

Affald fra en glasproduktion ved Glargårde

Af Arne Jouttijärvi

1. Indledning

Materialet fra Glargårde¹ er overordentligt righoldigt, og består af en række forskellige typer materiale, som kan knyttes til forskellige trin af glasproduktionen. Det kan derfor give et enestående indblik i de processer, som fandt sted i en glashytte i renæssancen, og de materialer, som blev anvendt, ikke kun ved fremstillingen af selve glasset, men også til opbygning af ovnen, fremstilling af glaspotterne m.m.

Indledningsvist blev der foretaget en gennemgang af materialet, og det blev forsøgt opdelt i typer efter de umiddelbart synlige karakteristika. Herefter blev der foretaget kemiske analyser af udvalgte stykker fra hver gruppe, med det formål, at søge afklaret hvilken proces, som havde givet ophav til materialet, og i nogle tilfælde hvorvidt der var tale om et mellemprodukt eller affald fra processen.

Også et stort antal fragmenter af bemalede og ubemalede vinduesglas, som tilsyneladende har været et af glashyttens væsentligste produkter, blev analyseret. Disse analyser blev suppleret med fragmenter af vinduesglas fra Ribe, Stenhule og Rytterkær.

2. Ovndele

Dele stammende fra glasovne omfatter fragmenter af sandsten, ofte med lag af glas, mere eller mindre smeltede stykker tegl, samt lerplader, som må have fungeret som lukker over åbninger i ovnen (fig. 1).

Ud fra materialet må det formodes, at den nederste, og kraftigst varmepåvirkede, del af ovnen har været bygget af sandsten, medens den øverste del har været af tegl eller lerklinet.

Specielt lukkerne er her af interesse, idet de findes i to typer. Den ene er lavet af almindeligt ler, sandsynligvis af lokal oprindelse, medens den anden gruppe er fremstillet af ildfast ler, som må være importeret.



Fig. 1. Del af lukke fra glasovn. Foto: AJ.

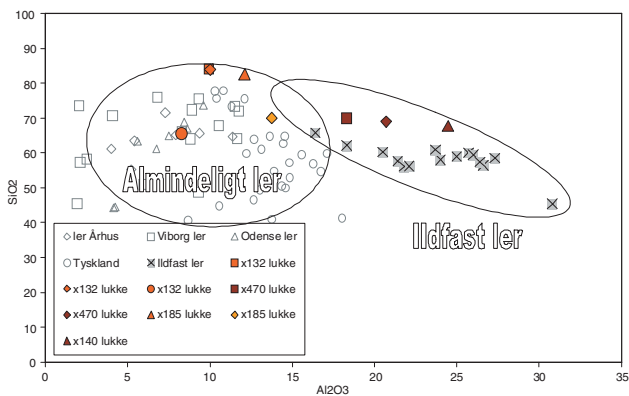


Fig. 2. Indhold af aluminiumoxid (Al_2O_3) og siliciumoxid (SiO_2) i lukker af almindeligt ler (orange) og ildfast ler (brune).

De to typer må afspejle anvendelse to forskellige steder i ovnen, hvor temperaturen, og dermed kravet til ildfasthed har været forskellig (fig. 2). Der er dog ikke umiddelbart nogen forskel i form eller størrelse på de to typer lukker.

3. Glaspotter

En anden anvendelse af ildfast ler ses i glaspotterne. Materialet fra Glargårde rummer således mange fragmenter af glaspotter, næsten alle fremstillet af en lys grå ler, som er brændt så hårdt, at den næsten er glas- eller flint-agtig i bruddet. Undersøgelse af tværsnit af pottfragmenter viste, at der ved fremstillingen er brugt chamotte, d.v. s. at leret er blevet blandet med brændte, knuste glaspotter, sandsynligvis udtjente potter, som var revnet eller af andre grunde fundet uegnede til videre brug. Der fandtes fragmenter af såvel brændte som ubrændte potter, og analyse af et gråt, puverformet materiale viste da også, at der var tale om rå ler af samme sammensætning som potterne. Der kan derfor næppe herske

tvivl om, at de potter, som blev anvendt i glashytten i Glargårde, blev fremstillet på stedet. Til det brugte man en blanding af knuste potter og en ildfast ler, som må være blevet importeret fra kontinentet eller England. Et muligt oprindelsessted for leret er Hessen, som netop i 1500-tallet er ved at blive kendt for produktionen af ildfaste digler af så høj en kvalitet, at de var dominerende på det europæiske marked helt op til 1800-tallet².

