Brynjevev

metallografisk analyse av brynjemateriale ved Oldsaksamlingen i Oslo

Vegard Vike

Universitetet i Oslo
Det Historisk-filosofisk fakultet-IAKK
Avdeling for konserveringsstudier
Semesteroppgave
Mai 2000

Abstract

This essay is a metallografic analysis of mail rings. It was written as part of the studies at the new conservation school in Oslo, Norway. Rings from three mail finds stored at Oldsaksamlingen in Oslo was studied. One of these was from the well known viking grave from Gjermundbu, Buskerud. The rings were studied both longitudinally and in cross section. Especially the distribution of slag lines and distortions in the structures were noted. The conclusion was that riveted rings was from premade wire and had been riveted using a tool with a negative impression of the rivetheads final shape, instead of directly with a hammer. Rings without any apparent joint was found to be punched from sheet metall. Some steps towards dating mail on the ring level is suggested.

Forsidebilde: Brynjemaker 1425 (Treue 1965)

Illustrasjoner/bilder

Alle skisser og analysebilder er utført av forfatteren. Der illustrasjoner er hentet fra andre steder kommer dette frem i billedteksten.

Tabeller

Måledata for hver av de tre analyserte funnene er gjengitt under den enkelte funngjennomgangen.

C 27317	s.18
C 455	s.25
C 2616	s.29

Forord

Min motivasjon til å ta for meg brynjematerialet sprang ut av en interesse for håndverksprosesser anvendt på jern. Jeg praktiserer selv tradisjonell smiteknikk og bedriver i tillegg kamp med våpen og rustning fra både jernalder og middelalder.

Brynje så ut til å være et lite undersøkt funnmateriale med få metallografiske analyser. I lys av at brynje har vært en viktig del av stridsutrustningen i mer enn 1500 år syntes jeg at det fortjente nærmere undersøkelse. Alt tyder på at brynje krever mye arbeid å fremstille og det er interessant å forstå fremstillingsprosessen så den videre forskning lettere kan sette brynje i en samfunnsmessig sammenheng. I løpe av arbeidet med oppgaven har jeg oppdaget at det faktisk er utført enkelte undersøkelser av brynje i Danmark, Tyskland, England og USA, men ikke alle er like overbevisende. I Norge er studiet av brynjemateriale helt forsømt på tross av det viktige vikingtidsfunnet fra Gjermundbu som inneholder mye brynje og en unik hjelm. Prøvene som blir analysert i oppgaven er fra tre gjenstander oppbevart ved Oldsaksamlingen i Oslo (C27317, C455, C2616).

Oppgaven er skrevet i løpet av det avsluttende semesteret ved konserveringsstudiet i Oslo våren 2000. Det har vært svært begrenset med tid tilgjengelig ved siden av øvelser i gjenstandskonservering og undervisning for øvrig.

Takk til

Kristin Sigurdardottir og Jerry McDonnel for introduksjonen til metallografisk analyse i løpet av konserveringsstudiene. Heid Resi ved Oldsaksamlingen i Oslo gjorde meg oppmerksom på viktig litteratur. Arne Jouttijärvis arbeid med danske brynjer har gitt meg bedre forståelse av viktige trekk ved fremstilling av stansede brynjeringer. Karin Knoph, magasinforvalteren ved Oldsaksamlingen var veldig hjelpsom og imøtekommende ved gjenstandsstudier og fotografering på magasinet. Takk også til Henriette Lyngstrøm og Arne Emil Christensen for svar på henvendelser i forbindelse med oppgaven. Spesielt takknemlig er jeg for at samboeren min Lise har holdt ut med meg etter alle de sene kveldene jeg arbeidet med analysene.

Vegard Vike

Innholdsfortegnelse Side

Introduksjon 1

Brynjefunns tilstand 2

Bruken av brynje 3

Bronseringer 3

Analysen av funnene 5

C 27317i - Gjermundbu, Buskerud (85 fragmenter) 8

Bevaring og tilstand 8

Undersøkelser 11

Metallografien 14

Vekt 17

Målinger 18

C 455 - Verdal, Nord-Trøndelag (skjorte) 19

Naglede ringer 20

Hele ringer 23

Vekt 24

Målinger 25

C 2616 - Mølledalen, Buskerud (fragment fra hose) 26

Vekt 29

Målinger 29

Daterbarhet og teknologisk vurdering av brynje 30

Vurdering av brynje 30

Naglede ringer 32

Stansing 33

Arbeidskrevende fremstilling 35

Forming av brynjeplagg 36

Kronologisk vurdering av brynjeplagg 36

Konklusjon 38

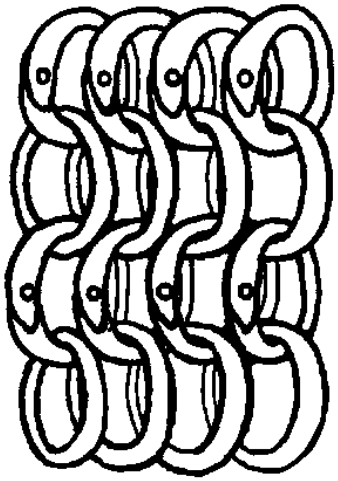
Ordliste 39

Litteraturliste 40

Introduksjon

Denne oppgaven vil ved detaljerte analyser av tre konkrete brynjefunn forsøke å belyse fremstillingsprosessen og teknologien anvendt. Forsøk vil også bli gjort på å komme nærmere datering av brynje ut ifra detaljer på ringnivå.

Brynjevev er betegnelsen på selve materialet omdiskutert i denne oppgaven. Dette er fleksibelt og bygd opp av metallringer, vanligvis jern. Hver ring er hektet i fire andre. En måte å forstå materialet på er å se på det som kjettinglenker festet ved siden av hverandre. Brynjeveven har to retningsorienteringer og blir stort sett brukt hengene kun en av de to mulige veiene (se skissen under). Alle ringer kan være naglet eller halvparten hele, uskjøtede.



Brynjevev

I tillegg til analysematerialet vil en del trekk ved andre brynjefunn nevnes og diskuteres. Oppgaven kommer til å begrense seg i tid til jernalder og middelalder. Skandinavisk, engelsk og litt tysk materiale blir brukt til sammenligning ved vurderinger av analysene.

En gjennomgang av de øvrige brynjefunnene ved Oldsaksamlingen i Oslo er også gjort i forbindelse med denne oppgaven, men bildene og informasjonen fra disse studiene blir det ikke tid til presentere her. Endel av dokumentasjonen fra analysene på oppgavens tre brynjefunn blir det heller ikke tid og plass til å få med

her. Målsetningen blir å få til en engelskspråklig publikasjon av det fullstendige materialet senere.

Verktøysbruk ved fremstilling av brynje blir bare overfladisk gjennomgått. Noe tanker vil bli nevnt, men en grundigere gjennomgang må komme ved en senere anledning, helst etter en del eksperimentel reproduksjon for å teste ut sannsynlighet av ulike hypoteser.

Brynjefunns tilstand

De færreste brynjefunn inneholder rekonstruerbare, hele brynjeplagg. Vanligvis er det fragmenter eller "kaker" av brynje som dukker opp. Muligheter for å undersøke og analysere brynje er helt avhengig av bevaringsgraden. Her er det først og fremst snakk om bevaringsgraden av den enkelte brynjeringen, for det er disse enkeltelementene som i sammenhektet form utgjør brynjeplaggene. Enkelte områder av et brynjeplagg kan være mer korrodert enn andre. Formen på plagget kan dermed være ødelagt, mens ringer fra restene av plagget er så godt bevart at det er mulig å gjøre en grundig analyse på ringnivå.

Har ringene sterkt korrodert og forvrengt original overflate blir en teknologisk vurdering vanskeligere. Om ikke noe metall er bevart i ringene er de dessuten vanskelig å studere metallografisk. Om man klarer å lage metallografiprøver av korrosjonsrestene kan man eventuelt forsøke å vurdere slaggstriper i det som tidligere var metall. Mye av brynjematerialet fra de svenske Vendel og Valsgärde funnene fra 500-700-tallet virker veldig nedbrutt og vanskelig å analysere, men dette er absolutt ikke tilfelle med alle brynjefunn. Røntgenbilder er det beste utgangspunktet for en vurdering om metallografiskeanalyser kan gjennomføres.

En annen faktor å ta hensyn til er at allerede nedbrutt jern er veldig forgjengelig selv etter at det er tatt hånd om av museer. Jerngjenstander fra arkeologisk kontekst kan enkelte ganger være nesten umulige å sikre mot videre nedbrytning, selv med god konservering og tørre magasiner. Klorider er den store fienden her. Brynje er spesielt utsatt fordi det består av tynne jerntråder som skaper en stor korrosjonsoverflate. Det kan være bedre å analysere brynjefunn og sikre seg informasjon tidlig heller enn etter gradvis nedbrytning de neste 100 årene. En metallografisk analyse av brynje på ringnivå behøver dessuten ikke å kreve mer destruktiv prøvetagning enn fire ringer, to for hver ringtype. Når en brynjeskjorte i utgangspunktet består av 20-40 000 ringer er dette et begrenset inngrep.

Bruken av brynje

Brynjevev er et velegnet rustningsmateriale. Det har visse tekstillignende egenskaper og er fleksibelt, men samtidig gjør metallet at det beskytter mot kuttskader fra eggvåpen og til en viss grad mot stikk og pilspisser. Føyligheten gjør at beskyttelsen mot slagskader er begrenset. Brynje er derfor best anvendt i kombinasjon med tykk vattering/fóring mellom brynje og kropp. Brynjevev kan også ha hatt betydning som opphengningslenker eller som små biter ansett beskyttende mot det overnaturlige.

