



Glasbruksprojektet

Avfallshantering vid saneringar av glasbruksområden

Upprättad för Sveriges geologiska undersökning

Rapport

Uppdrag: 1613
Datum: 2018-02-08

Glasbruksprojektet

Avfallshantering vid saneringar i glasbruksområden

Innehåll

1	INLEDNING	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Efterbehandling av glasbruksområden	3
1.3	Syfte	4
2	UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	4
3	AVFALL FRÅN EFTERBEHANDLING AV GLASBRUKSOMRÅDEN	5
3.1	Avfallstyper och avfallsflöden som kan uppkomma vid efterbehandling av glasriket .	5
3.2	Glasavfallets sammansättning i Glasriket	5
3.3	Klassificering av glasbruksavfall enligt avfallsförordningen	7
4	METODER FÖR ÅTERVINNING AV GLASAVFALL	8
4.1	Allmänt	8
4.2	Återvinning av glasmassa i Glasriket	8
4.3	Återvinning av metaller och kisel med saltextraktion	8
4.4	Återvinning av metaller i konventionella smältverk	9
5	UTSORTERING AV GLAS FÖR ÅTERVINNING	10
5.1	Allmänt	10
5.2	Resultat från plockanalyser	10
5.3	Resultat från pilotförsök med optisk sortering	11
5.4	Ytterligare sorteringsmöjligheter och behov	12
6	DEPONERING AV GLASBRUKSAVFALL	12
6.1	Klassificering av glasbruksavfall för mottagning på deponier	12
6.2	Provningsmetoder och deras betydelse för mottagning på deponier	13
7	LOGISTIK FÖR AVFALLSHANTERING VID SANERINGAR I GLASRIKET	14
7.1	Allmänt	14
7.2	Mellanlagringsbehov	14
7.3	Lokalisering av ett mellanlager	15
7.4	Deponering av förorenade jordmassor	16
7.5	Samlokalisering av mellanlager, sorteringsanläggning och deponi	18
8	SAMMANFATTANDE BEDÖMNINGAR	21
9	REFERENSER	23

Bilagor

Bilaga A – Karta med lägen för Glasrikets glasbruk

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

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

Bilaga D – Fältrapport Plockanalys. Golder Associates AB 2016-12-21

Bilaga E – Optisk sortering av glas ur fyllnadsmassor. Pilotförsök. Helldén Environmental Engineering 2017-11-09

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 med lägen som framgår av Bilaga A.

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 (bland annat 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, att betydande risker finns för både människors hälsa och miljön samt att efterbehandling kommer att behövas vid ett stort antal 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.

1.2 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. Kombinerar 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 i likhet med merparten av genomförda efterbehandlingsprojekt i Sverige kommer att omfatta urgrävning med externt omhändertagande av förorenade 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.

1.3 Syfte

En förstudie om avfallshantering vid sanering av glasbruk i Glasriket redovisades 2016-04-15. I förstudien skisserades ett scenario som innefattade utsortering av glaskross från andra förorenade matri-ser med efterföljande mellanlagring av detta för att möjliggöra återvinning i någon av de processer som för närvarande är under utveckling. En fördjupad studie av sorteringsmöjligheterna har nu genomförts. Studien omfattar pilotförsök med grovsortering i samband med schaktning i fält vid två glasbruk samt efterföljande maskinell utsortering av glas.

Syftet med den fördjupade studien har främst varit att undersöka de tekniska möjligheterna att sortera ut glas från deponier med blandat innehåll (men som domineras av glas), men även att ta fram underlag för en grov bedömning av kostnaderna för en anläggning för maskinell utsortering av glas.

Utöver sorteringsförsöken har även de legala möjligheterna att genomföra grundläggande karakteriseringar av glasavfall enligt NFS 2004:10 utan föregående nedkrossning undersökts. Hur en grundläggande karakterisering ska genomföras kan få avgörande betydelse för om glasavfall måste föras till en deponi för farligt avfall eller om det kan tas emot på en deponi för icke-farligt avfall. I förlängningen kan detta också få betydelse för hur ett eventuellt mellanlager för glaskross måste utformas eftersom mellanlagring för återvinning av avfall som pågår längre än tre år klassas som deponering.

2 Utförda undersökningar

Kunskap om vilka avfall som kan uppkomma vid saneringar av glasbruk och avfallens egenskaper har sammanställts från undersökningar som genomfördes 2006-2007 av länsstyrelserna i Kalmar och Kronobergs län samt Nybro, Emmaboda, Lessebo och Uppvidinge kommuner. Resultaten rapporterades i den s.k. Glasbruksrapporten. Projektet finansierades av Naturvårdsverket och utredningsarbetet genomfördes av Kemakta Konsult AB som utförde 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 laktester och undersökningar av biotillgängligheten. Betydelsen av dessa resultat för klassificering av avfallen och krav på undersökningar och mottagning på deponier har analyserats utgående från reglerna i Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall (NFS 2004:10).

Pilottester för utredning av möjligheterna att sortera ut en glasfraktion för återvinning har utförts i två steg. Det första steget omfattade sortering i fält och genomfördes av Golder Associates AB vid glasbruken i Flerohopp och Älghult. På båda glasbruksdeponierna schaktades ca 450 m³ avfall upp för siktning och plockanalyser

Fortsatta pilotförsök utfördes i Österrike av Binder+co, där möjligheterna att skilja glas från annat avfall med hjälp av optiska metoder provades. Den optiska sorteringsmetoden innebär att varje enskild partikel genomlyses med kamerateknik och att partiklar som inte släpper genom ljus stöts bort från strömmen av partiklar med hjälp av tryckluft. För detektion av ljusgenomsläppliga partiklar används infrarött ljus. En optisk sorteringsanläggning kan kompletteras med förbehandling i flera andra steg för bortsortering av såväl magnetiska som icke-magnetiska metaller samt papper, plast och trä. Det är också möjligt att skilja ut glaspartiklar med hög halt av bly (metaller) med hjälp av röntgenfluorescens (XRF). I pilotförsöket provades endast det optiska sorteringssteget.

3 Avfall från efterbehandling av glasbruksområden

3.1 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 som deponerats i särskilda deponier vid glasbruken. Deponierna innehåller glaskross och skärv men inblandningen av annat material varierar och kan ibland vara betydande.

Vid de 22 undersökta glasbruken (Kemakta 2007) uppskattades mängden avfall i deponierna vid glasbruken 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 dubblas mängden till ca 300 000 m³ avfall i glasbruksdeponier och 700 000 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 och vid Pukebergs glasbruk i Nybro kommun har saneringar utförts medan huvudstudier har genomförts vid ytterligare ett antal glasbruk, dock endast vid en mindre del av bruken inom Glasriket. 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.

3.2 Glasavfallets sammansättning i Glasriket

De huvudsakliga råvarorna vid framställning av sodaglas är kvartssand, kalk (kalciumkarbonat) och soda (natriumkarbonat). För framställning av kristallglas användes huvudsakligen kvartssand, pottaska (kaliumkarbonat) och blymönja. Vid glasframställningen används också luttringsmedel som i stor uträkning utgjorts av arseniktrioxid eller senare antimontrioxid. Därutöver har ett större antal metaller använts som färgämnen, bland annat kadmium. Grundmaterialet i glas är alltid kiseldioxid, men beroende på vilken typ av glas som framställts kan glaset innehålla många andra föreningar, bland dem flera miljöfarliga ämnen som arsenik, antimon, bly och kadmium. I kristallglas kan blyinnehållet uppgå till 24-30 % (helkristall eller blykristall). Övriga metaller och andra föroreningar förekommer i lägre halter. I Kemaktas undersökningar av ett större antal glasbruk framkom följande.

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 mindre känslig markanvändning (MKM). I Tabell 1 redovisas statistiska parametrar i glasprov från glasdeponierna för de grundämnen för vilka Naturvårdsverket tagit fram generella riktvärden. Något förvånande är resultaten avseende innehållet av bly, med den maximala halten 10 % och medelhalten 0,6 %, medianhalten 0,2 % och 90-percentilen 1,3 %. Detta indikerar att man inte påträffade något prov med helkristall (som har blyhalter mellan 24 % och 30 %), alternativt att upplösningen av bly i de använda uppslutningsmetoderna inte varit fullständig. Antalet prover som analyserats måste ändå betecknas som stort (166 stycken fördelade på 22 glasbruk).

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.

Tabell 1. 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

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).

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

¹Lättlöslig/icke lättlöslig ²Organiskt/oorganiskt

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 torrsustans 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.

3.3 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 3 till avfallsdirektivet (2008/98/EG). 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 3 till avfallsdirektivet. 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. Även om avfallslagstiftningen har ändrats efter denna väglednings tillkomst bedöms den fortfarande som tillämplig för klassificering av farligt avfall.

Kemakta (2007) har jämfört totalhalter i förorenad jord och glasavfall med de rekommenderade haltgränserna och bedömt att upp till 20 % av den förorenade jorden och 30-40 % av glasavfallet utgör farligt avfall. Avgörande för klassificeringen är totalhalterna av bly, arsenik och zink.

4 Metoder för återvinning av glasavfall

4.1 Allmänt

Avfallet i glasbruksdeponierna domineras av glasrester. Dessa innehåller förutom glasmassa relativt stora mängder metaller, framför allt bly. Förutom glasavfall finns det i varierande utsträckning också annat avfall i deponierna (bland annat tegelrester från ugnarna), ofta blandat med jordmassor. För det fall glasmassa och/eller metaller kan återvinnas skulle efterbehandlingarnas resurseffektivitet förbättras och behovet av deponering minskas. En ökad återvinning av glas ligger också i linje med avfallshierarkin i avfallsdirektivet (2008/98/EG) som anger en prioritetsordning för lagstiftning och politik på avfallsområdet.

Återvinning av förpackningsglas som insamlas genom förpacknings- och tidningsinsamlingen sker i Sverige vid Svensk Glasåtervinning AB i Hammar. Processen är utformad för förpackningsglas från återvinningsstationer med försumbart innehåll av störande ämnen och liten inblandning av främmande material. Processen kan inte användas för återvinning av konstglas m.m. från glasbruksdeponierna. 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.

4.2 Återvinning av glasmassa i Glasriket

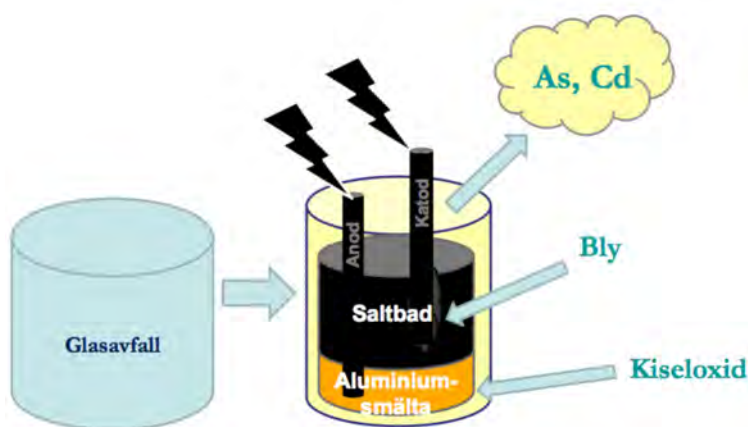
RISE Glas (f.d. Glasforskningsinstitutet, Glafo) bedriver med stöd av Vinnova ett projekt för utveckling av en metod för återvinning av glasmassa från glasavfall. Metoden bygger på att glasavfall med visst metallinnehåll smälts ner varvid metaller och glasmassa separeras i smältan och kan återvinnas i separata strömmar. Projektet syftar framför allt till återvinning av glasmassan medan de metaller som avskiljs från glasmassan inte separeras från varandra utan kommer att falla som en sammansatt metallsmälta.

Utvecklingsprojektet påbörjades hösten 2014 och ska enligt planerna avslutas under 2018. Målet är att ta fram en teknik för att omvandla glasskärv till glasprodukter och metallråvara. Målet är att metallhalten (i praktiken blyhalten) i glasprodukten ska underskrida 0,1 %. Processen som sådan har testats och visat sig fungera. Det arbete som nu pågår syftar framför allt till att utveckla en ugn som fungerar i större skala. Avsikten är att ta fram en teknik som ska kunna utnyttjas av en kommersiell aktör i en anläggning för fullskalig drift placerad i Glasriket.

4.3 Återvinning av metaller och kisel 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. Bolaget Salt Extraction AB har bildats för att vidareutveckla och kommersialisera tekniken. Någon fullskalig anläggning för återvinning finns ännu inte men tekniken har provats i försöksskala på kromslag för återvinning av krom och på glas med högt blyinnehåll (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. I processen kloreras metalloxiderna för att reaktionshastigheten och utbytet av värdefulla metaller ska öka. Detta sker genom en reaktion med aluminiumklorid som bildar aluminiumoxid samtidigt som metallerna bildar klorider. Aluminiumsmältan bildar också en flytande aluminiumanod, se Figur 1. Smältan har en temperatur av 600-900°C vilket innebär att arsenik och kadmium i avfallet drivs av som klorider och som kan kondenseras och tas om hand. Glasets kiselinnehåll kan samtidigt avskiljas som kiseldioxid



Figur 1 Principiell beskrivning av saltextraktionsprocessen.

Med hänsyn till glasavfallets i Glasriket i sammanhanget låga koncentrationer av bly och andra metaller är det tveksamt om den stora insatsen som krävs för smältan är motiverad om syftet enbart är metallåtervinning. Förutom bly och andra metaller bildas emellertid 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.

4.4 Återvinning av metaller 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 översiktligt 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 tre:

- Koncentrationerna av bly i avfallet är för låga. Medelvärde i undersökt glasavfall från Glasriket 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 Utsortering av glas för återvinning

5.1 Allmänt

Glasavfallet i glasbruksdeponierna är uppblandat med annat material i varierande utsträckning. Det finns glasbruksdeponier där glasskärv ligger öppet och i stort sett utan synlig inblandning av annat material. Det är dock vanligare att deponierna är täckta med jordmassor som delvis trängt ner i avfallet och att glasskärv och glaskross är uppblandat med annat avfall. De metoder som kan vara aktuella för återvinning av glasavfall bygger på att den glasfraktion som tas in i processen är i stort sett fri från annat avfall. Det är därför nödvändigt att det även finns metoder för att kunna sortera ut en sådan glasfraktion från deponierna om det ska vara meningsfullt att bygga ut en fullskalig anläggning för glasåtervinning. Det är också väsentligt att få en uppfattning om hur stor den sammantagna volymen glas som kan återvinnas är innan en återvinningsanläggning dimensioneras.

Det finns ett antal olika sorteringsmetoder tillgängliga på marknaden som kan användas för sortering. Flera av dessa är högmekaniserade och inte särskilt lämpade för mobil användning i fält medan andra metoder, främst siktnings- och jordtvättningsmetoder med fördel kan användas för förberedande grovsortering i fält. Användbarheten hos dessa metoder beror dock mycket på i vilka storleksfraktioner glasavfallet föreligger och vilka andra avfall som finns i deponierna. För att utreda dessa frågor har provschaktningar med sortering och plockanalyser i fält utförts av Golder Associates vid glasbruken i Flerohopp och Älghult.

Material vars egenskaper i stor utsträckning skiljer sig från glas bör vara relativt enkla att skilja från glas. Svårare är det att sortera ut material som t.ex. sten, tegel, keramik och betong. Den egenskap som främst skiljer glas från dessa och liknande material är glasets genomsynlighet. En fungerande optisk sortering för detta finns i drift vid svensk Glasåtervinning. Den materialström som passerar i den anläggningen innehåller dock endast en liten andel främmande material. För att få en uppfattning om denna metod kan appliceras även på glasbruksavfall som innehåller en betydande andel annat material har pilotförsök med optisk sortering utförts av Binder+co som är leverantör av sådana utrustningar.