På glaspotternes yderside er der i de fleste tilfælde et tyndt brunligt glaslag, som nogle gange bærer spor af at flydende glas er løbet ned af det. Analyserne viste, at sammensætningen af dette glas svarede til potterne, blot med et højere indhold af calciumoxid (CaO) og kaliumoxid (K_2O). Det viser, at der ikke er tale om en bevidst glasering, men om et resultat af en reaktion mellem leret i glaspotten og aske fra det brændsel, som blev anvendt i ovnen. De to oxider er de væsentligste komponenter i trækulsaske. Luften i glasovnen har været fyldt med fine partikler af aske, som kunne sætte sig på overfladen af glaspotterne og danne det tynde glaserede lag.

Flere af fragmenterne indeholder også tykke lag af glas på indersiden. Dette glas har en sammensætning, som i det store hele svarer til det analyserede vinduesglas, blot vil der inderst ved pottens overflade kunne spores en vis reaktion med leret i form af et forhøjet indhold af aluminiumoxid.

4. Fritte

Et væsentligt spørgsmål ved undersøgelsen af en glashytte er, om man på stedet selv har fremstillet sit råglas ud fra råmaterialerne kvarts (ofte i form af sand) og aske, eller om produktionen eventuelt har været baseret på genopsmeltning af skrotglas eller eventuel import af råglas fra andre glashytter.

Ved Glargårde blev der fundet gruber indeholdende sand, som muligvis kan have været det vigtigste råmateriale, ved fremstilling af glas. Der var tale om rent kvartsand uden nævneværdige spor af andre mineraler eller fragmenter af muslingeskaller. Afrundede sandkorn tyder på, at der kan være tale om smeltevandssand.

Ved fremstillingen af glas blandedes ca 3 dele sand med 1 del aske, og det antages normalt, at glasfremstillingen foregik som en totrins proces, hvor der først fremstilledes en »fritte«, ved opvarmning af råmaterialerne til en temperatur, som er lavere end den som bruges ved smeltning og forarbejdning af det færdige glas. Dette bevirker, at en del vand og gasformige urenheder når at undslippe, og dannelsen af en lavtsmeltende glas sker ved diffusion. Herefter blev fritten knust, og vasket, for at fjerne den del af urenhederne, som ikke kunne indgå i glasset, og derefter smeltet til egentligt glas. De urenheder, som stadig var tilbage, og som ikke var opløselige i glasset flød ovenpå og blev skummet af som »glasgalle«. Der er her først og fremmest tale om klorider og sulfider stammende fra asken og forureninger i sandet.



Fig. 3. Fritte smeltet fast på indersiden af en glaspotte. Foto: AJ.

Det vil være væsentligt, hvis man ved arkæologiske udgravninger er i stand til at identificere en gruppe materiale som glasfritte.

Blandt de forskellige typer materiale fra Glargårde, findes der en gruppe uregelmæssige grå klumper, som sandsynligvis repræsenterer fritten (fig. 3). Klumperne kan være mere eller mindre glasagtige i strukturen, men har i de fleste tilfælde en sammensætning, som ligger tæt på det færdige glas (fig. 4). I nogle tilfælde er der dog muligvis sket en udvaskning af ikke reagerede bestanddele fra asken. Det er også blandt disse, at der findes tegn på, at det kobberholdige grønne glas også er af lokal produktion.

I et enkelt tilfælde er fritte fundet på indersiden af en glaspotte (fig. 5), og i andre kan det tydeligt ses af klumpernes form, at de er dannet i en form for beholder, sandsynligvis en digel eller glaspotte.

