föroreningshalterna i deponerat material, dvs där höga halter av ett ämne uppmättes i deponimaterial förekommer höga halter också i bruksmark. Iakttagelsen att halterna i deponi- och bruksmark följs åt indikerar att

föroreningsnivån påverkas av vad som tillverkats liksom av de metoder och rutiner för materialhantering som använts vid respektive bruk.

Bly- och arsenikhalterna är korrelerade i det att bruket med lägst medelhalt arsenik också har lägst medelhalt bly och de två bruken med mycket höga arsenikhalter också har mycket höga blyhalter. Förekomsten av andra ämnen i höga halter är inte nödvändigtvis korrelerade med varandra.

Flera ämnen har uppmätts i höga halter i olika medier vid samtliga bruk, främst As, Pb, Sb samt Cd, Zn, B och Ba. Höga halter har påträffats i deponimaterial men även i fyll/jord från ”bruksmark”.

Höga halter har uppmätts i deponivatten, i vissa fall dock högre i grundvattnet runt bruksbyggnaderna. Vissa analyser av grundvatten inom bl a deponiområden visar låga halter i nivå med naturlig bakgrundshalt för arsenik. Föroreningssituationen i mark runt glasbruken indikerar att även denna kan behöva bli föremål för åtgärd, inte enbart glasdeponierna. Inga generella likheter kan utnyttjas för denna del av glasbruksområdena. För avgränsning av föroreningar och bedömning av åtgärdsbehov i mark runt bruken bedöms istället kompletterande detaljerade undersökningar krävas. Dessa undersökningar föreslås utföras på samma sätt som fördjupade undersökningar för förorenade markområden i allmänhet.

Metod för förbearbetning av prov samt val av kemisk analys har viss påverkan på analysresultaten. Det är viktigt att provberedning utförs på en representativ fraktion av materialet som tar hänsyn till materialets karaktär (innehåller ofta stora glasbitar, skärv, etc). Det bedöms att de kemiska analyser vid olika laboratorier som användes i detta uppdrag även kan användas för framtida undersökningar av glasbruk.

Antalet analyserade prover enligt utfört undersökningsprogram är rimligt och har gett ett ”fingeravtryck” som indikerat den aktuella föroreningsnivån vid de specifika glasbruken. Det finns inga entydiga likheter mellan de undersökta glasbruken beträffande uppmätta halter i jord och grundvatten, påträffade ämnen, andel glas i deponier, etc för att omfattning av undersökning och provtagning av glasbruken väsentligt skall kunna ytterligare begränsas med hänsyn till en konstaterad generellt gällande situation vid bruken.

4.3 Laktester

4.3.1 Metoder

En viktig faktor för bedömning av riskerna med föroreningssituationen vid glasbruk och deponier är graden av spridning till yt- och grundvatten både i dagsläget och på sikt. Utlakningen av föroreningar från förorenad jord och avfall påverkas generellt av olika kemiska förhållanden och hur dessa förändras över tiden. För att klargöra glasavfallens lakbarhet har ett antal laktester utförts. Laktester innebär att förorenat material blandas med vatten och frigörelsen av föroreningar till vattnet studeras. Laktester har utförts på olika representativa avfallstyper, bl a glasavfallsmaterial från deponierna och förorenad mark/fyll runt bruksbyggnaderna (ibland delvis utfyllt med glasavfall).

Tre olika typer av laktester har utförts: tvåstegslakningar (skaktest), kolonntest (perkolationstest) och sk mättnadsupplösningstest. Skaktester enligt pr EN 12457-3 och kolonntester enligt pr EN 14405 utgör standardlaktester som enligt EU-direktiv skall användas för avfallskaraktisering och jämförelse med gränsvärden för deponering av avfall (EU, 2002). Kolonntester ger bättre representation av utlakningsförloppet i en deponi. Kolonntesterna kan utnyttjas för att bedöma tidsaspekten vid utlakningen av ämnen från glasavfallet.

Mättnadsupplösningstesterna syftar till att beskriva vilka halter som under en längre tids lakning kan erhållas då föroreningarna närmar sig sin löslighetsgräns. Testerna avser att ge en mer rätt-

visande bild av lakningsegenskaperna hos material med kraftigt fördröjd frigörelse (glas). Dessa tester utförs med en längre kontaktid än de snabbare skaktesterna. I syfte att spåra utlakning av föroreningar från ytan av glasstycken som legat i deponierna under längre tid har även analyser med så kallad Laser ablation-teknik utförts.

Slutsatser rörande lakbarheten i förorenat material och avfall sammanfattas i avsnittet nedan.

4.3.2 Resultat och slutsatser

Resultaten från lakttesterna har gett värdefull information om lakbarheten av föroreningar i fyllnads- och deponimaterial vid glasbruken. Resultaten ger dock inte tillräckligt underlag för långtgående generaliseringar som skulle minska behovet av att i framtiden genomföra plats- och materialspecifika lakttester i samband med efterbehandling. Skillnaderna mellan de två undersökta glasbruken är för stora för att man i dagsläget skall kunna ge generella data för t ex lakbarhet. Det går inte heller entydigt att styrka hypotesen att föroreningar i mark runt bruken har högre lakbarhet, även om halterna i marken punktvis är betydande och frigörelsen till grundvatten hög. Lakbarheten varierar alltså både inom bruk och mellan bruk och utförda tester bedöms vara för få till antalet för att kunna klargöra samband. Detta innebär att platsspecifika bedömningar och fortsatta tester krävs vid framtida undersökningar av glasbruk.

Denna undersökning har medgett följande tolkningar angående lakbarheten, dvs graden av frigörelse, av föroreningar i material med olika ursprung:

- Variationer/likheter inom ett och samma bruk kan ej bedömas eftersom lakttester har genomförts på endast ett prov per deponi respektive bruksmark.
- Variationer finns mellan olika bruk: lakbarheten är lägre i deponimaterial från ett av de undersökta bruken (As, Sb, B och S). Även fyllnadsmaterial från bruksmark vid detta bruk uppvisar en lägre lakbarhet (Pb och Cu) än material från det andra bruket.
- Lakbarheten av föroreningar från jord i bruksmark är generellt lägre än i deponimaterial (lika stor för As).
- Antimon och arsenik lakar mer från krossat glas än från blandat deponimaterial/ fyllnadsmaterial. Detta trots att låga totalhalter uppmätts i glaset. Detta indikerar att lakbarheten kan vara högre i glas än i glas blandat med annat material. Resultaten är något förvånande och bör prövas vid framtida provtagningar och lakttester vid glasbruken.
- Mättnadsupplösningstest på glas uppvisar förhöjda halter av As, Pb och Sb i laktlösningarna. Den utlakade andelen förorening (0,8-1% för antimon och 0,4-0,7% för arsenik) indikerar en relativt hög lakbarhet.
- Lakning (mättnadstest) på deponimaterial påvisar utlakning av främst As, Sb och Pb. Utlakningen från deponimaterial tycks vara lägre från större partiklar (>2 mm) än mindre (<2 mm). För krom och zink är utlakningen störst från den större fraktionen.
- Kolontester visar generellt en lägre lakbarhet av ämnen än skaktesterna på samma material.
- Slutsatserna från testerna med laser ablation är att urlakning av vissa ämnen från glasytan kan indikeras.
- Uppmätta halter av föroreningar i grundvatten och jord/avfall indikerar generellt något lägre lakbarhet än resultat från lakttester eller ligger i samma storleksordning. Mätningar i fält stöder därmed i viss mån lakttesternas resultat.

Det rekommenderas att även fortsättningsvis använda platsspecifika lakttester för bedömning av lakbarheten i fyllnadsmaterial/deponiavfall vid glasbruken (i första hand skaktester enligt CEN, pr EN 12457-3).

5 Metodik för riskbedömningar vid glasbruk

5.1 Vad är en riskbedömning?

I en riskbedömning identifieras och kvantifieras de risker ett förorenat område kan ge upphov till. Detta innebär en uppskattning av:

- Vilka föroreningar som förekommer och deras hälso- och miljöeffekter
- Halter och mängder av föroreningar
- Risken för spridning till omgivningen via luft, grundvatten eller vattendrag
- Risken för hälso- och miljöeffekter i dagsläget och i framtiden.

Ett förslag till lämplig metodik för riskbedömning av glasbruksområden har tagits fram efter genomgång och utvärdering av redan befintliga metoder på utvalda glasbruk; dvs riskklassning samt förenklade och fördjupade riskbedömningsmetoder. Sammantaget bedöms riskklassning och förenklad riskbedömning ej vara tillämpbara vid bedömning av hälso- och miljörisker med glasbruksavfall. Den förenklade riskbedömningen är dock lämplig för att få en översikt av föroreningssituationen. Den fördjupade riskbedömningen har legat till grund för den föreslagna metodiken för glasbruk.

5.1.1 Riskklassning

Riskklassning är en bedömning av sannolikhet för och allvarlighet av oönskade effekter på människa och miljö. Ett exempel på metodik för riskklassning är den sk MIFO-metoden (Naturvårdsverket 1998), där en klassning görs med hjälp av färdiga bedömningsgrunder av föroreningars farlighet, föroreningsnivå, spridningsförutsättningar och exponeringsförutsättningar för människor och miljön. Slutligen görs en samlad riskklassning i fyra nivåer.

Riskklassningen är en ganska grov riskbedömningsmetod. Eftersom metoden inte är kvantitativ, är det svårt att prioritera mellan objekt i samma riskklass, eller mellan delobjekt inom samma område. Lämpliga bedömningsgrunder saknas för många ämnen och för de kemiska former som förekommer i glasbruken. Eftersom bedömningar av spridningsförutsättningar inte är kvantitativ, kan metoden bara indikera om risker för recipientekosystem eller människor finns och kan inte ligga till grund för en bedömning av medföljande ekologiska effekter. Det är inte heller möjligt att ta hänsyn till specifika förhållanden vad gäller exponering av människor, t ex exponering genom ett fåtal kritiska exponeringsvägar.

5.1.2 Förenklad riskbedömning

Förenklad riskbedömning är en enkel metod och består av en jämförelse av uppmätta halter i jord, deponerat material, grundvatten och ytvatten med befintliga riktvärden och gränsvärden. För några av de föroreningar som är av intresse i denna studie, finns inga tillgängliga riktvärden/gränsvärden för vissa medier, därför kan inte en förenklad riskbedömning göras utan att först ta fram bedömningskriterier eller riktvärden. I en förenklad riskbedömning jämförs totalhalterna i fast material och i vatten med riktvärdena och därför är det inte möjligt att ta hänsyn till föroreningarnas kemiska/fysikaliska form och deras påverkan på lakbarhet, biotillgänglighet och toxicitet. Eftersom den förenklade riskbedömningen enbart baseras på materialets egenskaper och schablonmässiga betingelser, tas inte heller hänsyn till den aktuella exponeringen av människor eller miljön för föroreningarna.