Jernalder: Førromersk og romertids bruk av brynje ser ut til å ha vært mest til skjorter som dekket torso, og helt eller delvis armer og lår (bl.a. Malifilâtre 1993). Senere i jernalder (merovingertid/vendeltid, vikingtid) er brynje i tillegg til skjorter brukt som hals og ansiktsvern ved at det henger ned fra nederkanten på hjelmer (Vendel og Valsgärde – 500-700 tallet, Coppergate - 700). Fra Valsgärde 8 er det mulige funn av brynjevotter og fotbeskyttere av brynje festet til jernskinner for legger og underarm. Funnet er tidligere feiltolket av Greta Arwidsson (1939, 1954) som torsorustning.

Middelalder: Brynje ble brukt til rustning over hele kroppen i tidlig middelalder (hette, skjorte, votter, hoser/hoftelange sokker). Brynje var brukt spesielt mye på 1100 og 1200-tallet til rustning som dekket hele kroppen. Utover i middelalderen (fra 1300-tallet) begynte metallplater å ta over for brynje. Først bare ved å gi ekstra beskyttelse, senere for å erstatte. På 14-1500-tallet hadde hel platerustning tatt over som beskyttelsesform. Brynje ble brukt mest på steder som trengte veldig god bevegelighet (i skrittet, under armer, bak knærne), men hele skjorter, armer og hoser ble fortsatt brukt.

I arabiske kulturområder og India ble brynjerustning brukt helt frem på 17-1800-tallet. Brynje ble bl.a. i Norge brukt som knivslireoppheng og kubjelleoppheng (halsbelte), i hvert fall i nyere tid. I dag er brynje bruk i slakterihansker for å beskytte venstre hånd ved oppskjæring av kjøtt.

Bronseringer

Brynjer er vanligvis laget av jern, men av dekorative grunner kan ringer laget av bronse eller andre kobberlegeringer være satt inn i brynjeveven, ofte langs kanter men også i enkle mønstere lenger inn på plagget (eksempler fra Visby 1361-

Thordeman 1939). Bronseringer som dekorasjon ser ut til å være primært et middelaldersk trekk, men på Coppergatehjelmen (700-tallet) sitter det en rad med messingringer øverst der nakkebrynja er festet til hjelmen (O'Conner 1992).

Analysen av funnene

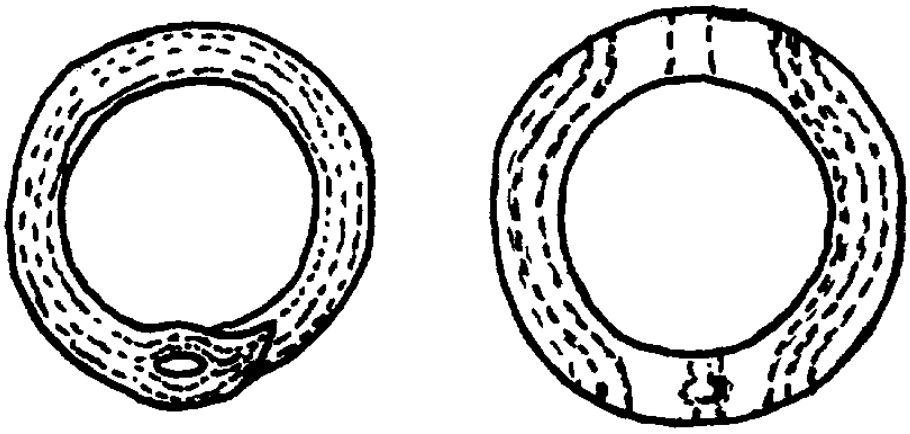
Tre brynjefunn er behandlet i denne analysen. Disse er fra Oldsaksamlingen i Oslo. Gjermundbufunnet er det eneste av disse som har en kontekst så det lar seg sikkert datere til vikingtid. De to andre vil bli argument for til å dateres til middelalder, men de mangler stort sett kontekst ved at de er funnet veldig tidlig (17 – 1800 tallet) og ikke har vært sakyndig utgravd.

Funnene er analysert ved at det er tatt prøver i form av små sammenhengende brynjefragmenter. Kun deler av disse prøvene ble bruk i destruktive analyser. De fleste ringene fra prøvebitene ble nøye målt og registrert. Observasjoner og vurderinger ble notert underveis. Det blir skilt mellom sammenføyde, naglede ringer og hele, unaglede. All data er registrert i egne oversikter for hvert funn. Målingene er ment blant annet som et hjelpemiddel til å se hvor regelmessige eller uregelmessige trekk ved ringene er. Dette kan brukes til å vurdere hvor standarisert, eventuelt spesialverktøysbasert fremstillingsprosessen av enkeltringene var. Registreringen er ment også for videre forskning og vil forhåpentligvis gjøre funnene mer tilgjengelige blant annet for utenlandske forskere. Tanken er derfor å senere viderearbeide denne oppgaven til en artikkel eller avhandling på engelsk.

Målingene er utført med skyvelær og registrert til en tiendedels millimeters nøyaktighet. På små detaljer som naglehoder er målt under et arbeidmikroskop (x40). De minst korroderte ringene er valgt ut til måling. Sterkt korroderte områder vil være misvisende og disse målene er utelatt. Dette er angitt med en strek (-). Lengden av overlappingen på naglede ringer kan være vanskelig å se. Der overlappingen ikke har vært mulig å måle er dette markert med spørsmålstegn (?).

En mer destruktive del av analysen gikk ut på a lage metallografiske slip. Metallografisk undersøkelse er avhengig av at i hvert fall noe ukorrodert metall er bevart i ringene for å få gode resultater. Metallografien går ut på at man i et mikroskop kan observere slaggstripers fordeling, sveiselinjer og ulike legeringsforhold og varmebehandlingstilstander i metallets mikrostruktur. Det trengs minst to ringer av hver type ved den metallografiske undersøkelsen (to naglede og to hele). Disse ble støpt inn i epoxy (Struers epofix), en på høykant og en liggende. Prøvene ble deretter grovslipt ned til 1200 slipepapir på roterende vannslipere. Etter

sliping ble de polert med diamantpasta fra grovhet 15 til 1. Prøvene ble studert for slaggstripenes fordeling før de ble etset i 4% nital (salpetersyre og alkohol). Etter etsing kunne legeringer og kornstrukturer vurderes. Prøvene ble benyttet til å studere ringene både i *planslip* og *tverrsnitt*. Ved planslipet støpes ringen inn liggende med hele flaten ned. Halvparten av prøveringen slipes deretter vekk så lengdesnittet av metalltråden blottlegges i hele ringen. Er det mye slaggstriper i metallet kan planslipet tydelig vise om ringen er av trukket tråd eller om den er stanset. Trukket tråd vil ha slaggstriper som kun følger trådretningen, mens stansing vil gi brutte slaggstriper.



Slaggstripene ser forskjellige ut i planslipet av naglede ringer (av trukket tråd) i motsetning til i planslipet av stansede ringer (av utsmidd plate/bånd)

Lagdelte sjikt fra utsmidde plater vil kunne finnes igjen i stansede ringers tverrsnitt, delvis i deformert form. Deformasjoner etter kaldbearbeiding vil synes i tverrsnittet ved at krystallkorn er flattrykte, dersom metallet ikke er glødet og dermed rekrystalisert etterpå. Retningsorientering og lokalisering av deformasjoner kan gi hint om hvilke prosesser som er utført; åpning av naglehull, tilflating av ringtråden med mer. På de naglede ringene bør naglen være med i tverrsnittet i tillegg til tråden. Et *tangentielt slip* ble gjort av nagleområdet på én ring fra Gjermundbu og én fra brynjeskjorten fra Verdalen. Her kunne form og deformasjoner på naglen studeres nærmere.

Det ble ikke tid til å forsøke analyser av sporstoffer i slagginneslutninger i metallet. Dette blir av enkelte brukt til å vurdere metallets opphav (Arne Jouttijärvi 1996). Sporstoffsanalysene krever omfattende elektronmikroskop undersøkelser og dette ble for krevende å gjennomføre på oppgavens begrensede tid.

Det ble åpnet enkelte ringer ved naglingen så det ble mulig å studere sammenføyningen nærmere i stereomikroskop. De taljer ble fotografert og dokumentert.

C 27317 i - Gjermundbu, Buskerud

Gjermundbufunnet er et gravfunn datert til vikingtid, 900tallet (Grieg 1947). Det ble funnet og gravd ut i 1943, delvis ukyndig før arkeologer kom til funnstedet. Funnet består av to ulike graver (grav I og II). Ca 85 brynjefragmenter ble funnet i grav I sammen med et stort antall gjenstander, bl.a. et tveegget sverd med doppsko av bronse og en rund hjelm med brilleformet ansiktsbeskyttelse. Graven er en branngrav.

På en platedel fra hjelmen sitter det to brynjeringer festet i kanten. Muligheten er derfor at ikke alle brynjerestene hørte til en brynjeskorte, men at noe kan ha vært del av en hengende nakke og halsbeskyttelse festet nederst på hjelmen (Munksgaard 1984). Flere brillehjelmer funnet i Sverige fra vendeltid hadde nettopp en slik brynjehals hengende fra hjelmen (Arwidsson 1942, 1954, 1977). *"Like under kullagets overflate, som ikke var særlig tykt, lå ringbrynjen liksom brettet sammen i et flak. Noe av den var seget ned og lå for seg selv ved siden av."* (Grieg 1947: innledning). Brynjestykket som lå for seg selv kan muligens ha være en brynjehals.