5. Råglas

Efter at fritten var blevet rensat, blev den igen smeltet, så det egentlige glas dannedes. Også dette råglas findes i materialet fra Glargårde, i form af blokke af

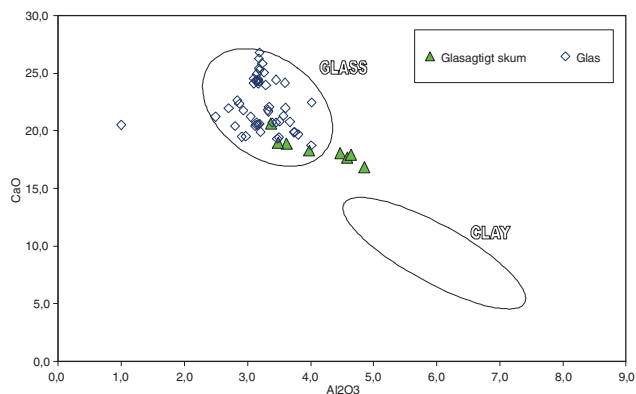


Fig. 4. Den kemiske sammensætning af fritten ligger tæt på glassets.



Fig. 5. Klump af fritte. Faconen viser, at den er dannet i halvsmeltet form i bunden af en potte eller digel. Foto: AJ.

glas. På grund af glassets tykkelse virker det ret kraftigt farvet, nærmest mørkt olivengrønt. Farven er glassets naturlige farve, og skyldes en forurening, primært af jernoxid, som stammer fra sand og ikke mindst aske (fig. 6). Ved at være meget omhyggelig med udvælgelsen af sandet og ved at rense asken gennem gentagne opløsninger og inddampninger, kunne man reducere jernindholdet og dermed fremstille et mere farveløst glas. Det var dog ikke almindeligt i de nordeuropæiske waldglas-hytter, og det meste glas fremstillet her, er derfor af en lysere eller mørkere grønlig farve. Var det vigtigt, at glasset virkede farveløst kunne den grønne farve dog modvirkes ved tilsætning af affarvningsmidler som f. eks. Manganoxid, som det senere skal omtales i forbindelse med vinduesglasset. Ingen af de analyserede blokke af råglas var dog affarvet.

Glasagtige klumper

En anden type materiale, harm fandtes i relativt store mængder, er klumper af glas med mange urenheder i. Analyser viste, at urenhederne bestod af ler, fragmenter af glasspotter og sandsten eller stykker af kvarts, som

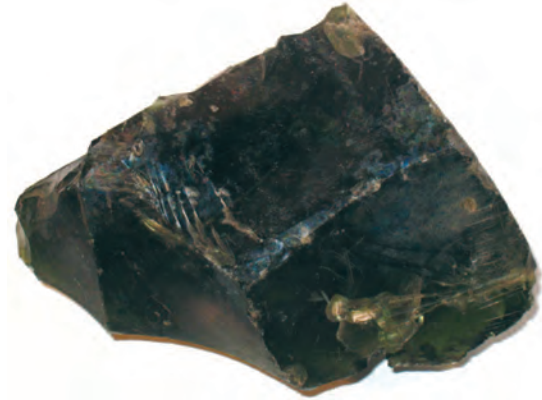


Fig. 6. Blok af råglas. Foto: AJ.

muligvis er brændt flint. Sammensætningen af glasset viste, at det ofte var tydeligt forurenset med smeltet ler.

Klumperne må derfor være affald, som er dannet ved at glas, som er spildt eller flydt ud fra potterne, har fastholdt forskellige fragmenter af materiale fra potter eller ovnkonstruktion. Der er derfor ikke tale om hverken et bevidst produkt, eller egentlig procesaffald, men om tilfældigt dannet materiale, som ikke fortæller meget om det arbejde, som foregik i glashytten.

7. Planglas

Sammenlagt blev der lavet 56 analyser af ubemalet planglas fra Glargårde, suppleret med materiale fra Stenhule, Ribe og Hyttekær³.

Glasset fra Glargårde kan efter farve inddeles i 3 grupper:

- Farveløst eller meget lyst grønligt
- Grønligt, nærmest lyst olivengrønt
- Klart grønt

Farven kan dog i mange tilfælde være svær at bedømme på grund af korrosionslaget (fig. 7).



Fig. 7. De tre farver glas fra Glargårde. til venstre farveløst (men delvist dækket af korrosion), i midten lyst olivengrønt og til højre grønt. Foto: AJ.

Farveløst glas

En stor del af glasset er klart eller kun svagt grønt. Det farveløse glas fra Glargårde er meget ensartet i sammensætning. Ensartetheden i analyserne fra Glargårde vidner om en ganske nøje kontrol med kvalitet og blandingsforhold af råvarerne til glasset.