5.2 Resultat från plockanalyser

En detaljerad beskrivning utförande och resultat, fältanteckningar, foton m.m. från de genomförda plockanalyserna återfinns i Bilaga D. En sammanfattning av resultaten redovisas i Tabell 3

Tabell 3 Resultat från plockanalyser i fält (Golder 2016)

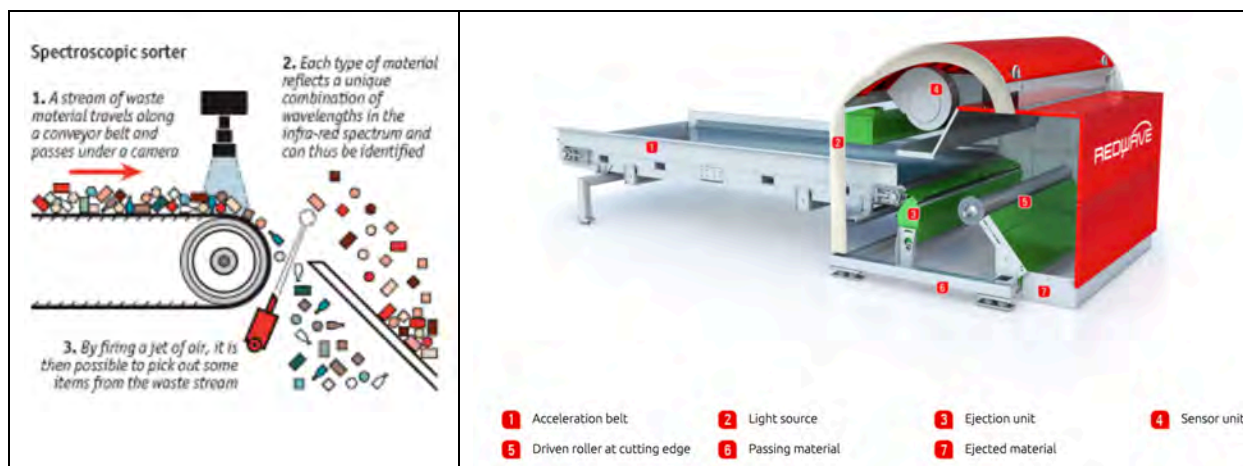
Fraktion		Flerohopp		Älghult	
Glas	< 10 mm	9 %	36 %	5 %	32 %
	10-20 mm	7 %		8 %	
	>20 mm	20 %		19 %	
Annat material > 20 mm	Tegel	16 %	23 %	15 %	26 %
	Sten	7 %		9 %	
	Betong	-		1 %	
	Trä och virke	-		0,1 %	
	Plast	-		0,1 %	
Övrigt	<20 mm	40 %	41 %	40 %	41 %
	>40 mm	1 %		1 %	

Det framgår av sammanställningen att glas utgör ungefär en tredjedel av avfallet i båda deponierna och att lite mer än en fjärdedel av avfallet är glas i fraktioner som är större än 10 mm, som är den fraktionsgräns som tillämpas för utsortering och återvinning som glas vid Svensk Glasåtervinning. Fraktioner < 10 mm rensas inte från främmande material utan används för tillverkning av skumglas som används som lättfyllning m.m., en produkt för vilken renhetskraven är lägre.

Den totala volymen avfall i glasbruksdeponierna beräknades i Kemaktas undersökningar till 300 000 m³ genom extrapolering av uppskattade volymer vid 22 av glasbruket. Baserat på denna uppskattning och sorteringsförsöken kan den totala volymen glas uppskattas till ca 100 000 m³, varav minst 80 000 m³ bör vara möjligt att sortera ut som en ren glasfraktion, förutsatt att de metoder som används vid Svensk Glasåtervinning är tillämpbara även när avfallet domineras av andra fraktioner än glas.

5.3 Resultat från pilotförsök med optisk sortering

För att undersöka om de tillgängliga metoderna för utsortering av glas kan användas har Binder+co genomfört provsortering av avfall från Flerohopp och Älgshult som optisk sortering. Den optiska sorteringsprincipen framgår av Figur 2. Partikelströmmen breddas först ut i ett skikt på ett transportband och belyses med en halogenlampa. Olika material reflekterar en för materialet unik kombination av våglängder i det infraröda spektrat, vilka identifieras med en kamera. När en partikel identifieras som "icke-glas" stöts denna bort med en tryckluftsstöt.



Figur 2 Principskiss för optisk sortering till vänster och en sprängskiss genom en sådan sorteringsutrustning till höger(<https://sehn.org/tccThetruthaboutrecycling.html> respektive <http://www.redwave.com/en/products/redwave-nir> till höger).

Försöket med optisk sortering genomfördes på det osorterade avfallet från Flerohopp och Älgshult. De kornstorleksanalyser som genomfördes visade i likhet med Golders plockanalyser och siktningar att en stor del av materialet består av fraktioner < 20 mm. Resultaten avvek på så sätt att 68 % av det material som levererades till Binder+co var mindre än 12 mm medan Golders plockanalyser visade att 54 % var mindre än 20 mm. Skillnaden kan bero på att från det material som levererades till Binder hade av praktiska skäl stora avvikande partiklar redan sorterats bort. En annan faktor som kan ha betydelse är att Binder+co siktade allt inkommet material medan Golder delade ner det provtagna materialet till mindre prover för siktanalys, som kanske inte varit helt representativa.

Fraktionen < 5 mm bedömdes inte som lämplig för optisk sortering eftersom den huvudsakligen bestod av jordpartiklar. Detta överensstämmer med Golders plockanalyser där endast 5-9 % av materialet < 10 mm bestod av glas.

Den utrustning som användes för sorteringen är lämplig för sortering av fraktionen 5-12 mm och det var följaktligen denna fraktion, vilken utgjorde ca 20 % av levererat material, som sorterades. Ungefär

en tredjedel av denna fraktion eller 7 % av den levererade mängden utgjordes av glas. Detta överensstämmer med Golders resultat. Det bortsorterade materialet bestod bland annat av jordklumpar, sten och tegel medan metaller utgjorde blygsamma 0,4 % av det totalt levererade materialet.

Fraktionen > 12 mm och som inte sorterades bestod enligt en okulär bedömning till stor del av glas, men mängdbestämdes inte. Utgående från Golders resultat kan man förmoda att glas utgjorde ungefär halva denna delström eller ca 20 % av allt levererat material. Enligt Binder+co kan denna delström krossas före sortering. Dock bör material med mindre kornstorlekar sorteras bort före krossning eftersom det annars finns en risk att glas i fraktionen 5-12 mm (som delvis utgjordes av ganska tunna skärv) krossas ner och hamnar i den icke sorterbara fraktionen < 5 mm. Binder+co uppger vidare att en tvättning av materialet före sortering förbättrar utbytet. Svårigheten är att materialet i så fall måste torkas före den optiska sorteringen, för att denna ska fungera optimalt.

Pilotförsöket visade att den optiska sorteringen fungerar, men måste kompletteras med siktsteg, krossningssteg och eventuellt även tvättning för att utbytet ska maximeras. Baserat på de sammantagna resultaten av plockanalyser och det optiska sorteringsförsöket bedöms det som möjligt att avskilja 25-30 % av volymen i glasbruksdeponierna vid Flerohopp och Älgghult som återvinningsbart glas. Om dessa deponier antas vara representativa för Glasriket som helhet kan det vara möjligt att avskilja 80 000 - 100 000 m³ glas för återvinning.

Det ska även nämnas att prover för pilotförsök med optisk sortering även skickades till en annan leverantör av sorteringsutrustningar som valde att inte genomföra något försök.

5.4 Ytterligare sorteringsmöjligheter och behov

Vid schaktsaneringar utförs ofta sortering på plats för att avskilja grovmaterial som större sten och block. Utgående från Golders provschakter där endast 1 % av det schaktade materialet var större än 40 mm är det tveksamt om sådan sortering vid schaktning är meningsfull vid sanering av glasbruksdeponierna, med reservation för att undersökningar endast utförts vid två glasbruk och att förhållandena kan vara annorlunda på andra platser.

Jordtvätt erbjuder en metod att sortera bort finmaterial som inte kan sorteras samtidigt som materialet tvättas. Metoden är väl beprövad och bedöms vara enkel att använda vid den kornstorleksgräns som Binder+co rekommenderar (5 mm). Det är däremot inte möjligt att i dagsläget bedöma om utbytet av glas förbättras i sådan utsträckning att det är ekonomiskt motiverat att jordtvätta materialet.

I en sorteringsanläggning är det möjligt att bygga in andra steg före den optiska sorteringen som kan avskilja material med väsentligt andra egenskaper. Vid svensk Glasåtervinning avskiljs lätta material (t.ex. papper och plast) med vakuum och metaller med magneter och virvelströmsseparator (för icke-metalliska magneter). De genomförda försöken indikerar att innehållet av sådana fraktioner i glasbruksdeponierna är litet och behovet av sådana steg i en sorteringsanläggning som litet.

Vidare kan det utsorterade glaset sorteras ytterligare efter innehåll av metaller (bly) med hjälp av röntgenfluorescens (XRF) och efter färg. Sorteringsanläggningar med sådana steg för glasåtervinning finns i drift på andra platser och bör kunna användas även i Glasriket efter det att glasskärvan först sorterats ut. Om det är meningsfullt att introducera sådana steg beror på hur den slutliga återvinningen ser ut.

6 Deponering av glasbruksavfall

6.1 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 avfall

let 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 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.

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 lakteter från 5 % av bruken och representerar en mycket liten del av det avfall som kommer att genereras. Osäkerheterna i bedömningen är därmed stora.

6.2 Provningsmetoder och deras betydelse för mottagning på deponier

Kemakats undersökningar omfattade även icke standardiserade lakförsök på större tvättade glasbitar (20-40 mm), utan innehåll av finfraktioner. Utlakningen i dessa lakförsök var lägre än utlakningen från glaskross 0-4 mm som följde standarden SS-EN 12457 och om dessa resultat kan accepteras för klassning skulle glasskärven i denna fraktion och uppåt kunna tas emot på deponier för icke-farligt avfall. Sannolikt gäller detta även för mindre fraktioner, men var gränsen går har inte undersökts. Ett sådant förfarande kompliceras dock av bestämmelserna i NFS 2004:10. Enligt andra stycket 11 § ska man för grundläggande karakterisering av ett avfall för avstämning av mottagningskriterier vid deponier använda någon av följande standardiserade lakteter:

SIS-CEN TS 14405 Perkolationstest i kolonn med 5 cm diameter för material med kornstorlek upp till 4 mm eller i kolonn med 10 cm diameter för material med kornstorlek upp till 10 mm.

SS-EN 12457 – 3 Tvåstegs skaktest vid L/S 0-2 och L/S 2-10 för material med kornstorlek upp till 4 mm.

Gemensamt för båda metoderna är att material med större kornstorlek än vad som anges i respektive provningsmetod (dvs. 4 mm respektive 10 mm) ska krossas så att den maximala kornstorleken underskrids.

I normalfallet (fallande avfallsströmmar) används båda metoderna, perkolationstest för grundläggande karakterisering och skaktester för överensstämmelseprovning (under förutsättning att överensstämmelsen mellan de båda metoderna är god). Överensstämmelseprovning krävs inte för avfall som inte genereras regelbundet. För deponering av uppgrävda förorenade massor används oftast skaktester för att avgöra till vilken typ av deponi massorna ska föras.

Bestämmelserna i NFS 2004:10 kan medföra att det inte är möjligt att sortera ut glasskärven i större fraktioner och omhänderta dessa som icke-farligt avfall även om utlakningen från dessa fraktioner är liten. Vid provning enligt de standardiserade metoderna måste glasskärven först krossas ner varvid utlakningen ökar och enligt Kemakats undersökning överskrider mottagningskriterier för mottagning på deponier för icke-farligt avfall.

I samtal med Naturvårdsverkets handläggare (Wigart, 2017) framkom att det trots bestämmelserna i andra stycket 11§ bör vara möjligt att välja andra testmetoder som innebär att nedkrossning för provning av en utsorterad fraktion glasskärven kan undvikas. Detta möjliggörs av skrivningen i tredje stycket: *"Ifall det saknas tillämpbara metoder enligt andra stycket skall avfallsproducenten underrätta till-*

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

synsmyndigheten om vald provningsmetod". En komplettering till denna bestämmelse återfinns i andra stycket 16 §: *"I de fall nämnda testmetoder inte är tillämplbara ska en metod där kemisk jämvikt avses uppnås mellan avfall och lakvatten användas för jämförelse med likvärdiga gränsvärden"* Det blir då upp till den aktuella tillsynsmyndigheten att godkänna det förfarande som avfallsproducenten använder.

Av Kemaktas lakförsök framgår att skillnaden mellan utlakning från krossat glas och hel glasskärv generellt är stor och att utlakningen från glasbitar i korttidsförsök underskrider mottagningskriterier på deponier för icke-farligt avfall och farligt avfall som deponeras på en deponi eller deponicell för icke-farligt avfall (30 § NFS 2004:10). Även de mättnadsförsök som utförts under längre tid (upp till 11 veckor) och som bör kunna motsvara kraven på försök som syftar till att uppnå jämvikt (16 §) indikerar att kriterierna bör kunna innehållas om glasbitarna inte krossas före lakning.

7 Logistik för avfallshantering vid saneringar i Glasriket

7.1 Allmänt

De genomförda undersökningarna visar att avfall i glasbruksdeponierna innehåller en stor andel glasavfall som är möjligt att sortera ut till en ren glasfraktion med befintlig teknik, även om en sorteringsanläggning bedöms bli relativt kostsam. Vidare pågår ett utvecklingsarbete för att ta fram metoder för att återvinna glas och metaller från glasavfallet. Även om en sorteringsanläggning och återvinning kommer till stånd kommer det att finnas ett fortsatt behov för omhändertagande av restfraktionen efter sortering, som enligt de utförda undersökningarna till stor del tycks bestå av förorenade jordmassor.

Från de förorenade jordmassorna som uppkommer vid saneringar av bruksområden bedöms det i huvudsak inte som möjligt att sortera ut en ren fraktion glasavfall eftersom inslaget av glasskärv är alltför litet, även om undantag kan förekomma. Dessa massor behöver alltså omhändertas på annat sätt.

Sannolikt kommer både den utsorterade restfraktionen efter sortering och den förorenade jorden från bruksområdena att behöva deponeras. Metoder för att avlägsna arsenik och metaller för att på så sätt rena jorden och återvinna den som fyllningsmassor bedöms inte vara utvecklade inom överskådlig tid. I viss utsträckning kommer det att vara möjligt att i samband med schaktning av jorden och deponierna sortera ut en fraktion grovjord (stor sten och block) som inte är förorenad utan kan återfyllas. Det kan också finnas brännbara fraktioner som sorteras ut för energiåtervinning. Dessa återvinningsmöjligheter har sannolikt inte någon större betydelse för massbalansen. Sammantaget bedöms detta innebära att deponeringsbehovet kommer att uppgå till i storleksordningen 900 000 m³ förorenad jord medan som mest 100 000 m³ glasavfall skulle kunna återvinnas. Dessa siffror bygger på extrapolering av volymsberäkningar från Kemaktas undersökningar och resultat från sorteringsförsöken och är således behäftade med stor osäkerhet.

7.2 Mellanlagringsbehov

Om glasavfall ska kunna återvinnas behövs sannolikt ett relativt stort mellanlager. Dels behöver glasavfall mellanlagras till dess det finns en återvinningsanläggning på plats, dels är det sannolikt att denna 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 avfall från glasbruksdeponier som behöver hanteras. Det är i dagsläget svårt att beräkna hur mycket avfall som behöver mellanlagras eftersom detta kommer att styras dels av hur snabbt efterbehandlingsarbetet framskrider, dels av hur snart en anläggning för återvinning av glas kan komma på plats. För närvarande har utvecklingen av metoder inte framskridit tillräckligt långt för att ens bedöma om det är ekonomiskt möjligt att etablera en sådan anläggning med tillhörande sorteringsverk. Lagringsbehovet kan naturligtvis begränsas till enbart glasfraktionen om ett sorteringsverk som utnyttjar befintlig teknik etableras, men för det fall återvinningsmöjligheterna inte realiserar i framtiden innebär detta en stor och sannolikt onödig kostnad.

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 förses med en konstgjord geologisk barriär. Förutom den geologiska barriären krävs ett tätskikt och en bottendränning 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.

7.3 Lokalisering av ett mellanlager

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 redovisas på en översiktskarta med information om intressekonflikter i Bilaga C.

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 B. 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 har varit kraftigt förorenad av främst dioxin men området har efterbehandlats med SGU som huvudman. Området är ca 8 ha stort, och har direkt förbindelse till järnvägen. Hela eller delar av området kan 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 har förts 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 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 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. KSRR anser sig ha resurser, mark och tillstånd för ett mellanlager men har inget stickspår. Järnvägen passerar utanför området. KSRR 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 de studerade alternativen bedöms Lessebo f.d. sågverk och Nybro kombicentral som de lämpligaste alternativen från teknisk och ekonomisk synvinkel, med reservation för att inga grundundersökningar har utförts. Diskussioner behöver föras med kommunerna och andra berörda aktörer om lämplig lokalisering och områdena behöver undersökas ytterligare.

7.4 **Deponering av förorenade jordmassor**

Av de uppemot 700 000 m³ förorenade jordmassor från bruksområden som kan behöva deponeras bedöms ungefär en fjärdedel utgöra farligt avfall enligt Kemaktas undersökningar. Om detsamma antas gälla för de ca 200 000 m³ förorenade massor som skulle falla som en restfraktion efter utsortering av återvinningsbart glas från glasbruksdeponierna skulle totalt 200 000 – 300 000 m³ behöva deponeras på en deponi för farligt avfall medan resterande del skulle kunna tas emot på en deponi för 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 transportererna 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. 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 har utöver tillstånd att ta emot och deponera förorenade jordmassor som kan tas emot på en deponi för icke-farligt avfall även tillstånd att ta emot 250 000 ton farligt avfall per år. KSRR uppger att man har kapacitet att här ta emot hela 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.

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. Rassebygd

I Rassebygd 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 förorenade jordmassor tas emot idag (Moskogen och Linneberga) i sydost respektive nordväst vilket innebär att långa transportavstånd ändå kan undvikas för det fall avfall från efterbehandlingsarna dirigeras till dessa två deponier.