5.1.3 Fördjupad riskbedömning

I detta projekt gjordes även en fördjupad riskbedömning genom framtagning av plats-specifika riktvärden för mark. Riktvärdena utgör en föroreningshalt under vilken inga skadliga hälso- el-

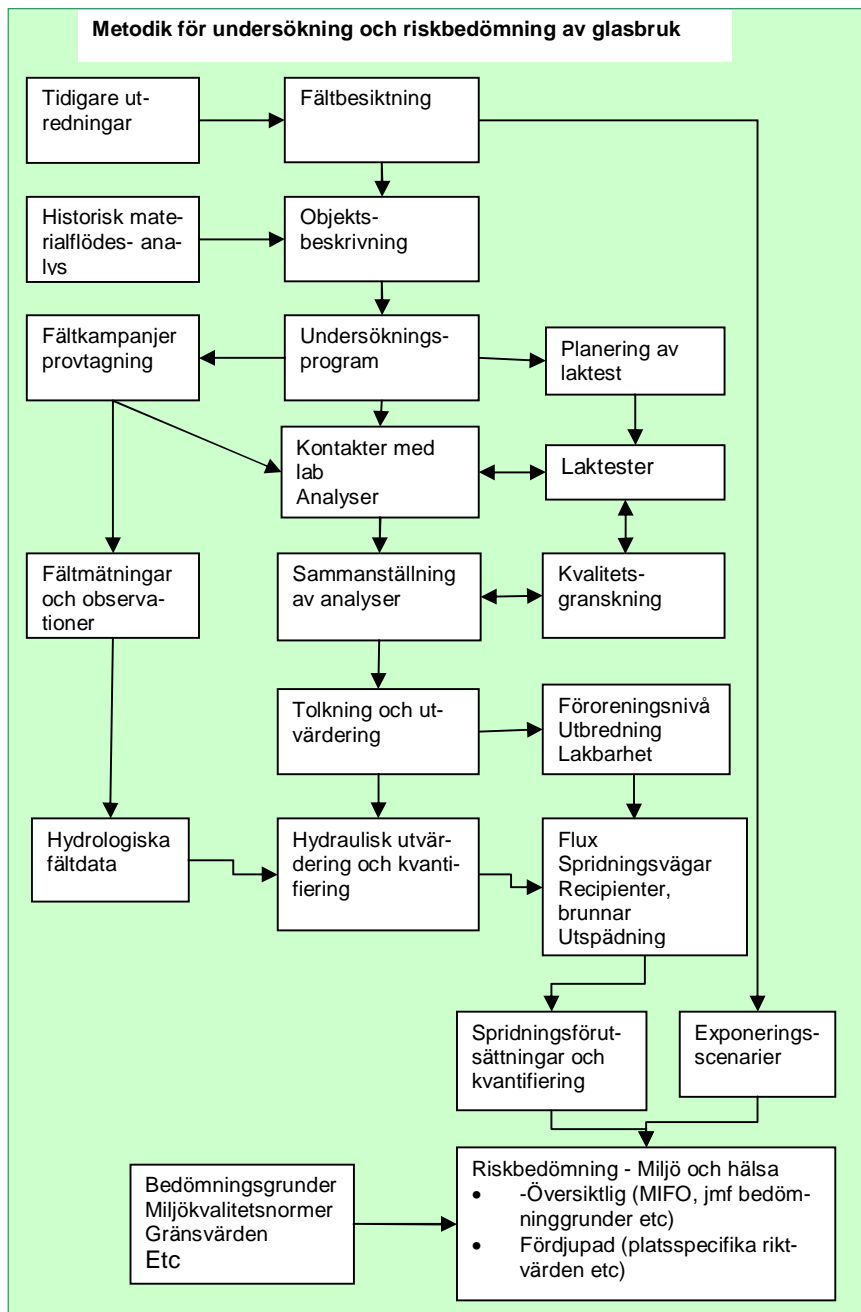
ler miljöeffekter kan förväntas. Dessa har beräknats med en modell som tar hänsyn till riskerna vid deponiområden samt förorenad mark runt bruken och omfattar både risker vid vistelse och risker vid spridning. En fördjupad riskbedömning kan göras när plats-specifika faktorer gör att generella riktvärden inte är tillämpbara. Processer/faktorer som ofta är plats-specifika är expone-ringsvägar, utspädning till grundvatten och utspädning till ytvatten. Mer information om förore-ningarnas rörlighet kan fås från lakförsök och jämförelser av föroreningshalter i grundvatten och mark. Denna information kan sedan användas i fördjupade riskbedömningar.

På basis av utförda undersökningar, analyser och utvärderingar i detta projekt dras slutsatsen att en metodik för riskbedömning för glasbruk kan utformas som utgår från en fördjupad riskbe-dömning. Metodiken bedöms i vissa delar kunna utnyttja generella likheter mellan glasbruk och därmed presentera ett färdigt kvalitativt och kvantitativt underlag för riskbedömningen. Plats-specifika utredningar bedöms dock krävas i många delar av riskbedömningen. Detta gäller främst karakterisering av lakbarhet av föroreningar från jord och deponimaterial, uppskattning av hydrologiska förhållanden, samt spridning av föroreningar från glasbruksområden och depo-nier. Hänsyn måste också tas till förhållanden och naturvärden i recipientvattendrag/ recipien-tområden.

5.2 Föreslagen metodik

Den föreslagna metodiken för riskbedömning har utformats för att kunna användas generellt för glasbruk i Sverige. Metodiken grundar sig dels på en uppskattning av plats-specifika riktvärden, med speciell hänsyn till spridningen av föroreningar, dels på generella indata som kan tillämpas på alla glasbruk. Dessa generella delar av metodiken kompletteras med framtagning av ett plats-specifikt underlag, vilket beskrivs i följande avsnitt och används i riskbedömningen.

Metodiken för undersökningar och riskbedömningar vid glasbruk redovisas i form av ett aktivi-tetsschema i figur 5.1. I figuren redovisas även de inledande fältundersökningarna och tester som krävs för att ta fram ett underlag för bedömningen av riskerna.



Figur 5.1 Metodik för undersökningar och riskbedömningar vid glasbruk redovisat som ett aktivitetsschema.

5.2.1 Generella eller platsspecifika indata

En översikt över uppgifter som är nödvändiga för bedömning av risker, framtagning av platsspecifika riktvärden, transportberäkningar, mm visas i tabell 5.1, som också indikerar om relevanta uppgifter är generella, branschspecifika eller platsspecifika.

Tabell 5.1 Översikt över uppgifter som är nödvändiga för riskbedömningar vid glasbruk.

Parameter	Generella/platsspecifika
Ämnesspecifika	
Toxicitet (oralt intag, inhalation, hudupptag)	Generella
Dricksvattennormer	Generella
Biotillgänglighetsfaktor, relativ absorptionsfaktor (oralt intag, inhalation, hudupptag)	Generella
Ekotoxicitet (mark)	Generella
Ekotoxicitet (vatten)	Generella
Bakgrundshalter i mark/vatten	Platsspecifika (Uppmätta halter)
Lakbarhet (Kd-värden)	Platsspecifika (Beräknas från laktester/uppmätta halter)
Upptagsfaktorer, växter	Generella
Upptagsfaktorer, fisk	Generella
Exponeringsparametrar	
Exponeringsparametrar – Hälsorisker	Branschspecifika
Miljöskydd	Branschspecifika eller Platsspecifika om riktvärdet skall ta hänsyn till naturvärdet
Transport parametrar	
Utspädning av grundvatten i brunnsvatten och ytvatten	Platsspecifika (Hydrologiska undersökningar/beräkningar)
Transport av föroreningar från området	Delvis platsspecifika. Ett antal parametrar, se tabell 5.3

Branschspecifika ämnen

De genomförda bakgrundsstudierna och utredningarna rörande kemikalieanvändningen bland glasbruket visade att ett antal branschspecifika ämnen kan behöva beaktas i hälso- och miljöriskbedömningen. Eftersom erforderliga data saknades för flera av de identifierade ämnena har kompletterande bedömningsgrunder tagits fram inom projektet. Dessa kompletteringar är emellertid inte uttömmande och föreslagna parametervärden är bara preliminära, varför ytterligare insamling av bakgrundsdata och bedömningar kan komma att krävas. Vidare kan egna bedömningsgrunder behöva tas fram för eventuellt ytterligare tillkommande ämnen, något som kräver expertis.

Ämnesspecifika data har tagits fram för ett antal ämnen relevanta för glasbruket; antimon, bor, fluor, barium. Ämnesspecifika data behövs rörande ämnens fysikaliska/kemiska egenskaper, toxicitet, ekotoxicitet, upptag i växter och fisk samt biotillgänglighet för människor. Bakgrundshalter i mark och vatten beaktas också i modellen och är betydelsefulla vid riskvärdering och framtagning av åtgärds mål och åtgärdsförslag.

Exponering vid nuvarande och framtida markanvändning vid glasbruk

Metodiken för riskbedömning omfattar utredning av exponering vid både nedlagda glasbruk och glasbruk i drift. Vid de glasbruk som i dagsläget är i drift bedrivs både tillverkning och försäljning av glas. Personer som arbetar vid bruket vistas inom området på arbetstid men tillfällig vistelse sker även pga av turismen. I anslutning till bruksområden finns deponier innehållande glasavfall och annat avfall. Deponierna ligger ofta i direkt anslutning till bostäder. Fyra typer av markanvändningar bedöms kunna beskriva exponeringen vid glasbruk. Dessa sammanfattas i tabell 5.2.

Tabell 5.2 Vistelsetid/markanvändning vid glasbruk.

	Markområde runt glasbruket ("bruksmark")		Deponiområde	
	Vuxna	Barn	Vuxna	Barn
Glasbruk i drift (industrimark)	Arbets- och försäljningstid samt försäljning/turism	försäljning/turism anlagd lekkyta	Passage, glasletning	Äventyrs- lek,glas- letning
Nedlagt glasbruk (ingen användning)	Passage, glasletning	Äventyrslek, glasletning		
Nedlagt glasbruk (planerade bostäder/ dagis)	100 % vistelsetid	100 % vistelsetid		

Aktuella exponeringsvägar vid vistelse på området bedöms vara:

- intag av jord, inandning av damm, hudkontakt
- konsumtion av växter som härrör från bruksområdet (kan bli viktig på sikt om markanvändningen ändras till t ex bostäder)
- konsumtion av svamp och bär som härrör från deponiområdet
- exponering via sår, glassplitter i kroppen pga skärskador

Exponeringsvägar resulterande från spridning av föroreningar från området är:

- Intag av grundvatten i brunnar nedströms bruksområden och deponier.
- Intag av fisk i recipient för förorenat grundvatten
- Bevattning med ytvatten från recipienten.
- Konsumtion av mjölk/kött från boskap som dricker ytvatten.

Indata till modellen omfattar uppskattade vistelsetider och exponering med avseende på hälsorisker vid vistelse på bruken och vid spridning från dessa. Vissa av dessa exponeringsvägar bedöms vara av mindre betydelse (bevattning, konsumtion av mjölk/kött, exponering via sår) men bör utredas vidare,

Miljörisker

Krav på skydd av organismer inom mark- och deponiområdet samt i ytvatten nedströms glasbruket beror på vilka övergripande åtgärdsåtgärder och vilken ambitionsnivå som skall gälla för glasbruket generellt. Ett förslag till miljöskydds krav har tagits fram i detta projekt.

Skydd av markmiljön inom deponin bedöms ej vara tillämplig eftersom skydd av biologiska funktioner i en deponi ej är relevant. I jorden/deponitäckning bör dock förutsättningar för vegetationsetablering finnas (begränsat skydd). Skydd av markmiljön i bruksområdet bör beaktas med hänsyn till aktuell och framtida planerad markanvändning och föroreningarnas djup under markytan.

Skydds kraven för recipienten är beroende på dess skyddsvärde. Skydds kraven är platsspecifika, liksom beräkningar av spridning och utspädning i recipienten.

Spridning

Olika hydrogeologiska faktorer är av betydelse för att kartlägga spridningsvägar, exponeringsvägar och tidsförlopp vid glasbruket. En undersökning av förekomst av ytvattendrag, bedömning av gradientbild, jordlagerföljder, tillgängliga data på grundvattennivåer och grundvattenföring, förekomst av brunnar, grusåsar, diken, dagvattenledningar och kulvertar mm. är nödvän-

diget för riskbedömningen. Av vikt för bedömningen av omfattningen av förorenings-spridningen från deponiområden är att klarlägga hur mycket av avfallet som ligger under respektive över grundvattenytan. Infiltrationen av nederbörd genom markytan styr förorenings-spridningen i markzonen ovanför grundvattenytan, medan rådande gradienter och markens genomsläpplighet styr omfattningen av spridningen från förorenat avfall under grundvattenytan.

En jämförelse av platsbeskrivningarna vid de olika bruken visar på olika förutsättningar vid varje bruk. Med utgångspunkt från tillgängliga mätdata för nederbörd och avrinning har en vattenbalans upprättats för aktuella objekt. Deponierna är generellt relativt flacka och har likartad topografi. Avvattning sker ofta mot ett närliggande vattendrag. Vattenströmningen genom deponierna är vanligen infiltrationsstyrd men ibland ligger delar av avfallet även under grundvattenytan. Ett av fem bruk avviker vilket gör att det i dagsläget är svårt att göra långtgående generaliseringar, t ex använda schablonvärden för spridningsförloppen. Viktiga hydrologiska förutsättningar vid glasbruk redovisas i tabell 5.3.

Tabell 5.3 Viktiga hydrologiska förutsättningar vid glasbruk och bedömning av möjlighet till generaliseringar.