Et stykke klart glas fra Stenhule adskiller sig lidt fra disse ved et lavere indhold af kaliumoxid

(K_2O), medens farveløst bemalet glas fra Ribe generelt har et lidt højere indhold af natriumoxid

(Na_2O) og et lavere af aluminiumoxid (Al_2O_3) og især kaliumoxid (K_2O). Det synes derfor muligt, at skelne mellem glasset fra de forskellige lokaliteter (fig. 8).

De farveløse glas har næsten alle et indhold af manganoxid på mere end 1,3% (fig. 9), i modsætning til de olivengrønne glas. Samtidig har det farveløse glas dog også et højere indhold af jernoxid (Fe_2O_3), hvilket tyder på, at manganoxid er blevet tilsat i form af en forbindelse, som også indeholdt jernoxid. Skal man pege på en mulig lokal kilde, er det mest sandsynlige at der kan være tale om myremalm. Indholdet af manganoxid i myremalm er meget varierende, men

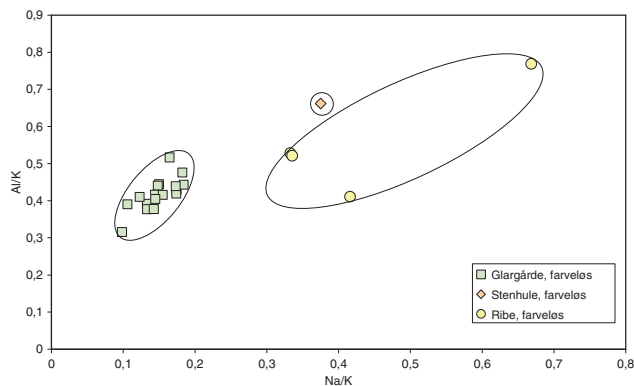


Fig. 8. Forholdene natriumoxid/kaliumoxid (Na/K) og aluminiumoxid/kaliumoxid (Al/K) i farveløst glas fra Glargårde, Stenhule og Ribe.

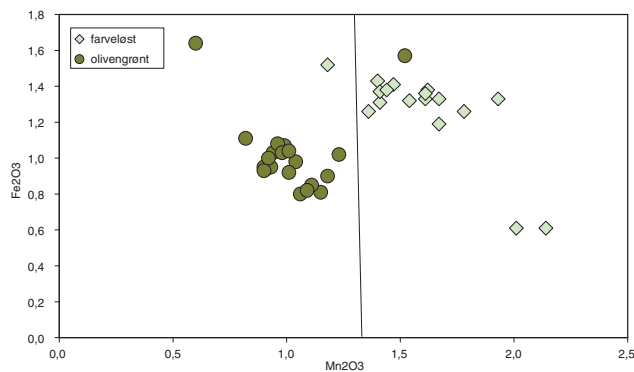


Fig. 9. Indholdet af manganoxid (Mn_2O_3) og jernoxid (Fe_2O_3) i olivengrønt og farveløst glas fra Glargårde.

de mest manganholdige kan indeholde mere mangan end jern⁴. De manganholdige malme er let genkendelige på deres matte sorte farve, og kan derfor let sorteres fra, hvis man specielt har ønsket at gøre brug af dem. I nyere tid er manganholdige myremalme fra Jylland blevet brugt til produktion af mangansulfat (kunstgødning) og brunjernsten til batterier.

Olivengrønt glas

Sandsynligvis repræsenterer det olivengrønne glas det glas, som blev fremstillet i glashytten ved Glargårde i sin naturlige farve, uden at der er gjort noget for at affarve eller farve det. Sammensætningen ligger tæt på den, som kunne ses i det farveløse glas, blot med en lidt større spredning. Også den set forskel mellem glasset fra Glargårde og Stenhule, er grundlæggende den samme (fig. 10). Det må derfor antages, at såvel det farveløse- som det olivengrønne glas begge steder er blevet produceret ud fra samme ingredienser. Den mindre spredning på sammensætningen af det farveløse glas fra Glargårde kan måske skyldes, at der ved fremstillingen af dette er blevet ofret mere omhu på kun at bruge det reneste sand og aske.

