

VIKINGATIDA FÖRGYLLNING

En studie av förgyllningstekniker tillämpade på föremål från Birka med SEM-EDS



Masteruppsats i laborativ arkeologi
Amanda Patriksdotter
Handledare: Lena Holmquist
Arkeologiska forskningslaboratoriet
Institutionen för arkeologi och antikens kultur
Stockholms universitet VT19

Abstract

Studies with primary focus on Viking age gilding techniques in Scandinavia has not been carried out since the sixties. During the past 50 years knowledge about prehistoric gilding techniques and traces of them in the archeological material, as well as the usage of natural sciences within archaeology, has developed considerably. The aim of this thesis was to revisit the topic of gilding and shed new light on Viking age metalworking in Scandinavia with focus on gilding techniques. The second aim was to determine the possibilities and limitations of the study of gilding with a non-destructive methodology. The surfaces of 13 metal objects, four of which are indigenous and the rest are imported goods, were analyzed with SEM-EDS. The chemical compositions of the gilded layers as well as the underlying silver- or copper alloys were analyzed. Furthermore, observations of micro morphological structures were carried out on the gilt surfaces. Interpretations of both chemical compositions and micro morphology were carried out in order to identify what technique or techniques have been used for gilding. The results show that two of artefacts have not been gilded at all, five of them have been fire gilded and the results of the remaining six objects are inconclusive mainly due to lacking reference data. It can be concluded that further research regarding the aging of gilt surfaces on gilded artefacts, more specifically the loss of mercury in fire gilded surfaces over time, needs to be carried out.

Tack till

Jag vill tacka Lena Holmquist som har handlett mig genom detta arbete. Ytterligare ett tack vill jag skänka till Gustaf Trotzig som sedan länge har velat se att ett arbete om förgyllningstekniker genomförs och som anordnade möjlighet för mig att besöka S:t Eriks Silversmedja och Stockholms Förgyllning & Bildhuggeri. Till Holmquist och Trotzig vill jag ge ytterligare tack för intressanta diskussioner, uppmuntran och för att jag har fått ta del av den enorma kunskap som ni besitter. Ni två är mina förebilder.

Tack till Ronnie på S:t Eriks Silversmedja och Lotta på Stockholms Förgyllning & Bildhuggeri för att ni välkomnade mig att komma på besök och se hur förgyllning görs i modern tid. Att få ta del av era kunskaper och få möjligheten att se hur förgyllning görs i praktiken har varit mycket givande.

Tack till Hans Ahlgren som hjälpte mig med alla analyser och som gjorde laboratoriearbetet roligare med sin humor och intressanta samtal.

Till mina kurskamrater: Tack för de här två åren, för att ni har bringat skratt och varit ett stöd under uppsatsarbetet.

Jag vill även tacka min kära vän Jon Lundin, kartmästare och idéspruta, för att du har hjälpt mig med kartframställningen till detta arbete, för att du har varit ett stöd, ett bollplank och för att du har förgyllt min vardag med din humor under hela mitt uppsatsarbete.

Sist men inte minst vill jag skänka ett tack till den viktigaste personen i mitt liv; Min lillebror Pontus. Tack för att du får mig att vilja prestera och utvecklas, tack för att du är min drivkraft, tack för att du finns.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
2. Syfte och frågeställningar.....	2
3. Material.....	2
4. Metod.....	2
5. Källkritik.....	3
6. Förgyllningstekniker.....	4
6.1 Förgyllning med guldplätering och bladguld.....	4
6.2 Brännförgyllning.....	5
6.3 Kallförgyllning.....	8
7. Råmaterial- Kemiska egenskaper samt tillgänglighet ur ett skandinaviskt perspektiv.....	8
7.1 Guld.....	8
7.2 Kvicksilver.....	9
7.3 Silver och bly.....	10
7.4 Kopparlegeringar.....	11
8. Bakgrund.....	13
8.1 Birka.....	13
8.2 De förgyllda föremålen.....	16
8.2.1 Garnisonen 4934- Beslag med ring.....	16
8.2.2 Garnisonen 5055- Bågarfragment.....	17
8.2.3 Garnisonen 5384- Remändsbeslag I.....	18
8.2.4 Garnisonen 5200- Remändsbeslag II.....	19
8.2.5 Garnisonen 5918 - Fragment.....	20
8.2.6 Garnisonen 12177- Bysantinskt beslag med gravering.....	21
8.2.7 Garnisonen 5247- Bysantinskt beslag med punsdekor.....	22
8.2.8 SHM 34000: Bj 596 - Möjligt dryckeshornsbeslag.....	23
8.2.9 SHM 34000 Bj 543- Silverspänne med karolingisk ornamentik och niello.....	24
8.2.10 SHM 34000 463:9C- Inhemskt treflikigt spänne.....	25
8.2.11 SHM 5208:59- Likarmat spänne.....	26
8.2.12 SHM 34000: Bj 965- Silverhänge i orientalisk stil.....	26
8.2.13 SHM 34000: Bj 968 - Treflikigt spänne med karolingisk dekor.....	27
9. Svepelektronmikroskop med energidispersiv röntgenfluorescensspektrometri.....	28
9.1 Alternativa analyser och tillvägagångssätt vid analys av metallföremål.....	29
10. Resultat.....	30
10.1 Garnisonen 4934- Beslag med ring.....	31
10.2 Garnisonen 5055- Bågarfragment.....	32
10.3 Garnisonen 5384- Remändsbeslag I.....	33
10.4 Garnisonen 5200- Remändsbeslag II.....	34
10.5 8.2.5 Garnisonen 5918 - Fragment.....	34
10.6 Garnisonen 12177- Bysantinskt beslag med gravering.....	35
10.7 Garnisonen 5247- Bysantinskt beslag med punsdekor.....	37
10.8 SHM 34000: Bj 596 - Möjligt dryckeshornsbeslag.....	38
10.9 SHM 34000 Bj 543- Silverspänne med karolingisk ornamentik och niello.....	39
10.10 SHM 34000 463:9C- Inhemskt treflikigt spänne.....	42
10.11 SHM 5208:59- Likarmat spänne.....	43
10.12 SHM 34000: Bj 965- Silverhänge i orientalisk stil.....	45
10.13 SHM 34000: Bj 968 - Treflikigt spänne med karolingisk dekor.....	47
10.14 Resultat i relation till tidigare analyser.....	48
11. Diskussion.....	49
11.1 Föremålens kemiska sammansättning och förgyllningslagrens mikromorfologi.....	50
11.2 Faktorer bakom uteblivna mätdata.....	56
11.3 Förutsättningar och begränsningar med studiet av förgyllning utan destruktiva ingrepp och framtida forskning.....	57
12. Sammanfattning.....	59
13. Referenser.....	61
Bilaga 1.....	65
Bilaga 2.....	70

1. Inledning

Vid dekoration av smycken och dräktspännen utgjorde förgyllning en av de vanligaste hantverksteknikerna under vikingatid. Vidare vittnar det arkeologiska materialet från denna tid om att det var allt vanligare att förgylla föremål, då föremål bestående av legeringar av en mindre ädel metall så som silver eller koppar, snarare än att producera solida guldföremål. Till de vanligaste förgyllningsteknikerna hör bladguldsförgyllning, guldplätering och brännförgyllning. Information rörande dessa tre typer av förgyllningstekniker återfinns i antika litterära källor, förhistoriska avbildningar, brukas i modern tid och har internationellt kunnat identifieras i arkeologiskt material genom laborativa analyser.

Destruktiva ingrepp på arkeologiskt material är praxis inom studiet av förgyllning då föremålen vanligen sågas i och analyseras ur tvärsnitt, något som även gäller den knäpphändiga forskning som har haft skandinaviskt inhemska föremål som fokus. Den som senast studerade skandinavisk förgyllning var Andreas Oldeberg som under 60-talet genomförde mikroskopiska analyser på vikingatida föremål ur tvärsnitt. Härvid konstaterade han att brännförgyllning var den teknik som hade tillämpats, en förgyllningsteknik vilken innefattar bruket av kvicksilver.

Oldeberg kom också att genomföra spektralanalyser på borrhövar från ett fåtal förgyllda föremål. Vid dessa analyser kom inte kvicksilver att eftersökas då den rådande uppfattningen inom forskningen var att kvicksilver evaporerar fullständigt i processen av brännförgyllning. Nyare forskning har emellertid visat att detta är felaktigt och att temperaturer vilka krävs för total avdunstning av kvicksilver i förgyllningsytor skulle åsamka skador på underliggande material. Kvicksilver bör således eftersökas vid analys av deras sammansättningar i syfte att fastställa huruvida brännförgyllning är den teknik som har tillämpats eller ej.

Sedan 60-talet har förgyllningstekniker i skandinaviskt material omnämnts svepande i arkeologiska rapporter och uppsatser, däremot har förgyllning inte varit i primärt fokus för dessa arbeten. Denna uppsats syftar till att utöka förståelsen för det vikingatida ädelmetallhantverket och komplettera den existerande forskningen rörande förgyllningstekniker i Skandinavien under yngre järnålder. Genom mikromorfologisk analys av förgyllningsytor samt analys av de kemiska sammansättningarna av 13 vikingatida föremål är målsättningen att bredda kunskapen kring inhemsk skandinavisk förgyllning. Vald analys teknik är SEM-EDS men utan tillämpning av destruktiva ingrepp. Ett sekundärt syfte med detta arbete är således att frambringa alternativa tillvägagångssätt för de destruktiva ingrepp vilka i dagsläget är rådande praxis inom studiet av förgyllning.

Samtliga föremål som är objekt för analys har påträffats under olika arkeologiska undersökningar av den vikingatida staden Birka på Björkö i Mälaren, en av de viktigaste platserna inom forskningen berörande vikingatid.

2. Syfte och frågeställningar

Syftet med denna uppsats är att öka förståelsen för ädelmetallhantverket under vikingatid med förgyllningstekniker som primärt fokus. Uppsatsens sekundära syfte är att fastställa till vilken mån det är möjligt att studera förgyllningstekniker genom analys av förgyllda föremål med SEM-EDS utan att tillämpa destruktiva ingrepp. Därigenom är förhoppningen att frambringa alternativa tillvägagångssätt för de destruktiva ingrepp som i för närvarande är rådande praxis inom studiet av förgyllning.

De frågeställningar som ligger till grund för arbetet är följande:

- Är det möjligt att studera förgyllningstekniker genom analys av förgyllda föremåls ytor med SEM-EDS istället för analys ur tvärsnitt? Vilka förutsättningar och begränsningar tillkommer med detta icke-destruktiva tillvägagångssätt?
- Vilken eller vilka förgyllningstekniker förekommer i det vikingatida materialet från Birka?
- Vilka förutsättningar finns för att studera inhemsk vikingatida förgyllning och hur kan forskning rörande förgyllningstekniker tillämpade i Skandinavien under vikingatid komma att kompletteras i framtida studier?

3. Material

Uppsatsen behandlar 13 föremål vilka har upphittats inom olika områden av vad som har utgjort den vikingatida staden Birka på ön Björkö i Mälaren.

Åtta av föremålen är påträffade i Birkas Garnison, två är påträffat i stadsområdet Svarta jorden, ett härrör från en grav Norr om Borg och två föremål är i gravområdet Hemlanden. I det utvalda materialet förekommer föremål i bestående av både silver- samt kopparlegeringar vilka sedan har kommit att förgyllas, likväl förekommer fynd av både inhemskt och importerat ursprung.

Merparten av de föremål som är objekt för analys har påträffats i Birkas Garnison under arkeologiska undersökningar genomförda av Arkeologiska forskningslaboratoriet. Därmed var dessa föremål lättillgängliga då de förvaras på Institutionen för arkeologi och antikens kultur vid Stockholms universitet. Materialet kompletterades därefter med föremål inlånade från Statens historiska museer.

4. Metod

Inledningsvis genomgick vardera föremål en okulär besiktning. Detta gjordes i deskriptivt syfte för föremålens bevaringsgrad och utseende på förgyllningslagret. Av samma skäl togs även mikroskopsbilder av föremålens förgyllningsytor med Zeiss AxioCam ERc 5s med 1,252,5x/0,07 (420920-9900) gångers förstoring med programmet AxioVision imaging system v.4.7.1.

Vidare genomfördes de mikromorfologiska analyserna av förgyllningsytorna samt analys av de kemiska sammansättningarna i föremålen med ett svepelektronmikroskop (SEM) Leo 1455VP med energidispersiv röntgenfluorescenspektrometri (EDS) i analysenheten OXFORD INCA 300, vars elektronstråle tränger in 0,5-3 μm i föremålens yta (En ingående beskrivning av vald analysteknik finns under kapitel 8. *Svepelektronmikroskopi med energidespirisv röntgenmikroskopi*).

Vidare kom den antikvariska ytbehandling som föremålen var belagda med att avlägsnades med aceton innan analyserna genomfördes. Beträffande några av föremålen kom ytbehandlingens att behöva avlägsnas vid återupprepade tillfällen, något som berörs mer i kapitel 11.2 *Faktorer bakom uteblivna resultat*. Som praxis ägde provtagning rum på ytor vilka var tämligen skonade från korrosionsprodukter då dessa har genomgått färre kemiska förändringar än de starkt korrosionsangripna ytorna. Primärt fokus för analys var föremålens förgyllda ytor varvid mätningar genomfördes i syfte att fastställa guldlegeringarnas kemiska sammansättning. Vidare studerades även förgyllningsslagrens ytstrukturer mikromorfologiskt som underlag för tolkningen gällande vilken eller vilka förgyllningstekniker som har tillämpats på föremålen. Mätningar med SEM-EDS genomfördes även på koppar- och silverlegeringarna i den mån det var möjligt. Detta gjordes dels i syfte att identifiera vilka material som har kommit att förgyllas och dels studera hur förgyllningsytors bevaringsgrad påverkas av underliggande material.

Mätningar genomfördes även på ytor som av ett eller annat skäl ansågs vara av betydelse i förståelsen för det vikingatida metallhantverket, däribland provtagning på inläggningar av niello på ett silverspänne (SHM 34000: Bj 543) samt en vitmetallbelagd yta på ett likarmat spänne (SHM 5208:59) då dessa element vittnar om en kombination av förgyllning och andra utsmyckningstekniker på ett och samma föremål.

Eftersom att den projicerade elektronmikroskopbilden inte utgörs av färg så genomfördes även mätningar vilka syftade till att identifiera möjliga förgyllningsytor. Härvid markerades ytor, vilka är gyllene i färgen och synliga i ljusmikroskop, ut med koltejp innan föremålet fördes in i svepelektronmikroskopets provkammare.

Samtliga mätningar genomfördes enbart på legeringsämnena, det vill säga ämnena guld, silver, koppar, bly, tenn, arsenik, zink och kvicksilver. Vid provtagning av nielloinläggningarna inmättes dock även förekomsten av svavel, vilket är ett grundämne som utgör en huvudkomponent i niello.

Fem av föremålen har tidigare varit objekt för elementanalyser. Av dessa har fyra föremål (F4934, F5384, F5200 och F12177) analyserats med SEM-EDS och ett föremål (F5055) har analyserats med XRF. Beträffande föremålen som tidigare har analyserats med SEM-EDS genomfördes endast kompletterande analyser, primärt på förgyllningsytorna. Detta med skäl av att tidigare mätningar genomfördes med en annan provtagningsstrategi än den tillämpad i detta arbete. Gällande F5055 genomfördes en grundläggande analys av både kopparlegering och förgyllningsytor med skäl av att XRF-resultaten ej är direkt jämförbara med resultat från SEM-EDS-analyserna.

5. Källkritik

Ett flertal källkritiska problem medföljer studiet av förhistoriskt metallhantverk. Den kemiska sammansättning hos förhistoriska metallföremål har genomgått en rad kemiska processer från det att de framställdes fram tills idag och koncentrationerna av de olika förekommande ämnena är således inte identiska med den ursprungliga produkten. Legeringar är dessutom alltid heterogena i sin sammansättning, något som framförallt gäller kopparlegeringar (Pollard & Heron 2008:207). Detta innebär att förekomsten av ett och samma grundämne kan variera inbördes i en och samma yta vilket också är skäl till att grundämnesc koncentrationerna omräknas till ett medelvärde. Vidare har SEM-EDS en felmarginal på $\pm 1\%$ (Hogmark et al 1998) vilket givetvis bör tas i beaktning vid tolkning, framförallt beträffande ämnen vars förekomst utgörs av några procent.

6. Förgyllningstekniker

Förekomsten av solida guldoobjekt i det vikingatida materialet är tämligen knapphändigt om sett till mängden förgyllda föremål. Vissa inhemska föremålstyper, så som ovala spännbucklor, tycks nästan uteslutande uppträda som förgyllda (Gustafsson 2013:50). Förgyllning innebär praktiken av att belägga ett föremål med ett ytskikt av guld, till exempel ett koppar- eller silverföremål. Konsten att förgylla, vilket ger intrycket av att föremålet är i solid guld, har varit känd sedan 3000 f.Kr. Sedan dess har olika tekniker och utföranden utvecklats (Oddy 2000:1) vilka kommer att redogöras kort för i detta kapitel.

Idag har merparten av de förgyllningstekniker som brukades under förhistorisk tid kommit att bytas ut mot elektrolys, eller elektroplätering, en teknik vilken innefattar tillämpningen av guldcyanidjoner i en alkalisk elektrolyt (NE.se/Förgyllning. Figur 1).

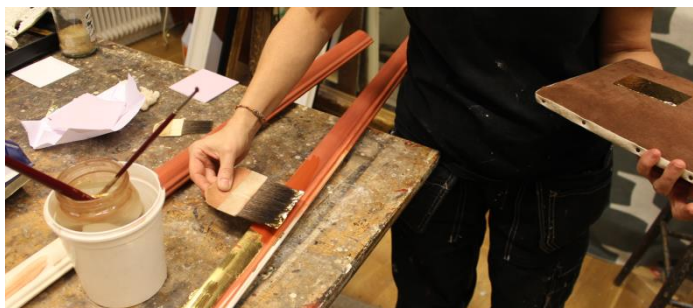


Figur 1. Förgyllning genom elektroplätering sker genom utfällningar av guld i elektrolyt. Denna teknik har kommit att ersätta många av de förgyllningstekniker som tillämpades under förhistorisk tid. Bilden visar hur en arbetsplats där förgyllning genomförs kan se ut i modern tid.

6.1 Förgyllning med guldplätering och bladguld

Den äldsta formen av förgyllningsteknik är den vilken innefattar plätering med guldbleck. Ett uthamrat guldbleck placeras på ett föremål för att sedan fästas genom att ändarna böjdes runt föremålets kanter, och därigenom omslöt föremålet, för att sedan hamra på plats. Denna teknik, kallad guldplätering, involverade inga kemikalier eller någon form av lim (Oddy 2000:2). Vidare kunde guldplätering innefatta att materialen också kom att hettas upp och därigenom kom guldblacket att lödas fast i underliggande material (Oldeberg 1966:185).

Runt andra århundradet före vår tideräkning tycks kunskapen om guldets egenskaper, det vill säga dess kapacitet att hamras ut till mycket tunna blad, ha uppkommit och därigenom kom föremål för första gången att förgyllas med guldblåd (Oddy 2000:3). Baserat på forna egyptiska avbildningar framställdes dessa blad genom att guldskivor placerades mellan olika membran, utgjorda av skinn eller papyrus, och hamrades därefter ut (Oldeberg 1966:186). Bladguld används även vid förgyllning i nutid och kan appliceras i regel på ett underliggande material med olja, vatten och gesso. Gesso är ett lim, vilket används vid förgyllning av bland annat trä, appliceras i flera lager innan ytan beläggs med bladguld (Mactaggart 2002: 17ff;35;41f. Figur 2).



Figur 1. Bladguldsförgyllning av trä innefattar att flera lager gesso inledningsvis appliceras på underliggande material. Därefter penslas vatten på materialet vilket bladguldet fäster i. Slutligen poleras bladguldet fast i ytan med ett poleringsverktyg.

Bladguld kan, precis som gällande guldbleck, lödas fast på ett underliggande material. Att löda fast guldblåd på en silver utövades inom hellenistisk kultur samt tidigt i romerska riket (Oddy 2000:2ff).

Inom förgyllning med guldfolie, som till tjockleken faller inom ramen för vad som är mitt emellan bladguld och guldbleck, gör sig två tekniska utföranden rådande under förhistorisk tid. Det första innefattade att guldfolie placerades ovanpå ett material varpå kanterna veks runt föremålet och omslöt det. Det andra utförandet innefattade att spår först gjordes i föremålet som sedan kanterna på guldfolie kunde fästas i. När biten av folie hade lagts på plats och dess kanter placerats i spårerna hamrades kanterna fast (Ibid).

Plinius den äldre (år 23/24-75 e.Kr) omskriver förgyllning med bladguld och guldfolie. Han omnämner att det inte finns någon annan metall som är så tånjbar som just guld och att ett uns guld kan hamras till sjuhundrafemtio bladguld. Han anger även att det finns olika sorters bladguld vilka benämns baserat på dess tjocklek. Tjockleken anges inte i kvantifierbara termer istället skriver Plinius enbart att tjockaste formen av bladguld kallades för *prænestisk bladguld* och de tunnare benämndes som *kvestoriska bladguld*. Vad som särskiljer dessa åt utöver att den ena är tjockare än den andra framgår däremot inte av Plinius text. Han omnämner däremot att dessa blad ska fästas med äggvita på sådana föremål vilka inte kan glödgas, däribland trä och marmor (Ellenberger 1997:33ff).

Vad gäller definitionerna av vad som är bladguld kontra guldfolie inom nutida arkeologisk forskning råder det ännu inte konsensus om vad beträffar vilken tjocklek som särskiljer dessa två åt. Enligt Oddy (2000:15) ligger skillnaden mellan bladguld och guldfolie i hur hanterbart guld det är. Guldfolie är tjockt nog för att hanteras utan svårigheter medan bladguld är ytterst svårhanterligt då de är så tunt att bladen ej går att greppa. Oldeberg (1966:186) anger enbart att tjockleken på bladguld som framställdes under förhistorisk tid kunde motsvara ca 0,001 mm, andra kvantifierbara beskrivningar vilka berör tjockleken på guldbleck, guldfolie och guldblåd anger han däremot inte.

Förgyllning med tillämpningen av bladguld eller guldfolie skulle kunna identifieras med SEM-EDS. Detta förutsätter att opolerade ytor i vilka det är möjligt att observera överlappningar av guld finns bevarade på föremålet (Anheuser 1997:61).

6.2 Brännförgyllning

Det finns en rad olika tekniker inom vad som benämns för brännförgyllning. Gemensamt för samtliga tekniker är att de innefattar en upphettning av föremålet i samband med förgyllningsprocessen. Av detta skäl skulle fastlödning av guldbleck, en teknik som tidigare har omnämnts, likväl kunna anses vara en form av brännförgyllning.

Vanligen när begreppet brännförgyllning omnämns i litteraturen så är förgyllningstekniker vilka involverar bruket av kvicksilver som åsyftas. Tillämpningen av kvicksilver kommer att diskuteras nedan men dessförinnan kommer andra brännförgyllningstekniker att redovisas. Dessa förgyllningstekniker har som gemensam nämnare att ett ämne tillsätts på föremålets yta och agerar lim för de bladguld som sedan kommer att fästas ovanpå föremålet. Slutligen hettas föremålet upp och kvar blir enbart guldlegeringen. Oldeberg (1966:187ff) menar att ett sådant lim under förhistorisk tid skulle kunna ha utgjorts av harts eller tenn vilka bägge förångas i samband med upphettning. Vidare menar han att en metod vilken innefattar en blandning av guld och bly kan ha tillämpats i Norden då den skulle, enligt honom, vara mindre omständigt att tillämpa än den teknik som innefattar kvicksilver.

Bruket av kvicksilver vid förgyllning finns belagt i antika litterära källor, bland annat omnämns det av Plinius den äldre (Ellenberger 1997:49).

Att förgylla med kvicksilver kan genomföras på minst tre olika vis;

- 1) Genom upphettning av ett guldamalgam som föremålet har belagts med.
- 2) Genom att hetta upp ett föremål som först har penslats med kvicksilver och därefter belagts med bladguld. Härvid agerar alltså kvicksilvret som ett lim för bladguldet.
- 3) Genom att enbart fästa bladguld på en kvicksilverbelagd yta men utan att hetta upp materialet. Den sistnämnda tekniken vilken benämns som kallförgyllning kommer att diskuteras längre fram.

Den vanligaste brännförgyllningstekniken är emellertid den som innefattar att föremål beläggs med ett guldamalgam och hettas upp. Vid tillredningen av guldamalgam löses guld upp i kvicksilver vilket resulterar i en grå amalgammassa som sedan kan appliceras på ett metallföremål. Genom att tillsätta mer kvicksilver, eller knåda ur överbliven sådan, i amalgammassan går det att arbeta fram en konsistens vilken lämpar sig för brännförgyllning. Amalgammassan som lämpar sig att förgylla med består i regel av 80-90% kvicksilver och 10-20% guld innan upphettning äger rum (Anheuser 1997:58). Föremålet rengörs med ett frätande medel eller genom skurning med sand innan amalgamet appliceras. Amalgamet legerar sig med underliggande metall vid upphettning och tränger in i porerna på det underliggande materialet (Oldeberg 1966:185f; Oddy 2000:5f). Denna fusion mellan förgyllningsyta och det underliggande materialet går att observera genom att studera föremålet ur tvärsnitt med mikroskopi. Att studera förgyllning med denna metoden är praxis inom studiet av förgyllningstekniker (ex. Dandridge 2000, Scott 2000, Gänsicke & Newman 2000). Det är även så som Oldeberg (1966:186ff) kom att studera förgyllda föremål från yngre järnålder. Oldeberg menar att han har observerat en fusion mellan förgyllningslagret och den underliggande metallen på fem förgyllda föremål från Skandinavien. Föremålen som åsyftas är ett dosformigt spänne i brons från Vall socken, Gotland, ett ryggnappspänne i brons från Kåsta i Uppland, en oval spännbuckla i brons från Björkö, ett hängsmycke i brons från Tuna i Alsike samt en silverbrakteat från Gotland. Oldeberg menar att han i 200-1200 gångers förstoring har kunnat observera att guldsiktet grenar ut sig i det underliggande materialets porer. Vidare menar Oldeberg att det är möjligt att observera en porositet vid 200 gångers förstoring i förgyllningslagrets yta, vilket enligt honom är ytterligare en indikation på att brännförgyllning är den förgyllningsteknik som har tillämpats. Han noterar även att denna porositet är närvarande i hängsmycket från Alsike samt hos ett vikingatida spänne från Barlingbo socken på Gotland. Det gotländska spännets kemiska sammansättning. Härvid gick det att fastställa förekomsten av kvicksilver och Oldeberg menar att spåren efter kvicksilver indikerar att bränningen inte har blivit fullständig.

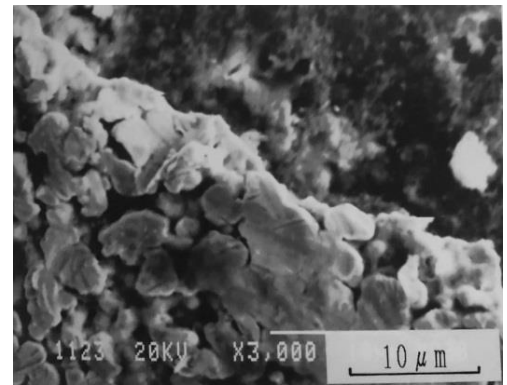
Uppfattningen om att spår efter kvicksilver i förgyllningsytor är likställt med en ofullständig bränning är Oldeberg inte ensam om. Under den tid då han utförde sin analys var det en vedertagen uppfattning inom forskning. Det har emellertid fastställts vara felaktigt genom experimentella försök, bland annat utförda av Kilian Anheuser (1997) samt Andrew Lins (2000). Enligt deras studier skulle koppar- och silverföremål ta allvarlig skada om bränningen hade uppnått de temperaturer som krävs för total avdunstning av kvicksilver. Anheusers experimentella försök visar också att kvicksilverförekomsten motsvarar 8-25% i färskt brännförgyllda föremål.

Oldebergs uppfattning om att kvicksilver avdunstar helt vid brännförgyllning torde också ligga till grund för varför han inte har inkluderat det ämnet bland de grundämnen som listas i analysresultaten från de spektralanalyser han kom att genomföra. Vid analys av borrhälsprover från ett sextiotal metallföremål, daterade till olika tidsperiod och geografiskt område i Sverige, listas följande grundämnen: Cu, Zn, Pb, Sn, As, Au, Ag, Bi, Ni (Oldeberg

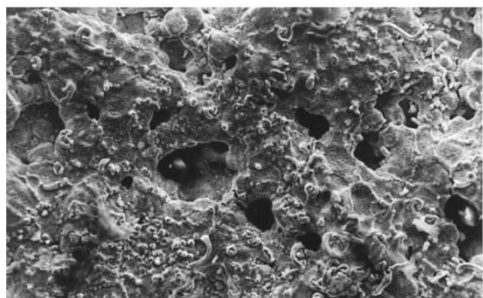
1966:222f). Möjligen hade det varit möjligt att fastställa förekomsten av kvicksilver i ännu fler förgyllda föremål än enbart spännet från Barlingbo om kvicksilver hade eftersökts.

Det är dock inte endast kvicksilverförekomsten som ska ses till vid identifieringen av tillämpad förgyllningsteknik på ett föremål. Genom att studera förgyllningslagrets mikromorfologi är det i vissa fall möjligt att observera en porös ytstruktur vilken är resultatet av evaporerat kvicksilver. Dessa strukturer kan förväntas förekomma i områden vilka är svåra att polera, exempelvis i ornamentiken på metallföremål.

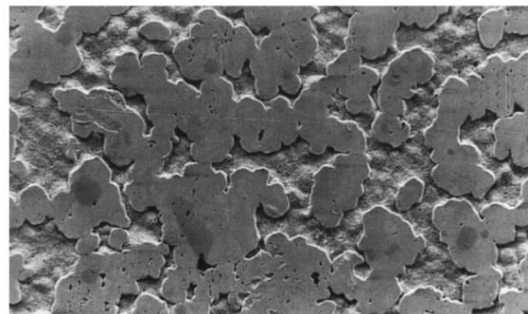
Denna struktur i mikromorfologi har kunnat observeras på andra förhistoriska föremål, bland annat ett förgyllt kopparörhänge från Japan (Murakami 2000. Figur 3). Vidare har Kilian Anheuser dokumenterat sina experimentella försök, vilka tidigare har omnämnts, genom fotodokumentationi SEM-EDS. Figur 4 visar hur förgyllningsytan ser ut på ett föremål som har brännförgyllts men ännu inte polerats och Figur 5 illustrerar hur förgyllningsytan ser ut efter att den har kommit att polerats.



Figur 3. SEM-bild på mikromorfologin i ett brännförgyllt kopparörhänge från Japan i 3000 gångers förstoring (Murakami 2000:163).



Figur 4. SEM-bild på mikromorfologin i en brännförgylld förgyllningsyta före polering. (Anheuser 1997).



Figur 5. SEM-bild på mikromorfologin i en brännförgylld förgyllningsyta efter polering. Hämtad ur Anheuser 1997.

Vad beträffar möjligheten att särskilja brännförgyllning med amalgam från brännförgyllning med bladguld och med kvicksilver som lim menar Oddy (2000:6) är omöjligt. Detta till följd av att bladguldet legeras med kvicksilvret och bildar ett amalgam, vilket vid upphettning ger samma resultat som om amalgammassa hade applicerats direkt på föremålet.

6.3 Kallförgyllning

En mycket omdiskuterad förgyllningsteknik är den som benämns som kallförgyllning. Denna tekniks existens baseras helt och hållet på vad som omskrivs av Plinius den äldre. Plinius nämner att bladguld kan placeras ovanpå ett lager av kvicksilver, vilket agerar som lim på samma vis som äggvita gör. Fördelen enligt Plinius är att kvicksilver mer orubbligt och därigenom ger en starkare yta. Han menar också att om bladgulden är alltför tunna så kommer dessa att blekna i färgen (Ellenberger 1997:49). Kilian Anheuser (1997:59) menar att kallförgyllning inte är en fungerande förgyllningsteknik då ångtrycket i rumstemperatur är för låg för att kvicksilvret ska avdunsta. Bindningen mellan bladguldet och underliggande material skulle således inte kunna äga rum och Anheuser menar att upphettning är ett avgörande steg i förgyllningsprocessen vid bruket av kvicksilver för framställningen av en hållbar förgyllning. Därefter har även Andrew Lins (2000:251ff) genomfört experimentella försök vilka ytterligare styrker Anheusers utsago att kallförgyllning inte är en teknik som fungerar i praktiken.

Det kan således förefalla sig som så att Plinius ansåg att det inte var nödvändigt att omnämna att materialet också skulle hettas upp, det kan för honom ha varit en självklarhet och därav inte nödvändigt att nedteckna. Kallförgyllning kommer inte att diskuteras vidare i detta arbete då argumenten för dess existens är alltför svaga.

7. Råmaterial

Kemiska egenskaper samt tillgänglighet ur ett skandinaviskt perspektiv

I följande kapitel kommer de legeringsmetaller vilka har valts ut för analys att diskuteras. Dessa ämnen är guld, silver, koppar, bly, tenn, zink, arsenik och kvicksilver.

Kapitlet inleds med grundämnena guld och kvicksilver vilka är de mest centrala grundämnena i detta arbete. Vidare följer ett underkapitel om silver och bly vilka allt som oftast uppträder tillsammans i naturen. Slutligen presenteras ett avsnitt om kopparlegeringar i vilket arsenik, tenn, zink och bly omnämns med skäl av att dessa grundämnen används i kopparlegeringar och har gjort sedan förhistorisk tid.

Sammantaget utgör detta kapitel grund för tolkningen av analysresultaten, vilka redovisas i kapitel 9. *Resultat*, samt de tolkningar som framförs i kapitel 10. *Diskussion*. Nedan följer en redogörelse för de olika legeringsämnenas kemiska egenskaper samt tillgången till dem för den population som levde i Skandinavien under vikingatid.

Syftet med detta kapitel är alltså att agera grund för kommande tolkningar men det syftar också till att placera metallerna i sin kontext. Möjligen vittnar metallernas förekomst i det arkeologiska inte bara om långväga handelskontakter utan även om kunskapsspridning beträffande förgyllning.

7.1 Guld

Guld (Au) är en ädelmetall vilken i sin rena form är gul till färgen och smälter vid 1063°. Denna metall förekommer överallt i naturen men då primärt i kvantiteter som är så små att de inte går att bearbeta. De källor som producerar guld i kvantitet stora nog att använda för hantverk återfinns i mineralgångar innehållande bergguld och alluvialt guld, även kallat vaskguld (Trotzig 2014:238).

Guld aldrig förekommer i sin rena form naturligt utan uppträder i regel i förening med andra metaller så som järn, silver och koppar (Oldeberg 1966:35). Den naturliga silverförekomsten i guld motsvarar vanligen 5% medan koppar förekommer som ett naturligt inslag i en kvantitet motsvarande ca 0,1-5%. Guldlegeringar går under olika benämningar utifrån vilka

metaller, utöver guld, som de innehåller. Vid legering med silver motsvarande 40% benämns guldlegeringen för elektrum, en legering som både förekommer naturligt och som kan framställas av människan (Scott 1983:194).

I modern tid talas guldets renhet om i form av karat varav 24 karat är rent guld. Andelen 24 är likställt med 100% vilket i sin tur innebär att om en legering utgörs av 75% guld och 25% av annan metall så omtalas en 18 karats guld. Vanligen tillsätts en andra metall till guld i syfte att manipulera dess färg. För ett rödare guld tillsätts koppar och för ett vitare guld tillsätts silver (elektrum). Guld i dess rena form lämpar sig heller inte för framställning av guldföremål då det är allt för mjukt, en guldlegering av 18 karat är i regel bättre lämpad för hantverk (Mactaggart 2000:2; Trotzig 2014:238f).

Att guld är mjukt kan emellertid också nyttjas då det enkelt bearbetas till bladguld och guldtråd (Oldeberg 1966:35). Andra vanliga hantverkstekniker innefattar guld utöver förgyllning, och som förekom under vikingatiden, är filigran och granulation vilka innebär att ett föremål utsmyckas med små guldpärlor tillverkade av guldtråd. Vidare framställdes pressbleck där en matris eller en patris placerades ovanpå ett guldbleck och motivet hamrades in i blecket (Trotzig 2014:240ff).

Utöver att guld är en hantverksmetall vilken lämpar sig som råmaterial vid framställningen av en rad olika produkter så är även guld en metall som är exceptionellt resistent mot korrosion. Detta är till följd av dess höga reduktionspotential, ju högre reduktionspotential en metall har desto högre resistens har den mot korrosion. Guld förblir således opåverkat i de flesta miljöer. Vad beträffar en förgyllningsytas bevaringsgrad korrelerar med vilken metall som har förgyllts samt vilken förgyllningsteknik som har tillämpats. Så till vida att förgyllningsslagret är icke-poröst och intakt kommer det att skydda den underliggande metallen från yttre åverkan. Samtliga förgyllningstekniker som inte innefattar en diffusion mellan guld och det underliggande material befinner sig i underläge gällande dess bevaringsförutsättningar. Vid förgyllning med guldplätering kommer det att förekomma en glipa mellan förgyllningsslagret och det underliggande materialet. Härvid kan vatten tränga in och föremålet kommer att börja korrodera, någonting som kommer att successivt stöta bort förgyllningsslagret underifrån. Vidare kommer organiskt lim i bladguldsförgyllning att brytas ned och förgyllningsslagret kommer därigenom att lossna. Den förgyllningsteknik som är mest hållbar av samtliga omnämnda är brännförgyllning (Selwyn 2000:26f).

Vad gäller tillgången till guld för ändamålet hantverk i Norden under vikingatid tycks den primära källan utgöras av importerade guldföremål. Förekomsten av guld i form av råämnen har påträffats i ytterst liten grad och endast fåtal exempel daterade till vikingatid. Den huvudsakliga källan till guld torde ha varit densamma som gäller silver under vikingatid, det vill säga i form av importerade och nedsmälta mynt (Gustafsson 2013:50 m.anf.litt). Att guld har bearbetats i Skandinavien under yngre järnålder råder det emellertid inga tvivel om. Spåren efter guldhantverksplatser daterade till yngre järnålder påträffats i bland andra Gamla Uppsala (Eglund et al 2017), Rasbo i Uppland, (Grandin 2007), de folkvandringstida lokalerna Helgö i Uppland, Bäckby i Västmanland (Hallgren 2011:35 m.anf.litt), Skeke i Uppland (Englund et al 2011) och den vikingatida staden Birka (Ambrosiani 2013:71ff; Ambrosiani 2016:40ff). Den sistnämnda fyndlokalen kommer att diskuteras mer ingående i kapitel 8.1 *Birka*.

