



Glasbruksprojektet

Förstudie rörande avfallshantering vid saneringar av glasbruksområden

Upprättad för Sveriges geologiska undersökning

Uppdrag: 1409
Datum: 2016-04-15
Status: Slutrapport

Glasbruksprojektet

Förstudie rörande avfallshantering vid saneringar av glasbruksområden

Innehåll

1	INLEDNING	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Avgränsningar	3
2	MILJÖSITUATIONEN VID GLASBRUKSOMRÅDEN	6
2.1	Allmänt	6
2.2	Bruksområden	6
2.3	Glasdeponierna	8
2.4	Risker för hälsa och för miljö	8
2.5	Efterbehandlingsbehov	9
3	EFTERBEHANDLING AV GLASBRUKSOMRÅDEN	10
4	AVFALL FRÅN EFTERBEHANDLING AV GLASBRUKSOMRÅDEN	11
4.1	Avfallstyper och avfallsflöden som kan uppkomma vid efterbehandling av glasriket	11
4.2	Klassificering av glasbruksavfall enligt avfallsförordningen	11
4.3	Klassificering av glasbruksavfall för mottagning på deponier	12
5	ÅTERVINNING AV GLASAVFALL	13
5.1	Allmänt	13
5.1.1	Återvinning i konventionella smältverk	13
5.2	Återvinning med saltextraktion	13
5.3	Pågående utveckling av metoder för glasåtervinning	14
6	SORTERING OCH MELLANLAGRING AV GLASAVFALL	15
6.1	Sorteringsbehov	15
6.2	Sorteringsmetoder och sorteringsmöjligheter	15
6.3	Mellanlagring för återvinning	16
6.4	Utformning av mellanlager	18
7	DEPONERING AV FÖRORENADE JORDMASSOR	19
7.1	Allmänt	19
7.2	Deponering inom glasriket	19
8	LOKALA DEPONIER OCH ANDRA ÅTGÄRDER PÅ PLATS	21
8.1	Allmänt	21
8.2	Lokal deponering	21
8.3	Stabilisering/solidifiering	21
9	SAMMANFATTANDE BEDÖMNINGAR	24

Bilagor

Bilaga A – Karta med lägen för Glasrikets glasbruk

Bilaga B – Karta som redovisar riksintressen och skyddad natur inom glasriket

Bilaga C – Karta med studerade lägen för mellanlager och deponier inom Glasriket

Bilaga C – Sorterings- och separationsmetoder för deponerat glasavfall. Helldén Environmental Engineering 2016-03-11

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) har tagit på sig huvudmannaskapet för att driva ett övergripande projekt i det s.k. Glasriket, som består av de fyra kommunerna Lessebo och Uppvidinge i Kronobergs län samt Nybro och Emmaboda i Kalmar län. Projektet omfattar utredningar och efterbehandlingsåtgärder vid närmare 50 glasbruk.

I området har glas tillverkats sedan 1700-talet och ett hundratal glasbruk har varit i drift. Vid tillverkningen har såväl arsenik och antimon använts som luttringsmedel, bly använts som stabilisator i kristallglas och andra metaller (exempelvis kadmium) som pigment. Som en följd av detta har glasbruksområdena förorenats och vid flertalet glasbruk finns såväl förorenad jord som deponierna med glasavfall (glasskärv, glaskross m.m.).

Under 2005-2007 genomfördes översiktliga undersökningar vid 22 glasbruk i ett kommun- och läns-gemensamt projekt. Projektet avrapporterades 2007 i den s.k. Glasbruksrapporten. De övergripande slutsatserna var att bruksmark och glasdeponier läckte relativt stora mängder metaller och att risker finns för både människor och miljö på och omkring bruksområdena. För att komma till rätta med dessa risker krävs någon typ av efterbehandling av glasbruken. Schabloniserade beräkningar visade att kostnaderna för att omhänderta de förorenade massorna vid de 22 glasbruken på konventionellt sätt (urschaktning, borttransport och tillförsel av rena ersättningsmassor) skulle uppgå till ca 300-500 Mkr. Utgående från dessa beräkningar kan man uppskatta totalkostnaden för efterbehandling av samtliga 50 glasbruksområden på detta sätt till närmare 1 miljard kronor. Avfallshanteringen kommer att vara en kritisk del i efterbehandlingen av glasbruken, dels på grund av de stora kostnaderna men även eftersom infrastruktur, i form av tillgängligt deponiutrymme, täkter för ersättningsmassor etc. saknas. Dessutom innebär det stora antalet separata objekt att det är svårt att prognosticera avfallsflödena i tid och mängd.

Det stora antalet glasbruk gör att den totala mängden förorenade massor blir mycket stor och konventionell efterbehandling skulle bli både kostsamt och kräva mycket resurser i form av transporter, deponeringsmöjligheter etc. Att så många likartade objekt finns på ett relativt litet område motiverar till att ta fram en övergripande syn på hur områdena kan efterbehandlas, i vilken utsträckning alternativa metoder kan användas och vilka möjligheter som finns inom glasriket för att med en gemensam lösning behandla och ta emot avfall från glasbruken.

Syftet med denna förstudie av avfallshanteringen vid glasbruken i Glasriket är att få en samlad bild av möjliga efterbehandlingsåtgärder vid glasbruken och att utgöra ett underlag för att kunna effektivisera avfallshanteringen. I förstudien studeras både lämpliga tekniska åtgärdsåtgärder som kan tillämpas vid glasbruksobjekten samt vilka resurser i form av mottagningsanläggningar och behandlingsmöjligheter för avfallet som de berörda kommunerna har i dagsläget och hur de framtida möjligheterna kan komma att se ut.

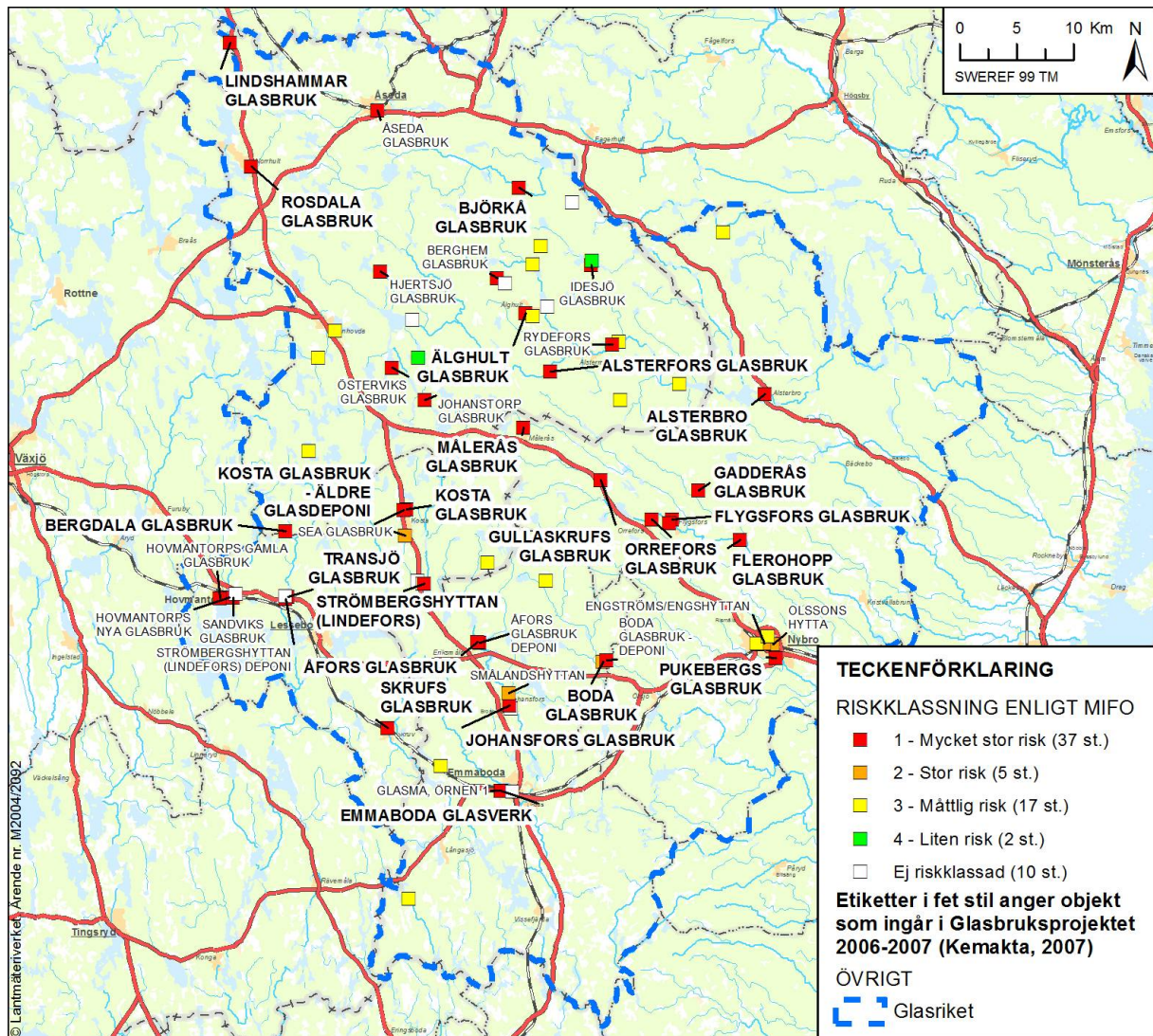
1.2 Avgränsningar

De tidigare undersökningarna inom Glasbruksprojektet har främst fokuserat på 25 objekt (vid 22 glasbruk) som genom MIFO-inventeringar bedömts medföra mycket stor risk för människa och/eller miljö (riskklass 1). Glasbruksprojektet omfattar ungefärligen det dubbla antalet, medan det i länsstyrelsernas databas finns ytterligare ett tjugotal objekt med glasindustri som primärbransch vilka inte ingår i projektet. Dessa har placerats i lägre riskklass men kan möjligen komma att omfattas av efterbehandlingsåtgärder på längre sikt. Eftersom undersökningar främst genomförts inom 22 av glasbruken baseras information om föroreningsituationen samt avfallens lakbarhet och tekniska egenskaper på de undersökta objekten.

Samtliga glasbruk listas i Tabell 1. De undersökta glasbruken klassades samtliga i riskklass 1 efter studien, undantaget Boda Glasbruk, som klassades i riskklass 2. Av de övriga objekten är 15 klassade i riskklass 1, fyra i riskklass 2 och 28 klassade i riskklass 3 eller lägre (inklusive ej klassade objekt). Riskklassningen är hämtad i november 2014. Glasbrukens geografiska lägen redovisas i Figur 1 och i större format i Bilaga A.

Tabell 1 Glasbruk inom glasriket (Uppvidinge, Emmaboda, Lessebo och Nybro kommuner)

[illegible]



Figur 1. Glasbruk inom Glasriket.

2 Miljösituationen vid glasbruksområden

2.1 Allmänt

Under åren 2006-2007 genomförde länsstyrelserna i Kalmar och Kronobergs län samt Nybro, Emmaboda, Lessebo och Uppvidinge kommuner översiktliga undersökningar, vilka rapporterades i den s.k. Glasbruksrapporten. Projektet finansierades av Naturvårdsverket och utfördes av Kemakta Konsult AB. Syftet med projektet var att ta fram underlag för att avgränsa och kvantifiera föroreningarna i mark och sediment vid 25 prioriterade glasbruksobjekt (belägna vid 22 glasbruk) för att därefter kunna göra en bedömning av hälso- och miljörisker, klargöra åtgärdsbehov och utreda efterbehandlingsåtgärder. Undersökningarna omfattade såväl bruksområden (förorenad jord) som deponier (glasbruksavfall). Resultaten från projektet redovisas i Kemaktas slutrapport (Höglund et al, 2007) samt i ett antal delrapporter som återfinns på länsstyrelsens i Kalmar webbplats.

Kemakta genomförde miljötekniska undersökningar vid 17 olika glasbruk. Resultat från fem tidigare undersökta glasbruk (undersökta av Kemakta 2004) inkluderades i sammanställningarna. Fyra av glasbruken undersöktes mer utförligt i en andra etapp av projektet. Arbetet fokuserade på arsenik, kadmium och bly men omfattade även analyser av andra föroreningar. Förutom totalhalter undersöktes spridningen från glasbruksområdena och deponierna. Dessutom genomfördes lakteter och undersökningar av biotillgängligheten. Förutom glasbruken undersöktes sex glasbruksåar.

Nedanstående sammanställning av föroreningssituationen vid Glasbruken baseras på information från Kemaktas rapportering av Glasbruksprojektet (Höglund et al, 2007 samt datasammanställningar från studien).

2.2 Bruksområden

Föroreningshalterna i yttlig jord inom bruksområden var höga främst för arsenik, där medelhalten i 144 jordprov var över 100 mg/kg TS, dvs. halter som vid enstaka intag kan orsaka magbesvär hos barn. Medelhalterna barium och bly överskred generella riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) och medelhalten kadmium överskred generella riktvärden för känslig markanvändning (KM). I övrigt var medelhalterna under de generella riktvärdena medan de högsta halterna av flera metaller överskred MKM, flera mer än fem gånger. Medianhalterna var i flera fall betydligt lägre än medelhalterna vilket indikerar att ett fåtal prover med kraftigt förhöjda halter bidrog mycket till de höga medelhalterna. I Tabell 2 jämförs statistiska parametrar för ett antal grundämnen (de grundämnen det finns generella riktvärden för) i jord från bruksområdena med Naturvårdsverkets generella riktvärden (KM, MKM) samt Avfall Sveriges föreslagna gränsvärden för farligt avfall (FA).

Att medelhalten arsenik överskrider den halt som av Naturvårdsverket klassas som akuttoxisk (kan ge tillfälliga magbesvär hos små barn) beror främst på ett mindre antal prover med mycket hög arsenikhalt (medianhalten är ca 30 mg/kg TS och maxhalten är nästan 3800 mg/kg TS). Arsenikhalter över 100 mg/kg TS har uppmätts i 22 % av proverna.

Lakbarheten i standardiserade skaktest (SS-EN 12457-3) av flertalet föroreningar i jord från bruksområden var relativt liten (Kd-värdena var relativt höga). Lakbarheten av arsenik och barium var däremot hög, med Kd-värden i samma storleksordning som antagna standardvärden i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell. Kd för arsenik vid L/S 10 var i medel 650 l/kg, för barium 1200 l/kg och för bly 4800 l/kg. För övriga Kd-värden hänvisas till Höglund et al, 2007. Mängden utlakad arsenik uppgick till 0,05-13,5 mg As/kg torrsubstans vilket är i medeltal ca 3 % av de totala arsenikmängderna i proven.

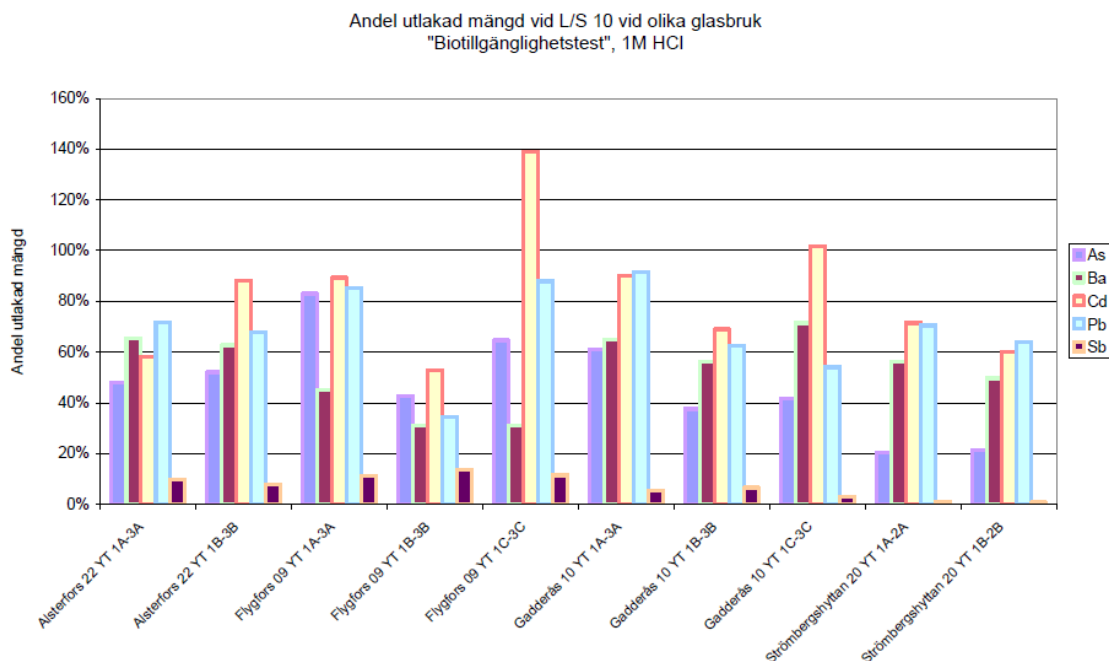
I *grundvattnet* uppmättes förhöjda halter arsenik, bly och kadmium i 50-60 % av grundvattenproven från förorenad bruksmark.

Tabell 2. Statistiska parametrar för ett antal grundämnen i bruksmark vid glasbruken i jämförelse med Naturvårdsverkets generella riktvärden för KM och MKM samt Avfall Sveriges föreslagna gränsvärden för farligt avfall. I tabellen redovisas även 5*MKM. Halterna är hämtade från Höglund et al, 2007

	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
MEDEL	131	660	9,37	4,38	9,10	36,5	0,0658	7,00	958	10,1	13,3	216
MEDIAN	29,1	76,7	0,579	3,06	5,96	14,7	0,034	5,47	85,7	5,47	9,41	83,5
MAX	3760	63800	398	73,4	75	1200	1,48	43,6	20760	59	282	4320
MIN	0,731	7,31	0,0637	0,403	1,2	1,82	0,011	0,495	4,58	0,0714	1,87	5,3
90PERC	265	846	9,44	7,17	16	63,4	0,101	11,9	2684	21,8	20,6	408
ANTAL	144	154	116	153	154	154	115	154	163	39	154	154
KM	10	200	0,5	15	80	80	0,25	40	50	12	100	250
MKM	25	300	15	35	150	200	2,5	120	400	30	200	500
FA	1000	10000	100/1000	100/2500	10000	2500	500/1000	100/1000	2500	10000	10000	2500
5MKM	125	1500	75	175	750	1000	12,5	600	2000	150	1000	2500

¹Lätlöslig/icke lätlöslig ²Organiskt/oorganiskt

Biotillgängligheten vid förtäring av förorenad jord från bruksmark undersöktes med modifierade laktester. Proverna lakades i 0,1 M saltsyra i ett dygn vid L/S 10 för att simulera förhållandena i magsäcken. Resultaten visade att biotillgängligheten för arsenik var 20-80 % (medel 47 % 90-perc 66 %), och för övriga grundämnen som uppmätts i höga halter 30-100 %, se Figur 2. De tio samlingsproven som biotillgänglighet undersökts i hade en medelhalt arsenik på 105 mg/kg TS (max 533 mg/kg TS, 90 perc 254 mg/kg TS). Om endast den biotillgängliga andelen beaktas var medelhalten 57 mg/kg TS (max 227 mg/kg TS, 90 perc 189 mg/kg TS).