Hydrologiska egenskaper vid de undersökta bruken	Jämförelser av olika bruk	Bedömning
Närhet till vattendrag (uttransport i ytvattenrecipient)	Alla objekt utom ett. Vid ett bruk bedöms spridningen ske till grusås	Platsspecifikt
Avfall under grundvattenytan (spridning med grundvatten)	Alla bruk utom ett	Platsspecifikt
Föroreningar i mark runt bruksbyggnaderna ligger ovanför grundvattenytan (infiltration styr transporten)	Gäller generellt för alla undersökta bruksområden	Generellt
Grundvattenytans lutning (påverkar transporten av föroreningar)	Alla glasbruk utom ett har liknande gradienter (0,01 – 0,02 m/m). Avvikande bruk 5 ggr lägre.	Platsspecifikt, kan eventuellt generaliseras.
Storlek av ytor av deponier respektive bruksområden (styr infiltrationen och transporten av föroreningar)	Liknande ytor för tre av glasbruken (25-30 000 m ²). Övriga två bruk: 11-15 000 m ² . Varierande deponiytor: 1 000 m ² – 12 000 m ² .	Platsspecifikt, kan eventuellt generaliseras.
Infiltrationen (påverkar transporten av föroreningar).	Regionala nederbördsdata anpassade efter genomsnittlig infiltration på "naturlig mark" (deponier), hårdgjorda ytor, gräsmattor och vägar runt glasbruken.	Generellt
Markens genomsläpplighet	Siktanalyser samt uppgifter från provborrningar i deponier visar på likheter mellan bruk	Generellt

Om nya undersökningar vid andra glasbruksområden visar på likheter rörande brukens hydrologiska situation kan vissa av de platsspecifika uppgifterna ersättas med branschspecifika. Detta kan också medföra att omfattningen av hydrologiska undersökningar kan förenklas på sikt. Det finns indikationer på detta i dagsläget, men underlaget är inte tillräckligt för att föreslå förändringar jämfört med bas- och specialprogrammet.

Resultat från lakteter, uppmätta halter i jord och grundvatten samt uppskattningar av gradienter, infiltrationsytor och grundvattenflöden har använts för att beräkna transporten av föroreningar från glasbruksområden till omgivningen.

Även om en stor utspädning ofta kan ske i ytvattenrecipienten bör man sträva efter en begränsning av belastningen. Genom att inte generellt utnyttja den lokala utspädningen som grund för att fastställa acceptabla hälso- och miljöbelastningar fokuseras problembilden till åtgärder rörande själva källtermen, dvs frigörelse och spridning från deponerat material och förorenad bruksmark. Detta ökar förutsättningarna att hitta generaliserade bedömningsgrunder för glasbruk eftersom de platsspecifika hydrogeologiska förhållandena blir mindre framträdande. För den föreslagna riskbedömningsmetodiken bör det innebära att kriterier för maximala utsläpp till recipienterna definieras generellt för glasbruk i Sverige. Dessa utgår från att negativa konsekvenser inte skall uppkomma (ytvattenkriterier/haltgränser ej överskrids) i nedströms liggande recipienter. För att inte underskatta riskerna beaktas konservativt ett litet vattendrag. I detta sammanhang är det viktigt att beakta bakgrundshalter av ämnen i regionen.

5.2.2 Sammanfattning av arbetsgång vid fördjupad riskbedömning

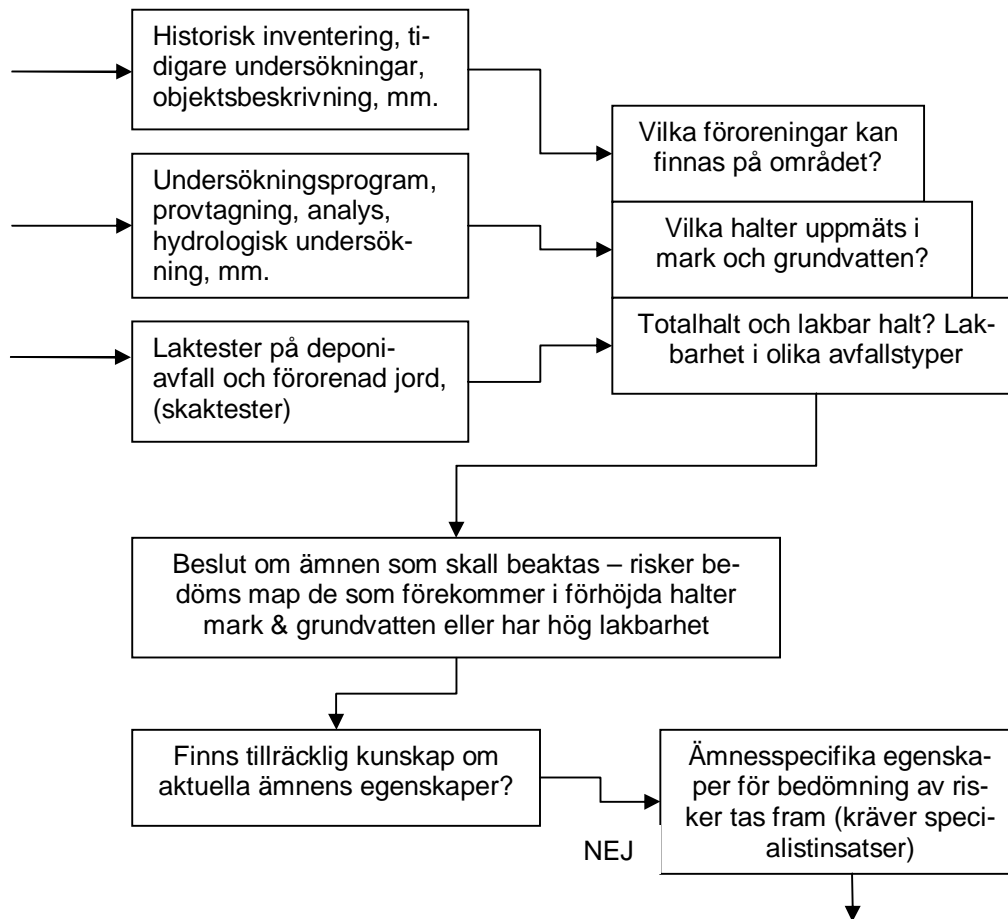
I metodiken för undersökning och riskbedömning av glasbruk ingår strategier för provtagning, karakterisering av avfall och förorenad jord, lämpliga lakteter, framtagande av hydrogeologiska bedömningsgrunder, utspädning till skyddsvärda objekt, mm.

Resultaten från undersökningsprogrammet utvärderas i form av en riskbedömning. Föreslagen arbetsgång/metodik beskrivs som en stegvis process i kommande avsnitt.

- **Steg 1** består av framtagningen av underlaget för riskbedömningen.
- **Steg 2** omfattar utförandet av själva riskbedömningen för det aktuella objektet.
- **Steg 3** innebär att göra en bedömning av omfattningen av åtgärdsbehovet och ta fram preliminära åtgärdsförslag samt mätbara åtgärds mål.

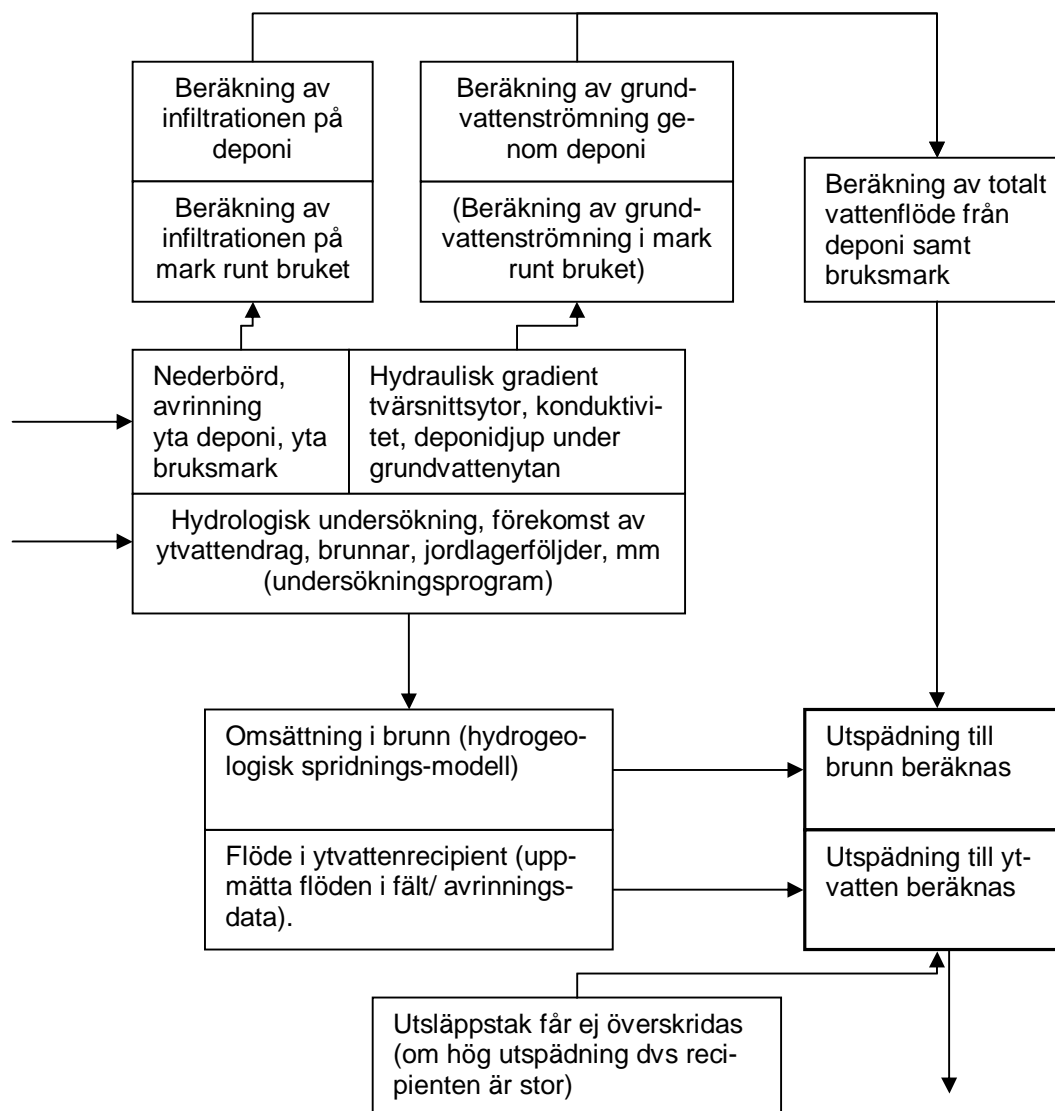
Steg 1 omfattar i första hand att klargöra vilka ämnen som kan utgöra en risk på området, fastställa vilken markanvändning av glasbruket som planeras i framtiden och ta fram underlag för bedömning av risker vid spridning. Detta arbete sammanfattas i figurerna 5.2-5.4.

Underlag för riskbedömning – vilka ämnen skall beaktas?



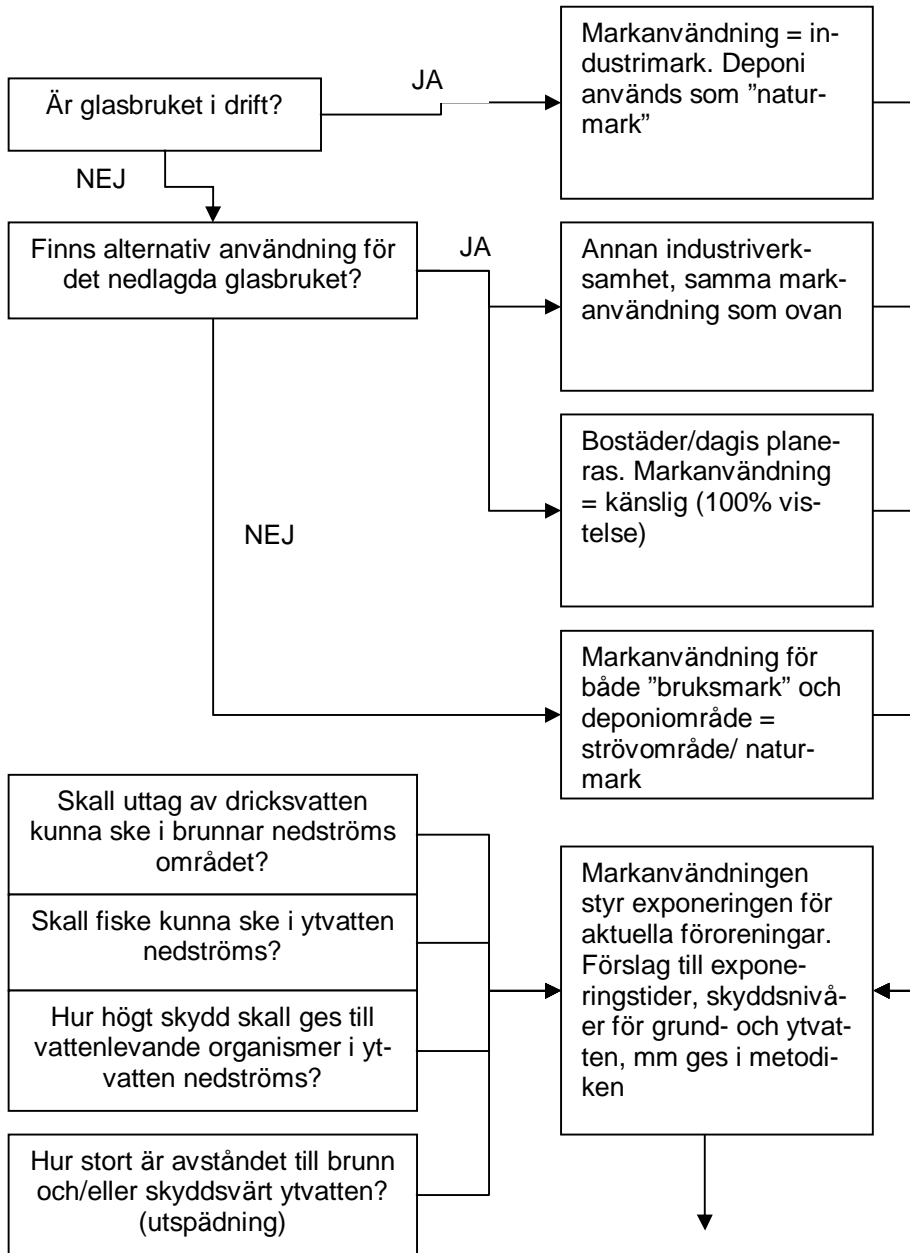
Figur 5.2 Metodik för riskbedömning – steg 1 framtagande av underlag (föroreningar)

Underlag för riskbedömning – hydrologiska förhållanden?