7.5 Samlokalisering av mellanlager, sorteringsanläggning och deponi

Med hänsyn till logistiska förhållanden och ambitionerna att minska transportbehovet är det troligen mest fördelaktigt att lokalisera ett mellanlager och en deponi på samma plats. Restfraktionen efter utsortering av glas från glasbruksdeponierna behöver då inte transporteras bort utan kan deponeras på en intilliggande deponi. Beroende på vilket återvinningsalternativ som kan bli verklighet i en framtid bör det även finnas plats för lokalisering av en återvinningsanläggning. Den metod som utvecklas vid RISE Glas är inriktad specifikt mot glasavfall från saneringar av glasbruksdeponier och det är naturligt att en sådan anläggning förläggs inom Glasriket. I ett sådant scenario blir närheten till järnväg som varit ett kriterium vid studien av lämpliga platser för ett mellanlager inte längre betydelsefull. Det blir i stället mer intressant att söka en plats som ger det sammantaget minsta transportbehovet.

Kartstudier över området, dels av intressekonflikter enligt Bilaga C, men även geologiska förhållanden enligt SGUs jordartskarta indikerar att det finns lämpliga platser centralt inom Glasriket, vilket förmodligen skulle ge det sammantaget minsta transportarbetet för det fall alla glasbruk skulle saneras.. 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 mer tveksamt om en anläggning för återvinning av metaller och kiseloxid med saltextraktion kommer att förläggas inom glasriket eftersom denna metod är intressant även för andra avfall med stort metallinnehåll. Detta skulle tala för en lokalisering till järnvägen, på en plats där det även är möjligt att anlägga en deponi, om inte i omedelbar anslutning så i närheten. Emellertid är glasavfallet mindre intressant som råvara för saltextraktion eftersom blyinnehållet enligt Kemaktas undersökningar inte är särskilt stort.

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 Lokalt omhändertagande

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 föras 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 lokal 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 föroreningarna 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 tillförs jorden). Olika tillsatsmedel används för att uppnå dessa resultat. Förutom dessa metoder kan förorening 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 egenskaper förbättras. Bindemedel ökar generellt hållfastheten och förbättrar deformationsegenskaperna i jorden.

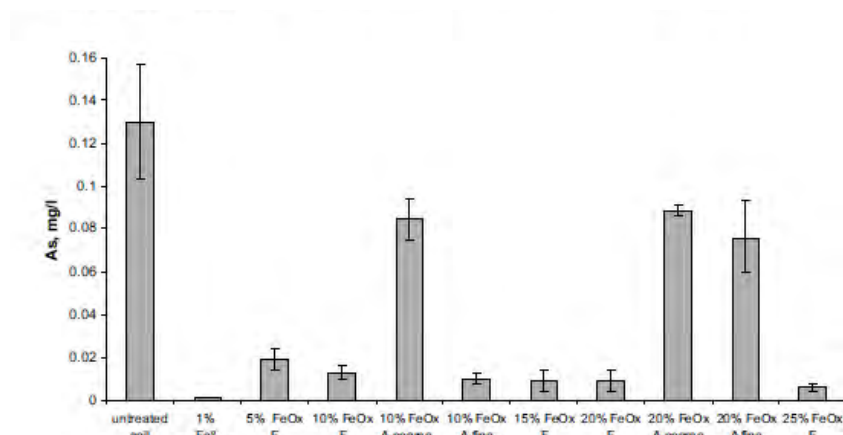
Flera olika metoder kan användas för att uppnå stabilisering eller solidifiering. Den vanligaste är att blanda in cement med eller utan kiseldioxid, s.k. puzzolan/portland cement, ofta med tillsats av finmald, granulerad masugnsslagg (slaggcement). Cement består till stor del av kalciumoxid och puzzolan 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 konduktiviteten 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 bindningsytorna 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 arsenik 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 utlakningen 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 slaggcement 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, gytta 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 effekt. 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 lämpliga 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 barium bildar precis som tungmetallerna katjoner (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 3 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 gällande att arsenikutlakningen (från en sandig jord) minskade tydligt vid tillsats av järn. Försöket visade att metalliskt järn (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.



Figur 3. 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.

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.

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 akutttoxisk, 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 (Kemakta 200/). 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 metalliska slaggar och är inte anpassad för avfall med de i sammanhanget låga metallhalter som finns i glasavfallet. RISE Glas driver för närvarande ett utvecklingsprojekt för att ta fram en metod som tillvaratar både glasmassa och metaller för återvinning. Metoden är anpassad för glasavfall och har förutsättningar att bli kostnadseffektiv även för glasavfall med låga metallhalter. Metodutvecklingen kan så småningom leda till att en anläggning för återvinning av glasavfall inom Glasriket etableras.

Eftersom en anläggning för återvinning inte kan finnas på plats 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 nyligen efterbehandlats och efterlämnat ett relativt stort område intill spårområdet. Även i Nybro finns ett område med goda förutsättningar intill den kombiterminal som anlagts i de östra delarna av Nybro, men ett mellanlager skulle även kunna anläggas i Emmaboda.

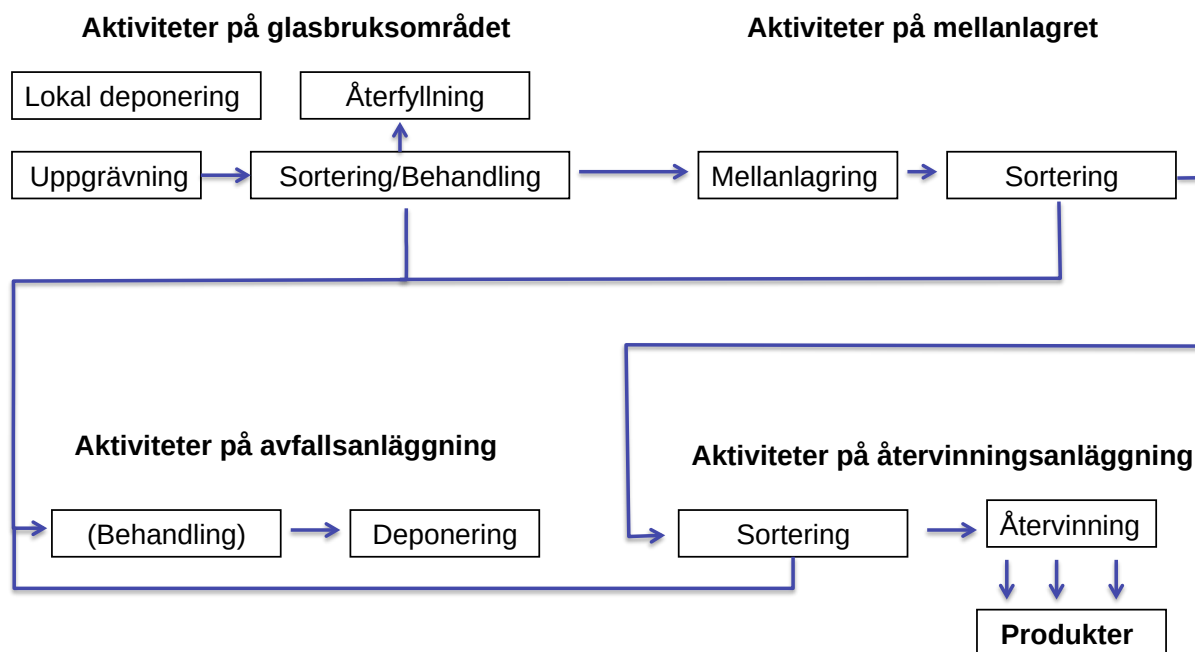
Utförda försök antyder att glasinnehållet i deponierna uppgår till ungefär en tredjedel av den totala mängden avfall och att 25-30 % av den totala mängden skulle kunna sorteras ut som en ren glasfraktion med befintlig teknik för optisk sortering. Vid behov kan en sådan sortering kompletteras så att

glasskärv med högre blyhalt kan avskiljas för sig med hjälp av en sorteringsenhet som använder röntgenfluorescens.

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 ur spridningssynpunkt. Sorteringsmöjligheterna bedöms därför som osäkra till dess att undersökningar utförts.

Deponering av förorenade jordmassor kan ske på befintliga och planerade deponier i Glasrikets närområde och långväga transporter kan undvikas. Det är troligen möjligt att ytterligare förbättra resurshushållningen genom anläggning av en centralt belägen specialdeponi inom Glasriket. För det fall en återvinning av glas kommer till stånd inom Glasriket kan även mellanlagring och sortering av avfall från glasbruksdeponierna samt återvinningsanläggningen placeras här.

Från resurshushållningssynvinkel är det också fördelaktigt att begränsa uppgrävning av förorenade massor och i stället vidta åtgärder på plats där detta är möjligt med hänsyn till framtida markanvändning, t.ex. genom att deponera uppgrävda massor över kvarlämnade föroreningar och sedan förse dessa med en kvalificerad täckning. 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 efterbehandlingar och därmed också tveksamt om det är möjliga att genomföra annat än i undantagsfall. Detta torde även gälla andra åtgärder som kvarlämnar förorenade massor, t.ex. stabilisering/solidifiering.



Figur 4 Tänkbar logistik och processkedja för hantering av avfall vid efterbehandling av ett glasbruk. En kvalificerad sorteringsanläggning för att ta fram glasråvara för återvinning av glassmassa och/eller metaller kan placeras i anslutning till ett mellanlager, men också vid återvinningsanläggningen.

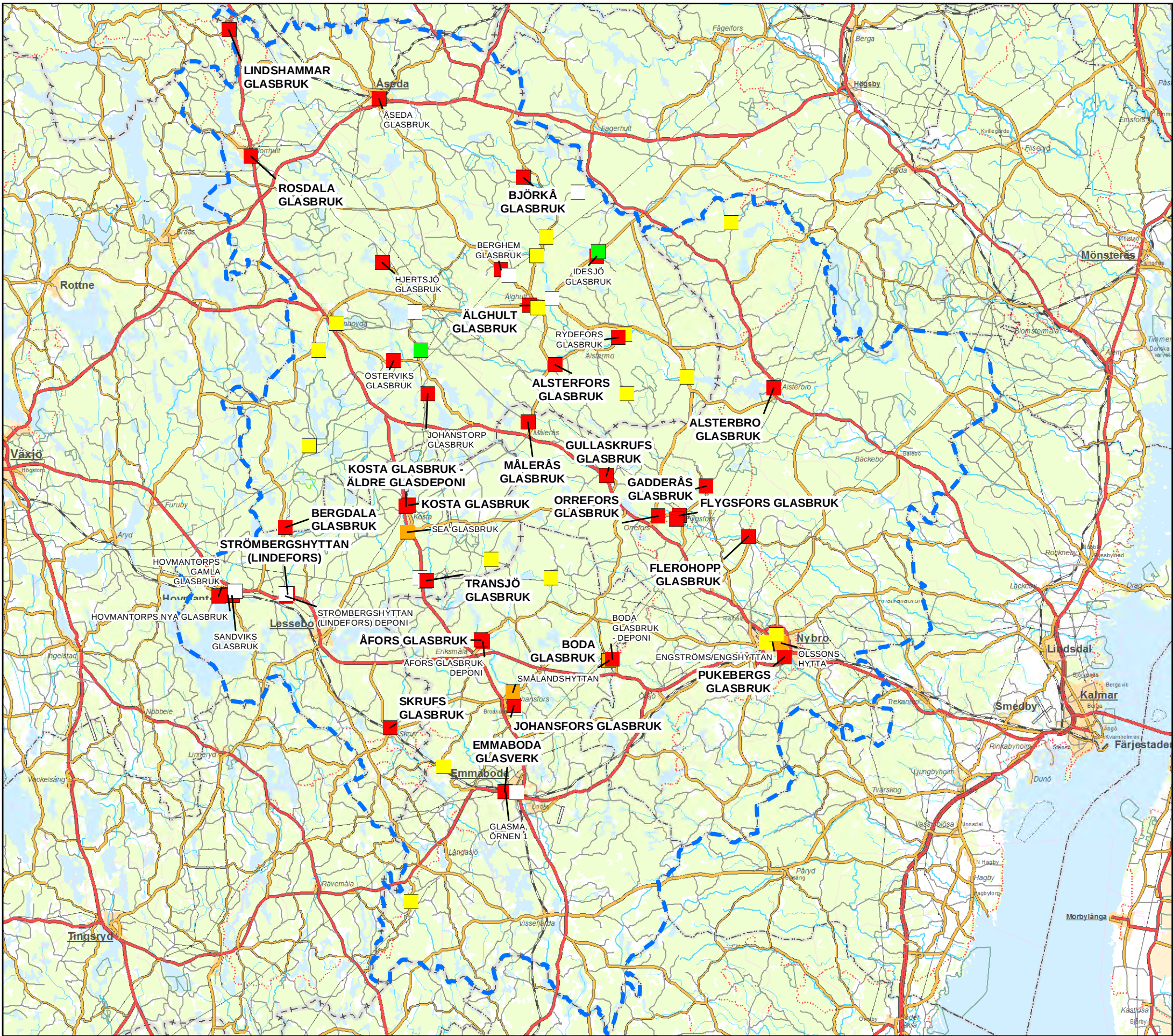
Baserat på genomgången av tillgängliga metoder redovisas en tänkbar processkedja för hantering av avfall vid efterbehandling av glasbruk i Figur 4. En anläggning för kvalificerad sortering av glasavfall med syfte att ta fram en glasråvara för återvinning av glasmassa och/eller metaller kan placeras antingen 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.

10 Referenser

Kemakta Konsult AB (2007): Slutrapport Glasbruksprojektet 2006-2007 (Glasbruksprojektet Dnr 577-11784-05, 2007-12-10).

Kumpiene, J (2005): Assessment of trace element stabilisation in soil. Doktorsavhandling, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå Tekniska Universitet.

Wigart (2017): Personlig kommunikation med Kari Wigart 2017-01-10, då handläggare vid Naturvårdsverket.

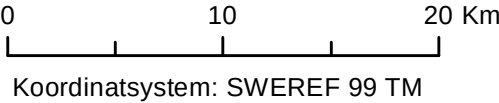


- TECKENFÖRKLARING
- RISKKLASSNING ENLIGT MIFO
- 1 - Mycket stor risk (37 st.)
 - 2 - Stor risk (5 st.)
 - 3 - Måttlig risk (17 st.)
 - 4 - Liten risk (2 st.)
 - Ej riskklassad (10 st.)

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

ÖVRIGT

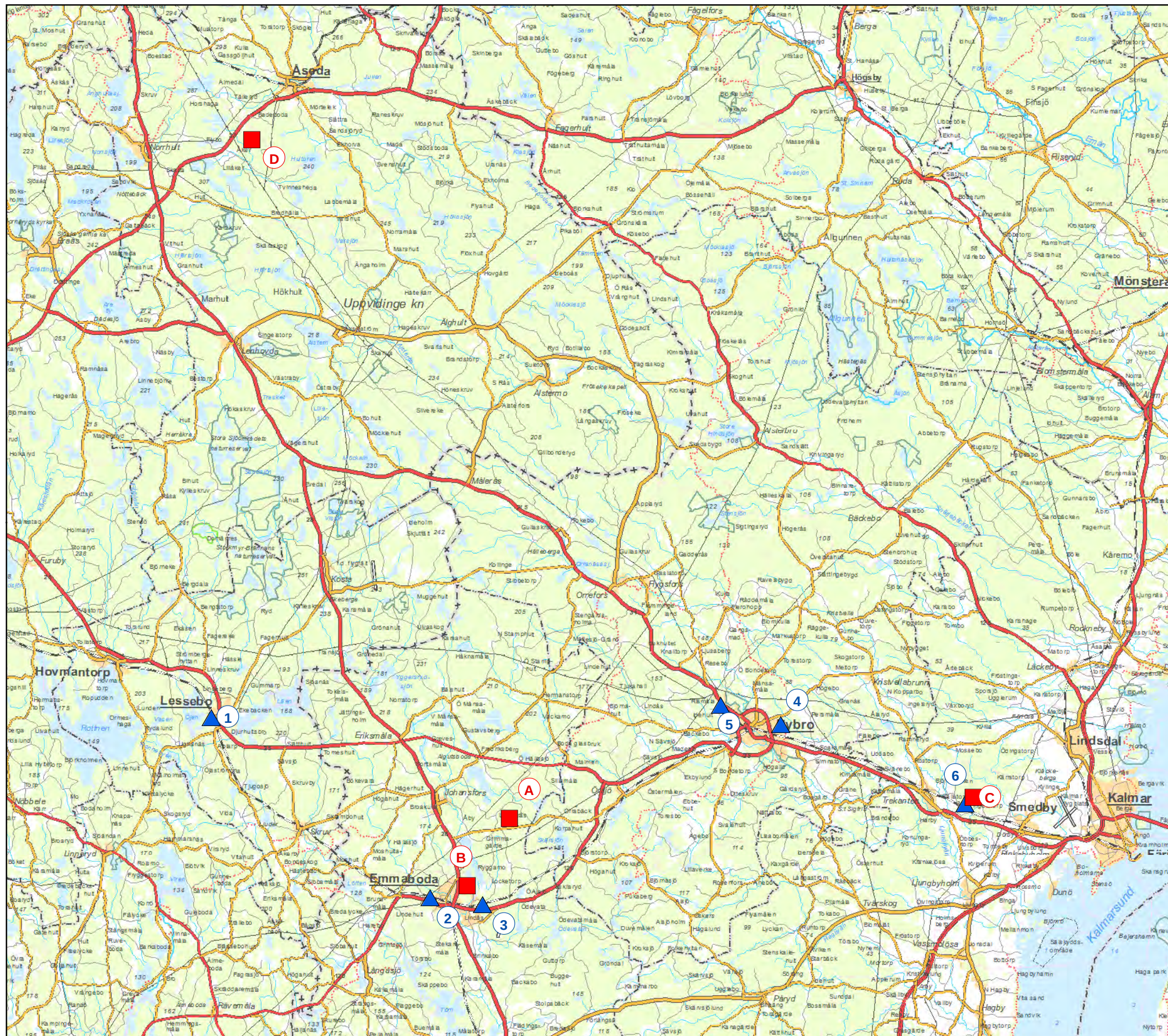
Glasriket



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).