Figur 2. Biotillgänglighet för arsenik, barium, kadmium, bly och antimon, simulerat med modifierat laktest (lakning i 0,1 M HCl). Från Höglund et al, 2007.

2.3 Glasdeponierna

Glasavfallet på deponierna uppvisade höga föroreningshalter. Medelhalter av arsenik, barium, kadmium, bly, antimon och zink var i Kemaktas undersökningar mer än fem gånger högre än generella riktvärden för MKM medan medelhalterna av kobolt, krom och koppar var högre än generella riktvärden för KM. I Tabell 3 redovisas statistiska parametrar i glasprov från glasdeponierna för de grundämnena för vilka Naturvårdsverket tagit fram generella riktvärden.

*Tabell 3. Statistiska parametrar för ett antal grundämnen i glasprov från glasdeponier i jämförelse med Naturvårdsverkets generella riktvärden för KM och MKM samt Avfall Sveriges föreslagna gränsvärden för farligt avfall. I tabellen redovisas även 5*MKM. Halterna är hämtade från Höglund et al, 2007*

	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
MEDEL	2569	3065	126	18,5	124	196	0,092	22,8	6024	516	24,4	4044
MEDIAN	1460	902	5,36	6,45	74,3	42,7	0,0525	14,2	1980	83	23,2	549
MAX	13300	42400	2310	1100	5490	5560	1,27	736	100000	7450	145	21400
MIN	0,32	25,2	0,05	0,42	10	6,0	0,01	2,95	5,21	0,07	2,42	13,5
90PERC	5858	7096	336	16,4	144	421	0,17	32,4	13100	1062	47	13520
ANTAL	159	153	151	152	148	151	112	151	166	149	148	153
KM	10	200	0,5	15	80	80	0,25	40	50	12	100	250
MKM	25	300	15	35	150	200	2,5	120	400	30	200	500
FA	1000	10000	100/1000	100/2500	10000	2500	500/1000	100/1000	2500	10000	10000	2500
5MKM	125	1500	75	175	750	1000	12,5	600	2000	150	1000	2500

Lakbarheten i standardiserade skaktester (SS-EN 12457-3) som utfördes på krossat glas och glasmasor i storleksfraktionen 0-8 mm var relativt hög främst för arsenik. Framför allt var utlakningen från krossat glas hög. Glasbitar (2-4 cm, tvättade före lakning) lakade däremot i mindre omfattning.

I *grundvattnet* uppmättes förhöjda halter arsenik, bly, och kadmium i 70-80 % av proven från glasdeponierna. Halterna var generellt klart högre i prov från glasdeponier än i prov från bruksmark, ofta >10 gånger högre.

2.4 Risker för hälsa och för miljön

Glasbruksverksamheten är nedlagd vid de flesta glasbruk inom glasriket men industriell verksamhet bedrivs fortfarande vid flera av bruken. I övrigt används områdena för turistverksamhet och som rekreativsområden, lekplatser etc. Närboende (både permanent- och sommarboende) finns vid ett mindre antal glasbruk och dricksvattenuttag kan eventuellt pågå vid ett fåtal av bruken. Ett av bruken (Pukeberg) är beläget vid Nybroåsen som utgör grundvattentäkt.

Vid samtliga glasbruk som undersöktes av Höglund et al föreligger risk för negativa hälsoeffekter. Riskerna är främst kopplade till de förhöjda halterna av arsenik, kadmium och bly, men punktvis har även andra ämnen uppmätts i halter som kan innebära hälsorisker. Arsenik dominerar hälsoriskerna med kraftigt förhöjda halter. Akuta hälsorisker finns kopplat till intag av jord och annat förorenat material med höga arsenikhalter, främst för barn. Vid glasdeponierna föreligger ingen markant ökad hälsorisk vid kontakt med glasbitar eftersom föroreningarnas biotillgänglighet är begränsad. Dock finns förorening i pulverform som krossat glas, slipslam och kemikalierester både på bruksmark och glasdeponier och i dessa former är föroreningen mer biotillgänglig och kan innebära en hälsorisk. Riskerna vid vistelse på bruksområden och glasdeponier styrs av föroreningshalter i jord och inte av halter i grundvatten, eftersom grundvattnet inte uttas som dricksvatten inom bruksområdena.

Däremot kan föroreningar som sprids från glasbruken innebära en hälsorisk genom intag av förorenat dricksvatten eller konsumtion av fisk från ytvattendrag dit förorening spridits. Föroreningshalterna i sediment och ytvatten är punktvis höga och överskrider effektgränser för miljökvalitet. Det innebär att ekologiska funktioner i ytvatten och sediment sannolikt är störda. Inga biologiska undersökningar har gjorts som underlag för bedömning av biologiska effekter.

Höglund et al bedömer att hälsoriskerna vid kontakt med sediment generellt är små och konstaterar att det finns andra föroreningskällor än glasbruk inom avrinningsområdena vilket gör det svårt att bedöma föroreningsbelastningen från just glasbruken.

Föroreningshalterna i glasdeponier och bruksmark medför även risker för negativa effekter på markbiologin, växtligheten eller djur som passerar området. I glasavfallsdeponierna påverkas växt- och djurlivet även av andra faktorer än föroreningsinnehållet, så som avsaknad av organiskt material, näringsämnen etc. Skyddsvärdet för markmiljön i en glasdeponi bedöms vara lågt. Inga platsspecifika undersökningar av den faktiska miljöpåverkan vid glasbruken har genomförts.

2.5 Efterbehandlingsbehov

Efterbehandlingsbehovet vid glasbruken har bedömts av Kemakta. Den samlade bilden från observerade föroreningsnivåer vid bruksområden, glasdeponier samt i recipienterna (främst åar) visar att det föreligger ett åtgärdsbehov för att:

- Reducera risken för negativa hälsoeffekter vid vistelse inom glasbruksområden
- Reducera risken för negativa hälsoeffekter vid spridning till brunnar eller skyddsvärda grundvattenresurser och dricksvattentäkter (inklusive åarna)
- Reducera spridningen och risken för negativa miljöeffekter i de åar som fungerar som recipienter för förorenat vatten från glasbruken och deponier.
- Reducera negativa effekter i markmiljön i bruksmark inom glasbruksområdena
- Reducera bidraget till metalltransporten i åarna från förorenade sediment. (Höglund et al, 2007).

De stora föroreningsmängderna i glasdeponier och förorenad bruksmark innebär att föroreningsläckaget kommer att pågå under mycket lång tid (hundratals till tusentals år). Eftersom glasdeponierna inte är en naturlig miljö bedöms inget skyddsvärt markecosystem finnas i deponierna. Därför blir begränsning av föroreningsspridning den styrande åtgärden för deponierna.

Behovet av riskreduktion bedöms främst styras av behovet att reducera hälsoriskerna vid vistelse inom glasbruksområdena. Det innebär att främst ytliga föroreningar i jord och deponier bör åtgärdas. I andra hand bör spridningen till ytvattendragen reduceras. Sanering av sedimentföroreningarna bör endast göras då spridningen från glasbruken har åtgärdats.

3 Efterbehandling av glasbruksområden

Efterbehandling av förorenade områden är en relativt ny verksamhet i Sverige och har pågått med större omfattning i ett tjugotal år. Huvudsakligen har efterbehandlingarna genomförts som uppgrävning, borttransport och omhändertagande (deponering eller förbränning) av förorenade massor på annan plats än den där föroreningarna uppkommit. Efter urgrävning har återfyllning skett med rena massor. Undantag utgörs av några områden där organiska föroreningar kunnat behandlas *in situ* och brytas ner på plats utan föregående uppgrävning (främst oljeföroreningar och klorerade kolväten) och ett fåtal objekt där stora volymer svårhanterliga massor (främst muddermassor) hanterats och specialdeponier byggts på plats.

Föroreningarna vid glasbruken är inte nedbrytbara utan förorenade massor och glasavfall måste förvaras på ett säkert sätt, antingen på plats eller på en extern deponi. I princip kan följande efterbehandlingsmetoder användas:

- Uppgrävning och externt omhändertagande av förorenade massor, återfyllning med rena massor. Kombinerats lämpligen med sortering på plats för avskiljning av fraktioner som inte är förorenade eller endast lätt förorenade och som kan återfyllas, exempelvis sten och block.
- Uppgrävning och sortering som ovan men med omhändertagande i en deponi på plats.
- Stabilisering eller solidifiering *in situ* (utan uppgrävning).
- Kombinationer av ovanstående.

Det är sannolikt att en stor del av efterbehandlingarna av glasbruk liksom merparten av genomförda efterbehandlingsprojekt i Sverige kommer att omfatta urgrävning med externt omhändertagande av massor. Detta innebär att betydande avfallsmängder ska hanteras. I denna förstudie har främst möjligheterna att hantera dessa mängder på ett sätt som är resursbesparande och kostnadseffektivt studerats, men även möjligheterna att utnyttja lokala lösningar som kan bidra till ett bättre resursutnyttjande berörs översiktligt.

4 Avfall från efterbehandling av glasbruksområden

4.1 Avfallstyper och avfallsflöden som kan uppkomma vid efterbehandling av glasriket

Två primära typer av avfall kan uppkomma vid efterbehandling av ett glasbruk, dels förorenad jord från glasbruksområdet, dels glasavfall.

Vid de 22 undersökta glasbruken uppskattades mängden glasavfall till totalt ca 130 000 m³, innehållande 310 ton arsenik, 19 ton kadmium och 1600 ton bly. Dessutom uppskattades mängden förorenad jord inom bruksområdena till 290 000 m³ med 112 ton arsenik, 8 ton kadmium och 1500 ton bly. Om mängden extrapoleras till det femtiotal objekt som glasbruksprojektet omfattar dubbleras mängden till ca 300 000 m³ glas och 600 000 m³ förorenad jord. Sannolikt är den verkliga siffran något lägre, eftersom de glasbruk som inte undersökts generellt är mindre än de undersökta objekten.

Efterbehandlingen av glasbruk är i sin linda. Vid Björkshults glasbruk i Högsby kommun pågår sanering och vid Pukebergs glasbruk i Nybro kommun pågår projektering inför sanering. Huvudstudier har genomförts vid fyra glasbruk (Hovmantorp, Transjö, Sandvik och Pukeberg) och vid två bruk (Gadderås och Björkå) pågår huvudstudier. Vid övriga glasbruk har som mest förstudier genomförts. Efterbehandling av glasbruken kommer sannolikt pågå under en lång tidsperiod vilket även innebär att de bedömda avfallsmängderna kommer att fördelas över en period om kanske närmare 20 år. Prioriteringen av efterbehandlingar och finansieringsmöjligheterna kommer att avgöra avfallsflödets fördelning i tiden. Antas efterbehandlingar pågå jämnt fördelat under 20 år blir det teoretiska flödet i storleksordningen 15 000 m³ glasavfall och 30 000 m³ förorenad jord per år. Emellertid är det inte sannolikt att flödet kommer att vara jämnt fördelat i tid utan framtida avfallsflöden från efterbehandling av glasbruk bedöms bli intermittenta.

4.2 Klassificering av glasbruksavfall enligt avfallsförordningen

Som avfall avses varje föremål, ämne eller substans som ingår i en avfallskategori och som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med. Uppgrävda förorenade massor inklusive deponerat glasavfall från glasbruken är därmed avfall. Generellt för hantering av avfall gäller avfallsförordningen (SFS 2001:927). Förordningen innehåller bl.a. regler för klassificering av avfall. Beroende på hur avfallet klassificeras gäller olika regler för hanteringen. Om avfallet utgör farligt avfall ställs t.ex. krav på att omhändertagande och transport ska ske av transportör med särskilt tillstånd och att massorna ska karaktäriseras med hjälp av lakförsök för att klarlägga vilken typ av deponi som får ta emot avfallet, för det fall detta ska deponeras.

I bilaga 4 till avfallsförordningen redovisas en förteckning över olika typer av avfall, där avfallstyper markerade med * definieras som farligt avfall. Uppgrävd förorenad jord från glasbruken faller antingen under avfallstypen 17 05 03* *Jord och sten som innehåller farliga ämnen* eller 17 05 04 *Annan jord och sten än den som anges i 17 05 03*. För glasavfall finns särskilda avfallstyper i kategorin 10 11 *Avfall från tillverkning av glas och glasprodukter*, såsom 10 11 11* *Glasavfall i form av små partiklar och glasmjöl som innehåller tungmetaller* och 10 11 12 *Annat glasavfall än det som anges i 10 11 11*. Glasavfall som tidigare deponerats och grävs upp i samband med en efterbehandling bör förmodligen ändå klassificeras på samma sätt som uppgrävd jord.

För uppgrävda massor finns dubbla ingångar i avfallsförordningen, dvs. de kan klassificeras både som farligt avfall (17 05 03*) eller som icke farligt avfall (17 05 04). Vilka egenskaper som avgör om avfall klassas som farligt avfall anges i bilaga 1 till avfallsförordningen. Det som avgör om massorna ska klassas som farligt avfall eller inte avgörs därmed av i vilka halter och förekomstformer som farliga ämnen (exempelvis arsenik och tungmetaller) föreligger och vid vilka koncentrationer och förekomstformer de uppvisar någon av de farliga egenskaper som är upptagna i bilaga 1 till avfallsförordningen.

För att underlätta sådan klassning har Avfall Sverige låtit ta fram en vägledning (Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor, Avfall Sverige rapport 2007:01). I vägledningen finns rekommenderade haltgränser för klassificering av förorenade massor som farligt avfall. Höglund et al (2007) har jämfört totalhalter i förorenad jord och glasavfall med de rekommenderade haltgränserna och bedömt att ca 20 % av den förorenade jorden och 30-40 % av glasavfallet utgör farligt avfall (med hänsyn till bly-, arsenik- och zinkhalter).

4.3 Klassificering av glasbruksavfall för mottagning på deponier

Avfall som ska deponeras ska först genomgå en grundläggande karakterisering enligt förordning 2001:512 om deponering av avfall och Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering (NFS 2010:4). För farligt avfall ska den grundläggande karakteriseringen omfatta lakförsök, vilket inte krävs men ändå kan vara lämpligt för icke-farligt avfall. Baserat på resultaten av lakförsök avgörs dels om avfallet överhuvudtaget kan deponeras eller måste förbehandlas för att minska utlakningen och dels på vilken typ av deponi som avfallet kan deponeras.

För avfall som inte genereras regelbundet är det tillräckligt att genomföra en enklare typ av lakförsök (skakförsök enligt SS-EN 12457) för jämförelse av utlakningen vid L/S¹ 10 med mottagningskriterier för de olika deponiklasserna. Lakbarheten vid L/S 10 kan uppskattas genom skakförsök (standard EN-12457-3). Sådana skakförsök har gjorts på jord och glasavfall från fyra glasbruk (Höglund et al, 2007). Halterna i lakvattnet från skakförsök på jord visade att jorden från ett av de fyra bruken (Flygfors) behöver omhändertas som farligt avfall. Skakförsök på finfraktionen från glasdeponierna och på krossat glas indikerade att sådant glasavfall behöver omhändertas som farligt avfall. Större glasbitar (2-4 cm) har inte lakats enligt standardmetoder men den lakning som genomförts indikerar att glasbitarna skulle kunna omhändertas på deponi för inert avfall alternativt IFA-deponi. Höglund et al gör den samlade bedömningen att blandat glasavfall måste omhändertas som farligt avfall, men att större glasbitar möjligen kan omhändertas på deponi för icke farligt avfall. Ska man följa den standard som används i NFS 2004:10 för genomförande av lakförsök måste avfallet först krossas ner till en största kornstorlek om 4 mm, vilket kan omöjliggöra mottagning av utsorterade större glasbitar för mottagning på deponier för icke-farligt avfall.

Sammantaget indikerar resultat från de genomförda lakförsöken att ungefär en fjärdedel av den förorenade jorden från glasbruksområden och allt glasavfall behöver omhändertas på deponier för farligt avfall enligt gällande regelverk (NFS 2004:10). Resultaten är baserade på totalhaltsanalyser från en tredjedel av glasbruken och laktester från 5 % av bruken och representerar en mycket liten del av det avfall som kommer att genereras. Osäkerheterna i bedömningen är därmed stora.

¹ L/S: liquid/solid, förhållandet mellan vätska och fast material

5 Återvinning av glasavfall

5.1 Allmänt

Glasavfallet innehåller sammantaget stora mängder metaller, framför allt bly. För det fall glasmassa och/eller metaller kan återvinnas kan efterbehandlingarnas resurseffektivitet förbättras och behovet av deponering minskas. Idag saknas kommersiella anläggningar för återvinning som är anpassade till glasavfallets förutsättningar men utveckling pågår och återvinning kan bli aktuellt i en framtid. Detta innebär att det kan finnas behov av mellanlagring av glasavfallet, dels innan en återvinningsanläggning kan finnas på plats, dels eftersom avfallsflödet kommer att variera i tid.

5.1.1 Återvinning i konventionella smältverk

Den typ av anläggningar som finns tillgängliga för återvinning i dagsläget är konventionella smältverk som t.ex. där metallkoncentrat från gruvor men även avfall som elektronikskrot och blybatterier smälts ner och utvinningsbara metaller avskiljs i stegvis allt renare koncentrat medan övriga beståndsdelar avskiljs som slagg. Vissa ämnen, däribland föroreningar som arsenik, antimon och kadmium avgår i gasform och avskiljs sedan i rökgasreningen. De olika smältverken har linjer för olika råvaror och avskiljning av olika metaller.

En tänkbar återvinningsmöjlighet som undersökts är användning av glasavfall som slaggbildare i smältverk med samtidig återvinning av bly i avfallet. Det smältverk som närmast kan komma i fråga är Boliden Rönnskär utanför Skellefteå. I kontakterna med Boliden har dock framgått att man i dagsläget inte kan ta emot glasavfall för återvinning. Orsakerna till detta är främst två:

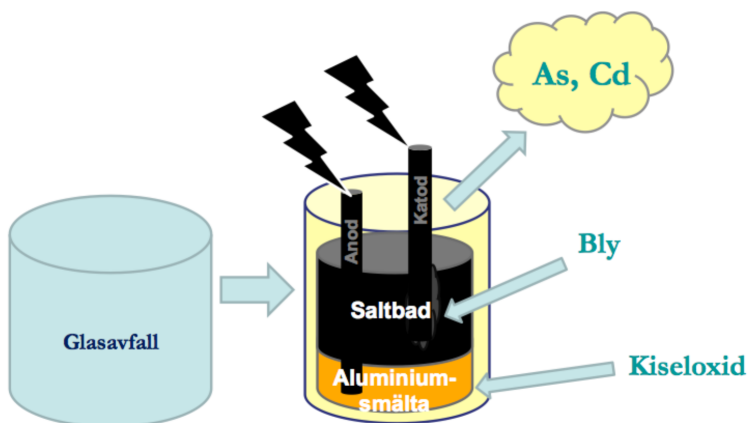
- Koncentrationerna av bly i avfallet är för låga. Medelvärde i undersökt glasavfall är ca 0,6 % och 90-percentilen ca 1,3 %. För att återvinning i smältprocessen ska vara meningsfull behöver koncentrationerna av metall vara åtminstone några procent. Resthalterna i den slagg som utgör avfall från processen är i storleksordningen 0,5 %, dvs. närmast identiska med medelhalterna i glasavfall.
- Föroreningar av icke önskvärda metaller (exempelvis kadmium) i glasavfallet medför att återvinning som slaggbildare (ersättning för t.ex. sand) inte heller övervägs. Slagg från processen i Rönnskärsverken (s.k. järnsand) har under lång tid återvunnits som fyllningsmaterial i anläggningsarbeten. I dagsläget har återvinningen stoppats och utreds pga. höga resthalter av oönskade metaller.
- Glasavfallet skulle utgöra en helt försumbar delström till det flöde av råmaterial som passerar smältverket varje år. Det finns därför inte något incitament till processomställningar eller inrättande av en särskild linje i smältverket som skulle öka återvinningsbarheten av just glasavfall.