Figur 5.3 Metodik för riskbedömning – steg 1 framtagande av underlag (spridning).

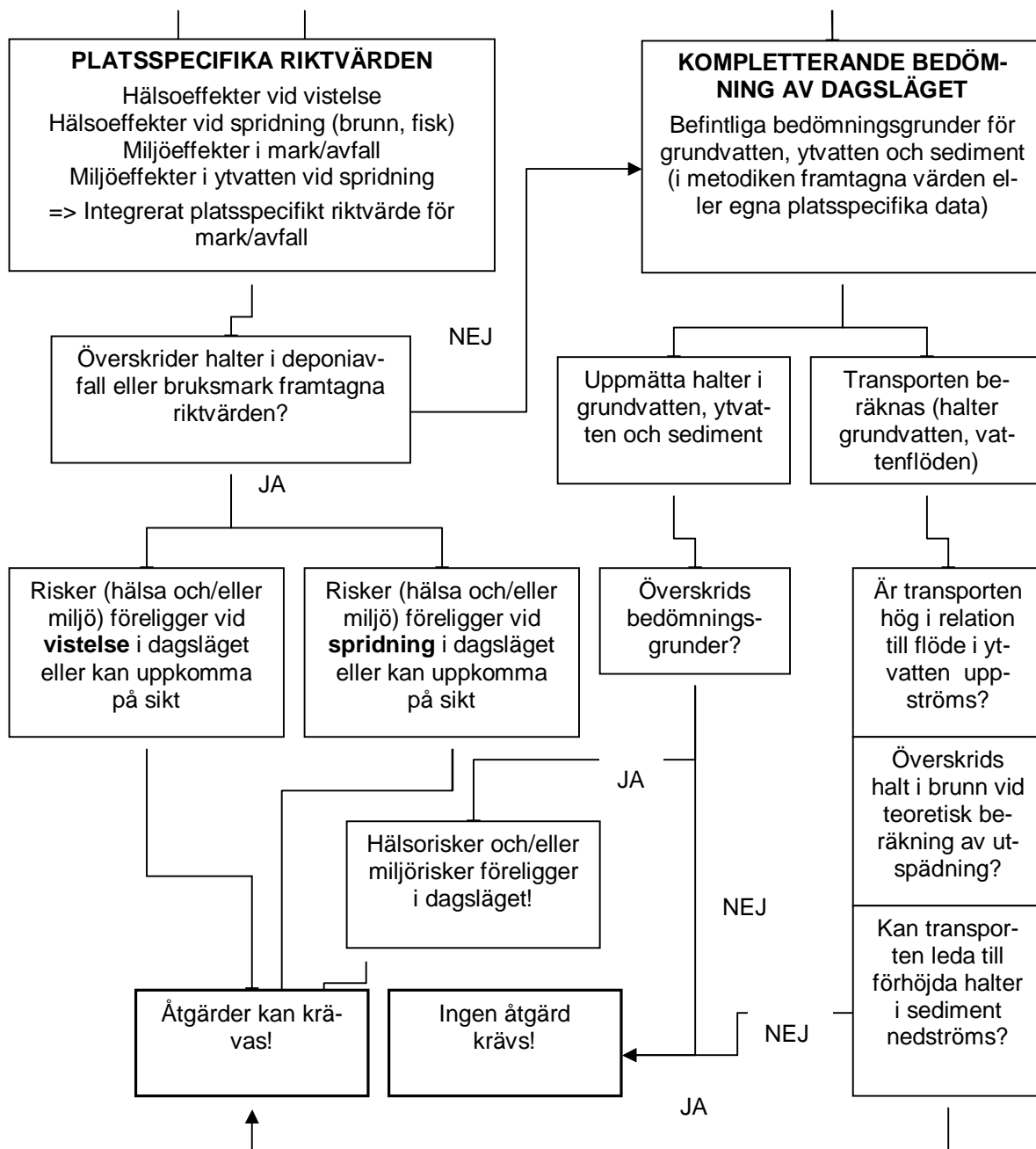
Underlag för riskbedömning - vilken markanvändning?



Figur 5.4 Metodik för riskbedömning – steg 1 framtagande av underlag (markanvändning)

Steg 2 i riskbedömningsmetodikerna omfattar utförandet av riskbedömningen för den aktuella markanvändningen och spridningssituationen vid det studerade glasbruket. Framtagna riktvärden och uppmätta halter i olika medier används på sätt som beskrivs i figur 5.5. En fördjupad riskbedömning görs map uppmätta halter i mark samt framtagna platsspecifika riktvärden och beräknade läckage. En samtidig förenklad riskbedömning görs map riskerna i dagsläget genom att använda samma bedömningsgrunder som använts för att ta fram de platsspecifika riktvärdena. Dessa jämförs med uppmätta halter i grund- och ytvatten samt sediment. En separat bedömning av transporten av föroreningar och risker vid spridning görs map bedömda vattenflöden i området och uppmätta grundvattenhalter.

Bedömning av risker för hälsa och miljö – i dagsläget och på sikt



Figur 5.5 Metodik för riskbedömning – steg 2 bedömning av hälso- och miljörisker vid vistelse och spridning, i dagsläget och i framtiden.

Steg 3 innebär att med utgångspunkt från resultaten av Steg 2 göra en bedömning av omfattningen av åtgärdsbehovet och ta fram preliminära åtgärdsförslag samt mätbara åtgärds mål. När det är klarlagt att det föreligger ett åtgärdsbehov skall en bedömning av omfattningen och inriktningen av åtgärder göras. Detta styrs bl a av följande faktorer och har till viss del diskuterats tidigare:

- Förekommer stora mängder föroreningar?
- Vilken exponeringsväg styr riskerna?
- Vilken miljöpåverkan i mark accepteras?
- Finns förutsättningar för spridning?
- Hur stor är transporten i dagsläget?
- Ligger delar av avfallsmaterialet i deponierna under grundvattenytan?

Inriktningen av åtgärder väljs beroende på vilken exponeringsväg som styr och vilka riktvärden som överskrids av uppmätta halter i deponi och bruksmark. Om det är riskerna med avseende på direkt exponering och effekter på hälsa som styr behovet och risker via spridning är av mindre vikt måste åtkomligheten för föroreningarna i avfallet eller inom bruksmarken minskas. Detta kan ske genom t ex övertäckning eller utgrävning och borttransport.

Om det är spridningen av föroreningar till ytvatten eller brunnar som är styrande för hälso- och/eller miljöriskerna krävs åtgärder för att förhindra infiltration och spridning med grundvatten. I detta sammanhang är det av betydelse om deponiavfallet ligger under grundvattenytan, eftersom åtgärder som innebär urschaktning av jord under grundvattenytan då kan behövas. I någon mån kan riktvärdet för spridning användas för att kvantifiera hur mycket vattenströmningen genom deponi och bruksmark måste reduceras. Detta kan då användas för att få en uppfattning om hur kvalificerad täckningen över förorenad deponi eller bruksmark bör vara, dvs hur starka infiltrationskraven som skall ställas.

Både direkt exponering och långsiktiga risker med spridning är faktorer som bedöms styra behovet och omfattningen av åtgärder vid de svenska glasbruket.

En slutsats som kan dras rörande den föreslagna undersökningsmetodik är att den går att tillämpa för deponiområdena men att den inte är tillräcklig för bedömning av åtgärdsbehovet vid marken runt bruksbyggnaderna (bruksmarken). När en bedömning av omfattningen av åtgärder skall göras för markområdena runt bruken, t ex omfattningen av eventuella urschaktningar, krävs vidare detaljerade markundersökningar. Dessa utförs i enlighet med rekommendationer för fördjupade undersökningar på förorenade områden i allmänhet. Den föreslagna metoden för undersökningar som presenterats i detta kapitel ger en tydlig indikation om problemets omfattning men räcker alltså inte för att avgränsa föroreningar eller fastställa slutliga åtgärder.

5.3 Slutsatser från tillämpning av föreslagen metodik på utvalda glasbruk

5.3.1 Resultat av fördjupad riskbedömning

Platsspecifika riktvärden har tagits fram för två av de studerade bruken. Uppmätta halter av ett flertal ämnen som arsenik, bly, barium, antimon, bor och zink överskrider de framtagna platsspecifika riktvärdena för både bruksmarken och deponiområdet. Överskridande av riktvärden indikerar att det kan finnas risker för hälsa och/eller miljö både i dagsläget och på sikt.

Arsenik och bly överskrider riktvärden för hälsa vid vistelse på området. Arsenik överskrider dessutom riktvärden för spridning avseende intag av fisk och dricksvatten. Arsenik och bly överskrider även riktvärden för miljö i jord respektive vid spridning till ytvatten. Antimonhalterna överskrider riktvärden för deponier med avseende på spridning till ytvatten och dricksvat-

ten. Vid båda bruken bedöms således finnas en risk för negativa hälso- och miljöeffekter till följd av exponering vid vistelse och spridning av skadliga ämnen, såväl i dagsläget som på sikt.

Risken för spridning bekräftas av observerade höga halter av ett flertal ämnen i grundvattnet i deponin och runt bruksbyggnader. Detta indikerar en pågående utlakning och vidare spridning av föroreningar till omgivningen. Uppmätta halter av föroreningar i ytvatten uppströms, i anslutning samt nedströms deponi och bruksområde indikerar att det sker ett påslag av föroreningar efter passage av deponin. För vissa ämnen är ökningen flera gånger högre vid deponin än uppströms; främst för arsenik, bly, kadmium, zink och koppar samt i viss mån antimon. Nedströms deponin är halterna låga på nytt till följd av utspädning med rent vatten. I ytvattenrecipienterna kan endast en liten förhöjning av föroreningshalter detekteras, på grund av utspädning av föroreningarna.

De genomförda hälso- och miljöriskbedömningarna visar att det är frigörelsen och masstransporten av föroreningar som i första hand skall begränsas. Vid fyra av de fem studerade objekten är utspädningen i närbelägna recipienter stor, vilket innebär att haltökningen i recipienten är måttlig. Detta bör dock inte leda till slutsatsen att en stor utspädning skall anses vara en tillräcklig skyddsåtgärd. En riskbedömning bör även ta hänsyn till såväl det totala utsläppet till recipienten som de effekter som kan uppstå i det aktuella vattendraget. Detta gäller inte minst för stora avrinningsområden där flera källor bidrar till den totala belastningsbilden.