Projektnr.	1470455	BILAGA C
Skala (A3):	1:350000	
Datum	2016-04-18	

TECKENFÖRKLARING



GLASBRUK (LST FÖRORENADE OMRÅDEN) (80 ST.)



ALLA RIKSINTRESSEN

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



ALL SKYDDAD NATUR (JORDBRUKSVERKET)

Ängs- & Betesmarksinventering



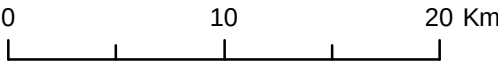
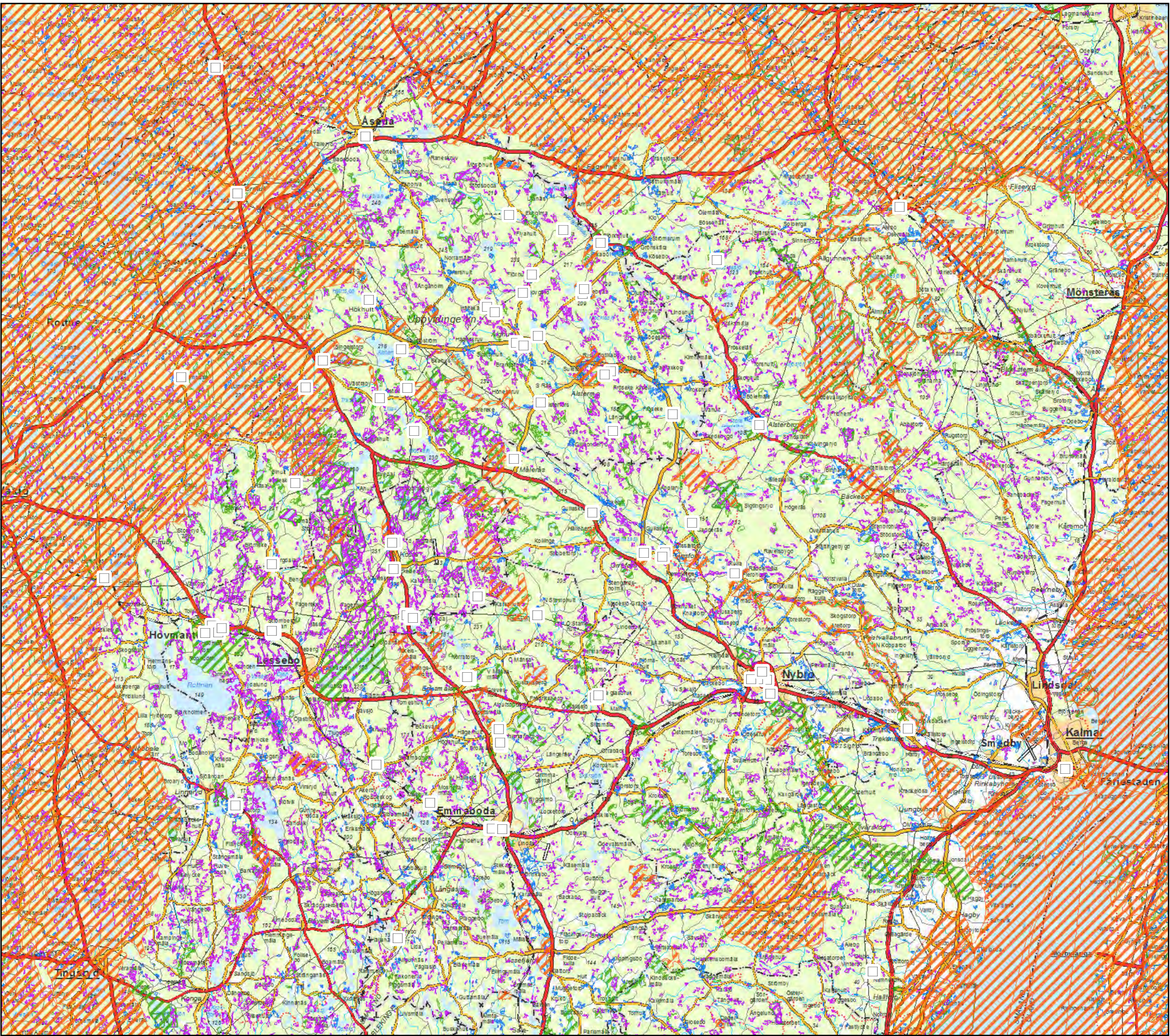
ALL SKYDDAD NATUR (SKOGSSTYRELSEN)

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



Koordinatsystem: SWEREF 99 TM





2016-12-21

SGU dnr 34236-2728/2015

FÄLTRAPPORT PLOCKANALYS

Åtgärder Glasbruksprojektet

Framställd för:
Sveriges Geologiska Undersökning

RAPPORT



Uppdragsnummer: 1663650





Innehållsförteckning

1.0	INLEDNING	1
2.0	METOD	1
2.1	Schaktning och uppläggning av massor	1
2.2	Okulärbesiktning samt provuttag	1
2.3	Plockanalys	2
3.0	RESULTAT	2
3.1	Flerohopp	2
3.1.1	Okulärbesiktning	3
3.1.2	Plockanalys	4
3.1.3	Sammansättning av siktrest < 20 mm	4
3.2	Älghult	5
3.2.1	Okulärbesiktning	5
3.2.2	Plockanalys	6
3.2.3	Sammansättning av siktrest < 20 mm	7
4.0	REFERENSER	7

Tabell

Tabell 1: Resultat av plockanalys som genomförts på material hämtat inom utfyllnadsområdet i Flerohopp (enhet: kg)	4
Tabell 2: Andel glasavfall i siktat material (<20 mm) från Flerohopp	4
Tabell 3: Resultat av plockanalys som genomförts på material hämtat inom utfyllnadsområdet i Älghult (enhet: kg)	6
Tabell 4: Andel glasavfall i siktat material (<20 mm) från Älghult	7

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Läge för utförd schakt i Flerohopp samt bedömt utfyllnadsområde utifrån tidigare utförda undersökningar (Swepro, 2006)	3
Figur 2: Schaktens läge och bedömd gräns för utfyllnadsområde från tidigare utförd utredning (Geo Innova, 2006). Utritad gräns är inte korrekt varför schakten ser ut att ligga utanför utfyllnadsområdet	5



BILAGOR

BILAGA A

Fotologg

BILAGA B

Fältprotokoll

BILAGA C

Analysprotokoll geoteknisk analys

1.0 INLEDNING

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har anlitat Elander Miljöteknik AB (EM) med resurser från Golder Associates AB (Golder) och med Helldén Environmental Engineering AB (HEE) som underkonsult för fördjupade utredningar om glasbruksavfallets miljöegenskaper och avfallshantering inom det s.k. Glasrikeuppdraget.

I uppdraget ingår bland annat att undersöka inblandningen av främmande material och avfall i utvalda utfyllnadsområden för en bedömning av möjligheterna att sortera ut glas för återvinning. Upplägget är baserat på tidigare lämnat PM "Provtagningsplan för provtagning av glasbruksavfall" upprättad av HEE i augusti år 2016.

En provschakt har utförts i utfyllnadsområdet i Flerohopp (Nybro kommun) och en provschakt har utförts i utfyllnadsområdet i Älghult (Uppvidinge kommun).

I föreliggande rapport beskrivs genomförandet av de fältarbeten som Golder har utfört vid Flerohopp och Älghults f.d. glasbruk mellan den 21-25 november år 2016.

2.0 METOD

2.1 Schaktning och uppläggning av massor

En 10m lång och c:a 1,5 m bred schakt grävdes i nordsydlig riktning i den centrala delen av respektive utfyllnadsområde. För att särskilja material från olika delar av schakten genomfördes grävandet i fem stycken sektioner om 2 m. Varje sektion namngavs från A (längst i norr) till E (längst i söder) och schaktmassor tillhörande samma sektion lades upp i olika högar för varje halvmeter i djupled. Schaktdjupet bestämdes främst av grävmaskinens räckvidd vilket i båda fallen innebar att schaktandet pågick till c:a 3 m djup och således att även att 6 stycken halvmetersvisa högar lades upp för varje sektion. Ett undantag från detta djup var dock tvungen att göras i de sydligaste delarna av schakten i Flerohopp då marklutningen endast medgav schakt ner till 2 m. För att kontrollera att denna indelning bibehölls under hela arbetet gjordes mätningar kontinuerligt med måttstock.

Mittpunkten på schaktens centrollinje mittpunkt mättes in med GPS. Koordinater bifogas i fältprotokoll.

2.2 Okulärbesiktning samt provuttag

Då schakterna färdigställts besiktades dessa och de upplagda massorna okulärt med avseende på glasavfall och inblandning av annat innehåll. Som stöd för besiktningen användes den punktlista som presenteras på sid 10 i Helldén Environmental Engineering (2016) och resultatet av den dokumenterades noga med hjälp av foto och anteckningar.

När samtliga massor lagts upp enligt ovan togs stickprov om c:a 10-15 kg material ut från vardera hög, representerande olika djup, inom samma 2 m- sektion. Uttaget gjordes i 10 L- hinkar och hänsyn togs till materialets representativitet gällande kornstorlek och sammansättning i jämförelse med motsvarande schaktväggar. Totalt medgav förfarandet att c:a 70 kg material från varje 2 m- sektion uttogs från markyta till schaktbotten. Efter insamlandet vägdes samtliga stickprov med 0,1 kg noggrannhet och prov från samma sektion slogs därefter ihop.

2.3 Plockanalys

Efter vägning och hopslagning av stickprover inom varje sektion siktades det uttagna materialet i för ändamålet konstruerade handsiktat med maskvidd 20 mm. Material som ej föll igenom siktarna sorterades sedan i enlighet med tabell 2 ur Helldén Environmental Engineering (2016) varpå det vägdes. För det siktade materialet noterades sammansättning och karaktär okulärt och från varje analyserad sektion togs ett delprov om c:a 2 kg. Det delprov som bedömdes som mest representativt för respektive schakt valdes därefter ut för att skickas på geoteknisk analys av total siktkurva inkluderande fraktioner mellan >2 mm och <0,002 mm på ALS Global AB. För båda områdena föll detta val på delprovet från sektion C. Under hela plockanalysens gång fotodokumenterades utfallen kontinuerligt.

För att få en uppfattning om andelen glas i fraktionen <20 mm gjordes även en plockanalys av det siktade materialet. Ett samlingsprov om c:a 1,3 kg per schakt av det material som siktats i fält togs ut. Samlingsproverna stälptes därefter upp i varsitt tråg och synligt glas sorterades ut för hand i fraktioner större eller mindre än 1 cm. För att lättare kunna urskilja glasavfallet från övrigt innehåll sköljdes materialet med jämna mellanrum med vatten. Efter att det utsorterade glaset torkat vägdes det och erhållna glasmassor jämfördes med respektive samlingsprov totalmassa.

3.0 RESULTAT

3.1 Flerohopp

Den 21-23 november 2016 utfördes fältarbeten i Flerohopp. Figur 1 visar schaktens läge. I BILAGA A bifogas foton från undersökningarna. I BILAGA B bifogas samtliga fältprotokoll. I BILAGA C bifogas analysprotokoll från geoteknisk analys.



Figur 1: Läge för utförd schakt i Flerohopp samt bedömt utfyllnadsområde utifrån tidigare utförda undersökningar (Swepro, 2006).

3.1.1 Okulärbesiktning

Att döma av schaktväggar och upplagt material består det urschaktade området i Flerohopp av liknande material sett till samtliga av de tio längdmeter som schaktats och någon större skillnad mellan de horisontella sektionerna kunde ej observeras. Den översta halvmeteren av schakten befanns huvudsakligen utgöras av sandig fyllning med mindre inslag av större, gröna glasbitar samt av organiskt material. Mellan 0,5 och 2 m djup domineras sedan fyllningen av rött och eldfast tegel med större, främst gröna men även ofärgade, röda och blåa glasrester som näst största fraktion. Efter 1,5 m djup tilltar sedan mängden glasavfall markant och vid och nedom 2 m uppskattas massorna bestå till hälften av finkrossat, grönt och ofärgat glas och till hälften av sand med inslag av sten.

Mot bakgrund av de iakttagelser som gjorts i fält görs den sammantagna bedömningen att andelen glas inom det utgrävda området i Flerohopp uppgår till c:a 40 % av den totala mängd material som påträffats och att detta avfall i huvudsak är grönt till färgen. Därtill uppskattas att övrigt schaktmaterial består till 10 % av tegel, 50 % av sandig fyllnadsjord med inslag av sten och att övrigt material såsom plast eller järnskrot endast förekommer i försumbart små mängder. Vidare konstateras att glasavfallets karaktär varierar över schaktdjupet då det i de övre skikten främst består av större gröna klumpar medan det i de djupare horisonterna utgörs av mer finkrossade fraktioner. Slutligen bör tilläggas att som ovan uppskatta andelen glas på endast på okulär grund inte är helt enkelt. Detta i och med att framförallt finare glasfraktioner vid en

första anblick lätt kan misstas som grus eller mindre stenar och därtill eftersom mycket av glaset i de flesta av fallen i Flerohopp varit smutsigt och lätt kan förbises då det förekommit blandat med jord och annan fyllning.

3.1.2 Plockanalys

Resultatet av plockanalysen i Flerohopp redovisas i Tabell 1. Av fraktioner över 20 mm påträffades främst tegel, sten och glas. Vad gäller det material som siktats så befanns det vara utseendemässigt mycket likt i samtliga schaktsektioner och bestod tillsynes av mörk sand med inslag av mindre rötter samt stora mängder glaskross i skiftande färger.

Tabell 1: Resultat av plockanalys som genomförts på material hämtat inom utfyllnadsområdet i Flerohopp (enhet: kg).

Sektion (djup)	Total provmängd	Siktrest <20 mm	Material > 20 mm			
			Glas	Tegel	Sten	Övrigt
A (0-3 m)	66	24,9	18,7	9,0	12,4	1,0 (förkolnat material/ slagg)
B (0-3 m)	59	32,7	18,0	5,3	3,0	-
C (0-3 m)	68,2	30,5	11,5	18,0	5,2	3 (förkolnat material)
D (0-2 m)	53,1	34,6	8,2	9,3	1,0	-
E (0-2 m)	100,0	70,3	12,9	13,0	3,5	0,3 (rötter)

3.1.3 Sammansättning av siktrest < 20 mm

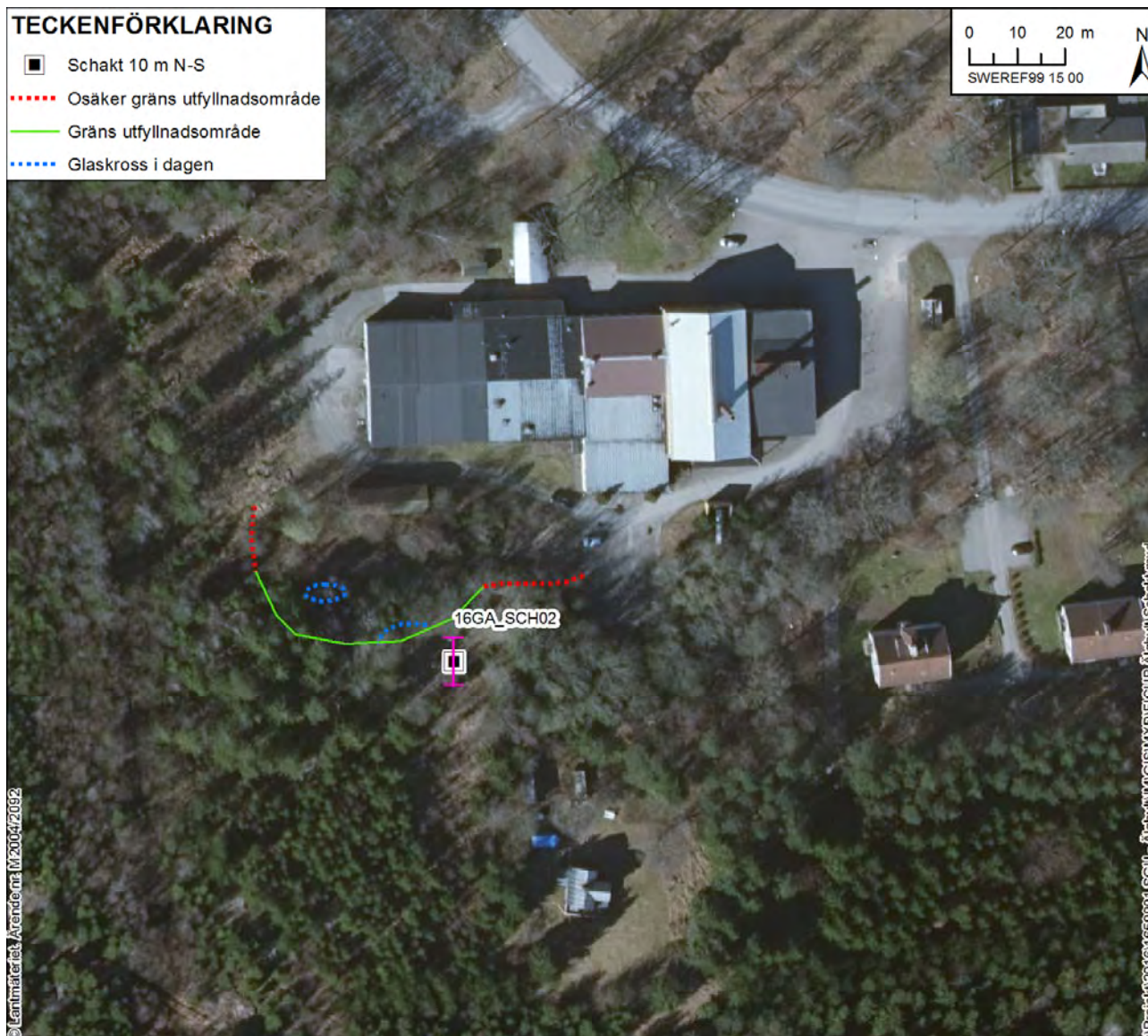
Resultatet av siktrestundersökningen redovisas i Tabell 2. Det undersökta materialet bedöms bestå av fyllnadsand med en betydande andel glasavfall. Vidare var det mesta av det glas som påträffades vid undersökningen mindre än 10 mm och antingen grönt eller ofärgat.