7.2 Kvicksilver

Kvicksilver (Hg) förekommer överallt i naturen, oftast i mycket små kvantiteter. Denna vitmetall legeras lätt med andra metaller till amalgam, något som tidigare har omnämnts har använts vid förgyllning sedan förhistorisk tid (Oldeberg 1966:41). Kvicksilver är ett

metalliskt grundämne som har den unika egenskapen att vara flytande i vanliga temperaturer. Dess fryspunkt motsvarar $-38,98^{\circ}$ och metallen går över i gasform vid $357,3^{\circ}$. Cinnober, HgS, utgör den primära källan till kvicksilver och förekommer i områden som har vulkaner och heta källor (Wisniak 2008:150ff). Den naturligt förekommande halten kvicksilver vilken förekommer i marken avdunstar successivt till följd av att ämnet är flyktigt. Förlusten av kvicksilver i mark tros öka i samband med ökade temperaturer och ökat pH även om processerna bakom avdunstningen ännu inte är helt känd (Eriksson 2011:299).

Kvicksilver har emellertid varit, och är fortfarande i vissa delar av Sydamerika, Asien och Afrika, ett betydelsebärande grundämne vilket används vid extraktionen av guld. Som tidigare har omnämnts så förekommer guld i form av små kvantiteter i naturen men att dessa inte kvantiteter är så små att de ej går att bearbeta. Genom att tillsätta kvicksilver i vattenströmmar sker en amalgambildning vilken senare underlättar separationen av guld från jord vid vaskning. Amalgamet hettas sedan upp och merparten av kvicksilvret evaporerar då från guldet. Denna metod har varit känd sedan första århundradet efter Kristus och omskrivs av både Plinius den äldre och Vitruvius (Lambert 1998:201; Appel & Na-Oy 2012:5). Tillämpningen av kvicksilver vid extraktionen av bergguld beskrivs Abu Rayhan al-Biruni, en vetenskapsman från Mellanöstern som levde under 1000-talet. Enligt honom krossades malm innehållande guld till ett pulver som sedan tvättades med kvicksilver (Hassan & Hill 1989). Vid analys av av gulddroppar påträffade i deglar från gamla Uppsala framkom det att det finns en närvaro av kvicksilver i dropparna. Halten motsvarar ca 1% och den tolkning som framförs i rapporten som publicerades år 2017 är att kvicksilverförekomsten troligen härrör från extraktionen av guld och inte är spåren efter brännförgyllning då halten kvicksilver är allt för låg (Englund et al 2017:19f).

Sett till hur kvicksilver har använts i Norden under vikingatid skriver Oldeberg (1966:41) att ämnet definitivt har använts inom metallhantverket, något han argumenterar för genom att hänvisa till förekomsten av kvicksilver i det förgyllda spännet från Barlingbo. Dessvärre framgår det inte i vilken halt kvicksilvret kunde uppmätas i det vikingatida spännet som Oldeberg omnämner.

Kvicksilver i sin flytande form har enbart påträffats i en vikingatida lokal, nämligen i den vikingatida staden Hedeby. Härvid har det påträffats kvicksilverdroppar motsvarande 287 gram. Till följd av kvicksilvrets flyktiga natur har dessa droppar troligen förflyttat sig från en ursprunglig behållare. Specifika keramikkrärl, kallade kvicksilverbomber, finns avbildade och omnämnda i handskrift från Centralasien. Analyser genomförda på keramikkrävor av detta slag har emellertid inte uppvisat någon kvicksilverförekomst, troligen på grund av att kvicksilver är flyktigt och finns således inte kvar i keramikens porer. Från vikingatida lokaler tycks det enbart vara fastställt att sex keramikkrävor från kvicksilverbomber har påträffats, samtliga av dessa i Hedeby (Steuer & Goldenberg: 2002).

7.3 Silver och bly

Silver (Ag) är en vitmetall vars smältpunkt är 962° . Metallen förekommer både i sin rena form i naturen men utvinning sker primärt ur malm. Rent silver lämpar sig inte för gjutning utan bör legeras då med koppar för att få de kemiska egenskaper som krävs för att gjutning ska bli möjlig. Silver, liksom guld, en betydelsefull hantverksmetall som kan formas till tråd och tunna blad. Sedan förhistorisk tid har metallen använts vid framställning av smycken, mynt och krärl (Trotzig 2014:215ff).

Även om silver är resistent mot korrosion så oxiderar metallen i kontakt svavel och behöver således poleras då det svartnar och tappar sin glans. Denna kemisk reaktion har emellertid nyttjats för utsmyckningen av silverföremål sedan förhistorisk tid. Att blanda silver, svavel

och koppar för att sedan placera i graverade dekormönster kallas för niello. Svavel och silver är två grundämnen som tenderar att binda sig väl med varandra (Oldeberg 1966:29ff) och därav är det troligt att uppmätningar av svavel i ett silverföremål skulle kunna göras, även på områden av föremålet vilket inte är utsmyckat med nielloinläggningar. Så är nämligen fallet med kvicksilver, som liksom svavel tenderar att skapa bindningar med silver. Kvicksilverförekomsten i brännförgyllda föremål begränsas nödvändigtvis inte enbart till förgyllningsytan. Vid provtagningen av silvret på ett brännförgyllt silverföremål kan både guld och kvicksilver förekomma som spårämnen motsvarande >1% (Corregidor et al 2011:3051).

Det råder en korrelation mellan utvinningen av silver och utvinningen av bly (Pb) då dessa ämnen uppträder tillsammans i naturen. Bly är en tungmetall som har en blåaktig glans och som tenderar att oxideras mycket snabbt i kontakt med syre (Oldeberg 1966:30f). Smältpunkten för denna metall är 327° och den utvinns primärt från blymalm, vilket kallas för blyglans eller blyulfid. Under vikingatiden framställdes bland annat vikter och runbleck i bly (Trotzig 2014:202) och metallen användes tillsattes även i kopparlegeringar för att göra kopparen mer lämpad för gjutning (Lambert 1998:176ff). Silverhaltiga blymalmer förekommer i England, det finns även belagt att utvinning av bly ägde rum under vikingatiden i Worcestershire och Somerset. Vidare är även möjligt att bly och silver kan ha importerats från andra delar av Europa, exempelvis från blygruvorna vid Mechnich och Eifel i Rhenlandet och sedan importerats till Skandinavien. Information rörande brytningen av silver i Norden under vikingatiden är tämligen knapphändig då det råder brist på samtida källor från denna tid (Oldeberg 1966:30f). Troligen importerades silvret till Skandinavien i form av andra föremål under vikingatiden, primärt i form av mynt, vilka sedan kom att omarbetas till andra produkter. Inledningsvis var det rimligen romerska mynt som utgjorde den primära källan för silver, vilket sedan kom att bytas ut mot islamska mynt under 800- och 900-talen (Gustafsson 2013:50). Närvaron av importerade mynt finns belagda på Björkö både i gravkontexter men också i form av silverskatter. Under åren 1872 och 1873 påträffades tre silverskatter i samband med Hjalmar Stolpes undersökningar av Svarta jorden. I september år 1872 framtogs en silverskatt bestående av 89 stycken intakta och 360 stycken fragmenterade arabiska silvermynt, 15 armringar, två ringspännen, ett fragment från ytterligare ett ringspänne, ett armband, tre hela och tre fragmentariska silverstänger, en halv silvertacka, fyra hela och tre fragmenterade bleck, 41 fragment av armringar och silverstänger, två fragmenterade filigranarbeten och en större mängd fragment. Silverskattens totala vikt motsvarar 2,160.98g, (SHM 5208:3; Stolpes dagbok 1a:164; Zachrisson 1992:56). Ytterligare en silverskatt påträffades loppet av ett par dagar. Denne bestod av en armring på vilken fyra ringar och ett mynt var fästa och utgör en totalt vikt motsvarande 14,6 g (SHM 5208:4; Zachrisson 1992:55). Året därpå påträffas ytterligare en silverskatt bestående av importerade mynt från öst samt silverfragment av andra föremål med en total vikt motsvarande 277,2g (SHM 5208:7; Zachrisson 1992:56).

7.4 Kopparlegeringar

Koppar (Cu) är en mjuk metall som i sin rena form är röd i färgen. Kopparlegeringar varierar i färg och medför olika kemiska egenskaper till följd av vilken eller vilka metaller denne har kommit att legeras med. Legeringen vara både resultatet av medveten blandning eller naturligt förekommande blandning (Trotzig 2014:174). Det är inte helt känt hur länge koppar har brutits i Skandinavien Lars Bengtsson (1986) finns det indikationer på att koppar har brutits i Falu koppargruva sedan 700-talet.

Procenthalten av andra metaller i kopparlegeringar går under olika benämningar så som mässing, brons eller arsenikbrons. Den klassiska definitionen av brons är en kopparlegering vilken består av 90% koppar och 10% (Trotzig 2014:174). Enligt Nordström (1986:3) skall

även kopparlegeringar vilka utgörs av 85%-95% koppar, innehållande resterande tenn, också klassas som brons.

Att legera koppar med arsenik är något som har pågått i Europa sedan 2200 f.Kr. (Lechtman 2011: 477). Vid förekomst av arsenik motsvarande en halt 1,7-6% omnämns bronset som arsenikbrons. Skälet till att tillföra arsenik i en kopparlegering är för att metallen ökar i hårdhet och samtidigt blir enklare att smälta och gjuta (Lambert 1998:176ff).

Vid förekomst av zink och tenn i en och samma kopparlegeringen klassificeras omnämns legeringen som rödmetsall. Förekomsten av både zink och tenn indikerar att legeringen är en sammansmältning av skrotmetall, då dessa grundämnen aldrig uppträder naturligt inom samma geografiska område (Grandin 2011:10 17; Englund et al 2017:17).

Under första århundradet efter Kristus kom bruket av mässing att öka i användning. Mässing är en legering vilken utgörs av ca 12-40% zink och resterande koppar. Zink i sin rena form var däremot okänd i Europa fram till 1400-talet. Dessförinnan var det galmeja, det vill säga zinkspat, som användes vid framställningen av mässing (Trotzig 1991:33; Trotzig 2014:173). Sällan består de vikingatida föremålen av brons, utifrån en studie genomförd av Nord och Tronnors (2015) tycks mässing och rödmetsall vara de legeringar som dominerar. Vidare kom även och bly att bli alltmer vanligt inom det skandinaviska metallhantverket under yngre järnålder. En tillsats av bly i kopparlegeringen ger snarlika egenskaper som arseniken, nämligen att metallegeringen blir mer lättsmält och lämpar sig för gjutning (Grandin et al 2007:8). Bly, zink, och tenn importerades troligen från Brittiska öarna eller centrala Europa till Skandinavien (Gustafsson 2013:50f. m.anf.litt).

Kopparlegeringens sammansättning är även av betydelse gällande valet av vilken förgyllningsteknik som lämpar sig att tillämpa på föremålet. Theophilus (1100-tal) omnämner processer vilka berör brännförgyllning. Bland annat skriver han att om det uppstår vita fläckar i guldtytan vid upphettningen under kvicksilver förgyllning så torde det bero på att kopparlegeringen inte har blivit renad från zinkspat eller bly (Hawthorne & Smith 1979:145ff). År 1975 kom en Heraklesstatyett vid British Museum att analyseras och det framkom härvid att statyetten bestod av nästan ren koppar. Detta resultat var, enligt Oddy (2000:9), inledningen till den forskning som kom att göras på kopparlegeringar i brännförgyllda föremål. Analyser genomförda på 44 brännförgyllda romerska statyer har visat att kopparhalten i dessa varierar mellan 81% och 99% medan statyer vilka har bladguldsförgyllts har en kopparhalt vilken varierar mellan 70-91%. I fallet med dessa statyer är blyförekomsten låg och förekommer i maximum 10% jämförelsevis med de bladguldsförgyllda föremålen där bly kunde uppmätas till maximum 30% (Oddy et al 1986). Ett liknande resultat gavs vid analys av kinesiska bältesspännen daterade till Chou- och Handynastiernas tid. Härvid visar resultaten att merparten av de brännförgyllda bältesspännena, vilka var 40 stycken av det totala antalet 150, består till 95% av koppar och 1% bly. Föremålen vilka inte är förgyllda innehåller bly- och tennhalter vilka alltmer varierar (Oddy 2000:11). Oddy (ibid) menar att föremål bestående av kopparlegeringar troligen har varit tänkta att förgyllas redan under framställningen av kopparföremålet. De experimentella försök som har genomförts av Kilian Anheuser (1997) visar att tenn- och blyförekomster över 10% förstör förgyllningsytan vid brännförgyllning, något som tycks stärka Oddys tes gällande att brännförgyllda föremål var planerade att förgyllas redan under produktionen av kopparföremålet.

I denna uppsats kommer benämningen kopparlegering att brukas innan analysresultaten från SEM-EDS finns att tillgå och därigenom möjliggör användningen av benämningar så som tennbrons, arsenikbrons och mässing.

8. Bakgrund

Detta kapitel inleds med en kort forskningshistorik om Birka, en stad som har delundersökts omgångar under de senaste 400 åren. Forskningen kring denna vikingatida bebyggelse är mycket extensiv och i detta kapitel framförs enbart en redogörelse för de arkeologiska undersökningar genom vilka materialet för denna uppsats har påträffats. Vidare berörs även undersökningar genom vilka spåren efter metallhantverk i staden har påträffats.

Efter forskningshistoriken kring Birka presenteras de 13 föremål som har kommit att analyseras med SEM-EDS i detta arbete. Härvid ges en beskrivning utifrån egna okulära besiktningar, information rörande geografiskt ursprung, datering till den mån det är möjligt samt analysresultat från tidigare genomförda analyser med SEM-EDS kommer även att redovisas. En spridningskarta över berörda områden samt de förgyllda föremål vilka behandlas i denna uppsats redovisas på sida 15.

Kapitlet syftar inte enbart till att ge en presentation av materialet, det syftar även till att ge grund för kommande tolkningar rörande förutsättningar och begränsningar som gör sig gällande för studiet av inhemsk förgyllning i Skandinavien. Vidare syftar kapitlet till att fastställa vilken betydelse föremålets bevaringsgrad har för analyser med SEM-EDS vid studiet av förgyllning utan destruktiva ingrepp.

8.1 Birka

Den vikingatida staden Birka, belägen på Björkö i Mälaren, är daterad till ca 750- 975 (Holmquist 2016:36.Figur 6)

Merparten av de föremål som är objekt för denna uppsats har påträffats i Birkas garnison. Den första undersökningen av garnisonen genomfördes av Hjalmar Stolpe år 1877. Stolpe trodde sig då ha funnit en likbränningsplats, något som senare visade sig vara felaktigt (Johansson 1992:118f . Inv: Bj 596). Platsen kom att få namnet Garnisonen i samband med Holger Arbmans undersökningar av området år 1934. Härvid påträffades då bland annat en rad militaria bestående av pilspetsar, knivar, en spjutspets samt ett fragment från en sköldbuckla. Vidare påträffades kulturlager vilka indikerade att platsen har varit brukad i flera faser (Inv. 21064:31-33 & Inv. 21064:35-40).

Ytterligare undersökningar av Birkas garnison kom att genomföras åren 1997-2004 av Arkeologiska forskningslaboratoriet vid Stockholms universitet vilket skedde under ledning av Lena Holmquist. Under dessa undersökningar framkom bland annat ett treskeppigt hallhus vilket dateras till 900-talets slut och ytterligare militaria i form av sköldbucklor, sköldbeslag,



Figur 6. Karta över Sverige och Björkö.
Geodata © Lantmäteriet

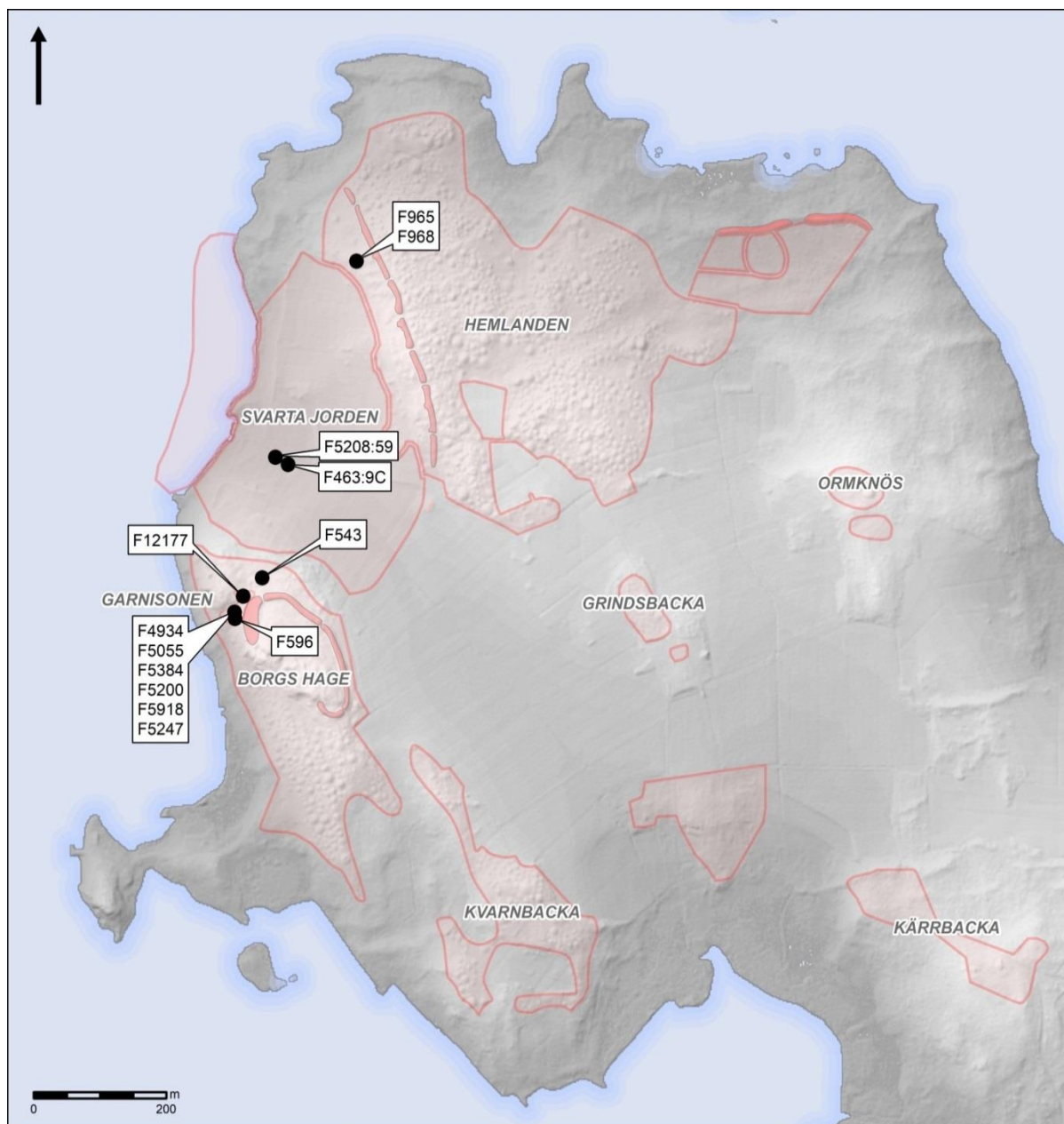
järnnycklar, hänglås, pilspetsar, yxor och knivar. Norr om hallhuset påträffades även en terrass vilken har hyst en smedja (Kitzler Åhfeldt 1997:7f; Holmquist Olausson & Kitzler Åhfeldt 2002:21ff; Hedenstierna-Jonsson & Holmquist Olausson 2006:10).

I fyndmaterialet från smedjan återfinns bland annat kopparföremål vilka troligen var tänkta att smältas ned och återbrukas, teknisk keramik samt ett tråddragningsjärn vilket troligen har använts för att dra silver- och guldtrådar (Bergström 2013:39).

Vidare härrör två av föremålen vilka är objekt för denna uppsats från det stadsområde som benämns som Svarta jorden. Under början av 1800-talet genomförde Alexander Seton ett par undersökningar i Birka (Inv. 463 & 474). Bland annat kom Seton att samla in lösföremål från Birkas svarta jord, vilka har inventarienummer SHM 463(Hyenstrand 1992:26). Under slutet av 1800-talet kom Hjalmar Stolpe att undersöka ca 4500 m² av Svarta jorden och i samband med dessa undersökningar framkom två av de 13 föremål som är objekt för denna studie. Svarta jordenområdet har efter Stolpe även undersökts av Björn Ambrosiani och Birgit Arrhenius 1969-1971 samt av Björn Ambrosiani mellan åren 1990-1995 (Sörling 20185). Det var under Ambrosianis undersökningar av Svarta jorden under 90-talet som en verkstad vilken dateras ca 790-860 påträffades. Denna har till synes genomgått ombyggnationer åtminstone fyra gånger under tiden den var i aktivt bruk. Bland fyndmaterialet återfinns bland gjutformer för ovala spännbucklor, amuletter och beslag. Vidare förekommer degelfragment i vilka det också har påträffats gulddroppar (Ambrosiani 2013:71ff; Ambrosiani 2016:40ff).

Hjalmar Stolpe, som tidigare har omnämnts, torde emellertid vara mest känd för sina arkeologiska undersökningar i det område som kallas för Hemlanden. Detta gravområde består av ca 1600 synliga gravar vilka utgöres av olika gravtyper; gravhögar, treuddar, rektangulära stensättningar, runda stensättningar samt skeppssättningar. Stolpes undersökningar pågick mellan 1825 och 1827 och omfattade över 600 gravar (Arbman 1943; Gräslund 1980). Denna uppsats behandlar två föremål vilka har påträffats i Hemlanden varav bägge i samband med Stolpes undersökningar. Ytterligare ett föremål påträffades under Hjalmar Stolpes undersökningar i en kammargrav belägen Norr om Borg (Arbman 1943. Se spridningskarta, Figur 7, på nästkommande sida).

,



Figur 7. Spridningskarta över de fynd som analyseras i denna uppsats. Geodata © Lantmäteriet.

Birkas Garnison:

F4934- Ett beslag med ring,

F5055 -Ett bägarfragment

F5394 och F5200 - Två remändsbeslag,

F5918 – Fragment från möjligen ett kopparbleck

F12177 och F5247- Två bysantinska kopparbeslag, Bj 596 är ett möjligt dryckeshornsbeslag

Norr om Borg:

F543 -Silverspänne med karolingisk ornamentik och nielloinläggningar.

Svarta jorden (Obs. Inga exakta mätdata finns att tillgå. Markeringarna för dessa fynd visar enbart inom vilket område av Birka som dessa har påträffats):

F463:9C- Ett treflikigt spänne av inhemsk produktion.

F5208:59- Ett likarmat spänne.

Hemlanden:

F965- Ett silverhänge i orientalisk stil.

F968- Ett treflikigt spänne med karolingisk dekor.

8.2 De förgyllda föremålen

I följande kapitel kommer vardera föremål att presenteras. Denna presentation utgörs av observationer från egna de okulära besiktningar som genomfördes innan analyser med SEM-EDS, en redogörelse för fyndens kontexter, analysresultat från tidigare genomförda analyser med SEM-EDS eller XRF, föremålets dateringar i den mån det är möjligt samt föremålets ursprungsorter. Sammantaget agerar detta kapitel som grund för tolkningar rörande hantverkstekniker i relation till geografiskt ursprung och lokala metallhantverkstraditioner.

8.2.1 Garnisonen 4934- Beslag med ring

F4934 är ett förgyllt remändsbeslag med en ring vilken har upphittats i ett golvlager i det hallhus som undersöktes i Birkas garnison år 2000 (Holmquist Olausson & Kitzler Åhfeldt 2002:37;137. Figur 8).

Beslagets ring utgör en storlek motsvarande ca 1,8 cm i diameter. Förgyllningen är primärt närvarande i dekorens fördjupningar. Under ljusmikroskop går det att observera att förgyllningslagret viss mån har lossnat från den underliggande kopparlegeringen. Vidare har korrosionsprodukter från underliggande kopparlegering angripit förgyllningsytan (Figur 9).

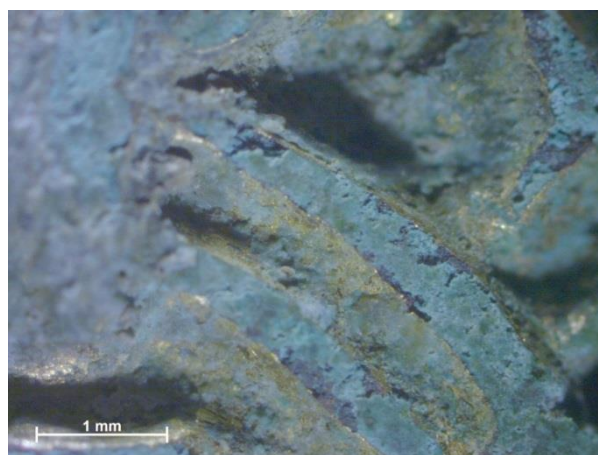
Dekoren på beslaget, vilken är av typen borrestil, vittnar dels om att beslaget är av inhemsk produktion och dels placerar det F4934 i tiden ca 830- eller 850-tal till och med när Birka övergavs omkring år 975 (Hedenstierna-Jonsson 2006:101ff). Ett flertal föremål med snarlik eller identisk dekor har påträffats på ringspännen och hängsmycken från Birka (jfr. Armban 1943 Taf:4;28;43;48;49).

F4934 har tidigare analyserats med SEM-EDS vid Arkeologiska forskningslaboratoriet. Analyserna visar att ringen utgörs till största del av koppar

(74%) med inslag av kisel (10%), kalcium (2%), tenn (2%) magnesium (1%), aluminium (1%), järn (1%), bly (1%) samt med guld, platina och arsenik i form av spårämnen. Vid analys av den förgyllda ytbeläggningen framkom det att den utgörs till 74% av guld samt av inslag av koppar (12%) silver (6%), tenn (6%) samt kvicksilver (5%) (Wojnar-Johansson:2006a:3ff). Analysresultaten har även kommit att redovisas i Juliette Manias masteruppsats (2014:32) i vilken hon framhåller att föremålet är framställt av ren koppar då förekomsten av grundämnen utgör en sådan liten kvantitet. Mania diskuterar dock inte förekomsten av kvicksilver i mätningarna genomförda på föremålets förgyllning. Maria Wojnar-Johansson (2006a:14) menar dock att de 5% av kvicksilver som förekommer i mätningarna kan utgöra restprodukterna av brännförgyllning.



Figur 8. F4934 är ett remändsbeslag med ring i borrestil.



Figur 9. F4934. Remändsbeslag med ring i borrestil under mikroskop. Notera att de gröna korrosionsprodukterna har angripit förgyllningslagret.

8.2.2 Garnisonen 5055- Bägarfragment

F5055 är troligen ett bägarfragment vilket påträffades i samma golvlager som F4934, i hallhuset beläget i Birkas garnison (Holmquist Olausson & Kitzler Åhfeldt 2002:35;139. Figur 10).

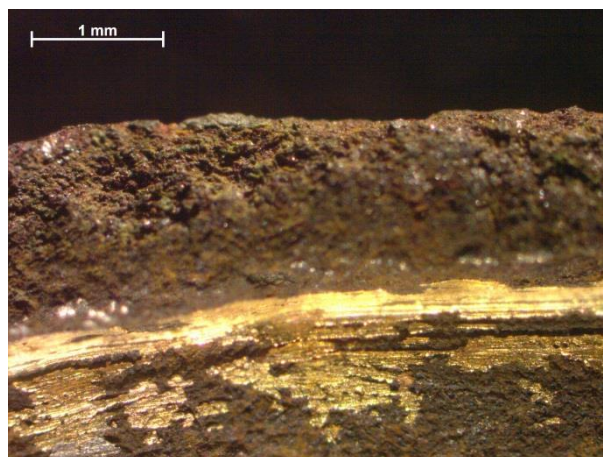
Fragmentet är 2,5 cm brett och ca 1 cm högt. Förgyllningen är tämligen dåligt bevarad och kopparlegeringen är starkt angripen av korrosion. Förgyllningslagret är ytterst fragmenterat vilket framgår tydligt under ljusmikroskop (Figur 11),

F5055 kom att analyseras, tillsammans med en rad andra föremål, med XRF år 2016 och resultaten publicerades i Emmelie Westerlinds kandidatuppsats. Analysresultaten visar att fragmentet till mestadels består av koppar (74%), zink (6,36%) och bly (3,1%). Vidare uppmättes mindre kvantiteter av fosfor, kisel, guld och kvicksilver. Guldhalten i uppmättes till 10% och kvicksilverhalten till 1,66%. Westerlind framhåller att kvicksilverförekomsten troligen är spåren efter brännförgyllning. Vidare framhåller hon att föremålet är tillverkat av återvunnen skrotmetall då tenn och zink uppträder tillsammans i kopparlegeringen (ibid:22).

Vidare fanns en hypotes gällande att F5055 kan vara en fragmenterad oval spännbuckla men Westerlind (ibid:10;21) kunde inte fastställa huruvida så var fallet eller ej. Föremålet förblir således omnämnt som ett bägarfragment vilket det är kategoriserat som i rapporten från år 2002 (Holmquist Olausson & Kitzler Åhfeldt 2002:139). Med skäl av att det inte är fastställt vad F5055 är ett fragment utav så är det heller inte möjligt att fastställa dess ursprungsort eller datering.



Figur 10. F5055 är troligen ett bägarfragment vilket har påträffats i hallhuset i Birkas Garnison.



Figur 11. F5055 under ljusmikroskop. Förgyllningslagret är tämligen fragmenterat och kopparlegeringen är starkt angripen av korrosionsprodukter.

8.2.3 Garnisonen 5384- Remändsbeslag I

F5384 är ett remändsbeslag i borrestil som påträffades i en ränna belägen i Birkas garnison (Holmquist Olausson & Kitzler Åhfeldt 2000:42;144; Hedenstierna-Jonsson 2006:101ff Figur 12).

F5384 är 2,3 cm lång, 1 cm bred och ca 1 mm tjockt. Förgyllningen är bevarade primärt i föremålets konkava ytor vilka utgör dess flätornamentik. Förgyllningsytor förekommer även på beslagets baksida kring nitarna.

Under ljusmikroskop framgår det att förgyllningslagret, trots att det är tämligen intakt, har börjat lossna från underliggande kopparlegering (Figur 13).

F5384 har tidigare analyserats med SEM-EDS vid AFL och i rapporten publicerad år 2006 (Wojnar-Johansson 2006a) framgår det att beslagets kopparlegering utgörs primärt av koppar (90%) och mindre kvantiteter (>3%) kisel, aluminium, järn, zink, arsenik, guld, tenn, bly och kvicksilver. Den förgyllda ytan består till 57% av guld, 33% koppar, 4% aluminium och mindre kvantiteter magnesium, kalcium, järn, arsenik, silver och kvicksilver. Wojnar-Johansson (ibid:14) framhåller härvid att föremålet består av ren koppar som sedan har blivit förgyllt medan ämnena kisel, aluminium, järn och arsenik troligen är föroreningar kopparmalm och från omkringsliggande jord.



Figur 12. F538. Remändsbeslag i borrestil som har dekorerats med flätornamentik och djurhuvud.



Figur 13. Mikroskopbild av F5384. Notera att förgyllningslagret har tydliga kanter och att det tillsynes har börjat lossna från underliggande kopparlegering.

8.2.4 Garnisonen 5200- Remändsbeslag II

F5200 påträffades i ett golvlager Garnisonens hallhus (Holmquist Olausson & Kitzler Åhfeldt 2002:35;142).

F5200 är 2,3 cm lång, 1,1 cm bred och ca 1 mm tjock. Föremålet är starkt angripet av korrosion vilket gör att dess dekor är ytterst otydlig (figur 14).

Detta föremål kom att väljas ut för analys av flera skäl. Ett av dem är dess likhet med F5384 (jfr Figur 14 och Figur 12).



Figur 14. F5200 är ett remändsbeslag i borrestil.

Ytterligare ett skäl är att det under ljusmikroskop går att observera små ytor vilka är gyllene i färgen på F5200. Vidare har föremålet varit objekt för SEM-EDS-analyser tidigare vars resultat visar att föremålet innehåller guld förekommer i föremålet, dock endast som spårämne (Wojnar- Johansson 2006a:2). Vidare visar dessa analysresultat att föremålet består primärt av koppar (81%) med låga förekomster av aluminium, svavel fosfor, magnesium, silver, platina, bly och kvicksilver. Den tolkning som härvid framförs är att beslaget utgörs av ren koppar och att förekomsten av andra ämnen troligen härrör från omkringliggande jord (Ibid;2;14).

8.2.5 Garnisonen 5918 – Fragment

F5918 är troligen ett fragment från ett kopparbleck. Fragmentet är ca 1,9 cm långt, 1,1 cm brett och mindre än 1 mm tjock.

På fragmentens ena sida förekommer en yta vilken är matt och gyllene (Figur 16).

En ljus gråttvit yta, ca 1x0,5 cm, förekommer på dess baksida.

Fragmentet påträffades år 2000 i samband med Arkeologiska forskningslaboratoriets undersökning av hallhuset i Garnisonen. Fyndet härstammar från hallhusets centrala del och är registrerades som möjligen förgyllt i rapporten som publicerades år 2002

(Holmquist Olausson & Kitzler Åhfeldt 2002:35;155).

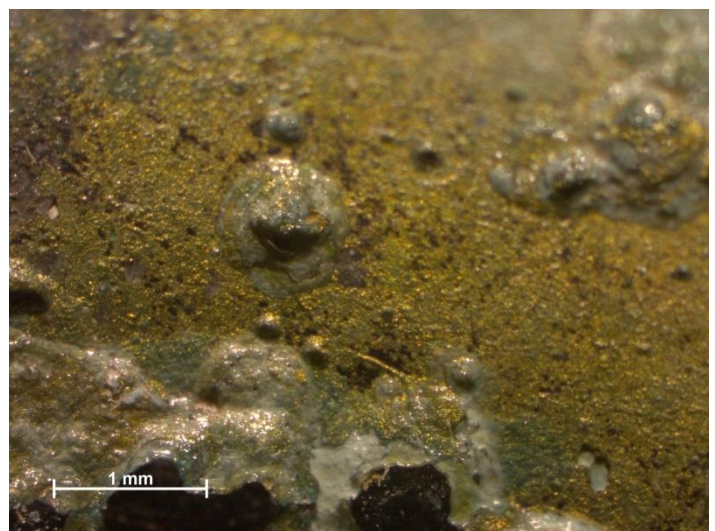
Under mikroskop går det att notera att den gyllene ytan på F5918 skiljer sig morfologiskt från de övriga föremålen i denna studie. Ytan är tillsynes inte bara matt utan även porös (figur 17), en struktur som inte går att notera i någon av de andra föremålen.



Figur 15. F5200 under mikroskop. Det är möjligt att observera små ytor vilka är gyllene till färgen, dessa har inringats med rött.



Figur 16. F5918 ett fragment som är belagd med en gyllene metall på ena sidan och en vit metall på den andra.



Figur 17. Mikroskopbild på F5918. Ytan som är matt och gyllene i färgen uppvisar en ytstruktur under mikroskop vilken inte är närvarande i någon av de övriga 12 föremålen. Ytan är nämligen mycket porös.

8.2.6 Garnisonen 12177- Bysantinskt beslag med gravering

År 2002 påträffades F12177, ett kopparbeslag av bysantinskt ursprung, ett par meter bort från garnisonens smedja. Beslaget är dekorerat med ingraverade fåglar och växtmotiv. Datering av föremålet är inte ännu fastställt och Holmquist föreslår att beslaget kan ha varit monterat på en på en hjälm (Holmquist Olausson 2007:231ff).

F12177 är 4,5 cm långt, 2 cm brett och mindre än 1 mm tjock. I dess ena ände förekommer två silvernitar vilka är ca 0,5 cm i diameter. Det går även att observera att ytterligare en kopparplåt, eller ett kopparbleck, har hamrats fast i föremålets ena kortsida och omsluter kanten (Figur 18).

Förgyllningen förekommer primärt invid nitarna, till viss mån i och omkring ornamentiken och i viss mån form av mindre ytor på föremålets baksida.

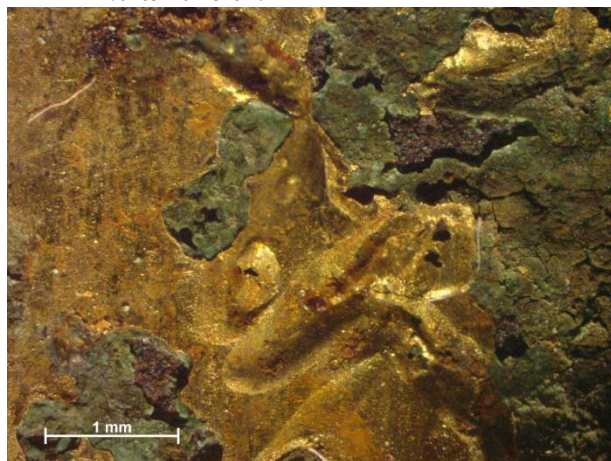
Under ljusmikroskop är förgyllningsytan till synes nästan helt skonad från korrosion (Figur 18).

År 2004 kom föremålet att analyseras med SEM-EDS på Arkeologiska forskningslaboratoriet av Wojnar-Johansson. Analys genomfördes på kopparlegeringen, silvernitarna samt förgyllningsytorna. Resultaten visar att kopparlegeringen utgörs av nästan ren koppar

(94%) med en låg förekomst av aluminium och zink. Vidare utgörs silvernitarna av 85%silver med inslag av låga koppar, järn, aluminium, kvicksilver, bly, magnesium, kadium och platina. Förgyllningsytan består av 78% guld med inslag av aluminium, järn, koppar, silver, zink, kvicksilver och bly. Wojnar-Johansson (2004) framhåller att den höga halten kvicksilver (5%) torde vara en restprodukt efter tillämpad brännförgyllning.



Figur 18. F12177 är ett bysantinskt beslag som är dekorerat med fåglar och växtornamentik.



Figur 19. F12177 under ljusmikroskop. Notera att förgyllningslagret tillsynes är nästan helt opåverat av korrosion (jfr Figur 13).

8.2.7 Garnisonen 5247– Bysantinskt beslag med punsdekor

F5247 är ett ytterligare ett bysantinskt kopparbeslag vilket har påträffats i Birkas garnison (Holmquist Olausson 2007: 231) Beslaget, vilket är 7,3 cm långt, 1,9 cm brett och mindre än en millimeter tjockt utgörs av ett kopparbleck vilket är dekorerat med sex fåglar och en växt. Ornamentiken är punsad vilket skiljer från F12177 vars ornamentik är graverad.

Den övre kanten av beslaget är format som i bågar vilka går över fåglarnas huvuden, den nedre kanten är helt rak. Bågarna i motsvarar ca 0,6 cm i höjd (Figur 20).