5.3.2 Bedömning av åtgärdsbehov

De förutsättningar som beaktas för bedömning av åtgärdsbehovet sammanfattas nedan:

- Glasbruksverksamhet uppvisar användning av en mångfald kemiska och toxiska ämnen, varav vissa är att betrakta som branschspecifika eftersom de sällan förekommer i andra sammanhang.
- Undersökningar visar att betydande mängder av föroreningar förekommer i deponier, men även i bruksmarken.
- Halterna av många ämnen är hög i avfall på deponierna och mark runt bruken.
- Lakbarheten är begränsad; glas har dock visat sig laka mer än vad som förväntades.
- De höga halterna i glasavfallet/fyllnadsmaterialet medför trots begränsad lakbarhet att halterna i grundvatten såväl som i lakteter är höga för många ämnen.
- Spridningsförutsättningar för föroreningar finns vid samtliga undersökta bruk; normala svenska förhållanden med god vattentillgång och markvattenföring samt närhet till recipienter finns vid flertalet bruk.
- Utsläppen styrs av mängden förorenat material, föroreningarnas lakbarhet, kontakten med genomströmmande vatten och vattenflödets storlek. Mängden förorenat material kan eventuellt nedbringas genom bortforsling. Resultaten av undersökningarna visar att möjligheterna att minska föroreningarnas lakbarhet är liten. Av detta följer att åtgärder i första hand får inriktas mot att minska kontakten med genomströmmande vatten genom förorenat material.
- Både infiltrerande nederbörd och genomströmmande grundvatten ger signifikanta bidrag till den totala föroreningstransporten.
- Spridning har konstaterats i flera fall, dock bedöms den vid några av bruken vara av begränsad omfattning i dagsläget.
- Glasbruken ligger oftast nära ytvattendrag som fungerar som recipienter för det förorenade lakvattnet från deponier och bruksmark. Recipienternas naturvärden varierar. I vissa fall klassas vattendragen som objekt med särskilda naturvärden och är således skyddsvärda.

Följande slutsatser har dragits rörande åtgärdsbehovet för glasbruken i Sverige:

- Skydd mot oavsiktlig åtkomst erfordras (toxiska risker, skärskador, estetiska aspekter).
- Framtagna platsspecifika riktvärden för hälsa och miljö såväl som andra bedömningsgrunder överskrids i flera fall i deponi- och bruksmark.
- En högsta acceptabel frigörelsetakt bör fastställas för ett glasbruksområde, även för de fall där mycket hög utspädning sker till följd av hög vattenföring i recipienten. I annat fall finns risk för successiv ökning av sedimentförorening av nedströms sjöar och vattendrag.
- Stor mängd förorening och begränsad lakbarhet medför att spridningsförloppet och påverkanstiden blir lång vilket innebär att långsiktigt uthålliga åtgärder erfordras.

6 Efterbehandlingsåtgärder för Glasbruk

6.1 Möjliga åtgärdsmetoder

I takt med ökad kunskap och förbättrade tekniker blir möjligheterna att ta hand om och åtgärda områden, som genom olika typer av verksamhet blivit förorenade, allt fler. En del metoder är generella och oberoende av platsförhållanden, medan andra är beroende av till exempel specifika jord- och grundvattenförhållanden. Gemensamt för de efterbehandlingsåtgärder som redovisas i rapporten är att de syftar till att eliminera, begränsa eller bevaka den miljöpåverkan som föroreningarna har orsakat eller kan orsaka.

Föroreningarna som härrör från verksamheterna knutna till glasbruken är i huvudsak oorganiska och således inte destruerbara. Det innebär att behandling av de förorenade massorna med hjälp av nedbrytningsmetoder eller förbränning inte är möjlig, utan ett beslut om efterbehandling medför att föroreningarna antingen måste avskärmas eller grävas upp och deponeras, på eller i anslutning till det förorenade området eller på en extern deponi. Däremot kan förbehandlingsåtgärder som syftar till att separera och koncentrera de förorenade fraktionerna och/eller begränsa lakbarheten ofta användas på jordar förorenade med oorganiska ämnen.

6.1.1 Urgrävning och deponering på extern deponi

Att gräva upp de förorenade massorna och transportera dem till externt omhändertagande (deponering med eller utan förbehandling) är den vanligaste åtgärden vid saneringar och efterbehandlingar i Sverige. Detta är vanligtvis det mest fördelaktiga alternativet om mängderna förorenad jord är begränsad och/eller efterbehandlingen ska ske under en kort tid. En fördel med att flytta på föroreningarna är att de deponeras på en plats som sannolikt är mer lämplig med hänsyn till omgivningsförhållandena än den ursprungliga lokaliseringen. Urgrävning av ett förorenat område med externt omhändertagande kan även omfatta sortering av massorna i fraktioner som måste deponeras på deponier för farligt avfall, kan deponeras på deponier för icke-farligt avfall samt inerta massor som kan användas för återfyllning, för att därmed reducera volymerna och kostnaderna för omhändertagandet. Ett fungerande sorteringsarbete kräver noggrann provtagning, klassificering och kontroll av massorna före urschaktningen eller parallellt med utförandet.

Enligt avfallsförordningen (SFS 2001:1063) klassificeras förorenad jord som farligt avfall. De kommande föreskrifterna om mottagning av avfall vid deponier, som baseras på direktiv 2003/33/EG, möjliggör dock deponering av farligt avfall på deponier för icke-farligt avfall, beroende på lakningsegenskaperna.

De lakförsök som utförts visar att avfall i glasbruksdeponierna vid uppgrävning och borttransport till största delen sannolikt måste föras till deponier för farligt avfall. Lakförsöken indikerar också att det inom deponiområdena kan finnas massor som måste förbehandlas (stabiliseras/solidifieras, se nedan) innan de över huvud taget kan tas emot vid en deponi, även för farligt avfall. Förorenade massor inom övriga delar av industriområdet kan troligen till övervägande del tas emot på deponier för icke-farligt avfall, förutsatt att deras tillstånd omfattar mottagning av förorenad jord. De ämnen som varit dimensionerande för klassificeringen utifrån de utförda lakförsöken är arsenik och antimon.

En begränsande faktor för efterbehandlingar som omfattar urgrävning och deponering på extern deponier är antalet befintliga anläggningar som kan ta emot förorenade massor som utgörs av farligt avfall för deponering. Idag är det endast Sakab i Kumla, som ägs av Sydkraft Sakab samt Storfors i Värmland, ägt av Miljöbolaget i Svealand AB som kan ta emot förorenad jord i större volymer, även om det projekteras och byggs celler för farligt avfall inom befintliga deponier på flera håll i Sverige. Tanken är dock vanligtvis inte att dessa celler ska utnyttjas för omhändertagande av osorterade metallförorenade massor, vilket sker vid Sakab och Storfors, utan istället ska utnyttjas för deponering av specifika avfallstyper, exempelvis aska.

Externt omhändertagande innebär höga mottagningskostnader, uppemot 1500 kr/ton för metall-förorenad jord, vilket får till följd att det är av stor vikt att utreda vilken typ av avfall som förekommer i anknytning till glasbruken, liksom att försöka avgränsa de förorenade områdena från områden som bedöms vara rena och därmed begränsa mängderna avfall som måste transporteras bort. Vad gäller glasbruksområdena verkar mängden föroreningar följa mängden glaskross, det vill säga ju mer glas desto större sannolikhet att området är förorenat. Det innebär att en avgränsning av föroreningarna till viss del kan ske genom en okulär bedömning. Kompletterande analyser från provgrovsgrävning eller borrning måste ändå alltid genomföras för kalibrering och stöd för enklare sorteringsmetoder.

Ett alternativ till att transportera massorna till befintliga deponier för farligt avfall är att anlägga en ny central deponi någonstans inom Glasriket, alternativt bygga ut en befintlig deponi med en cell för farligt avfall. De krav som enligt Förordningen om deponering av farligt avfall (SFS 2001:512) ställs på en deponi för farligt avfall innebär bland annat att området är så lokaliserat att strömningstiden för lakvatten till närmsta skyddsvärda recipient (ytvatten eller grundvatten som är av intresse för dricksvattenförsörjning) är minst 200 år. I direkt närhet till något av de inom projektet undersökta glasbruken bedöms det inte som sannolikt att en sådan lokalisering är möjlig utan nyetablering av en deponi förutsätts medföra att en konstgjord geologisk barriär måste anläggas. Eftersom deponin skall förläggas/konstrueras så att inflöde av grund- och ytvatten undviks och lokaliseringen skall vara lämplig med hänsyn till intrång i eller risker för förorening av skyddsvärda områden samtidigt som transportbehovet och andra störningar i omgivningen bör begränsas måste stor vikt ändå läggas vid en lokaliseringsutredning.

Bedömningen är att utgrävning och transport av föroreningarna till en befintlig deponi, godkänd för omhändertagande av farligt avfall, är en möjlig lösning. I dagsläget är Sakab vid Kumla den deponi som ligger närmast flertalet av glasbruken i Småland, på cirka 30 mils avstånd. De stora transportavstånden tillsammans med höga deponeringskostnader medför dock att metoden är dyr. Eftersom kostnaderna dessutom styrs av hur väl föroreningarna kan avgränsas samt hur mycket rena fyllnadsmassor som kan sorteras bort och återanvändas är det svårt att göra en generell bedömning av kostnaderna som kan tillämpas generellt för glasbruken. Med en viss osäkerhet i åtanke har kostnaderna beräknats utifrån data, som tagits fram inom projektet. Beräkningarna är utförda för deponier med avfall och förorenad jord inom bruksområdena var för sig, eftersom fördelningen av massor till olika kvalificerade deponier skiljer sig åt. Vidare antas att ersättningsmassor måste köpas in för de fall där förorenade massor inom bruksområdena i drift grävs upp.

6.1.2 Täckning och tätning av befintliga deponier

Vid flertalet glasbruk finns redan befintliga deponier, där avfall som glaskross, rivningsmassor och kemikalierester har deponerats under pågående verksamhet. En åtgärd för att ta hand om avfallet och minska uttransporten av föroreningar och lakvattenbildningen är att täcka och tätas dessa deponier invid bruken. Täckningen bör föregås av terrasseringsarbeten och omschaktning av avfallet för att åstadkomma lämpliga lutningar för vattenavrinning samt säkerställa att massorna kommer att ligga ovanför grundvattenytan och därmed undvika utlakning av genomströmmande grundvatten.

Grundprinciperna för en täckning kan i princip följa kraven enligt förordningen (2001:512) om deponering av avfall. Dock behöver täckningen dimensioneras med hänsyn till en platspecifik riskbedömning, som avgör till vilka nivåer utlakningen av föroreningarna måste begränsas samt vilken riskreducering som krävs. Glasbruken är ofta belägna nära vattendrag, skyddsvärda grundvattenrecipienter och bostadsområden, vilket innebär att stora krav ställs på åtgärder för att begränsa åtkomstmöjligheterna till avfallet och minimera spridningen.

En efterbehandlingsåtgärd som utnyttjar befintliga deponierna bedöms vara användbar vid de flesta glasbruken. Där flera små deponier ligger inom samma bruksområde kan det vara lämpligt att flytta avfallet till en plats, som sedan täcks och tätas. Viss omflyttning av avfall kommer alltid att krävas för att få lämplig utformning av deponierna.

6.1.3 Behandling med jordtvätt

Jordtvätt används på förorenade massor efter uppgrävning för att separera och koncentrera föroreningarna genom avskiljning av finpartiklar (främst silt- och lerfraktioner) från övriga kornstorlekar. En förutsättning för att metoden ska fungera är att föroreningarna är absorberade till finfraktionen i materialet. Detta är ofta fallet eftersom den specifika ytan ökar med minskande kornstorlek och föroreningar i jord ofta återfinns adsorberade till partikelytor. De flesta utrustningar medger att gränsen mellan avskild finfraktion och ”rentvättad” grovfraktion kan väljas med hänsyn till fördelningen av föroreningar. Metoden fungerar bäst om andelen finjord (silt och ler) i de massor som ska behandlas är lägre än 25 procent.

Gemensamt för tvättanläggningarna, som kan vara både stationära och mobila, är att mekanisk behandling, till exempel krossning, siktning och skakning, kombineras med sköljning eller spolning av den förorenade jorden, vanligtvis med vatten som tvättmedium. Förutom kostnader för själva anläggningen och utförandet tillkommer kostnader för omhändertagandet dels av restfraktionen, vilken vanligtvis anses som farligt avfall, dels av restvatten som antingen behandlas eller skickas till ett reningsverk. Totalkostnaderna för jordtvätt inklusive schaktningsarbeten och omhändertagande av restprodukterna beräknas till i storleksordningen, 850 kr/ton.