De svårigheter som finns för återvinning i Rönnskär bedöms också gälla andra konventionella smältverk. Sammanfattningsvis bedöms det inte som sannolikt att glasavfall kan återvinnas i befintliga smältverk inom överskådlig framtid.

5.2 Återvinning med saltextraktion

Saltextraktion är en process som tagits fram av två forskare vid KTH, ursprungligen för återvinning av metaller från slagg som uppkommer inom metallindustrin och kan ha höga resthalter av legeringsmetaller. Tekniken kan även fungera för återvinning av bly från glasavfall. I dag finns ett bolag, Salt Extraction AB, som arbetar med tekniken. Någon fullskalig anläggning för återvinning finns ännu inte men tekniken har provats i försöksskala både på kromslag för återvinning av krom och på glas (TV-rör) för återvinning av bly. I det senare försöket återvanns 97 % av blyinnehållet.

Metoden bygger på upplösning av avfallet i en saltsmälta (litiumklorid, natriumklorid och kaliumklorid) med avskiljning av bly genom elektrolys där bly deponeras på katoden. Ursprungligen användes grafitelektroder men i en ny utveckling används smält aluminium som anod, se Figur 3. Smältan har en temperatur av 600-900°C och arsenik och kadmium i avfallet drivs av som klorider och som kan kondenseras och tas om hand.



Figur 3 Principiell beskrivning av saltextraktionsprocessen.

Med hänsyn till glasavfallets i sammanhanget låga koncentrationer av bly är det tveksamt om den stora insatsen som krävs för smältan är motiverad från återvinningssynpunkt. Förutom bly bildas en ren fraktion av kiseloxid som har många användningsmöjligheter och kan ge ett mervärde till processen som därmed ändå kan vara intressant för återvinning av glasavfall.

5.3 Pågående utveckling av metoder för glasåtervinning

Glasforskningsinstitutet (Glafo) bedriver med stöd av Vinnova ett projekt för utveckling av en metod för återvinning av glasavfall. I likhet med saltextraktionsprocessen och återvinning i konventionella smältverk bygger metoden på smältning, men till skillnad från de andra två metoderna är det främsta syftet att återvinna glasmassan som råvara till nya glasprodukter och inte att utvinna metallerna. Dessa avskiljs dock som biprodukter i processen och kan säljas vidare.

Utvecklingsprojektet har nyligen påbörjats och ska enligt planerna vara avslutat 2018. Processen som sådan har testats och projektet syftar framför allt till att utveckla en ugn som kan fungera i större skala. Avsikten är sedan att en anläggning för återvinning av glasavfall ska kunna etableras i Glasriket.

6 Sortering och mellanlagring av glasavfall

6.1 Sorteringsbehov

I de tänkbara återvinningsmetoder som är under utveckling kan inte råvaran (glasavfall) vara uppbländad med annat material i någon större utsträckning. I en del av glasdeponierna har glasskärv deponerats i stort sett helt utan inblandning av annat material. I andra deponier återfinns skärv blandat med annat deponerat avfall, jord m.m. För att återvinning av glasavfall från dessa deponier ska vara möjlig behöver materialet sorteras och glas skiljas från annat avfall. En särskild utredning har därför genomförts av Helldén Environmental Engineering för att klarlägga "state of the art" vad avser sorteringsmetoder för glas. Ett tjugotal intressenter med verksamhet inom området avfallssortering har kontaktats och lämnat uppgifter om vad man kan erbjuda och hur de ser på möjligheterna att sortera bort främmande material från glasavfallet i blandade deponier. Utredningen bifogas denna förstudie i sin helhet och resultaten sammanfattas nedan.

6.2 Sorteringsmetoder och sorteringsmöjligheter

Vanliga sorteringsmetoder som används för sortering vid efterbehandling av förorenad jord som olika typer av siktningsmetoder och jordtvätt bygger vanligtvis på skillnader i kornstorlek, kornform och/eller densitet. Med dessa metoder kan dels finkornigt material (som sannolikt huvudsakligen består av finjord), dels grovmaterial (sten, block och rivningsmaterial) och dels lätta material som plast, papper och trä avskiljas. Även växtdelar och humus bör kunna avskiljas med denna typ av metoder. För avfallssortering i vidare bemärkelse finns också metoder som bygger på magnetisk separation av järnhaltiga metaller och avskiljning av icke-magnetiska metaller (främst aluminium) med virvelströmsseparator. Svårare blir avskiljning av främmande material som vare sig utgörs av metaller eller har avvikande densitet eller kornstorlek jämfört med glasavfallet. Typiska sådana fraktioner som kan finnas i deponierna är keramik, porslin, tegel, betongkross och inte minst jord och sten i samma kornstorleksfraktioner som glasskärv.

Flera svenska entreprenörer inom området marksanering och avfallshantering uppger i Helldéns enkät att man ändå bedömer det som möjligt att använda traditionella sorterings- och jordtvättsmetoder för att sortera ut en ren glasfraktion. Man framhåller att lokal jordartsförhållanden kan ha en stor betydelse. Inslag av betydande mängder lera och silt anses innebära mer problematiska jordartsförhållanden.

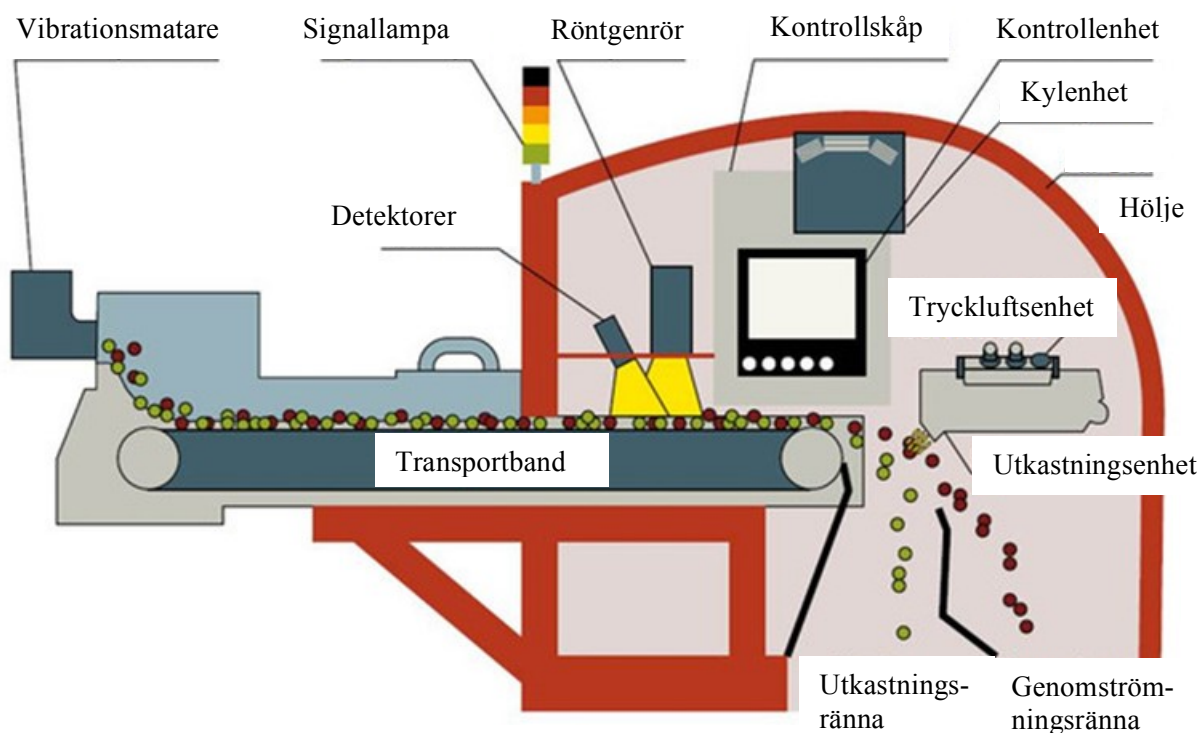
I Sverige finns en anläggning för utsortering av främmande material från glasavfall, Svensk Glasåtervinning i Hammar. Genom denna anläggning passerar alla källsorterade svenska glasförpackningar. I anläggningen används ett flertal av de ovan nämnda sorteringsmetoderna. För att därutöver skilja ut sten, keramik och porslin används en optisk sorteringsmetod i vilken varje enskild partikel genomlysas med kamerateknik. Alla partiklar som inte kan genomlysas stöts sedan bort med tryckluftsstötar. Förloppet är snabbt och tar endast någon tusendels sekund i anspråk. Totalt passerar ca 700 ton per dygn genom anläggningen (vardagar). Dock fungerar den valda tekniken bara för partiklar som är större än 10 mm varför inte allt material passerar den optiska sorteringen. Underfraktionen används i stället för tillverkning av skumglas. Det ska också nämnas att insamlat glas innehåller 3-5 kg främmande material per ton avfall medan glasavfall i deponierna sannolikt kan innehålla betydligt större mängder främmande material som kan inverka på effektiviteten.

Den optiska sorteringsutrustning som används av svensk Glasåtervinning kommer från en av flera leverantörer av utrustning som anpassats särskilt för sortering av glas. Enligt dessa leverantörer är det möjligt att sortera ut glasskärv med mindre kornstorlek än vad som tillämpas vid svensk Glasåtervinning. En leverantör uppger att man kan sortera glas i fraktionen 6-60 mm medan en annan uppger att man kan sortera glas i fraktionen 3-50 mm, alternativt i fraktionen 1-15 mm. Sorteringskapaciteten kan variera beroende på modelltyp men uppges av en leverantör till 5-28 ton per timme. Förutom optisk sortering genom genomlysning kan glasskärv i viss utsträckning även sorteras optiskt efter typ av glas.

Den typ av sorteringsmaskiner som används för optisk sortering kan även utrustas med detektorer för röntgenfluorescens (XRF). Genom användning av sådana detektorer kan exempelvis glas med höga halter bly skiljas från annat glas.

En principskiss över en anläggning för utsortering av glas framgår av Figur 4. Skissen redovisar ett troligt sista steg i en sorteringsanläggning för utsortering av glas från glasdeponier. Före detta steg krävs troligen olika typer av siktning för bortsortering av grovt material (större än glasskärv), papper, plast och annat organiskt material, krossning, samt magnetseparation och virvelströmsseparation för avskiljning av metaller. Därefter bör det vara möjligt att sortera ut kvarvarande jord, sten, betong, tegel, keramik, porslin m.m. från glasavfallet. I detta sista steg bedöms det finnas behov av minst ett optiskt steg som kan identifiera alla typer av glas och om utsortering av blyglas kommer att behövas även sortering med hjälp av XRF.

Eftersom det finns metoder för utsortering av främmande material av skilda ursprung bedöms de tekniska förutsättningarna för att ta fram en anläggning för sortering av glasavfall från glasbruksdeponierna som goda. Däremot kommer det att krävas ett visst utvecklingsarbete och kostnaderna blir förmodligen höga.



Figur 4. Principskiss för en optisk glassorteringsutrustning med XRF-detektorer från företaget Redwave. En liknande anläggning finns installerad hos Svensk Glasåtervinning, men i denna är tekniken i detektorerna baserad på infrarött ljus.

6.3 Mellanlagring för återvinning

Om glasavfall ska kunna återvinnas behövs sannolikt ett relativt stort mellanlager. Dels behöver glasavfall mellanlagras till dess det finns en anläggning på plats, dels är det sannolikt att anläggningen kommer att ha relativt låg kapacitet samtidigt som avfallsflödet kommer att fördelas ojämnt i tiden..

Som beskrivits ovan kan det röra sig om totalt uppemot 300 000 m³ (ca 750 000 ton²) glas, som sannolikt behöver hanteras som farligt avfall. Om man antar att behovet av mellanlagring dimensioneras av mängden glasavfall som kan uppkomma till dess att en anläggning finns på plats är det rimligt att tänka sig ett mellanlager som kan inrymma i storleksordningen 50 000 m³. Det behövs dock en fördjupad utredning för att klarlägga behovet som till stor del kommer att styras av hur snabbt efterbehandlingsarbetet framskrider och när en anläggning för glasåtervinning kan vara klar.

En översiktlig lokaliseringsutredning har genomförts för att hitta möjliga platser för ett mellanlager. I lokaliseringsutredningen har hänsyn tagits till potentiella intressekonflikter (riksintressen, skyddad natur, bostäder etc.), transportvägar, miljömässiga och tekniska förutsättningar samt önskemål och idéer från kommunernas representanter. Dessa fakta har insamlats från diverse karttjänster samt från platsbesök vid utvalda alternativ och genom möten med representanter från kommunerna i Glasriket. Resultatet av redovisas på en översiktskarta med information om intressekonflikter i Bilaga B.

Mellanlagret bör vara placerat så att det är enkelt att transportera dit avfallet och det behöver ha goda förbindelser till en framtida återvinningsanläggning, antingen genom att de placeras i anslutning till varandra eller att transportmöjligheterna är goda. Lokaliseringsutredningen har därför fokuserat på områden som både kan nås med lastbil och tåg. Mellanlagret bör om möjligt vara relativt centralt beläget inom Glasriket för att undvika långa transporter. Dessa kriterier har resulterat i sex alternativa platser, vilka presenteras i Bilaga C och nedan. Eftersom ett av lokaliseringskriterierna har varit möjlighet till järnvägstransport ligger samtliga platser vid den enda järnväg som går genom området (Växjö-Kalmar). Detta har fått till följd att kriteriet central placering fått komma i andra hand och att samtliga platser ligger i den södra delen av Glasriket. Följande platser har framkommit som möjliga placeringar av ett mellanlager:

1. **Lessebo f.d. sågverk**

Väster om järnvägen intill Lessebo järnvägsstation finns ett industriområde där tidigare Lessebo sågverk var beläget. Sågverkstomten är kraftigt förorenad av främst dioxin men efterbehandling har inletts med SGU som huvudman och beräknas vara färdig 2016. Området är ca 8 ha stort, och har direkt förbindelse till järnvägen. I samband med efterbehandlingen skulle en del av området kunna ställas i ordning som ett mellanlager för glasavfall. En sådan markanvändning bedöms vara förenlig med kommunens plan enligt vilken fastigheten ska användas för industriändamål i likhet med omkringliggande fastigheter. Inga direkt närboende finns, men området är beläget i utkanten av Lessebo samhälle.

2. **Vid Emmaboda glas**

I direkt anslutning till Saint-Gobain Emmaboda Glas industrianläggning finns ett ca 5,7 ha stort område som idag ägs av Emmaboda Glas. Det finns ett befintligt stickspår till området och i Emmaboda kommun finns tankar på att använda området som t.ex. terminal och diskussioner förs med Trafikverket. Det finns tomma lokaler vid Emmaboda glas som eventuellt skulle kunna utnyttjas i anslutning till ett mellanlager. Marken inom området är något fuktig och består till viss del av torv. Utfyllning för uppbyggnad av en användbar yta krävs om området blir aktuellt, eventuellt även utskiftning av lös jord eller annan grundförstärkningsåtgärd. Geotekniska undersökningar krävs för att klarlägga ett eventuellt sådant behov.

3. **Östra Emmaboda**

I anslutning till järnvägen i östra Emmaboda äger kommunen en större fastighet (Skutaryd 2:8). Fastigheten ligger i anslutning till ett industriområde men består av skogsmark. Inget stickspår finns och området kräver generellt en hel del arbete för att kunna omvandlas till mellanlager.

4. **Nybro kombicentral**

Öster om centrala Nybro har kommunen nyligen anlagt en kombicentral. Området som är

² Antagen densitet 2,5 ton/m³

drygt 10 hektar stort ligger avskilt och är omgivet av skogsmark. Det finns ett genomgående stickspår och marken väster om detta är hårdgjord med asfalt. Det finns ej utbyggda ytor öster om stickspåret som bedöms som lämpliga för anläggning av ett mellanlager.

5. **Nybro industrijärnväg**

I norra delen av Nybro finns ett industrijärnvägsspår. Närmast samhället är det omgivet av industrier men längre norrut finns skogsmark där ett mellanlager skulle kunna anläggas. Spåret används i dagsläget inte och bedöms vara i behov av renovering längs en relativt lång sträcka för att kunna tas i bruk igen.

6. **Utanför eller inne på MOSAs anläggning**

MOSA anser sig ha resurser, mark och tillstånd för ett mellanlager men har inget stickspår. Järnvägen passerar utanför området. MOSA har tidigare utrett möjligheterna att dra in ett stickspår på området men inte sett ekonomi i det. Utanför anläggningen finns ett skogsområde längs med järnvägen som eventuellt kan fungera som mellanlager och dit ett stickspår skulle kunna dras.

Av dessa alternativ bedöms Lessebo f.d. sågverk och Nybro kombicentral som de lämpligaste alternativen från teknisk och ekonomisk synvinkel, med reservation för att inga grundundersökningar utförts. Diskussioner behöver föras med kommunerna och andra berörda aktörer om lämplig lokalisering och områdena behöver undersökas ytterligare.

En ytterligare aspekt som inte studerats är eventuella möjligheter till samordning med en anläggning för glasåtervinning. Av de studerade återvinningsalternativen bedöms Glafos metod ha störst förutsättningar att etableras för återvinning av glasavfall. Eftersom denna metod är inriktad specifikt mot glasavfall kan en sådan anläggning med fördel byggas inom Glasriket. De studerade alternativen bedöms som möjliga att kombinera med en sådan anläggning. Det är troligt att det vid en sådan samlokalisering kan finnas andra intressanta platser som inte studerats eftersom kriteriet om närhet till järnväg kan bortses från i det fall en anläggning för återvinning finns tillgänglig inom Glasriket.

6.4 Utformning av mellanlager

Mellanlagring under längre tid än tre år definieras enligt miljöprövningsförordningen som deponering. Detta innebär att ett mellanlager behöver förses med en bottenkonstruktion som tillgodoser kraven enligt förordningen om deponering av avfall. Det ska bl.a. finnas en geologisk barriär under deponin som kan vara naturlig eller konstgjord. Naturliga barriärer finns inte på många platser och särskilt deponier för farligt avfall behöver vanligen förse med en konstgjord geologisk barriär. Förutom den geologiska barriären krävs ett tätskikt och en bottendränering för uppsamling av lakvatten. Konstruktionen är relativt kostsam och behovet av en så kvalificerad konstruktion kan ifrågasättas när det är fråga om ett mellanlager, även om mellanlagring sker längre än tre år. Det kan vara möjligt att få tillstånd till avsteg från dessa krav för att i stället tillämpa andra försiktighetsmått som är bättre anpassade till användningen som mellanlager, t.ex. försegling med tät asfalt och uppsamling av avrinnande vatten i dagvattenbrunnar och täta ledningar. Det kan också vara fördelaktigt att förse mellanlagret med skärmtak för att så långt som möjligt begränsa behovet av uppsamling och behandling av lakvatten från mellanlagrade massor.