Andrerledes forholder det sig med glasset fra Ribe. Herfra er der kun analyseret få olivengrønne stykker, og de adskiller sig i sammensætning kraftigt fra de farveløse. Det er derfor sandsynligt, at de to typer glas i Ribe kom fra to forskellige glashytter. Materialet fra

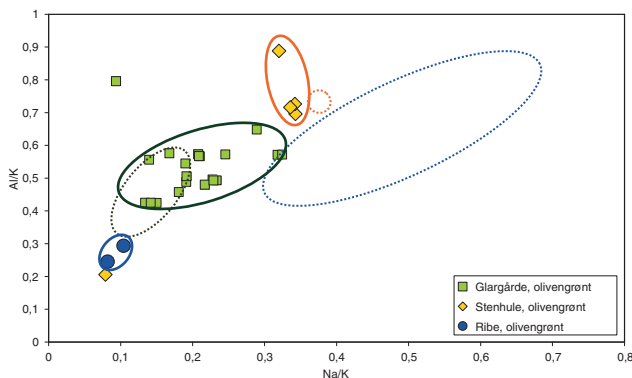


Fig. 10. Forholdene natriumoxid/kaliumoxid (Na/K) og aluminiumoxid/kaliumoxid (Al/K) i olivengrønt glas fra Glargårde, Stenhule og Ribe. Med stiple er vist sammensætningerne af det farveløse glas.

Ribe stammer da også fra et glarmester værksted, og ikke fra en glashytte, og det er sandsynligt, at man her kan have anskaffet glas fra forskellige kilder, alt efter pris og kvalitet.

Grønt glas

Den sidste gruppe består af glas med en klar grøn farve. Den grønne farve er opnået ved tilsætning af 2,5-5,5% kobberoxid (CuO) til glasset, og desuden forekommer der i næsten alle glassene også blyoxid (PbO) (fig. 12). Der findes tilsyneladende to grupper grønt glas, en med et blyindhold på 20-27% og en med et væsentligt lavere blyindhold på 0-5%. Med hensyn til indholdet af jern- og manganoxid svarer det grønne glas til det lyst grønne, hvilket er rimeligt, da der intet ville være vundet ved først at affarve og derefter igen at grønfarve glasset.

Der fandtes ikke grønt glas fra nogen af de øvrige lokaliteter.

Såvel farveløst som lyst olivengrønt glas er fundet henholdsvis på indersiden af et pottfragment og og

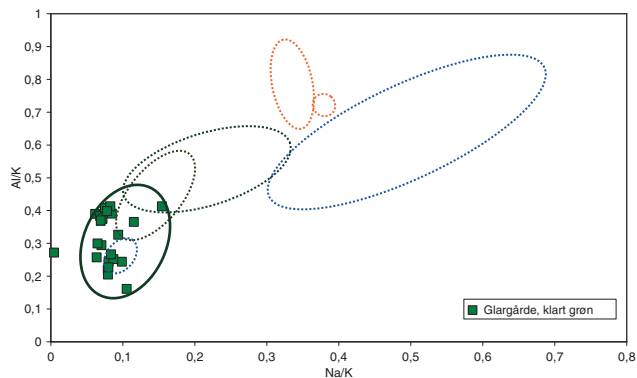


Fig. 11. Forholdene natriumoxid/kaliumoxid (Na/K) og aluminiumoxid/kaliumoxid (Al/K) i olivengrønt glas fra Glargårde. Med stiple er vist sammensætningerne af det farveløse og olivengrønne glas.

på indersiden af et lukke. Det viser, at begge typer er blevet forarbejdet på stedet. Indtil videre er der ikke identificeret klart grønt glas i pottes eller på lukker. At også denne type glas er blevet fremstillet og med stor sandsynlighed forarbejdet i glashytten ved Glargårde kan dog ses af, at en gruppe af de analyserede stykker fritte har et indhold af kobberoxid, svarende til det grønne glas. Der er dog kun fundet fritte med et lavt indhold af blyoxid, så det kan ikke bevises, at det blyholdige grønne glas også er fremstillet på stedet.

Tilstedeværelsen af kobberoxid i fritten viser også, at farvningen skete allerede ved blandingen af de primære ingredienser til glasset, og ikke ved tilsætning af farvende oxider til det færdige glas.