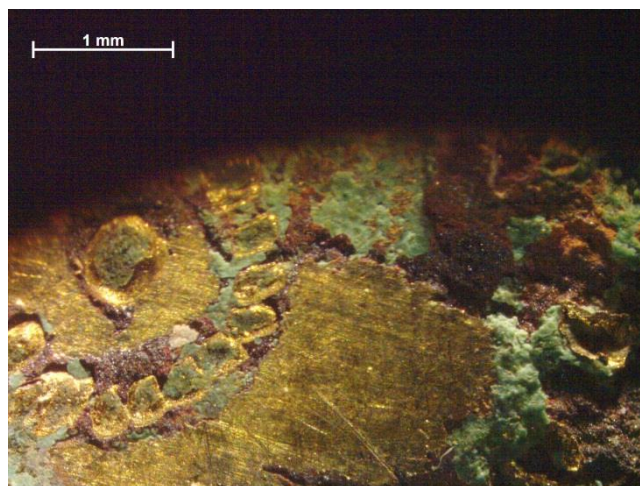
Vidare förekommer ett hål motsvarande ca 0,3 cm i diameter i beslagets ena ände. Detta torde vara gjort i syfte att montera fast beslaget och Holmquist (2007: 231ff) föreslår att det har varit monterat på en hjälm. Förgyllningen är nästan helt intakt och tycks vara begränsad till beslagets framsida.

Precis som gör sig gällande med F12177 så är detta föremål ej heller daterat.

Under ljusmikroskop synes att merparten av de punsade punkterna, vilka utgör ornamentiken, är starkt angripna av korrosion (Figur 21). Däremot går det att observera förekomsten av förgyllningsytor i några av punkterna, vilket indikerar att föremålet har kommit att dekoreras med punsning först och förgyllts därefter.



Figur 20. F5247 är ett bysantinskt kopparbeslag som har dekorerats med punsade fåglar och sedan förgyllts.



Figur 21. F5247 under ljusmikroskop. Notera att korrosionsprodukter har byggts upp i de punsade punkterna.

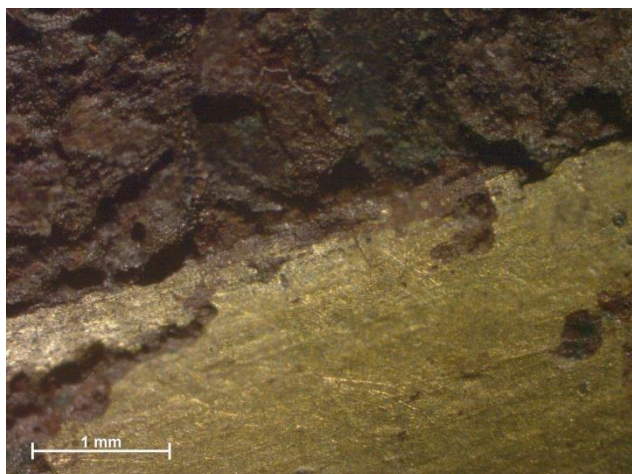
8.2.8 SHM 34000: Bj 596 - Möjligt dryckeshornsbeslag

F596 är ett beslag bestående av en kopparplåt vilket påträffades av Hjalmar Stolpe i Birkas garnison (Arbman 1943:195). Föremålet är 9 cm långt, 1,8 cm brett och ca 1 mm tjockt. Den ena av beslagets långsidor är rakt medan det andra är utgörs av av piggar vilka är ca 3 mm långa. Ett monteringshål motsvarande 2,5 mm i diameter förekommer på föremålets ena ände (Figur 22). Förgyllningslagret, vilket förekommer på inte föremålets konvexa ytor, är tillsynes välbevarat. Under ljusmikroskop går det även att fastställa att föremålets kopparlegering är starkt korrosionsangripet men att förgyllningslagret trots det inte ser ut att ha lossnat från underliggande material (Figur 23).

Föremålet saknar direkta paralleller i Birkamaterialet men föremålets form och storlek i åtanke är det troligt att F596 ett beslag vilket har varit monterat på ett dryckeshorn (jrf. Arbman 1943:Taf 196)



Figur 22. F596. Ett möjligt dryckeshornsbeslag i kopparplåt.



Figur 23. F596 under ljusmikroskop. Föremålets kopparlegering är starkt korroderat. Förgyllningslagret är tämligen intakt och uppvisar strieringar vilka torde vara resultaten av avlägsning av korrosionsprodukter under konservering.

8.2.9 SHM 34000 Bj 543- Silvespänne med karolingisk ornamentik och nielloinläggningar

F543 är ett silverspänne som har dekorerats med karolingisk växtornamentik och nielloinläggningar. Föremålet är ett omgjort spänne vilket ursprungligen har varit ett beslag (Arbman 1943:168f. Figur 24). Föremålet är ca 6,9 cm långt, 4 cm brett och ca 0,5 cm tjockt. Förgyllningslagret förekommer i dekorens nedsänkta delar och förekomsten av niello är begränsad till växtornamentikens upphöjda partier.

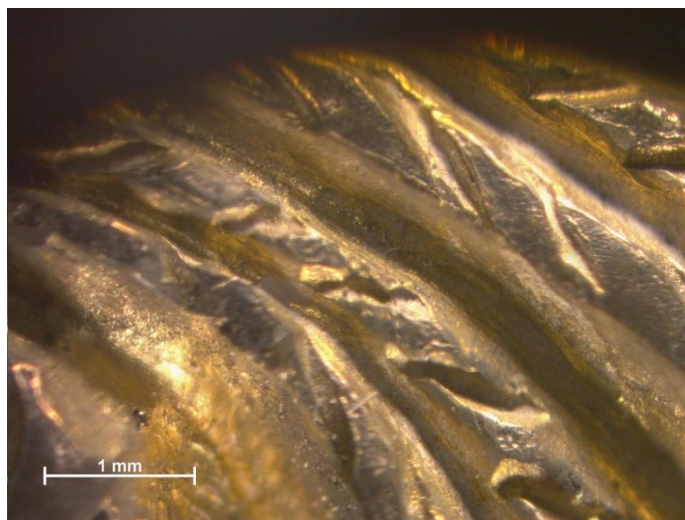
Spännet påträffades i en stor kammargrav belägen norr om Borg i samband med Stolpes undersökningar under 1800-talets slut (Arbman 1943:168f). Den karolingiska dekoren förekommer även på olika former av spännen påträffade i nio olika gravar i Birka (Arbman 1943:Taf 93).

I graven, vilken var fyndrik, påträffades även två ovala spännbucklor (Ibid). De ovala spännbucklorna indikerar att F543 härrör ifrån grav tillhörande en individ av kvinnligt genus (Hägg 1974:39ff).

Det är svårt att utröna vart förgyllningslagret börjar och vart basföremålet tar vid, detta gäller även under ljusmikroskop. Förgyllningen är tillsynes legerat med underliggande silvermaterial (Figur 25).



Figur 24. F543. Ett silverspänne med karolingisk ornamentik och nielloinläggningar.



Figur 25 Mikroskopbild av F543. Notera att förgyllningsytan tillsynes har legerat med underliggande silvermaterial.

8.2.10 SHM 34000 463:9C- Inhemskt treflikigt spänne

F463:9C är ett treflikigt spänne som upphittades i Svarta jorden av Alexander Seton under början av 1800-talet.

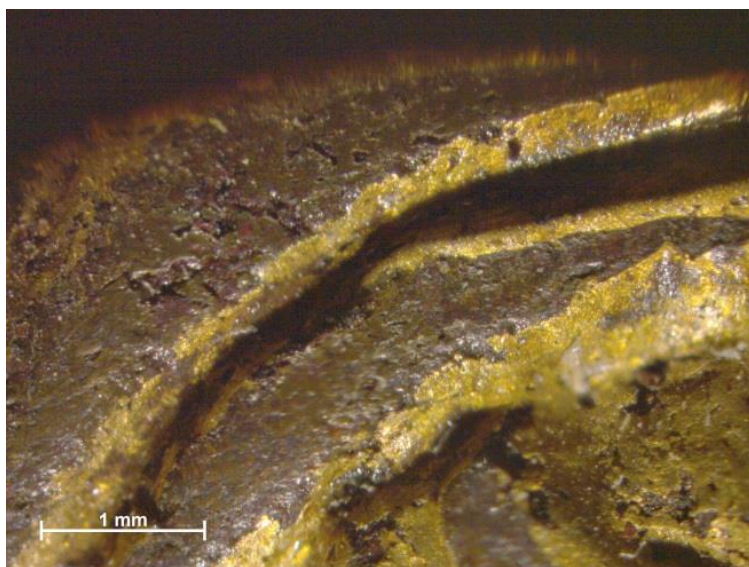
Föremålets dekor vittnar om att det brukades mellan 800-1099 och (SHM 463. Figur 26), troligen har föremålet brukats som senast under 900-talets slut då Birka övergavs. Föremålet är av inhemsk produktion, och liksom de tre remändsbeslagen som är objekt för analys i detta arbete, är det treflikiga spännet i borrestil (jfr Hedenstierna-Jonson 2006; Graham- Campbell

2013;34f) Flertalet treflikiga spännen i samma stil återfinns i gravmaterialet från Birka (gravarna 738, 882, 480, 954, 1115, 839. Jfr Arbman 1943: Taf 75).

F463:9C är ca 5,5 cm i diameter, är och ca 2,5 mm tjockt. Spännet, vilket består av en kopparlegering, är i tämligen gott skick. Förgyllningsytorna, som primärt är bevarade i ornamentikens fördjupningar, går att konstatera under ljusmikroskop vara tämligen intakt. Små förgyllningsytor är även närvarande på föremålets förhöjda ytor vilket indikerar att förgyllningen inte enbart har varit begränsat till föremålets dekor. Förgyllningen tycks härvid vara bättre bevarad på föremålets konkava ytor jämförelsevis med dess konvexa ytor (Figur 27).



Figur 26 .F463:9C. Ett treflikigt spänne i borrestil.



Figur 27 Mikroskopbild av .F463:9. Notera att förgyllningslagret är som bäst bevarat i föremålets ornamentik men att det även förekommer, om fragmentariskt, på föremålets upphöjda ytor.

8.2.11 SHM 5208:59- Likarmat spänne

F5208:59 är ett likarmat spänne i tämligen dåligt bevarandeskick. Spännet, vilket enligt okulär besiktning består av en kopparlegering, är 4,6 cm långt, 2,1 cm brett och ca 0,3 cm tjockt. Föremålet har dekorerats med relief och dess upphöjda partier är belagda med en vitmetall medan dess fördjupningar är dekorerade med förgyllning (Figur 28).

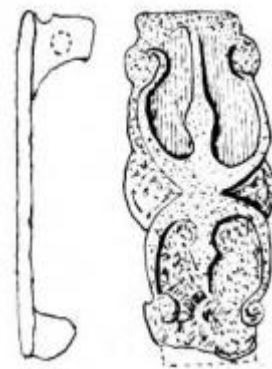


Figur 28 F463:9. Ett likarmat spänne av okänt ursprung vilket har dekorerats med relief, förgyllning och vitmetall.

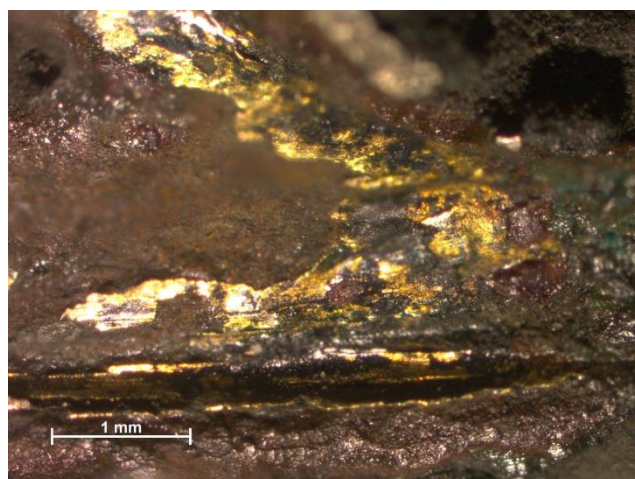
F 5208:59 påträffades i samband med en av Hjalmar Stolpes undersökningar av Svarta jorden. Enligt Stolpes okulära besiktning av föremålet beskriver han det som är starkt anfrätt och skadat. Vidare identifierar han den vitmetallbelagda ytan som bestående av silver (Sörling 2018:53; Figur 29). F5208:59 har inte varit objekt för elementanalys tidigare och huruvida föremålet är försilvrat eller ej är således ännu inte fastställt genom kemisk analys.

Föremålet kom att publiceras av Sörling år 2018 och dess närmsta parallell, ytterligare ett likarmat spänne dekorerat i relief, påträffas också i denna publikation (SHM 5208:2545). Dessa likarmade spännens ursprung är okänt men det går att fastställa att deras dekor inte innehåller några typiskt nordiska element.

Under ljusmikroskop är det tydligt att förgyllningslagret är tämligen fragmenterat (Figur 30) och är som mest bevarat i ornamentikens djupaste partier.



Figur 29. F463:9 avbildad av Hjalmar Stolpe (ur Sörling 2018:53).



Figur 30. Mikroskopbild av F463:9. Notera att förgyllningslagret är tämligen fragmenterat.

8.2.12 SHM 34000: Bj 965- Silverhänge i orientalisk stil

F965 är ett förgyllt tungformat silverhänge som är 2,5 cm högt, 1,2 cm brett och mindre än en millimeter tjockt (Figur 31). Hänget härrör ursprungligen från en kammargrav vilken var belägen under en gravhög i Hemlanden. Grav 965 var fyndrik och innehöll, utöver F965, fem andra smycken och dräktspännen, däribland ett par ovala spännbucklor vilka torde vittna om att graven ifråga tillhör en person av kvinnligt genus så som gällande Bj 543 (Hägg 1974:39ff; Figur 32). Ytterligare ett av dessa fem smycken och dräktspännen är ett hänge vilket är snarast identiskt med F965. Dessa två nästan identiska hängen har antagligen utgjort delar av vad som har varit en silverskål i orientalisk stil (Arbman 1843: 389f ;Taf. 96. Figur 33) .

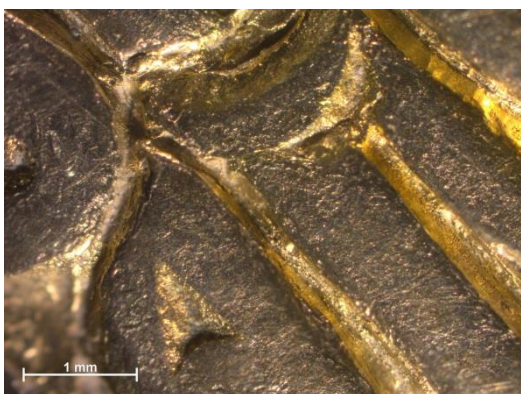


Figur 31. F965, ett silvespänne i orientalisk stil påträffat i en kammargrav i Hemlanden.

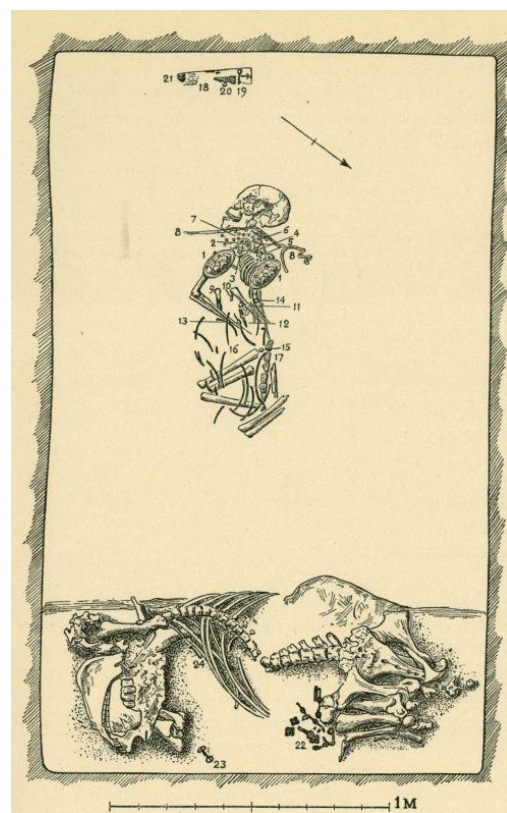


Figur 33. Rekonstruktion av utsmyckningen på en orientaliska silverskål. Troligtvis har F965 ursprungligen varit en del av denna utsmyckning och sedan gjorts om till ett hänge

Under ljusmikroskop framgår det tydligt att förgyllningslagret har legerats med underliggande silvermaterial. Guldet i de förgyllda partierna, vilket är begränsat till dekorens nedsänkningar, är tämligen blekt och det är svårt att uttröna vart förgyllningslagret börjar och slutar (Figur 34).



Figur 34. Mikroskopbild av F965. Notera att guldet, vilket är begränsat till ornamentikens konkava ytor, är tämligen blekt i färgen och att förgyllningslagret tillsynes har legerats med underliggande material.



Figur 32. Stolpes teckning över grav 965 i vilken F965 påträffades (Arbman 1943:390)

8.2.13 SHM 34000: Bj 968 - Treflikigt spänne med karolingisk dekor

F968 är ett treflikigt spänne i kopparlegering som påträffades i en kammargrav i Hemlanden. Fyndet gjordes i samband med Hjalmar Stolpes undersökningar av gravområdet i slutet av 1800-talet. Föremålet är ca 5,8 cm i diameter och är gjutet i filigranimitation. På baksidan återfinns en starkt korroderad järnnål (Arbman 1943:395; Figur 35).

Grav Bj 968 var tämligen fyndrik vari det påträffades bland annat sex andra smycken och dräktspännen, varav två ovala spännbucklor vilka indikerar att graven troligen tillhör en person av kvinnligt genus (Ibid;Hägg 1974:39ff; Figur 36).

Minst åtta andra treflikiga spännen med liknande eller identisk dekor har påträffats i andra gravar i Birka (Arbman 1943:Taf.73&74).

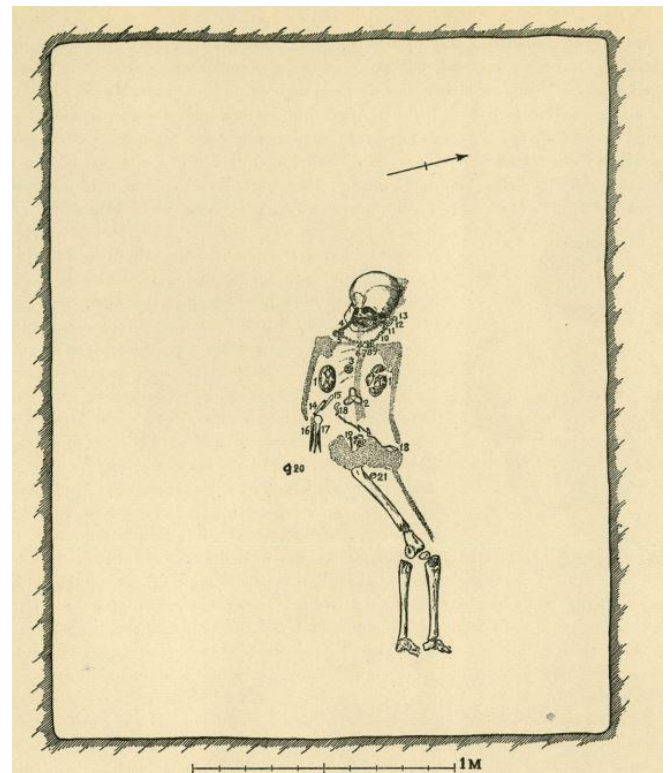
F968 är i tämligen dåligt skick och kopparlegeringen är mycket korroderad. Förgyllningslagret är nästan uteslutande begränsat till de fördjupningar vilka utgör föremålets dekor. Dock förekommer det små förgyllningsytor på föremålets upphöjda partier vilka indikerar att hela föremålet ursprungligen var förgyllt (Figur 37).



Figur 37. Mikroskopbild av F968. Notera att en mindre förgyllningsyta är observerbar på föremålets upphöjda parti, något som indikerar att förgyllningen ursprungligen inte enbart har varit begränsad till föremålets dekor.



Figur 35. F968. Ett treflikigt spänne i kopparlegering vilket har dekorerats med karolingisk dekor och förgyllning.



Figur 36. Hjalmar Stolpes ritning över grav 968, den grav i vilken F968 påträffades (Arbman 1943:395).

9. Svepelektronmikroskop med energidispersiv röntgenfluorescensspektrometri

I föregående kapitel presenterades de föremål som har kommit att analyseras med SEM-EDS under arbetet med denna uppsats. Följande kapitel utgör en kort sammanfattad redogörelse för hur analystekniken ifråga fungerar. I underkapitlet 8.1 redogörs även för andra analystekniker som kan tillämpas vid studiet av förhistoriskt metallhantverk.

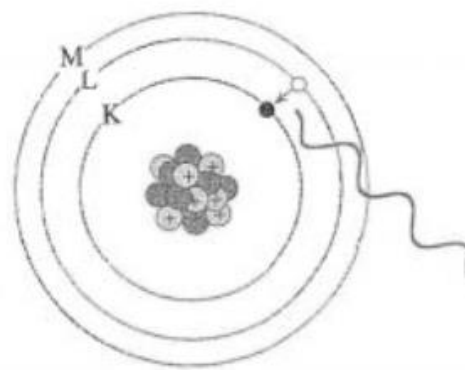
Ett svepelektronmikroskop (SEM) kan tillämpas i syfte att uppnå två ändamål. Dels är det möjligt att studera ett provs yta i mycket högre upplösning än vad som är möjligt med ett traditionellt ljusmikroskop, och dels är det möjligt att genomföra en elementanalys vilket ger information om provets kemiska sammansättning (Hogmark et al 1998:7). I denna studie är bägge funktioner av relevans då både föremålets mikromorfologi samt deras dess kemiska sammansättning studeras. Ytterligare ett skäl till att SEM-EDS valdes som analysteknik var för att den inte innefattar destruktiva ingrepp på föremålen då provtagning enbart sker på deras ytor.

Ett svepelektronmikroskop är uppbyggt av fem delar; Provkammare, mikroskopkolonn, vakuumsystem, detektorer och signalregistrering. Provet förs in i provkammaren i vilken det sedan bildas vacuum. Skälet till att vacuum är nödvändigt beror på att de fria elektronerna ska få en begränsad rörlighet och för att undvika att elektrokällan ska utsättas för störning vid elektronemissionen. Väl inne i provkammaren bestrålas provet med elektroner vilka alstras i kolonnen. Elektronstrålen passerar först en bländare och sedan en eller flera kondensorlinser. Vidare går strålen igenom ytterligare en rad bländare, spolar och linser vilka opererar för att avlänka strålen till ett rastersvep, korrigera astigmatismen och möjliggöra fokusering vid bildprojektion. Detektorerna i svepelektronmikroskopet möjliggör att det går att få ut information om provets kemiska sammansättning samt dess topografi då det är dessa detektorer som de emitterande elektronerna samt röntgenstrålarna träffar i samband med analys (Hogmark et al 1998:732f). Hur detta fungerar kommer att redogöras för nedan.

Metoden innefattar att en elektronstråle riktas mot provytan och bestrålar den med. Elektronerna som utgör elektronstrålen omnämns som primärelektroner. I samband med bestrålning av provet börjar en sekvens av kollisioner att äga rum i provets yta. Detta kan ge upphov till att en elektronen från provets ytan slungas ur sin position, vilken då som kallas för en bakåtspridd elektron. Spridningen kan vara antingen elatisk, vilket inte innefattar någon förlust i rörelseenergin vid kollision, eller inelatisk, vilket innebär att en andel av rörelseenergin konsumeras vid kollisionen. Den sistnämnda typen av kollision leder till att elektronen genomgår en jonisering, vilken har en låg rörelseenergi och benämns som sekundärelektron. Samtliga elektroner som sprider sig, oavsett om det är genom elatisk eller inelatisk kollision, kallas gemensamt för emitterande elektroner. Bilden av provytan projiceras genom att de emitterande elektronerna når en detektor. Den projektion som visas kommer att framställa provets topografi där konkava ytor framställs som mörka och konvexa ytor som ljusa, likt hur en yta skulle se ut om den var belyst under ett ljusmikroskop (Ibid:13ff).

Studiet av provets kemiska sammansättning är möjligt genom att röntgenstrålning genereras när primärelektronerna tränger in i materialet. Karakteristisk röntgenstrålning grundar sig i principen av att varje grundämne har sin egen energinivå vilken är karakteristiskt för just det ämnet. Vidare grundar sig den här formen av spektralanalys på Bohrs atommodell. Enligt Bohrs atommodell är atomen uppbyggd av en kärna vilken består av positivt laddade protoner samt neutralt laddade neutroner. Kring kärnan cirkulerar negativt laddade elektroner i orbitaler eller skal (Pollard & Heron 2008:21f).

Skalen i vilka elektronerna cirkulerar benämns inifrån och ut K-,L-,M, N- osv. När elektronstrålen tränger in i provet kan elektroner i atomernas skal antingen byta position eller trängas ut fullständigt ur sin ursprungliga position, atomen blir då exciterad vilket innebär att den befinner sig i ett högre energitillstånd än dess grundtillstånd. Jonisering uppstår när en elektron från atomens inre skal byter position, något som kräver att primärelektronen har en energi motsvarande, eller högre, bindningsenergin för den elektron i skalet som påverkas. Den joniserade atomen kommer att deexciteras genom att en elektron från ett yttre skal kommer att inta platsen för den utslagna elektronen. Denna förflyttning av elektroner mellan skalen avger den en karakteristisk röntgenstrålning (Figur 38) . Härigenom är det möjligt att studera provets kemiska sammansättning med EDS (energidispersiv röntgenspektroskopi) (Hogmark et al 1998:26f).



Figur 38. Atomens uppbyggnad enligt Bohrs modell med en kärna bestående av positivt laddade protoner och neutralt laddade neutroner. Runt kärnan cirkulerar elektronerna i olika skal vilka benämns K,L,M osv. Bilden visar hur röntgen avges från elektronen i samband med att en elektron förflyttas från L-skalet till K-skalet. (Hogmark et al 1998:26).

9.1 Alternativa analyser och tillvägagångssätt vid analys av metallföremål

Det finns andra typer av analystekniker vilka kan tillämpas i ändamålet att studera metallföremål och metallhantverk, några av dem kommer att redogöras för kort nedan.

XRF (röntgenfluorescens) tillämpas frekvent inom arkeologin för analys av metallföremål. Precis som gällande SEM-EDS så är XRF en icke-destruktiv metod, vilket lämpar för analys av föremål vilka ej önskas förstöras i analysprocessen. Analys med XRF, liksom SEM-EDS, innefattar karakteristisk röntgenstrålning. Skillnaden mellan teknikerna ligger häri att proverna bestrålas med en röntgenstråle istället för en elektronstråle. En nackdel vilken tillkommer med analystekniken är att den har sämre precision än SEM-EDS vad beträffar kapaciteten att mäta spårämnen. Likväl saknas möjligheten att isolera och analysera enskilda ytor på föremål. Tre fördelar med XRF gör sig däremot gällande. Den förstnämnda är att den är mindre tidskrävande än SEM-EDS (Pollard & Heron 2008:205ff). Vidare begränsas inte förutsättningar för analys på grund av föremålens storlek, ej heller behövs inte vakuum för att analys ska vara möjlig. Därav lämpar sig den här analystekniken för föremål vilka är för stora för att rymmas i svepelektronmikroskopets provkammare och för föremål vilka inte bör utsättas för vakuum.

Ytterligare en icke-destruktiv metod är en som tillämpades på material från Gamla Uppsala. Utvalda metallföremål analyserades i en elektronmikronsond med våglängdsdispersiv metod (WDS). Till skillnad från EDS mäter WDS inte lätta element och är samtidigt mer tidskrävande. Fördelarna med WDS är att metoden är EDS överlägsen vad beträffar kapaciteten att särskilja olika ämnen i ett prov åt (Englund et al 2017:16).

Vid proveniensbestämningar av metaller tillämpas vanligen masspektrometriska analystekniker (Pollard & Heron:2008:25f;30ff). Bland annat kan masspektrometri användas i syfte att genomföra en urskiljning av kopparmalmer genom analys av blyisotoper i kopparlegeringar (Englund et al 2017:17).

Det finns två skäl till att proveniensbestämningar på metaller ej har genomförts under detta arbete. Dels för att det inte finns utrymme för detta slag av analyser inom given tidsram för masterarbetet. Vidare skulle tillämpningen av masspektrometriska analystekniker innefatta destruktiva ingrepp på föremålen, vilket motarbetar uppsatsens sekundära syfte vilket är att studera förgyllningstekniker utan destruktiva ingrepp.

10. Resultat

Totalt genomfördes 249 mätningar med SEM-EDS på de 13 föremål som har valts ut för detta arbete. Beträffande de föremål som tidigare har analyserats med SEM-EDS (F5384, F4938, F5200 och F12177) genomfördes enbart kompletterande mätningar samt en kompletterande mikromorfologisk analys av förgyllningarnas ytstruktur. Nya mätningar genomfördes på F5055 som tidigare har kommit att analyseras med XRF.

Tjockleken i förgyllningslagret har ej studerats med skäl av att det dels inte är möjligt om föremålet ej analyseras ur tvärsnitt.

Resultaten som redovisas nedan är ett medelvärde av de genomförda mätningarna, hela resultattabellen är bifogad i Bilaga 1 och fotografier över provtagning finns bifogade i Bilaga 2. Med skäl av att SEM-EDS har en felmarginal $\pm 1\%$ (Hogmark et al 1998) redovisas medelvärdena i hela procent. Ämnen vilka inte överstiger 1% anges som spårämnen (SP). För samtliga föremål redovisas förekomsten av ämnena Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i förgyllningslagret. Vidare redovisas även förekomsten av dessa ämneskoncentrationer i den metall som basföremålet består av, det vill säga koppar- eller silverlegering, i den mån resultat kan erhållas. Resultaten för mätningarna genomförda på nielloinläggningarna på silverspannet med karolingisk ornamentik (F543) inkluderar även förekomsten av svavel.

Slutligen redovisas även en bedömning av förgyllningslagrens mikromorfologi.

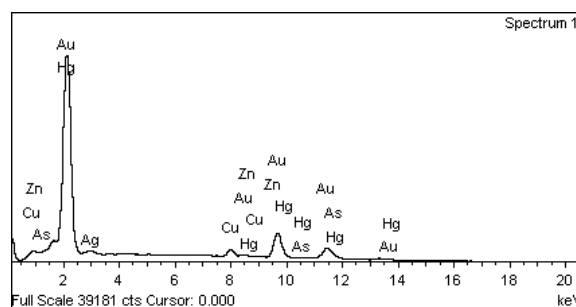
10.1 Garnisonen 4934- Beslag med ring

Totalt nio mätningar genomfördes på F4934. Av dessa gav sju mätningar tillförlitliga resultat. Sex mätningar genomfördes på föremålets förgyllningsytor och av dessa utgår en mätning. Vidare genomfördes en mätning på föremålets kopparlegering men detta resultat utgår. Två mätningar genomfördes på undersidan av en flik i förgyllningslagret och bägge av dessa gav tillförlitliga resultat.

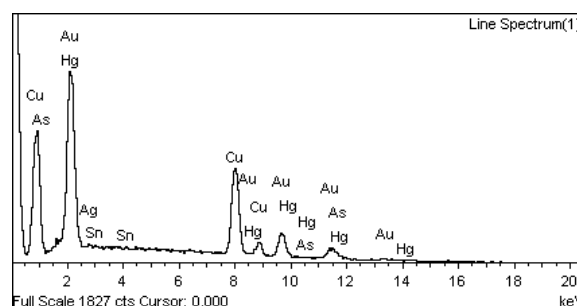
Analyserna visar att förgyllningslagret utgörs av guld med en inslag av koppar och silver (Figur 39). Kvicksilverhalten uppmäts till 2%. Vidare förekommer halter av arsenik, tenn och zink i form av spårämnen (Tabell 1).

Resultaten från undersidan av fliken i förgyllningslagret visar att förekomsten av koppar är allt högre där än på förgyllningslagrets ovansida. Guldkoncentrationen motsvarar 30%, vilket är noterbart lägre än guldkoncentrationen i förgyllningslagrets ovansida (Jfr. Figur 39&40). Kvicksilverförekomsten motsvarar härvid enbart 1%. Vidare förekommer silver, arsenik, tenn och bly i form av spårämnen. Den kemiska sammansättningen är alltså densamma men i olika koncentration i förgyllningslagrets ovan- och undersida.

Vad beträffar förgyllnings lagrets mikromorfologi är det ej möjligt att observera ytor vilka är opolerade eller porösa. Vad som går att observera å andra sidan är de korrosionsprodukter som omnämndes var synliga under ljusmikroskop på sida 16 (Figur 41).



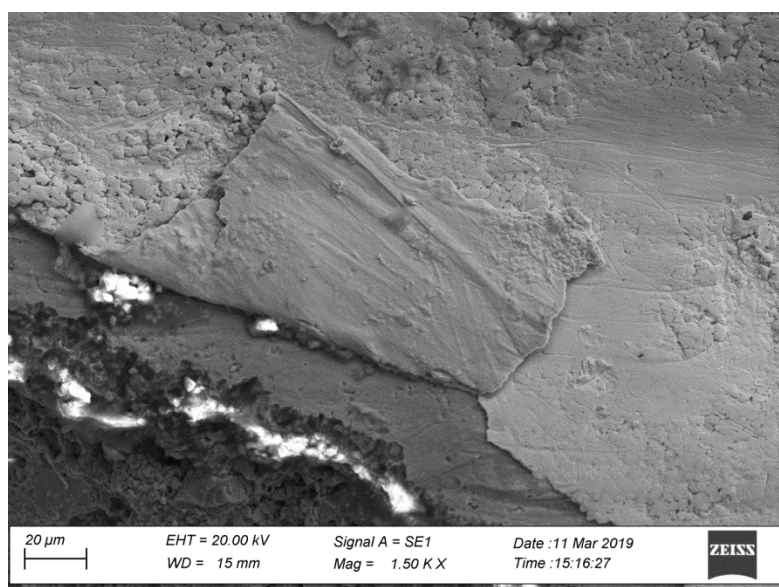
Figur 39. SEM-spektrum från provtagning på förgyllningsytan.



Figur 40. SEM-spektrum från provtagning på fliken vilken utgör förgyllningsytans undersida.

Tabell 1. Koncentrationerna av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F4934.

Garnisonen 4934	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	14	SP	6	76	2	SP	SP	-
Flik	67	-	SP	30	1	SP	SP	SP

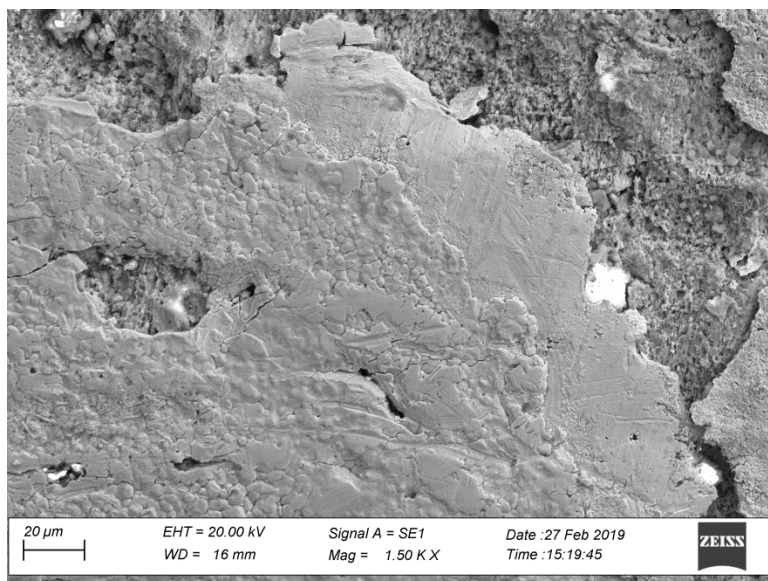


Figur 41. SEM-bild på de korrosionsprodukter som har angripit förgyllningslagret samt den flik som har analyserats.

10.2 Garnisonen 5055- Bägerfragment

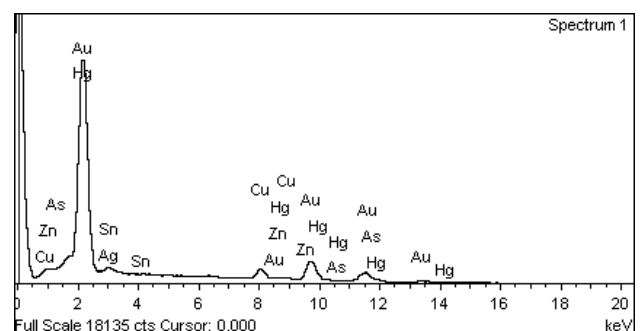
Totalt 21 mätningar gjordes på F5055 vilket gav 17 tillförlitliga resultat, övriga mätningar utgår till följd av otydliga resultat. Två mätningar, vilka genomfördes enbart för att identifiera vad ytorna utgörs av, utgår då dessa mätningar genomfördes på antikvarisk ytbehandling. Tio mätningar genomfördes på förgyllningsytor vilka var skonade från korrosion, av dessa utgår två resultat. Skälet till att dessa två utgår är för att mätningarna avbröts till följd av att provtagning skedde av misstag. Ytterligare två mätningar genomfördes på en yta i förgyllningslagret vilket tillsynes är angripet av korrosion samt en mätning på ljust parti i förgyllningsytan (Figur 42). Med skäl av att grundämneskoncentrationen i dessa tre mätningar är samma som gör sig gällande för förgyllningslagret i övrigt så har dessa mätningar kommit att ingå i det medelvärde som benämns som *förgyllningslager* i tabell 2.

Garnisonen 5055	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	20	3	4	70	2	1	SP	SP
Kopparlegering	95	1	-	1	-	2	1	-



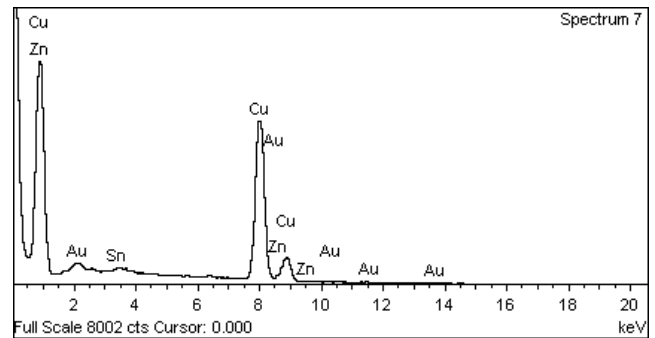
Figur 42. SEM-bild på F5055 det lager i förgyllningen vilket till synes är angripet av korrosion. Mätningarna från denna yta visar att grundämneskoncentrationen är densamma i övriga, släta ytor, i förgyllningsytan.