För det fall en framtida återvinningsmöjlighet är osäker när ett mellanlager anläggs kan det vara fördelaktigt att anlägga detta på samma sätt som en deponi. Om det med tiden visar sig att återvinning inte kan genomföras kan man i stället sluttäcka avfallet på samma sätt som en deponi utan att behöva flytta det till annan plats. Detta kräver dock att mellanlagret lokaliseras till en plats där det även är tänkbart att ha en framtida deponi med glasavfall.

7 Deponering av förorenade jordmassor

7.1 Allmänt

En permanent deponi kommer att behövas för förorenad jord från bruksområdena och eventuellt för glasavfall som inte kan återvinnas. En extrapolering av de data som tagits fram av Höglund et al visar att det kan röra sig om 600 000 m³ förorenad jord från prioriterade objekt, motsvarande drygt 1 000 000 ton³. En fjärdedel av jorden bedöms som farligt avfall medan resterande jord kan omhändertas som icke farligt avfall.

I Sverige finns ett stort antal deponier som tar emot förorenade massor som kan deponeras på deponier för icke-farligt avfall, både kommunalt ägda och privat ägda. Antalet deponier som kan ta emot avfall som måste deponeras på deponier för farligt avfall är färre. Vid efterbehandling av förorenade områden upphandlas mottagningsanläggningar enligt Lagen om offentlig upphandling (LOU), antingen direkt eller via upphandling av entreprenör för efterbehandlingen. Förfarandet leder till att förorenade massor kan komma att transporteras till flera olika platser beroende på marknadssituationen och ibland kan transporterna bli långväga, särskilt för avfall som måste tas emot på en deponi för farligt avfall.

Eftersom den samlade mängden avfall från glasbruksområden är stor och av samma typ kan det finnas flera skäl att deponera massorna samlat i en eller ett par specialdeponier. Med lämpliga lokaliseringar kan transportarbetet minimeras och sammanblandning av avfall av olika typer kan undvikas.

7.2 Deponering inom glasriket

En översiktlig utredning av deponeringsalternativ har genomförts. Tillvägagångssättet har i princip varit det samma som vid lokaliseringsutredningen för mellanlager och intressekonflikter samt karta redovisas även här i Bilagorna B och C.

I dagsläget finns två befintliga deponier bland Glasrikets kommuner som har tillstånd eller planerar att söka tillstånd att ta emot förorenade massor, Moskogens avfallsanläggning (MOSA) mellan Nybro och Kalmar och Linneberga i Uppvidinge kommun.

A. Moskogens avfallsanläggning (MOSA)

MOSA ägs och drivs av KSRR, Kalmarsundsregionens renhållare, ett samarbete mellan Kalmar, Nybro, Mörbylånga, Torsås och Oskarshamns kommuner. Anläggningen är belägen mellan Nybro och Kalmar i Kalmar kommun och ligger egentligen utanför Glasriket. Eftersom Nybro kommun ingår i KSRR räknas den i detta sammanhang dock till Glasriket. En deponi för farligt avfall beräknas stå färdig första kvartalet 2015. Deponin har tillstånd att ta emot 250 000 ton farligt avfall per år och uppger att man har kapacitet att ta emot den mängd förorenade massor som kan uppkomma vid saneringar av glasbruksområden.

B. Linneberga

Linneberga avfallsanläggning i Uppvidinge kommun drivs i dag av Ragn-Sells. Den befintliga deponin är avslutad och sluttäckning pågår, varvid bl.a. förorenade massor som utgör icke-farligt avfall används för terrassering under tätskiktet. Ragn-Sells (90 %) och Uppvidinge kommun (10 %) har bildat bolaget Marksanering Sydost AB som tar emot och behandlar förorenade jordar. Man avser att söka tillstånd till och anlägga en ny deponi för deponering av förorenade massor, för deponering av icke-farligt avfall och farligt avfall som kan tas emot på en deponi för icke-farligt avfall. Den nya deponin dimensioneras för totalt 500 000 ton avfall och ska kunna ta emot sådana förorenade massor från glasbruksområden som kan deponeras på deponier för icke-farligt avfall.

³ Antagen densitet 1,8 ton/m³

Nybro och Uppvidinge kommuner har idag "egen" kapacitet att omhänderta avfall på ovanstående anläggningar medan Emmaboda och Lessebo kommun lämnar avfall som behöver deponeras till avfallsanläggningarna i Karlskrona respektive Växjö.

Inom ramen för förstudien har även frågan om nyanläggning av en specialdeponi enbart för förorenade massor från glasbruksområden diskuterats. I diskussionerna har två konkreta alternativ framkommit, båda inom Emmaboda kommun:

C. Lidahult

Emmaboda kommuns deponi i Lidahult sluttäcktes 2005. I närområdet finns plats för att anlägga en ny deponi. Markförhållandena tycks vid platsbesök i oktober 2014 vara gynnsamma med torr och ensidigt sluttande mark. Det finns vägförbindelse hela vägen fram. Att det finns en tidigare deponi i området kan vara positivt ut acceptanshänseende samt förenkla framtida tillsyn, som kan samordnas med tillsyn av den tidigare deponin. Bästa läget tycks vid platsbesöket vara öster om den befintliga avslutade deponin. I anslutning till området finns även en avslutad deponi för farligt avfall som utgörs av glasavfall.

D. Rasslebygd

I Rasslebygd finns en befintlig industri- och hushållsavfallsdeponi som användes fram till 1976. Emmaboda kommun äger marken som deponin är belägen på och ytterligare mark sydost om deponin. Den befintliga deponin innehåller bl.a. PCB och efterbehandling av den har utretts men arbetet har avstannat och ingen åtgärd har genomförts. Vid platsbesök i oktober 2014 konstaterades att markförhållandena tycks gynnsamma för en ytterligare deponi, området är höglänt, relativt torrt och markberedning bör kunna ske relativt enkelt. Möjlig placering för en framtida deponi är sydost om den befintliga deponin.

Ingen av de fyra ovan nämnda platserna ligger centralt inom Glasriket. Däremot ligger de två anläggningar där avfall tas emot idag (Moskogen och Linneberga) i sydost respektive nordväst vilket innebär att långa transportavstånd ändå kan undvikas för det fall avfall från efterbehandlingarna dirigeras till dessa två deponier.

Kartstudier över området, dels av intressekonflikter enligt Bilaga B, men även geologiska förhållanden enligt SGUs jordartskarta indikerar att det även finns lämpliga platser centralt inom Glasriket. Området väster om Orrefors och söder om Gullaskrufs glasbruk bedöms t.ex. som intressant baserat på sådana skrivbordsstudier. Närmare utredningar krävs dock innan någon plats kan lokaliseras.

Det är sannolikt mest kostnadseffektivt att bygga ut en specialdeponi med separata celler för mottagning av farligt avfall respektive icke-farligt avfall. De krav som ställs i förordning 2001:512 om deponering av avfall innebär att barriärkonstruktionerna (bottenkonstruktion och sluttäckning) för en deponi för farligt avfall blir dyrare än för den deponi för icke-farligt avfall. Man kan dock överväga att etablera en sluttäckning dimensionerad för mottagning av farligt avfall över hela deponin för att därigenom minska behovet av lakvattenbehandling efter det att deponin avslutats.

8 Lokala deponier och andra åtgärder på plats

8.1 Allmänt

För att begränsa behovet av transporter kan man även överväga att lämna kvar förorenad jord och eventuellt glasavfall som inte kan återvinnas vid glasbruken och där vidta de skyddsåtgärder som krävs för en säker förvaring, i stället för att flytta avfallet till en extern deponi. I flertalet fall bedöms det som nödvändigt att ändå flytta åtminstone delar av de förorenade massorna pga. att de ligger olämpligt i direkt anslutning till ett vattendrag eller att förorenad jord på glasbruksområdet inte kan förses med täckning pga. att markytans nivåer påverkas för mycket med hänsyn till den framtida markanvändningen. Det kan även finnas andra skäl till att flytta massor såsom önskemål att begränsa den yta där förorenade massor kvarlämnas för att inte i onödan begränsa framtida markanvändning.

8.2 Lokal deponering

Med begreppet lokal deponering avses här en deponi i direkt anslutning till de glasbruk där massor lämnas kvar. Med en lokal deponi bortfaller behovet av att transportera bort avfall. Beroende på hur en deponi lokaliseras och hur det efterbehandlade området återställs kan det även finnas möjligheter att begränsa behovet av återfyllningsmassor.

En lokal deponi anläggs i samband med efterbehandlingen och avslutas och sluttäcks direkt. Deponin står därmed öppen endast under kort tid. Detta kan vara ett skäl till avsteg från deponeringsförfordningens krav på bottenkonstruktioner och uppsamling av lakvatten och i stället koncentrera skyddsåtgärderna till sluttäckningen som begränsar den framtida lakvattenbildningen. Sådana deponeringslösningar skulle minska kostnaderna för omhändertagande av avfallet men bedöms som kontroversiella och svåra att få tillstånd till, inte minst som uppföljning av deponins funktion i det korta tidsperspektivet blir osäkrare när en kvalificerad bottenkonstruktion med system för lakvattenuppsamling saknas.

Mest gynnsamt ur ett resursperspektiv är om delar av de förorenade massorna kan lämnas kvar utan uppgrävning och att de massor som behöver grävas upp deponeras över dessa utan att en särskild bottenkonstruktion anläggs. Kvarlämnas massor under grundvattenytan behöver deponins täckning kombineras med vertikala barriärer (tätskärmar) i deponins randzon. Flera möjliga tekniker finns som kan användas för detta, bl.a. stabilisering/solidifiering (se avsnitt 8.3) men även slitsmurar med bentonit/cementslurry och tätskärmar av syntetiska geomembran.

Möjligheterna att anlägga lokala deponier är starkt beroende av förhållandena på plats. För att alternativet ska vara kostnadseffektivt i förhållande till en relativt närliggande central deponi krävs förmodligen att den lokala deponin kan byggas utan de krav på bottenkonstruktioner som ställs i deponeringsförfordningen. En central deponi i Glasriket medför dels vissa stordriftsfördelar, dels en bättre yteffektivitet (pga. deponin kan byggas till högre höjd). Dessa fördelar överväger troligen nackdelarna av fler transporter om även lokala deponier måste anläggas med samma typ av bottenkonstruktion

8.3 Stabilisering/solidifiering

Ett alternativ till att schakta bort förorenade massor är att stabilisera eller solidifiera massorna så att föroreningen inte längre utgör en risk. Stabilisering/solidifieringsmetoder, *S/S-metoder*, är ett samlingsnamn för inblandning av någon typ av bindemedel som medför immobilisering eller omvandling av förorening genom fysikalisk inestängning och/eller kemisk omvandling. *Stabilisering* innebär att föroreningarna kemiskt omvandlas till en mer svårlakbar form, medan *solidifiering* innebär att jorden omvandlas så att föroreningarna innesluts i en relativt sluten kropp (monolit) med minskad hydraulisk konduktivitet. S/S-metoder behandlas relativt ingående i Naturvårdsverkets rapport 5696 (NV, 2007) och i SGI Information 20 (SGI, 2011) som specifikt behandlar muddermassor.

Stabilisering/solidifiering kan ske genom kemisk fixering (kemiska reaktioner leder till att förorening- en omvandlas till en mindre mobil form), solidifiering (lösa matriser omvandlas till en solid enhet genom tillsats av bindemedel) och kemisk reaktion (föroreningen bryts ned genom att en reagens till- förs jorden). Olika tillsatsmedel används för att uppnå dessa resultat. Förutom dessa metoder kan fö- rorening stabiliseras genom avskärmning (föroreningsflödet styrs eller avskärmas), permeabla reaktiva barriärer och in-situ vitrifiering (där jorden smälts vid mycket höga temperaturer vilket immobiliserar alternativt bryter ned föroreningarna). S/S-metoder innebär ofta även att jordens geotekniska egen- skaper förbättras. Bindemedel ökar generellt hållfastheten och förbättrar deformationsegenskaperna i jorden.

Flera olika metoder kan användas för att uppnå stabilisering eller solidifiering. Den vanligaste är att blanda in cement med eller utan kiseldioxid, s.k. puzzolan/portland cement, ofta med tillsats av fin- mald, granulerad masugnsslagg (slaggcement). Cement består till stor del av kalciumoxid och puzzo- lan är material som innehåller kiseldioxid, t.ex. flygaska. När puzzolan och portlandcement blandas med vatten reagerar de och bildar fast cement bestående av föreningar med kalcium, aluminium och kisel i oxid- och hydroxidform, s.k. kalciumaluminatsilikater. Genom att tillsätta dessa ämnen till den förorenade jorden bildas alltså en fast cementaktig matris, vilket minskar den hydrauliska konduktivite- ten och på så sätt minskar föroreningens lakbarhet. Dessutom höjs pH, vilket för många metaller leder till minskad utlakning genom att mängden protoner som konkurrerar med metallkationerna om bind- ningsytor minskar. För metaller som bildar anjoner, t.ex. arsenik riskerar pH-höjningen i stället att leda till ökad utlakning (främst pga. att antalet positivt laddade ytor att binda, till minskar). Eftersom arse- nik är det ämne som uppmätts i högst halter i förhållande till generella riktvärden i bruksmarkerna blir denna risk väsentlig att ta hänsyn till. Vid uppföljning av andra projekt där inblandning av cement och slaggcement använts för stabilisering/solidifiering av förorenade massor har man dock noterat att ut- lakningen av arsenik minskat trots att höga pH i lakvatten (lakning har utförts med standardiserade skakförsök på nedkrossat, förorenat och stabiliserat material). Det tycks således finnas andra processer vid cementstabilisering som överväger och effektivt fastlägger arsenik. Metoden har veterligen inte provats på massor från glasbruksområdet vilket bedöms som nödvändigt för att mer specifikt kunna avgöra förutsättningarna för en framgångsrik stabilisering av de föroreningar som finns närvarande.

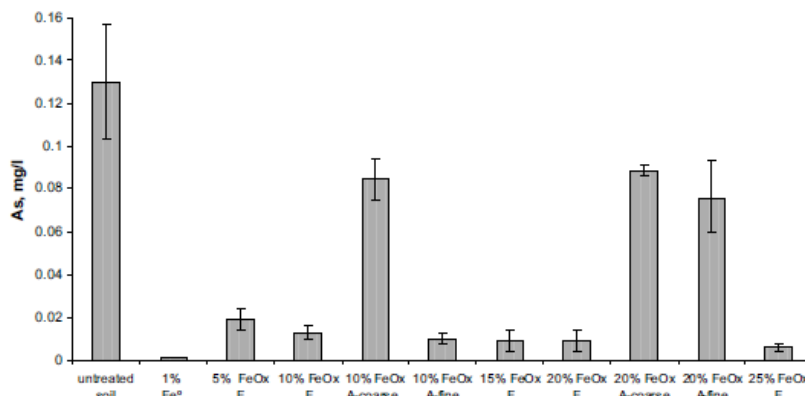
Stabilisering och solidifiering av förorenade massor med blandningar av portlandcement och slagg- cement har fått viss spridning i Sverige på senare tid, framför allt för stabilisering/solidifiering av muddermassor för användning som fyllningsmassor vid utbyggnad av hamnytor m.m. Metoden kan därmed anses vara åtminstone delvis etablerad. För grundförstärkning av lös jord (lera, gyttja m.m.) har liknande metoder använts i Sverige sedan lång tid tillbaka, då oftast med blandningar av cement och kalk. Det finns därmed lång erfarenhet av inblandning av denna typ av bindemedel i lösare jordar. Däremot finns det inte någon erfarenhet inom landet av bindemedelsinblandning i mer grovkorniga jordar där även sten och block kan förekomma.

En annan vanlig metod är att tillsätta olika tillsatsmedel som föroreningen kan binda till. Tillsatsmedel kombineras ofta med cementinblandning, men detta är generellt inget krav för att metoden ska ha ef- fekt. Som tidigare nämnts har arsenik uppmätts i förhöjda halter i bruksmarkerna. Även barium och bly har uppmätts i förhöjda halter (medelhalter över MKM) och kadmium, kobolt, koppar, antimon, vanadin och zink har i enstaka prov uppmätts i halter över MKM. För dessa ämnen kan främst järn- och manganoxider men även organiskt material och naturliga och konstgjorda lermineral vara lämp- liga tillsatsmedel (NV, 2007). Fosfor-material och basiska material bör däremot ha en negativ effekt på arsenik, eftersom arsenik bildar anjoner och därmed snarare frisätts av dessa tillsatser (se dock ovan angående tillsats av cement). Barium tas inte upp i diskussionen i Naturvårdsverkets rapport, men ba- rium bildar precis som tungmetallerna kationer (Kabata-Pendias, 2011) och binder därmed i högre grad vid högre pH. Barium binder till oxider och lermineral (Alloway, 2013) och fastläggningen torde därför gynnas av ovan nämnda tillsatser.

I Figur 5 redovisas ett exempel på hur arsenikutlakningen minskar ur en jord vid behandling med järn. Försöket redovisas som en del av en doktorsavhandling från Luleå Tekniska Universitet och gör gäl- lande att arsenikurlakningen (från en sandig jord) minskade tydligt vid tillsats av järn. Försöket visade

att metalliskt järn ($\text{Fe}(0)$) var effektivast för att minska utlakningen av arsenik, och att järnoxid som lagrats utomhus under en tid var mindre effektivt än järnoxid direkt från stålverket. Grovkorning järnoxid var mindre effektiv än finkornig.

Stabilisering av arsenikförorenad jord med järnhydroxid fungerar endast vid aeroba förhållanden. Om den förorenade jorden finns under grundvattenytan eller om grundvattenytan riskerar att stiga upp i den förorenade jorden finns risk att syreförhållandena blir dåliga och en anaerob miljö uppstår. Då släpper järnhydroxiden arseniken och den stabiliserande effekten upphör.



Figur 5. Utlakning av arsenik från jord behandlad med järn-tillsats (Kumpiene, 2005). "F" syftar på färsk järnoxid och "A" på åldrad järnoxid. "Coarse" syftar på grovkornig järnoxid och "fine" på finkornig.