8. Glastraditionen

I forskellige områder af Europa havde glasmagerne adgang til forskellige råmaterialer, og desuden eksisterede der uden tvivl lokale traditioner med hen-

syn til hvordan man sammensatte sin glasmasse. Det giver sig i sidste ende udtryk i, at glas fremstillet i forskellige egne har forskellig kemisk sammensætning. De forskellige traditioner skal ikke behandles nærmere her; men analyser viser hvordan de tegner sig i forholdene mellem nogle af de oxider, som findes i glasmassen (fig. 13). Opdelingen er foretaget på baggrund af publicerede analyser fra det meste af Europa⁵. En kartering af fundstederne for de analyserede glas giver en klar geografisk opdeling (Fig. 14).

Som det kan ses af fig. 13 og 14, tilhører glasset fra Glargårde en tradition, som primært kendes fra glashytterne i Hessen. Det samme gælder glasset fra Stenhule, og fra glashytten ved Glarborg i Grib skov, som omtales andetsteds i dette bind. Det ser derfor ud til, at glasmagerne, som havde deres virke i Danmark i renæssancen, havde tætte bånd til det hessiske område, og sandsynligvis selv var udvandret herfra.

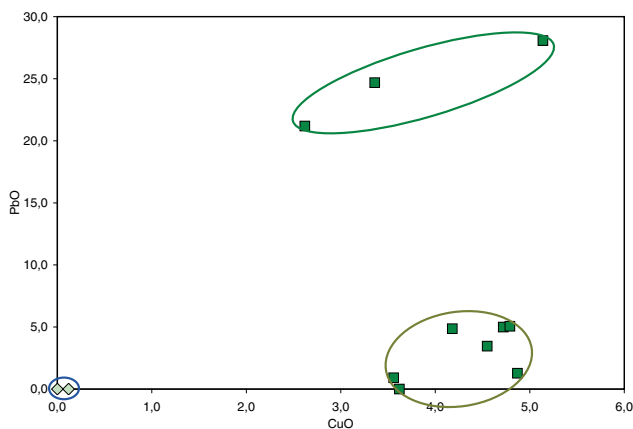


Fig. 12. Indhold af kobberoxid (CuO) og blyoxid (PbO) i grønt (grønne firkanter) og farveløst glas (lyst blå romber).

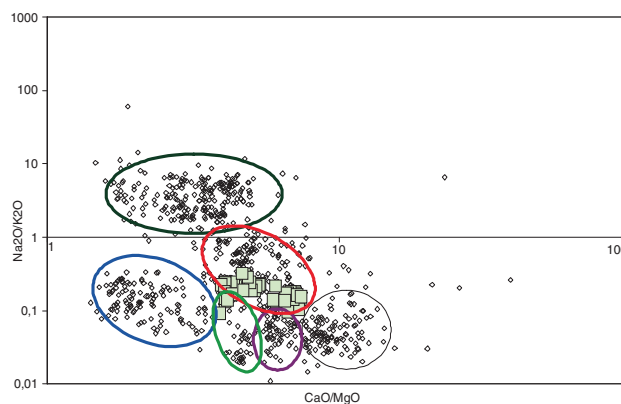


Fig. 13. Sammensætningen af glasset fra Glargårde set i forhold til en række europæiske traditioner. Farverne svarer til markeringerne på kortet i fig. 14.



Fig. 14. Den geografiske udbredelse af de forskellige grupper glas vist i fig. 13.

9. Bemaling

På mange af fragmenterne af planglas fra Glargårde findes der bemaling. Det er bemærkelsesværdigt, at bemalingen næsten altid er udført på den mørkeste type glas, som blev produceret på stedet, den kobberfarvede grønne. Ydermere, er bemaling kun fundet på glas med lavt indhold af blyoxid, altså den type grønt glas, som med sikkerhed er fremstillet i glashytten.

Langt de fleste bemalinger fra Glargårde er udført i en rødbrun farve, men enkelte bemalinger er udført i en grå farve (fig. 15). Også på glasfragmenter fra Ribe ses rødbrun bemaling. Her er der dog tydeligvis tale om to forskellige brune farver, en lys og en mørk (fig. 16). Analyser af farverne viser, at der til de rødbrune farver i såvel Ribe som Glargårde, er brugt jernoxid som pigment. Forskellen mellem den lyse og den mørke brune er primært mængden af jernoxid, idet den