Tabell 2: Andel glasavfall i siktat material (<20 mm) från Flerohopp

Område	Undersökt mängd (kg)	Andel av det siktade materialet som utgörs av glasavfall (%)	Andel av det siktade materialet som utgörs av 10-20 mm stora glasbitar (%)
Flerohopp	1,3	29	13

3.2 Älghult

Den 24-25 november 2016 utfördes fältarbeten i Älghult. Figur 2 visar schaktens läge. I BILAGA A bifogas foton från undersökningarna. I BILAGA B bifogas samtliga fältprotokoll. I BILAGA C bifogas analysprotokoll från geoteknisk analys.



Figur 2: Schaktens läge och bedömd gräns för utfyllnadsområde från tidigare utförd utredning (Geo Innova, 2006). Utritad gräns är inte korrekt varför schakten ser ut att ligga utanför utfyllnadsområdet.

3.2.1 Okulärbesiktning

I Älghult befanns den undersökta schakten i huvudsak bestå av stenig morän på ca 3 m djup, överlagrad av 2-2,5 m svart- eller gråaktig fyllnadsjord främst innehållande tegel och glasavfall. Den översta halvmetern av fyllningen befanns i samtliga sektioner domineras av eldfast tegel även om det nära schaktdikets norra och södra ändar påträffades betydande mängder olikfärgat glas. Vidare observerades i detta skikt en hel del organiskt material samt ett stort antal plastsäckar märkta med texten "Kydrat Pottaska" ur vilka ett ljusgrått finkornigt material tycktes ha läckt. Efter 0,5 m djup fortsatte fyllningen att domineras av tegel i den södra

halvan av schakten till dess att morän tog vid medan den i schaktens norra del till största del befanns bestå av glasavfall ovanför den naturliga jorden. Vidare påträffades i schaktens två sydligaste sektioner större inslag av förkolnat organiskt material mellan 0,5 och 2 m.

För undersökt utfyllnad i Älghult görs bedömningen att den i sin helhet domineras av rivningsavfall av främst tegel och att glas utgör näst största avfallsfraktion med ungefär en tredjedel av det samlade materialet. Därutöver återfinns brunsvart eller gråaktig fyllnadssand samt förkolnat material som inslag med viss betydelse. Om schakten istället bedöms sektionssvis uppskattas glasavfallet utgöra mer än 70 % procent av fyllnadsmassorna i de tre nordligast belägna sektionerna medan det endast anses ingå som inslag i fyllningen i de två övriga.

3.2.2 Plockanalys

Resultatet av plockanalysen i Älghult redovisas i Tabell 3. Material större än 20 mm befanns i huvudsak bestå av rivnings- och glasavfall. I det siktade materialet noterades stora mängder genomskinliga och gröna glasbitar, grus och sand samt inslag av finare rötter.

Tabell 3: Resultat av plockanalys som genomförts på material hämtat inom utfyllnadsområdet i Älghult (enhet: kg).

Sektion (djup)	Total provmängd	Siktrest < 20 mm	Material > 20 mm						
			Glas	Betong	Tegel	Trä, virke	Plast	Sten	Övrigt
A (0-3 m)	76,1	35,0	23,9	-	8,5	0,1	0,1	8,5	-
B (0-3 m)	78,2	32,6	11,4	2,3	22,9	-	-	8,0	1,0 (förkolnat material)
C (0-3 m)	68,0	50,5	10,4	-	-	-	-	6,3	0,8 (förkolnat material)
D (0-3 m)	66,7	39,3	12,0	-	4,7	-	-	7,8	2,9 (förkolnat material: 2,4 kg, vit finkornig klump: 0,5 kg)
E (0-3 m)	66,2	31,3	10,7	-	18,2	-	-	3,0	3,0 (organiskt material)

3.2.3 Sammansättning av siktrest < 20 mm

Resultatet av siktrestundersökningen redovisas i Tabell 2. Det undersökta materialet visade sig till största del bestå av fyllnadssand. Glasavfallet befanns utgöra näst största fraktion och bestod i huvudsak av ofärgat glas mindre än 1 cm.

Tabell 4: Andel glasavfall i siktat material (<20 mm) från Älgvult.

Område	Undersökt mängd (kg)	Andel av det siktade materialet som utgörs av glasavfall (%)	Andel av det siktade materialet som utgörs av 10-20 mm stora glasbitar (%)
Älgvult	1,4	24	15

4.0 REFERENSER

Geo Innova AB, 2006, Miljötekniska undersökningar Etapp 1, reviderad rapport, 25 Älgvult

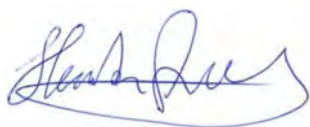
Helldén Environmental Engineering AB, 2016, PM Provtagningsplan för provtagning av glasbruksavfall

Swepro Project Management AB, 2006, Miljötekniska undersökningar Etapp 1, 08 Flerhopp Glasbruk

GOLDER ASSOCIATES AB

Stockholm, 2016-12-21

Stockholm, 2016-12-21



Henrik Svanberg
Handläggare



Ebba Philipson
Uppdragsledare

HS/EP

Org.nr 556326-2418

VAT.no SE556326241801

Styrelsens säte: Stockholm

\\sto1-s-main01\projekt\2016\1663650 åtgärder glasbruksprojektet\8.rapporter\fältrapport plockanalys.docx

BILAGA A

Fotologg



Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	1
Date:	2016-12-02

Nr	1
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Schakten i
Flerohopp. Riktning
mot söder. Schakten
instabil på grund av
stora mängder glas
och tegel.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	2
Date:	2016-12-02

Nr	2
Taget datum:	2016-11-22
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Schakten i
Flerohopp. Riktning
mot norr.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	3
Date:	2016-12-02

Nr	3
Taget datum:	2016-11-22
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Västra schaktväggen i Flerohopp.



Nr	4
Taget datum:	2016-11-22
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Östra schaktväggen i Flerohopp.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	4
Date:	2016-12-02

Nr	5
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Upplagda massor
från schaktsektion A.



Nr	6
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Sorterat material från sektion A. Bilden är representativ även för övriga schaktsektioner.

Vänster: Siktat material.
Nederst i mitten: Tegel
Överst i mitten: Glasslagg
Höger nederst: Natursten.
Höger
Glas >20mm.



Nr	7
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Glas från schaktsektion A.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	6
Date:	2016-12-02

Nr	8
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Siktat material från
schaktsektion A.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	7
Date:	2016-12-02

Nr	9
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Tegelavfall från
Schaktsektion A.



Nr	10
Taget datum:	2016-11-22
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Glasslagg från
schaktsektion A.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	8
Date:	2016-12-02

Nr	11	
Taget datum:	2016-11-22	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Natursten från schaktsektion A.		

Nr	12	
Taget datum:	2016-11-22	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Upplagda massor från schaktsektion B.		



Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	9
Date:	2016-12-02

Nr	13
Datum:	Henrik Svanberg
Av:	2016-11-22

Beskrivning:
Siktat material från
schaktsektion B.



Nr	14
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Upplagda massor
från schaktsektion C.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	10
Date:	2016-12-02

Nr	15
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Upplagda massor
från schaktsektion C.



Nr	16
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Upplagda massor
från schaktsektion D.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	11
Date:	2016-12-02

Nr	17
Datum:	2016-11-22
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Upplagda massor
från schaktsektion D.



Nr	18
Taget datum:	2016-11-22
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Upplagda massor
från schaktsektion E.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Flerohopp

Projektnr.	1663650
Page:	12
Date:	2016-12-02

Nr	19
Taget datum:	2016-11-22
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Upplagda massor
från schaktsektion E.



		Åtgärder Glasbruksprojektet BILAGA A: Foton från Flerohopp		Projektnr.	1663650
				Page:	13
				Date:	2016-12-02
Nr	20				
Taget datum:	2016-11-22				
Taget av:	Henrik Svanberg				
Beskrivning: Upplagda massor från sektion E.					
Nr	21				
Datum:	2016-11-22				
Av:	Henrik Svanberg				
Beskrivning: Siktat material från schaktområde E.					

		Åtgärder Glasbruksprojektet		Projektnr.	1663650
		BILAGA A: Foton från Flerohopp		Page:	14
				Date:	2016-12-02
Nr	22				
Datum:	2016-11-22				
Av:	Henrik Svanberg				
Beskrivning: Massor från samma halvmetersskikt schaktsektion lades upp i högar jämte schakten.					

Nr	1
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Schakten i Älghult
mot söder.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	2
Date:	2016-12-02

Nr	2
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Schakten i Älghult
mot norr.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	3
Date:	2016-12-02

Nr	3	
Taget datum:	2016-11-24	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Schakten i Älghult. Västra schaktväggen.		

Nr	4	
Taget datum:	2016-11-24	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Schakten i Älghult. Östra schaktväggen.		



Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	4
Date:	2016-12-02

Nr	5
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Schakten i Älghult.
Östra schaktväggen.



Nr	6
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Schakten i Älghult.
Östra schaktväggen.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	5
Date:	2016-12-02

Nr	7
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion A:
0-0,5m.



Nr	8
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion A:
0,5-1m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	6
Date:	2016-12-02

Nr	9
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Massor från
schaktsektion A:
1-1,5m.



Nr	10
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Massor från
schaktsektion A:
1,5-2m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	7
Date:	2016-12-02

Nr	11
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion A:
2-2,5m.



Nr	12
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion A:
2,5-3m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	8
Date:	2016-12-02

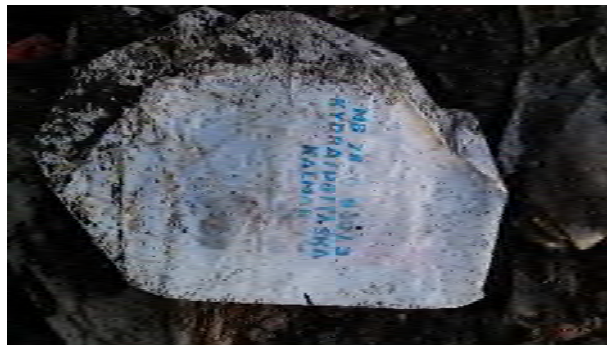
Nr	13
Datum:	Henrik Svanberg
Av:	2016-11-24

Beskrivning:
Samtliga upplagda massor från sektion A.



Nr	14
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Exempel på de säckar som påträffades vid c:a 0,5m i stora delar av schakten.



Nr	15
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Sorterat material från schaktsektion A.



Nr	16
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Siktat material från
schaktsektion A.



Nr	17
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Utsorterat glas från
schaktområde A.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	10
Date:	2016-12-02

Nr	18	
Taget datum:	2016-11-24	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Utsorterad sten från schaktområde A.		

Nr	19	
Taget datum:	2016-11-24	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Utsorterat trä från schaktområde A.		

Nr	20	
Taget datum:	2016-11-24	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Utsorterat tegel från schaktområde A.		



Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	11
Date:	2016-12-02

Nr	21
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion B:
0-0,5m.



Nr	22
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion B:
0,5-1m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	12
Date:	2016-12-02

Nr	23
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion B:
1-1,5m.



Nr	24
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion B:
1,5-2m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	13
Date:	2016-12-02

Nr	25
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion B:
2-3m.



Nr	26
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Sorterat material från
schaktsektion B.



Nr	27
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Siktat material från
schaktsektion B.



Nr	28
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion C:
0-0,5m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	15
Date:	2016-12-02

Nr	29
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Massor från
schaktsektion C:
0,5-1m.



Nr	30
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Massor från
schaktsektion C:
1-1,5m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	16
Date:	2016-12-02

Nr	31
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion C:
1,5-2m.



Nr	32
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion C:
2-3m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	17
Date:	2016-12-02

Nr	33	
Taget datum:	2016-11-24	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Sorterat material från schaktsektion C.		

Nr	34	
Taget datum:	2016-11-24	
Taget av:	Henrik Svanberg	
Beskrivning: Utsorterad sten från schaktområde C.		

Nr	35	
Datum:	Henrik Svanberg	
Av:	2016-11-24	
Beskrivning: Utsorterat trä och förkolnat material från schaktområde C.		

Nr	36
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Utsorterat glas från
schaktområde C.


Nr	37
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:

Utsorterat
byggmaterial från
schaktområde C.




Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	19
Date:	2016-12-02

Nr	38
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion D:
0-0,5m.



Nr	39
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion D:
0,5-1m.





Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	20
Date:	2016-12-02

Nr	40
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion D:
1-1,5m.



Nr	41
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion D:
1,5-2m.



		Åtgärder Glasbruksprojektet BILAGA A: Foton från Älghult		Projektnr.	1663650
				Page:	21
				Date:	2016-12-02
Nr	42				
Taget datum:	2016-11-24				
Taget av:	Henrik Svanberg				
Beskrivning: Massor från schaktsektion D: 2-3m.					
Nr	43				
Datum:	2016-11-24				
Av:	Henrik Svanberg				
Beskrivning: Massor från schaktsektion E: 0-0,5m.					
Nr	44				
Datum:	2016-11-24				
Av:	Henrik Svanberg				
Beskrivning: Massor från schaktsektion E: 0,5-1m.					



Åtgärder Glasbruksprojektet
BILAGA A: Foton från Älghult

Projektnr.	1663650
Page:	22
Date:	2016-12-02

Nr	45
Datum:	2016-11-24
Av:	Henrik Svanberg

Beskrivning:
Massor från
schaktsektion E:
1-1,5m.



Nr	46
Taget datum:	2016-11-24
Taget av:	Henrik Svanberg

Massor från
schaktsektion E:
1,5-2m.



		Åtgärder Glasbruksprojektet BILAGA A: Foton från Älghult		Projektnr.	1663650
				Page:	23
				Date:	2016-12-02
Nr	47				
Taget datum:	2016-11-24				
Taget av:	Henrik Svanberg				
Beskrivning: Massor från schaktsektion E: 2-3m.					