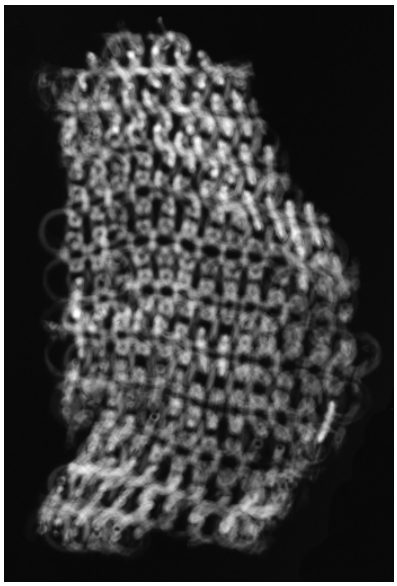
Bevaring og tilstand

Brynjeveven har tydeligvis ligget foldet før korrosjon har startet. Det i utgangspunktet fleksible materialet har blitt helt avstivet av avleirede korrosjonsprodukter og beholdt de bøyde formene. Flere av fragmentene har bruddflater hvor tverrsnitt av ringer synes. Brynjevevens mønster kan ses tydelig enkelte steder på fragmentene, men er delvis dekket av korrosjon. Noen av fragmentene har ringer som ser tykkere ut, trolig oppsvulmet på grunn av korrosjon under overflaten. Fragmentene er voksbehandlet, men overskuddskorrosjon er ikke fjernet.

En del av de større og flatere brynjefragmentene er utstilt i vikingtidsutstillingen ved Oldsaksamlingen i Oslo. Der er de festet på en plexiglassplate, og dette er den samme montasjen som ble laget til en stor vikingtidutstilling i Paris i 1992. Før montasjen ble disse brynjefragmentene konservert bl.a. ved sandblåsning (muntlig referert Torunn Klokkernes mai 2000 - konservator Oldsaksamlingen Oslo). Denne oppgavens forfatter har ikke klart å oppspore noen røntgenbilder fra denne konserveringen.

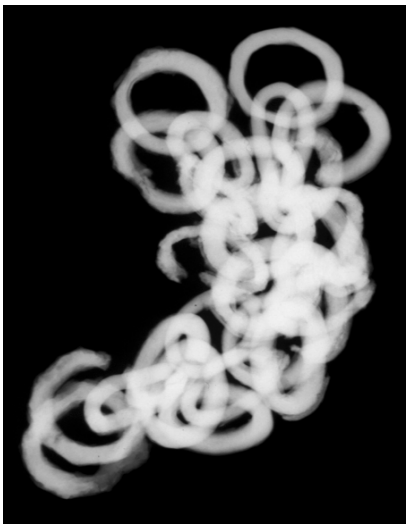
De utstilte fragmentene fra Gjermundbu
(bilde fra konserveringsrapport – 1991)

Et fragmentene er for øyeblikket utstilt på en vandreutstilling i USA i forbindelse med årtusenskifte. Temaet for utstillingen er vikingtid og alle de nordiske landene bidrar med gjenstander. Dette fragmentet ble konservert før utstillingen av Torunn Klokkernes og et røntgenbilde ble tatt. Røntgenbildet viser en veldig nedbrutt tilstand hvor mange av ringene er hule og består av et skjørt korrosjonsskall. Mulighetene for videre konservering og undersøkelse av brynje i denne tilstanden er liten.



Fragmentet utstilt i USA (bilder fra konserveringsrapport - 2000)

Derimot så er ikke alle brynjefragmentene fra Gjermundbu i denne sterkt nedbrutte tilstanden. Prøvebiten med 26 ringer som ble gjort tilgjengelig for analysene i denne oppgaven viste seg å være veldig godt bevart. På de fleste ringene er kun overflaten korrodert og store deler av metallet er bevart innenfor. Fire ringer er så forrustet at de har fått en åpning, men ingen av ringene er korrodert fast til hverandre. Prøvebiten var fortsatt litt foldet og avstivet av voks når røntgenbildet ble tatt, men friskt metall kan tydelig skilles ut i kjernen av de enkelte ringene.



Fragmentet som ble gjort tilgjengelig for analyser

I korrosjonslaget er avstøpningen av den originale metalloverflaten bevart på flertallet av ringene, mange har en del avskallinger i dette korrosjonslaget og en del ringer har svulmet og blitt ujevne og tykkere ved at korrosjon under overflaten har presset den utover. Korrosjonsoverflaten består av et glatt, hard og svart lag, antageligvis magnetitt. Enkelte steder er det røde felter på den originale overflaten. Dette er sannsynligvis hematitt, et jernoksidasjonsprodukt som oppstår ved oppvarminger over minst 200 grader. Hematitt ville være naturlig å finne på metallet dersom brynjeveven har vært med på selve likbålet, i og med at funnet er fra en branngrav.

Fragmentene som er montert og utstilt ved Oldsaksamlingen i Oslo ser ut til å være ved god bevaringstilstand. De øvrige magasinerte fragmentene ser ut til å være noe varierende nedbrutt, men det er mye løs korrosjon blandet med konserveringsvoks på overflaten. Røntgenbilder ville fortalt mye om fragmentenes tilstand.

Det sterkt korroderte fragmentet som ble konservert for utstilling i USA var visstnok preget av aktiv korrosjon, og det ville vært ønskelig å vurdere konserveringstilstanden også til resten av fragmentene. I løpe av analysen av funnene ble det på en del av ringene observert kobberavleiringer under korrosjonslagene, i direkte kontakt med jernet. Dette kan muligens bidra til økt jernkorrosjon ved at jernet fungerer som offeranode for det edlere kobberet. Metallets bevaringsgrad tilsier anaerobe og mulig noe basiske jordforhold; beingjenstander er også bevart i graven.

Undersøkelser

Prøvebiten som ble gjort tilgjengelig for analyse var et stykke på 26 ringer, 6 ringer ble brukt ved destruktiv analyse og resten blir returnert til samlingen. 16 ringer var hele og uten skjøt mens 10 var naglede.

De naglede ringene er av tråd med rundt tverrsnitt. Det er naglehode kun på den ene siden av ringene, og det vender alltid mot samme side av brynjeveven. På de fleste hele plagg viser det seg å være mot yttersiden. Naglehodet er rundt og halvkuleformet og varierer en del i størrelse. På de ringene som har best bevart overflate kan det ses at naglehodene har en jevnt kurvet overflate uten fasettering. Den jevne overflaten tyder på at et senkeverktøy er brukt til å forme naglehodet. Selve naglen synes ikke på "baksiden" av ri ngen. Overlappingen ved naglingen går alltid samme vei, mot klokka. Selve nagleområdet på ringene fra Gjermundbu er av noe mer varierende utførelse enn på skjorten fra Verdalen (C455), og nagleområdet er mindre fortykket i forhold til tråden. Mindre fortykning er nok fordi naglen er mye mindre. Større unøyaktighet i naglingen kan tyde på mindre standarisert fremstillingsmetode, mulig enklere verktøy. Trådendene i overlappingen er spiss i endene.

Eksempler på naglede ringene

En ring ble åpnet i naglingen og sammenføyningen og naglen ble studert. Naglen er ganske rund, men mer ovale og bred mot bakenden. Naglehullet er ikke jevnt rundt, heller spissovalt som en utvidet sprekk. Dette kan være et tegn på verktøyet som har åpnet naglehullene ikke har vært en rund punktspiss, men heller tveegget og med en antydning til meiselform i spissen.

Detaljebilder fra den åpnede naglingen

Naglede og hele ringer sitter konsekvent i annenhver rekke. De hele ringene er kraftigere enn de naglede og har et firkantet tverrsnitt som på enkelte er avrundet noe.

De hele ringene har et tydelig firkantet tverrsnitt

De hel ringene har en tendens til å se litt ujevne ut. Ved et nærmere studie av de best bevarte ringene kommer det frem at den ytre omkretsen er jevnt rund mens den indre omkretsen har tendenser til fire ujevnheter, nærmest som fire hjørner. Dette leder tankene hen på regelrett slitasje. Hver ring er jo hektet i fire andre ringer som passer godt inn i de fire ujevnhetene. Etter å ha tittet nærmere på de naglede ringene viser det seg at også disse har tendenser til hjørnedannelse. Her er ikke metall slitt bort, men metalltråden har gitt etter og bøyd seg .

Ringene har tendenser til fire hjørnedannelser

Metallografien

At brynja er brent går igjen i metallografien. Varmen har gjort at metallet er rekrystallisert. Spor etter kaldbearbeiding av metallet er derfor borte. Slaggstripene er upåvirket av varmen og viktig informasjon er fortsatt tilstede. Både den hele og den naglede ringen har i planslipet grovkornet og homogen feritt. Tråden i den naglede ringen er nesten fri for slaggstriper, men de få som er følger trådens kurving veldig jevnt og vitner om trukket tråd. Den hele ringen har en del slaggstriper. Disse bryter ut av ringen flere steder, et tydelig tegn på stansing. Firkantede tverrsnittet er også et tegn på at stansing er fremstillingsmetoden.