Vid glasbruken är inte omgivningspåverkan och metallernas lakbarhet den enda risken med föroreningen utan risker för människors hälsa kan också finnas genom intag och upptag av föroreningen. Arsenikhalterna är i flera fall (22 % av proven) över den gräns på 100 mg/kg TS som Naturvårdsverket klassar som akuttoxisk, även i ytlig jord. 100 mg/kg TS är baserat på att ett litet barn (10 kg) vid ett enstaka tillfälle äter en mindre mängd (5 g) jord. Halter över 100 mg/kg TS kan enligt Naturvårdsverket då resultera i illamående och kräkningar. Akuttoxiciteten är dock beroende av arsenikens biotillgänglighet. Om arsenik är hårt bundet till partiklar minskar upptaget trots att barnet sväljer jorden. Arseniks biotillgänglighet varierar mellan 20-80 % (medel 47 %) i jorden från bruksmarkerna (se avsnitt 2.2). Det är inte omöjligt att S/S-metoder kan minska biotillgängligheten. Det bedöms i vilket fall som mindre lämpligt att kvarlämna förorenad jord ytligt, oavsett om denna är stabiliserad/solidifierad. Sannolikt kommer ytliga massor att behöva grävas bort och ersättas med rena massor för att minska exponeringsrisken på längre sikt. Stabilisering/solidifiering kan däremot vara ett alternativ för massor som återfinns på större djup, kanske främst under grundvattenytan.

För det fall S/S-metoder ska användas vid efterbehandling av glasbruken bedöms att det finns behov av mer ingående undersökningar av olika bindemedels effekter på denna typ av föroreningskombinationer och matriser. Även möjligheterna att få en tillräckligt bra inblandning av bindemedel i de ofta heterogena jordar som ska behandlas behöver studeras närmare eftersom erfarenheter av inblandning i denna typ av jordar saknas i Sverige.

9 Sammanfattande bedömningar

Ett sätt att förbättra resurseffektiviteten och hållbarheten vid efterbehandling av glasbruken i Glasriket är genom återvinning av deponerat glasavfall. Användning som slaggbildare i befintliga smältverk som ersättning för andra silikatmaterial är en möjlig väg, där samtidigt en del av blyinnehållet i det glasavfall som har de högsta halterna (mer än ca 1 %) kan återvinnas. Detta alternativ bedöms i dagsläget inte som framkomligt med hänsyn till risken att försvåra återvinning av bildad slagg genom att ytterligare föroreningar tillförs. En annan möjlighet är återvinning av kisel och bly genom upplösning i en saltsmälta i kombination med elektrolys (saltextraktion). Denna metod är ursprungligen framtagen för återvinning av metaller från slaggar och är inte anpassad för avfall med de i sammanhanget låga metallhalter som finns i glasavfallet. Glasforskningsinstitutet (Glafo) driver för närvarande ett utvecklingsprojekt för att ta fram en återvinningsanläggning som tillvaratar glasmassa för återvinning, men även metaller vilka avskiljs i processen. Denna metod är anpassad för glasavfall och har förutsättningar att bli kostnadseffektiv även för glasavfall med låga metallhalter. Denna metod bedöms ha goda förutsättningar att slå igenom så att en anläggning för återvinning av glasavfall inom Glasriket kan komma till stånd.

Eftersom en anläggning för återvinning inte kan finnas på plast i närtid och avfallsflödet från efterbehandlingar förmodligen kommer att variera kraftigt i tid kommer det att finnas ett behov av mellanlagring av glasavfall. Flera tänkbara platser finns längs med järnvägen Växjö-Kalmar, vilket förenklar borttransport till återvinningsanläggningar utanför Glasriket om det skulle behövas. De bästa förutsättningarna bedöms finnas i Lessebo, där ett f.d. sågverksområde (förorenat) som ska efterbehandlas under 2016 kan byggas ut som mellanlager. Även i Nybro finns ett område med goda förutsättningar intill den kombiterminal som anlagts i de östra delarna av Nybro.

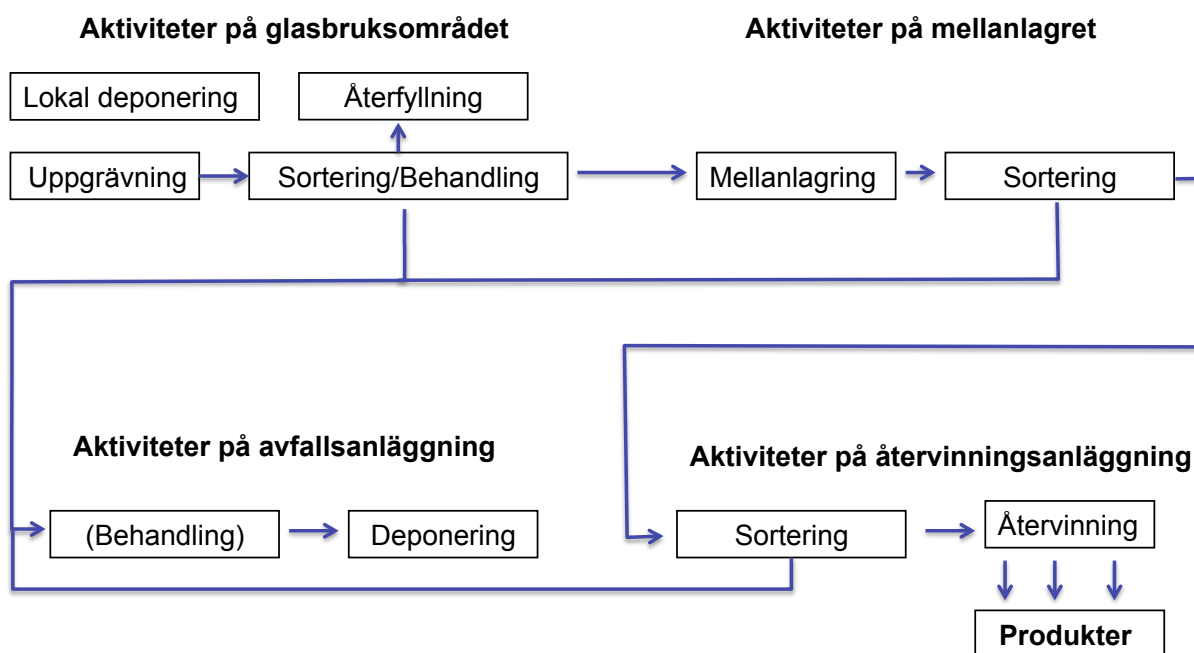
Förmodligen kommer någon typ av sortering av glasavfallet att behövas. Vanligt förekommande metoder för sortering vid efterbehandling av förorenade jordar som olika typer av siktnings och jordtvätt bygger på skillnader i kornstorlek, kornform och densitet. Med sådana metoder kan endast delar av främmande material i glasavfallet sorteras bort. Det finns teknik både för bortsortering av metaller (magnetiska och icke-magnetiska) och för avskiljning av annat främmande material som porslin och keramik. De senare metoderna bygger på optisk sortering och bör även fungera för bortsortering av jordpartiklar m.m. i samma kornstorlekar som glasfraktionen. Det finns även teknik för att med hjälp av röntgenfluorescens skilja glas med höga metallhalter (bly) från annat glas. De tekniska förutsättningarna bedöms därför som goda för att på sikt kunna ta fram en anläggning som ska klara utsortering av främmande material av allehanda slag. Däremot bedöms kostnaderna för en sådan som höga. Det finns inga sådana anläggningar i dagsläget, åtminstone inte i Sverige. Det närmaste man kan komma bland befintliga anläggningar är Svensk Glasåtervinnings centrala anläggning för återvinning av förpackningsglas, där alla de sorteringssteg som kan behövas är inbyggda. Erfarenheterna från denna anläggning kan vara värdefulla vid utbyggnad av en sorteringsanläggning för avfall i glasdeponier, men kan inte utan vidare appliceras på dessa eftersom anläggningen hanterar glasskärn med endast ett litet inslag av främmande material.

Förorenade jordmassor från glasbruksområdena bedöms som svåra att återvinna eller rena och kommer sannolikt att behöva deponeras. I viss mån kan massorna sorteras och en ren återfyllningsfraktion bestående av grovmaterial (grovt grus, sten och block) kan förmodligen tas fram. Några undersökningar av förekomsten av en ren grovfraktion och en förorenad finfraktion har inte genomförts och fördelningen mellan dessa kan därför inte skattas. Det bör i sammanhanget omnämnas att det vid ett par tidigare saneringar av arsenikförorenade områden (den dimensionerande föroreningen inom glasbruksområden är vanligtvis arsenik) konstaterats att arsenik förekommit bundet till ytorna även på grovfraktionen och resulterat i uthålliga halter i lakvatten som inte varit försumbara från spridningssynpunkt. Sorteringsmöjligheterna bedöms därför som osäkra till dess att undersökningar utförts.

Deponering av förorenade jordmassor kan ske på befintliga och planerade deponier i Glasrikets när-område och långväga transporter kan undvikas. Det är troligen möjligt att ytterligare förbättra resurshushållningen genom anläggning av en centralt belägen specialdeponi inom Glasriket. En sådan kan ha ytterligare fördelar genom att den reserveras för förorenade massor från glasbruk med likartade egenskaper vad avser utlakning och behov av lakvattenrening m.m.

En ytterligare förbättring av resurshushållningen kan åstadkommas genom att begränsa uppgrävning av förorenade massor så långt det är möjligt med hänsyn till framtida markanvändning och exponeringssituation och deponera uppgrävda massor över kvarlämnade föroreningar. Kvarlämnade massor på större djup kan stabiliseras/solidifieras eller förses med vertikala tätskärmar som förhindrar inströmning av grundvatten. Det kvarlämnade och deponerade avfallet kan täckas med en mer kvalificerad täckning som kompensation för att bottenkonstruktion och lakvattenuppsamling utelämnas. Förfarandet kräver dock avsteg från förordningen om deponering av avfall och skapar behov av långsiktig uppföljning på många platser. Det är tveksamt om det finns acceptans (lokalt och nationellt) för denna typ av efterbehandlings- och därmed också tveksamt om de är möjliga att genomföra annat än i undantagsfall.

Baserat på genomgången av tillgängliga metoder redovisas en tänkbar processkedja för hantering av avfall vid efterbehandling av glasbruk i Figur 6. En anläggning för kvalificerad sortering av glasavfall med syfte att ta fram en glasråvara för återvinning av glasmassa och/eller metaller kan placeras antingen i anslutning till ett mellanlager eller vid en återvinningsanläggning. Eftersom sorteringen troligen kommer att generera flera avfall som behöver omhändertas kan det vara en logistisk fördel att denna placeras vid mellanlagret och att detta lokaliseras vid en avfallsanläggning/deponi där utsorterat avfall kan omhändertas.



Figur 6 *Tänkbar logistik och processkedja för hantering av avfall vid efterbehandling av ett glasbruk. En kvalificerad sorteringsanläggning för att ta fram glasråvara för återvinning av glasmassa och/eller metaller kan placeras i anslutning till ett mellanlager, men också vid återvinningsanläggningen.*

TECKENFÖRKLARING

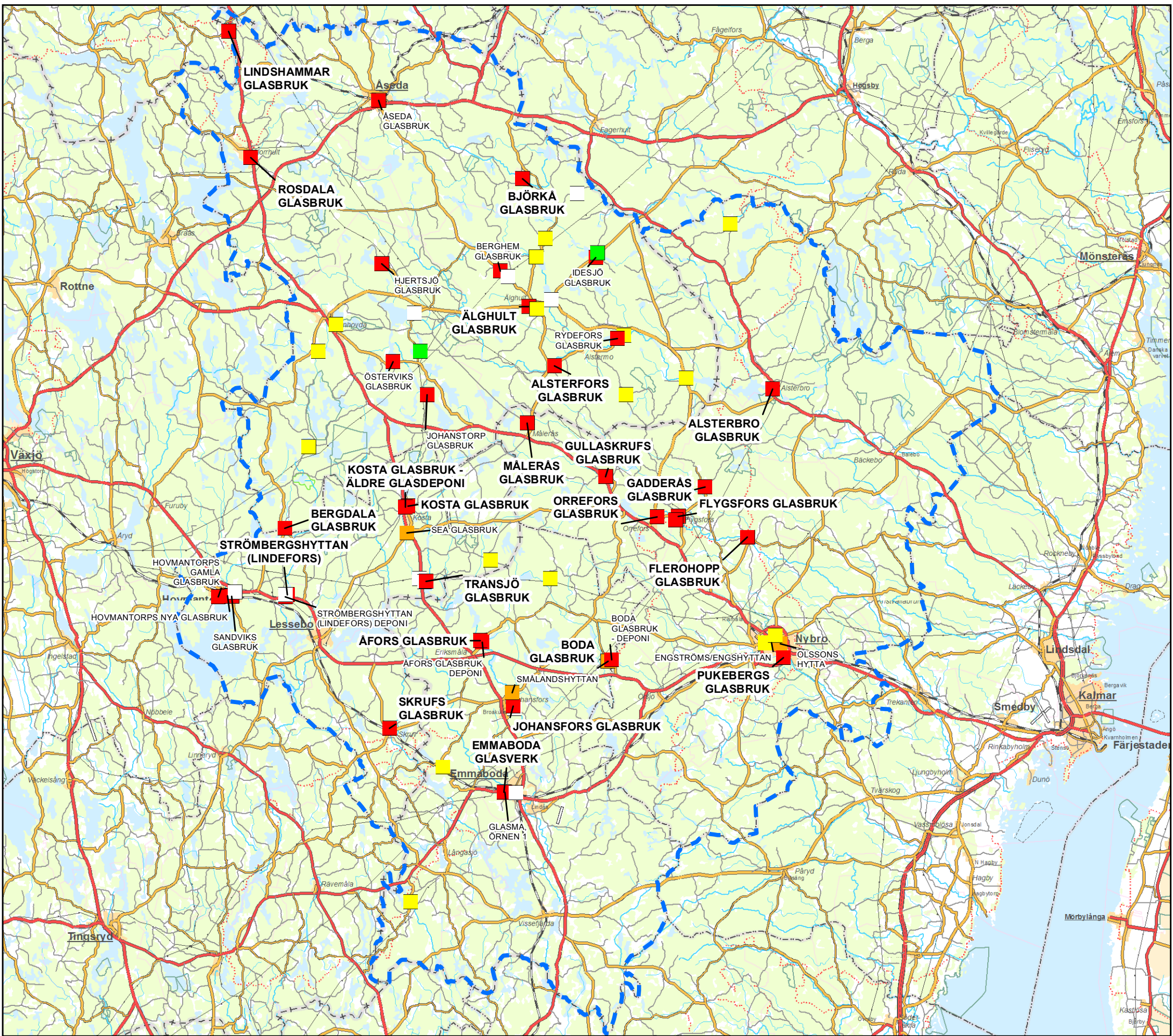
RISKKLASSNING ENLIGT MIFO

- 1 - Mycket stor risk (37 st.)
- 2 - Stor risk (5 st.)
- 3 - Måttlig risk (17 st.)
- 4 - Liten risk (2 st.)
- Ej riskklassad (10 st.)

Etiketter i fet stil anger objekt som ingår i Glasbruksprojektet 2006-2007 (Kemakta, 2007)

ÖVRIGT

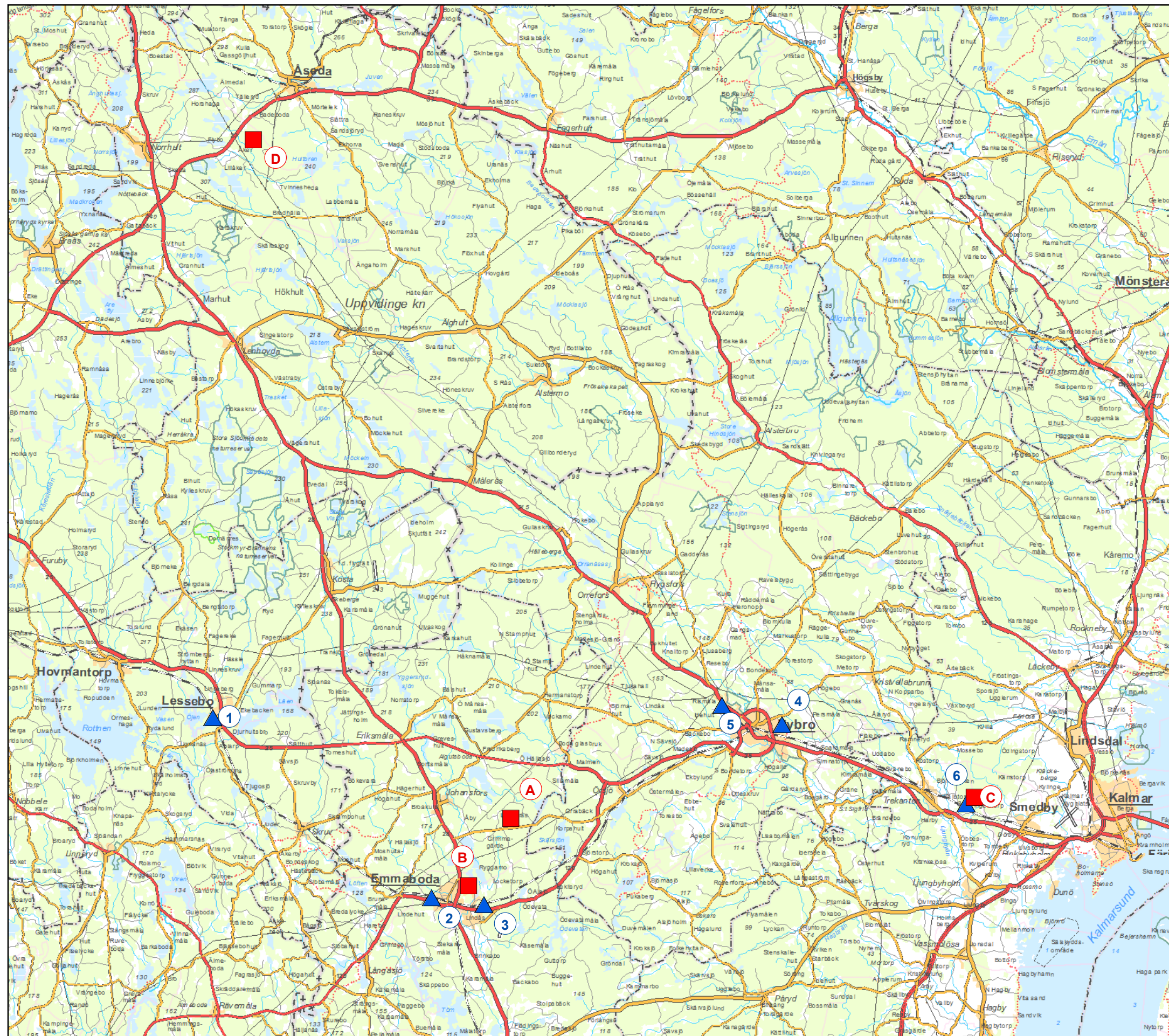
Glasriket



0 10 20 Km

Koordinatsystem: SWEREF 99 TM





TECKENFÖRKLARING

-  Alternativ mellanlager (6 st.)
-  Alternativ deponi (4 st.)