Resultaten visar att förgyllningslagret består till 70% av guld med en kvicksilverförekomst motsvarande 2%. Vidare förekommer inslag av koppar, silver, zink och arsenik. Tenn och bly förekommer i form av spårämnen (Figur 36).



Figur 36. SEM-spektrum från mätning på förgyllningslagret på F5055.

Av de sex mätningar som gjordes på föremålets kopparlegering kan samtliga resultat redovisas. Härvid framkommer det att föremålets kopparlegering utgörs av till 95% av koppar med förekomster av zink, tenn och guld (Figur 43).



Figur 43. SEM-spektrum från mätning på kopparlegeringen i F5055.

Vad beträffar förgyllnings lagrets mikromorfologi är det ej möjligt att observera ytor vilka är opolerade eller porösa.

10.3 Garnisonen 5384- Remändsbeslag I

Totalt fyra mätningar gjordes på F5384 med primärt fokus på förgyllningsytan då föremålet har varit objekt för SEM-EDS-analyser tidigare. Således finns data både på kopparlegeringen samt på förgyllningslagret till förfogande från den rapport som sammanställdes år 2006.

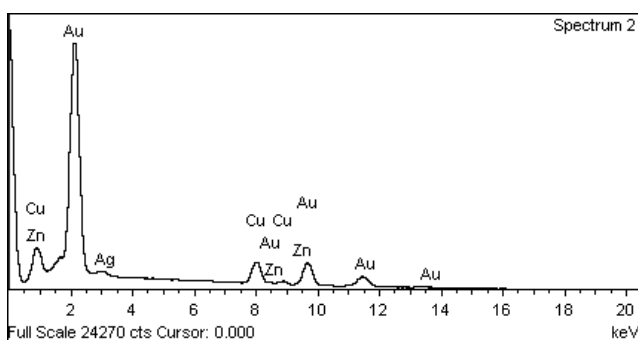
Samtliga av de fyra mätningarna som genomfördes gav tillförlitliga resultat. Tre mätningar genomfördes på förgyllningsytan och en mätning genomfördes på kopparlegeringen. I tabell 3 är alltså det som benämns som kopparlegering inte ett uträknat medelvärde, det är enbart värdet för en mätning som redovisas.

Tabell 3. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F5384. Observera att värdena från kopparlegeringen utgörs av enbart en mätning.

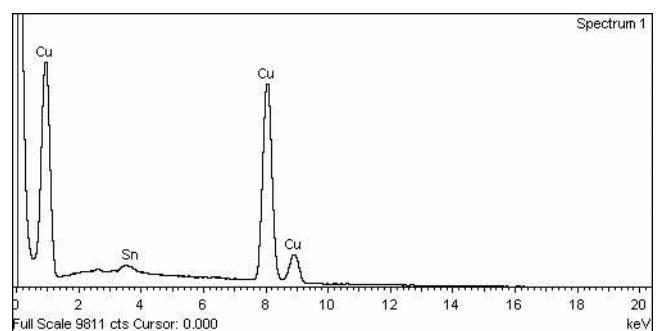
Garnisonen 5384	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	31	SP	4	65	.	-	-	-
Kopparlegering	99	SP	-	-	-	-	1	-

Resultaten visar att förgyllningslagret utgörs av 65% guld och med hög halt koppar närvarande. Vidare uppmättes inslag av silver och zink (Figur 44).

I den enda mätning som genomfördes på kopparlegeringen förekom 99% koppar, 1% tenn och zink i form av spårämne (Figur 45).

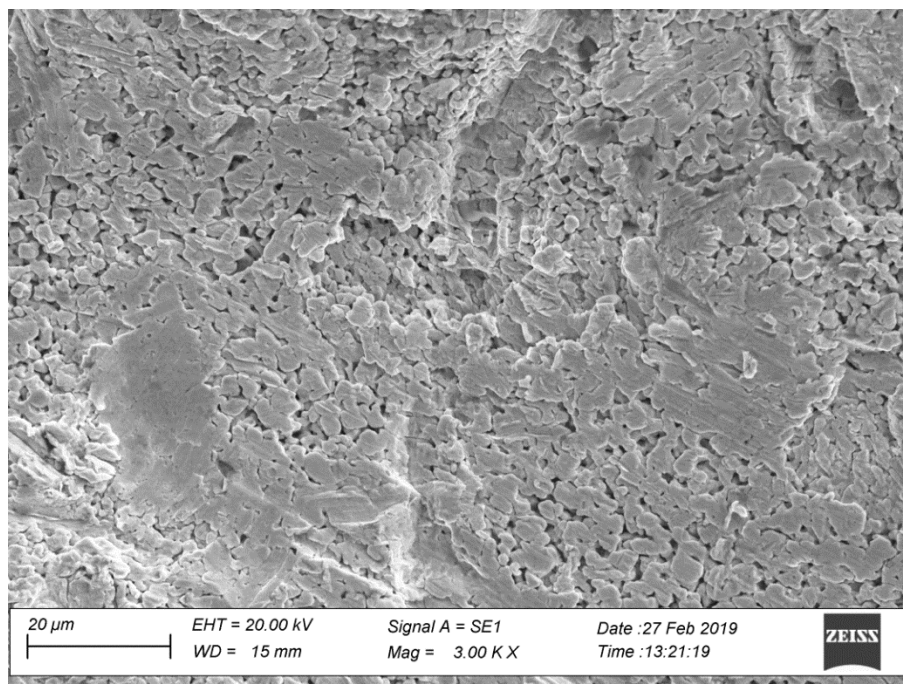


Figur 44. SEM-spektrum från mätning på förgyllningslagret på F5384



Figur 45. SEM-spektrum från mätningen på kopparlegeringen i F5384.

Förgyllningslagret, vilket är tämligen dåligt bevarat, är poröst i sin ytstruktur. I 3000 gångers förstoring framgår det mycket tydligt (Figur 46). Denna porositet är alltför kompakt för att vara resultatet av brännförgyllning.



Figur 46. Porositeten i förgyllningslagret på F5384 är troligen inte resultatet av brännförgyllning. Jfr med Figurerna 3-5 på sida 7.

10.4 Garnisonen 5200- Remändselsag II

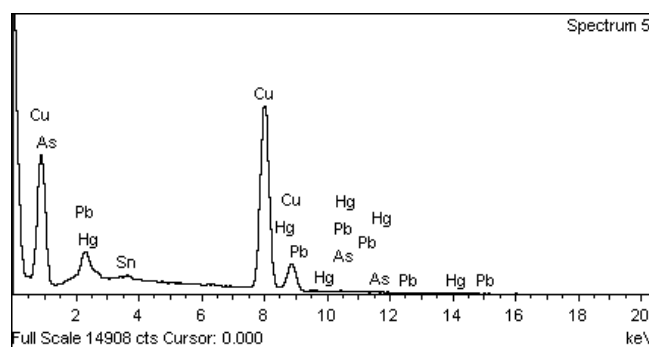
Totalt genomfördes 24 mätningar på F5200 vilket gav 11 tillförlitliga resultat. Nio av de tillförlitliga mätningarna genomfördes på kopparlegeringsytor, mätningarna som utgår gör det på grund av otydliga resultat. Två mätningar genomfördes på en liten mörkfärgning i kopparlegeringsytan i syfte att identifiera vad denna bestod av.

Resultaten visar att vad som såg ut att vara förgyllning under ljusmikroskop (Figur 15 på sida 19) tycks vara kopparlegering (Figur 47).

Medelvärde från samtliga mätningar redogörs för i tabell 4.

Tabell 4. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F5200

Garnisonen 5200	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Kopparlegering	95	SP	-	-	2	SP	SP	3



Figur 47. SEM-spektrum från provtagning på kopparlegeringen i F5200.

Resultaten visar att kopparlegeringen består till 95% av koppar med inslag av bly och kvicksilver. Vidare förekommer även zink, arsenik och tenn i form av spårämne.

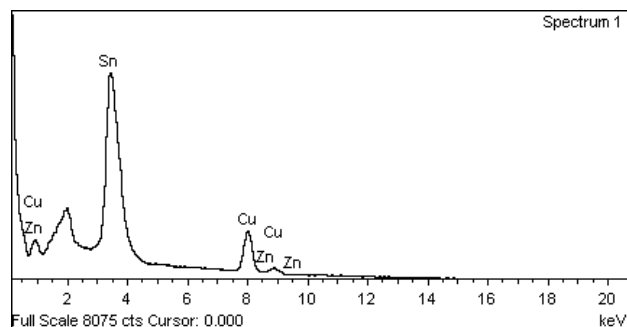
10.5 Garnisonen 5918 – Fragment

14 mätningar genomfördes på F5918 varav fem genomfördes på fragmentets gyllene sida och nio genomfördes på fragmentets vitmetallfärgade sida.

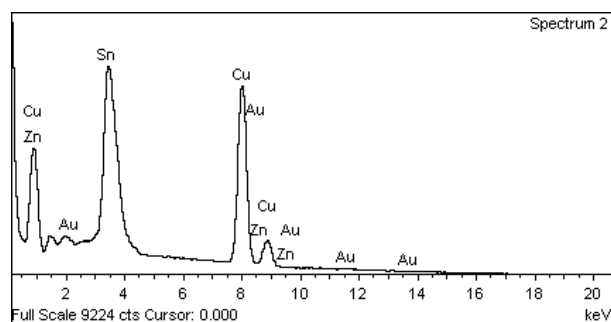
Fyra av fem mätningar på den gyllene ytan gav tillförlitliga resultat. Den mätning som utgår gav otydliga resultat.

Fragmentets gyllene sida består primärt av tenn och koppar. Vidare förekommer även zink i form av spårämne (Tabell 5; Figur 48).

Åtta mätningar genomfördes på fragmentets vitmetallbelagda sida och av dessa gav fyra mätningar tillförlitliga resultat. Fragmentets vitmetallbelagda yta består primärt av koppar och tenn. Guld förekommer i en koncentration motsvarande 1% (Figur 49).



Figur 48. SEM-spektrum från provtagning på den gyllene ytan av fragmentet F5918.



Figur 49. SEM-spektrum från provtagning på den vitmetallbelagda ytan av fragmentet F5918.

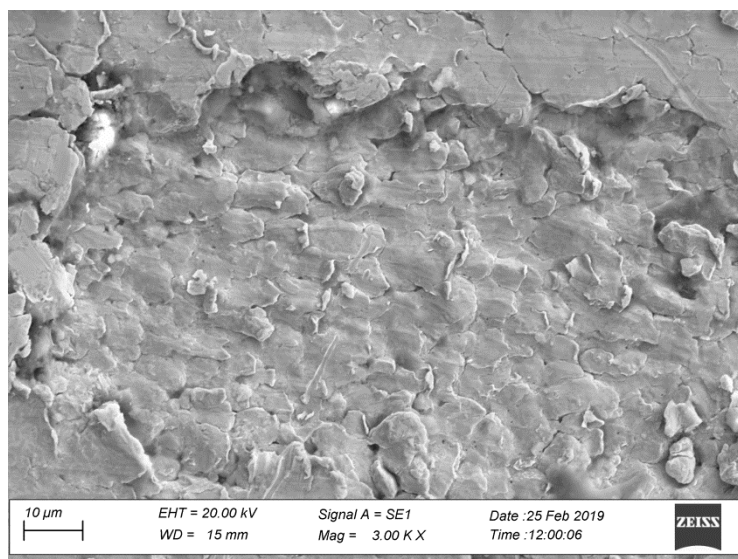
Tabell 5. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F5918

Garnisonen 5918	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Gyllene sida	39	SP	-	-	-	-	60	-
Vitmetallbelagd sida	72	SP	-	1	-	-	26	-

10.6 Garnisonen 12177- Bysantinskt beslag med gravering

Totalt genomfördes 16 mätningar på F12177 och av dessa gav 11 mätningar tillförlitliga resultat. Mätningar på föremålets kopparlegering genomfördes inte då data från år 2004 på föremålets kopparytor redan finns att tillgå.

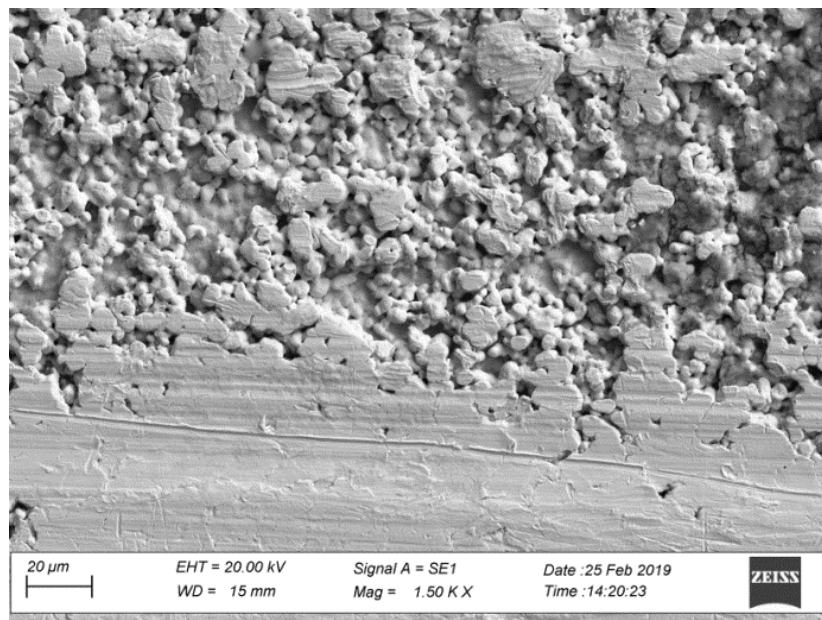
10 mätningar genomfördes på släta förgyllningsytor och av dessa utgår enbart en mätning. Den mätning som utgår avbröts då provtagning skedde av misstag. Två mätningar genomfördes på en morfologiskt avvikande yta (Figur 50).



Figur 50. SEM-bild på en morfologiskt avvikande yta i förgyllningslagret på F12177.

Eftersom att resultaten från dessa två mätningar innehåller grundämneskoncentrationer vilka är samma som i övriga delar av fyllningslagret så har dessa mätningar kommit att räknas in i det totala medelvärdet för fyllningsytan.

Ytterligare fyra mätningar genomfördes på en yta vilken uppvisar den porösa ytstruktur vilken kan förväntas uppträda i fyllningslager på brännfyllda föremål (Figur 51). Av dessa utgår 3 mätningar på grund av otydliga resultat i SEM-spektrumen. Fyllningslager- Porös yta i tabell 6 utgörs av enbart en mätning.

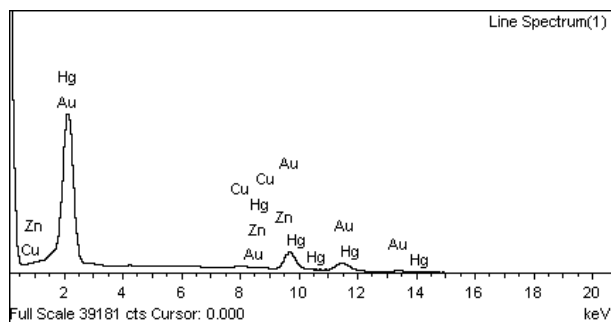


Figur 51. SEM-bild på en av de porösa ytstrukturerna i F12177 vilka troligen är spår efter brännfyllning. Jfr med Figurerna 3-5 på sida 7.

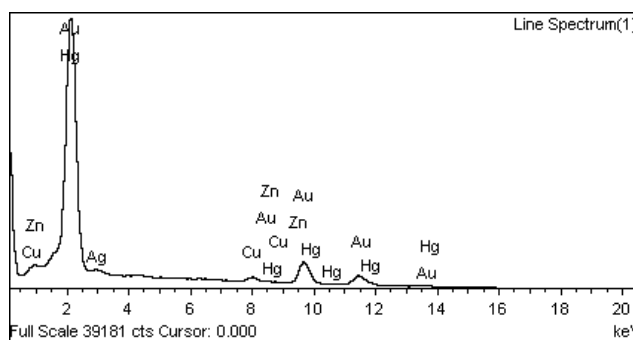
Tabell 6. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F12177. Observera att värdena från den porösa ystrukturen i fyllningslagret utgörs av enbart en mätning.

Garnisonen 12177	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Fyllningslager	4	SP	7	85	4	SP	SP	SP
Fyllningslager- Porös yta	8	SP	-	87	5	-	-	-

Resultaten visar att guldförekomsten i fyllningslagret är hög (85%) med en kvicksilverförekomst motsvarande 4%. Vidare innehåller fyllningslagret inslag av silver och koppar (Figur 52).



Figur 52. SEM-spektrum från provtagningen av den porösa ytstrukturen i fyllningsytan på F12177.



Figur 53. SEM-spektrum från provtagning fyllningsytan på F12177.

I mätningen på den porösa ytstrukturen förekommer guld, koppar kvicksilver och zink (Figur 53).

10.7 Garnisonen 5247– Bysantinskt beslag med punsdekor

Totalt genomfördes 18 mätningar på F5247 och av dessa utgår sex mätningar. Skälet till att dessa utgår är för att de gav otydliga resultat.

Åtta mätningar genomfördes på förgyllningsytan varav fem mätningar gav tillförlitliga resultat. Härvid framgår det att förgyllningen består av 78% guld och kvicksilverförekomsten motsvarar 5%. Vidare förekommer även arsenik, silver och zink varav zink enbart på spårämnesnivå (Tabell 7; Figur 54).

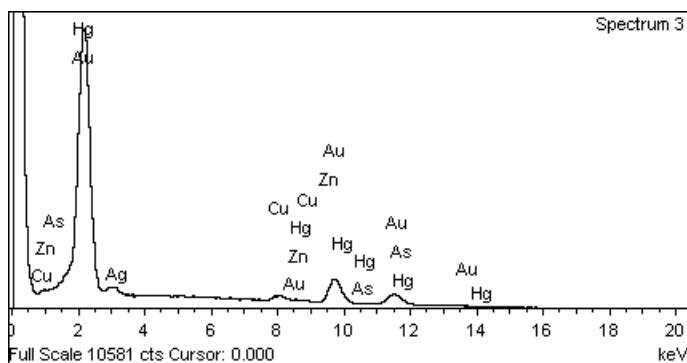
Garnisonen 5247	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	9	SP	7	78	5	1	-	-
Flik I	63	SP	2	33	1	SP	-	-
Flik II	51	1	2	44	1	-	-	2
Kopparlegering	87	1	1	-	SP	-	-	SP

I förgyllningslagret påträffades två flikar vilka utgör förgyllningslagrets undersida. På dessa genomfördes fyra mätningar på. Flik I inmättes tre gånger och ett av dessa resultat utgår (Figur 55). Flik II inmättes

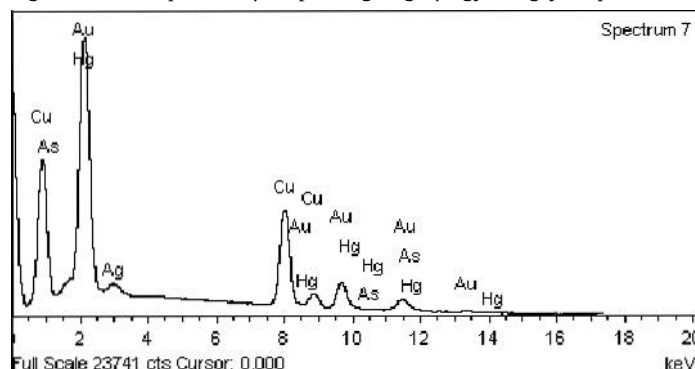
enbart en gång (Prov 247). Beträffande bägge flikar förekommer koppar i allt högre koncentration än vad som kan uppmätas på förgyllningslagrets yta. Likväl är både guld- och kvicksilverförekomsterna lägre på flikarna än på förgyllningsytan.

Sex mätningar genomfördes på föremålets kopparlegering och två av dessa mätningar utgår.

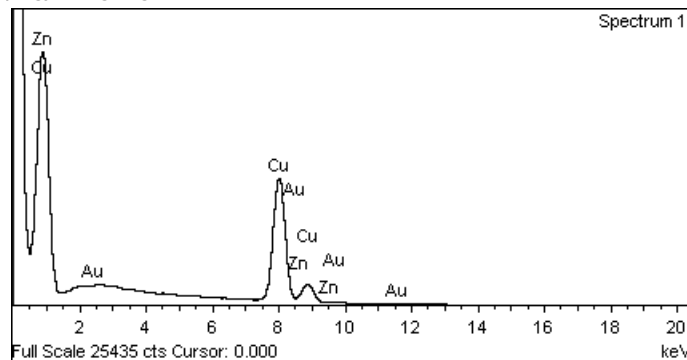
Resultaten från visar att kopparlegeringen utgörs primärt av koppar (87%) med förekomster av zink och silver. Vidare förekommer kvicksilver samt bly i form av spårämnen (Figur 56).



Figur 54. SEM-spektrum från provtagning i förgyllningsytan på F5247.

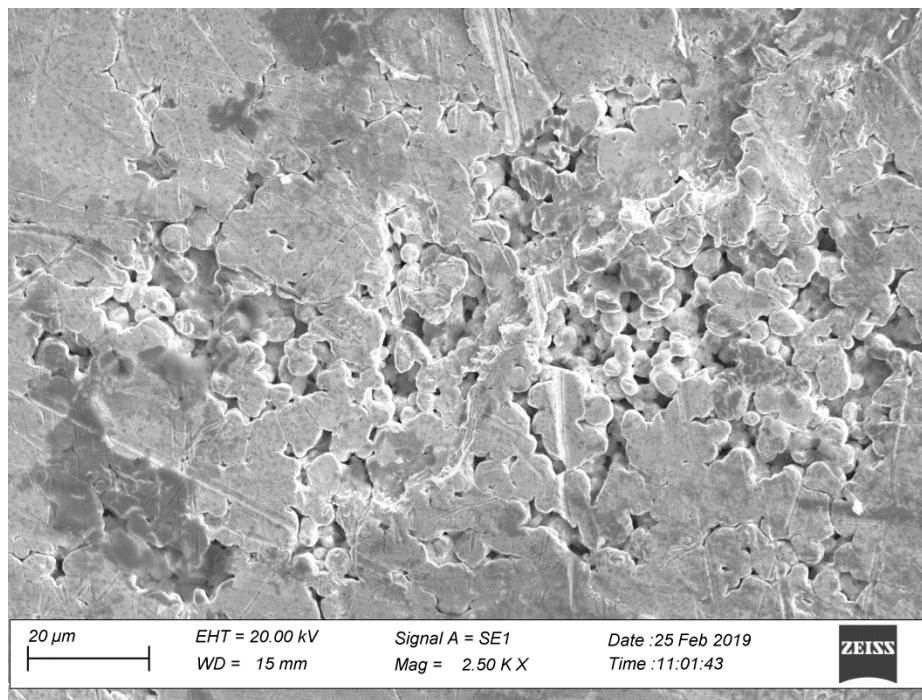


Figur 55. SEM-spektrum från provtagning på undersidan av Flik I i förgyllningslagret.



Figur 56. SEM-spektrum från provtagning på kopparlegeringen i F5247.

Det är även möjligt att observera flera ytor i förgyllningslagret som uppvisar den porösa ytstruktur som indikerar att föremålet har brännförgyllts (Figur 57).

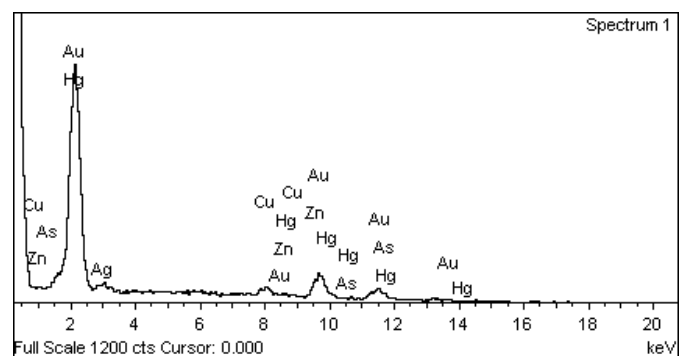


Figur 57. SEM-bild på en av de porösa ytstrukturerna i förgyllningslagret på F5247. Dessa strukturer är antagligen resultatet av att föremålet har brännförgyllts. Jfr med Figurerna 3-5 på sida 7.

10.8 SHM 34000: Bj 596 - Möjligt dryckeshornsbeslag

Sammantaget genomfördes 33 mätningar på F596 varav 27 utgår. Skälet till att dessa 27 mätningar utgår är för att de gav otydliga resultat.

15 av mätningarna genomfördes på föremålets förgyllda yta och av dessa kan sex resultat tillgodogöras. Förgyllningen består av 66% guld och kvicksilverförekomsten motsvarar 5%. Vidare förekommer lägre halter av zink (Tabell 8; Figur 58)



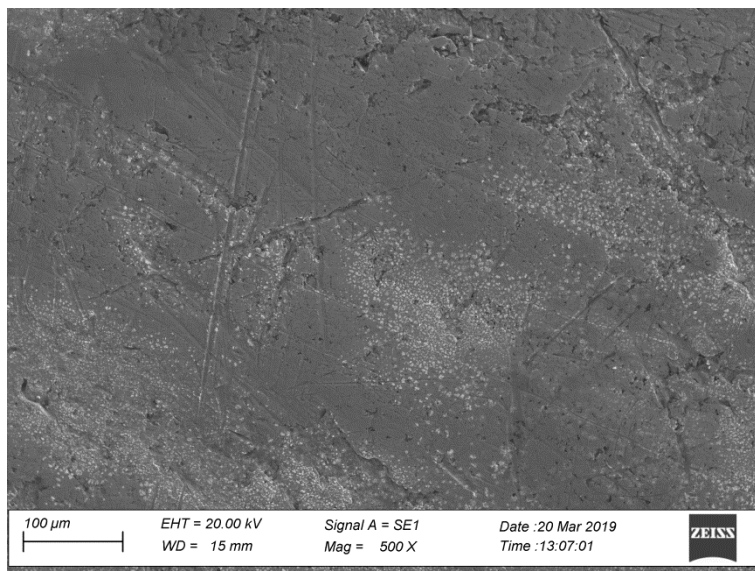
Figur 58. SEM-spektrum från provtagning på förgyllningsytan på F596.

Tabell 8. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i förgyllningslagret på F596.

SHM 34000 Bj 596	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	12	1	7	66	5	9	-	-

I förgyllningsytan går det inte att observera ytor vilka är opolerade eller porösa. Däremot är det möjligt att observera vad som tycks vara en

kristallbildning i förgyllningsytan. Denna kristallbildning är troligen vara någon form av antikvarisk ytbehandling, detta trots att föremålet behandlades med aceton i flera omgångar i syfte att avlägsna denna sort av ytbehandling (Figur 59).

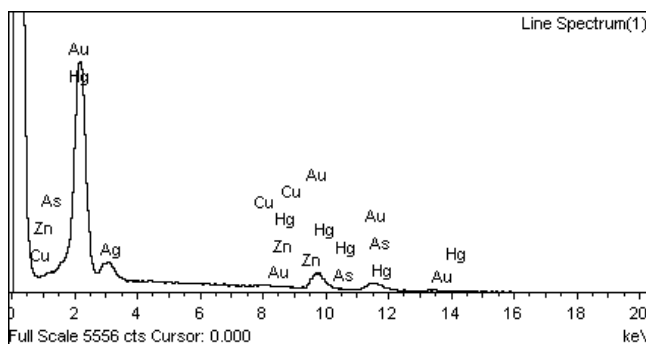


Figur 59. SEM-bild på den kristallbildning vilken förekommer i på förgyllningslagret (F596).

10.9 SHM 34000 Bj 543- Silverspänne med karolingisk ornamentik och niello

Totalt genomfördes 23 mätningar på F543 varav 14 gav tillförlitliga resultat. Mätningarna som utgår gör det till följd av otydliga resultat.

11 mätningar genomfördes på föremålets förgyllda ytor, vilka är belägna i dess ornamentik. Av dessa kan resultat från fem mätningar tillgodogöras. Föremålets förgyllning består av 62% guld med en kvicksilverförekomst motsvarande 5%. Silver är det näst mest dominerande grundämnet och förekommer i en koncentration motsvarande 34%. Vidare förekommer även inslag av koppar, zink arsenik och bly (Tabell 9;Figur 60).

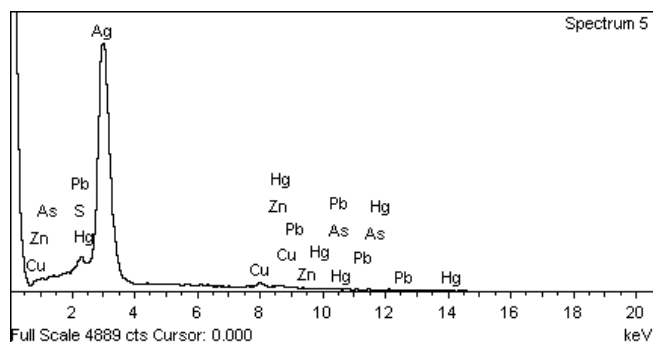


Figur 60. SEM-spektrum från provtagning på en förgyllningsyta i dekoren på F543.

Tabell 9. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg,As ,Sn och Pb i F596.

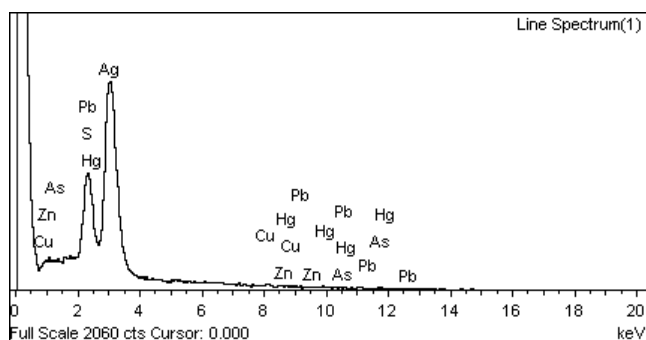
SHM 34000 Bj 543	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	2	1	34	62	5	2	-	SP
Silveryta	5	2	87	-	1	3	SP	1

På föremålets silverlegering genomfördes fem mätningar varav resultaten från fyra kan tillgodogöras. Dessa resultat visar att silverförekomsten motsvarar 87% och kvicksilver förekommer i en koncentration motsvarande 1%. Vidare förekommer även koppar, zink, arsenik och bly i silvret (Figur 61).



Figur 61. SEM-spektrum från mätning på silverlegeringen i F543.

Sju mätningar med fokus på nielloinläggningarna genomfördes. Av dessa togs fyra mätningar på niellot och tre mätningar på ytor, de graverade områden, ur vilka niello har fallit ur.



Figur 62. SEM-spektrum från mätning på niello på F543.

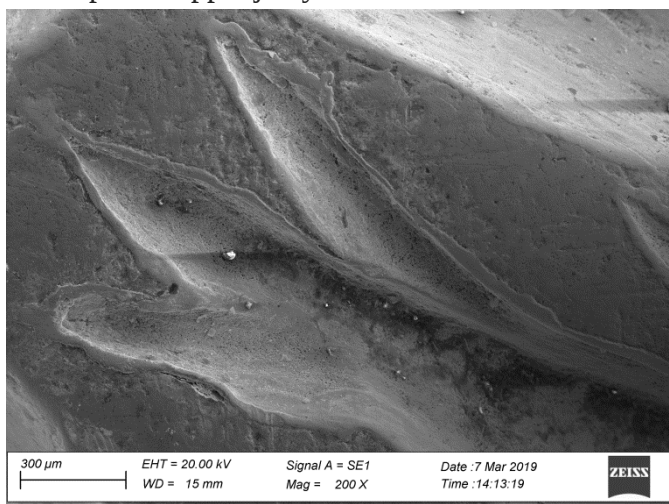
Resultaten från mätningarna av nielloinläggningarna visar att det utgår av 62% silver och 31% svavel. Vidare förekommer även låga koncentrationer av koppar, kvicksilver och arsenik, zink och bly (Tabell 10;Figur 62). Svavlet har också ha bundit med omkringliggande silverytor (se bilaga 2).

Tabell 10. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg,As ,Sn, Pb och S i niellot på F596.

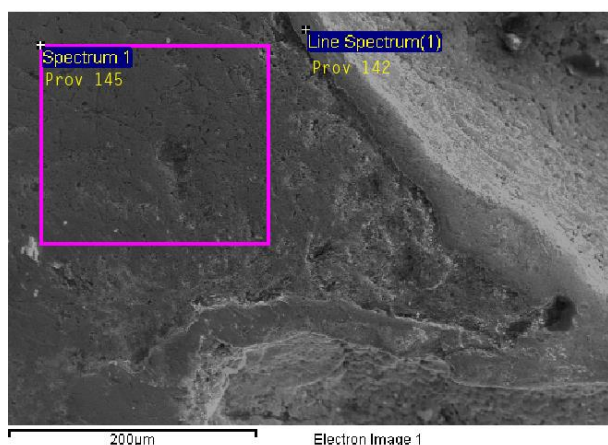
SHM 34000 Bj 543	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)	S (%)
Niello	2	SP	62	-	2	2	-	SP	31

Att förgyllningslagret är begränsat till ornamentiken gick att fastställa redan vid okulär granskning av föremålet men blir dock allt mer uppenbart när studerat med SEM-EDS. Härvid ser det ut som att förgyllningen spillt över på det upphöjda ytorna runt ornamentiken. I syfte att fastställa att så var fallet genomfördes mätningar på vad som antogs vara silver och vad som antogs vara förgyllning. Resultaten bekräftar den hypotesen (Figur 63;64; bilaga 1).

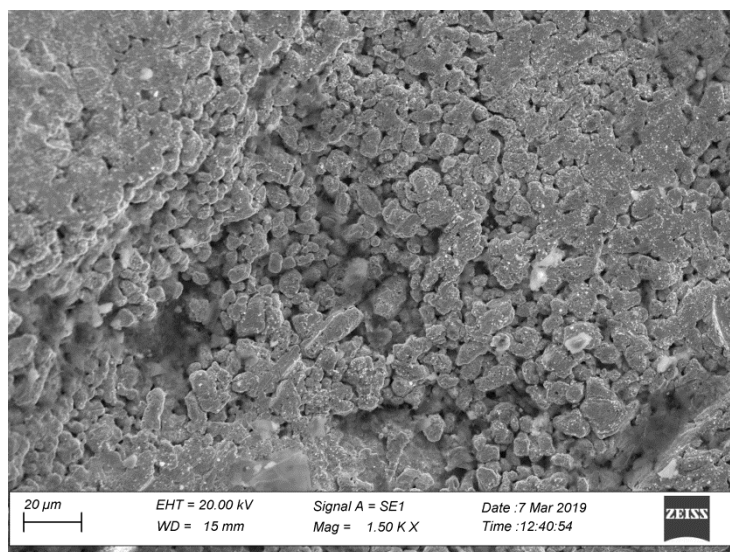
Vidare går det att notera att i de områden där dekoren är som djupast förekommer en porös ytstruktur i förgyllningslagrets mikromorfologi (figur 65). Dessa strukturer uppträder i samtliga av ornamentikens djupaste ytor. Möjligen är dessa strukturer resultatet av brännförgyllning.



Figur 63. SEM-bild på ornamentiken på F596 i 200 gångers förstoring. Förgyllningslagret har tillsyns spillt över dekorens kanter och upp på silverytorna.



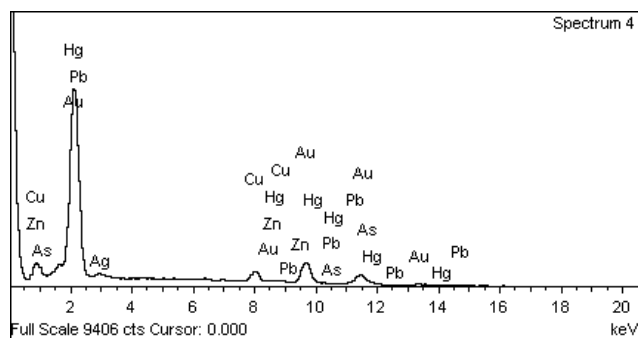
Figur 64. SEM-bild från provtagning. Ytan till vänster i bild (Prov 145) är silver och ytan till höger (Prov 142) är den förgyllningen i föremålets ornamentik.



Figur 65. SEM-bild på den porositet vilken förekommer i förgyllningen i dekoren djupaste belägna ytor på F596. Bilden är i 1500 gångers förstoring. Denna porositet kan möjligen vara resultatet av brännförgyllning.

10.10 SHM 34000 463:9C- Inhemskt treflikigt spänne

Totalt genomfördes 27 mätningar på det treflikiga spännet i borrestil. Nio av mätningarna genomfördes på föremålets kopparlegeringen, av dessa utgår sex. Ytterligare 18 mätningar gjordes på föremålets förgyllda ytor och av dessa är det 13 mätningar som gav tillförlitliga resultat. Mätningarna som utgår gör det till följd av otydliga resultat.



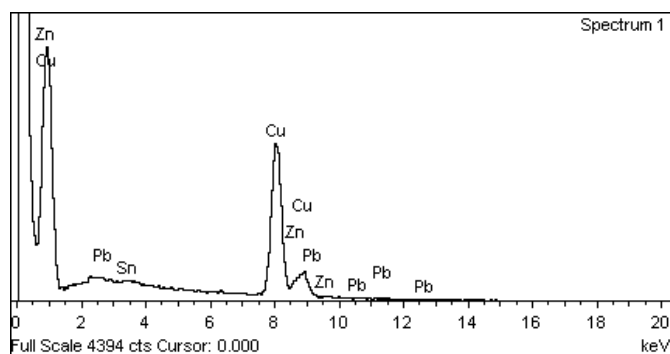
Figur 66. SEM-spektrum från provtagning på förgyllningsytan på F463:9C.

Tabell 11. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F436:9C.

SHM 34000 463:9C	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	17	2	5	73	2	SP	SP	SP
Kopparlegering	89	10	-	-	SP	-	SP	SP

Förgyllningslagret utgörs av 73% guld med en kvicksilverförekomst motsvarande 2%. Vidare förekommer även arsenik, tenn och bly i form av spårämnen (Tabell 11; Figur 66).