Planslip av hele ringen. Før etsing

Slaggstriper som svinger ut av tråde – 50X

Tverrsnittet av tråden

Den naglede ringen viste seg å ha en veldig spennende og ikke helt vanlig legering i deler av ringen. I den delen som vender lengst bort fra naglen ble det gradvis større konsentrasjon av en nåleformet struktur innenfor ferittkornene. Dette viste seg å være nitridnåler, et tegn på legering med nitrogen (Samuels 1999:416 -424). Nitrogen tas opp i jernet interstetsielt på lignende måte som karbon, men tas opp i større mengder ved lavere temperatur enn karbon. Karbon og nitrogen kan gå sammen i stabile faser og danne enda hardere strukturer. Det merkelige er at nitridnålene ikke var å finne på den naglede siden av ringen. En naglet ring som ble slip i tverrsnitt viste samme fordeling av nitridnåler. Masse ved bakenden av ringen og ingen ved naglen. Nitridnålene er ikke konsentrert kun ytterst i metallet, de finnes i like stor grad i kjernen av tråden. I den hele ringen ses det også spredt fordelte nitridnåler, men i mindre mengder enn i den naglede.

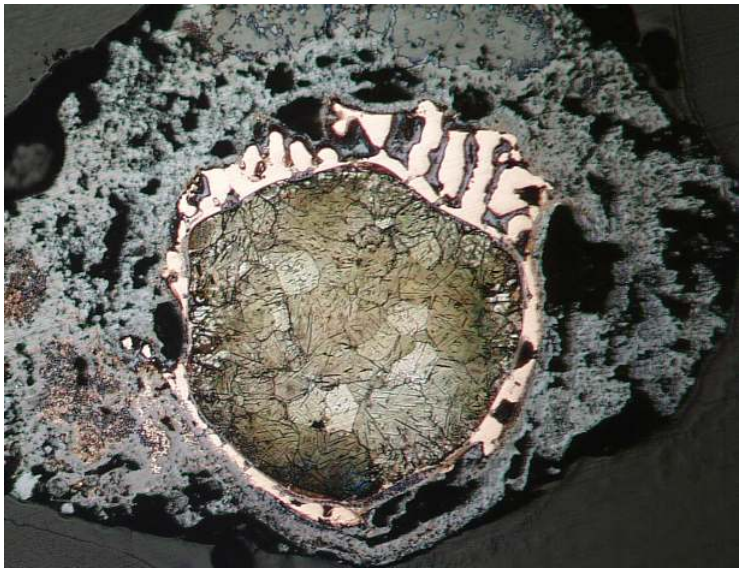
Oversikt over en hel naglet ring

Nitridrik del av tråden – 50X

Nitridnåler – 200X

Ved naglen er det ikke nitridnåler – 50X

Et annet interessant fenomen som særlig ble observert i tverrsnittet av en naglet ring er kobber utenpå metallet. Det ble observert i mindre omfang også på andre ringer (både naglede og hele), men ikke på alle de undersøkte. Metallisk kobber lå i ujevne lag tett inntil bevart jern i ringene, innenfor det som hadde vært original overflate. Kobberet ble analysert i elektronmikroskop og var helt ulegert. Forklaringen på kobberet er trolig en elektrolytisk reaksjon i jorda etter nedleggelsen som en følge av at kobber er edlere enn jern. En bronsegjenstand har trolig ligget nær brynja og korrodert (jf. Doppskoen fra funnet).



Tverrsnitt av tråd i naglet ring. Kobberavleiringer og nitrider. 50X

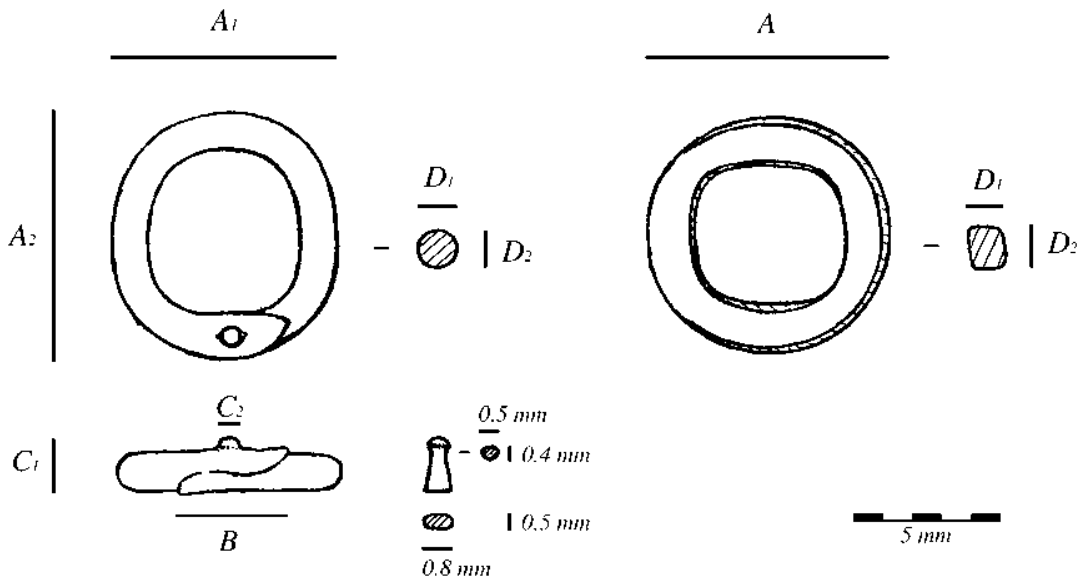
Detalje av kobberavleiring, uetset. 200X

Ved korrosjonen vil ioner av kobber gå i løsning. Når jern finnes i nærheten vil kobberionene som kommer i kontakt med jernet felles ut som metallisk kobber og jernet fungerer som en offeranode (korrodere enda mer). Utfellingen skjer først når ionene er i elektrisk kontakt med jernet. Dette forklarer både at kobberet er helt rent, og at det befinner seg innenfor den originale overflaten til ringene.

Vekt (gram)

Prøven veide totalt	- 6.09 g			
Hele enkeltringer	- 0.29	0.26	0.28	= 0.28 g
Naglede enkeltringer	- 0.15	0.18	0.17	= 0.17 g

De ca 85 brynjefragmentene er aldri veid, og nå er store deler montert og utstilt. Den totale vekten er interessant, så en omtrentlig beregning vil bli foretatt. De magasinerte fragmentene veide ca 2900 gram. De utstilte fragmentene bestod ved en telling av ca 11-12000 ringer og veier dermed utifra ringenes gjennomsnittsvekt ca 2,6 kg. Fragmentenes totale vekt ligger derfor rundt 5,5 kg og består kanskje av 24-25 000 ringer. Uten et nøyere studie av alle fragmentene er det vanskelig å si hvor representativt dette er for hvor mye brynje det kan ha vært i graven i utgangspunktet, og hvor mye som kan ha korrodert vekk. Den nåværende vekten tilsier mye mer brynje enn det er behov for i en et brynjehals til hjelmen, men store brynjeskjorta ville det heller ikke blitt.



Målinger (millimeter)

Naglet ring nr.		1	2	3	4	5	6	7
Ring	A¹	7.5	7.5	7.6	7.7	7.7	7.8	8.7
	A²	8.0	8.2	8.2	8.1	8.1	7.4	7.9
Overlapping	B	3.9	?	?	4.0	-	4.2	3.9
Nagle - lengde	C¹	1.8	1.8	-	1.9	-	1.6	1.8
- hode	C²	0.7	1.2	-	0.6	-	0.8	0.5
- diameter	(kun én åpnet ring)							
		0.5 x 0.4 - diameter mot naglehodeenden						
		0.8 x 0.5 - diameter mot bakenden						
Trådbredde v/nagle		1.8	1.9	1.9	2.4	-	1.6	1.8
Tråd	D	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	(1.0)	1.2
		1.4	-	1.3	1.3	1.2	(1.1)	1.2
		1.3	-	1.3	1.3	1.2	(1.2)	1.2

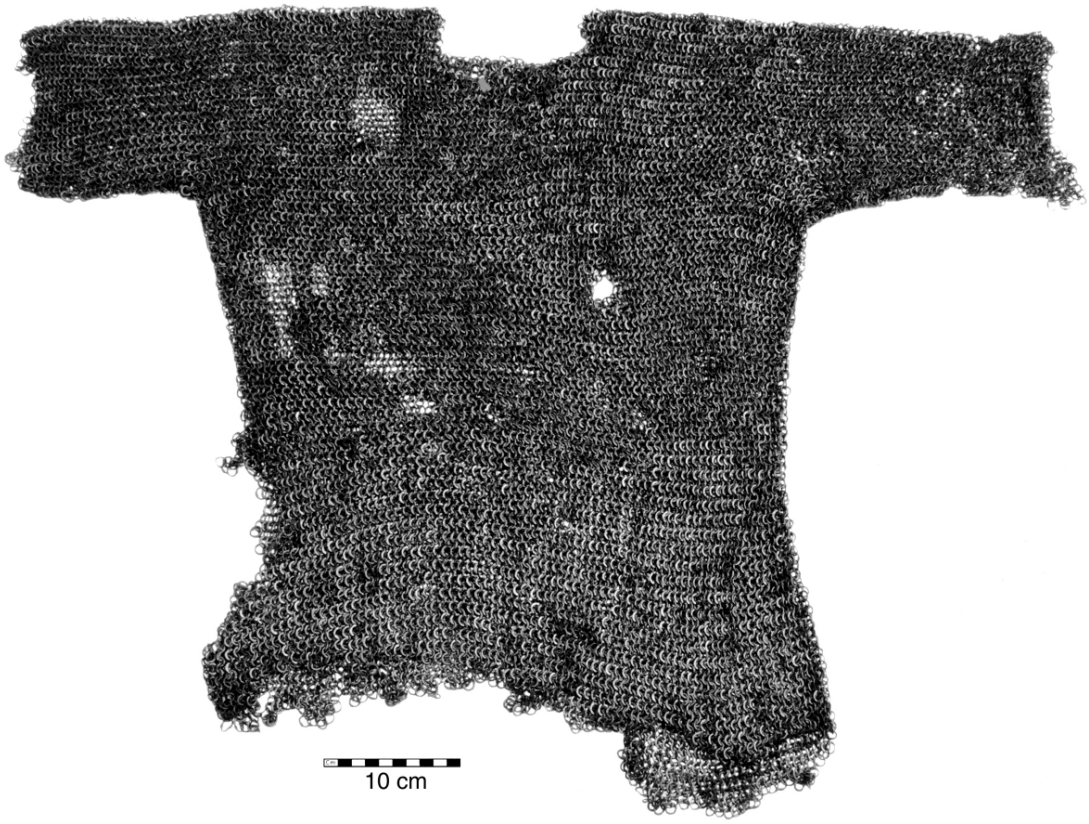
Hel ring nr.		1	2	3	4	5	6	7
Ring	A ytre	8.0	8.1	8.3	7.8	8.4	7.5	8.4
		8.0	8.1	8.2	8.0	8.0	8.4	7.8
	A indre	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	4.7	5.1
		4.9	4.9	4.8	4.9	5.2	5.0	4.8
Tråd	D¹/D²	1.3/1.3	1.4/1.5	1.6/1.6	1.9/1.4	1.3/1.7	1.7/1.6	1.6/1.6
		1.3/1.3	1.6/1.6	-	1.7/1.4	1.7/1.7	1.6/1.5	1.6/1.6
		1.8/1.7	1.2/1.5	-	1.1/1.4	-	1.6/1.5	1.4/1.5