- 1 Lessebo sågverk**
8 ha, järnväg, ej stickspår.
Inga närboende, industri.
 - 2 Vid Emmaboda glasverk**
5,7 ha, järnväg och stickspår.
Sumpigt område.
 - 3 Östra Emmaboda**
Stl okänt, järnväg, ej stickspår.
Skogsfastighet som kommunen äger invid industriområde.
 - 4 Nybro kombicentral**
Stl okänt, järnväg och stickspår.
Nyanlagd kombicentral, hårdgjorda ytor, ensligt, gott om plats, kommunen vill ev. använda till annat.
 - 5 Nybro industrijärnväg**
Stl okänt, järnväg/stickspår.
Mark finns i norra delen av industrijärnvägen. Krävs upprustning av spåret. Idag skogsmark.
 - 6 Utanför MOSA**
Järnväg, ej stickspår. Skogsmark längs med järnväg direkt utanför MOSA.
- A Lidahult**
Anlägga ny deponi intill den befintliga i Lidahult. Bra markförhållanden, torrt.
- B Rasselbygd**
Anlägga ny deponi intill den befintliga i Rasselbygd. Goda markförhållanden, problem i projektet (gamla deponin).
- C MOSA**
Använda MOSAs FA-deponi. Tillstånd: 250 000 ton/år.
- D Linnebergdeponin**
Använda Linnebergas nya IFA-FA-deponi (kommer söka tillstånd 2015). Kommer söka för 500 000 ton (totalt).

0 5 10 Km

Koordinatsystem: SWEREF 99 TM

TECKENFÖRKLARING

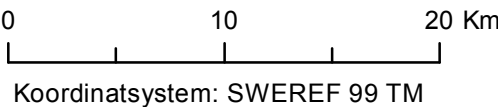
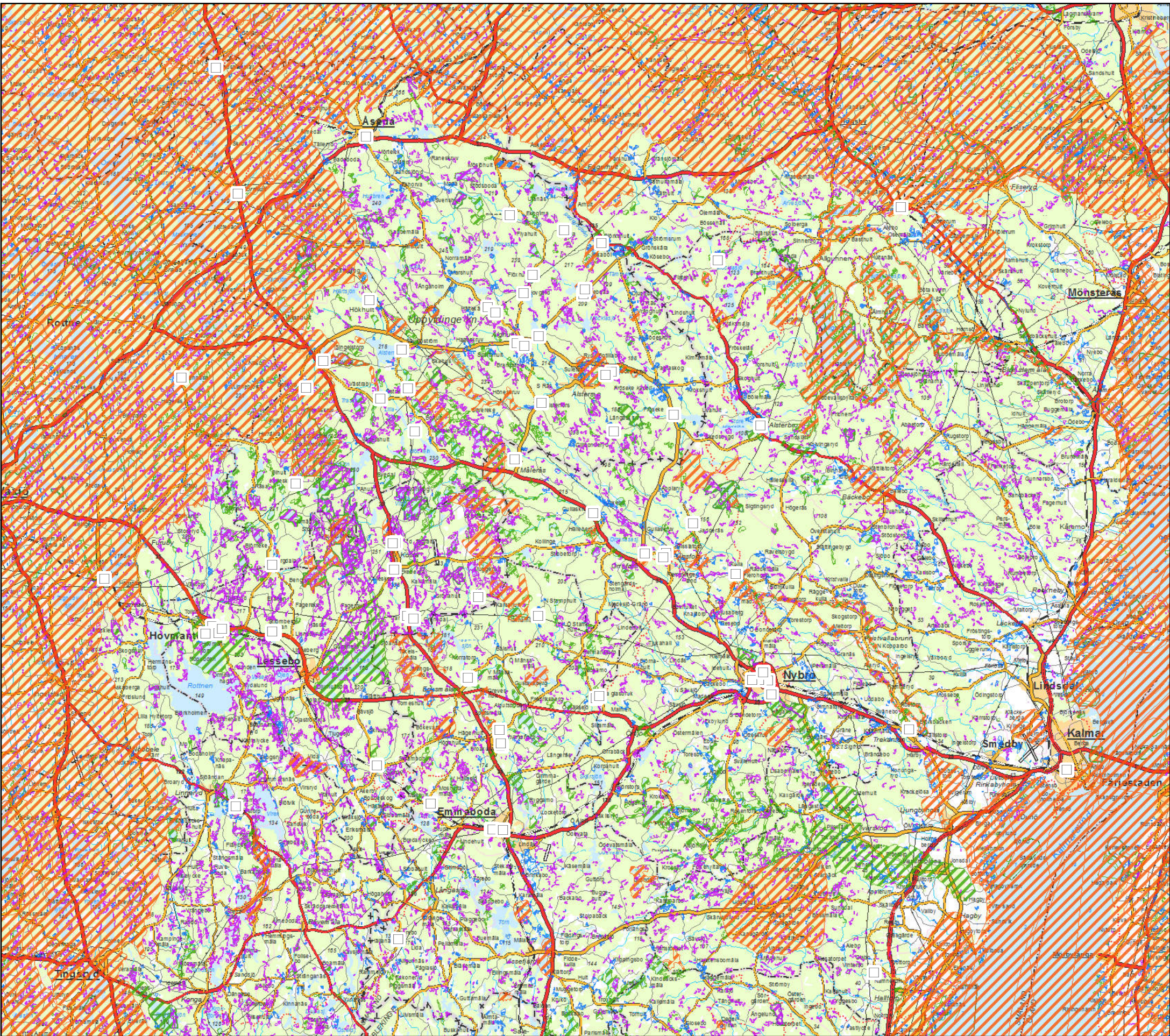

GLASBRUK (LST FÖRORENADE OMRÅDEN) (80 ST.)


ALLA RIKSINTRESSEN
Vindbruk, Slutförvaring Kärnavfall, Skyddade Vattendrag, Obruten Kust, Naturvård, Kust- Turism & Friluftsliv, Kulturresevat, Kulturmiljövärd, Trafikverkets Planerade Anläggningar, Högexploaterad Kust, Friluftsliv


ALL SKYDDAD NATUR (JORDBRUKSVERKET)
Ängs- & Betesmarksinventering


ALL SKYDDAD NATUR (SKOGSSTYRELSEN)
Sumpskogar, Nyckelbiotoper (Skogsstyrelsen), Nyckelbiotoper (Storskogsbruket), Naturvårdsavtal, Naturvärden, Biotopskyddsområden


ALL SKYDDAD NATUR (NATURVÅRDSVERKET)
Våtmarksinventeringen, Vattenskyddsområden, Ramsar (Våtmarkskonventionen), Naturvårdsområden, Naturreservat, Naturminnen, Natura 2000, Nationalparker, Djur & Växtskyddsområden, Biotopskyddsområden



Glasbruksprojektet

Sorterings- och separationsmetoder för deponerat glasavfall



Upprättad för SGU/Elander Miljöteknik AB

Upprättad av: Claes Bergqvist & Johan Helldén

2016-03-11

Helldén Environmental Engineering AB
(Org.nr: 556895-5842)

Telefon: 0733-210294
Epost: johan@hellden-environmental.se
Hemsida: www.hellden-environmental.se

Datum: 2016-03-11

Upprättad av: Johan Helldén/Claes Bergqvist

1.	INLEDNING	2
1.1	Problemställning.....	2
1.2	Syfte.....	2
2.	TILLGÄNGLIGA SORTERINGSMETODER.....	3
2.1	Konventionella sorterings- och separationsmetoder.....	3
2.2	Optiska sorteringsmetoder	5
3.	KONTAKTADE INTRESSETER.....	6
3.1	Binder+Co AG	7
3.2	DEC/DEME group.....	7
3.3	Ekokem	7
3.4	Ekotec/Midroc.....	8
3.5	EWG/Miljöbolaget.....	8
3.6	Fredenheim Maskin AS.....	9
3.7	Geoserve.....	9
3.8	Håkans Entreprenad AB.....	9
3.9	NCC Construction AB	10
3.10	Norditek AB	11
3.11	Ragn-sells AB	11
3.12	ReTec Miljö AB.....	12
3.13	RGS90	12
3.14	Sandvik Construction.....	13
3.15	Sita/Suez Enviroment	13
3.16	Stena metall AB	13
3.17	Svensk glasåtervinning	14
3.18	Svensk Sjömuddring AB	14
3.19	Svenska Biocare AB	15
3.20	Svevia.....	15
4.	SORTERINGSMETODER - SAMMANFATTNING	15
5.	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	18
6.	REFERENSER	19

1. INLEDNING

1.1 PROBLEMSTÄLLNING

Glastillverkningen i det så kallade Glasriket i Kronobergs och Kalmar län har givit upphov till kvarlämnade föroreningar vid nedlagda glasbruk. Bland annat påträffas deponier med stora mängder glaskross som läcker föroreningar, främst arsenik och andra metaller. De enskilda deponierna har sinsemellan en varierande karaktär, vissa består till stor del av rent glas medan i andra är glasavfallet sammanblandat med jord, växtdelar och annat avfall, se figur 1.



Figur 1. Glasavfallet kan vara sammanblandat med jord, växtdelar och annat avfall, men också föreligga i relativt rena fraktioner. Foto: Roger Herbert, Uppsala Universitet.

Glasforskningsinstitutet (Glafo) som bedriver forskning, utveckling, utbildning och tekniskt stöd till bland annat glassillverkande företag driver ett projekt med avsikten att återvinna deponerat glasavfall. Projektet stöds bland annat av Vinnova. Syftet med projektet är att separera ut glas från de glasdeponier som finns kvar vid de gamla glasbruken till en återanvändbar fraktion. Tekniken går ut på att deponerat glas ska återanvändas som glasråvara efter att föroreningar som exempelvis metaller avskiljts. Det framseparerade glaset och metallerna kan sedan säljas som råvaror.

För att den av Glafo framtagna återvinningsmetoden ska fungera erfordras ett relativt "rent" glasavfall. Då ambitionen är att förädla glaset får mängden svårsmält material i det utsorterade glaset inte vara för stort. Vid glasbruken föreligger ofta glasavfallet sammanblandat med jord, växtdelar, sten och annat avfall. Ytterligare en aspekt i sammanhanget är att det deponerade glasavfallet kan ha för högt föroreningsinnehåll för direkt återvinning i nya glasprodukter. På grund av föroreningsinnehållet finns det i nuläget inte några kommersiellt gångbara metoder för återvinning av utsorterat glas. Glafo hoppas emellertid kunna lösa återvinningsaspekten inom ramen för sitt återvinningsprojekt.

1.2 SYFTE

Syftet med föreliggande PM är sammanställa och redovisa förslag och idéer på hur separation av glas från övrigt material/avfall i deponierna vid de nedlagda glasbruken i Kronobergs och Kalmar län kan genomföras. Kartläggningen av förslag och idéer baseras i huvudsak på telefonkontakter med företag verksamma i glasåtervinningsindustrin respektive inom avfalls- och marksaneringsbranschen.

2. TILLGÄNGLIGA SORTERINGSMETODER

2.1 KONVENTIONELLA SORTERINGS- OCH SEPARATIONSMETODER

Kunskapen gällande lämpliga metoder för att separera ut glas från övrigt avfall i deponier är i nuläget mycket begränsad. Då den planerade metoden för glasåtervinning förutsätter en relativt ren glasfraktionen utan inblandning av annat material, behöver glasavfallet inledningsvis separeras från övriga massor. De sorteringstekniker som finns tillgängliga på marknaden är i huvudsak baserade på skillnader i densitet, kornstorlek, kornform och magnetiska egenskaper mellan olika materialfraktioner. Oavsett vilken metod som väljs för den slutgiltiga sorteringen av det blandade avfallet till en ren glasfraktion, så bedöms den inledande sorteringen behöva genomföras med konventionella metoder som siktning och/eller jordtvätt. I samband med separation av glas från övrigt avfallsmaterial kan även omhändertagande av jord med höga föroreningshalter behöva utföras eftersom glas materialet ofta föreligger inblandat i förorenade fyllnadsmassor.

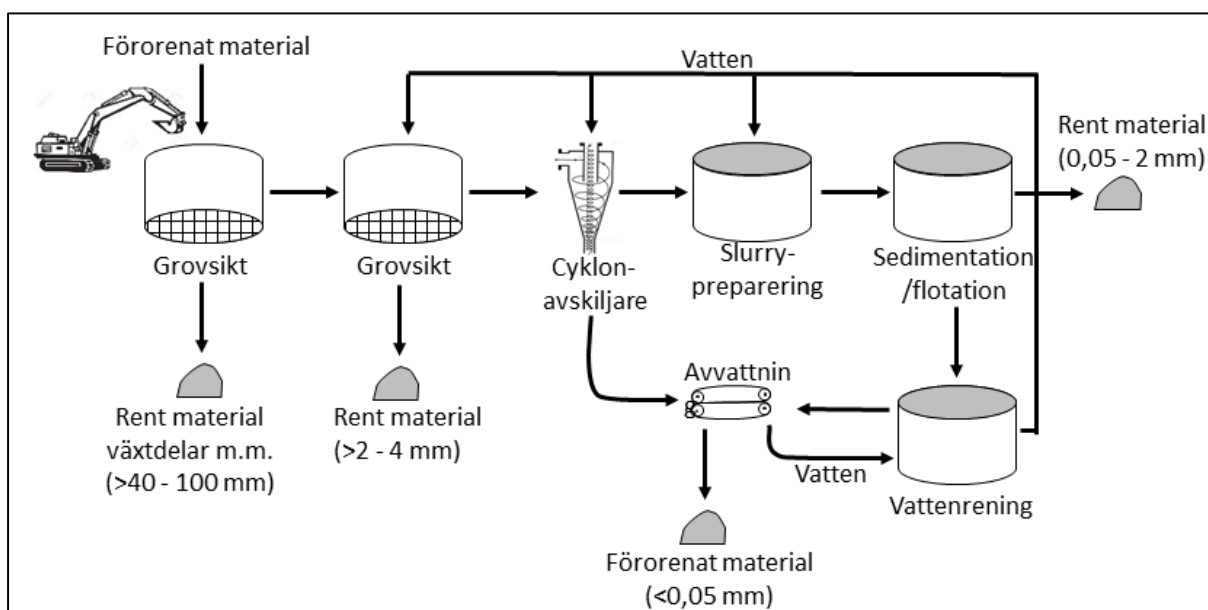
En av de vanligast förekommande sorterings- och separationsmetoderna för förorenade jord- och fyllnadsmassor är jordtvättning ("soil washing"). Jordtvättning är inte en enhetlig teknik utan baseras på olika processer/behandlingssteg där den slutgiltiga utformningen beror på föroreningsinnehåll och jordtyp. Trots namnet inbegriper jordtvättning både torra och våta behandlingssteg. En generell process för separation av materialet i glasdeponierna till ren glasfraktion behöver sannolikt innehålla några av följande behandlingssteg:

- Grovsiktning/torrsiktning för avskiljning av större fragment och partiklar (skrot, stenar/block, rotvärtor mm)
- Uppdelning i kornstorleksfraktioner. Fraktionering efter storlek kan genomföras med flera olika tekniker. Plan-, båg- och trumsiktare separerar direkt efter partikelstorlek medan det i centrifuger och hydrocykloner sker en indirekt separation efter kornstorlek samt separation med avseende på densitet. Med sedimenteringstekniker kan ler- och siltfraktion avskiljas från grövre fraktioner. Genom flotation kan organiska ämnen bundna till jordpartiklar avskiljas.
- Magnetisk separation för eventuell avskiljning av järnhaltigt material.
- Gravimetrisk avskiljning med hjälp av skakbord eller motsvarande.
- Skrubbing för att separera partiklar och andra föroreningar adsorberade till glasskärnorna.
- Avvattning av utseparerad slamfraktion med kammarfilter- eller silbandspress.
- Lak- och processvatten som uppkommer i de våta behandlingsstegen återcirkuleras i anläggningen och uppsamlas först då behandlingen är avslutad för omhändertagande/rening.

De enskilda separationsmetoderna i jordtvättprocessen kan i sin tur optimeras och på olika sätt kombineras för att uppnå utsortering i önskade fraktioner. Faktorer som är viktiga att ta hänsyn till vid sorteringen är jordmaterialets organiska halt och förekomst av avfall, skrotfragment och övriga

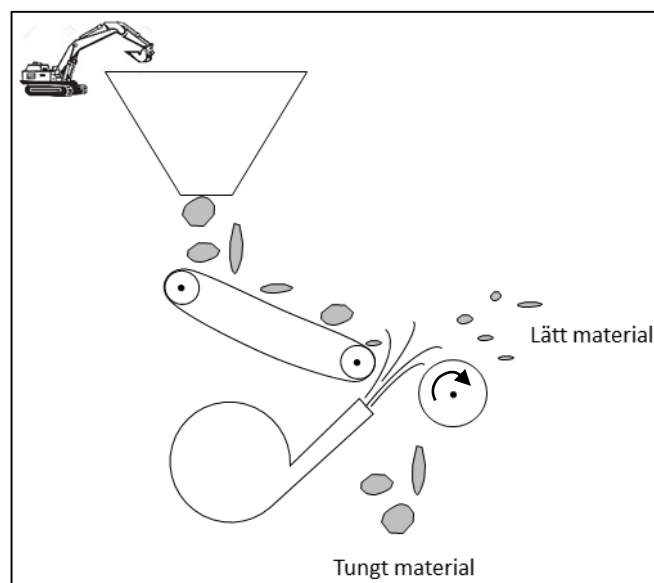
restprodukter. En större andel finpartikulärt material (ler- och siltfraktion) innebär att behovet av omhändertagande av restfraktion ökar. Eftersom föroreningarna i stor utsträckning ansamlas i den finpartikulära fraktionen vill man reducera denna fraktion så mycket som möjligt. Ett flödesschema över "jordtvättprocessen" visas i figur 2 nedan. Som framgår av figuren nedan utgörs en jordtvättanläggning av ett flertal olika processteg. Vilka steg som slutligen tillämpas beror som ovan nämnts av avfallets kemiska sammansättning, kornstorleksfördelning, korndensitetsfördelning, buffringskapacitet/pH, organisk halt m.m. För att optimera sorteringsprocessen behöver avfallet således undersökas med avseende på dylika egenskaper, bland annat genom siktanalyser.

Sannolikt kommer ytterligare steg som exempelvis optisk sortering (se följande avsnitt) och/eller vindsiktning att behövas för att åstadkomma en optimal sortering av materialet från glasdeponierna. Vindsiktning används för att separera tyngre material från lättare, exempelvis plast och papper från övrigt material, grovavfall m.m, se figur 3. Huvudkomponenterna i en vindsikt består av ett transportband, ett luftmunstycke och en rotationstrumma. Det ingående materialet sprids ut över



Figur 2. Principskiss för sortering av massor genom jordtvättning. Modifierad från Persson, 2005.

transportbandet och transporteras sedan med lämplig hastighet fram till matarbandets kant där ett justerbart luftmunstycke blåser luft genom materialet, se figur 3. Materialet lyfts av luftströmmen mot den roterande trumman som lyfter det lätta materialet över trumman ned i en uppsamlingsanordning och släpper det tunga materialet på en sidotransportör. Vanliga användningsområden är att skilja trä från sten ur rivningsmaterial och plast ur kompost. Tack vare vindsiktens inställningsmöjligheter är användningsområdena många och man uppnår generellt en hög renhetsgrad vid sortering. Flera av de entreprenadföretag som tillfrågats inom ramen för denna studie nämner just vindsiktning, eventuellt efter föregående krossning, som en möjlig metod för att framseparera en relativt ren glasfraktion från jord- och fyllnadsmassor.