De farliga ämnena i glasbruksavfallet återfinns som regel inte adsorberade till partikelytor utan ingår i glasmatriken och återfinns därför i alla storleksfraktioner. Koncentrationskillnaderna beror därför inte så mycket på skillnader i kornstorlek som i skillnader i innehåll av glas. Skillnaderna i kornstorlek skulle däremot kunna innebära skillnader i utlakningsegenskaper eftersom den partikelyta som exponeras för genomströmmande vatten blir mindre med ökande kornstorlek samtidigt som diffusionsavstånden i partiklarna ökar. Man skulle också kunna tänka sig att föroreningarna i glasmatriken är mindre tillgänglig för lakning och utlakningen främst sker från kemikaliespill i avfall och förorenad jord. De utförda lakförsöken visar dock att utlakningen från glasmatriken är oväntat hög och att någon större skillnad inte tycks föreligga mellan olika storleksfraktioner. Dessa slutsatser baseras dels på lakförsök av avfall sorterat i två olika storleksfraktioner, dels på mättnadsupplösningsförsök på glasbitar. Antalet försök har dock varit starkt begränsat.

Mot bakgrund av ovanstående bedöms inte jordtvätt vara lämplig som förbehandlingsmetod vid efterbehandling av glasbruksområden eftersom större delen av föroreningarna består av glas-kross, som finns fördelade över alla kornstorlekar.

6.1.4 Stabilisering och deponering

Stabilisering (kemisk fixering) innebär oftast att någon kemikalie blandas i de förorenade massorna, minskar föroreningarnas löslighet och därmed gör dem mindre mobila. Ett exempel på en stabiliseringsmetod är MBS-metoden (Molecular Bonding System), där kemisk fixering genom sulfidbindning utnyttjas för att minska utlakningen av tungmetaller. Normalt sorteras kornfraktioner som är större än cirka 50 mm sorterats bort innan massorna behandlas och metallerna fastläggs som sulfider. Metoden, liksom andra tänkbara stabiliseringsmetoder, är utvecklad för förorenad jord där metallerna återfinns adsorberade till partikelytor, åtkomliga för reaktioner med tillsatta kemikalier. Att få fungerande sulfidbindningar mellan metaller som finns inneslutna i glasmassan i avfallet från glasbruken och de tillsatta kemikalierna bedöms som mycket svårt, varför metoden inte bedöms som användbar vid efterbehandling av glasbruksområden. Några försök som verifierar detta har dock inte utförts.

6.1.5 Solidifiering och deponering

Liksom stabilisering syftar solidifiering av farligt avfall till att minska föroreningarnas mobilitet, men istället för en kemisk fixering av föroreningarna fastläggs dessa genom förändring av jordens fysikaliska struktur. Genom en tät fysikalisk inneslutning av den förorenade jorden i monolitiska kroppar begränsas mängden genomströmmande vatten varigenom utlakningen

minskar. Målet att den solidifierade monoliten ska få en sådan karaktär att risken för utsläpp till både luft och vatten begränsas i tillräcklig utsträckning för att slutprodukten skall kunna deponeras som icke-farligt avfall. Solidifiering kan i viss utsträckning även medföra en kemisk fixering av vissa ämnen även om detta inte är det primära syftet. Ett av de vanligaste additiven för att uppnå en solidifiering är cement, vilket härdar tillsammans med jord och vatten och omvandlar jordstrukturen till en hård kropp. Det finns särskilda cementadditiv framtagna för solidifiering av farligt avfall.

Metoden kan bli nödvändig att använda på massor som uppvisar utlakning som är större än kommande acceptanskriterier för deponering på deponier för farligt avfall och som därmed behöver stabiliseras eller solidifieras innan deponering över huvud taget blir tillåtlig. De genomförda lakförsöken visar att sådana massor kan komma att uppträda inom glasbruksområden. Solidifiering bedöms annars vara en mindre kostnadseffektiv metod, där totalkostnaden inklusive uppgrävning och omhändertagande av föroreningarna uppskattas till 1600-1700 kr/ton.

6.2 Metodik för utredning av lämpliga åtgärder

För att göra en bedömning av möjliga åtgärdsalternativ vid efterbehandling av förorenade glasbruksområden har en schematisk arbetsgång upprättats, där varje schema innehåller frågeställningar som ska besvaras. Ett visst utredningsarbete krävs i anslutning till detta. Flödesschemat, som beskriver arbetsgången, är uppdelat i de fyra figurerna nedan och syftar till att identifiera vissa grundläggande frågeställningar, som måste besvaras för att den mest lämpade åtgärdsmetoden, baserat på platsspecifika förhållanden och kostnader, ska kunna väljas.

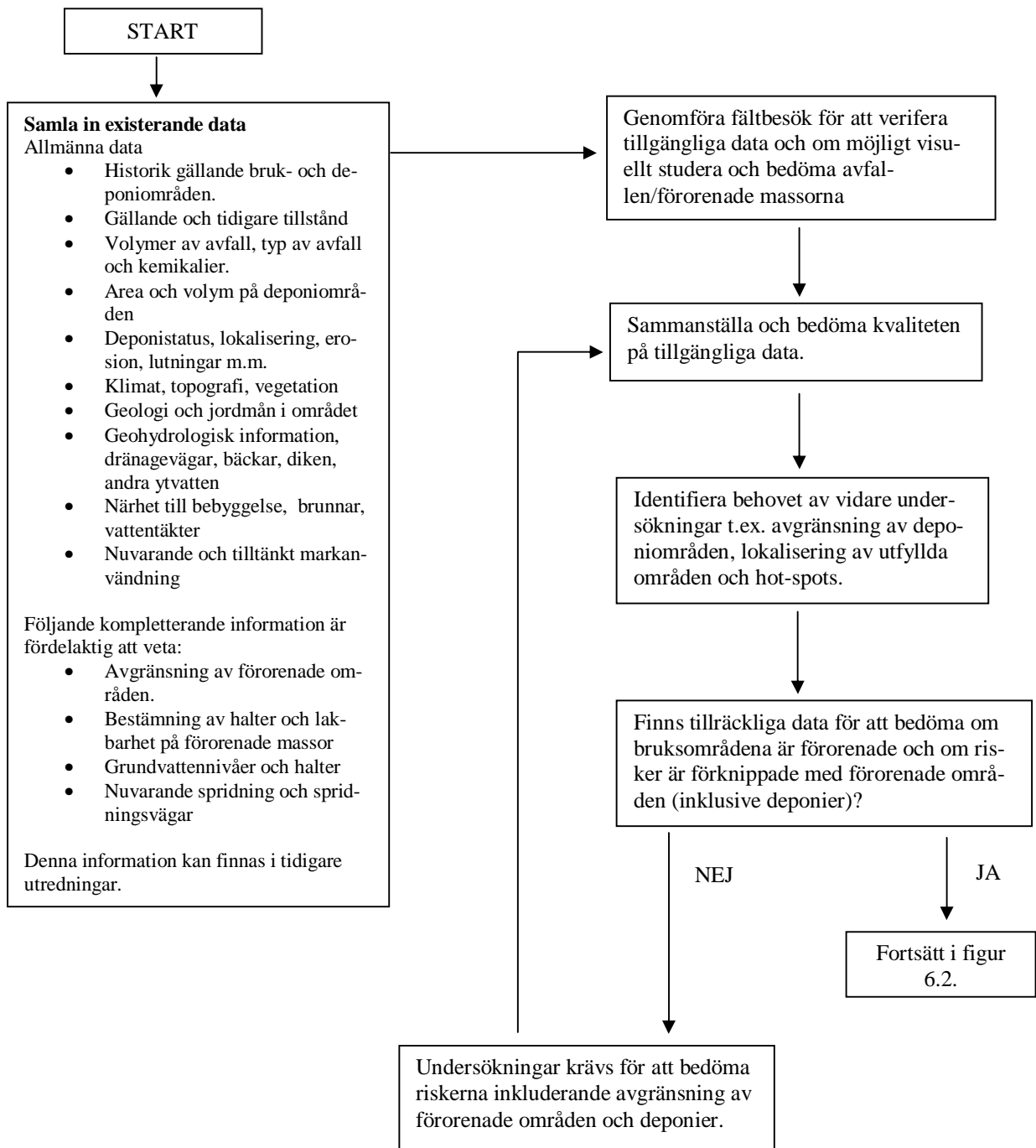
Tanken är att flödesschemat ska kunna fungera som en generell mall för alla glasbruk vid bedömning av lämpliga efterbehandlingsåtgärder. De undersökningar som gjorts vid de studerade objekten visar att urgrävning och någon form av deponering alltid fungerar men är kostsam. Metoden är dock relativt enkel och kräver inte alltför ingående utredningar inför entreprenadarbetena och är också den åtgärd som är vanligast vid efterbehandling av förorenade markområden. I utgångsläget betraktas metoden som huvudalternativet för samtliga glasbruksområden, men beslutsprocessen bör i allmänhet börja med följande två frågor:

- Behövs någon form av åtgärd (riskbedömningen)?
- Om någon form av åtgärd är nödvändig, är då huvudalternativet det mest lämpliga eller kan kostnaderna begränsas genom utnyttjande av förbehandling eller andra efterbehandlingsalternativ?

För att besvara den första frågan krävs i allmänhet en fördjupad miljö- och hälsoriskbedömning. Om inga risker finns idag eller kan misstänkas förekomma i framtiden finns det inget skäl till åtgärder. Sådana förhållanden kan finnas främst om exponeringsvägar saknas eller att befintliga och potentiella framtida exponeringsvägar och situationer medför försumbara risker för människors hälsa och miljö. Arbetsgången för framtagning av bakgrundsdata redovisas i figur 6.1.

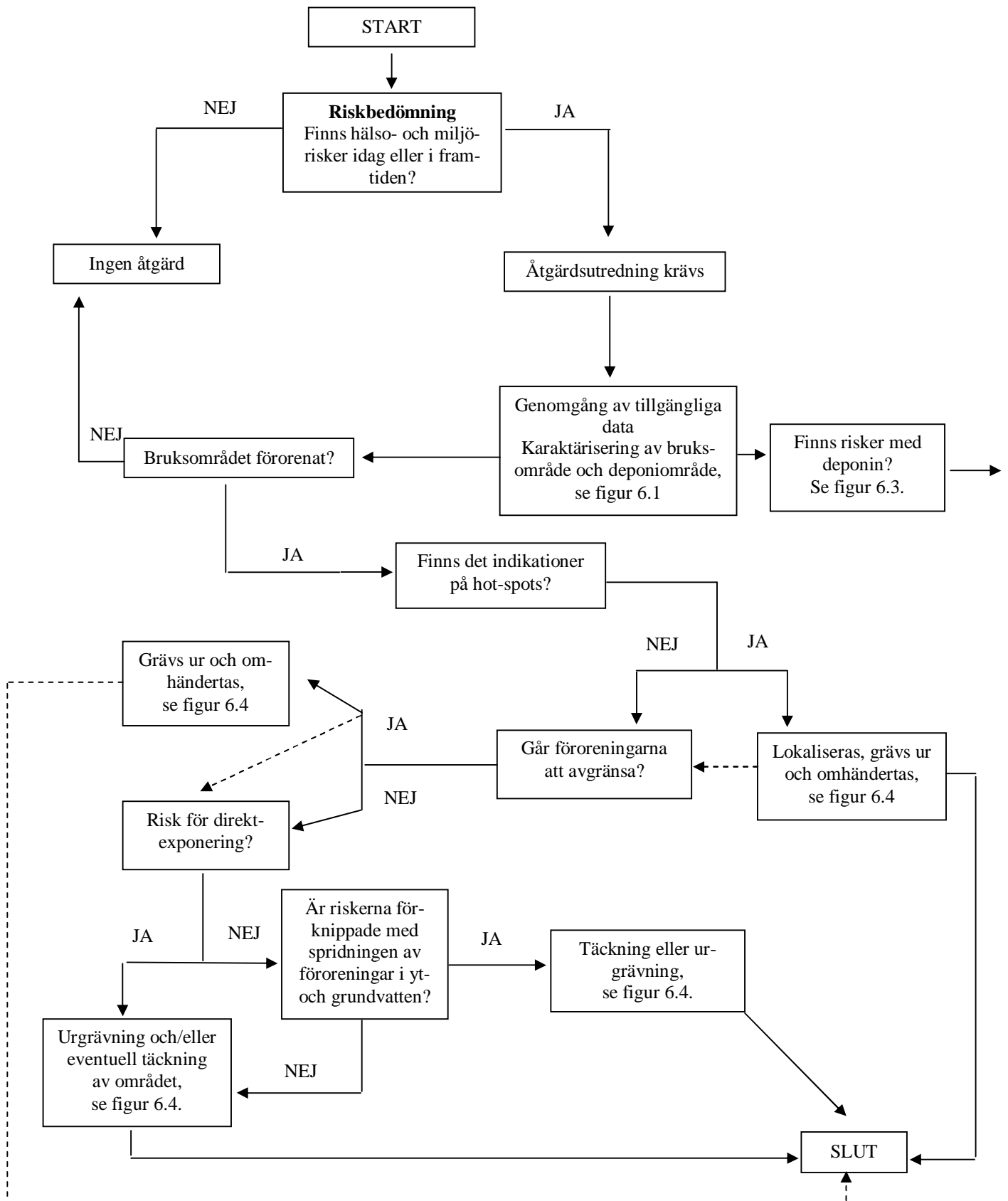
Figur 6.2 beskriver den följande arbetsgången för beslut om åtgärder för bruksområden medan valet av åtgärdslösningar för deponiområden redovisas i figur 6.3. I de fall urgrävning visar sig vara den lämpligaste metoden väljs åtgärder för omhändertagande av massor enligt figur 6.4.