(D² = ringtykkelsen)

- = misvisende pga. mye korrosjon
? = klarer ikke å måle

C 455 – Verdal, Nord-Trøndelag

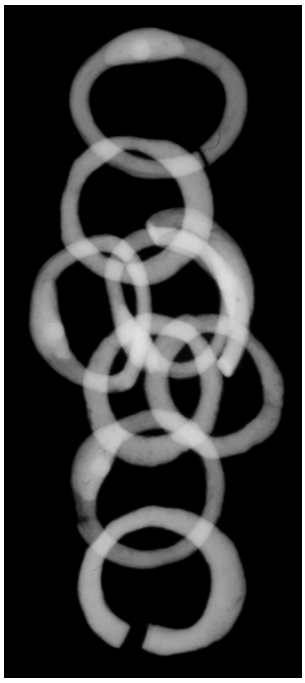
Dette er en brynjeskjorte med et usikkert opphav. Den var lenge oppbevart i Verdalen før den kom inn til museet i 1833. Skjorta er relativt velbevart, men har en del hull og frynsete kanter. Armene er halvlange, omtrent til midt på underarmen. Halsåpningen er ganske rund. Metallet i ringene er velbevarte, men har et lag med overflatekorrosjon.



Hovedmål på skjorta:
85 cm lang
63 cm bred under armene
ca 1 meter over skuldre m/utstrakte ermer.

Etter å ha studert skjorta nærmere vil jeg utifra plaggets og de enkelte ringenes form vurdere den til å være fra 1400 eller 1500 -tallet. Mange bevarte tyske brynjeskjorter fra denne tiden er sammenlignbare med C455 (Pfaffenbichler 1992).

Enkeltringenes form passer også godt med denne dateringen (Smith 1959, Fredman 1992:23-55).



Prøvebiten bestod av 9 ringer.

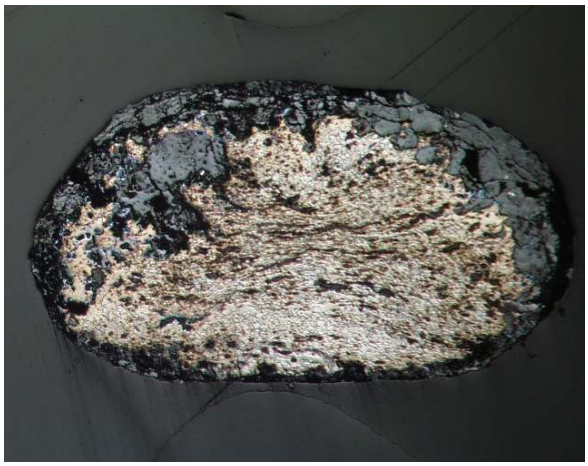
Prøvebiten er på 9 ringer, 5 naglede og 4 hele. Brynja er satt inn med en del konserveringsvoks. Det var nødvendig å klippe de naglede ringene i bakenden for å frigjøre ubrutte hele ringer til den metallografiske analysen.

Naglede ringer

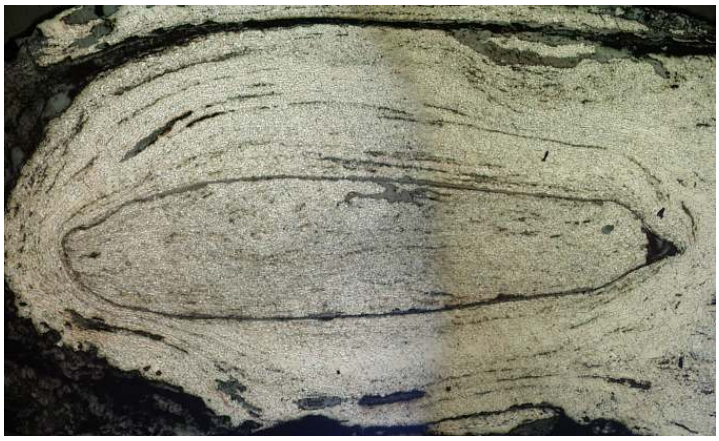
Hele og naglede ringer sitter i annenhver rekke. De naglede ringene har naglehode på kun en side av ringen og denne vender alltid utover på plagget. Alle naglede ringer overlapper samme vei, mot klokka. Trådendene i overlappingen er spisse mot enden og spissen har en tendens til å vende inn mot sentrum i ringen.

Tverrsnittet av tråden i den naglede ringene er ovalt. Ved metallografisk undersøkelse ses det at lagene er klemt sammen mot midten i tverrsnittet, og i planslipet ses det at kornstørrelsen er mindre mot midten av tråden. Dette er trolig resultater av at en rund tråd har blitt klemt oval. Metallet har dessuten slaggstriper

som veldig jevnt følger parallelt med trådretningen. Ved naglen er slaggstripene presset ut til siden, men ikke brutt. Naglens brede, flate form kommer tydelig frem i planslipet. Verktøyet som har åpnet naglehullet har tydeligvis vært en flat, tveegget spiss. Utgangshullet ved naglehodet er formet som et utvidet, avlangt snitt langsmed tråden. Metallet i de naglede ringene er homogent ferittisk



Tverrsnitt av naglet ring ved naglen og av tråden. Deformasjoner synes tydelig.



Planslip ved naglen (avlang langsmed tråden) og av hele trådens bredde

Det er klare tegn til systematikk i naglearbeidet. Lengden på naglen er like lang på alle de undersøkte ringene, ned til en tiendedels millimeter. Formen på naglehodene er nøyaktig like, jevnt halvkuleformede. Et interessant poeng er at naglehodene ser ut til å være dannet vel så mye av metall fra selve ringen som av metall fra naglesplinten.

Brynjemaker som bruker en tang ved sammensetning av brynje (Treue 1965). En naglet ring fra C 455 viser tydelige trekk etter bruk av spesialverktøy ved naglingen.

Dette tyder på at naglingen er utført med et senkeverktøy med naglehodets negative form. Det er fristende å tenke på dette nagleverktøyet som en tang med avtrykk av nagleområdet og naglehodets form i kjeften. Samtidsavbildninger fra 14-1500-tallet viser brynjemakere som bruker én tang i forbindelse med sammensetting av brynje. En oversenke kunne evt også blitt brukt sammen med en hammer.

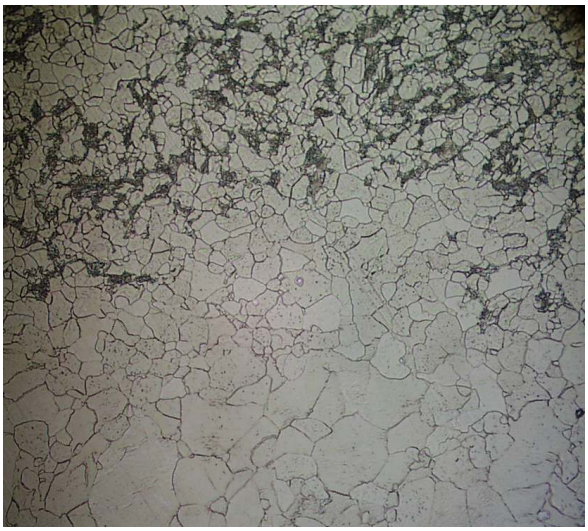
To ringer ble åpnet i naglingen for å studere nagleområdet nærmere. En av disse ble senere brukt til et tangentialt slip av naglingen.

Naglen sett fra siden i en åpnet ring. Spesialverktøyet brukt ved pressingen av naglehodet har deformert kantene på naglen.

Hele ringer

Metallet i de hele ringene viste seg å være mye mer heterogent enn i de naglede. I planslipet ses ferrittisk og perlittisk jern ligger i ujevne bånd som følger ringens kurving. En forklaring på dette fenomenet er gitt i oppgavens generelle teknologidiskusjonen. De perlittiske områdene ser karbonrikt nok ut til å kunne være på grensen til herdbart, men metallet er ikke forsøkt herdet.