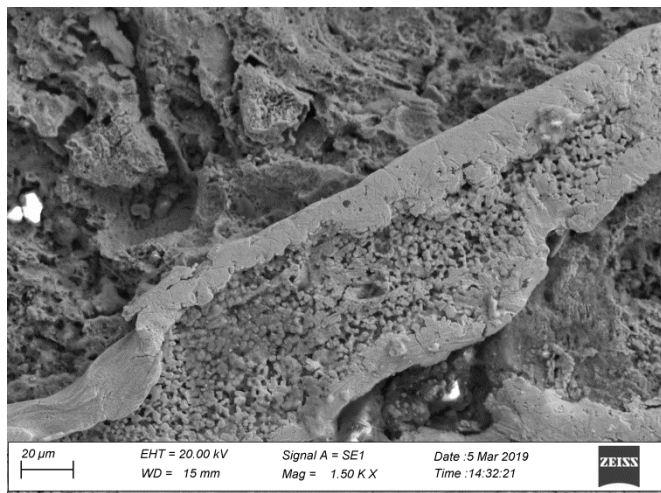
Kopparlegeringen utgörs av 89% koppar med en högre halt zink (10%). Vidare förekommer kvicksilver, tenn och bly i form av spårämnen (Tabell 11; Figur 67)



Figur 67. SEM-spektrum från provtagning på kopparlegeringen i F463:9C.

Förgyllningsytorna på F463:9C är i tämligen dåligt skick och underliggande kopparlegering är starkt korroderat (Figur 57). I ytor där förgyllningslagret till synes har fragmenterats förekommer i 1500 gångers förstoring en porositet vilken dock inte liknar den som förväntas

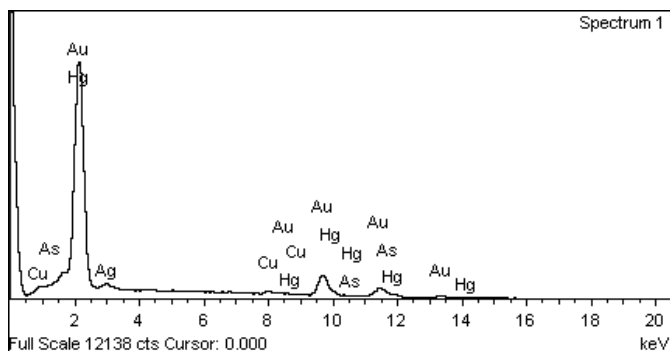
vid brännförgyllning eftersom att ytstrukturen är alldeles för kompakt (Figur 68)



Figur 68. SEM-bild i 1500 gångers förstoring på en porös yta i förgyllningslagret på F463:9C. Porositeten är alldeles för kompakt för att vara resultatet av brännförgyllning. Jfr med Figurerna 3-5 på sida 7.

10.11 SHM 5208:59- Likarmat spänne

På det likarmade spännet genomfördes 21 mätningar varav sex utgår på grund av otydliga resultat. Föremålet är i dåligt skick och den ytbehandling som föremålets yta har belagts med i samband med konservering kunde inte avlägsnas helt av antikvariska skäl. Därav kunde inga mätningar genomföras på föremålets kopparlegering.

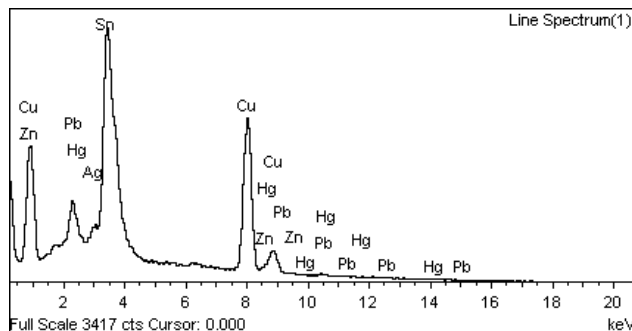


Figur 69. SEM-spektrum från provtagning på förgyllningsytan på F5208:59.

Tabell 11. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F5208:52

SHM 5208:59	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	11	SP	6	67	12	SP	SP	SP
Vitmetall	68	2	1	-	SP	SP	27	1

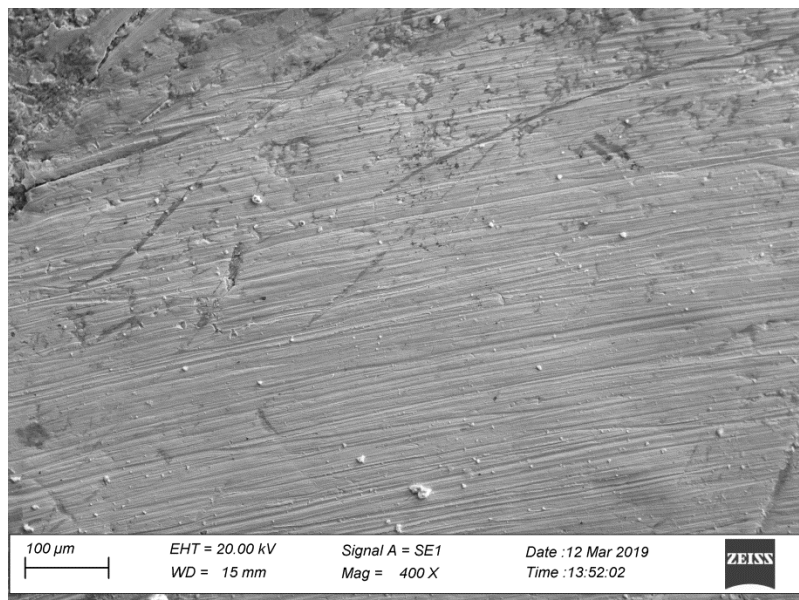
Nio mätningar genomfördes på föremålets förgyllda ytor och av dessa mätningar var det fem som gav resultat. Resultaten visar att förgyllningslagret visar att det består av 67% guld med en kvicksilverkoncentration motsvarande 12%. Vidare består förgyllningen av silver och koppar med zink, arsenik, tenn och bly enbart som spårämnen (Tabell 12;Figur 69)



Figur 70. SEM-spektrum från provtagning på den vitmetallbelagda ytan på F5208:59.

Vidare togs prover på den vitmetallbelagda yta som Stolpe föreslog består av silver. Av det totala antalet 11 mätningar på vitmetallen gav sex mätningar resultat. Den vitmetallbelagda ytan består primärt av koppar och innehåller en hög halt tenn. Vidare förekommer även zink, silver och bly. Kviksilver och arsenik uppträder i form av spårämnen (Tabell 12;Figur 70).

I det som finns bevarat av förgyllningen på F5208:52 går det inte att observera några mikromorfologiska strukturer vilka kan ge information om vilken förgyllningsteknik som har tillämpats. I ytan syns strieringar vilka troligen är resultatet av att föremålet har polerats vid konservering (Figur 71). På flertalet ställen går det även att observera korrosionsprodukter som från underliggande kopparlegering har kommit att angripa förgyllningslagret.



Figur 71. SEM-bild i 400 gångers förstoring på förgyllningsytan på det likarmade spännet F5208:59. Notera strieringarna i förgyllningen vilka troligen är resultat av avlägsnad korrosion vid konservering. I bildens övre vänstra hörn syns också en del av de korrosionsprodukter vilka har angripit förgyllningen.

10.12 SHM 34000: Bj 965- Silverhänge i orientalisk stil

På silverhänget F965 genomfördes totalt 35 mätningar varav 15 gav resultat. De 20 mätningar som utgår gör det till följd av otydliga resultat.

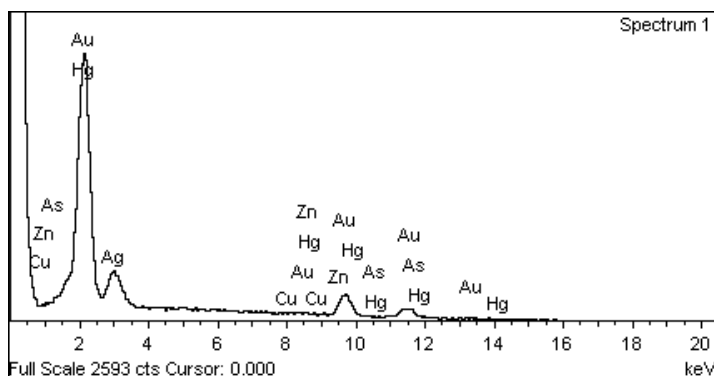
Av de 23 mätningar som gjordes på föremålets silverlegering kan åtta resultat tillgodogöras. Vidare genomfördes 12 mätningar på föremålets förgyllda ytor och av dessa gav sju mätningar tillförlitliga resultat.

Förgyllningslagret består till 61% av guld och kvicksilverförekomsten motsvarar 4%. Vidare innehåller förgyllningen inslag höga halter silver (31%) och en lägre koncentration av arsenik. Vidare förekommer koppar, zink, tenn och bly i form av spårämnen (Tabell 12. Figur 72).

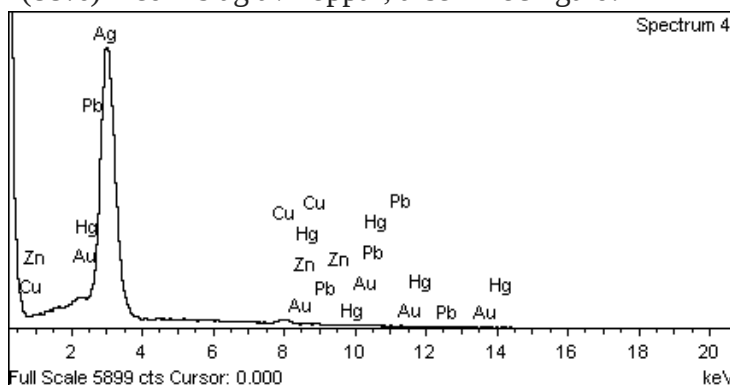
Tabell 12. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i F965

SHM 34000 Bj 965	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	SP	SP	31	61	4	3	SP	SP
Silveryta	4	SP	88	1	4	2	-	SP

Silverlegeringen består primärt av silver (88%) med inslag av koppar, arsenik och guld. Kviksilverhalten uppmäts till 3%. Vidare förekommer även zink och bly i form av spårämnen (Figur 73).

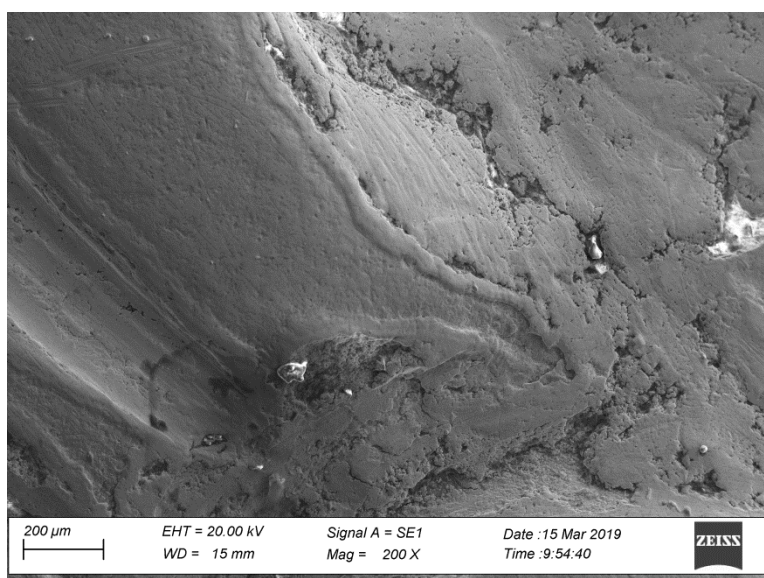


Figur 72. SEM-spektrum från provtagning på förgyllningsytan i ornamentiken på F965.



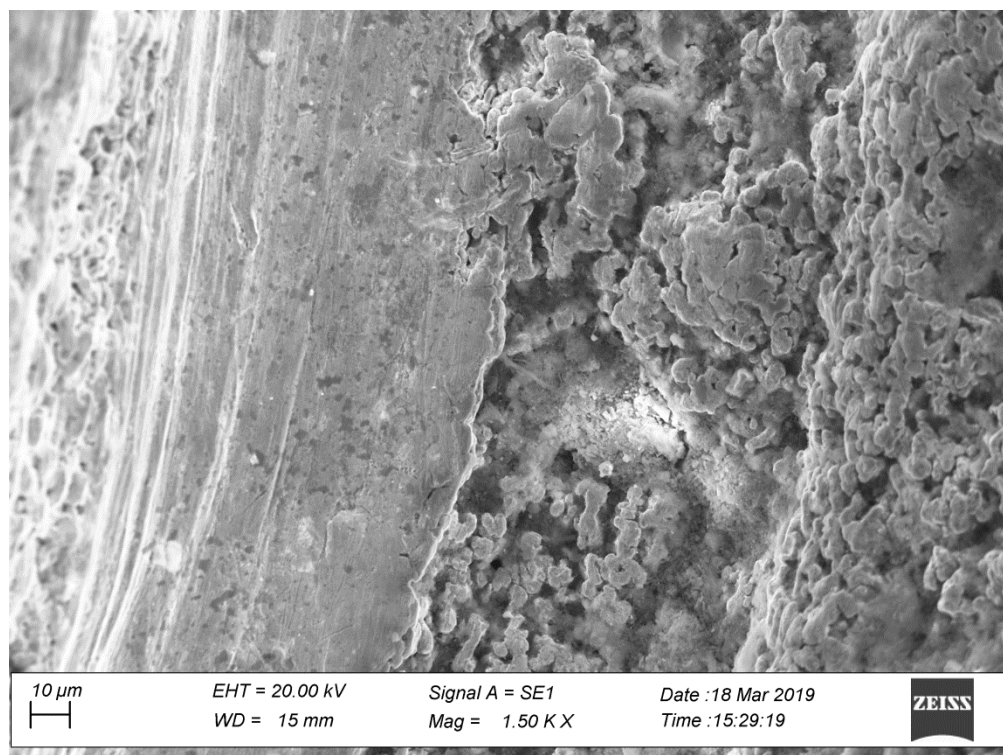
Figur 73. SEM-spektrum från provtagning på silverlegeringen i F965.

Förgyllningslagret kunde genom okulär observation fastställas vara begränsat till dekorens konkava ytor, något som ytterligare kom att bekräftas med SEM-EDS(Figur 78). Härvid tycks förgyllningen till viss mån ha runnit över kanten och upp på förhöjningarna i ornamentiken. Mätningar genomfördes i syfte att fastställa att så var fallet, vilket gjordes på även F543 med goda resultat, men vad beträffar F965 gav dessa mätningar inga resultat.



Figur 78 . SEM-bild på ornamentiken på F965 i 200 gångers förstoring. Förgyllningslagret har tillsyns spillt över dekorens kanter och upp på silverytorna. Jfr. Figurerna 57 & 58.

Porösa strukturer i förgyllningslagret, vilka möjligen är resultat av brännförgyllning, går att observera i dekorens djupaste områden, vilka är ytor som torde ha varit svåråtkomliga för smeden att polera (Figur 79).



Figur 79 . SEM-bild i 1500 gångers förstoring på förgyllningslagret vilket förekommer i ornamentiken på F6. Den yta som syns till vänster i bilden är polerad och den yta som syns till höger är opolerad. Den opolerade ytan förekommer i dekorens djupaste partier.

10.13 SHM 34000: Bj 968 - Treflikigt spänne med karolingisk dekor

På det treflikiga spännen F968 genomfördes totalt 9 mätningar varav samtliga gav tillförlitliga resultat.

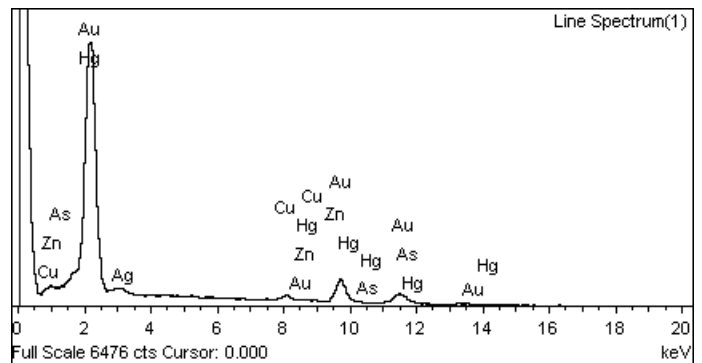
Två mätningar genomfördes på föremålets kopparlegering och sju mätningar på dess förgyllda ytor.

Resultaten visar att förgyllningsytan består av 69% guld med en kvicksilverhalt motsvarande 6%. Vidare förekommer uppmäts en förekomst av koppar, silver och arsenik.

Tenn i förekommer i form av spårämne

(Tabell 13;Figur 80). Föremålets kopparlegering utgörs av 98% koppar med inslag av zink.

Silver, guld, kvicksilver, tenn och bly förekommer i form av spårämnen (Figur 81).



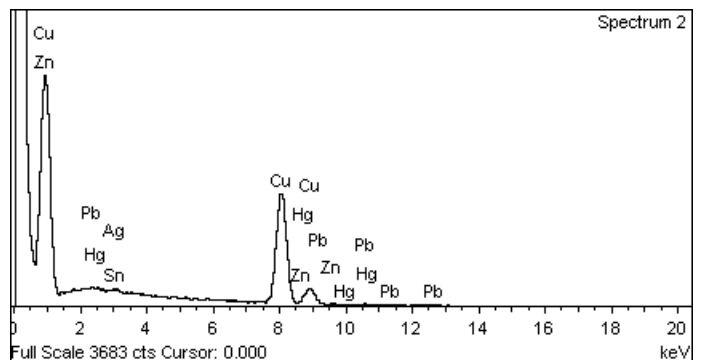
Figur 80. SEM-spektrum från provtagning på förgyllningsytan i på F968.

Tabell 13. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg,As ,Sn och Pb i F965

SHM 34000 Bj 968	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Förgyllningslager	13	1	5	69	6	4	SP	-
Kopparlegering	98	1	SP	SP	SP	-	SP	SP

Det går inte att observera någonting i ytstrukturen som kan ge några indikationer på vilken förgyllningsteknik som har tillämpats.

Av det som återstår av förgyllningen på föremålet är tillsynes alla ytor polerade.



Figur 81. SEM-spektrum från provtagning på kopparlegeringen i F865.

10.14 Resultat i relation till tidigare analyser

Fyra av föremålen har tidigare analyserats med SEM-EDS vid Arkeologiska forskningslaboratoriet. Dessa fyra föremål är beslaget med ring (F4934), de två remändsbeslagen i borrestil (F5200 och F5384) samt det bysantinska beslaget med gravering (F12177). Resultaten från analyserna genomförda år 2004 och 2006 innefattade, utöver de grundämnen som har valts ut i detta arbete, ca ytterligare 10 grundämnen. Värdena från vardera mätning genomförda år 2004 och 2006 har kalkylerats om och endast grundämnena guld, silver, koppar, bly, tenn, arsenik, zink och kvicksilver har valts. Därefter har ett medelvärde räknats ut, vilket är vad som anges i tabell 14 tillsammans med resultaten från mätningarna genomförda i denna studie (2019).

Tabell 13. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb i föremål analyserade 2004, 2006 och 2019

Föremål	Yta	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Garnisonen 4934									
År 2004	Förgyllning	12	-	SP	75	5	1	2	1
År 2004	Kopparlegering	85	-	1		2	3	6	4
2019	Förgyllning	14	SP	6	76	2	SP	SP	-
Garnisonen 5200									
År 2004	Kopparlegering	84	SP	SP	SP	2	4	3	3
År 2019	Kopparlegering	95	SP	-	-	2	SP	SP	3
Garnisonen 5384									
År 2004	Förgyllning	45	SP	4	50	1	SP	SP	SP
År 2004	Kopparlegering	92	SP	SP	-	-	SP	2	-
År 2019	Förgyllning	31	SP	4	65	-	-	-	-
År 2019	Kopparlegering	99	SP	-	-	-	-	1	-
Garnisonen 12177									
År 2006	Förgyllning	3	-	8	86	5	-	1	2
År 2006	Kopparlegering	97	2	1	-	SP	SP	SP	SP
År 2006	Silvernitar	12	1	89	-	SP	SP	SP	SP
År 2019	Förgyllning	4	SP	7	85	4	SP	SP	SP

Mätningarna på remändsbeslaget 5200 (år 2019) genomfördes på små provtytor vilket syftade till att påträffa förgyllningsytor. 2004 innefattade större provtytor vilka syftade till att fastställa föremålets kemiska sammansättning. Härvid blir en jämförelse av resultat missvisande eftersom att frågeställningar och provtagning skiljer sig avsevärt studierna emellan. Vad som kan konstateras av givna resultat är att remändsbeslaget ifråga inte är förgyllt.

På det bysantinska beslaget och beslaget försedd med ring genomfördes inga nya mätningar på kopparlegeringen eftersom att den data som finns angiven i tabell 12 redan fanns att tillgå. Bedömning gjordes att ytterligare mätningar ej behövde genomföras eftersom att fokus för denna studie är förgyllning och inte underliggande material. Likväl genomfördes inga nya mätningar på de silvernitar som pryder det bysantinska beslaget F12177. Vad beträffar kopparlegeringen på remändsbeslag 5384 samt förgyllningsytorna på samtliga föremål fattades beslut om att enbart genomföra kompletterande mätningar, det vill säga små ytor vilka till synes är helt skonade från korrosion. I vad som framgår av tabell 12 är att när jämförelser görs mellan data från tidigare mätningar och nya mätningar förefaller sig resultaten tämligen likartade. Den största differensen i ämneskoncentration råder inom

resultaten från de tre inhemska beslagen, vilket också är de tre som är i dåligt bevaringstillstånd och vars förgyllningsytor har angripits av kopparkorrosion.

Vad beträffar F5055, det bägarfragment som kom att analyseras år 2016, är analyserat med XRF av Emmelie Westerlind (2016). Dessa mätningar genererade data vilka inte är direkt jämförbara med de resultat som denna studie har genererat. Mätningarna genomförda med XRF har mätt in hela föremålets sammansättning, det vill säga att kopparlegering och förgyllningsyta inte har mätts in var för sig. Resultaten från XRF-analyserna därmed inte att publiceras här, däremot kommer Westerlinds tolkningar av föremålet att diskuteras i nästkommande kapitel *11 Diskussion*.

11. Diskussion

I följande kapitel kommer resultaten från analyserna genomförda med SEM-EDS att diskuteras, både gällande observationer av förgyllningsytornas mikromorfologi samt resultaten berörande föremålets kemiska sammansättning. Inledningsvis kommer en generell tolkning att framföras beträffande mikromorfologi och kemisk sammansättning i vilken samtliga grundämnen (Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och Pb) är inkluderade. Dessa medelvärden redovisas i tabell 14 på sida 51.

De två föremål som har visat sig sakna förgyllning kommer att diskuteras först (Remändsbeslag F5200 och Fragment 5918) varpå de föremål vilka är förgyllda kommer att diskuteras. I litteraturen har mikromorfologin hos bladguldsförgyllda föremål eftersökts men utan resultat. Vad beträffar foton tagna i SEM, vilka illustrerar opolerade förgyllningsytor, har enbart brännförgyllda föremål påträffats i det publicerade materialet. De två primära referenserna för tolkning av ytstrukturerna i förgyllningslagren är foton publicerade av Anheuser (1997) och Murakami (2000). Dessa ytstrukturer, vilka är synliga i 500 gånger förstoring, har påträffats i fyra av de föremål som har varit objekt för detta arbete; De två bysantinska kopparbeslagen (F12177 och F5247), det tungformiga silverhänget i orientalistisk stil (F965) och silverspännet med karolingisk ornamentik och nielloinläggningar (F543). Härvid kommer föremålen av östligt ursprung att redogöras för först då porösa ytstrukturer, vilka indikerar att dessa har brännförgyllts, var möjliga att observera i förgyllningsytorna hos samtliga tre föremål. Därefter redovisas föremålen av västligt ursprung då porösa ytstrukturer gick att observera i en av dem, nämligen silverspännet F543. Nästkommande grupp som kommer att diskuteras är den som benämns vara av okänt ursprung och slutligen diskuteras de inhemska föremålen.

Vad beträffar några av föremålen kom flera mätningar att utgå till följd av otydliga resultat. Vilka faktorer som kan ligga till grund för uteblivna mätdata kommer också att diskuteras i *11.2 Faktorer bakom uteblivna mätdata* då detta kan vara av relevans i det sista underkapitlet vilket berör förutsättningar och begränsningar vid studiet av förgyllning utan destruktiva ingrepp (*11.3 Förutsättningar och begränsningar med studiet av förgyllning utan destruktiva ingrepp och framtida forskning*).

11.1 Föremålens kemiska sammansättning och förgyllningslagrens mikromorfologi

I tabell 15 redovisas medelvärdena för samtliga resultat. Nya medelvärden har angetts för förgyllningen på remändsbeslaget med ring (F4934), remändsbeslaget i borrestil (F5384) och det bysantinska beslaget med gravering (F12177). Dessa nya medelvärden utgörs av resultaten från mätningar genomförda 2004, 2006 och 2019. Värdena för kopparlegeringarna i remändsbeslaget med ring (F4934), bägge remändsbeslagen i borrestil (F5384 & 5200) samt det bysantinska beslaget med gravering (F12177) är resultaten från tidigare mätningar som genomfördes år 2004 och år 2006. Likväl redovisas medelvärdet för ämneskoncentrationerna i silvernitarna som är monterade på det bysantinska beslaget (från Wojnar-Johansson 2004;2006a).

Inledningsvis kan det konstateras att två av föremålen, det vill säga remändsbeslag F5200 och fragmentet F5918, inte är förgyllda. Den matta och gyllene ytan på F5918 består en kopparlegering innehållande 60% tenn. Vidare utgörs den ljus granitgrå ytan på fragmentets baksida av samma grundämnen men i en annan koncentration. Zink, vilket förekommer som spårämne i både den gyllene- samt den granitgrå ytan, är en av de vanligaste metallerna i jordskorpan (Trotzig 2014:173) och närvaron av ämnet i F5918 kan vara föroreningar från den jord som föremålet påträffades i. Förekomsten av zink och tenn i samma kopparlegering kan också indikera att föremålet är återvunnen skrotmetall då dessa ämnen inte uppträder tillsammans i naturen. Det är emellertid svårt att fastställa vilken av förklaringarna som gör sig gällande beträffande zinkförekomsten i F5918 då koncentrationen är så låg. Troligen är zinkförekomsten i bägge ytor, likväl guldförekomsten i den granitgrå ytan, inte resultatet av medvetna handlingar.

Tabell 15. Förekomsten av Cu, Zn, Ag, Au, Hg, As, Sn och P. Samtliga föremål och ytor.

Föremål	Yta	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)
Garnisonen 4934									
	Förgyllning	13	SP	3	76	4	1	1	SP
	Flik	67	-	SP	30	1	SP	SP	SP
	Kopparlegering	85	-	1		2	3	6	4
Garnisonen 5055									
	Förgyllning	20	3	4	70	2	1	SP	SP
	Kopparlegering	95	1	-	1	-	2	1	-
Garnisonen 5384									
	Förgyllning	38	SP	4	58	2	SP	SP	SP
	Kopparlegering	96	SP	SP	-	-	SP	2	SP
Garnisonen 5200									
	Kopparlegering	90	SP	SP	SP	1	2	2	3
Garnisonen 5918									
	Gyllene sida	39	SP	-	-	-	-	60	-
	Vitmetallbelagd sida	72	SP	-	1	-	-	26	-
Garnisonen 12177									
	Förgyllning	5	SP	8	86	5	SP	Sp	1
	Förgyllning- Porös yta	8	SP	-	87	5	-	-	-
	Kopparlegering	97	2	1	-	SP	SP	SP	SP
	Silvernitar	12	1	89	-	SP	SP	SP	SP
Garnisonen 5247									
	Förgyllning	9	SP	7	78	5	1	-	-
	Flikar	57	SP	2	49	1	SP	-	1
	Kopparlegering	87	1	1	-	SP	-	-	SP
SHM 34000 Bj 596									
	Förgyllning	12	1	7	66	5	9	-	-
SHM 34000 Bj 543									
	Förgyllning	2	1	34	62	5	2	-	SP
	Silverlegering	5	2	87	-	1	3	SP	1
SHM 34000 463:9C									
	Förgyllning	17	2	5	73	2	SP	SP	SP
	Kopparlegering	89	10	-	-	SP	-	SP	SP
SHM 5208:59									
	Förgyllning	11	SP	6	67	12	SP	SP	SP
	Vitmetall	68	2	1	-	SP	SP	27	1
SHM 34000 Bj 965									
	Förgyllning	SP	SP	31	61	4	3	SP	SP
	Silverlegering	4	SP	88	1	4	2	-	SP
SHM 34000 Bj 968									
	Förgyllning	13	1	5	69	6	4	SP	-
	Kopparlegering	98	1	SP	SP	SP	-	SP	SP

Det andra föremålet vilket inte är förgyllt, remändsbeslag F5200, består av en hög kopparhalt (90%) och låga koncentrationer kvicksilver, bly, tenn och arsenik. Av dessa fyra sistnämnda ämnen är det enbart blykoncentrationen som överstiger 2%. Två av de fyra grundämnena som förekommer utöver koppar ingår i legeringarna brons (tenn) och arsenikbrons (arsenik). Det är inte utom allt rimligt tvivel att kopparlegeringen utgörs av andra föremål vilka har kommit att smältas ned och återanvändas som hantverksråmaterial.

Vad som är anmärkningsvärt beträffande 5200 är att kvicksilver förekommer i en koncentration motsvarande 2%. Detta torde inte vara en förorening från omkringliggande jord då den naturliga koncentrationen av kvicksilver i Mälardalen understiger 1 % av mårskiktet (Eriksson 2011:306. Figur 12.12 mg/kg kalkylerat till procent). Således vittnar den höga koncentrationen kvicksilver i föremålets yta om att det är tillsatt och det är möjligt att F5200

har varit förgyllt men att förgyllningslagret ej längre finns bevarat. Denna förklaring är emellertid alltför osäker och diskussionen rörande den höga kvicksilverförekomsten i F5200 lämnas därhän då en förklaring i nuläget ej finns att tillgå.

De omnämnda föremålen F5918 och F5200, vilka inte är förgyllda, kommer inte att diskuteras vidare.

Föremål av östligt ursprung

Denna grupp utgörs av silverhänget i orientalisk stil (F965) och de två kopparbeslagen av bysantinskt ursprung (F12177 och F5247). I samtliga föremåls förgyllningar förekommer en porositet i ytan vilken indikerar att dessa föremål har brännförgyllts, likväl kunde en kvicksilverförekomst vilken är för hög för att vara en förorening från omkringliggande jordar uppmätas i dessa tre.

Silverlegeringen i hänget (F965) består av mycket ren silver. Ädelmetallen silver förekommer i malmer vilka också innehåller blysvulfid, zink- och kopparmineral (Trotzig 2014:215) och de låga koncentrationerna av just koppar, zink och bly är troligen föroreningar från malmen ur vilken silvret är utvunnet. Vidare förekommer även en koncentration av kvicksilver i silverytan på föremålet, något som är förväntat om föremålet har brännförgyllts.

Förgyllningslagret i silverspännet innehåller en tredjedel silver, den höga silverhalten i förgyllningen är även synlig okulärt då förgyllningen har en tämligen blek färg. Huruvida föremålet har förgyllts med en elektrum-legering eller om den höga silverhalten i förgyllningslagret är till följd av legering vid upphettning under brännförgyllning förfaller sig osäkert. En låg koncentration av arsenik förekommer likaså, vilket kan vara en förorening i guld det då det råder en korrelation mellan förekomsten av arsenikpyrit och förekomsten av guld i naturen (Henke 2009:92). Förekomsten av arsenik skulle även kunna vara en förorening med omkringliggande jord, vilket har föreslagits beträffande samma koncentration av arsenik i F5200. Koppar förekommer i form av spårämne i förgyllningen, vilket är väntat då koppar förekommer naturligt i guld i en koncentration motsvarande 0,1-5%. Den kvicksilverhalt som uppmäts motsvarar 4%, vilket är mycket lägre än vad som förväntas i färsk brännförgyllning vari koncentrationen förväntas motsvara 8-25%. Däremot är porösa ytstrukturer närvarande i ornamentikens djupaste delar, vilka är ytor som bör ha varit svåråtkomliga för smeden att polera. Om kvicksilverförekomsten och de porösa ytstrukturerna tas i gemensam beaktning torde det förefalla sig som så att F965 är brännförgyllt.

Vad beträffar de två bysantinska fågelbeslagen (F5247 och F12177) kan fastställas att de bägge utgörs av kopparplåtar med en mycket hög kopparhalt. Andra grundämnen vilka förekommer i dessa legeringar, så som zink, silver, bly och tenn utgörs av så låga koncentrationer att de troligen härrör från föroreningar i kopparmalmerna. Ytterligare gemensamt för bägge föremål är att förgyllningen närvarande på dem utgörs av mycket rena guldlegeringar. Silverförekomsten i bägge föremåls förgyllningar innehåller en något högre halt silver än vad som förväntas vara en naturlig förorening i guld, likväl är kopparhalten något högre än vad som förväntas vara ett naturligt inslag. Möjligen är kopparhalten, vilken överstiger 0,1-5% i bägge förgyllningsytor, ett resultat av att guld det har legerat sig med den underliggande kopparen under brännförgyllning. Anheuser (1997) menar att högre koncentrationer av koppar i ett brännförgyllt föremål bestående av en kopparlegering kan förväntas i ett brännförgyllt föremål.

I det ena föremålet, F5247, genomfördes mätningar på undersidan av två olika flikar i förgyllningslagret. Dessa har räknats samman till ett medelvärde i tabell 14 med skäl av att de kan anses vara samma yta. Härvid framgår det, att om jämfört med resultat från

förgyllningens yta, att kopparhalten är mycket hög. Troligen är denna ökning i koppar- och minskning i guldkoncentration resultatet av den bindning som sker mellan förgyllningslagret och underliggande material vid brännförgyllning. I 500 gångers förstoring var det möjligt att i bägge föremål observera flera ytor i vilka porösa ytstrukturer förekommer, något som ytterligare bekräftar att bägge föremål är brännförgyllda. Kvicksilverkoncentrationerna, vilka motsvarar 5% i bägge föremål, torde likaså vara en restprodukt från brännförgyllningsprocessen.

Föremål av västligt ursprung

I gruppen föremål vilka är av västligt ursprung räknas silverspännet med karolingisk dekor och nielloinläggningar (F543) och det treflikiga spännet med karolingisk dekor (F968).

Silverspännet utgörs av lika rent silver som det tungformiga orientaliska spänne som tidigare har diskuterats. De låga koncentrationerna av koppar, zink, arsenik och bly torde vara föroreningar från omkringliggande jord eller från den malm ur vilken silvret har utvunnits. Den kvicksilverkoncentration som uppmäts i silverlegeringen, motsvarande 1%, är möjligen en förorening från brännförgyllningsprocessen.

Förgyllningen utgörs av en hög guldhalt med inslag av koppar och arsenik vilka kan vara naturliga föroreningar i guldmetall. Vidare förekommer bly i form av spårämne i förgyllningslagret, vilket möjligen härrör från det silver som guldmetall är legerat med. Silverkoncentrationen är nämligen hög och utgör en tredjedel av den totala sammansättningen av guldlegeringen. Återigen är det svårt att fastställa huruvida föremålet har förgyllts med elektrisk eller om den höga silverhalten är resultat av att guldmetall har legerats med underliggande silvermaterial under brännförgyllningen. Vidare förekommer porösa ytstrukturer i ornamentikens djupaste ytor där det rimligen var svårt för smeden att komma åt för att polera. Kvicksilverkoncentrationen i förgyllningen motsvarar 5%, precis som i de två bysantinska kopparbeslagen av östligt ursprung.

Slutligen kan konstateras att de observationer som genomfördes med okulär inspektion av Hjalmar Stolpe under 1800-talets slut kunde bekräftas när provtagning togs på de svarta dekorinslag som pryder F543. Den höga halten svavel, vilken motsvarar en tredjedel av den totala kemiska sammansättningen, indikerar tillsammans med silverförekomsten att de svarta ytorna är nielloinläggningar. Förgyllningen torde ha genomförts först då denna utsmyckning torde ha innefattat att hela föremålets framsida hettades upp. Niellot hade smält om förgyllningsprocessen hade genomförts efter att nielloinläggningarna gjordes.

Kopparlegeringen i det treflikiga spännet (F968) består av en hög halt koppar med låga koncentrationer av grundämnena zink, silver, guld, kvicksilver, tenn och bly. Förekomsten av både zink och tenn indikerar att, tillsammans med de låga koncentrationerna av många grundämnen, att föremålets kopparlegering utgörs av återvunnen skrotmetall. Förgyllningen utgörs av 69% guld, vilket är en lägre koncentration än vad som har påträffats i de föremål som tidigare har omnämnts. Koppar förekommer således i en koncentration vilken är högre än vad som kan förväntas vara en naturlig förorening. Möjligen har koppar tillsatts i guldlegeringen i syfte att framställa ett rödare guld.

Koncentrationen av kvicksilver i förgyllningen på F968 är emellertid hög och motsvarar 6%, vilket är en koncentration som är högre än kvicksilverkoncentrationerna i de föremål vilka redan har fastställts, med största sannolikhet, brännförgyllda. Däremot är det inte möjligt

att observera några porösa ytstrukturer i föremålets förgyllningsyta vilka ytterligare skulle bekräfta att föremålet ifråga är brännförgyllt.

Föremål av okänt ursprung

Gruppen av föremål vilka i dagsläget saknar känd härkomst är ett bägarfragment (F5055), ett likarmat spänne (F5208:59) och ett möjligt dryckeshornsbeslag (F596).

Emmelie Westerlind (2016:22) menar att bägarfragmentet (F5055) består av återvunnen skrotmetall då zink och tenn förekommer i dess kopparlegering. Vidare menar hon att kvicksilverförekomsten, vilket i mätningarna från 2016 motsvarar spårämnesnivå, är restprodukten från brännförgyllning (Ibid:18). Förekomsten av tenn och zink i fragmentets kopparlegering uppmättes även med SEM-EDS med koncentrationer motsvarande enbart 1% respektive och torde inte vara resultatet av medvetna handlingar. Westerlinds tes står således oemotsagd, föremålet är troligen bestående av återvunnen skrotmetall.

Vad beträffar kvicksilverförekomsten i fragmentets förgyllda ytor kan det härvid konstateras att koncentrationen av kvicksilver motsvarar 2%. Denna koncentration är låg sett till kvicksilverförekomsterna i de bysantinska beslagen, de två föremålen i silver samt det treflikiga spännet i med karolingisk ornamentik. Vidare är det inte heller möjligt att observera några mikromorfologiska ytstrukturer vilka indikerar att föremålet är brännförgyllt. Sammantaget finns det inga starka indikationer på att F5055 är brännförgyllt, inte heller går det att observera några överlappningar i förgyllningsytan vilka skulle indikera bladguldsförgyllning och dikussionen rörande vilken förgyllningsteknik som har tillämpats på F5055 lämnas därhän.