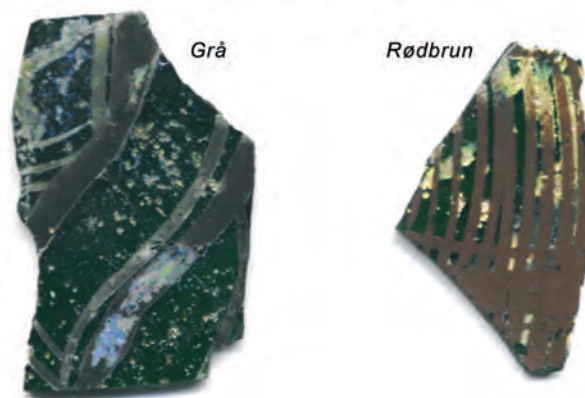


Fig. 15. Bemaling på vinduesglas fra Glargårde. Foto: AJ.

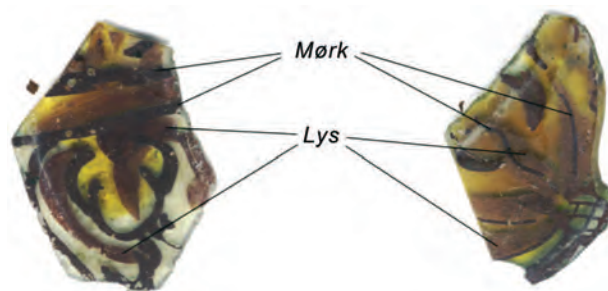


Fig. 16. Bemalinger på vinduesglas fra Ribe. Foto: AJ.

lyse indeholder 10-30%, medens den mørke er helt oppe på 45-55% (fig. 17). Den rødbrune bemaling på fragmenterne fra Glargårde svarer i sammensætning til den lyseste af de brune farver fra Ribe

Den grå farve, som blev set på fragmenter fra Glargårde, er farvet med kobberoxid (ca. 40%), og indeholder slet ikke jernoxid (fig. 18).

Ud over jernoxid og kobberoxid indeholder bemalingerne også en del blyoxid (PbO) (fig. 17). Det gælder især de brune farver. Tilstedeværelsen af blyoxid

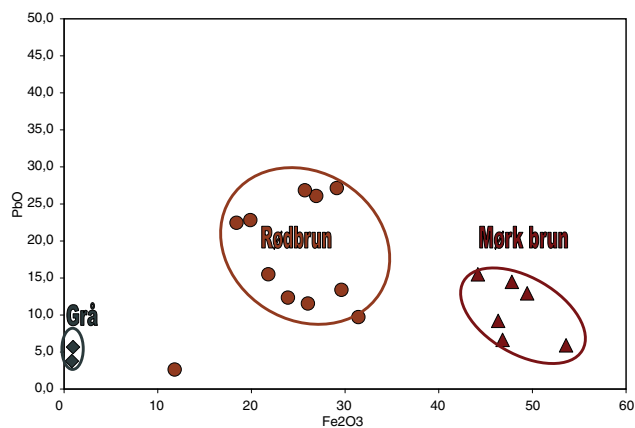


Fig. 17. Indholder af jernoxid (Fe₂O₃) og blyoxid (PbO) i de brune og grå bemalinger på glas fra Glargårde og Ribe.

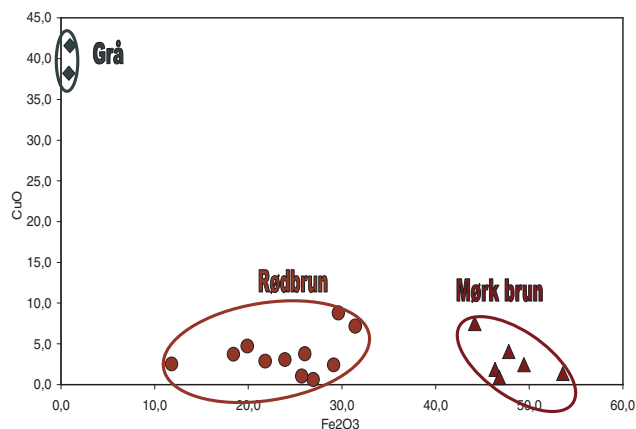


Fig. 18. Indholdet af jernoxid (Fe₂O₃) og kobberoxid (CuO) i de brune og grå bemalinger på glas fra Glargårde og Ribe.