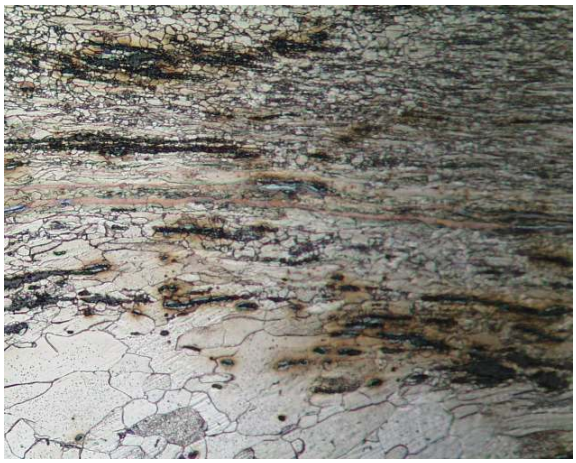
I planslipet ses gjennombrutte heterogene sjikt - 50X



Perlitt og feritt i skjønn forening – 400X

Slaggstripene i ringen er utydelige, men etter å ha tatt et ekstra planslip ble det klart at de delvis gikk på tvers av trådretningen, et tegn på stansing. I tverrsnittet ses flere tegn til stansing. Sjikt av lagdelt perlitt, feritt og urenheter er tydelig deformert mot kantene av tverrsnittet. I tillegg er kornene flattrykte i plan med ringen. Metallet har derfor ikke blitt glødet etter kaldbearbeiding. Ringen er med andre ord stanset ut kaldt. Avrundingen av tverrsnittenes kanter ser ikke ut til å ha påvirket lagdelingene ytterligere. Det er derfor rimelig å anta at avrundingen er oppnådd med sliping og ikke senkesmiing.

Tverrsnitt med heterogen lagdeling i plan med ringen – 50X



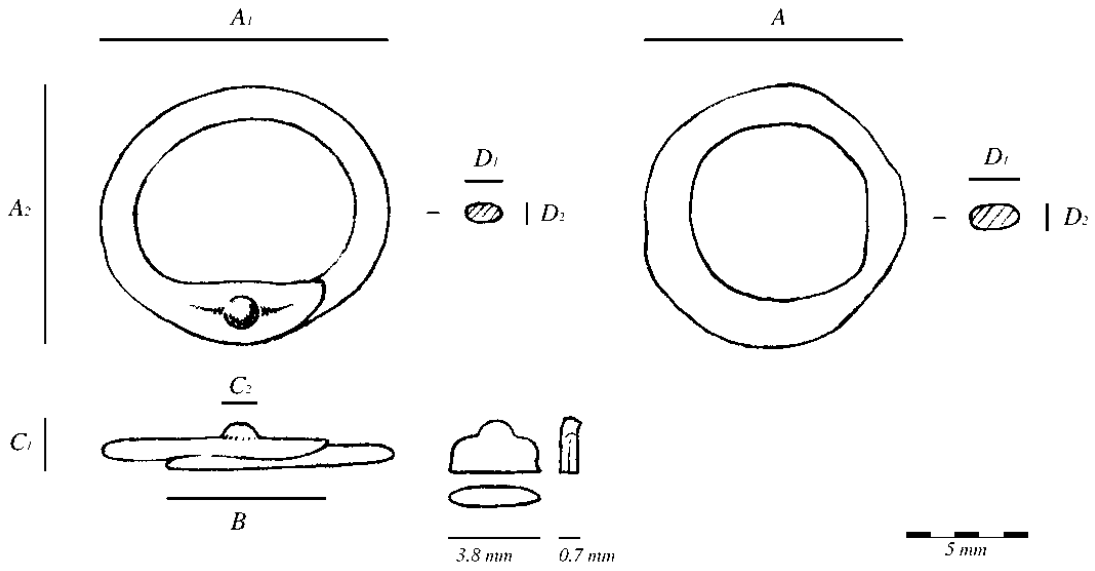
Detaljer av tverrsnittet – 200X

De hele ringene har på tross av en ujevn trådbredde, en veldig jevn tykkelse. Dette passer godt overens med at de tolkes som stanset fra plate. Bredden på tråden er derimot ekstremt ujevn, et mulig resultat av sliping etter stansing. En annen forklaring kan være at ringe ne har blitt slitte ved bruk på lignende måte som brynja fra gjermundbu (se hjørnedannelse - C27317).

Vekt (gram)

Prøven veide totalt	- 2,69 g				
Hele enkeltringer	- 0.31	0.25	0.41		= <u>0.32 g</u>
Naglede enkeltringer	- 0.28	0.28	0.28	0.29	= <u>0.28 g</u>

Hele brynjeskjorta veier ca 8 kg. Dette gir utifra gjennomsnittsvekten av ringene et totalt antall ringer på ca 27000.



Målinger (millimeter)

Naglet ring nr.			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Ring		A^1	12.5	12.6	-	12.2	12.3
		A^2	11.5	11.0	-	11.1	11.0
Overlapping		B	5.8	6.4	7.0	6.2	6.4
Nagle	- lengde	C^1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	- hode	C^2	1.4	1.5	1.4	1.6	1.5
Tråd		D^1/D^2	1.5/0.8	1.6/0.7	1.6/0.7	1.4/0.8	1.5/0.8
			1.5/0.9	1.6/0.7	1.6/0.8	1.5/0.8	1.5/0.8

Hel ring nr.			**1**	**2**	**3**	**4**
Ring						
	- største	A_{ytre} / A_{indre}	12.0/7.5	11.2/7.3	11.3/7.4	11.0/7.4
	- minste	A_{ytre} / A_{indre}	11.0/7.3	10.3/7.4	10.6/7.6	10.5/7.3
Tråd						
	- største	D^1/D^2	2.7/1.1	2.0/1.0	2.1/1.1	2.3/1.1
	- minste	D^1/D^2	1.5/1.2	1.4/0.9	1.0/1.0	1.1/1.0

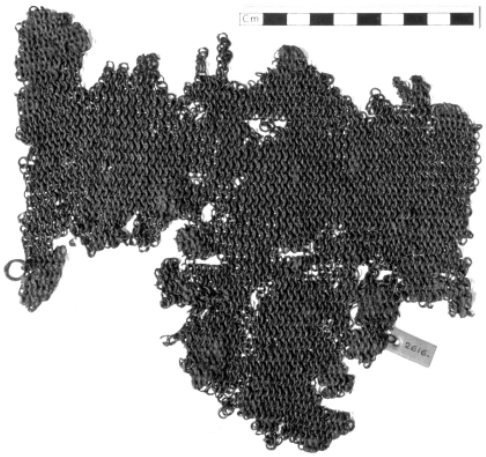
(D^2 = ringtykkelsen)

- = misvisende pga. mye korrosjon
? = klarer ikke å måle

C 2616 – Mølledalen, Buskerud

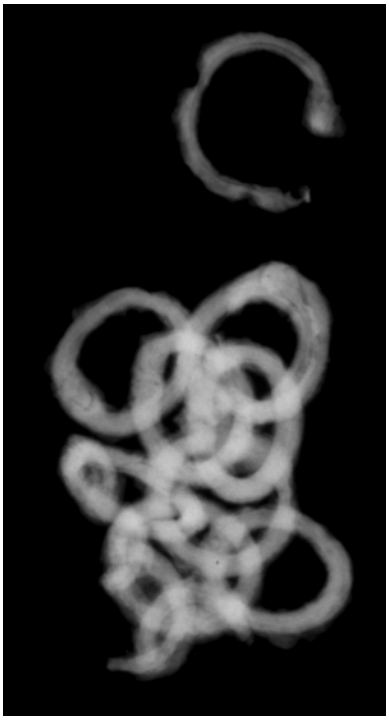
Dette er et brynjefragment som kom til Oldsaksamlingen på 1800-tallet. Ringene er usedvanlig små. Fragmentet er funnet i en ur sammen med en brynjehose (C 3250), en brynjehals (C 3108) og deler av et erme (C 2314). Både 3250, 2314 og 2616 har ringer av samme størrelse, men deler av 3250 og 2314 er i tillegg laget av brynjevev med en enda mindre ringstørrelse. Hosen (C 3250) har en splitt ved leggen. Langs kanten av splitten finnes det flere sett med snøreringer. Snøreringene er dobbelt så store som de største ringene i resten av plagget og er også naglet. Det analyserte fragmentet (C 2616) har en slik snørering festet i kanten og er derfor mest sannsynlig restene av den andre hosen i par til C3250. Den bedre bevarte hosen er til et venstre bein, om man vurderer snøringen til å skulle være bak på leggen. Fragmentet C 2616 vil da være fra den høyre hosen.

C 3250 – den hele hosen



C 2616 – det analyserte fragmentet. Legg merke til den større snøreringen

Bevaringstilstanden er varierende, men stort sett god om man tar i betraktning hvor tynn tråden i ringene er. Det virker som alle de fire brynjegjenstandene fra Mølledalen hører sammen. Stemmer det kan de utifra brynjehalsen (”gorget” eng.) typologisk dateres til 1400-tallet.