BILAGA B

Fältprotokoll

Uppdragsnummer: 1663650
 Uppdragsnamn: Åtgärder Glasbruksprojektet
 Plats: Flerhopp
 Provpunkt: 16GA_SCH02
 Koordinater: (111864, 6300590), Sweref99 16 30
 Datum: 2016-11-22
 Fältpersonal: H.S., H.R



Zon	A (Norr)		B		C		D		E (Söder)	
Längd (m)	2		2		2		2		2	
Nivå (m)	Jordart	Anm. (färg, lukt,	Jordart	Anm. (färg, lukt,	Jordart	Anm. (färg, lukt,	Jordart	Anm. (färg, lukt,	Jordart	Anm. (färg, lukt, annat)
0-0,5	F/Sa	organiskt material/ rötter, fåtal större gröna glasbitar	F/Sa	organiskt material/ rötter	F/Sa	Organiskt material/ rötter, mindre mängd glas.	F/Sa	Organiskt material/ rötter, glas.	F/Sa	Organiskt material/ rötter. Inslag av genomskinligt glaskross.
0,5-1	F/Sa	Dominerande mängd glaskross (främst genomskinligt).	F/Sa	Betydande mängder av större gröna glasbitar i fyllningen.	F/Sa	Stora mängder tegel.	F/Sa	Glaskross/betydan de	F/Sa	Tegel, betydande mängder glaskross:grönt>genomskinligt>rött glas.
1-1,5	F/Sa	Rivningsmaterial (tegel) med inslag av glasavfall.	F/Sa	Betydande mängd glaskross; grönt>genomskinligt.	F/Sa	Betydande till dominerande mängder grönt glas.	F/Sa	Glaskross/betydan de	F/Sa	Tegel, betydande mängder glaskross:grönt>genomskinligt
1,5-2	F/Sa	Rivningsavfall (ljust och poröst byggmaterial; eldfast tegel) med inslag av glas.	F/Sa	Betydande mängd glaskross; grönt>genomskinligt.		Betydande till dominerande mängder grönt glas.	F/Sa	Glaskross/betydan de	F/Sa	Tegel, betydande mängder glaskross:grönt>genomskinligt.
2-2,5	F/Sa	Dominerande mängder finkrossat glas, genomskinligt> grönt.	F/Sa	Betydande mängd glaskross; grönt>genomskinligt.	F/Sa	Glasvfall dominerande, främst grönt och ofärgat glas.	F/Sa	Glaskross/betydan de	-	Grävmaskinen når ej djupare pga av markens lutning.
2,5-3	F/Sa	Glasvfall dominerande; mycket stora mängder finkrossat glas.	F/Sa	Betydande mängd glaskross; grönt>genomskinligt.	F/Sa	Glasvfall dominerande; främst grönt glas.	F/Sa	Glaskross/betydan de	-	Grävmaskinen når ej djupare pga av markens lutning.

Uppdragsnummer: 1663650
 Uppdragsnamn: Åtgärder Glasbruksprojektet
 Plats: Älgshult
 Provpunkt: 16GA_SCH02
 Koordinater: (184519, 6320589), Sweref99 15 00
 Datum: 2016-11-24
 Fältpersonal: H.S , H.R



Zon	A (Norr)		B		C		D		E (Söder)	
Längd (m)	2		2		2		2		2	
Nivå (m)	Jordart	Anm. (färg, lukt, annat)	Jordart	Anm. (färg, lukt, annat)	Jordart	Anm. (färg, lukt, annat)	Jordart	Anm. (färg, lukt, annat)	Jordart	Anm. (färg, lukt, annat)
0-0,5	F/Sa	Plastsäckar märkta "Kydrat Pottaska", tegel, stora mängder glas i olika färger (främst blått och grönt); eldfast tegel, mörk jord blandat med vit-/askfärgat material. Träbitar.	F/Sa	Plastsäckar, eldfast tegel	F/Sa	Organiskt material (rötter), eldfast tegel, plast.	F/Sa	Finare material, en hel del glas- och tegelkross. Gråsvart jord. Förkolnat material.	F/Sa	Tegelstenar, eldfast tegel (rester av ugn?). Gråsvart jord. Mindre inslag av glas.
0,5-1,5	F/Sa	Glasavfall dominerande (c:a 90%, främst grönt och vitt). Eldfast tegel, plast.		Glasvfall dominerande (c:a 90%). Eldfast tegel. Grå jord.	F/Sa	Svart jord, tegel och rivningsrester. Inte så mycket glas.	F/Sa	Svart jord, förkolnat material. Eldfast tegel. Fåtal glasbitar, främst gröna.	F/Sa	Förkolnat material, stor mängd eldfast tegel.
1,5-2,5	F/Sa	Rivningsmassor med inslag av glas (Rött) och eldfast tegel, glas (c:a 10%), betong, trä, brun jord. Sönderrostad tunna (tom))	F/Sa	Gammalt betongrör, brunsvart jord. Mängden glas avtar vid c:a 2m.	F/Sa	Tydlig gräns vid 1,5 då jorden övergår från att vara svartgrå färg till brun med mindre mängd glas och rivningsrester.	F/Sa	Innan 2m: samma som ovan. Efter 2m: Mer naturligt material. Brun jord med fåtal glasbitar och en del förkolnat trä och metall.	F/Sa	Det förkolnade materialet slutar vid 2m. Efter 2m: Se nedan
2,5-3	stSa	Burnfärgad jord-ser naturlig ut. Endast mycket lite glasrester.	stSa	Tillsynes naturlig jord om än med liten förekomst av glas/ plåt.	stSa	Brun jord, mer naturlig.	stSa	Här avtar avfallet markant och massorna består i huvudsak av naturligt brun jord med inslag av sten.	stSa	Brun jord med minde inblandning av förkolnat material.
3-	St	Större stenar. För djupt/ stenigt för fortsatt grävning-STOPP vid 3m.	St	Större stenar. För djupt/ stenigt för fortsatt grävning-STOPP vid 3m.	St	STOPP vid 3m.	St	STOPP vid 3m.	St	STOPP vid 3m.

BILAGA C

Analysprotokoll geoteknisk analys



Ankomstdatum **2016-12-05**
Utfärdad **2016-12-13**

Golder Associates AB
Ebba Philipson

Östgötagatan 12
116 25 Stockholm

Projekt **Åtgärder Glasbruksprojektet**
Bestnr **1663650**

Analys av fast prov

Er beteckning	Älghult				
Provtagare	Ebba Philipson				
Provtagningsdatum	2016-11-26				
Labnummer	O10835572				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
fraktion >2 mm	51.0	%	1	1	FALI
fraktion 1-2 mm	7.10	%	1	1	FALI
fraktion 0,5-1 mm	7.13	%	1	1	FALI
fraktion 0,25-0,5 mm	7.34	%	1	1	FALI
fraktion 0,125-0,25 mm	8.48	%	1	1	FALI
fraktion 0,063-0,125 mm	4.94	%	1	1	FALI
fraktion 0,032-0,063 mm	2.41	%	1	1	FALI
fraktion 0,016-0,032 mm	3.62	%	1	1	FALI
fraktion 0,008-0,016 mm	3.72	%	1	1	FALI
fraktion 0,004-0,008 mm	2.10	%	1	1	FALI
fraktion 0,002-0,004 mm	1.35	%	1	1	FALI
fraktion <0,002 mm	0.80	%	1	1	FALI
se bilaga till rapport	ja		1	1	FALI

Er beteckning	Flerohopp				
Provtagare	Ebba Philipson				
Provtagningsdatum	2016-11-26				
Labnummer	O10835573				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
fraktion >2 mm	46.9	%	1	1	FALI
fraktion 1-2 mm	7.68	%	1	1	FALI
fraktion 0,5-1 mm	8.08	%	1	1	FALI
fraktion 0,25-0,5 mm	7.32	%	1	1	FALI
fraktion 0,125-0,25 mm	12.3	%	1	1	FALI
fraktion 0,063-0,125 mm	4.79	%	1	1	FALI
fraktion 0,032-0,063 mm	2.80	%	1	1	FALI
fraktion 0,016-0,032 mm	3.67	%	1	1	FALI
fraktion 0,008-0,016 mm	3.13	%	1	1	FALI
fraktion 0,004-0,008 mm	1.56	%	1	1	FALI
fraktion 0,002-0,004 mm	1.01	%	1	1	FALI
fraktion <0,002 mm	0.68	%	1	1	FALI
se bilaga till rapport	ja		1	1	FALI



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av total siktkurva, bas. Mätning utförs med våtsiktning och laserdiffraktion enligt ISO 11277:2009. Rev 2014-03-05

	Godkännare
FALI	Fabian Lindberg

	Utf ¹
1	För mätningen svarar ALS Laboratory Group, Na Harfê 9/336, 190 00, Prag 9, Tjeckien, som är av det tjeckiska ackrediteringsorganet CAI ackrediterat laboratorium (Reg.nr. 1163). CAI är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade i; Prag, Na Harfê 9/336, 190 00, Praha 9, Ceska Lipa, Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa, Pardubice, V Raji 906, 530 02 Pardubice. Kontakta ALS Stockholm för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.

Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9

ALS Czech Republic, s.r.o., Laboratory Česká Lípa **Attachment No. 1 to the Test Report No.: PR1697214**
Bendlova 1687/7, CZ-470 01 Česká Lípa, Czech Republic

RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS

Sample label:	835572	835573
Lab. ID:	001	002
Total weight of sample [g]	141.30	104.27
FW < 0.063 mm [g]	19.78	13.42
FW 0.063-0.125 mm [g]	6.98	5.00
FW 0.125-0.250 mm [g]	11.98	12.86
FW 0.250-0.500 mm [g]	10.38	7.63
FW 0.500-1.000 mm [g]	10.08	8.43
FW 1.000-2.000 mm [g]	10.03	8.01
FW > 2.000 mm [g]	72.07	48.93
q < 0,002 mm [%]	0.80	0.68
q 0.002-0.004 mm [%]	1.35	1.01
q 0.004-0.008 mm [%]	2.10	1.57
q 0.008-0.016 mm [%]	3.72	3.13
q 0.016-0.032 mm [%]	3.62	3.67
q 0.032-0.063 mm [%]	2.41	2.81
q 0.063-0.125 mm [%]	4.94	4.79
q 0.125-0.250 mm [%]	8.48	12.33
q 0.250-0.500 mm [%]	7.35	7.32
q 0.500-1.000 mm [%]	7.13	8.08
q 1.000-2.000 mm [%]	7.10	7.68
q > 2.000 mm [%]	51.00	46.92
Q < 0,002 mm [%]	0.80	0.68
Q < 0.004 mm [%]	2.16	1.69
Q < 0.008 mm [%]	4.25	3.25
Q < 0.016 mm [%]	7.97	6.39
Q < 0.032 mm [%]	11.59	10.06
Q < 0.063 mm [%]	14.00	12.87
Q < 0.125 mm [%]	18.94	17.66
Q < 0.250 mm [%]	27.42	29.99
Q < 0.500 mm [%]	34.76	37.31
Q < 1.000 mm [%]	41.90	45.39
Q < 2.000 mm [%]	49.00	53.08

FW - fraction weight, **q** -fraction percentage part, **Q** - fraction cumulative part.

Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 mm). Fractions > 2 mm, 1-2 mm, 0.5-1 mm, 0.25-0.50 mm, 0.125-0.25 mm and 0.063-0.125 mm were determined by wet sieving method, other fractions were determined from the fraction "<0.063 mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode.

Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:

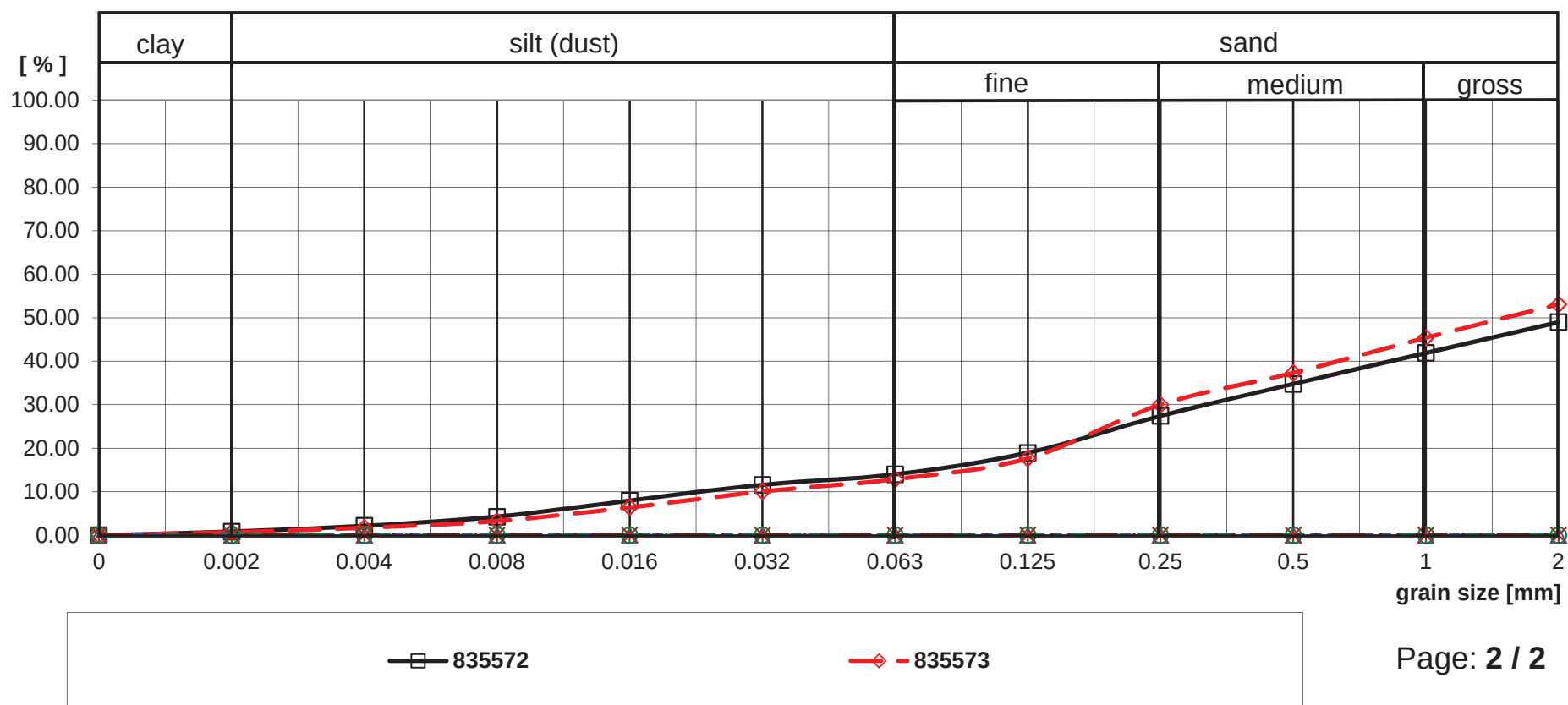


ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9

ALS Czech Republic, s.r.o., Laboratory Česká Lípa
Bendlova 1687/7, CZ-470 01 Česká Lípa, Czech Republic

Attachment No. 1 to the Test Report No.: PR1697214

RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS



Golder Associates är en global medarbetarägd organisation med över 50 års erfarenhet, som i sin rådgivning verkar för att använda jordens möjligheter utan att påverka dess integritet. Vi tillhandahåller kostnadseffektiva lösningar som hjälper våra kunder att nå sina mål inom hållbar samhällsutveckling genom oberoende rådgivning, design och konstruktionslösningar inom våra specialistområden miljö, jord, berg och vatten.

För mer information, besök golder.com

Afrika	+ 27 11 254 4800
Asien	+ 86 21 6258 5522
Europa	+ 44 1628 851851
Oceanien	+ 61 3 8862 3500
Nordamerika	+ 1 800 275 3281
Sydamerika	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates AB

Box 20127

104 60 Stockholm

Besöksadress: Östgötagatan 12, 116 25 Stockholm

Sverige

T: 08-506 306 00



Optisk sortering av glas ur fyllnadsmassor

Pilotförsök



Upprättad för Elander Miljöteknik AB/SGU

2017-11-09

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

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

Datum: 2017-11-09

Upprättad av: Claes Bergqvist/Johan Helldén

1.	INLEDNING	2
1.1	Syfte.....	3
2.	RESULTAT	3
2.1	Optisk sortering.....	3
2.1.1	<i>Binder+Co</i>	3
2.2	Webbenkät.....	7
3.	DISKUSSION	8
4.	SLUTSATSER	10
5.	REFERENSER	12

Bilaga 1: **Webbenkät. Redovisning av frågor och svar.**

Bilaga 2: **Foton av provmaterial.**

Bilaga 3: **Resultatrapport Binder+Co.**

1. INLEDNING

Under Sveriges Geologiska Undersöknings (SGU) huvudmannaskap drivs utredningar och efterbehandlingsåtgärder vid ett antal glasbruksobjekt från den tidigare glasbruksverksamheten i det s.k. Glasriket i Kronobergs och Kalmar län. Glasbruksverksamheten har bland annat efterlämnat stora mängder fyllnadsmassor och glaskross. Under år 2016 genomfördes manuella plockanalyser på representativt material från fyllnadsmassor i glasdeponier vid de tidigare glasbruken i Flerohopp och Älghult (Golder Associates AB, 2016). Resultaten från plockanalyserna indikerade att cirka en tredjedel av fyllnadsmassorna vid Flerohopp och Älghult bestod av glaskross (Helldén Environmental Engineering AB, 2017). Inom ramen för slutrapporten för Glasbruksprojektet år 2006–2007 bedömdes den totala volymen avfall som ligger vid f.d. glasbruk i Glasriket uppgå till cirka 300 000 m³ i glasdeponier och 700 000 m³ i övriga fyllnadsmassor (Höglund m.fl. 2007). Om resultaten från undersökningarna i Flerohopp och Älghult är representativa även för övriga glasbruk kan således den totala volymen glaskross uppskattas till cirka 100 000 m³ totalt i Glasriket.

I tabell 1 visas en extrapolering av resultaten från plockanalysen avseende kornstorleksfördelningen av glaspartiklar i förhållande till de 100 000 m³ glaskross som uppskattas finnas i Glasriket. Uppskattningen i tabell 1 är dock grov och den verkliga kornstorleksfördelningen av glas i fyllnadsmassorna kan avvika väsentligt från denna uppskattning.