Karaktärisering av områden



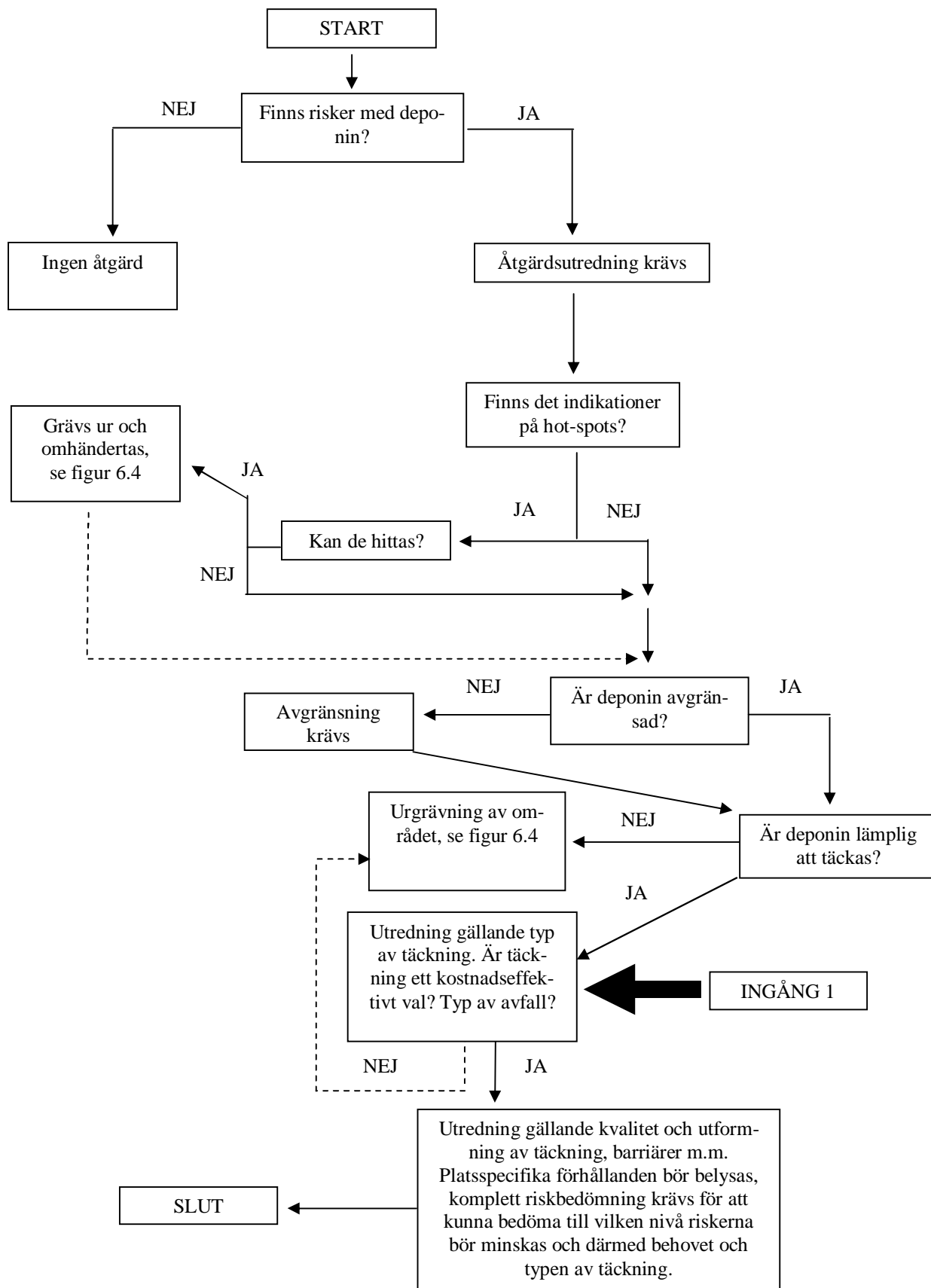
Figur 6.1. Arbetsgång för framtagning av bakgrundsdata och karakterisering av området.

Val av metod för bruksområde.



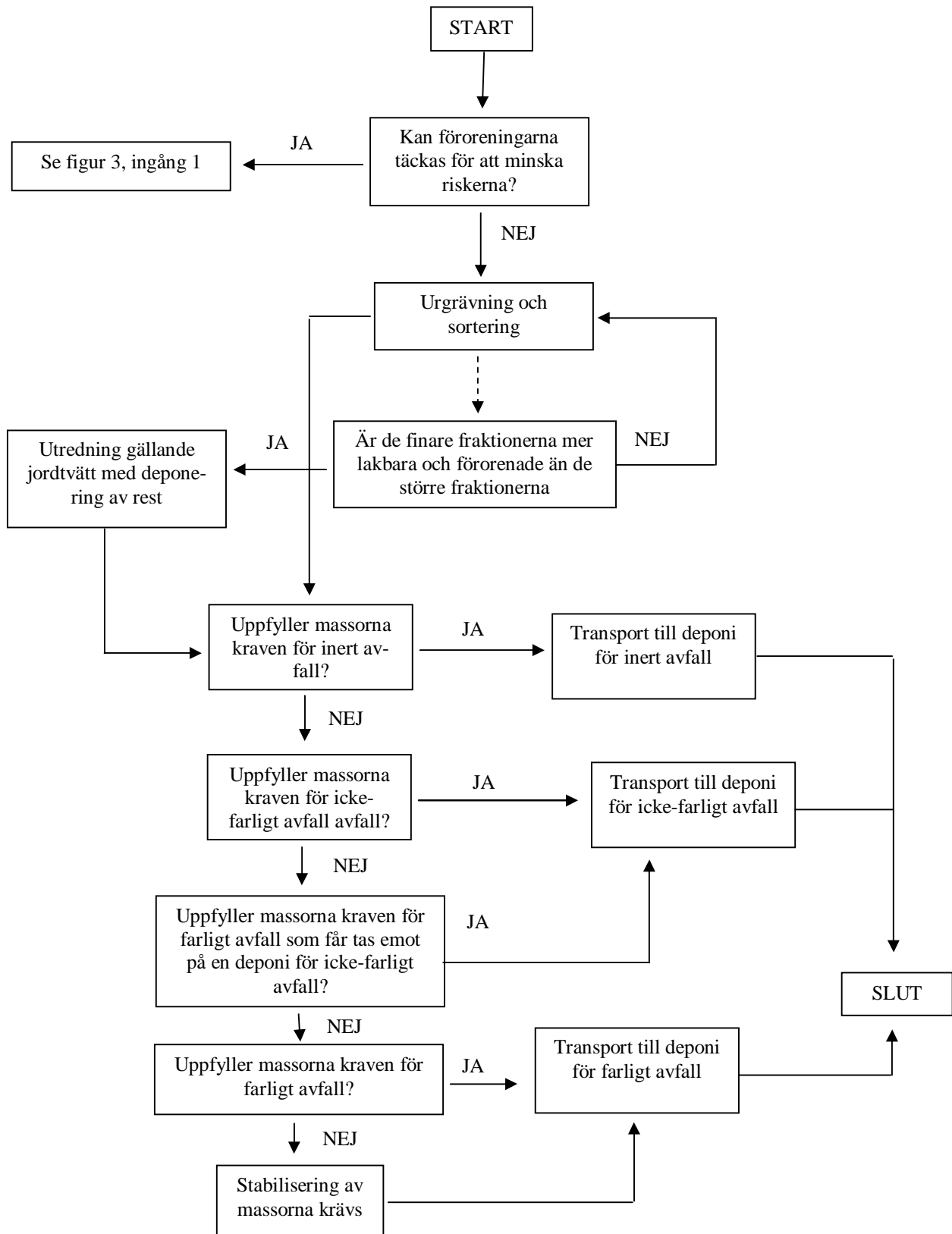
Figur 6.2. Arbetsgång för val av åtgärder för bruksområden.

Val av metod för deponier



Figur 6.3. Arbetsgång för val av åtgärder för deponier.

Val av omhändertagande av massor vid urgrävning



Figur 6.4. Arbetsgång för val av omhändertagande av massor vid urgrävning.

Den redovisade metodiken kan utnyttjas för utredning och val av lämpliga åtgärder för det fall riskbedömningen visar att åtgärder behöver vidtas med hänsyn till riskerna för människors hälsa och miljön. Metodiken omfattar endast de moment som ingår i åtgärdsutredningen. När riskbedömningen och åtgärdsutredningen är genomförda kan såväl nyttan av åtgärderna som kostnaderna för att genomföra dessa kvantifieras. Med detta underlag kan en *riskvärdering* genomföras, där man avgör om de kostnader som är förknippade med åtgärderna är motiverade av den riskreducering som uppnås. Genom att ansätta olika nivåer på riskreduceringen som förutsättning inför val av lämpliga åtgärder kan åtgärdsutredningen ge olika resultat. Olika nivåer av riskreducering kan på detta sätt kopplas till olika kostnader och det mest kostnadseffektiva alternativet belysas i riskvärderingen. Momentet riskvärdering redovisas inte i figurerna ovan utan belyses i kapitel 7.

6.3 Generella slutsatser för efterbehandling av glasbruksområden

De åtgärdsalternativ som bedöms vara mest lämpade att använda vid efterbehandling av förorenade glasbruksområden är:

- Uppgrävning och transport av massorna till befintliga externa deponier. Uppskattade kostnader för denna åtgärd utifrån genomförda kostnadsberäkningar för studerade objekt varierar inom intervallet 2100-2500 kr/m³.
- Uppgrävning och transport av massorna till en nyanlagd centralt placerad deponi för deponering av avfall och förorenad jord från glasbruksområden, med möjligheter att ta emot förorenade massor klassificerade såväl som farligt avfall som icke-farligt avfall. Vid efterbehandling av ett större antal glasbruk skulle detta sannolikt kunna reducera kostnaderna för transport till externa deponier.
- Terrassering, tätning och täckning av befintliga deponier efter omlokalisering av förorenade massor till en plats. Uppskattade nyckeltal för denna åtgärd varierar mellan 420 och 890 kr/m².

Vilket av dessa alternativ som är lämpligast beror på platsspecifika förhållanden som avgör vilken ambitionsnivå som måste tillämpas, vilka åtgärder som är möjliga på platsen och vilka kostnader som är förknippade med respektive åtgärd. Terrassering och täckning på plats innebär i de allra flesta fall lägst kostnad. Denna åtgärd är dock möjlig endast om en riskbedömning visar att tillräcklig begränsning av utlakningen kan erhållas med täckning, med hänsyn till förorenings-spridningen till ytvatten eller grundvatten (vattentäcker).

Förbehandling genom jordtvättning bedöms generellt inte som lämplig eftersom föroreningarnas fördelning och lakbarhet tycks vara oberoende av kornstorleken. Denna slutsats baseras dock på ett fåtal lakförsök och det går inte att utesluta möjligheten att tillämpa den vid vissa glasbruk.

Förbehandling genom stabilisering (kemisk fixering) har inte undersökts i detta projekt men det bedöms inte som sannolikt att sådana metoder skulle fungera med hänsyn till att de föroreningar som skall fixeras huvudsakligen är inneslutna i en glasmatrix och inte tillgängliga för att kemiskt reagera med additiv.