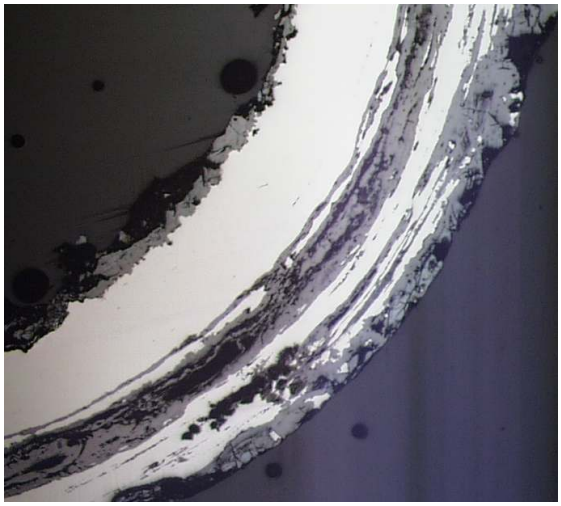


Prøvebiten fra C 2616 som ble gjort tilgjengelig for analyser

Prøvebiten består av ringer med en del overflatekorrosjon og er ikke fra den best bevarte delen av fragmentet. Ringene er satt inn med en rødlig konserveringsvoks. Alle ringer er naglet og overlapper mot klokka. Naglehoder på ringene kan enkelte ganger være vanskelige å skille fra resten av ringen, men ser ut til å alltid vende samme vei. På brynjehosen C3250 vender uvanlig nok naglehodesiden av brynjeveven mot innsiden av plagget. Naglehodene er ikke særlig fremtredende, så hvilken vei de er plassert har trolig liten praktisk betydning. Hosen kan eventuelt ha blitt vreng på et tidspunkt, for to av snøreringene er nå plassert et stykke innenfor kanten på den nåværende innsiden.

To åpnede ringer ble nøye studert i nagleområdet og selve naglen ble målt. Trådendene i overlappingen er butte og ikke spisse slik det er vanlig. Tråden ringene er laget av har et rundt tverrsnitt. Metallografi viser i plansnitt slaggstriper konsentrert ved sentrum av tråden. De følger trådens kurving og tyder på at tråden er fremstilt ved trekking. En forklaring på at de er konsentrert i midten av tråden får vi

ved tverrsnittet. Her ses en U-form som er full av urenheter i midten. Trolig er tråden trukket med utgangspunkt i flate jernstrimler klippet fra plate. Disse har medvilje eller tilfeldig blitt krøllet sammen til "hule rør" ved trekkingen.



At tråd er trukket av flatt jernbånd som har foldet seg på langs kan observeres ved å kombinere tverrsnitt og planslip av ringen.

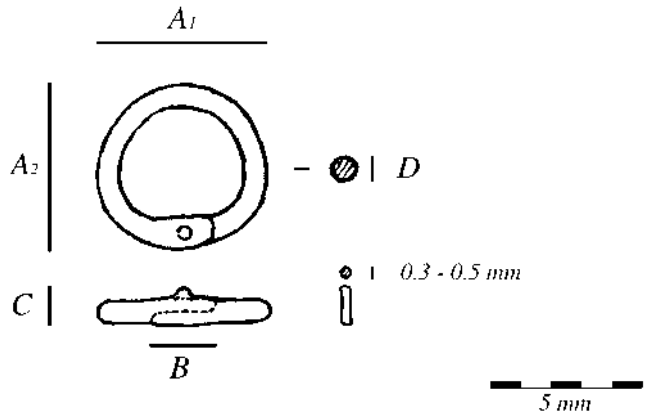
Metallografien viser forøvrig ferittisk jern, naglens runde tverrsnitt og deformasjoner i kantene av naglehullet. Naglehullet ser ut til å ha vært større enn naglen.

Detalje ved naglingen. Naglehullet er større enn selve naglen – 100X

Vekt (gram)

Prøven veide totalt	- 0.68 g
Alle ringer naglet	- totalt 10 ½ ringer gir et gjennomsnitt på 0,065 gram per ring.

Den bevarte hosen C 3250 som fragmentet C 2616 trolig er fra parhosen til veier 1533 gram. Hosen inneholder dermed omkring 24 000 ringer.



Målinger (millimeter)

Naglet ring nr.		1	2	3	4	5	6	7	
Ring	A¹	-	5.0	5.5	5.6	5.5	5.4	5.5	
		A²	-	5.5	5.4	5.4	5.5	5.3	5.3
Overlapping	B	2.4	?	?	2.4	?	2.3	2.3	
Nagle - lengde	C	1.3	1.5	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	
- diameter			-	-	-	-	-	0.50	0.30
Tråd	D	0.85	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
			0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9
(Korrodert overflate)		-	-	0.9	0.8	0.8	-	-	

- = misvisende pga. mye korrosjon
? = klarer ikke å måle

Daterbarhet og teknologisk vurdering av brynje

Mesteparten av det man har av brynjefunn er enten fra romertids innsjøofringer (Tyskland og Danmark), gravgaver i førkristne graver eller 14-1500-talls brynjeplagg tatt vare på av samlere. Det virker som lite brynjemateriale er bevart fra tidlig middelalder. Dette til tross for at det var nettopp i den tidligste delen av middelalderen at brynjerustning ble mest brukt av alle tidsperioder. 11-1300-talls riddere var utrustet i brynje bokstavelig talt fra topp til tå. Samtidsavbildninger og skriftlige kilder er mer vektlagt som kilder til forståelse av brynje på denne tiden enn arkeologiske funn. Massegravene etter danskekongen Valdemar Atterdags brannskatting av Visby i 1361 er et viktig unntak. Her ble det funnet store mengder brynjeplagg, særlig hetter, men også skjorter. Samtidsavbildninger må brukes med en god porsjon kildekritikk i minne – kunstneriske friheter, symbolisme, misforståelser, forenklinger, omreisende kunstnere fra andre land (ved f.eks. kirkekunst). Men allikevel er avbildningene en god kilde til hvilke plagg som var kjent i ulike perioder.

Typologiske trekk ved brynjevev er ikke lett å avgrense, men enkelte tendenser kan spores. Det er spesielt på ringniva det vil være interessant å kunne skille brynje i tid, og ikke bare etter formen på brynjeplagget. Ofte er bare fragmenter av plaggene bevart, men mange av arbeidsteknikkene som er anvendt ved fremstillingen er mulig å spore på de enkelte ringene. Per-Olof Fredmans katalogoversikt over svenske brynjefunn (Fredman 1992:23-55), egne undersøkelser og publiserte undersøkelser av bl.a. av enkelte danske, engelske og tyske funn er grunnlaget for disse oppfatningene.

I jernalder er nesten alltid tråden i ringene rund eller tilnærmet rund. Dette gjelder både de naglede og de hele, uskjøtede. Fra siste del av vikingtid (900 tallet) og begynnelsen av middelalder får de hele ringene et mer kantete tverrsnitt enn tidligere; firkantet eller D-formet. Det kan virke som de hele, trolig utstansede ringene blir mindre forseggjorte og mindre foredlet mot et rundt tverrsnitt enn tidligere, for går man nøyere igjennom brynjemateriale fra før vikingtid finner man antydninger til D-form på de hele ringene også her. Eksempler på D-formet tverrsnitt med den flateste siden vendt inn mot hullet i ringen finnes fra romersk

jernalder (Vimose og Thorsberg - Jouttijärvi 1996:54) og under arbeidet med denne oppgaven undersøkte forfatteren selv et lite brynjefragment datert til merovingertid, 600-tallet (C 15968 – Oldsaksamlingen Oslo). Her ble det observert et svakt D-formet/eliptisk tverrsnitt på de hele ringene.Nagleområdet på ringer fra jernalder, vikingtid og tidlig middelalder er ofte ikke særlig kraftigere enn resten av tråden og det virker som selve naglene har vært laget av rund tråd.

Utover i middelalder blir naglingen etter hvert ofte utført med flate nagler som er brede i bakenden. Naglehullene er da mer som snitt langsmed tråden enn runde hull. Dette gir nagleområdet et karakteristisk avlangt og langstrakt preg, ofte utformet med en ryggdannelse på samme side som naglehodet.

I tidlig middelalder er tråden i naglede ringer fortsatt vanligvis rund. Naglede ringer med flatt eller ovalt tverrsnitt ser ut til å bli vanlig først på 1300-tallet. Naglede ringer med flatt eller ovalt tverrsnittet er ikke nødvendigvis et sikkert dateringsgrunnlag i seg selv, men er naglingen i tillegg langstrakt og med ryggdannelse på naglehodesiden kan man være ganske så sikker på senmiddelaldersk datering.

Brynjer med alle ringer naglet finnes det et eksempel på allerede i vendeltid (Fredman 1992:46), men det ser ellers ut til å være uvanlig før middelalder. På 14 - 1500-tallet er helnagling av brynje vanlig, men absolutt ikke enerådende (se konkrete eksempler - Smith 1959:62-64). Dette kan kanskje forklares ved at naglingen faktisk er ringenes svake punkt. Bare halvparten av ringene trenger strengt tatt å være åpne under sammenhektingen, så de andre kan være laget hele og uskjøtede og dermed sterkere. Denne ekstra styrken kommer godt med om brynja skal stoppe inntrengning av pilspisser og stikkvåpen som spyd. Eksperimenter med pilskyting mot brynje bekrefter dette (Nielsen 1991:144). Hvor arbeidskrevende fremstilling av stansede ringer er sammenlignet med naglede er et interessant spørsmål i denne sammenhengen, men kan ikke besvares før varierte og utførlig eksperimentering med fremstilling er gjort. Sammensveising av metalltråd for å fremstille de hele ringene har også vært forsøkt dokumentert av enkelte (Smith 1959/60, Lang, Craddock, Hook 1992, O'Conner 1992).

Naglede ringer

Alle naglede brynjeringer fra alle tidsperioder og på alle plagg viser seg å konsekvent overlapper samme vei, mot klokka. Dette gjelder alle de norske funn undersøkt av forfatteren, men også alle avbildninger og publikasjoner forfatteren har kommet over. I prinsippet kunne de godt ha overlappet den andre veien også. Kanskje har dette med fremstillingsprosessen å gjøre, og hvilken vei en høyrehendt person lettest kan utføre et eller flere trinn av den.