Inga mätningar på kopparlegeringen som utgör det likarmade spännet F5208:59 gick att genomföra och därmed går dess sammansättning ej heller att diskutera. Förgyllningslagret utgörs av höga halter guld och silver, varvid silvret troligen är tillfört. Vidare förekommer koppar motsvarande 11% i förgyllningsytan vilket kan vara ett resultat av att guldet har legerat sig med underliggande kopparlegering vid upphettning. Den högsta koncentrationen kvicksilver uppmättes nämligen i detta föremål i en koncentration motsvarande 12%. Trots att det inte går att observera några porösa ytstrukturer i dess förgyllningslager torde kvicksilverförekomsten inte kunna förklaras på något annat vis än att föremålet har brännförgyllts.

Vidare genomfördes även mätningar på den vitmetallbelagda yta som dekorerar föremålets upphöjda ytor i vilka en tennkoncentration motsvarande 27% förekommer. Att belägga ett föremål med tenn för att sedan polera det i syfte att efterlikna silver förekommer redan under romersk tid men kom att bli alltmer vanligt under yngre järnålder. Skandinaviska fynd daterade till vikingatid vittnar om att denna teknik, vilken benämns som förtenning, var mycket populär under denna tidsperiod (Trotzig 2014:172). Tekniken har även tillämpats på orientaliska beslag som har påträffats i Birkas garnison (Wojnar Johansson 2006b:86f). Resultaten visar att det likarmade spännet inte enbart har brännförgyllts, det har även förtennats.

Det sista föremålet vars ursprung är okänt är F596, ett möjligt dryckeshornsbeslag påträffat i Birkas garnison. Förgyllningen på F596 består enbart av 66% guld med en hög förekomst av både koppar och arsenik. Arsenikförekomsten är antingen en naturlig förorening i guldet eller en produkt från underliggande kopparlegering, om då kopparlegeringen utgörs av en arsenikbrons. Vilken av dessa förklaringar som gör sig rådande står obesvarat då inga resultat från de 15 mätningar som genomfördes på föremålets kopparlegering finns att tillgå.

Föremålet är starkt korroderat och dess guldlegering har också kommit att utstå påfrestningar vid konservering, bägge faktorer försvårar studiet av förgyllningsytans mikromorfologi och inga porösa ytstrukturer går att observera i förgyllningen på F596. Kvicksilverförekomsten motsvarar dock 5%, vilket ett liknande värde som har uppmätts i tidigare omnämnda föremål vilka med stor sannolikhet är brännförgyllda. Vilken förgyllningsteknik som har tillämpats vid förgyllning av F596 förefaller sig osäkert.

Föremål av inhemskt ursprung

Tre föremål vilka samtliga är i borrestil utgör den grupp som benämns som inhemska föremål. Dessa tre är det treflikiga spännet (F463:9C), remändsbeslag I (F5384) och remändsbeslaget med ring (F4934).

I remändsbeslaget med ring (F4934) förekommer flikar i förgyllningslagret varav en genomfördes mätningar på. Resultaten liknar dem resultat som mätningar på motsvarande yta i det bysantinska beslaget med punsteknik genererade (F5247). Kopparkoncentrationen är allt högre och guldkoncentrationen lägre i förgyllningslagrets undersida än i dess yta. Vidare motsvarar kvicksilverförekomsten i förgyllningsytan även 4%, vilket är samma koncentration som uppmättes i förgyllningen på det orientaliska silverhänget (F965). Det går emellertid inte att observera några porösa ytstrukturer i förgyllningslagret på F5247, den enda ytan vilken var avvikande i mikromorfologi är troligen kopparkorrosion vilket har angripit förgyllningsytan.

Beslagets kopparlegering utgörs av primärt koppar och zink med lägre koncentrationer av bly, arsenik, tenn och silver. Inledningsvis kan det konstateras att förekomsten av så många grundämnen, vilka samtliga utom silver tillsätts koppar för att göra legeringen enklare att gjuta, indikerar att föremålets kopparlegering består av återvunnen skrotmetall. Koncentrationerna av tenn och bly, vilka tillsammans motsvarar 10%, i kopparlegeringen talar emot att det är brännförgyllt eftersom att en legering vilken innehåller tenn eller bly motsvarande 10% eller mer inte lämpar sig för brännförgyllning. Det finns emellertid ett fåtal exempel på brännförgyllda föremål från förhistoriska Kina vilka innehåller blyhalter vilka överskrider 10% (Oddy 2000 m.anf.litt).

Vad beträffar remändsbeslag I (F5384) och det treflikiga spännet (F463:9C) förekommer kvicksilver motsvarande 2% i förgyllningsytorna på bägge föremål. Detta utgör de lägsta uppmätta kvicksilverkoncentrationerna sett till samtliga föremål analyserade i denna studie. Förgyllningsytorna innehåller en högre halt koppar, vilket kan vara en medveten legering i syfte att manipulera guldets färg. Vidare innehåller bägge förgyllningar silver- och arsenikkoncentrationer vilka torde vara naturliga inslag i guldmetall. Information som särskiljer föremålen anmärkningsvärt från varandra återfinns emellertid i kopparlegeringarna. Remändsbeslaget (F5384) utgörs av en kopparlegering vilken består av en hög halt koppar och med låga koncentrationer av zink, silver, arsenik, tenn och bly. Samtliga ämnen, utom silver, används för att göra kopparlegeringar enklare att smälta. Detta indikerar, tillsammans med förekomsten av både zink och tenn i kopparlegeringen, att kopparlegeringen i F5384 utgörs av återvunnen skrotmetall. Kopparlegeringen i F463:9C å andra sidan utgörs av en hög kopparhalt och 10% zink, alltså mässing.

Beträffande vilken förgyllningsteknik som har tillämpats på de två sistnämnda föremålen förefaller sig osäkert. Kvicksilverförekomsten motsvarar endast 2%, vilket är mycket lågt, och skulle likväl kunna vara restprodukterna från guldextraktion med kvicksilver. Ej heller är det möjligt att observera mikromorfologiska strukturer vilka kan ge ytterligare information gällande vilken förgyllningsteknik som har tillämpats.

Analysresultaten visar emellertid att två av föremålen tycks bestå av kopparlegeringar vilka möjligen utgörs av återvunnen skrotmetall och ett föremål består av mässing. Detta går i linje med resultaten från studien genomförd Nord och Tronner (2015) gällande avsaknaden av brons i det vikingatida kopparlegeringsmaterialet.

Tolkning

Eftersom att referensmaterialet är icke-existerande gällande mikromorfologin i bladguldsförgyllningar har tolkningsprocessen kommit att innefatta mycket fokus på brännförgyllning. Porösa ystrukturer vilka med största sannolikhet är spåren efter evaporerat kvicksilver ur guldlegeringen i samband med brännförgyllning förekommer i förgyllningen på fyra föremål; Bysantinskt beslag med gravering (F12177) bysantinskt beslag med punsdekoration (F5247), silverhänge i orientalisk stil (F965) och silverspännet med karolingisk dekoration och nielloinläggningar (F543). Kvicksilverkoncentrationen i dessa föremål uppmäts till 4-5%, vilket är lägre än den koncentration som förekommer i färskt brännförgyllda föremål, vari koncentrationen varierar av kvicksilver i färsk brännförgyllning torde variera mellan 8% och 25%. Vidare visar mätningarna på undersidan av en flik i förgyllningslagret på en av de bysantinska beslagen (F5247) att underliggande material, i detta fall koppar, har medföljt förgyllningslagret i samband med att förgyllningen har börjat lossna. Detta är en indikation på att förgyllningen har legerats med underliggande material, något som sker vid tillämpningen av brännförgyllning. Ytterligare ett föremål vilket med stor sannolikhet har brännförgyllts är det likarmade spännet (F5208:59) i vilket kvicksilverkoncentrationen motsvarar 12%, en förekomst vilken inte kan förklaras på något annat vis än att föremålet är brännförgyllt.

Vad gäller tillämpad förgyllningsteknik på resterande sex föremål är allt mer osäkert. Tre av dessa sex är möjligen brännförgyllda om sett till de kvicksilverkoncentrationer som uppmättes i förgyllningsytorna på dem. Kvicksilverförekomsten i det treflikigaspännet med karolingisk dekoration (F968) motsvarar 6%, vilket är en högre kvicksilverförekomst än den uppmätt i förgyllningsytorna på de föremål som med stor sannolikhet har brännförgyllts. Liknande slutsatser kan dras från de resultat som kan erhållas från förgyllningsytan på det möjliga dryckeshornsbelsaget (F596) i vilket kvicksilverförekomsten uppmäts till 5%.

Indikationer på att brännförgyllning har tillämpats på det inhemska remändsbeslaget med ring (F4934) finns emellertid också. I föremålets förgyllningsyta uppmäts kvicksilverförekomsten till 4% och vidare visar mätningarna genomförda på undersidan av en flik i förgyllningen att förgyllningslagret har fusionerats med underliggande kopparlegering. Resultaten från undersidan av fliken i F4934 visar likartade resultat som dem som kan erhållas från ett av de brännförgyllda bysantinska beslagen (F5247), det vill säga att kopparhalten är allt högre på flikarnas undersida än i förgyllningens yta.

Kvicksilverkoncentration vilken är lägre än 4% uppmäts i tre föremål, nämligen bägarfragmentet (F5055), det inhemska treflikiga spännet (F463:9C) och remändsbeslag I (F5384). I dessa tre föremål motsvarar kvicksilverhalten 2%, vilket likväl kan vara en restprodukt från guldextraktion med kvicksilver. Hur dessa tre föremål har förgyllts lämnas därhän men det kan emellertid fastställas att det inte finns några indikationer på att dessa är brännförgyllda.

Avslutningsvis bör omnämnas att resultaten presenterade i detta arbete också visar på att brännförgyllning förekommer i en kombination med flertalet andra dekorativa metalltekniker så som förtening, niello, punsning och gravering.

11.2 Faktorer bakom uteblivna mätdata

Mätningar vilka kom att utgå på grund av icke-tillförlitliga resultat gjorde det av olika skäl. Gemensamt för samtliga mätningar vilka utgår är att dessa gav mycket svaga resultat, något som visar sig i de SEM-spektrum som genereras med varje provtagning.

De uteblivna resultaten från mätningar genomförda på de bysantinska beslagen beror på tekniska problem. Laborationsarbetet avbröts och tekniker tillkallades innan arbetet fortsatte och mätningar kunde generera tillförlitliga resultat. Flest tillförlitliga resultat från förgyllningsytor, sett till det totala antalet genomförda mätningar, genererade de bysantinska beslagen, bägarfragmentet och de inhemska remändsbeslagen. Föremål vilka genererade många mätningar med svaga resultat vid provtagning av förgyllningsytor var de två treflikiga spännena och de två silverföremålen, i dessa förekommer förgyllningssyterna primärt i föremålsornamentik. På de bysantinska beslagen finns förgyllningsytor bevarade inte enbart i ornamentiken utan även på omkringliggande ytor, vilka också var primära objekt för provtagning. Likväl skedde provtagning på plana ytor på bägarfragmentet då detta helt saknar ornamentik och ornamentiken på de inhemska remändsbeslagen är tämligen grunda. Möjligen påverkar avståndet och vinkeln för provtagning på djupt belägna ytor resultaten i negativ bemärkelse.

Föremåls bevaringsgrad är ytterligare en faktor vilken spelar in rörande uteblivna resultat, framförallt vad det gäller bevaringen av förgyllningen. De fyra föremål i vilka porösa ytstruktur kunde observeras är de bysantinska beslagen och de två silverföremålen. Förgyllningarna på dessa föremål kunde redan vid okulär besiktning konstateras vara välbevarade. Förgyllningssytans bevaringsgrad påverkas även av underliggande material och dess resistens mot korrosion. Silver korrorderar inte och därmed är förgyllningssyterna på silverföremålen gott skick, härvid är det även möjligt att observera att förgyllningen har spillt över kanterna på dekoren. Koppar är tämligen motståndskraftigt mot korrosion så till vida att den inte är legerad med andra metaller (Wojnar-Johansson 2006b:88 m.anf.litt). Ett av skälen till att de bysantinska beslagen har bevarats så väl kan vara på grund av att de är gjorda av nästan ren koppar och därigenom har även förgyllningen bevarats väl på dessa föremål om jämfört med de föremål i kopparlegering vilka består av en större koncentration av andra grundämnen.

Vidare innefattar ytbehandling, så som lack eller lim, störningar i störningar i mätningarna. Beträffande de treflikiga spännena, det möjliga dryckeshornsbeslaget och de två silverföremålen behövde ytbehandling avlägsnas med aceton två till tre gånger innan mätningar med tillförlitliga resultat kunde genereras. Det likarmade spännet och det möjliga dryckeshornsbeslaget är bågiga i mycket dåligt bevaringstillstånd. Förgyllningssyterna på dessa två föremål uppvisar strieringar vilka torde vara resultatet av avlägsnad korrosion med borste under konservering, något som begränsar möjligheten att studera mikromorfologin i förgyllningen. Beslut fattades också om att avlägsna så lite ytbehandling som möjligt från det likarmade spännet av antikvariska skäl då detta föremål är mycket skört. Därmed uteblev mätningar på föremålets kopparlegering eftersom att provtagning ej var möjlig att genomföra.

Starkt korroderade kopparlegeringar, så som den vilken det möjliga dryckeshornsbeslaget utgörs av, genererade också svaga resultat.

11.3 Förutsättningar och begränsningar med studiet av förgyllning utan destruktiva ingrepp och framtida forskning

Vid brännförgyllning kommer förgyllningen att tränga in i underliggande materials porer, något som enkelt går att observera på föremål ur tvärsnitt men som inte är möjligt vid enbart ytanalys. Att en fusion mellan förgyllning och underliggande material har ägt rum endast studeras om det finns en flik i förgyllningen tillgänglig, med förgyllningslagrets undersida exponerat, som provtagning kan genomföras på. Härvid kan det vara möjligt att notera att grundämneskoncentrationerna skiljer sig mellan ytan och undersidan av förgyllningslagret, vilket indikerar att en förgyllningsteknik vilken innefattar upphettning har ägt rum. Vidare kan brännförgyllning identifieras genom observationer av förgyllningsytornas mikromorfologi i vilka en porös ystruktur uppträder. Detta förutsätter att förgyllningen är välbevarad, mer specifikt att en opolerad yta av förgyllningen finns bevarad.

En praktik, vilken hittills inte har berörts, och som blir ytterst svår studera utan destruktiva ingrepp är praktiken omförgyllning. Studier har visat att omförgyllning av föremål har förekommit under förhistorisk tid (Leoni 1979; Oddy 2000:11ff). Härvid har flera förgyllningslager, vilka är placerade ovanpå varandra, kunnat observeras ur tvärsnitt. Omförgyllning skulle möjligen kunna vara möjlig att observera att ett förgyllningslager framträder under ett annat trasigt förgyllningslager men inget sådant har kunnat observeras i de 13 föremål som har analyserats under detta arbete.

Analyser av förgyllningars grundämneskoncentration kan agera som ytterligare komplement vid identifieringen av brännförgyllning. Härvid förefaller det sig emellertid inte säkert vad minimumprocent för kvicksilverkoncentrationen i brännförgyllning torde uppmätas till. Forskningen är i behov av kompletterande studier vilka studerar bevaringsförutsättningar för kvicksilver i förgyllningsytor på brännförgyllda föremål. Faktorer vilka påverkar den hastighet i vilken kvicksilver avdunstar från marken är okänd, hur kvicksilver i en brännförgylld yta påverkas över tid är än mindre känt. De föremål vilka redan har kommit att sågas i tvärsnitt, bland annat av Oldeberg under 60-talet, skulle kunna omanalyseras i ändamål att komplettera forskningen rörande kvicksilverkoncentrationer i brännförgyllda föremål. Om tvärsnittsanalyser, elementanalyser och mikromorfologiska analyser genomförs kombinerat på föremål vilka redan är sågade i tvärsnitt kan möjligen kunskapen gällande identifiering av förgyllningstekniker utan destruktiva ingrepp att utökas. Vad som är av primärt intresse är att fastställa vilken halt av kvicksilver som förekommer i brännförgyllda föremål och hur, om alls, kvicksilverkoncentrationen i förgyllningsytor påverkas över tid. År 2017 kom Nickolas Pappas Adlerburg att genomföra experimentella försök genom vilka korrosion av inkuberat järn studerades. Möjligen skulle det vara möjligt att genomföra en studie av effekten på förgyllningsytor sett till pH-värde, temperatur och luftfuktighet genom tillämpningen av likartade försök och därigenom fastställa hur förgyllningsytor åldras.

Ytterligare en begränsning vilken gör sig rådande, framförallt i relation till inhemsk skandinavisk förgyllning, berör den kemiska sammansättningen hos det föremål som har förgyllts. Inhemska föremål bestående av kopparlegering har visats bestå av mässing eller kopparlegeringar vilka troligen utgörs av återvunnen skrotmetall. Därigenom försvagas

kopparens motståndskraft för korrosion vilket också kommer att få en negativ effekt på förgyllningslagret och dess bevaringsgrad. Därmed är förutsättningarna för att studera inhemsk vikingatida förgyllning, genom analyser på exempelvis förgyllda ovala spännbucklor och andra dräktspännen i kopparlegering som i hög utsträckning har förgyllts, än mer begränsade än vad gör sig gällande importerade föremål i renare koppar eller i silver.

Vad som emellertid går att fastställa är att ingen annan analysteknik lämpar sig bättre för ändamålet att studera förgyllning utan destruktiva ingrepp än SEM-EDS. Studiet av förgyllningen innefattar två olika delar varav den ena är elementanalys och den andra är mikromorfologi, varav bägge delar går att studera simultant med SEM-EDS.

Forskningen rörande förgyllningspraktiker, och då i huvudsak brännförgyllning, kan komma att kompletteras genom att keramikmaterialet insamlat från smedjorna i Birka studeras ytterligare en gång. Möjligen förekommer skärvor av kvicksilverbomber i materialet påträffat i Birka eller i någon annan vikingatida centralbyggd. Förslagsvis bör även jordprover insamlas vid arkeologiska undersökningar av smedjor eftersom att kvicksilver är flyktigt så kan det ha förvarats i smedjan och därefter förflyttat sig från sin ursprungliga behållare och möjligen efterlämnat spår i jorden. Det är alltså möjligt att spåren efter förgyllningspraktiker går att eftersöka och påträffa i annat material än enbart förgyllda föremål.

12. Sammanfattning

Syftet med denna uppsats var att öka förståelsen för ädelmetallhantverket under vikingatid med förgyllningstekniker som primärt fokus. Uppsatsens sekundära syfte var att fastställa till vilken mån det är möjligt att studera förgyllningstekniker genom analys av förgyllda föremål med SEM-EDS utan att tillämpa destruktiva ingrepp. Därigenom kom 13 föremål av olika ursprung vilka har upphittats inom olika områden av vad som har utgjort den vikingatida staden Birka på ön Björkö i Mälaren att analyseras. Föremålen har påträffats i gravkontexter, som lösfynd från stadsområdet Svarta jorden och i Birkas garnison.

Internationell forskning har visat att spåren efter tillämpad förgyllningsteknik återfinns både i förgyllningsytors mikromorfologi samt i dess kemiska sammansättningar. Vid brännförgyllning får förgyllningsytan en porös ytstruktur vilken är synlig i SEM-EDS vid 500 gångers förstoring. Likväl bör brännförgyllda ytor innehålla spår efter kvicksilver då underliggande koppar- eller silverlegeringar tar allvarlig skada vid temperaturer vilka krävs för att kvicksilvret ska evaporera fullständigt ur guldlegeringen under brännförgyllningsprocessen. Föremål som har varit objekt för denna studie kom därmed att analyseras med SEM-EDS. Primärt fokus för analys var föremålens förgyllda ytor men mätningar genomfördes även på föremålens silver- och kopparlegeringar i syfte att studera hur underliggande material påverkar bevaringsgraden förgyllningslager. Vidare genomfördes provtagningar på nielloinläggningar i ett silverspänne och en vitmetallbelagd yta på ett likarmat spänne. Resultaten vittnar således om att förgyllning har tillämpats tillsammans med andra dekorativa metalltekniker så som förtening, niello, punsning och graving.

De 13 föremålen som analyserades under detta arbete kom även att delas in i fyra grupper utifrån deras geografiska ursprung; Föremål av östligt ursprung, föremål av västligt ursprung, föremål av okänt ursprung och föremål av inhemskt ursprung. Resultaten visar att samtliga av de föremål som har importerats från öst är brännförgyllda, likväl har ett föremål som är importerat från väst och ett föremål av okänt ursprung kommit att brännförgyllas. I fyra av dessa fem föremål är det möjligt att observera en porös ytstruktur som är karakteristisk för

brännförgyllda förgyllningsytor. Analyserna av föremålens kemiska sammansättning tycks visa att kvicksilverkoncentrationen i brännförgyllda föremål kan motsvara en så låg halt som 4%. Moderna experiment har visat att färskas brännförgyllningar innehåller en kvicksilverkoncentration motsvarande 8%-25%, en allt högre koncentration än den som kunde uppmätas i omnämnda föremål.

Det femte, föremålet i vilket porösa ytstrukturer från brännförgyllningen ej är synbara, kan konstateras vara brännförgyllt då kvicksilverkoncentrationen i förgyllningsslagret motsvarar 13%. Detta är en halt som är så hög att den inte torde vara en restprodukt från bruket av kvicksilver vid guldextraktion, vilket var vanligt vid guldextraktion från förhistorisk tid och är även vanligt nu i modern tid.

Av de resterande sex föremålen är det tre vars förgyllningsytor innehåller kvicksilverkoncentration motsvarande, eller som överstiger, 4%. Ett av föremålen är av inhemsk produktion och de andra två är importerade. I dessa tre går det inte att observera några mikromorfologiska strukturer vilka ger indikation på vilken förgyllningsteknik som har tillämpats vid förgyllningsprocessen. Det är möjligt att dessa föremål är brännförgyllda men eftersom att det i dagsläget inte är känt vad minimumprocenten för uppmätt kvicksilverkoncentration i brännförgyllda arkeologiska föremål kan förväntas motsvara så är det ej heller möjligt att fastställa vilken förgyllningsteknik som har tillämpats vid förgyllningen av dessa tre föremål. Vad beträffar de tre sista föremålen går det inte att observera varken en porös ytstruktur vilken är typisk för brännförgyllda förgyllningsytor. Vidare motsvarar kvicksilverkoncentrationen i dessa tre, varav två föremål är av inhemsk produktion och det tredje av okänt ursprung, endast 2%. Huruvida denna kvicksilverförekomst i förgyllningsytorna är en restprodukt från tillämpningen av kvicksilver vid guldextraktion eller om det är restprodukten från brännförgyllning lämnas därhän.

Det går att konstatera att brännförgyllda föremål har importerats från både östligt och västligt håll till Birka under vikingatid. Vad beträffar utbredningen av denna förgyllningsteknik inom Skandinavien förfaller sig ännu osäkert. Fyra av de 13 föremålen som denna uppsats behandlar är av inhemsk produktion, ett av dessa fyra är inte förgyllt. I två av de tre föremålen finns varken porösa ytsukturer i förgyllningens mikromorfologi och ej heller en kvicksilverhalt motsvarande 4% eller högre. Det tredje föremålet kan vara brännförgyllt sett till att det tycks ha skett en diffusion mellan förgyllningsslagret och den underliggande kopparlegeringen, något som är en vanlig förekomst på brännförgyllda föremål. Vidare motsvarar kvicksilverkoncentrationen i detta föremåls förgyllda yta 4%, vilket är en halt hög nog för att indikera att brännförgyllning är den metod som har tillämpats på föremålet. Fler analyser på inhemska föremål bör genomföras i syfte att fastställa hur vanligt förekommande brännförgyllning var i Skandinavien under vikingatid.

Uppsatsens sekundära syfte var att fastställa vilka förutsättningar och begränsningar som tillkommer vid studiet av förgyllningstekniker utan att tillämpa destruktiva ingrepp på föremålen. Detta arbete har visat att begränsningar tillkommer vid icke-destruktiva analyser men det har även identifierat nya forskningsluckor vilka kan utveckla metodiken i framtiden. Det förefaller sig att forskningen som rör åldrandet av förgyllningsytor är i behov av utökning, bland annat vad beträffar hur kvicksilverkoncentrationen i förgyllda ytor påverkas av faktorer så som fukt, temperatur och pH i omkringliggande jordar över tid. Likväl behöver referensmaterialet för mikromorfologi i förgyllningsytor utökas, primärt bladguldsförgyllning och guldplätering, då det enbart är bilder på brännförgyllningsytor som går att återfinna i litteraturen.

Resultaten av denna studie tycks även visa att den underliggande legeringen är avgörande vad gäller förutsättningarna för att studera förgyllningstekniker. Gemensamt för fyra av de fem föremål som med säkerhet kan konstateras är brännförgyllda är att de är välbevarade, något som tycks korrelera med den kemiska sammansättningen i underliggande material då dessa utgörs av tämligen rena koppar- och silverlegeringar. Inhemska kopparlegeringsföremål utgörs av mässing eller legeringar bestående av återvunnen skrotmetall, något som försämrar kopparens resistens mot korrosion. Om underliggande material är benäget att ansamla korrosionsprodukter så försämras även förutsättningarna för att förgyllningen ska förbli välbevarad. Därigenom kan det fastställas att studiet av inhemsk skandinavisk förgyllning begränsas av rådande vikingatida praxis vid framställningen av kopparlegeringar som sedan förgylldes.

För att ytterligare utöka forskningen rörande förgyllningstekniker och handel med råvaror avsedda för metallhantverk finns det skäl till att revidera forskningen rörande importerad keramik. Förekomsten av keramikkräslor avsedda för att transportera kvicksilver har påträffats i den vikingatida staden Hedeby och det är inte otroligt att fragment av liknande karaktär går att återfinna på andra vikingatida centralplatser där hantverk med guld har ägt rum. I dagsläget tycks det inte finnas några skärvor från kvicksilverbomber registrerade i Birkamaterialet.

Vidare kan det även finnas skäl till att insamla jordprover från smedjor och analysera dess kvicksilverinnehåll då kvicksilver är flyktigt i sin natur och kan ha förflyttats en bit från smedjan.

Möjligen finns det alltså ytterligare, och ännu oupptäckta, källor som vittnar om vikingatida förgyllningstekniker.

Referenser

- Ambrosiani, B. 2013. *Stratigraphy. Vol. 1, Part one: the site and the shore, part two: the bronze caster's workshop*. Stockholm: The Birka Project, Riksantikvarieämbetet
- Ambrosiani, B. 2016. *Hantverk och handel i Birka*. Stockholm: Paniba
- Anheuser, K. 1997. The Practice and Characterization of Historic Fire Gilding Techniques. *JOM* . Volym 49 (11), Sidorna 58-62.
- Appel, P. Na-Oy, L. 2012. The Borax Method of Gold Extraction for Small-Scale Miners. *Journal of Health and Pollution*. Volym 2. Nummer 3. Sidorna 5-10.
- Arbman, H (red.) 1943. *Birka: Untersuchungen und Studien. 1, Die Gräber : Text*. Stockholm: Vitterhets-, historie- och antikvitetsakad.
- Arbman, H (red.) 1943. *Birka: Untersuchungen und Studien. 1, Die Gräber : Tafeln*. Stockholm: Vitterhets-, historie- och antikvitetsakad.
- Bergström, L. 2013. *Hus och hantverk. Arkeologisk undersökning av de övre terrasserna i Birkas Garnison. Raä 173, Björkö, Adelsö sn, Uppland 2001-2004*. Arkeologiska forskningslaboratoriet. Stockholms universitet.
- Corregidor, V. Barradas, N.P. Alves, L. Reis. M. Ribeiro, J.A 2011. Characterization of Mercury Gilding Art Objects by External Proton Beam. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms* 269(24) Sidorna 3049-3053.
- Dandridge, P. 2000. A study of the Gilding of Silver in Byzantium. . *Gilded Metals, History, Technology and Conservation*. Red: Drayman-Weisser. T. London. Archetype Publications. Sidorna 123-144.
- Ellenberger, B. Plinius (1997). *Om bildkonsten: Naturalis historia XXXIII-XXXVII*. Jonsered: Åström
- Englund, M. Grandin, L. Hjärthner-Holdar. Ogenhall, E. Stilborg, O. 2017. *Metallhantverket – arkeometallurgiska analyser Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala Rapport 2017:1_11* Arkeologisk undersökning Uppsala län; Uppland; Uppsala kommun; Uppsala socken; Gamla Uppsala 20:1, 21:13, 21:27 m.fl.; Uppsala 134:4, 240:1, 284:2, 586:1, 597:1, 603:1, 604:1, 605:1 och 606:1. Arkeologerna, Staten historiska Museer.
- Englund, M. Hjärthner-Holdar, E. Holback, T. Ogenhall, E. Grandin, L. Stilborg, O. Lindahl, A. Pettersson, P. Willim, A. 2011. Gjutning och smide på Skeke under bronsålder och folkvandringstid Arkeometallurgiska analyser av metall, slagg och teknisk keramik samt rekonstruktion av ett folkvandringstida gjuteri Väg 288 Uppland, Rasbo socken, Skeke 2:4, 1:3, fornlämning 669. Red Eva Hjärthner-Holdar. Riksantikvarieämbetet
- Eriksson, J. 2011. *Marklära*. 1a upplagan. Lund: Studentlitteratur
- Graham-Campbell, J. 2013. *Viking Art*. Thames & Hudson Ltd. London
- Grandin, L. 2011. *Gjuteriavfall från vendel- och vikingatid: analyser av fragmenterade föremål, smältor och droppar : Uppland, Rasbo socken, Lejsta 7:1, fornlämning 630:1: geoarkeologisk undersökning*. Uppsala.
- Gräslund, Anne-Sofie (1980). *Birka: Untersuchungen und Studien. 4, The burial customs : a study of the graves on Björkö*. Diss. Uppsala : Univ., 1981
- Gustafsson, N.B. 2013. *Casting Identities in Central Seclusion aspects of non-ferrous metalworking and society on Gotland in the Early Medieval Period*. Diss. (sammanfattning) Stockholm : Stockholms universitet, 2013
- Gänsicke, S. Newman, R. 2000. Gilded Silver from Ancient Nubia. *Gilded Metals, History, Technology and Conservation*. Red: Drayman-Weisser. T. London. Archetype Publications. Sidorna 73-96.

Hallgren, A. 2011. *Arkeologiska undersökningar utefter en ny VA-ledning på Kärrbolandet - bland annat av en gårdslämning med vendeltida bronsgjuteriverksamhet Irsta och Kärrbo socknar Västerås kommun Västmanlands län*. Stiftelsen Kulturmiljövård.

Hassan, A.Y. Hill, D.1986.. *Islamic technology: an illustrated history*. Cambridge: Cambridge Univ. Press
Hawthorne, J. Smith, C.S. 1979. *Theophilus: On Divers Arts*. Andra upplagan. New York. Dover.

Hedenstierna-Jonson, C. 2006. Borre style metalwork in the material culture of the Birka warriors. An apotropaic symbol *Fornvännen*. Sidorna 312-322 .

Henke, Kevin R (2009). *Arsenic: Environmental Chemistry, Health Threats Waste Treatment..* Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd.
Hogmark, S., Jacobson, S. & Kassman-Rudolphi, Å. 1998. *Svepelektronmikroskopi i praktik och teori*. Ångströmlaboratoriet, Uppsala universitet. Uppsala.

Holmquist Olausson, L. 2007. Curious Birds-two Helmet (?) Mounts with a Christian Motif from Birka's Garrison. *Cultural interaction between east and west: archaeology, artefacts and human contacts in northern Europe*. Red. Fransson, U Stockholm: Stockholm University.

Holmquist, L. 2016- Birka's Defence Works and Harbour – linking one recently ended and one newly begun Research Projekt. *New Aspects on Viking-Age Urbanism c.Ad 750-1100*. Red. Holmquist L, Kalmring, S & Hedenstierna-Jonsson, C. Arkeologiska forskningslaboratoriet. Stockholms universitet
Holmquist, L. 2016- Birka's Defence Works and Harbour – linking one recently ended and one newly begun Research Projekt. *New Aspects on Viking-Age Urbanism c.Ad 750-1100*. Red. Holmquist L, Kalmring, S & Hedenstierna-Jonsson, C. Arkeologiska forskningslaboratoriet. Stockholms universitet

Hyenstrand, E.1992. Early discoveries in the Black Earth. *Early investigations and future plans*. Red. Ambrosiani, B & Clarke, H. Stockholm: Birka Project, Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Hägg, I. 1974. *Kvinnodräkten i Birka: livplaggens rekonstruktion på grundval av det arkeologiska materialet = Die Frauentracht in Birka: eine Rekonstruktion der Körperkleidungsstücke auf Grund der archäologischen Funde*. Uppsala.

Johansson, M. 1992. Transcripts of Stolpe's reports to Kungl Vetenskapsakademien 1871-77. *Investigations in the black earth Vol 1. Early investigations and future plans*. Red. Ambrosiani, B & Clarke, H. Stockholm: Birka Project, Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Lambert, J. B. 1998[1997]. *Traces of the past: unraveling the secrets of archaeology through chemistry*. Reading, Massachusetts

Lechtman, H. 2011. Ancient bronze technology and nomadic communities of the Middle Gobi Desert, Mongolia. *Journal of archaeological science*. Volym 38. Nummer 4. Sidorna 477-515

Leoni, M. 1979. Metallographic investigations of the horses of San Marco. *The Horses of San Marco*. Red. Wilton-Ely, J & Wilton-Ely, V. Royal Academy. London. Sidorna 191-199.

Lins, A. 2000. Gilding Techniques of the Renaissance and After- *Gilded Metals, History, Technology and Conservation*. Red: Drayman-Weisser. T. London. Archetype Publications. Sidorna 241- 266

Mactaggart, Peter (2002[1984]). *Practical gilding*. London: Archetype

Mania, J. 2014. *SEM/EDS-analyser av föremål påträffade i Birka- En jämförande studie*. Masteruppsats i laborativ arkeologi. Stockholms universitet

- Murakami, R. 2000. Archaeological Gilded Metal Excavated in Japan *Gilded Metals, History, Technology and Conservation*. Red: Drayman-Weisser. T. London. Archetype Publications. Sidorna 157- 168
- Nord, A. G. & Tronner, K. 2015. Människan och metallerna. *Populär arkeologi*. 2015(32):4. Laholm. S. 14-15.
- Nordström, H.Å. 1986. De äldsta metallkulturena. *Forntida teknik: brons och koppar* (red.). Johansson, T Frösön.
- Oddy, A. La Niece, S. Stratford, N. 1986. *Romanesque Metalwork: Copper Alloys and their Decoration*. London: British Museum
- Oddy, A. 2000. A History of Gilding with Particular Reference to Statuary. *Gilded Metals, History, Technology and Conservation*. Red: Drayman-Weisser. T. London. Archetype Publications. Sidorna 1-20.
- Oldeberg, A. 1966. *Metallteknik under vikingatid och medeltid*. Stockholm: Seelig
- Pappas Adlerburg, N. 2017. *To Make Iron of Iron. A Comprehensive Analytical Study of Spade Shaped Iron Bars* Masteruppsats i laborativ arkeologi. Stockholms universitet.
- Pollard, M. Heron, C. 2008. *Archaeological Chemistry*. Andra upplagan Cambridge: Royal Society of Chemistry
- Scott, D. 1983. The deterioration of gold alloys and some aspects on conservation. *Studies in Conservation* 28: 194-203
- Scott, D. 2000. A Review of Gilding Techniques in Ancient South America. . *Gilded Metals, History, Technology and Conservation*. Red: Drayman-Weisser. T. London. Archetype Publications. Sidorna 203-222.
- Selwyn, L. 2000. Corrosion Chemistry of Gilded Silver and Copper. *Gilded Metals - History, Technology and Conservation*. Red.
- Drayman-Weisser, T. London: Archetype Publications
- Steuer, H & Goldenberg, G. 2002. Der Wechsel von der Münzgeld- zur Gewichtsgeldwirtschaft in Haithabu um 900 und die Herkunft des Münzsilbers im 9. Und 10. Jahrhundert. I: Brandt, K, Müller-Wille, M & Radtke, C (red.) *Haithabu und die frühe Stadtentwicklung im nördliche Europa. Schriften des archäologischen Landesmuseums*. Band 8. Neumünster. Sidorna. 159-162
- Sörling, E. 2018. *Fynden från "Svarta jorden" på Björkö: från Hjalmar Stolpes undersökningar. Katalog*. Uppsala: Hjalmar Stolpe-samfundet i samarbete med Institutionen för arkeologi och antik historia vid Uppsala universitet
- Westerlind, E. 2016. *Spännbucklor och att smycka sig i bara mässingen*. Kandidatuppsats i laborativ arkeologi. Stockholms universitet.
- Wojnar-Johansson, M. 2004. *Analysrapport av metallbeslag från Birkas Garnison*. Arkeologiska forskningslaboratoriet, Stockholms universitet. Stockholm.
- Wojnar-Johansson, M. 2006a. *SEM analys av beslag från Birkas garnison*. Opublicerad rapport. Arkeologiska forskningslaboratoriet, Stockholms universitet. Stockholm.
- Wojnar-Johansson, M. 2006b. Metal Analysis of the mounts from Birka's Garrison. *The Oriental Mounts from Birka's Garrison. An expression of warrior rank and status*. Red. Hedenstierna-Jonson, C & Holmquist Olausson, L. Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akademien. Stockholm. Sidorna 86-91
- Zachrisson, T. 1992. Silver and Gold Hoards from the Black Earth. *Investigations in the black earth Vol 1. Early investigations and future plans*. Red. Ambrosiani, B & Clarke, H. Stockholm: Birka Project,

Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Otryckta källor

Nationalencyklopedin, förgyllning. <http://www.ne.se.ezp.sub.su.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/förgyllning> (hämtad 2019-05-29)

SHM, Webb-GIS.
<https://historiska.se/birka/digitala-resurser/webb-gis/> (Hämtad 2019-05-29)

Figurer

Omslagsbild. SEM-bild på kanten av en förgyllningsyta påträffat i F12177. Bild redigerad av Amanda Patriksdotter.

Figur 1. Fotografi från besök hos S:t Eriks Silversmedja. Fotograf: Amanda Patriksdotter.

Figur 2. Fotografi från besök hos Stockholms

Förgyllning och Bildhuggeri. Fotograf: Amanda Patriksdotter.

Figur 6. Karta över Sverige och Björkö framställd av Jon Lundin. Geodatan är hämtad från Lantmäteriet.

Figur 7. Spridningskarta över de fynd som utgör uppsatsens material. Framställd av Jon Lundin enligt angivelser i Arbman 1943:195;168; 389f;395f; Holmqvist Olausson, L & Kitzler Åhfeldt 2002:35;37;42;137;139ff;155 ; Holmquist Olausson 2007:231; Sörling 2018:59 & SHM Webb-GIS.

Figureerna 8-28, 30,34-5 & 37.

Fyndfotografier och mikroskopbilder av de förgyllda föremålen. Fotograf: Amanda Patriksdotter.

Tabeller och diagram 1-15 av Amanda Patriksdotter.