Inte heller har förbehandling genom solidifiering provats. Denna metod bedöms dock ha större förutsättningar att fungera eftersom den innebär en fysikalisk inneslutning i större enheter som kan betraktas som monoliter, genom vilka vattengenomströmningen starkt begränsas. Solidifieringen fyller därmed delvis samma funktion som en täckning, men måste ändå kombineras med en sådan för att även åtkomligheten till föroreningarna skall begränsas. Solidifiering är en relativt dyr metod men kan eventuellt bli nödvändig att tillämpa för vissa avfall som annars uppvisar för hög lakbarhet för att få omhändertag vid deponier, även för farligt avfall. Eventuellt kan också solidifiering användas för att kunna omhänderta avfall vid deponier för icke-farligt avfall

som annars skulle föras till deponier för farligt avfall. Kostnadseffektiviteten i ett sådant förfarande är emellertid tveksam.

Det minst kostnadskrävande alternativet är omhändertagande av massor från glasbruksområdena och uppläggning på befintliga deponier inom området, samt efterföljande terrassering och täckning av deponierna i fråga.

Hur och med vilken metod eventuella åtgärder ska genomföras är en platsspecifik fråga och vissa undersökningar bör alltid genomföras för att ge ett tillräckligt bra underlag för riskbedömning och val av åtgärd. Vid dimensionering av åtgärder är avgränsning av förorenade områden, underlag för klassificering av massor, geohydrologiska förhållanden, recipientförhållanden och lokalisering av deponiområden väsentliga frågor som behöver klarläggas. Åtgärdsutredning och riskbedömning behöver därmed samordnas. Detta är av särskild vikt för alternativet omflyttning av avfall med tätning och täckning på plats där massorna skall ligga kvar inom området, för att rätt ambitionsnivå skall kunna väljas för täckningsåtgärderna med hänsyn till vad som kan accepteras i omgivningen.

7 Riskvärdering

En riskvärdering syftar till att väga samman olika faktorer som framkommit i riskbedömning och åtgärdsutredning till en helhetsbedömning. Härvid skall tas hänsyn till vad som är miljömässigt motiverat, tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt att åstadkomma. Detta görs i form av en kostnads/nyttoanalys för att åstadkomma önskad riskreduktion.

Inom ramen för riskvärderingen för projektet skall lämpliga åtgärdsalternativ formuleras som skall vara effektiva sett ur både miljömässig, teknisk och ekonomisk hänsyn. Centralt i detta arbete är att fastställa övergripande och mätbara åtgärds mål för efterbehandlingen av de svenska glasbruken, både för glasbruk generellt samt för specifika bruk.

Åtgärds målen skall beskriva de hälso- och miljömål som skall gälla med hänsyn till de risker ett förorenat område medför och med hänsyn till vad som är miljömässigt motiverat, tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. De övergripande åtgärds målen beskriver därmed hur området ska kunna användas efter en sanering. De mätbara åtgärds målen är en precisering av de övergripande målen och formuleras vanligen som acceptabla resthalter efter en sanering och/eller maximalt utläckage av föroreningar från ett förorenat område.

Syftet med denna studie har varit att lyfta fram viktiga aspekter som bör beaktas vid en riskvärdering för glasbruksområden.

7.1 Översiktlig uppskattning av efterbehandlingskostnader för glasriket

Två huvudalternativ kan urskiljas för efterbehandling av glasbruksområden, dels uppgrävning, transport till och deponering av förorenade massor på externa deponier, dels omflyttning av förorenade massor till en befintlig deponi inom respektive bruksområde samt terrassering och sluttäckning av denna interna deponi.

De kostnadsberäkningar som utförts för de fem studerade glasbruken indikerar att kostnaderna för terrassering och sluttäckning på plats är avsevärt lägre än för uppgrävning och transport till externa deponier. Emellertid kan den platsspecifika riskbedömningen visa att existerande deponier är olämpligt placerade med hänsyn till föroreningsspridningen och att sluttäckning på plats måste uteslutas, eller att stora omflyttningar av massor måste utföras inom området före täckning för att begränsa risken för föroreningsspridning, varvid kostnaderna för alternativet ökar.

Utifrån de uppskattade nyckeltalen för olika efterbehandlingsåtgärder kan kostnaderna för efterbehandling av hela Glasriket komma att uppgå till i storleksordningen 500 Mkr förutsatt att alternativet omflyttning av massor, terrassering och sluttäckning kan genomföras vid alla bruk. Eftersom vissa objekt är mycket små är det sannolikt att åtgärderna kan optimeras ekonomiskt genom att förorenade massor från vissa mindre bruk med små volymer avfall transporteras till andra närbelägna bruk. Denna kostnad innefattar efterbehandling av alla de objekt som riskklassificerats i inventeringen av förorenade områden vid Glasbruk i Kalmar och Kronobergs län (Länsstyrelsen i Kronobergs län 2001-01-19). Begränsas åtgärderna till de objekt som placerats i riskklass 2 (inga objekt har placerats i riskklass 1) begränsas kostnaderna till storleksordningen 200 Mkr. Vid indelning i olika riskklasser har riskklassningen från den ursprungliga inventeringen använts.

En komplikation för alternativ som innebär omflyttning av massor från bruksområden till deponier eller från deponier till andra deponier, även inom samma glasbruk, är att omflyttningen kan medföra att verksamheten betraktas som deponering och som sådan blir tillståndspliktig. Detta innebär i så fall att förordningen (2001:512) om deponering av avfall blir tillämplig vilket innebär krav inte bara på sluttäckningen utan även på att en geologisk barriär skall finnas, alternativt anläggas, och att deponin skall vara försedd med botten tätning och ett system för uppsamling av lakvatten. Dessa konstruktioner skulle avsevärt fördyra åtgärden och är dessutom inte särskilt

ändamålsenligt för en deponi som läggs upp och sluttäcks i en följd. Det finns dock vissa möjligheter att få undantag från dessa krav i tillståndsprövningen.

Om Glasriket i stället skulle efterbehandlas genom uppgrävning av samtliga förorenade massor, inklusive deponier, och alla massor skulle föras till externa deponier bedöms kostnaden utifrån de uppskattade nyckeltalen komma att uppgå till i storleksordningen 1 500 Mkr. Begränsas åtgärderna till de objekt som placerats i riskklass 2 begränsas kostnaderna till storleksordningen 600 Mkr. Kostnaderna för uppgrävning och transport till extern deponi bedöms kunna reduceras i viss utsträckning om en gemensam central deponi anläggs för omhändertagande av förorenade massor från Glasriket.

Det skall understrykas att de kostnader som redovisas i detta är behäftade med stor osäkerhet. En kostnadsbedömning för efterbehandling av hela Glasriket försvåras av att det saknas uppgifter om mängderna förorenade massor vid de olika bruken. Beräkningen har därför utgått från en skönsmässig bedömning av vad som är ett ”typiskt objekt” utifrån studierna av de fem utvalda glasbruken.

7.2 Vilka delar av riskbedömning är viktigast vid slutlig riskvärdering?

7.2.1 Riskbedömningens uppgift

Riskbedömningen ska identifiera och kvantifiera risker för hälsa och miljö som uppkommer till följd av en verksamhet eller ett förorenat område. Riskbedömningen ska ge svar på om åtgärder är motiverade från hälso- och miljösynpunkt. Riskbedömningen ska även ge svar på om åtgärder är möjliga att vidta som kan leda till en väsentligt reducerad risk. Riskbedömning kan i detta sammanhang utnyttjas för att kvantifiera vilken ambitionsnivå åtgärderna behöver ha för att nå en önskad riskreduktion eller en önskad förbättring av miljöstatus. Riskbedömningen kan slutligen användas för att ta fram ett hälso- och miljömässigt väl motiverat förslag till övergripande och mätbara åtgärds mål.

Genom att bedriva riskbedömningen i nära samverkan med utarbetande av efterbehandlingsåtgärder, vari ingår att uppskatta kostnader för åtgärderna, kan olika alternativa metoders effektivitet utvärderas och kvantifieras med avseende på riskreduktion och kostnader. Härigenom utnyttjas riskbedömningen som ett direkt verktyg för att ge underlag för riskvärdering.

7.2.2 Resultat av riskbedömningen

Inom ramen för projektet för Glasbruksföreningen har Kemakta utrett de hälso- och miljömässiga aspekterna med föroreningsituationen vid de svenska glasbruken. En metodik för detta syfte har tagits fram. Sammanfattningsvis visar riskbedömningen att platsspecifika riktvärden för glasbruken överskrider av höga halter i deponier/förorenad jord och att negativa effekter för både hälsa och miljö riskeras på kort och lång sikt. Detta omfattar både risk för direkt exponering av avfall och förorenad jord liksom påverkan på organismer i jorden och spridning av föroreningar. För många ämnen styrs riskbedömningen av kraven på miljöskyddet i marken. För t ex arsenik är det däremot spridning till yt- och grundvatten som dominerar riskerna. Sammantaget konstateras att någon form av åtgärder är nödvändiga för att minimera åtkomst samt spridning av föroreningar från glasbruken.

7.2.3 Val av skyddsnivåer i riskbedömning och riskvärdering

Lämpliga åtgärder för att förhindra spridning och exponering kan vara täckning av befintliga deponier eller uppgrävning av förorenat avfall och borttransport av avfall till befintliga deponier. Den slutliga omfattningen av åtgärder och val av saneringsnivåer (mätbara åtgärds mål) och

funktionskrav för åtgärderna styrs av hur de övergripande åtgärds målen formulerats, dvs vilka krav/ambitionsnivåer som skall gälla avseende skyddet av hälsa och miljö, både i dagsläget och på längre sikt. Som underlag för den slutliga riskvärdering som skall göras av berörda parter har de aspekter i riskbedömningen som styr åtgärdsnivån och funktionskrav för åtgärderna lyfts fram. Beroende på vilka ställningstaganden som görs avseende dessa faktorer kan omfattningen av åtgärder och funktionskrav komma att ändras:

- Miljöeffekter i ytvattenrecipienter: Krav på vilka halter som högst får uppkomma i nedströms liggande ytvattenrecipienter styr hur mycket utsläppen måste reduceras på kort och lång sikt.
- Miljöeffekter i jord: Påverkan på marklevande organismer är styrande för riskerna med många ämnen. Inga platsspecifika data rörande miljöeffekter pga föroreningsituationen vid marken runt glasbruken och deponierna finns.
- Hälsorisker vid intag av dricksvatten och fisk: Huruvida uttag av dricksvatten i brunnar eller fisk i recipienter nedströms de aktuella objekten skall kunna ske eller ej skall klargöras i samband med riskvärderingen.
- Långsiktighet: Val av en specifik åtgärds metod (t ex täckning) kan förhindra både exponering och spridning, men kan innebära att restriktioner måste införas för att begränsa markanvändningen (grävning, byggnation, mm). Vilken långsiktighet som skall ligga till grund för val av åtgärder är centralt i riskvärderingen.
- Systemavgränsning: Urgrävning och borttransport är ett ur miljöhänsyn bra alternativ för att reducera riskerna vid glasbruken, men medför ett stort antal transporter och att föroreningen flyttas till annan plats. Riskvärderingen bör uppmärksamma dessa aspekter vid val av åtgärd.
- Inverkan av åtgärden: Miljöaspekterna vid själva åtgärden måste också klarläggas innan beslut om lämplig åtgärd kan fattas, t ex risk för spridning vid schaktning under grundvattenytan eller i nära anslutning till ytvattendrag. Detta kan dock normalt styras genom att ett kontrollprogram för saneringen upprättas.

En mindre omfattande åtgärd än vad riskbedömningen föreslår, men ur ekonomisk synvinkel mer fördelaktig, innebär en lägre riskreduktion, d v s en större grad av kvarstående risker för hälsa och/eller miljön. Effekten av åtgärder som gör avsteg från resultaten från riskbedömningen måste bedömas från fall till fall. Beslut om avsteg görs som en del av riskvärderingen.

Referenser

Kemakta AR 2003-07: Undersökning och fördjupad riskbedömning av fem glasbruk i Kalmar och Kronobergs län samt förslag på generell metodik för riksbedömningar vid glasbruk

Envipro Miljöteknik 2003-06-28: Åtgärdsutredning med inriktning mot metodutveckling för glasbruk.

Länsstyrelsen i Kronobergs Län (2001): Inventering av förorenade områden vid glasbruk i Kalmar och Kronobergs Län enligt MIFO fas 1.

EU (2002). 2003/33/EG. Rådets beslut av den 19 december 2002 om kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid avfallsdeponier i enlighet med artikel 16 i, och bilaga II till, direktiv 1999/31/EG.

Naturvårdsverket (1998): Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Förorenade områden. Rapport nr 4918.

Någon publikation från Glafo (väntar på uppgift från Terese på Empirikon)

Avfallsförordningen (SFS 2001:1063)

Förordningen om deponering av avfall (SFS 2001:512)