er uafhængig af om selve glasset indeholder bly, og må derfor være en del af malingen. Indholdet er størst i den lyseste brune bemaling, og det mest sandsynlige er, at pigmentet (jernoxiden) oprindeligt er blevet blandet op med pulveriseret, blyholdigt glas. Det har givet mulighed for at styre koncentrationen af pigment, og samtidig holde en konstant mængde tørstof i malingen, der sandsynligvis har været rørt op i et organisk bindemiddel. Herved har den været ensartet at male med, uafhængigt af om det drejede sig om en lys eller mørk farve. At man har anvendt blyholdigt glas, kan være gjort ud fra et ønske om at have et lavt smeltepunkt. Efter bemalingen kunne glasset derfor opvarmes, således at farven smeltede fast, uden at man risikerede at få en deformation af de bemalede glasstykker.

10. Konklusion

Analyserne af materialet fra Glargårde har givet indsigt i, hvordan arbejdet foregik i en nordjysk glashyt-

te i renæssancen. De nordeuropæiske Waldglashytter bliver ofte opfattet som lidt »primitive« i forhold til f. eks. Samtidens venetianske glaskunst, og det antages, at man kun har formået at fremstille urent grønligt glas.

Billedet af glashytten ved Glargårde er dog væsentligt mere nuanceret, og viser, at den hessiske glassmager, der virkede her, ikke lod sig nøje med det urene glas. Han kunne således fremstille næsten farveløst glas, ved affarvning med mangan, når dette var nødvendigt for glassets anvendelse i vinduesruder, og også farvet grønt glas blev frembragt, som grundlag for bemalede partier af vinduerne.

Identifikationen af fritte og andre typer materiale stammende fra glasproduktionen vil gøre det lettere at bedømme fundene fra fremtidige udgravninger af glashytter, og vil kunne danne grundlag for udvælgelse af hvilke prøver det vil være relevant at udtage for eventuel kemisk analyse.

Noter

- 1 Nielsen 2008.
- 2 Martinon-Torres 2009.
- 3 Nielsen 2009.
- 4 Buchwald 1998.
- 5 Opdelingen er baseret på data fra en række publicerede og upublicerede undersøgelser. Af væsentlige publikationer kan nævnes: Barrera & Velde 1989, Bezborodov 1995, Bronk, H. & Schulze 1999, Kuisma-Kursula 1997, Mortimer 1995, Stephan et al 1992, Watzke 2001.

Litteratur

- Barrera, J. & B. Velde: A study of french medieval glass composition, *Archéologie Médiéval* 19, 1989: s. 81-131.
- Bezborodov, M.A.: *Chemie und Technologie der antiken und mittelalterlichen Gläser*. Mainz: 1975
- Bronk, H. & Schulze, G.: Untersuchungen an holsteinischen Glashüttenfunden des 17. und 18. Jahrhunderts, *Berliner Beiträge zur Archäometrie* 16 (1999), s. 101-116.
- Buchwald, V.F. 1998. Myremalm; *Geologisk Tidsskrift*, hæfte O, pp. 1-26 København, 1998
- Kuisma-Kursula, P., Räsänen, J. & Matiskainen, H.: Chemical analyses of european forest glass. *Journal of Glass studie*, vol 39, 1997; Corning, New York 1997, s. 57-68
- Martinon-Torres, M. & Rehren, Th.: Post-medieval crucible production and distribution: a study of materials and materialities. *Archaeometry* 51,1, 2009, s. 49-74.
- Mortimer, C.: Analysis of post-medieval glass from Old Broad Street, london, with reference to other contemporary glasses from London and italy; *Trade and Discovery, British museum Occasional Paper 109*, London 1995
- Nielsen, Jens N.: Tinsholt og Glargårde. *Skalk* 2008:2 s. 18-25.
- Nielsen, J.N.: Ruder i Ribe i renessancen, *By, marsk og geest* 21, 2009, s 49-63
- Stephan, H.-G., Wedepohl, K. H. & Hartmann, G.: Die Gläser der hochmittelalterliscen Waldglashütte Steimcke; *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters*, 20, 1992; s. 89-123
- Watzke, B.: *Materialwissenschaftliche Untersuchungen von Produktionseinrichtungen und Produkten der spätmittelalterlichen Glashütte Schönbuch*. Diplomarbeit, Universität Würzburg 2001.