Bilaga 1
- Tabeller. Kemisk sammansättning

Fynd	Prov	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)	Yta	Status/Kommentar
Garnisonen 4934	1	14,89	0,40	5,40	77,51	0,82	0,99	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 4934	2	7,46	0,00	6,51	84,03	2,00	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 4934	3	13,53	0,00	5,33	80,46	0,32	0,37	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 4934	4	13,76	0,00	6,34	75,43	3,50	0,00	0,98	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 4934	5	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Avbruten mätning
Garnisonen 4934	6	21,81	0,00	5,36	68,31	3,18	0,00	1,35	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 4934	7	64,68	0,00	0,34	32,44	1,66	0,00	0,00	0,78	Undersidan av en flak på förgyllningslaget	
Garnisonen 4934	8	-	-	-	-	-	-	-	-	Kopparlegering	Ej tillförlitlig mätning
Garnisonen 4934	9	70,22	0,00	0,42	27,10	1,17	0,68	0,41	0,00	Undersidan av en flak på förgyllningslaget	
Garnisonen 5055	10	78,47	3,27	0,00	3,29	0,00	10,18	0,48	4,30	Kopparlegering	
Garnisonen 5055	11	30,74	5,27	0,00	60,84	1,11	1,05	0,00	0,99	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	12	17,49	2,61	4,98	72,08	1,54	0,82	0,47	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	13	23,94	1,98	4,45	68,37	1,26	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	14	34,19	1,97	0,00	18,05	0,00	0,00	45,79	0,00	Oldentifierad yta vilken ser ut att höra samman med förgyllningen	
Garnisonen 5055	15	96,52	1,79	0,00	0,64	0,00	0,00	1,05	0,00	Kopparlegering	
Garnisonen 5055	16	97,25	1,08	0,00	0,95	0,00	0,00	0,71	0,00	Kopparlegering	
Garnisonen 5055	17	99,37	0,00	0,00	0,39	0,00	0,23	0,00	0,00	Kopparlegering	
Garnisonen 5055	18	-	-	-	-	-	-	-	-	Droppe under förgyllningslaget, troligen ytbehandling	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5055	19	98,12	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	Kopparlegering.	
Garnisonen 5055	20	98,50	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	Kopparlegering.	
Garnisonen 5055	21	-	-	-	-	-	-	-	-	Ytbehandling. Lack	Utgår.
Garnisonen 5055	22	17,61	2,40	6,15	69,88	1,76	0,98	1,22	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	23	16,00	1,90	6,16	73,05	1,82	0,87	0,21	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	24	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Avbruten mätning
Garnisonen 5055	25	17,79	1,80	0,00	68,26	3,89	0,83	1,58	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	26	22,24	2,65	2,75	68,85	1,44	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	27	14,45	1,23	0,71	38,72	0,00	0,00	44,90	0,00	Korrosion ovanpå förgyllningsyta.	
Garnisonen 5055	28	18,21	0,54	0,00	31,03	0,00	0,00	50,23	0,00	Korrosion ovanpå förgyllningsyta.	
Garnisonen 5055	29	17,78	2,22	0,00	74,89	1,61	1,19	0,49	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5055	30	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5384	31	31,85	0,55	4,01	63,59	0,00	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5384	32	33,70	0,04	4,05	62,22	0,00	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5384	33	28,20	0,00	3,72	68,08	0,00	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5384	34	98,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28	0,00	Kopparlegering	
Garnisonen 5200	35	-	-	-	-	-	-	-	-	Ytbeläggning	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	36	96,31	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	0,59	0,00	Kopparlegering	
Garnisonen 5200	37	-	-	-	-	-	-	-	-	Ytbeläggning	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	38	-	-	-	-	-	-	-	-	Ytbeläggning	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	39	-	-	-	-	-	-	-	-	Mörkfärgning i kopparlegering	
Garnisonen 5200	40	94,05	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,66	Kopparlegering	
Garnisonen 5200	41	95,87	0,84	0,00	0,00	0,17	1,82	0,48	0,83	Mörkfärgning i kopparlegering	
Garnisonen 5200	42	98,24	-	-	-	0,00	1,52	0,24	0,00	Mörkfärgning i kopparlegering	
Garnisonen 5200	43	-	-	-	-	-	-	-	-	Mörkfärgning i kopparlegering	
Garnisonen 5200	44	97,92	0,00	0,00	0,00	0,60	0,46	0,28	0,74	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	45	98,57	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,78	Kopparlegering	

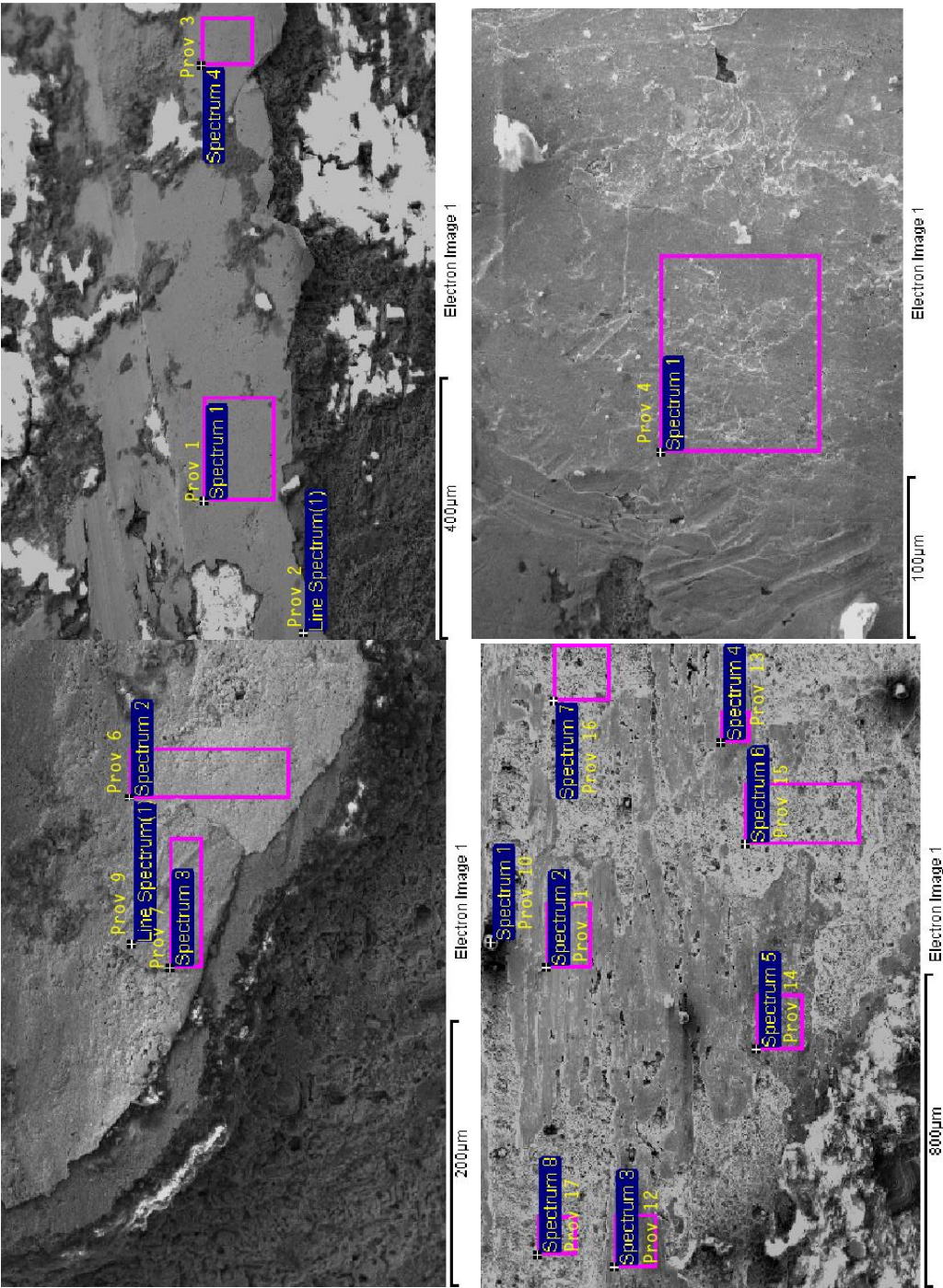
Fynd	Prov	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)	Yta	Status/Kommentar
Garnisonen 5200	46	96,55	0,00	0,00	0,00	1,24	0,41	0,30	1,50	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	47	-	-	-	-	-	-	-	-	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	48	-	-	-	-	-	-	-	-	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	49	94,83	0,00	0,00	0,00	2,56	0,00	0,00	2,61	Kopparlegering	
Garnisonen 5200	50	98,99	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,41	Kopparlegering	
Garnisonen 5200	51	94,99	0,00	0,00	0,00	2,46	0,00	0,00	2,55	Kopparlegering	
Garnisonen 5200	52	-	-	-	-	-	-	-	-	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	53	79,70	0,00	0,00	0,00	9,75	0,38	0,00	10,17	Kopparlegering	
Garnisonen 5200	54	-	-	-	-	-	-	-	-	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	55	-	-	-	-	-	-	-	-	Mörkfärgning i kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	56	-	-	-	-	-	-	-	-	Mörkfärgning i kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	57	-	-	-	-	-	-	-	-	Mörkfärgning i kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5200	58	-	-	-	-	-	-	-	-	Mörkfärgning i kopparlegering	
Garnisonen 5918	59	39,63	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	59,95	0,00	Den gyllene och matta sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	60	39,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	60,80	0,00	Den gyllene och matta sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	61	39,04	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	60,41	0,00	Den gyllene och matta sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	62	39,46	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	60,42	0,00	Den gyllene och matta sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	63	-	-	-	-	-	-	-	-	Den gyllene och matta sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	64	73,22	0,49	0,00	0,31	0,00	0,00	25,98	0,00	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	65	-	-	-	-	-	-	-	-	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	66	-	-	-	-	-	-	-	-	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	67	68,02	1,19	0,00	3,20	0,00	0,00	27,59	0,00	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5918	68	-	-	-	-	-	-	-	-	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	69	27,11	0,24	0,00	2,04	0,00	0,00	70,61	0,00	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet. Ljusare parti	
Garnisonen 5918	70	74,33	0,26	0,00	0,16	0,00	0,00	25,25	0,00	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	71	-	-	-	-	-	-	-	-	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	72	30,25	0,13	0,00	1,96	0,00	0,00	67,66	0,00	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5918	73	71,21	0,47	0,00	2,24	0,00	0,00	26,08	0,00	Den vitmetallbelagda sidan av fragmentet	
Garnisonen 5247	74	4,49	0,65	6,75	82,46	5,65	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5247	75	7,85	0,97	0,00	85,50	5,68	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5247	76	9,70	0,76	6,85	75,53	4,65	2,50	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5247	77	3,57	-	8,65	82,70	3,45	1,63	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5247	78	98,00	1,39	0,61	-	-	-	-	-	Kopparlegering	
Garnisonen 5247	79	-	-	-	-	-	-	-	-	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5247	80	-	-	-	-	-	-	-	-	Kopparlegering	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5247	81	5,77	0,00	6,87	80,95	4,18	2,23	0,00	0,00	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
Garnisonen 5247	82	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5247	83	65,09	0,00	1,32	32,78	0,13	0,61	0,00	0,00	Undersidan på en flik av förgyllningslagret	
Garnisonen 5247	84	60,93	0,23	2,29	35,02	1,54	0,00	0,00	0,07	Undersidan på en flik av förgyllningslagret	
Garnisonen 5247	85	-	-	-	-	-	-	-	-	Undersidan på en flik av förgyllningslagret	Utgår. Avbruten mätning
Garnisonen 5247	86	23,21	0,72	7,43	62,36	6,19	0,09	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5247	87	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Avbruten mätning
Garnisonen 5247	88	63,57	0,00	3,24	31,06	1,54	0,59	0,00	0,00	Undersidan på en flik av förgyllningslagret	
Garnisonen 12177	89	3,44	0,50	3,07	86,85	6,14	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 12177	90	1,35	0,52	6,26	89,44	2,07	0,08	0,19	0,10	Förgyllningsyta	
Garnisonen 12177	91	3,37	0,64	3,77	86,84	4,74	0,63	0,00	0,00	Förgyllningsyta	

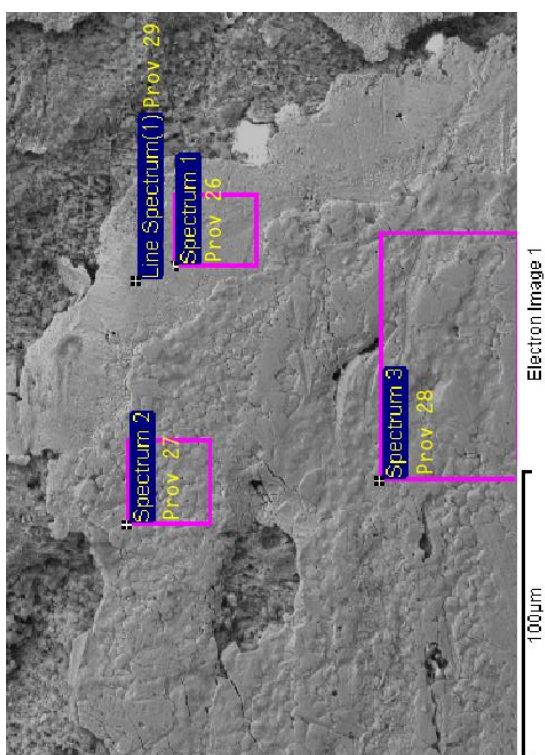
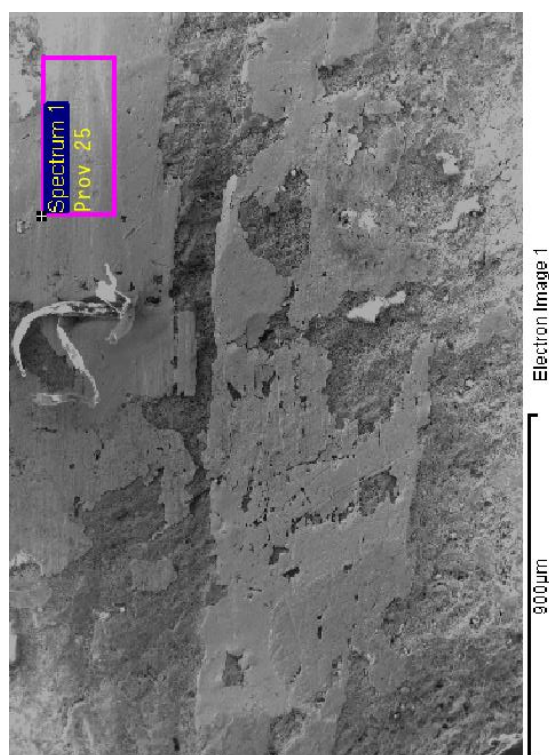
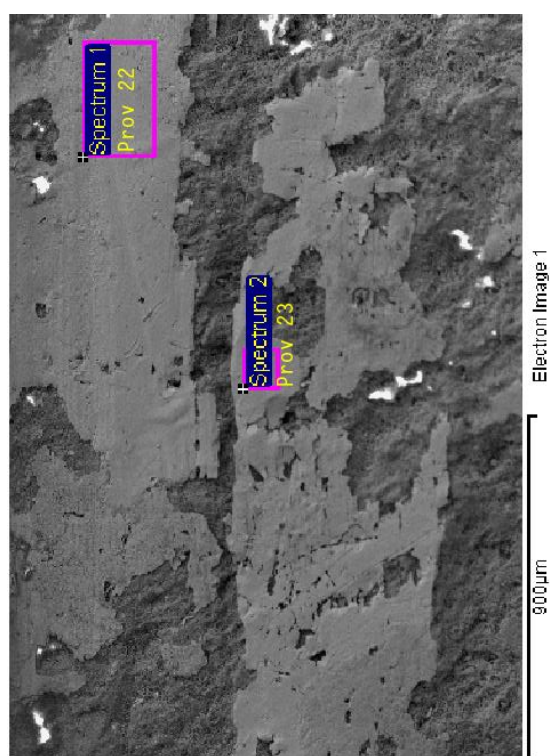
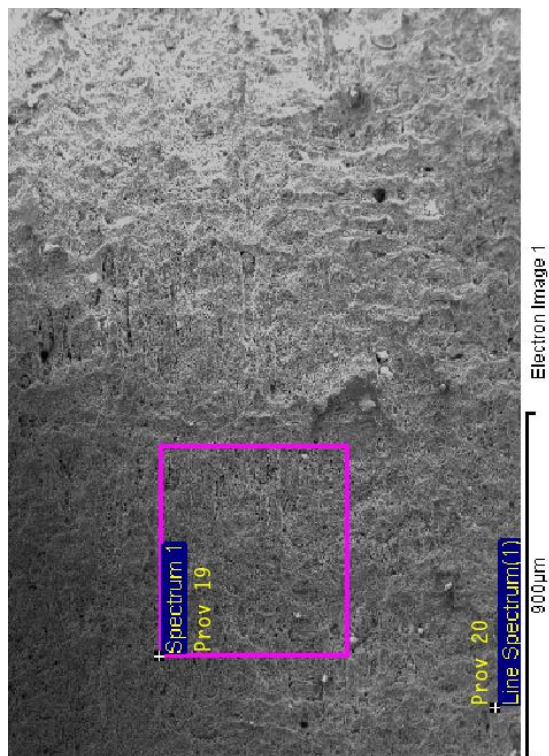
Fynd	Prov	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)	Yta	Status/kommentar
SHM 5208.59	184	67,67	1,33	0,45	0,00	0,32	0,00	29,33	0,89	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	185	60,62	2,58	1,07	0,00	1,26	0,00	32,41	2,07	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	186	-	-	-	-	-	-	-	-	Vitmetallbelagd yta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 5208.59	187	71,01	2,09	0,14	0,00	0,02	0,70	24,91	0,37	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	188	72,00	2,23	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	189	5,55	0,00	6,51	75,92	10,44	1,58	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 5208.59	190	5,77	1,20	7,77	78,40	6,78	0,00	0,08	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 5208.59	191	47,37	1,81	1,24	0,05	0,00	0,70	42,27	3,30	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	192	70,63	2,08	0,62	0,00	0,00	0,00	26,33	0,33	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	193	62,59	1,97	5,75	0,00	1,61	0,00	24,10	3,99	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	194	-	-	-	-	-	-	-	-	Vitmetallbelagd yta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 5208.59	195	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 5208.59	196	8,93	0,68	9,53	71,52	7,72	0,36	1,16	0,09	Förgyllningsyta	
SHM 5208.59	197	9,05	0,34	11,67	60,53	16,47	0,51	1,02	0,42	Förgyllningsyta	
SHM 5208.59	198	25,30	1,17	5,87	52,22	12,92	0,00	0,00	2,52	Förgyllningsyta	
SHM 5208.59	199	68,21	2,76	1,12	0,00	0,00	0,97	25,92	0,98	Vitmetallbelagd yta	
SHM 5208.59	200	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 5208.59	201	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	202	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	203	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	204	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	205	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	206	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	207	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	208	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	209	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	210	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	211	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	212	4,32	0,00	93,35	0,00	0,00	2,04	0,00	0,29	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	213	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	214	2,43	0,00	88,46	0,00	6,45	2,57	0,00	0,10	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	215	0,32	0,68	31,12	64,94	-	1,27	1,65	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 965	216	4,31	0,00	91,30	0,00	1,06	3,22	0,00	0,10	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	217	1,58	0,63	48,57	33,35	6,87	7,86	0,89	0,26	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 965	218	4,08	0,97	86,89	0,00	2,07	0,00	0,00	0,25	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	219	0,35	1,22	26,38	64,25	3,52	4,28	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 965	220	1,44	0,00	48,21	41,29	9,07	0,00	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 965	221	4,02	0,00	93,43	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	222	4,96	0,66	92,22	0,07	1,33	0,00	0,00	0,75	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	223	2,95	0,26	84,13	6,11	5,37	1,05	0,00	0,12	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	224	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	225	4,67	0,00	89,00	0,00	1,98	2,94	0,00	1,40	Silveryta	
SHM 34000 Bj 965	226	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta. Upphöjning i dekor	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	227	-	-	-	-	-	-	-	-	Silveryta. Upphöjning i dekor	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	228	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	229	0,00	0,24	20,33	78,98	0,00	0,39	0,07	0,00	Förgyllningsyta	

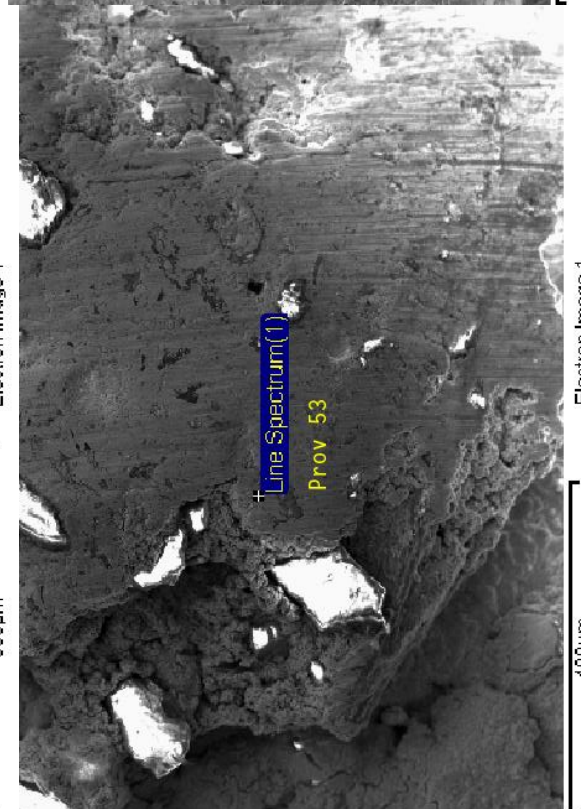
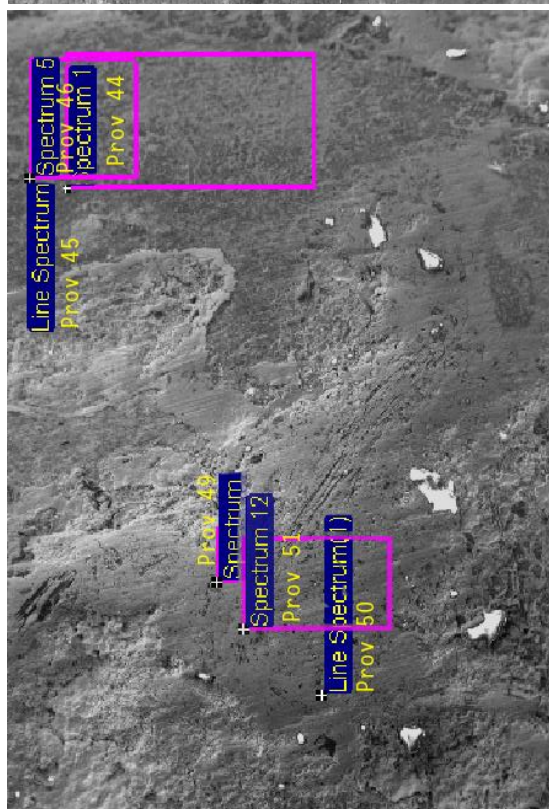
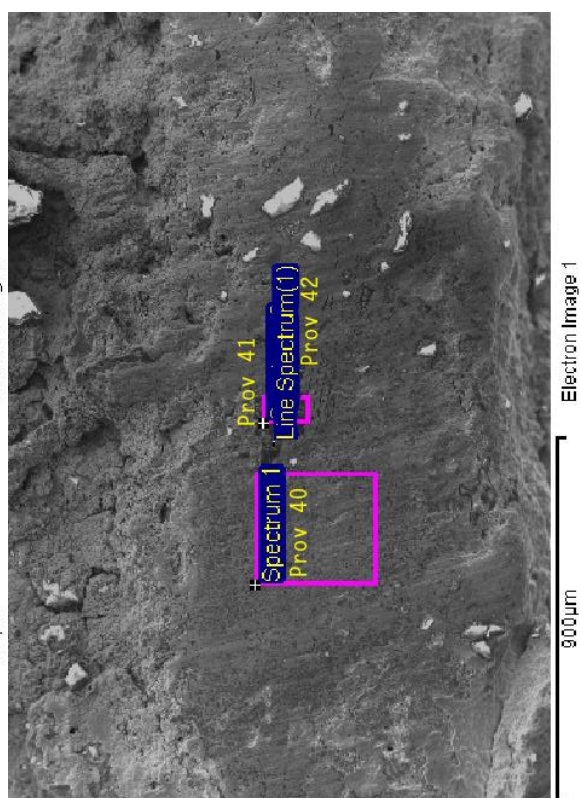
Fynd	Prov	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)	Yta	Status/Kommentar
SHM 34000 Bj 965	230	0,51	0,00	15,87	78,99	0,83	2,85	0,95	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 965	231	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	232	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	233	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	234	0,36	0,73	27,48	64,99	1,60	4,83	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 965	235	-	-	-	-	-	-	-	-	Förgyllningsyta	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 965	236	1,97	0,00	76,24	1,16	15,09	5,10	0,00	0,44	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 968	237	16,98	1,43	6,71	63,69	9,37	1,60	0,22	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 968	238	98,33	0,73	0,52	0,00	0,04	0,00	0,28	0,09	Kopparlegering	
SHM 34000 Bj 968	239	97,71	1,59	0,00	0,16	0,04	0,00	0,20	0,00	Kopparlegering	
SHM 34000 Bj 968	240	10,40	1,33	6,00	71,89	7,15	3,23	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 968	241	22,58	2,20	5,22	63,64	2,11	3,68	0,58	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 968	242	10,07	1,35	5,41	72,23	6,50	4,44	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 968	243	12,85	0,73	0,00	69,98	5,56	4,96	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 968	244	13,50	0,89	5,35	70,50	6,04	3,71	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
SHM 34000 Bj 968	245	7,41	0,94	6,72	72,31	6,28	6,34	0,00	0,00	Förgyllningsyta	
Garnisonen 5247	246	99,22	0,45	0	0,33	0	0	0,00	0,00	Kopparlegering	
Garnisonen 5247	247	51,39	1,31	2,07	43,51	1,26	0,00	0,00	2,46	Undersidan av en filk på förgyllningslaget	
Garnisonen 5247	248	99,83	-	0,17	-	-	-	-	-	Kopparlegering	
Garnisonen 5247	249	99,58	0,42	0	0	0	0,00	0,00	0,00	Kopparlegering	

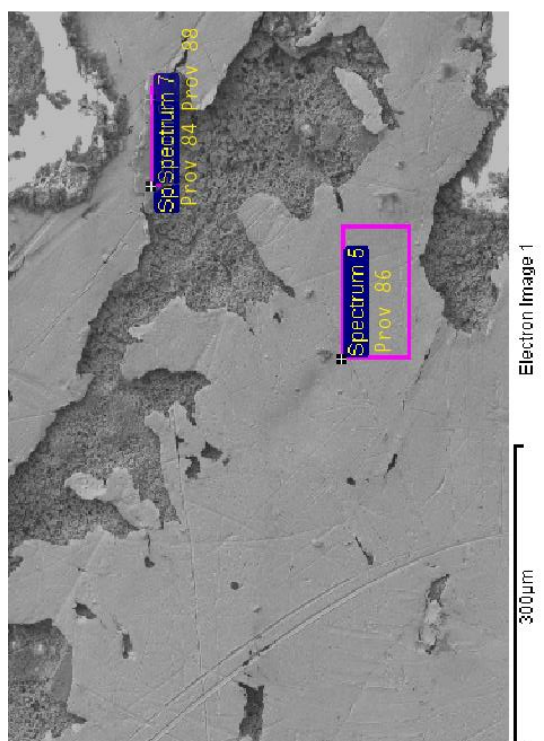
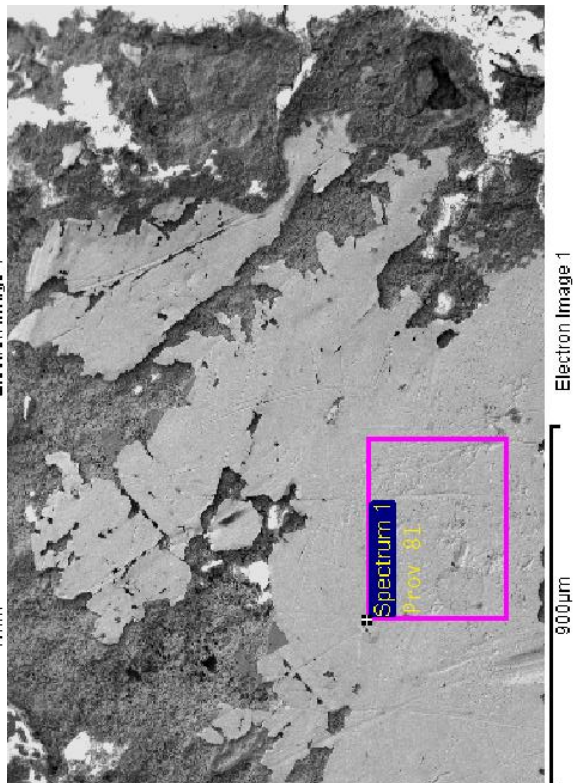
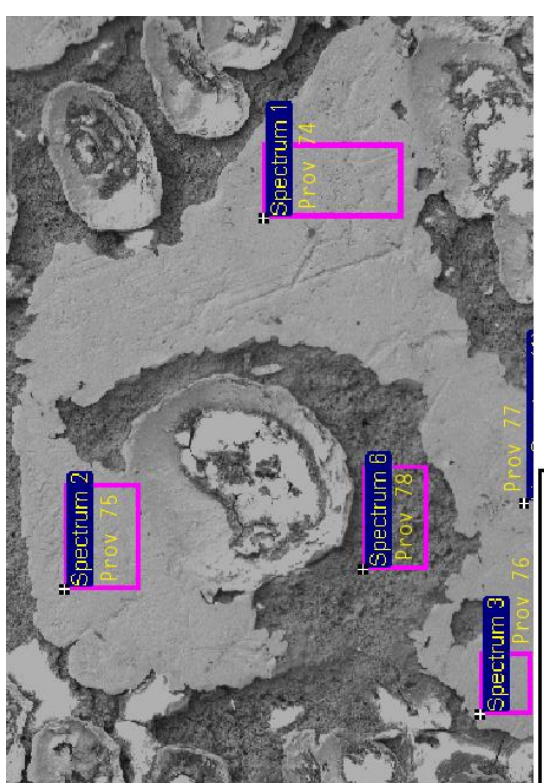
Fynd	Prov	Cu (%)	Zn (%)	Ag (%)	Au (%)	Hg (%)	As (%)	Sn (%)	Pb (%)	S (%)	Yta	Kommentar
SHM 34000 Bj 543	246	28,94	3,20	63,62	-	3,25	0,76	-	-	29,94	Niello	
SHM 34000 Bj 543	247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Niello	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 543	248	33,89	-	63,09	-	1,98	-	-	-	33,89	Niello	
SHM 34000 Bj 543	249	1,69	0,92	59,03	-	1,31	3,11	-	1,36	32,60	Niello	
SHM 34000 Bj 543	250	3,16	1,14	70,22	-	22,00	0,90	-	0,21	2,37	Urfallen niello	
SHM 34000 Bj 543	251	2,81	1,45	69,35	-	24,60	1,79	-	-	-	Urfallen niello	
SHM 34000 Bj 543	252	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Urfallen niello	Utgår. Ej tillförlitliga resultat
SHM 34000 Bj 543	146b	6,43	3,37	84,93	-	0,74	2,75	-	0,95	1,73	Silveryta	
SHM 34000 Bj 543	143b	6,11	4,66	83,97	-	0,31	2,33	-	0,31	6,11	Silveryta	
SHM 34000 Bj 543	144b	4,75	3,37	83,73	-	0,57	1,69	-	0,41	5,49	Silveryta	
SHM 34000 Bj 543	145b	4,14	2,71	82,20	-	-	1,68	0,57	-	8,70	Silveryta	

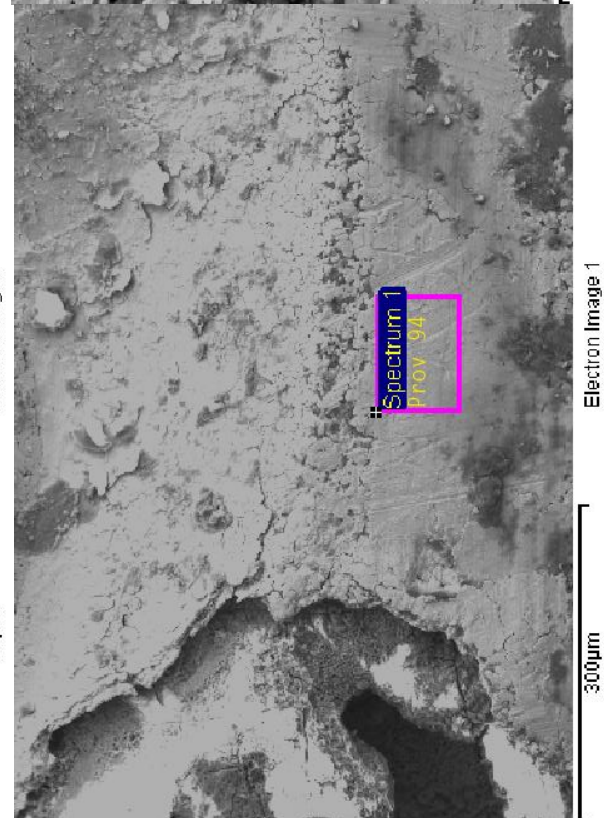
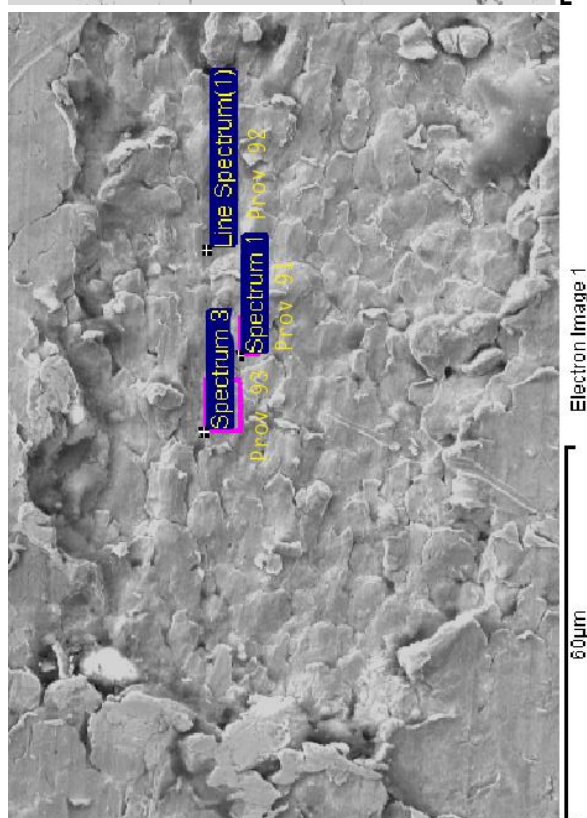
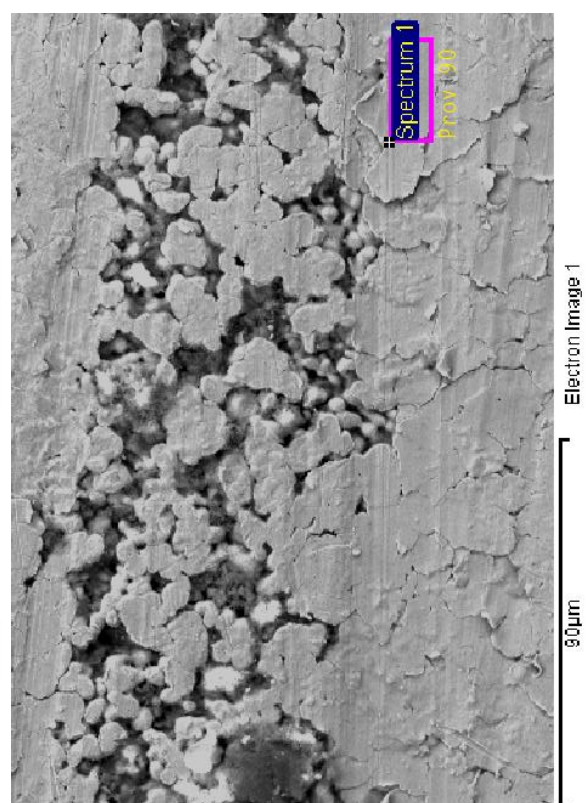
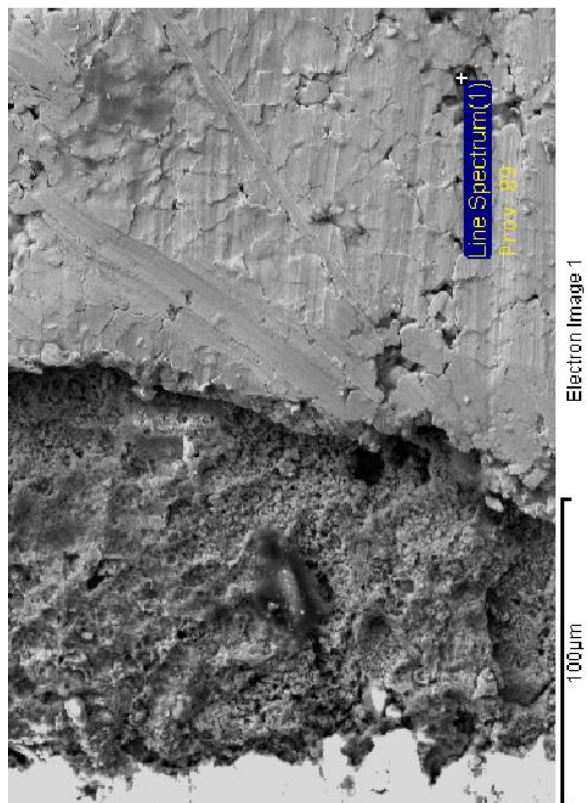
Bilaga 2. Provtagningsbilder.