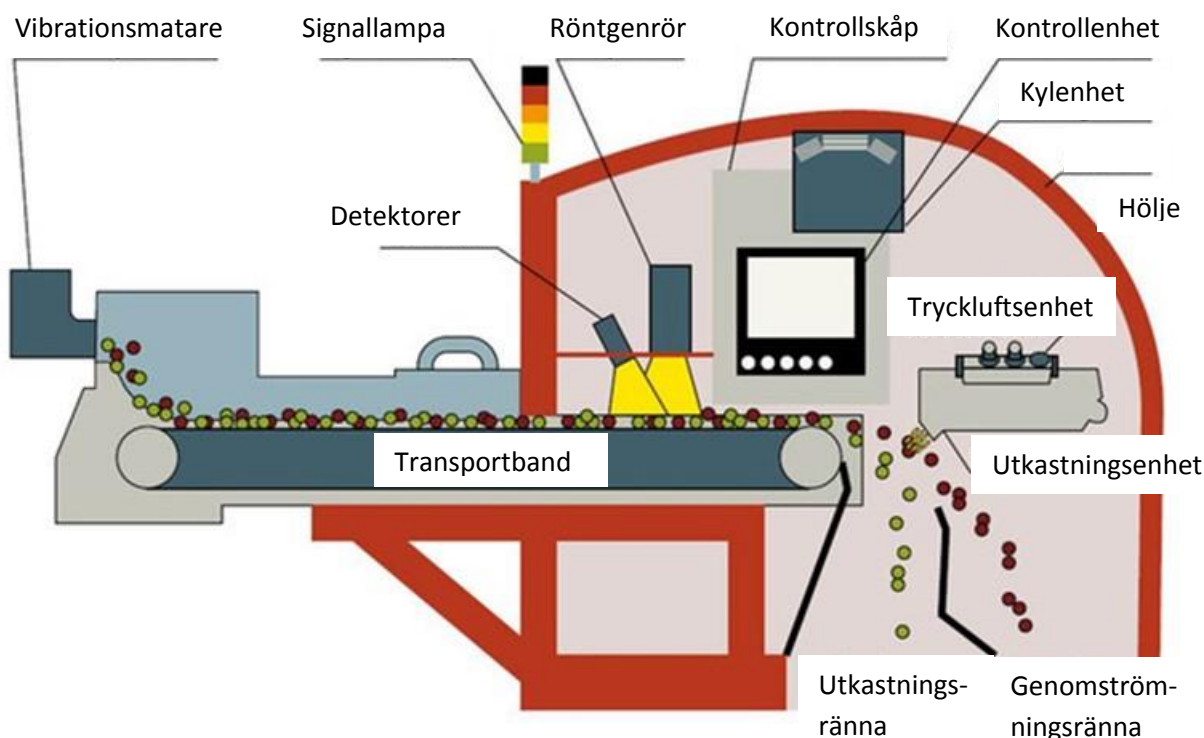
Figur 3. Principskiss för sortering av massor genom vindsiktning.

2.2 OPTISKA SORTERINGSMETODER

Glasåtervinningsindustrin, som har specialiserat sig på sortering, krossning och förädling av glasförpackningar, använder ofta optiska detektorer för att separera ut glasavfall från övrigt avfall. I glasåtervinningsbranschen finns även ett intresse av att separera olika typer av glas från varandra. Optisk sortering går ut på att varje enskild glasskärva genomlyses med kamerateknik. Separationen kan exempelvis baseras på skillnader i färg, klarhet/grumlighet och form. Separationen kan även vara baserad på partiklarnas föroreningsinnehåll. Separation kan baseras på infrarött ljus men även UV-ljus eller röntgenfluorescensdetektor (XRF) kan möjliggöra separation med avseende på förekomst och halt av en specifik metall. Metoder baserade på XRF eller UV-ljus möjliggör en omedelbar bestämning av glasskärvernors innehåll av en metall, exempelvis bly. Skärvor och partiklar som inte motsvarar den förinställda kravspecifikationen sorteras bort med tryckluftstötar. Flera företag marknadsför utrustning för separering av glas för återvinning, bland annat Krause Manufacturing, Binder+Co AG och Redwave.

Svensk Glasåtervinning, som administrerar insamling och återvinning av använda glasförpackningar i Sverige, har en optisk glassorteringsutrustning i sin anläggning i Hammar utanför Askersund. I Svensk Glasåtervinnings anläggning sker separationen med hjälp av infrarött ljus. En principskiss för en optisk glassorteringsutrustning från företaget Redwave, där separationen sker med hjälp av en XRF, visas i figur 4. Beroende på vad för typ av detektor som används, exempelvis infraröd- eller XRF-detektor, varierar enligt företaget hastigheten på sorteringen. Redwave marknadsför även olika storleksmodeller av produkterna där de större modellerna sorterar större volymer. I produktspecifikationerna för Redwaves maskiner anges emellertid att sorteringen kan genomföras på partiklar mellan 6 - 60 mm i storlek och att mellan 5 – 28 ton material per timme kan sorteras beroende på modelltyp. Vidare anger man att modellerna klarar av att separera keramik, porslin, sten, metall och färgat glas. Binder+Co anger att man kan sortera ut material mellan 3 - 50 mm alternativt 1 - 15

mm i storlek, beroende på modelltyp. Dessa specifikationer gäller för inkommande material från glasåtervinning. Hur maskinerna hanterar organiskt material som humus, växtdelar och är inte utrett, men Redwave anger att "smuts" inte påverkar separationen vid användning av en XRF-detektor för separation.



Figur 4. Principskiss för en optisk glassorteringsutrustning med XRF-detektorer från företaget Redwave (svensk återförsäljare är ReTec Miljö AB). En liknande anläggning finns installerad hos Svensk Glasåtervinning, men i denna är tekniken i detektorerna baserad på infrarött ljus.

3. KONTAKTADE INTRESSETER

För att samla tillgänglig kunskap och erfarenhet gällande separation av glas från övrigt avfall kontaktades företag med erfarenhet av sanering av förorenade områden samt företag inom glasåtervinningsindustrin. Företagen tillfrågades bland annat om de tidigare genomfört uppdrag av liknande karaktär och om de förfogade över metoder/utrustningar som skulle kunna nyttjas för separation av glas från övrigt material ur de aktuella glasdeponierna. Företagens erfarenheter, förslag och idéer listas i följande avsnitt. Kostnader för de presenterade förslagen är inte utredda inom ramen för denna studie, varken med avseende på anläggning, drift eller efterföljande omhändertagande av förorenad restfraktion. Företag som har bidragit med information till detta arbete presenteras i följande avsnitt i bokstavsordning:

3.1 BINDER+CO AG

Det österrikiska företaget Binder+Co beskrivs som en internationell specialist gällande maskiner och kompletta system för bland annat siktning och sortering. Vidare arbetar företaget bland annat med glasåtervinning. Kontaktperson: Christian Makari (Österrike), tel. +436645144462.

Företaget har återkopplat via e-post. Binder+Co säger sig ha stött på liknande sorteringskrav gällande deponerat material tidigare. Företaget anger att de har mer än 30 års erfarenhet av glasåtervinning, inklusive glas från deponier. Vidare framhåller företaget att man i dagsläget har kompetens och teknik för att designa en anläggning både för sortering och för återvinning av glas från deponier. Företaget hävdar att man har möjlighet att designa anläggningen så att denna kan göras mobil.

Företaget uttrycker att de har ett intresse av att delta i vidare undersökningar och pilotskaleförsök som kan leda fram till en lämplig sorterings- och återvinningsmetod för de aktuella glasdeponierna.

3.2 DEC/DEME GROUP

DEME Environmental Contractors (DEC) beskrivs som en internationell miljöentreprenör med verksamhet bland annat i Sverige. Vidare anger man att DEC är specialiserat på mark och grundvatten, sedimentbehandling, hydraulteknik, återvinningsteknik, deponier, vattenverk, miljömuddring och sanering av industriområden. Kontaktperson: Peter van Bosche, tel. 040-45 48 24.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget har ingen direkt erfarenhet av att specifikt sortera ut glasavfall från övrigt blandat avfall. Man framhåller dock att företaget har utrustning, färdigheter och kunskaper för att kunna göra en bedömning av lämpliga sorteringstekniker. För att göra en sådan bedömning behövs emellertid en karaktärisering av de kemiska och fysikaliska egenskaperna hos de olika glastyperna i avfallet. Vidare skulle även en karaktärisering behöva göras av de avfallsmaterial som förekommer i deponierna, bland annat med avseende på kemisk sammansättning, kornstorleksfördelning och korndensitetsfördelning.

3.3 EKOKEM

Ekokem beskrivs som ett nordiskt återvinningsbolag som erbjuder tjänster inom miljövård och materialeffektivitet. Vidare anger företaget att de förbättrar material- och energieffektiviteten för sina kunder genom att erbjuda lösningar för återanvändning, återvinning och slutdeponering samt tjänster för marksanering och miljöbyggande. Kontaktperson: Cecilia Jansson, tel. 070 508 52 33.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget framhåller att man har mångårig erfarenhet av jordbehandling, inklusive olika sorteringstekniker. Företaget förfogar också över entreprenadmaskiner för sortering av massor. Då företaget finns i flera länder betonar man att maskiner också kan transporteras till Sverige från exempelvis Finland vid behov. Man arbetar också utifrån en policy om att maximera återvinning vid saneringsarbeten och minimera de avfallsfraktioner som behöver förbrännas eller deponeras.

Ekokem har dock inga specifika erfarenheter av utsortering/återvinning av glas från övrigt avfall vid t.ex. sanering av förorenade områden. Företaget framhåller att det är mycket svårt att ge generella förslag på lämpliga separationstekniker i det specifika sammanhanget och att metoden sannolikt måste skräddarsys utifrån de specifika förutsättningar som råder på respektive plats.

Företaget uttrycker ett stort intresse av vidare kontakter i ärendet och framhåller att man kan klara av att genomföra en specifik separation av glas från övrigt avfall genom en eller flera pilotstudier på det aktuella materialet.

3.4 EKOTEC/MIDROC

Ekotec/Midroc genomför entreprenader avseende förorenad mark och vattenrening. Man tar även emot förorenade massor från både egna projekt och från externa avlämnare för behandling. Kontaktperson: Peter Nordlinder, tel. 010- 470 70 72.

Företaget har återkopplat via telefon. Företaget bedömer att glasseparationen sannolikt måste genomföras i flera steg där konventionella siktnings- och separationsmetoder ingår. Eventuellt skulle vindsiktning i något steg kunna vara verksamt för att öka effektiviteten. Även krossning av glas till pulver som sedan separeras ut skulle eventuellt kunna vara verksamt som ett slutsteg i separationen. Företaget har dock inga erfarenheter av specifik utsortering av glas från övrigt avfall.

3.5 EWG/MILJÖBOLAGET

EWG/Miljöbolaget bedriver deponi- och sorteringsverksamhet, bland annat behandlas oorganiskt industriavfall. Man har även mångårig erfarenhet av sortering av massor. Kontaktperson: Per Lindqvist, tel. 070-332 33 82.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget bedömer att huvudprinciperna för separation av glas från övrigt material bör bygga på separation baserad på skillnader i densitet och kornstorlek. Generellt föreslås en inledande separation i tre steg med vindsiktning i ett avslutande steg och olika typer av siktverktyg i steg ett och två. Hur de respektive stegen optimeras för bästa resultat beror på dominerande jordarter och annat avfall vid respektive lokal och en bedömning är svår att göra utifrån ett teoretiskt perspektiv. Företaget framhåller att glas inte är någon lätt fraktion att hantera. Fraktionen under 7-8 mm kommer sannolikt att innehålla glasrester oavsett teknik och att separera ut glaset ur denna fraktion bedöms som mycket svårt. Eventuellt framhålls vindsiktning som ett alternativ, men chanserna för att separera ut glas ur denna fraktion bedöms generellt som små.

Två generella angreppssätt föreslås beroende på dominerande jordart. I en jord som domineras av sand eller morän inleds separationen genom att först sikta bort finfraktionen genom en trumsortering på cirka 8 - 15 mm där den återstående fraktionen består av sten/grus, trä och glas. I steg två siktas grovfraktionen bort, storleken på sikten optimeras beroende på glasets dominerande kornstorleksfraktion. Med exempelvis en glasfraktion med korndiametrar upp till cirka 40 mm så siktas den grova fraktionen ner till 50 mm. I ett avslutande steg vindsiktas glasfraktionen fram.

Vid separation av glasmaterial ur en jord som domineras av finpartikulärt material som lera och silt föreslås grovsiktning som ett inledande steg. Därefter separeras fin- och mellanfraktionen fram. I ett avslutande steg vindsiktas glaset fram från mellanfraktionen. Nackdelen med en inledande grovsiktning innebär emellertid att mer glas går sönder och hamnar i den fina jordfraktionen i påföljande separationssteg, men i finpartikulära material bedöms detta ändå ge bäst resultat totalt sett.

Förtaget uttrycker att de har ett intresse av att delta i vidare undersökningar som kan leda till en lämplig metod, inom ramen för en eller flera pilotstudier.

3.6 FREDENHEIM MASKIN AS

Fredenheim Maskin AS arbetar bland annat med att sälja och reparera krossar, sorteringsverk och stjärnsiktare. Kontaktperson: Erik Olausson, tel. 070 - 538 24 26.

Företaget har återkopplat via telefon. Företaget anger att utsortering av glas från övrigt material borde vara möjligt att genomföra med de maskiner som företaget säljer. Man har dock ingen erfarenhet av liknande projekt. Förslag på sorteringsmetoder är en separation av materialet i deponierna uppdelade i flera steg där grovsortering och krossning av glaset bör ingå. Ett avslutande steg skulle även kunna innefatta vindsiktning. Eventuellt skulle finfraktionen (0 - 20 mm) med det krossade glasmaterialet kunna genomgå en termisk process där organiskt material bränns bort.

Förtaget uttrycker att de har ett intresse av att tillhandahålla maskiner till eventuella pilotförsök som kan leda fram till en lämplig metod för glasseparering.

3.7 GEOSERVE

Geoserve utför främst sanering av förorenad mark, mobil vattenrening och arbeten på drivmedelsanläggningar i hela Sverige. Vidare anger företaget att man har kunskap och erfarenhet av att tillämpa olika metoder för sanering av förorenade områden och att man samarbetar med företag från Danmark och USA med spetskompetens inom in situ-teknik. Kontaktperson: Eric Wadstein, 0735187272.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget säger sig inte ha någon tidigare erfarenhet av denna problematik. Däremot framhåller man att man har erfarenheter av sortering av fyllnadsmassor och förorenad jord med olika typer av siktverk.

Förtaget uttrycker att de har ett intresse av att delta i ett eller flera pilotförsök som kan leda fram till en lämplig metod för glasseparering.

3.8 HÅKANS ENTREPRENAD AB

Håkans Entreprenad AB beskrivs som specialiserad på marksanering av förorenade områden, rening av grundvatten samt rivning av byggnader. Vidare anges att man även utför andra typer av traditionella markarbeten. Kontaktperson: Håkan Ström, tel. 0706-884200

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Håkans Entreprenad AB har inga egna erfarenheter av specifik utsortering av glas från övrigt avfall vid sanering av till exempel förorenade områden eller i samband med rivningsentreprenader. En kombination av traditionella sorterings-tekniker som torr- och våtsiktning anses dock kunna optimeras för att uppnå önskat resultat. Företaget tror även att teknik som bygger på plockarmar skulle kunna optimeras för att sortera ut glas ur blandat avfall. Principen för sorteringen bygger på att avfallet lastas på transportband som leds förbi plockarmen. Vad som ska plockas av armen programmeras i en dator så att urvalet blir specifikt. Den genomsnittliga plockhastigheten är ungefär 2000 plock per timme. Vanligtvis installeras två armar för att öka hastigheten på sorteringen. Tekniken är inte testad specifikt på glasavfall men bedöms av företaget kunna optimeras för att fungera på sådant material. Hur små bitar som skulle vara möjligt att utsortera framgår inte av produktspecifikationen för plockarmarna. Nackdelen med utrustningen är att den sannolikt är för stor för att kunna göras mobil och användas i fält, men företaget bedömer att även en sådan fråga skulle kunna lösas vid behov. Ett exempel på plockarmstekniken från företaget ZenRobotics visas i figur 5.



Figur 5. Separation av avfall baserat på plockarmsteknik. Bilden är hämtad från företaget ZenRobotics.

3.9 NCC CONSTRUCTION AB

NCC beskrivs ha kapacitet att ta hand om hela marksaneringsprojektet från projektidé och utförande till slutdokumentation. Kontaktperson: Helena Hellgren, tel. 08-585 525 81.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. NCC har inga erfarenheter av specifik utsortering av glas från övrigt avfall vid sanering av förorenade områden. Företaget har emellertid

erfarenhet av sortering av material och bedömer att lösningarna sannolikt behöver anpassas till de specifika förutsättningar som råder inom respektive glasbruksområde. I vissa deponier skulle exempelvis sorteringen kunna genomföras med traditionell siktning och våtsiktning och eventuellt i kombination med vindsiktning. Vidare föreslår företaget att en kombination av siktning och krossning skulle kunna vara framgångsrikt då glaset sannolikt är mer lättkrossat än exempelvis sten.

Företaget uttrycker även ett intresse av att delta i vidare undersökningar som kan leda till en lämplig metod, inom ramen för en eller flera pilotstudier.

3.10 NORDITEK AB

Norditek AB är återförsäljare för kross- och sorteringsutrustning. Man levererar även bland annat kompletta maskinlösningar med olika sorteringskoncept för deponerat material. Kontaktperson: Daniel Carlberg, tel. 070-219 04 91.

Företaget har återkopplat via telefon. Företaget har ingen egen erfarenhet av att specifikt sortera ut glas från övrigt deponerat material. Däremot har man erfarenhet av att sortera deponerat material. Man arbetar utifrån ett så kallat "landfill mining"-koncept som inleds med grovsiktning av materialet, följt av magnetisk avskiljning och en vindsikt. I ett avslutande steg görs en separation med avseende på densitet på den återstående fraktionen som består av material med en storlek på mellan 30 - 100 mm.

För att specifikt separera ut glas för återvinning tror företaget att det enda trovärdiga alternativet är optisk sortering. Den optiska sorteringen kan, enligt företaget, appliceras på fraktionen 30 - 100 mm-fraktionen. Nackdelen med den optiska metoden handlar om att hastigheten på sorteringen sannolikt måste dras ned jämfört med konventionella sorteringsmetoder. Uppskattningsvis skulle den avslutande optiska separationen kunna genomföras på några ton material i timmen. Material under cirka 20 - 30 mm bedöms vara svårt att separera, även om det sannolikt går att lösa rent tekniskt, men kostnaderna för detta skulle bli orimligt stora.

Om det skulle bedömas att glasfraktionen inte behöver gå till återvinning skulle krossning av glasavfallet kunna vara en lösning. På detta sätt skulle allt glas hamna i finfraktionen som i sin tur deponeras.