Tabell 1. Procentuell fördelning av glas i olika kornstorleksklasser i förhållande till den totala mängden fyllnadsmassor i glasdeponier samt en extrapolering av hur mycket glas totalt i olika kornstorleksklasser som föreligger i massorna.

	% i förhållande till total volym i glasdeponier	Volym (m ³)
Glas <0,5 mm	4	11 500
Glas 0,5–2 mm	1	3 000
Glas 2–10 mm	2	5 500
Glas 10–20 mm	7	22 000
Glas >20mm	19	58 000
Andel glas	33	100 000

Mot bakgrund av den stora mängden kvarlämnat glaskross i Glasriket finns ett intresse av att återvinna glas från fyllnadsmassorna. Research Institutes of Sweden (RISE) som bland annat bedriver forskning, utveckling, utbildning och tekniskt stöd till glastillverkande företag, driver därför ett projekt med avsikten att återvinna glas från fyllnadsmassorna.

För att kunna återanvända glaskross från fyllnadsmassor måste dock glaset först avskiljas från övrigt material i massorna. Efter kontakter med företrädare från marksaneringsbranschen under år 2016 var den generella slutsatsen att traditionella jordtvättningsmetoder följt av ett optiskt sorteringssteg

skulle kunna användas för att specifikt sortera ut glas från fyllnadsmassor (Helldén Environmental Engineering AB, 2016).

För att återvinningen av glaset ska genomföras så effektivt som möjligt bör glas med olika färg och hög respektive låg halt av metaller, exempelvis bly, separeras i olika glasfraktioner. Denna avskiljning kan genomföras vid den optiska sorteringen, där olika detektorer, till exempel röntgenfluorescensdetektor (XRF) eller infraröddetektor (IR), påvisar och avskiljer glasskärvor med metallinnehåll och färg som överensstämmer med en förinställd kravspecifikation.

Praktiska erfarenheter av optisk sortering av glas från fyllnads- och avfallsmassor har inte kunnat återfinnas inom ramen för de tidigare undersökningarna. Därför skickades representativt material från glasbruken i Flerohopp och Älgshult till det österrikiska företaget Binder+Co AG för ett praktiskt pilotförsök med optisk sortering. Dessutom sammanställdes frågor om pilotförsöket och om möjligheterna för användning av optisk sortering på fyllnadsmassorna i en webbenkät som skickades till representanter för Binder+Co AG.

1.1 SYFTE

Syftet med föreliggande PM är att sammanfatta resultaten från pilotförsöket och svaren från webbenkäten. Dessutom görs en översiktlig bedömning om de tekniska möjligheterna att använda optisk sortering för att sortera ut och fraktionera glas från fyllnadsmassor i Glasriket.

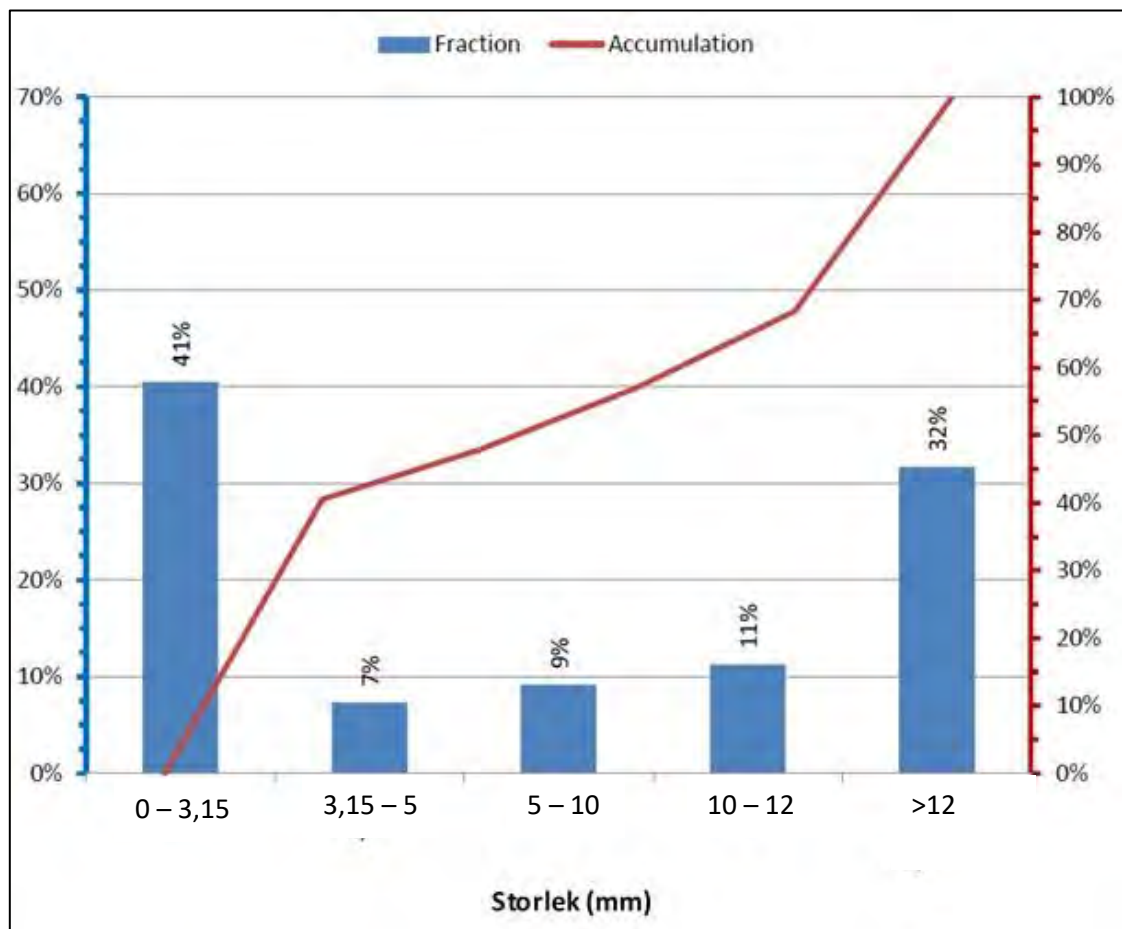
2. RESULTAT

2.1 OPTISK SORTERING

Optisk sortering går ut på att varje enskild glasskärva genomlyses medamerateknik. Separationen kan exempelvis baseras på skillnader i färg eller på partiklarnas innehåll av enskilda ämnen, exempelvis metaller. Vid separation baserat på färg används en IR-detektor och vid separation baserat på förekomst och halt av specifika metaller används en XRF-detektor eller UV-ljus.

2.1.1 BINDER+CO

Binder+Co mottog obehandlade fyllnadsmassor som grävts upp vid de tidigare glasbruken i Flerohopp och Älgshult. Binder+Co genomförde dels kornstorleksanalys och dels optisk sortering på material från fyllnadsmassorna från Flerohopp och Älgshult. Resultaten från kornstorleksanalysen visade att cirka 68 % av det totala materialet var mindre än 12 mm, se figur 1. Dessa resultat avviker till viss del från resultaten från plockanalysen av material från Flerohopp och Älgshult, som visade att cirka 54 % av materialet var mindre än 20 mm (Golder Associates AB, 2016; Helldén Environmental Engineering AB, 2017). Resultaten från plockanalysen och Binders kornstorleksanalys överensstämmer dock i den bemärkelsen att en stor del av materialet består av finare fraktioner.



Figur 1. Kornstorleksanalys av osorterade fyllnadsmassor, genomförd av Binder+Co.

Av den totala mängden fyllnadsmaterial förelåg ungefär 48 % i kornstorleksintervallet 0–5 mm, se figur 1. Kornstorlekar under 5 mm bedömdes av tekniska skäl inte lämpliga för optisk sortering av Binder+Co. Materialet i kornstorleksfraktionen 0–3 mm angavs till stor del bestå av jord av Binder+Co. Även materialet i kornstorleksfraktionen 3–5 mm angavs till stor del bestå av jord, men med inslag av glas.

Materialet i kornstorleksfraktionen 5–12 mm lämpar sig för att sortera med optisk sorteringsutrustning enligt Binder+Co. I förhållande till den totala mängden fyllnadsmaterial var ungefär 20 % av materialet i kornstorleksintervallet 5–12 mm, se figur 1. I kornstorleksintervallet 5–12 mm var ungefär en tredjedel av materialet glas, se tabell 2. En del av glaset beskrevs av Binder+Co som mycket tunt vilket medför att alltför mycket förbehandling av massorna lätt kan medföra att glaset krossas och hamnar i kornstorleksfraktionen under 5 mm som inte lämpar sig för optisk sortering. Detta gällde dock inte allt glas i kornstorleksfraktionen 5–12 mm, se figur 2.



Figur 2. Utsorterat glas i intervallet 10–12 mm (Binder+Co).

Glasfraktionen i kornstorleksintervallet 5–12 mm motsvarade enligt Binder+Co ungefär 7 % av den totala mängden av de fyllnadsmassor som pilotförsöket genomfördes på. Dessa siffror stämmer relativt väl överens med den extrapolering av resultaten som genomfördes efter plockanalysen år 2016, där cirka 10 % av den totala mängden fyllnadsmassor bedömdes bestå av glas mellan 2–20 mm (Helldén Environmental Engineering AB, 2017).

Tabell 2. Resultat från optisk sortering av fyllnadsmassor i kornstorleksintervallet 5–12 mm.

Kornstorlek		Metall	Övrigt material	Glas
(mm)	(mm)	(g)	(g)	(g)
10	12	-	2538	1444
5	10	146	2194	936
Totalt (%)		2	65	33

Metall i form av rena metallbitar, spikar och dylikt i kornstorleksfraktionen 5–12 mm representerade 2 %, vilket motsvarade cirka 0,4 % av den totala mängden provmaterial. Övrigt material i kornstorleksintervallet 5–12 mm bestod bland annat av stenar, tegel och jordklumpar som enligt Binder+Co föll isär då de torkade. Övrigt material i fraktionerna 5–10 mm och 10–12 mm visas i figur 3.



Figur 3. Övrigt material i intervallet 5–10 mm (överst) och i intervallet 10–12 mm (underst).

Materialet i fraktionen större än 12 mm uppgick till cirka 32 % av den totala mängden fyllnadsmassor, se figur 1. I materialet större än 12 mm återfanns en stor del glas, sannolikt glasråvara eller så kallat mæng, vars storlek gjorde att det inte kunde sorteras med den optiska utrustningen, se figur 4. Materialet större än 12 mm skulle dock enligt Binder+Co kunna krossas så att det storleksmässigt skulle hamna i den sorterbara kornstorleksfraktionen mellan 5–12 mm. Krossning genomfördes dock inte inom ramen för pilotförsöket. Inte heller fastställdes hur stor procentandel av glaset i fraktionen större än 12 mm var i förhållande till den totala mängden fyllnadsmaterial. Vid plockanalysen år 2016

bedömdes dock att glas mellan 10–20 mm stod för cirka 8 % och glas större än 20 mm stod för cirka 20 % av den totala mängden fyllnadsmaterial.



Figur 4. Av materialet större än 12 mm återfanns en stor del glasbitar som var för stora för optisk sortering.

2.2 WEBBENKÄT

Svaren på webbenkäten redovisas i följande avsnitt i löpande text. Enkäten i sin helhet med tillhörande svar redovisas i bilaga 1.

Binder+Co anger att storleken på ingående material som deras optiska enheter kan sortera beror på vad som ska sorteras. Utsortering av glas från keramik, sten och porslin (CSP) kan utföras på material större än 1 mm, sortering med avseende på färg kan göras på material större än 3 mm och sortering med avseende på bly och eldfast glas på material större än 5 mm. Binder+Co har en optisk sorteringsmodell "CLARITY" som både har möjlighet att sortera glaset med avseende på färg och med avseende på blyinnehåll, exempelvis över och under 1 % bly. Hastigheten på sorteringen beror på vilken optisk enhet som används och vilken typ av sortering som ska göras, men ligger i intervallet 1–12 ton/h.

Angående förbehandling så anger Binder+Co att vid sortering på material större än 8 mm behövs ingen torkning, utan förbehandling och krossning kan genomföras direkt på materialet. Bästa sorteringsprestanda uppnås dock när glaset först tvättas rent. Tvättning innebär emellertid att materialet sedan måste torkas, en process som är kostnadskrävande. Vid sortering av material mindre än 8 mm måste materialet vara torrt för att sorteringen ska kunna genomföras framgångsrikt. Rent logistiskt rekommenderar Binder+Co att alla förbehandlingssteg utförs på en och samma plats eftersom processen fungerar bäst när de olika förbehandlingsstegen harmoniseras.

Pris per ton material som sorteras med optisk utrustning vill Binder+Co inte ange utan man hänvisar till att man vill ta fram ett specifikt, anpassat paket för det aktuella projektet, för att kunna presentera ett pris.

3. DISKUSSION

Det huvudsakliga problemet vid specifik utsortering av glas från fyllnadsmassor är den inblandning av övrigt material som jord, sten och blandat avfall som föreligger i massorna. Fyllnadsmassorna kan också sinsemellan variera mycket i sin sammansättning, glaset kan förekomma nästan utan inblandning av annat material, eller som en liten delfraktion bland övrigt material. Utmaningen med att ta ett generellt grepp på specifik utsortering av glas från fyllnadsmassor med olika sammansättning är att försöka finna en metod som fungerar på olika typer av ingångsmaterial.

Binder+Co har vid tidigare kontakter angett att även om de inte själva tillverkar all utrustning så kan de ta fram en nyckelfärdig helhetslösning för lämpliga förbehandlingsmetoder och optiska enheter. Binder+Co anger att de hellre ser en komplett anläggning dit allt material transporteras, förbehandlas och sorteras istället för en mobil anläggning.

Binder+Co anger att det knappast kan anses meningsfullt att börja sortera under 5 mm på grund av det låga innehållet av glas i denna kornstorleksfraktion. Angående förbehandling så föreslår Binder+Co att en relativt enkel försortering är att föredra, exempelvis olika torra siktsteg. Man framhåller dock att den optiska sorteringen av glas blir mer framgångsrik om materialet först tvättas, men att det då behövs ett torksteg innan den optiska sorteringen kan ta vid. Oavsett inom vilken kornstorleksfraktion som den optiska sorteringen ska appliceras, så föreligger det sannolikt logistiska fördelar med att utföra en viss grovsortering med mobila sorteringsanläggningar vid respektive glasbruksobjekt innan

materialet transporteras vidare till den optiska sorteringsanläggningen. Exempelvis skulle en enklare jordtvätt eller sorteringsanläggning som avskiljer allt material mellan till exempel 5–100 mm markant kunna reducera den mängd massor som behöver transporteras till en central, optisk sorteringsanläggning. Anledningen till detta beror främst på att Binder+Co:s kornstorleksanalys indikerar att ungefär hälften av massorna föreligger i kornstorleksintervallet 0–5 mm, det vill säga en för optisk sortering alltför finkornig fraktion.

Fraktionen med större partikelstorlekar och glasklumpar (sannolikt mäng) är något som Binder+Co framhåller som ett problem vid sorteringen eftersom den sorteringsutrustning som de tillhandahåller inte kan sortera stora glasbitar. Därför behövs förmodligen en krossutrustning i något av förbehandlingsstegen innan optisk sortering påbörjas. Det har vid tidigare kontakter med representanter för glasåtervinningsindustrin framkommit att den krossutrustning som de tillhandahåller främst är framtagen för att krossa hushållsglas. Därför behövs sannolikt en krossutrustning från gruvindustrin i förbehandlingskedet för att effektivt krossa dylika glasklumpar. Då plockanalysen som genomfördes år 2016 indikerar att en stor del av glasfraktionen kan föreligga i de större kornstorleksfraktionerna bedöms att en optimering av krossningen kan bidra till ett ökat utbyte vid den optiska sorteringen.

Ingen sekundär sortering med avseende på färg eller metallinnehåll genomfördes på den utsorterade glasfraktionen. Binder+Co anger dock att deras sorteringsmodell "CLARITY" både har möjlighet att sortera glas med avseende på färg och metallinnehåll, exempelvis blyinnehåll. Ett rimligt antagande är därför att när väl glas utsorterats från övrigt material så kan denna fraktion sorteras efter såväl färg som metallinnehåll.

Binder+Co anger att en stationär anläggning dit det aktuella materialet transporteras från respektive objekt är att föredra. Binder+Co anger att det sannolikt både är logistiskt och ekonomisk ofördelaktigt med en mobil anläggning, bland annat för att det krävs tillgång till elektricitet, vatten och dylikt vilket kan vara problematiskt vid vissa objekt. Instrumenten kan förvisso konstrueras för att rymmas i containers, men anläggningen kräver ändå en hårdgjord yta och helst tak. Försorterade massor som mellanlagras i väntan på optisk sortering måste till exempel förvaras i skydd från nederbörd, för att underlätta hanteringen vid det förberedande torksteget. Även inmatningen till den optiska sorteringen måste vara placerad under tak.

Ungefärliga kostnader per ton för en fullskaleanläggning för optisk sortering har inte redovisats av Binder+Co. Som tidigare framhållits så är faktiska kostnader för en fullskaleanläggning svåra att uppskatta eftersom alla förutsättningar som krävs för att genomföra en framgångsrik utsortering av glas från fyllnadsmassorna inte är kända. Osäkerheterna grundar sig bland annat i vilka förbehandlingssteg som kommer att krävas innan den optiska sorteringen tar vid, exempelvis i form av jordtvättning, vindsiktning och dylikt.