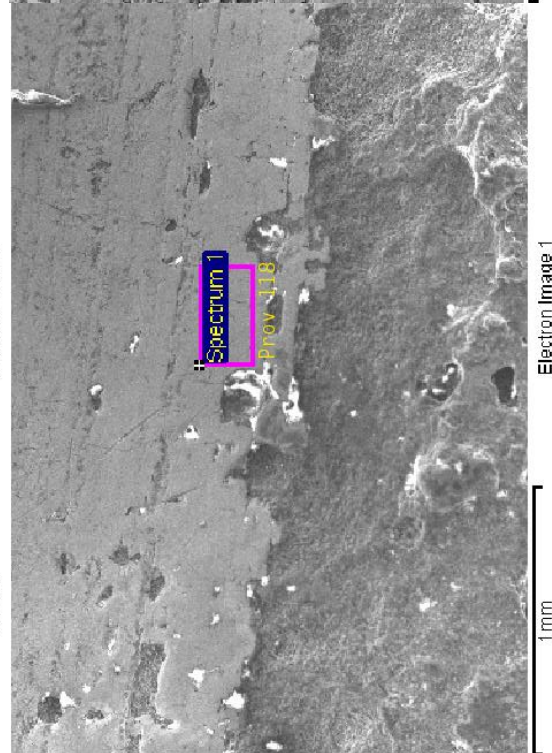
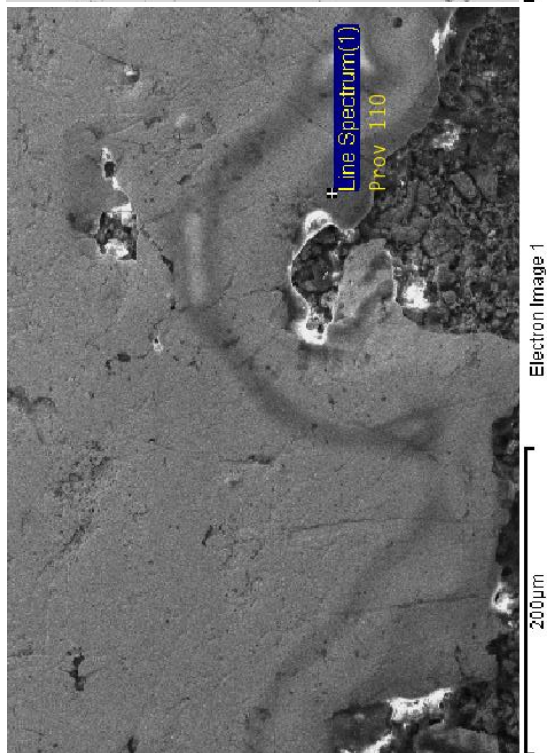
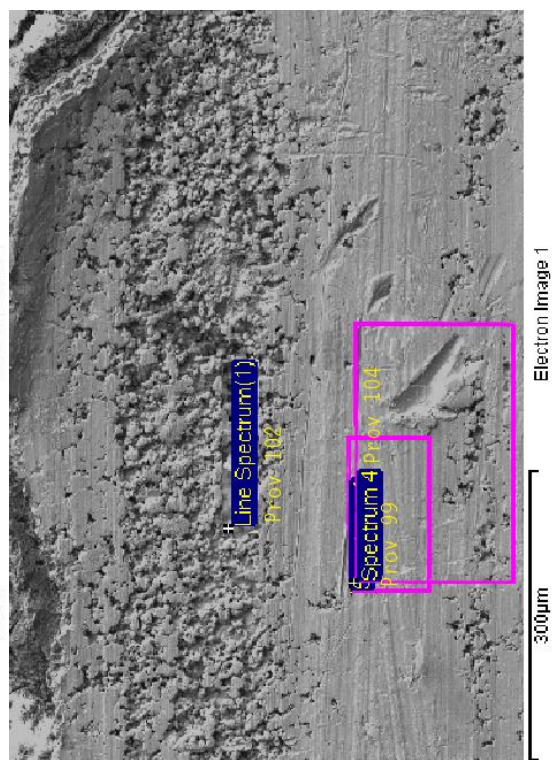
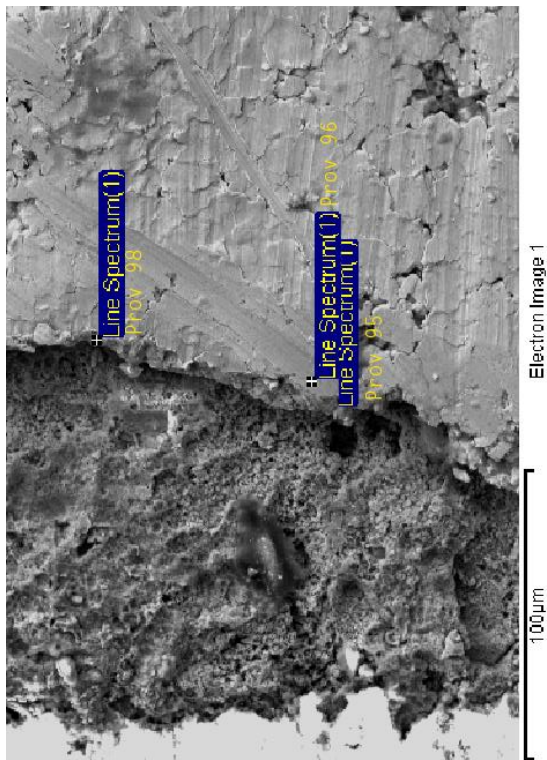


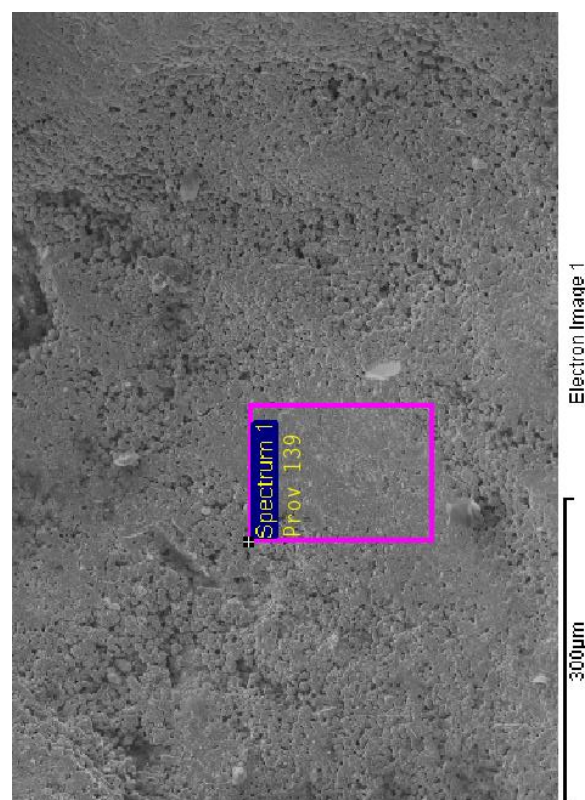
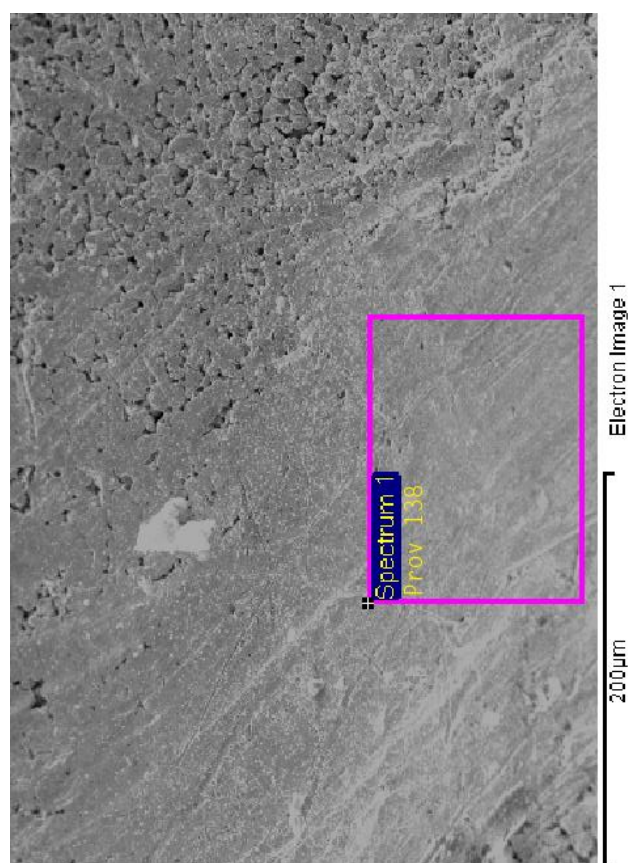
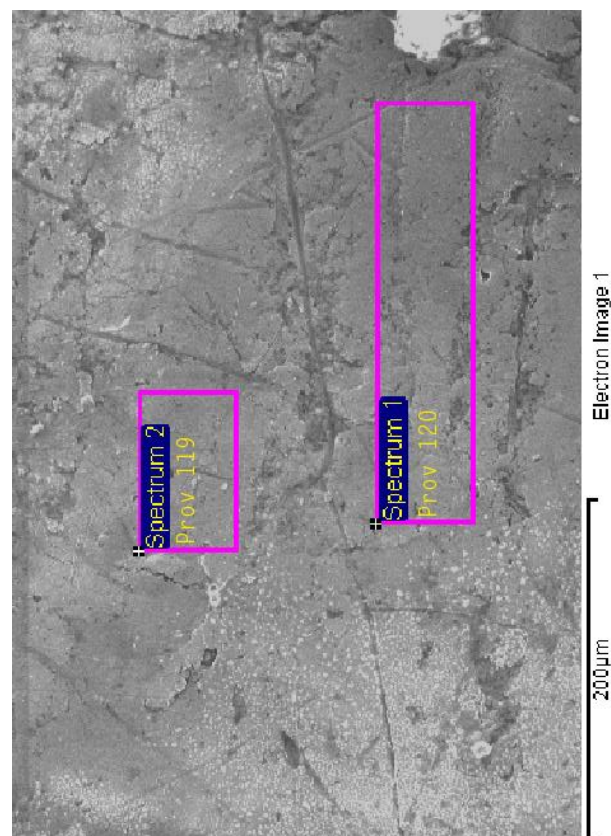
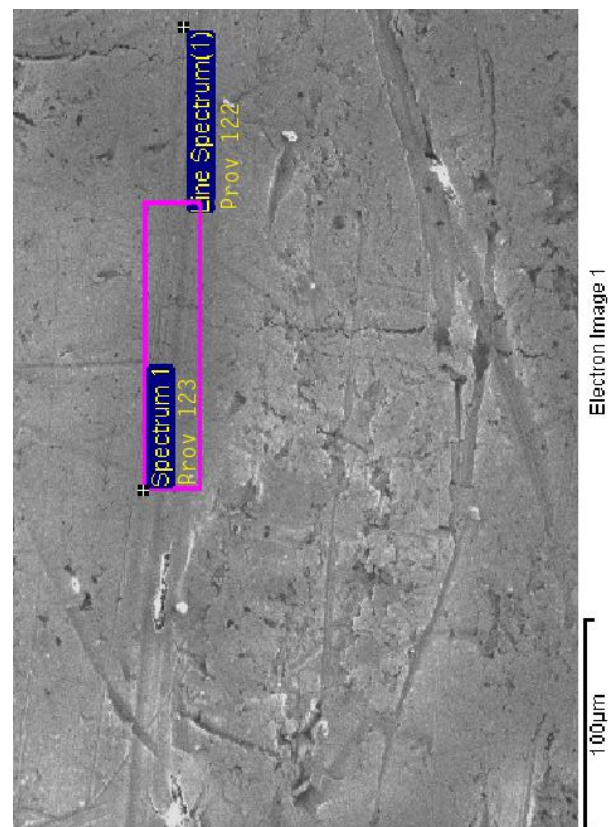


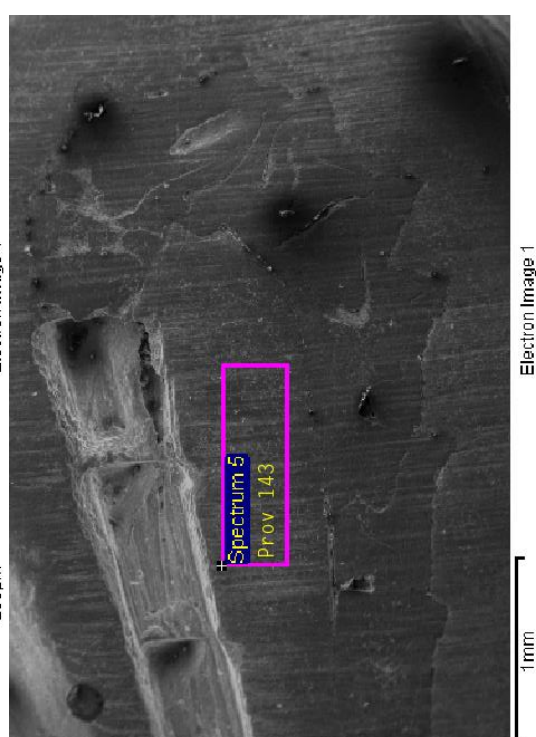
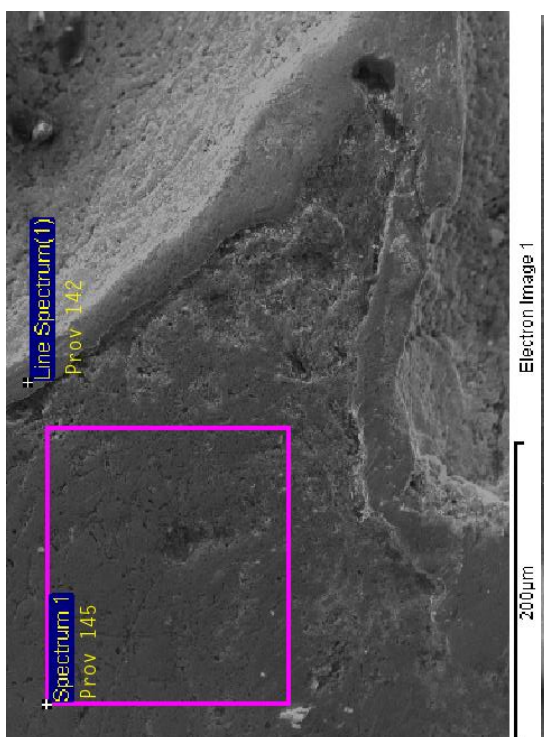
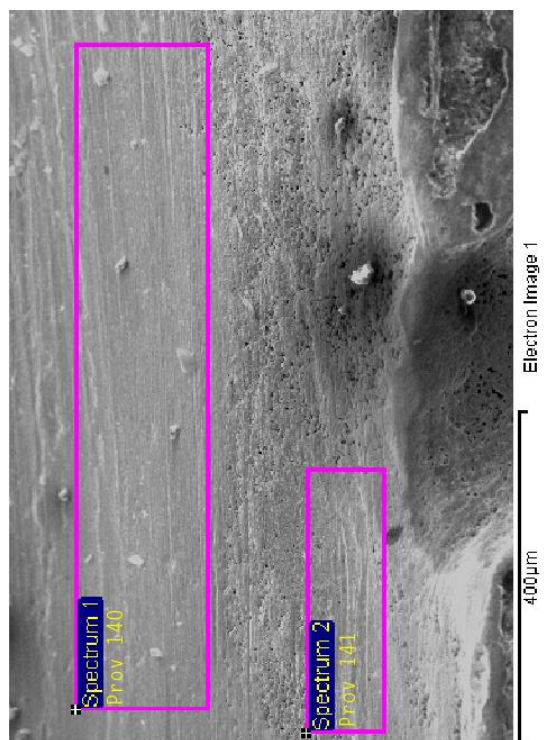


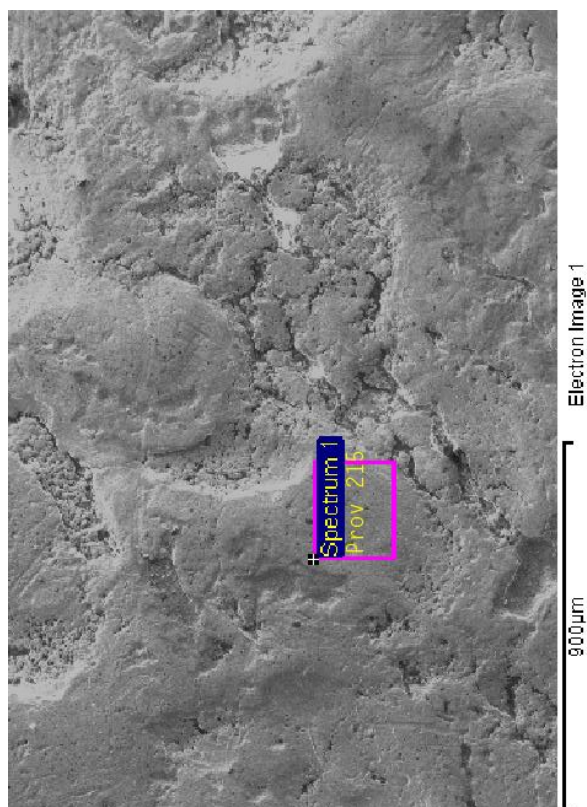
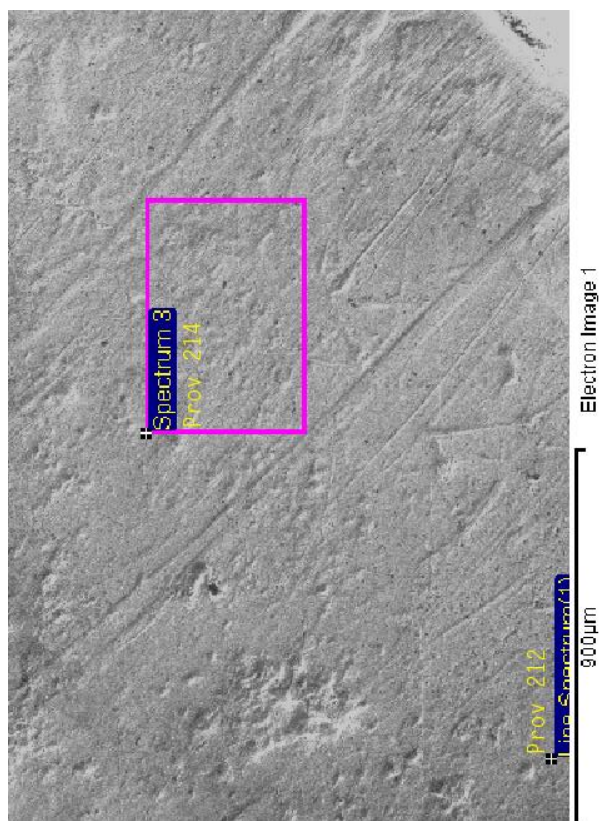
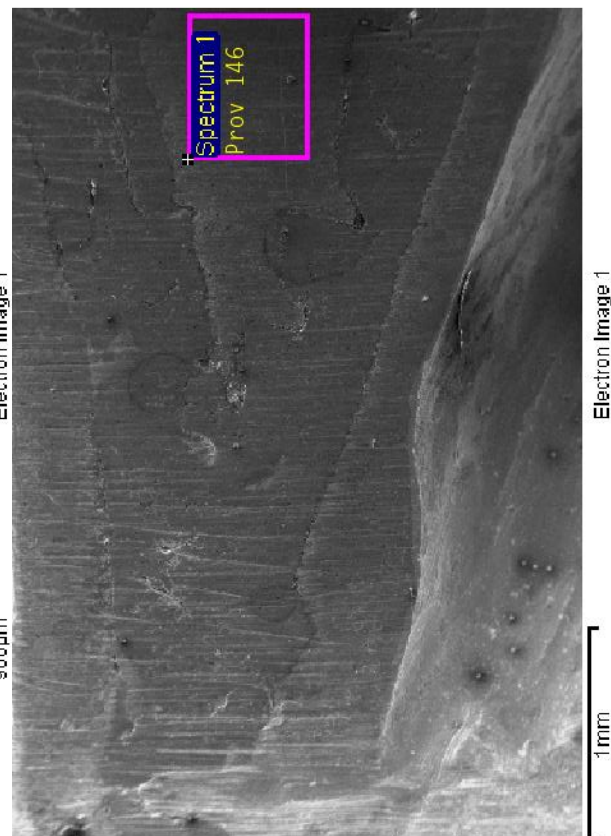
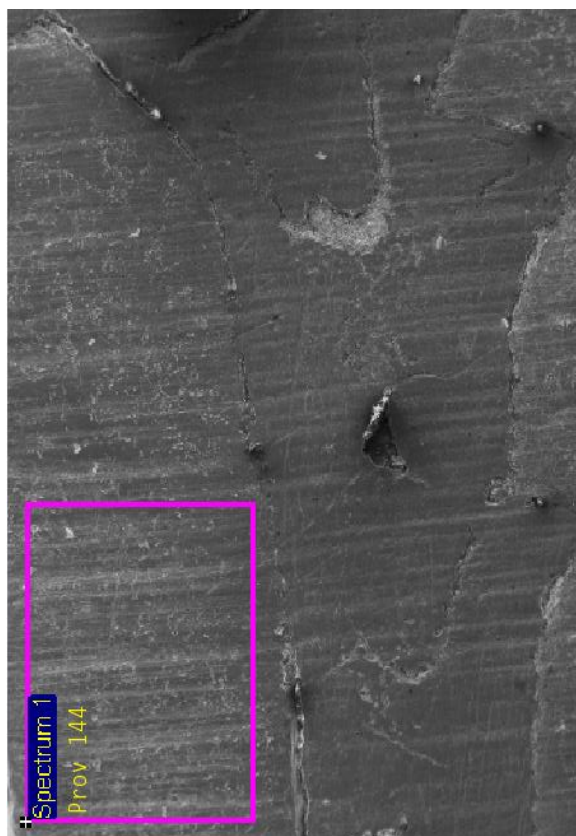


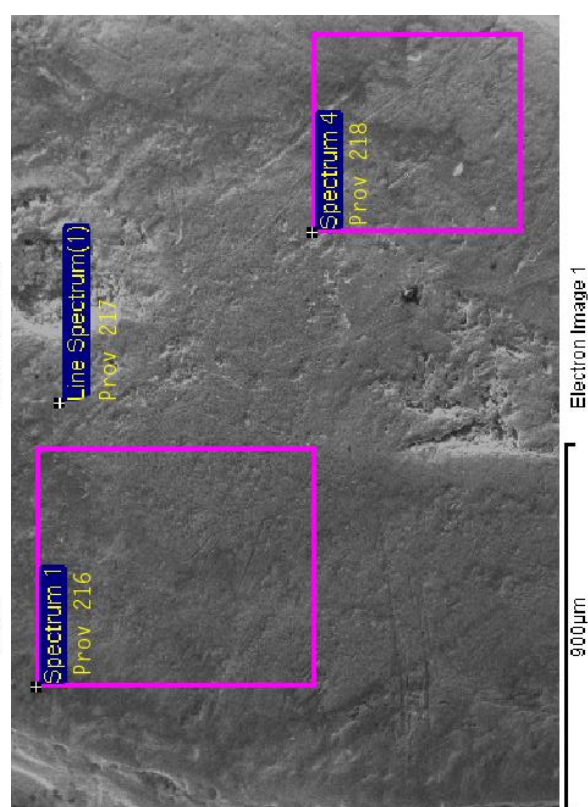
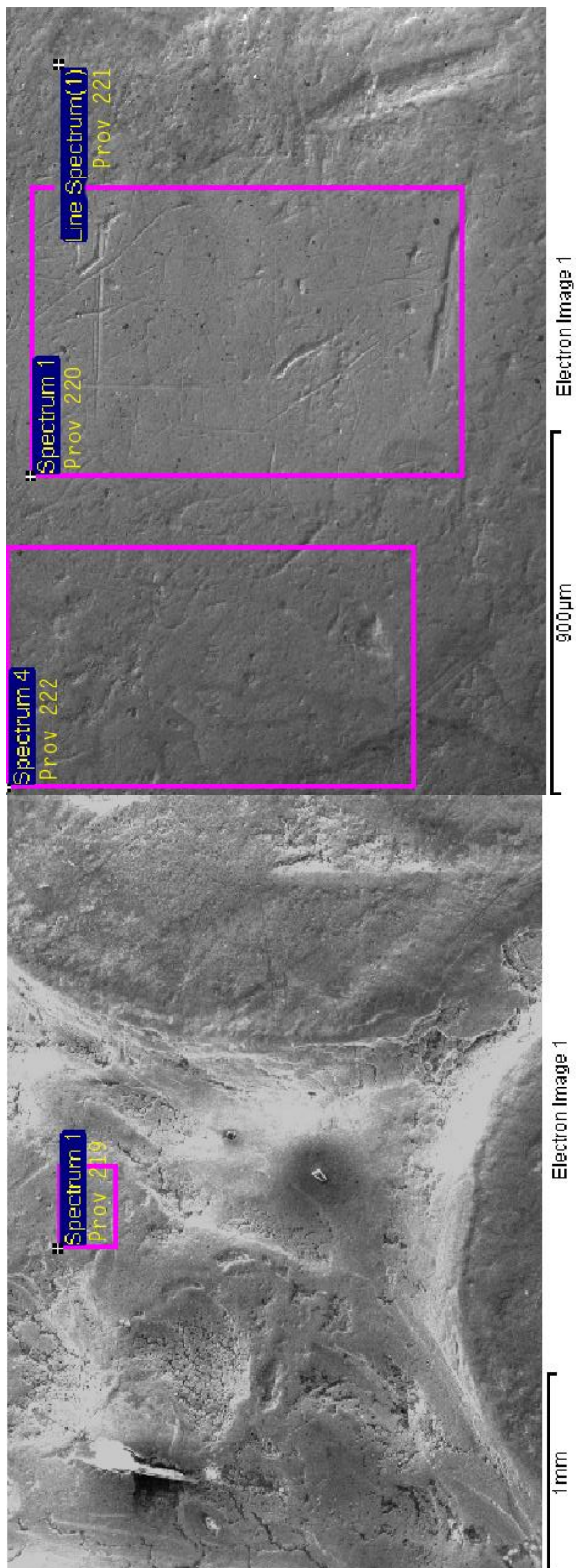


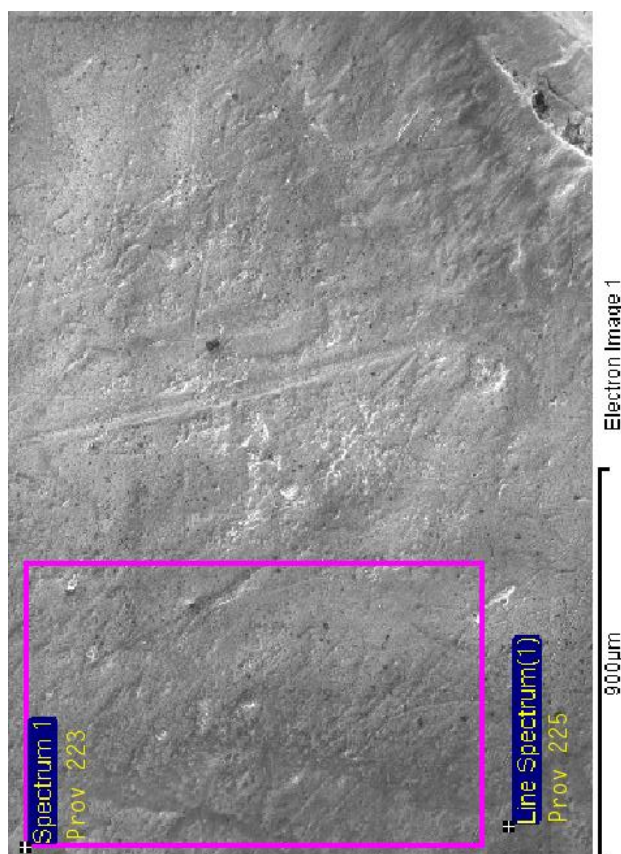
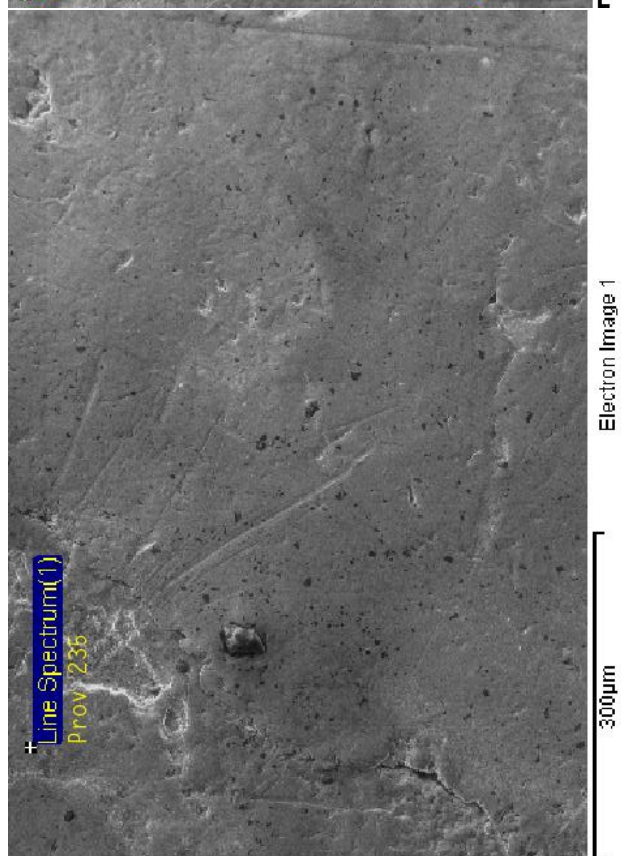


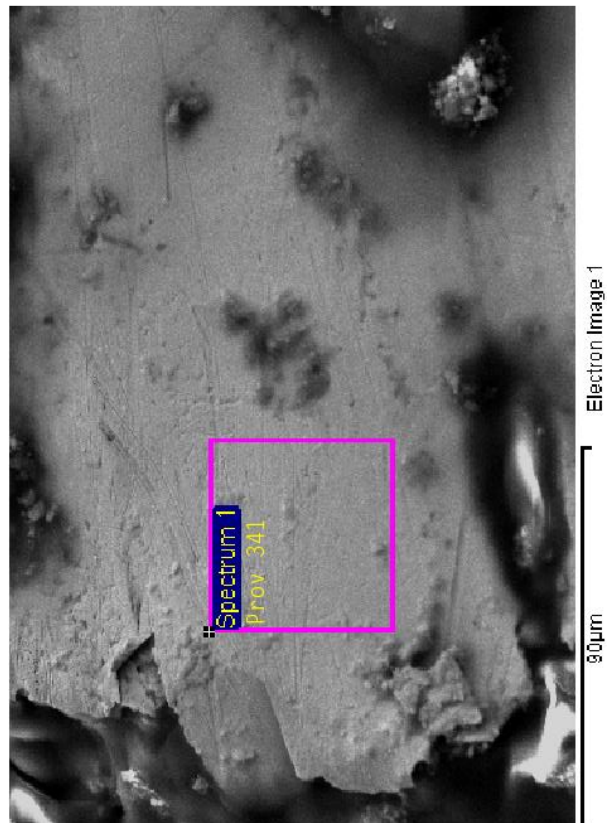
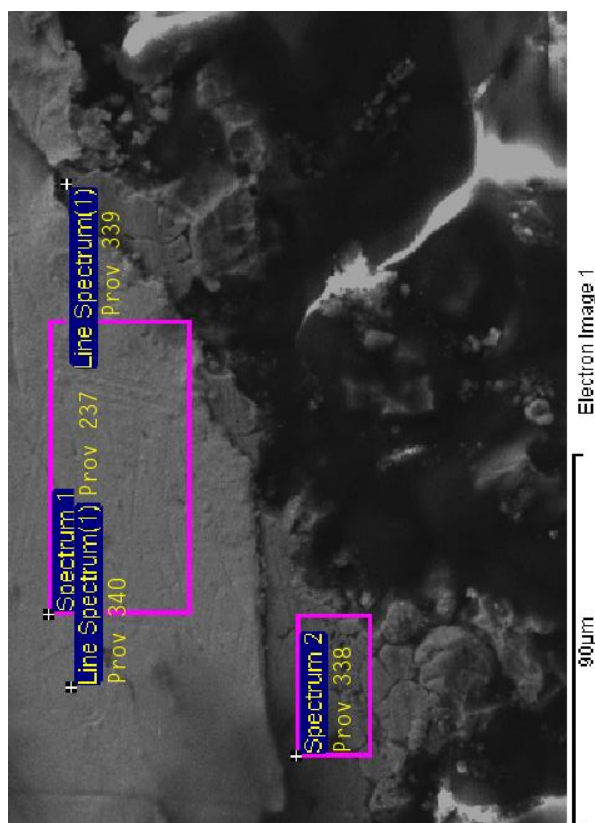
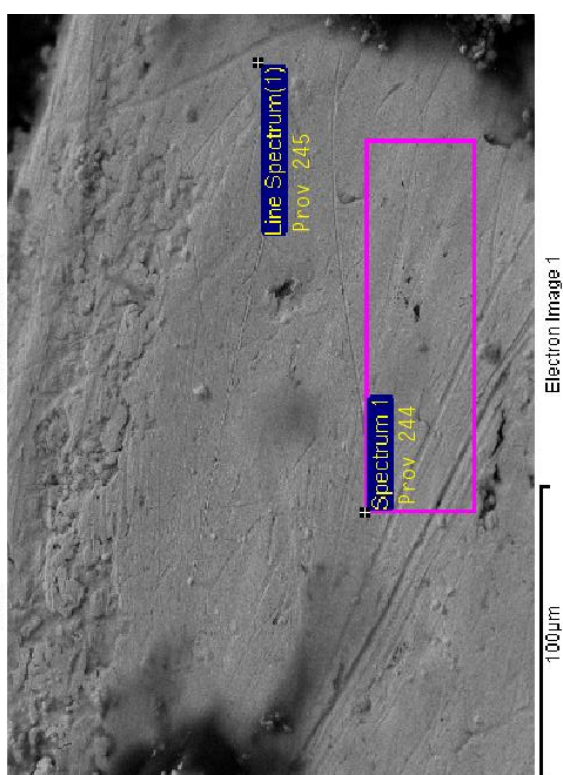
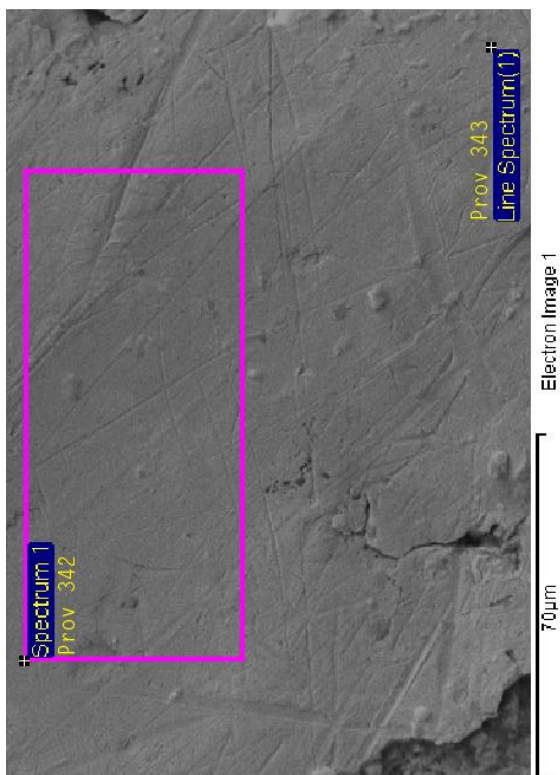


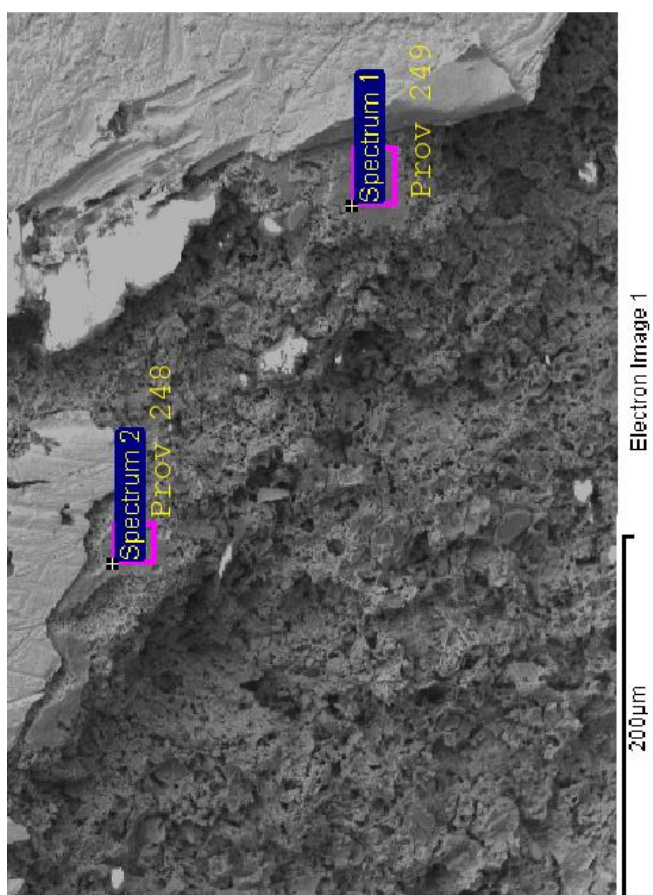
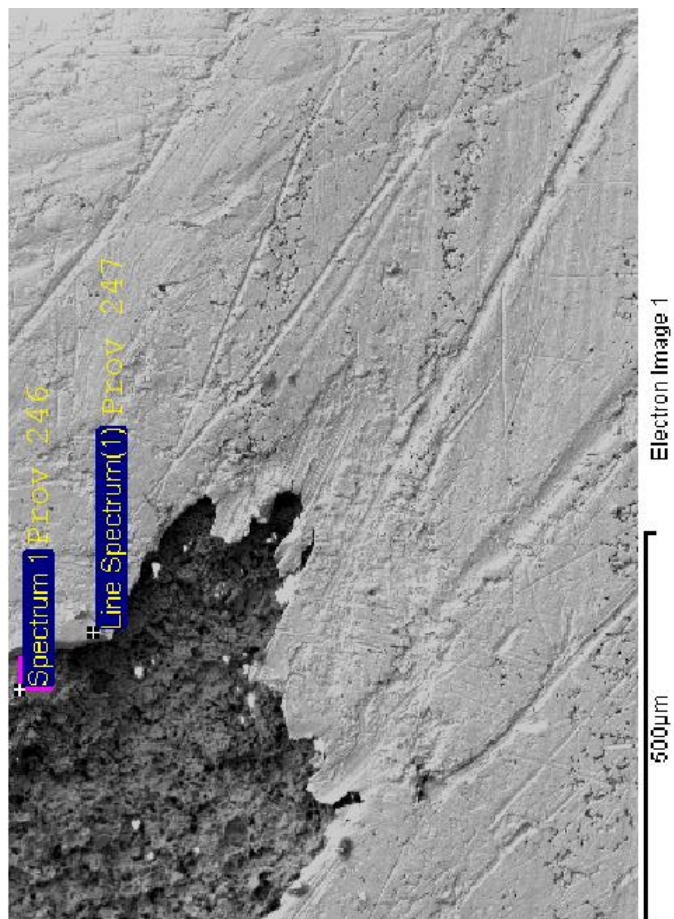














Stockholms
universitet