3.11 RAGN-SELLS AB

Ragn-sells AB samlar in, behandlar och återvinner avfall och restprodukter från industri och övrigt näringsliv och från hushåll/privatpersoner. Ragn-sells och Glafo har tecknat en avsiktsförklaring gällande ett samarbete för återvinning av glasavfall i deponier i Glasriket. Kontaktperson: Johan Fahlström, tel. 070-927 47 03.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget har behandlingsanläggningar i regionen, bland annat i Åseda i Småland. Företaget har ingen erfarenhet av att specifikt sortera ut glas

från övrigt blandat avfall, men har erfarenheter och utrustning för sortering i samband med s.k. "landfill mining". Denna utrustning kan modifieras för att sortera ut olika fraktioner från deponier. På Häradsuddens avfallsanläggning i Norrköping har Ragn-Sells de senaste åren kontinuerligt grävt upp deponerat avfall och sorterat ut olika fraktioner. Man påpekar att detta resulterat i bra erfarenheter och kunskaper om sortering av "landfill mining"-material. Man bedömer att specifik utsortering av glas från deponierna bör vara möjlig att utföra, men hur företagets erfarenheter och kunskaper kan överföras till specifik utsortering av glas vill Ragn-Sells gärna undersöka inom ramen för en pilotstudie.

Ragn-Sells medfinansierar en doktorand tillsammans med Linneuniversitetet i ett projekt med inriktning på just förbehandling av glas från glasdeponier inför återvinning. Detta projekt kommer att startas upp under våren år 2016.

3.12 RETEC MILJÖ AB

ReTec Miljö AB är återförsäljare av maskiner och anläggningar inom sortering och återvinning. Kontaktperson: André Andersson, tel. 072 589 16 12.

Företaget har återkopplat via telefon. Företaget har inga egna erfarenheter av specifik utsortering av glas från övrigt avfall, men man är återförsäljare för produkter från det österrikiska företaget Redwave som bland annat tillhandahåller instrument för optisk sortering. ReTec Miljö AB har varit i kontakt med Redwave gällande specifik utsortering av glas från övrigt avfall i Glasriket och enligt kontaktpersonen anser de att man skulle kunna uppnå mycket goda resultat med Redwaves optiska sorteringsutrustning. Några konkreta exempel på genomförda projekt där glasseparation har genomförts med Redwaves optiska sorteringsutrustning presenterades dock inte.

Företaget är intresserade av att delta i pilotstudier med syfte att praktiskt genomföra försök med optisk separation av deponerat glas.

3.13 RGS90

RGS90 beskrivs arbeta med rådgivning, provtagning, analys och bortforsling av förorenade massor av olika slag. Vidare anges att företaget genomför sanering på plats, vattenbehandling av både enklare eller mer komplex art, samt återanvändning av återvunnet material. Man driver även fasta anläggningar som tar emot och behandlar förorenad jord och avfall. Kontaktperson: Jonny Bergman, tel. 070 674 92 01.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget har erfarenheter av saneringsarbeten i glasbruksmiljö men inte specifikt från glasdeponier. Ett generellt tillvägagångssätt som förs fram är en stegvis separering, baserat på flera steg: torkning, siktnings, vindsiktnings och tvättning av materialet bör ingå. En skaksikt för att skaka bort finmaterial från glaset bör kunna optimera glasseparationen. Vilken maskvidd som behövs optimeras på plats utifrån aktuell kornstorleksfördelning. I efterföljande steg föreslås vindsiktnings av materialet. Vindsiktningsen kan justeras noggrant med avseende på densiteten hos olika materialslag t.ex. för att avskilja gräs, mossor,

humusjord, rötter och annat organogent material som kan ha blandats med glasavfallet. Vidare betonas att väderleken har stor betydelse för resultatet. Idealiskt är en torr period varför vår och försommar framhålls som lämpliga årstider för genomförandet.

Företaget anger att man har maskiner för att genomföra denna typ av sortering på flera av sina anläggningar där man sorterar bygg- och rivningsmaterial. Företaget uttrycker att de har ett intresse av att delta i vidare undersökningar som kan leda till en lämplig metod, inom ramen för en eller flera pilotstudier.

3.14 SANDVIK CONSTRUCTION

Sandvik Construction levererar maskiner, hårdmetallverktyg, service och tekniska lösningar för brytning av berg och mineraler inom gruv- respektive anläggningsindustrin. Kontaktperson: Rupert Crabtree, tel. 070-616 1103.

Företaget har återkopplat via telefon. Företaget anger att man inte har någon tidigare erfarenhet av utsortering av glas från övrigt avfall eftersom man huvudsakligen arbetar med sortering av bergmaterial. Att specifikt sortera ut glasavfall från övrigt avfall bedöms som mycket svårt mot bakgrund av glasets likhet i storlek och densitet med exempelvis sten, jordpartiklar och tegel. Någon universallösning blir, enligt företaget, svår att hitta. Men med hjälp av pilotstudier med traditionella sorteringstekniker skulle man kunna avgöra om utsortering av glas är möjligt att genomföra.

3.15 SITA/SUEZ ENVIROMENT

SITA beskrivs som ett av landets ledande företag inom återvinning och avfallshantering. Kontaktperson: Henrik Mosén, tel. 070-88 75 003

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget anger att man har tidigare erfarenheter av utsortering av diverse avfall från jord, exempelvis byggavfall och plast. Man har dock ingen erfarenhet av utsortering av glas ur blandat avfall. Den tekniska utgångspunkten för arbetet med att separera ut glas ur annat avfall föreslås vara våtsiktning med fokus på separation med avseende på skillnader i kornstorlek och korndensitet.

För att kunna ge några mer specifika förslag på tekniker skulle företaget vilja besöka några saneringsobjekt för materialinsamling. Man vill gärna träffa berörda intressenter, huvudmän m.fl. för att diskutera upplägg och genomförande innan man kan göra en bedömning av vad som lämpar sig bäst för respektive lokal. Företaget uttrycker att de har ett intresse av att delta i vidare undersökningar som kan leda till en lämplig metod, inom ramen för en eller flera pilotstudier.

3.16 STENA METALL AB

Stena Metall beskrivs bedriva återvinning, bearbetning och förädling av metaller, papper, elektronikskrot och farligt avfall. Inom concernens verksamhet ryms dessutom internationell handel med stål, metaller och olja. Kontaktperson: Hitomi Lorentsson, 070-9909848.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget anger att det inte finns erfarenhet av separation av glas ur blandat avfall inom företagets organisation. Detta medför att företaget inte anser sig kunna föreslå lämpliga separationstekniker för blandat glasavfall och att man således inte kan vara behjälpliga i frågan.

3.17 SVENSK GLASÅTERVINNING

Svensk Glasåtervinning ansvarar för insamling och återvinning av glasförpackningar. Varje vardag tas 700 ton glasförpackningar emot av Svensk Glasåtervinning för sortering, krossning och förädling av det gamla glaset. Materialet säljs sedan vidare till glasbruk som ny råvara. Kontaktperson: Ulf Hellström, tel. 070-734 35 57.

Svensk Glasåtervinning är ett materialbolag som samlar in glasförpackningar för återvinning. Enligt Svensk Glasåtervinning sorteras främmande material som keramik, sten och porslin bort med hjälp av kamerateknik och tryckluft. Metoden går ut på att varje enskild glasskärv genomlysas med kamerateknik och skärvor och partiklar som inte kan genomlysas sorteras bort med tryckluftstötter. Hela förloppet tar bara några tusendelar av en sekund. Vidare anges att lock och kapsyler av plåt sorteras bort med hjälp av magnetisk separation. Aluminium rensas bort i en så kallad virvelströmsseparator. Sammanlagt innehåller varje ton insamlat glas mellan 3-5 kilogram "främmande" material. Den optiska sorteringsteknik som Svensk Glasåtervinning tillämpar fungerar emellertid inte på glasskärvor mindre än 10 mm i storlek. Dessa sikts bort och används vid tillverkning av skumglas.

Enligt Svensk Glasåtervinning skulle metoden med kamerateknik och tryckluft vara möjlig att använda för att sortera ut glas ur deponierna, förutsatt att grövre material rensas bort i ett förbehandlingssteg. Företagets anläggning är dock stationär och man är inte intresserad av att ta emot material från de aktuella glasdeponierna i denna anläggning. Företaget kände inte till om portabla anläggningar med samma teknik finns att tillgå.

3.18 SVENSK SJÖMUDDRING AB

Svensk Sjömuddring beskrivs som specialiserade på behandling av förorenad jord med föroreningar som arsenik, kreosot, PAH, olja och tungmetaller. Vidare anges att SSM även utför byggnads-, anläggnings- och rivningsarbeten, sugmuddring, sjöentreprenader och avvattning av miljöfarligt slam. Kontaktperson: Christer Magnusson, 070 543 70 48

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Vid den inledande kontakten via telefon förde företaget fram idéer om att separationen sannolikt måste genomföras i flera steg där konventionella siktnings- och separationsmetoder ingår. Vid efterföljande kontakt via epost framhåller företaget att man har lång erfarenhet av rening och hantering av förorenade massor och glas, där rening av processvatten utgör ett viktigt behandlingssteg i processen. Vidare betonas att man har genomfört ett större antal saneringsprojekt där metaller avskiljts från förorenad jord. Företaget har en mobil utrustning vilket innebär att verksamheten kan flyttas och etableras på respektive saneringsobjekt.

Företaget har även en fast anläggning uppställd på Ekokems avfallsdeponi i Kumla där bildskärmsglas från datorskärmar och TV-apparater hanteras i olika tvätt- och separationssteg för att utvinna fraktioner som kan återanvändas till olika ändamål.

Företaget uttrycker vidare att de är intresserade av att få delta vid fortsatt arbete med utredning och efterbehandlingsåtgärder i aktuella projekt, både avseende hantering av glas och förorenad jord. Ett studiebesök på företagets anläggning för sortering av bildskärmsglas i Kumla föreslås kunna bidra till ytterligare förståelse för den glasseparationsprocess som tillämpas där.

3.19 SVENSKA BIOCARE AB

Svenska Biocare AB bedriver försäljning av mobila kross- och sorteringsverk samt service och underhåll av de samma. Kontaktperson: Niklas Johansson, tel. 070 66 77 830.

Företaget har återkopplat via epost. Företaget klargör att beroende på hur ingångsmaterialet ser ut kan olika behandlingar krävas. Men för att få fram en så ren glasfraktion som möjligt behövs förmodligen såväl krossverk, tvättsikt, vindsikt och eventuellt ett vattenbad i sorteringsprocessen.

3.20 SVEVIA

Svevia beskrivs vara den ledande driftentreprenören och ett av de största väg- och anläggningsföretagen i Sverige. Man genomför också inventering och sanering av mark på Sveys fastigheter. Kontaktperson: Marie Eriksson, tel. 070-373 74 13.

Företaget har återkopplat både via telefon och via epost. Företaget föreslår separation genom sortering i flera steg. Svevia har genomfört saneringar vid Björkhults glasbruk i Glasriket, dock genomfördes inte avskiljning av deponerat glas från övrigt avfall vid det tillfället utan hela glasdeponin gick till deponering. Vid tidpunkten för denna sanering diskuterades dock inom Svevia att traditionella jordtvättningsmetoder kunde modifieras och optimeras för att utskilja glas ur deponierna. Generellt föreslår företaget att siktnings/sortering via skaksikt, trumsikt och dylikt samt tvättning av materialet i en jordtvätt skulle kunna fungera.

Företaget uttrycker även ett intresse av att delta i vidare undersökningar och pilotstudier som kan leda fram till en lämplig sorterings- och separationsmetod.

4. SORTERINGSMETODER - SAMMANFATTNING

Mot bakgrund av den information som framkommit inom ramen för denna studie är erfarenheterna av separation av glas från övrigt avfall i deponier i Sverige relativt begränsade. Däremot uppger det Österrikiska företaget Binder+Co att de har erfarenhet av glasseparation från deponerat material. Hur vanlig denna sortens sortering är i övriga Europa är inte utrett inom ramen för denna sammanställning, men inget av de kontaktade svenska företagen med erfarenheter av sortering av massor och sanering

av förorenade områden uppger att de har genomfört något motsvarande projekt. Inte heller maskinvaruleverantörer har kännedom om att deras maskiner har använts i glassorteringssammanhang. Flera av företagen anser sig dock kunna presentera ett framgångsrikt tillvägagångssätt för glasseparation, förutsatt att ett pilotskaleförsök genomförs. Information som bland annat skulle behövas för att göra en bedömning av lämpliga sorteringstekniker innefattar kemiska och fysikaliska egenskaper hos glasavfallet, samt kornstorleks- och korndensitetfördelningar hos såväl glasavfallet som det övriga materialet i de aktuella deponierna.

Tabell 1. Metoder för glasseparation från övrigt avfall, som presenterats av kontaktade företag.

Företag	Kontaktperson	Föreslagen metod/metoder
Binder+Co AG	Christian Makari	Ej specificerade sorteringstekniker, optisk metod i sista steget.
DEC/DEME group	Peter van Bosche	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.
Ekokem	Cecilia Jansson	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.
Ekotek	Peter Nordlinder	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval. Vindsiktning bör ingå.
EWG/Miljöbolaget	Per Lindqvist	Siktning följt av vindsiktning i sista steget.
Fredenheim Maskin AS	Eric Olausson	Grovsortering, krossning, eventuellt ett termiskt steg och vindsiktning.
Geoserve	Eric Wadstein	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.
Håkans Entreprenad AB	Håkan Ström	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval. Plockarmsteknik kan ingå.
NCC Construction AB	Helena Hellgren	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval. Eventuellt vindsiktning eller krossning.
Norditek AB	Daniel Carlberg	Traditionella sorteringstekniker följt av ett optiskt steg.
Ragn-Sells AB	Johan Fahlström	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.
ReTec Miljö AB	André Andersson	Ej specificerade sorteringstekniker, optisk metod i sista steget.
RGS90	Jonny Bergman	Siktning följt av vindsiktning i sista steget.
Sandvik Construction	Rupert Crabtree	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.
SITA/Suez Environment	Henrik Mosén	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.
Stena Metall AB	Hitomi Lorentsson	Inga förslag.
Svensk Glasåtervinning AB	Ulf Hellström	Inga förslag, men optisk metod skulle kunna fungera.
Svensk Sjömuddring AB	Christer Magnusson	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.
Svenska Biocare AB	Niklas Johansson	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval. Eventuellt vindsiktning eller krossning.
Svevia	Marie Eriksson	Ej specificerade traditionella sorteringstekniker, karaktärisering på plats avgör metodval.

I kombination med konventionella metoder för sortering av material skulle eventuellt optiska metoder utvecklade av glasåtervinningsindustrin kunna tillämpas. Sortering med optiska metoder skulle dels ha som syfte att sortera ut glas från övrigt material, dels att med hjälp av UV- och/eller XRF-detektorer kopplade till separeringssteget sortera ut glasavfall med höga halter av en viss metall, t.ex. bly.

Vindsiktning, se figur 3 ovan, har av flera av de kontaktade företagen förts fram som ett potentiellt verksamt steg i sorteringsprocessen, eventuellt i kombination med föregående krossning. En sammanställning av de metoder som presenterats av de kontaktade företagen sammanfattas översiktligt i tabell 1.

Mot bakgrund av den information som framkommit i kontakten med företagen bedöms att separationen av glas från övrigt material sannolikt bör göras i flera steg, där de första stegen baseras på konventionella separationsmetoder. Konventionella sorteringsmetoder skulle i samband därmed kunna optimeras för att avskilja stora avfallsobjekt, stenar, block och organiskt material som exempelvis växtdelar och humus.

Det avslutande sorteringssteget, där glas separeras ut från övrigt material med liknande storlek och densitet, är emellertid oklart. Vad som har framkommit i kontakterna med företagen är att detta sista steg eventuellt skulle kunna gå att uppnå med konventionella sorteringsmetoder om någon skillnad avseende t.ex. kornstorleksfördelning och korndensitet mellan glaset och övrigt material skulle kunna påvisas. Andra förslag som framkommit för detta sista sorteringssteg är vindsiktning, som föreslagits av flera olika entreprenörer, eller plockarmsteknik, som föreslagits av en entreprenör. Ytterligare ett förslag för att separera ut glas i det avslutande sorteringssteget är med hjälp av optiska metoder liknande dem som används i glasåtervinningsindustrin. Eventuellt skulle även optisk sortering kunna genomföras i flera steg. I ett inledande steg separeras glas från övrigt avfall och i påföljande steg skulle exempelvis glas med hög blyhalt kunna separeras från övrigt glas genom att skärvorna analyseras "on-line" med en UV- eller XRF-detektor. Identifierade glasfragment, med ett blyinnehåll överstigande ett på förhand bestämt gränsvärde, avskiljs därefter med tryckluftsteknik.

5. SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

Mot bakgrund av de diskussioner som förts med företag med erfarenhet från saneringar av förorenade områden, glasåtervinningsindustrin och maskinvaruleverantörer framstår frågan om glasåtervinning från glasbruksdeponierna som relativt svår och komplex. De tillfrågade företagen har gett uttryck för den problematik som glasdeponiernas sammansättning innebär i fråga om separation av rena glasfraktioner. Eftersom glas i deponierna har varierande storlek och form och ofta en densitet i överensstämmelse med annat avfall/material i deponierna, kan erfarenheter från tidigare sorteringar i sorterverk och jordtvättar inte direkt appliceras på detta avfall. Många av de tillfrågade företagen bedömer dock att traditionella sorterings- och jordtvättningsmetoder sannolikt kan appliceras på materialet i glasdeponierna för att framgångsrikt sortera ut en ren glasfraktion. Man framhåller samtidigt att de lokala jordartsförhållandena vid respektive deponi förmodligen kommer att ha en stor påverkan på separationsprocesserna. Deponier lokaliserade i områden med finpartikulära jordarter som lera eller silt innebär sannolikt väsentligt mer problematiska separationsförhållanden, med en sämre extraktionseffektivitet som följd, jämfört med deponier i områden bestående av grövre jordarter som sand eller morän.

Endast ett av de tillfrågade företagen, Binder+Co, anger att de har tidigare erfarenheter av specifik utsortering av glas från deponier, främst med optiska metoder. Vilka specifika förutsättningar som gällde vid genomförandet av dessa projekt är dock inte kända.

Merparten av de tillfrågade företagen framhåller att en eller flera pilotstudier är nödvändiga för att kunna dra slutsatser om möjligheterna att kunna genomföra en framgångsrik glasseparation vid respektive objekt. Inom ramen för denna eller dessa pilotstudier bör det klarläggas vilka kostnadsskillnader som föreligger mellan olika separationsmetoder och vilka kostnader som är rimliga för att uppnå önskat resultat. Exempelvis bedöms kostnaderna bli större ju mindre skärvor som önskas avskiljas till en återanvändbar fraktion. Det bör också definieras om en sämre extraktionseffektivitet kan accepteras i områden med mer komplicerad geologi i form av en högre andel finpartikulära jordarter, eller om samma utsorteringskrav ska gälla för samtliga glasdeponier. Ytterligare aspekter som inte definierats inom ramen för detta arbete kan behöva beaktas vid det praktiska genomförandet vid de olika deponierna.

Helldén Environmental Engineering AB

Johan Helldén
Geolog/VD

Claes Bergqvist
Fil Dr/miljökonsult

6. REFERENSER

Persson, P.O. (2005). Miljöskyddsteknik. Strategier & teknik för ett hållbart miljöskydd. Trita-KET-IM 2005:7. ISSN: 1402-7615.