Mängden ingående material per tidsenhet till sortering är en annan faktor som påverkar kostnaderna för anläggningen. Ju mindre skärvor som ska sorteras ut, desto mindre mängd material per tidsenhet klarar de optiska enheterna av att sortera. Om mängden material som sorteras per tidsenhet är låg, så

tillkommer kostnader bland annat för ökade driftstider och mellanlagring av osorterat material. Å andra sidan resulterar sortering av så mycket material som möjligt i att en mindre mängd massor behöver deponeras i godkända deponier, vilket är kostnadsbesparande.

4. SLUTSATSER

Om den optiska sorteringen klarar av att sortera material > 5 mm, och förutsatt att större glaspartiklar krossas så att de hamnar i ett kornstorleksintervall som kan sorteras optiskt, bedöms att optisk sortering för specifik utsortering av glas med framgång kan tillämpas för merparten av glasavfallet inom Glasriket. Baserat på resultat och extrapoleringar från plockanalysen år 2016 (Golder Associates AB, 2016; Helldén Environmental Engineering AB, 2017) och Binder+Co:s kornstorleksanalys, uppskattas att cirka 80 % av det deponerade glaset i Glasriket har en partikelstorlek från 5 mm och uppåt. Detta motsvarar cirka 80 000 m³ av de cirka 100 000 m³ glaskross i fyllnadsmassorna som totalt bedöms vara deponerat i Glasriket.

Utöver specifik utsortering av glas utsorterade Binder+Co även en mindre mängd metallföremål, motsvarande ungefär 0,4 % av den totala vikten av försöksmaterialet. Om denna mängd metall är representativ för totala mängden fyllnadsmassor i glasdeponier i Glasriket, det vill säga cirka 300 000 m³ med en ungefärlig vikt på cirka 450 000 ton, bör cirka 1800 ton metall totalt kunna utsorteras och säljas för återvinning.

Tidsåtgången för optisk sortering av massor från Glasriket har uppskattats av Binder+Co till mellan 1–12 ton/h, beroende på typ av optisk enhet och vad som ska sorteras. En kornstorlek på 5 mm bedöms av Binder+Co vara den nedre kornstorleksgränsen för när det anses vara rimligt att utföra optisk sortering. Ungefär hälften av de cirka 300 000 m³ glasinnehållande fyllnadsmassorna som uppskattningsvis finns i Glasriket, bedöms ha en kornstorlek mindre än 5 mm. Om cirka hälften av de glasinnehållande fyllnadsmassorna kan sorteras bort med konventionella sorterings- och/eller tvättmetoder vid respektive glasbruksobjekt, så återstår cirka 150 000 m³ massor som ska sorteras optiskt. Vid en genomsnittlig vikt på cirka 1,5 ton per m³ motsvarar detta cirka 225 000 ton. Tidsåtgången för den lägsta respektive högsta sorteringshastigheten motsvarar således 225 000 h respektive 18 750 h. Om den optiska sorteringen utförs 40 h per vecka året runt motsvarar denna sorteringshastighet en tidsåtgång på cirka 100 år respektive 10 år. Om den optiska sorteringen utförs i två skift per dag alternativt att två enheter körs parallellt halveras tidsåtgången och hamnar i intervallet 5–50 år. Om förbehandlingen av fyllnadsmassorna kan optimeras ytterligare så att en mindre volym kvarstår kan tiden för optisk sortering förkortas.

En anläggning för optisk sortering kan rent tekniskt göras mobil, men Binder+Co anser att en stationär anläggning är att föredra. För- och nackdelar med en mobil jämfört med en stationär anläggning bör utvärderas innan ett beslut fattas i frågan.

Helldén Environmental Engineering AB, 2017-11-09

Claes Bergqvist

Johan Helldén

5. REFERENSER

Golder Associates AB (2016). Fältrapport Plockanalys - Åtgärder Glasbruksprojektet. Upprättad för SGU. Uppdragsnummer: 1663650

Helldén Environmental Engineering AB (2016). Glasbruksprojektet - Sorterings- och separationsmetoder för deponerat glasavfall. Upprättad för SGU/Elander Miljöteknik AB 2016-03-11.

Helldén Environmental Engineering AB (2017). Utsortering av glas ur fyllnadsmassor vid glasbruksobjekt - En del av Glasbruksprojektet. Upprättad för SGU/Elander Miljöteknik AB 2017-02-01.

Höglund, L.O., Fanger, G., Yesilova, H. (2007). Slutrapport - Glasbruksprojektet 2006-2007. Kemakta Konsult AB. Dnr 577-11784-05.

Bilaga 1

Webbenkät. Redovisning av frågor och svar.

Bilaga 1. Webbenkät

F1: Background; we have plenty of space for intermediate storage and we prefer to sort out as small pieces of glass as possible rather than to perform the sorting quickly.

- *How small pieces of glass can you sort out from the material in question?*

Binder+Co: CSP sorting > 1mm, colour > 3mm, lead and heat resistant glass > 5mm

- *How many ton/h can you sort during low-speed separation, if you try to sort out as small glass pieces as possible (approximately)?*

Binder+Co: depends on machine size and sorting task; 1 - 12 t/h

- *How many ton/h can you sort during high-speed separation, if you try to sort out as small glass pieces as possible (approximately)?*

Binder+Co: Depends on machine size and sorting task; 1 - 12 t/h

- *What is the estimated total processing capacity (ton/h) of unsorted material in low-speed and high-speed separation respectively, with all the necessary optical sorting steps combined?*

Binder+Co: Depends on machine size and sorting task; 1 - 12 t/h

F2: Size and weight distribution of different fractions

- *Can you estimate the size distribution and weight of both the unsorted and the sorted material in relevant fractions in % and g? (for ex. <5 mm, 5-60 mm etc.)*

Binder+Co: Svaranden hoppade över denna fråga.

- *Can you estimate what percentage of the sorted glass material has a size <20 mm and >20 mm? (%)*

Binder+Co: Svaranden hoppade över denna fråga.

F3: What is the amount of non-glass in the glass fraction after sorting? (%)

- **Binder+Co:** Depending on number of sorting steps and sorting task. Per sorting step there is a certain amount of over sorting.

F4: Glass fractions

- *Do you have a unit that can divide the sorted glass into one fraction with a lead content $>1\%$ ($Pb>1\%$) and one with a lead content $<1\%$ ($Pb<1\%$)?*

Binder+Co: Our CLARITY lead can detect lead glass with a Pb content of $> 1\%$ Pb

- *If yes, can your optical unit divide the fraction with $Pb<1\%$ into one fraction with blue, black and green glass and one fraction with the rest of the glass?*

Binder+Co: With CLARITY lead it is possible to sort by colour and to detect lead glass with a Pb content $> 1\%$

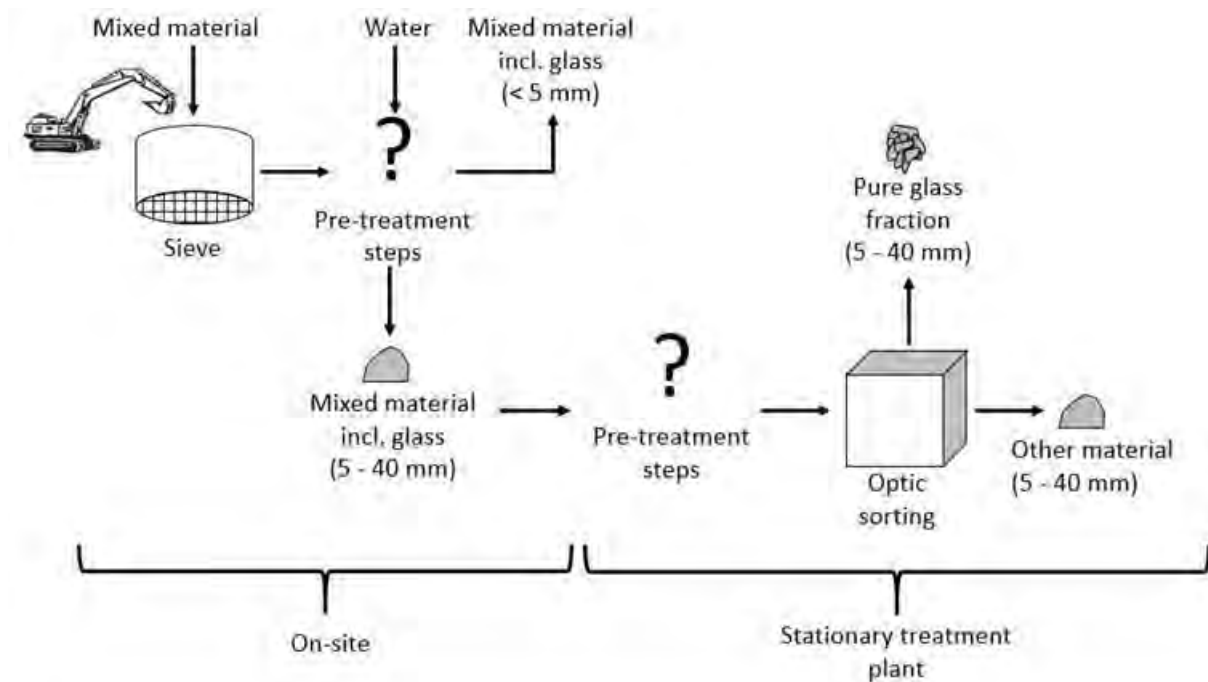
F5: Pre-treatment: (The plan is to set up a stationary treatment plant and transport material from the different contaminated sites to this plant.)

- *What pre-treatment steps (sorting, screening, crushing, rinsing/washing, etc.) do you think is needed on-site, before the material is transported to the treatment plant? See example in the figure below*

Binder+Co: When sorting > 8 mm no drying is needed but screening and crushing. Best sorting performance is achieved when glass is very cleaned but when the material is washed it has to be dried again. Also, when sorting < 8 mm the material should be dry to have good performance. B+C recommends to have all steps together at one site because the overall process works perfectly when it is harmonized.

- *What pre-treatment steps (sorting, screening, crushing, rinsing/washing, etc.) do you think can be performed at the site of the stationary treatment plant? See example the figure below:*

Binder+Co: When sorting > 8 mm no drying is needed but screening and crushing. Best sorting performance is achieved when glass is very cleaned but when the material is washed it has to be dried again. Als when sorting < 8 mm the material should be dry to have good performance. B+C recommends to have all steps together at one site because the overall process works perfectly when it is harmonized.



F6: Estimated costs

- What is the estimated cost of optical sorting per ton if it would be carried out on 500 000 m³ (~750 000 ton) of unsorted material?

Binder+Co: We prefer to work out a customized package to present the prize

F7: Would it be possible for you to divide the sorted fractions into two parts and send all the sorted material to two different addresses in Sweden? (send ~20 % of each fraction to SGU and ~80 % of each fraction to the Linnaeus University; freight charges will be paid by us)

- Adress 1:
Linnéuniversitetet
Att: William Hogland
Landgången 3
391 82 Kalmar Sweden

Binder+Co: ok

- Adress 2:
SGU Björn Lindbom
Fångvallsgatan 4
752 37 Uppsala Sweden

Binder+Co: ok

F8: Additional comments:

Binder+Co: Svaranden hoppade över denna fråga

F9: Contact information (name, tel. e-mail)

Binder+Co:

Binder+Co AG

Thomas Maier

Thomas.maier@binder-co.at

Bilaga 2

Foton av provmaterial.

1. BINDER+CO

1.1 FRAKTIONER 0–5 mm



Fraktion 0–3 mm.



Fraktion 3–5 mm.

1.2 FRAKTION 5–10 mm



Glasfraktion 5–10 mm.



Övrigt material (sten, keramik, tegel, organiskt material och dylikt) 5–10 mm.



Metallfraktion 5–10 mm.

1.3 FRAKTION 10–12 mm



Osorterad fraktion 10–12 mm.



Övrigt material (sten, keramik, tegel, organiskt material och dylikt) 10–12 mm.



Glasfraktion 10–12 mm.

1.4 FRAKTION >12 mm



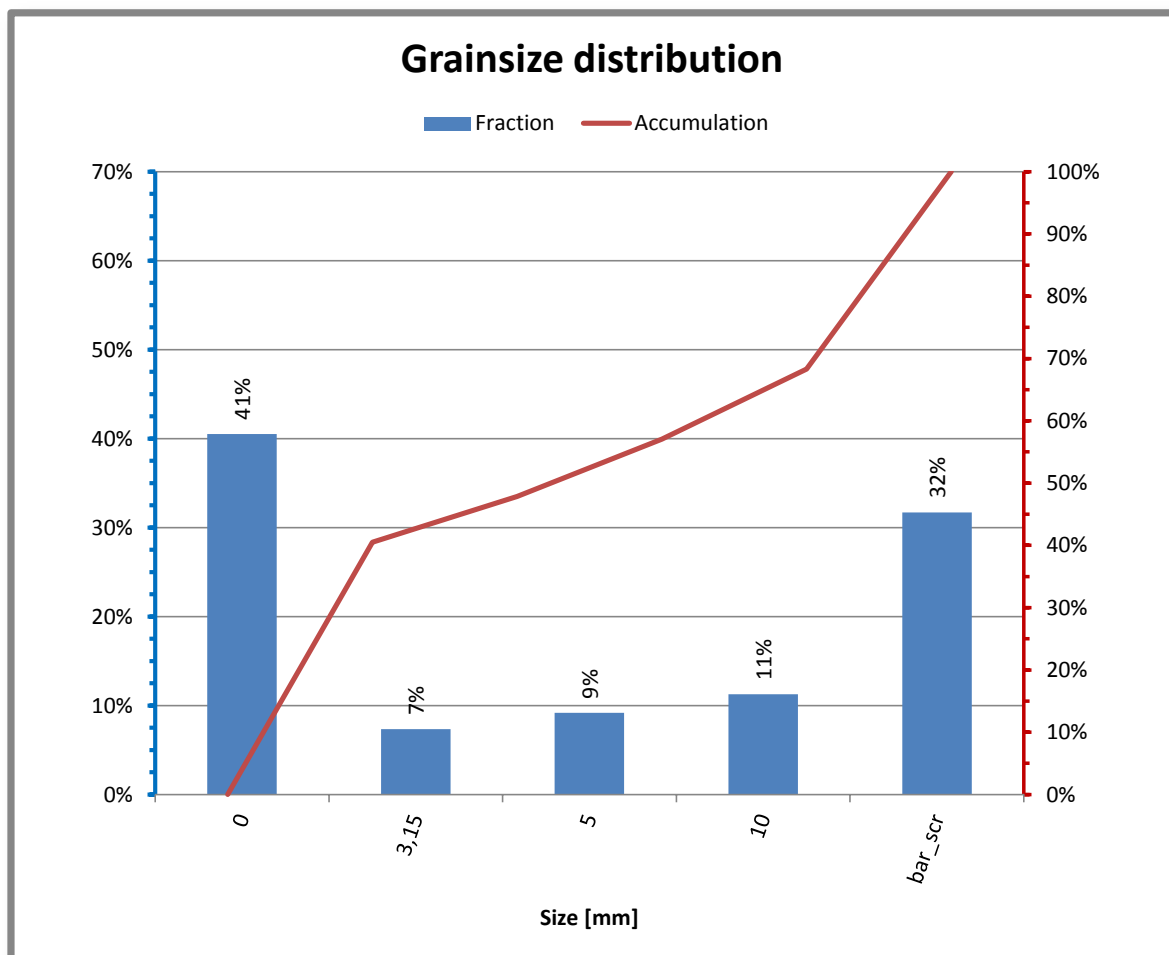
Bilaga 3

Resultatrapport Binder+Co

Hellden Environmental AB

2017-05-08

Glass out of a landfill



Eject Finger Screen:



Test results are no guaranty values!

Hellden Environmental AB

Glass out of a landfill

2017-05-08

Grainsize		Total		Metals(FE)		CSP / Organic		Glass			Flint		Green		Amber		Glass	
[mm]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[g/t]/Fraction	[g]	[g/t]/Fraction	[g]	[g/t]	% Fraction	[g]	[%]	[g]	[%]	[g]	[%]	[g]	[%]
bar scr	X	11310	31,69%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	bar scr	4023	11,27%	-	-	2538	630 872	1444	40 464	36%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1444	100,0%
5	10	3276	9,18%	146,1	44 597	2193,6	669 597	936,4	26 240	29%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	936,4	100,0%
3	5	2615	7,33%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	3	14462	40,53%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total:		35 686	100,0%	146,1 [g]		4731,6 [g]		2380,4 [g]			0 [g]		0 [g]		0 [g]		2380,4 [g]	
				2,01 [%]		65,19 [%]		32,80 [%]			0,0% [%]		0,0% [%]		0,0% [%]		100,0% [%]	
				20 129,2 [g/t]		651 906 [g/t]		327 965 [g/t]										

Glass 5-10



CSP 5 - 10



Glass 10 - finger screen



CSP 10 - finger screen