Trådender i overlappingene på naglede ringer har nesten alltid tilspissede ender. Disse spisse endene er normalt bøyd svakt innover mot sentrum av ringen. Om spiraler av jerntråd først surres opp på en metallstang og deretter kappes opp til ringer ved å hugge skrått fra yttersiden med en meisel vil begge disse trekkene oppstå. Kappes spiralen opp skrått i den riktige retningen i forhold til spiralens oppsurring får ringene også automatisk overlapping og "trakten" foreslått av Burgess (1953) til å presse sammen ringer for å gjøre dem overlappet er helt overflødig.

Resultatet av forfatterens egne forsøk med skråkapping av varmglødede trådspiraler for å direkte få overlappede ringer

Eksempler fra originale ringer ser ut til å vise de samme skråkappede trekkene (ring fra C 455)

Meiselen kan være håndholdt, men det virker lettere å kontrollere prosessen om den sitter montert fast i en stubbe eller ambolt med eggen opp. Et verktøy som av smeder kalles en "h oggtann".

Naglehoder på de naglede ringene er oftest kun på den ene siden av ringen, men kan også være på begge. Der hvor naglehodene er på kun en side vender naglehodene alltid samme vei på alle de naglede ringene på samme brynjestykke, På bevarte hele brynjeplagg er naglehodene vendt utover. Enkelte unntak finnes, men disse plaggene kan evt ha blitt vrengt.

Naglehoder er nesten alltid jevnt halvkuleformet, noen flatere enn andre. Det ser ikke ut til å være noen fasettering på naglehodene etter hammers lag, selv ikke på de eldste funnene. Fasetterte naglehoder er det derimot eksempler på ved senere påsatte reparasjonsringer (Jouttijärvi 1996:54). Selv om naglehodene er perfekt halvkuleformede så består de ikke kun av den delvis stukede nagleenden. Metall fra selve ringen er også inkorporert og presset inn i dette hodet. Det inkorporerte metallet kommer nok i stor grad fra lepper som har oppstått i utgangen av naglehullet når det har blitt presset opp med et spisst verktøy (se analysene av C455 for bilder mm).

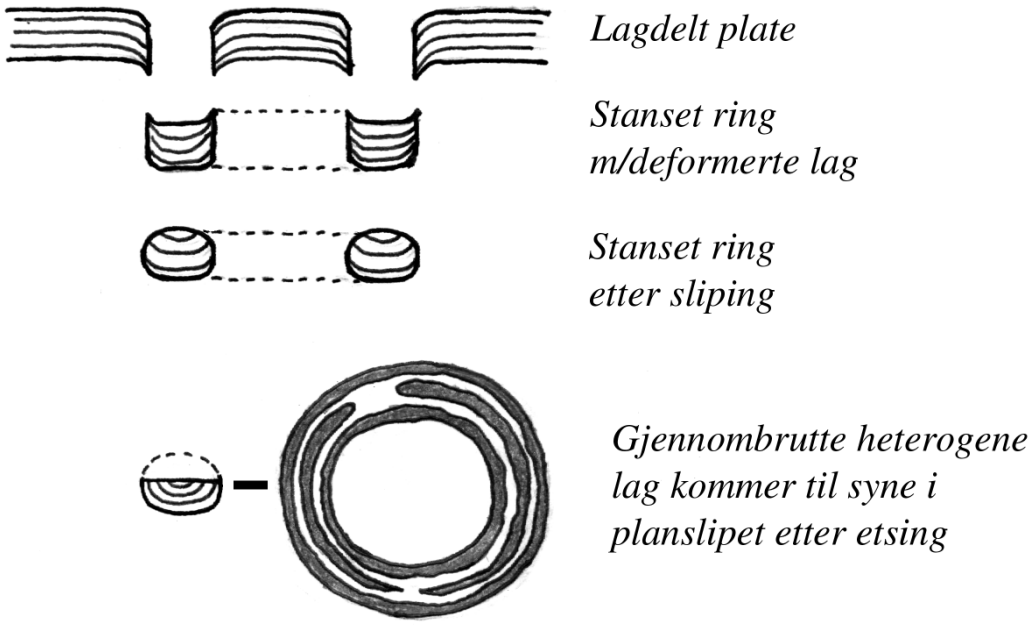
Naglehodene må derfor være tildannet med et slags senkeverktøy som hadde nagehodets negative form. Senkegropen kan ha blitt presset mot naglen ved slag med en hammer eller ved hjelp av kraften i en tang (se bl.a. forsiden).

Utover i middelalderen blir naglede ringer ofte laget litt ovale eller flate i tverrsnittet. Dette ser også ut til å ha en veldig regelmessig utførelse (se C455 – trådtykkelsen). Muligens ble utflating av tråden gjort i samme verktøy som utflatingen av trådendene i overlappingen.

Stansing av ringer

Stanseprosessen ved fremstillingen av hele, uskjøtede ringer kan ha foregått ved hjelp av én stanse eller ved for eksempel først en stanse for det indre hullet og deretter en stanse for utsiden. Det er funnet flere eksempler på stansede ringer. I denne analysen viste det seg at de hele ringene fra begge brynjer var fremstilt ved stansing. Arne Jouttijärvis metallografiske undersøkelser fra 1996 gav også resultatet at alle hele ringer var stanset. To andre metallografiske undersøkelser som hevder sveising var fremstillingsmetoden er muligens ikke holdbare (Smith 1959/60 og Lang, Craddock, Hook 1992). Brynja fra Coppergate er noe uklart dokumentert i

forbindelse med sveisede ringer. I publikasjonen gjengis et bilde av ringens tverrsnitt (Lang m.fl. 1992). Her ses heterogene lag i plan med ringen i tillegg flattrykte ferittkorn i plan med ringen. Disse trekkene vitner om kaldstansing og ikke sveising. Dr Smith studerer et større antall 14-1500-talls brynjer. Han mangler en vurdering av tverrsnittene av de hele ringene i studiet sitt og mistolker derfor trolig plansnittet. Det virker som han blander sammen observasjoner av slaggstriper og formasjoner dannet av lagdelt, heterogent jern (feritt/perlitt). Disse lagene blir deformert ved stansing og blir derfor ved plansliping brutt igjennom som årringene i en planke. Resultatet er etter etsing at man ser striper som følger ringens kurving.



Etterbehandling av stansede ringer ser på tverrsnitt ut til å kunne være gjort ved sliping for å fjerne defomasjonslepper og grader. I en tysk laugsbok fra tidlig 1400-tall ser man en slik ringbearbeiding (Treue 1965:54 – tekst s116 i tekstbindet).

Ringmaker, 1400-tallet (Treue 1965)

Her er det tredd mange ringer av gangen på en tykk buestreng og disse slipes nede i et buet spor i en lærfóret trekloss. Dette vil godt forklare D-formede trådtverrsnitt hvor den rette kanten vender inn mot hullet i ringen (tidligere påpekt av Arne Jouttijärvi 1996). Tilbanking av hver enkelt ring mens den var tredd på en metalldor kunne også vært en mulig etterbehandling (foreslått av Burgess 1959/60, Sim:1998), men trolig mye mer arbeidskrevende. Hele ringer som er gitt et rundt tverrsnitt kan i teorien ha blitt avrundet i et dobbelt senkeverktøy etter stansing slik det er foreslått om Hedegårdsbrynjen av Malfilâtre (1993:44).

Arbeidskrevende fremstilling

Tenker man på at arbeidet med å lage en brynje krever at man former tusenvis av ringer og føyer dem sammen til plagg så forstår man ganske fort at dette krever enormt med arbeid. Metall i trådform og tynne jernplater skal fremstilles. Spiraler skal surres opp av tråden og hele ringer skal stanses ut av platene. Spiralene må kappes opp til overlappende ringer og de råstansede ringene må slipes for å runde av skarpe kanter. Alle ringene må tres sammen, hver ring skal være hektet i fire andre.

Naglehullet må åpnes og naglingen utføres. Underveis i sammensetningen må også plaggets form vurderes.

Das Hausbuch der Mendelschen Zölfbrüderstiftung fra 1400-tallet forteller at å lage en brynjeskjorte var et halvt års arbeide (Treue 1965). Brynjeskjorta fra Verdalen (C455) inneholdt ca 27000 ringer.

Forming av brynjeplagg

Brynjevev er et såkalt isotropisk materiale. Det har et mønster med to retningsorienteringer, og er mer strekkbart i den ene av disse. Den mest strekkbare retningen er så å si alltid horisontalt orientert på brynjeplagg (se introduksjon). Dette gjelder alle brynjeskjorter med unntak av enkelte tidlige romerske og keltiske – blant annet Hedegårdsbrynja (Malfilâtre 1993). På skjortene fortsetter mønsteret utover armene og skifter ikke ved skuldrene. Den samme orienteringen er det på den snørte brynjehosen og brynjehalsen fra Møllerdalen (C3250 og C3108 – Oldsak. Oslo). Retningsorienteringen er opprettholdt også på hjelmanheng som f.eks funn i Vendel og Valsgärde (Arwidsson 1935, 1939, 1942, 1954 og 1977) og på Coppergatehjelmen (O`Conner m.fl. 1992).

Brynjeskjorten fra Verdalen (C455 – Oldsaksamlingen Oslo) er gitt bedre bevegelighet i armene ved at mønsteret i brynjeveven er formet spesielt under armhulen. Dette blir som formsydde skuldre på jakker og gensere. Hosen fra Møllerdalen (C3250 – tidligere tolket som et erme) har også subtile endringer i mønsteret for å gi bedre passform. Blant annet i en form av en utvidelseskile øverst på innsiden av låret. Brynjehalsen C3108 har en utvidelse som gir plass til haken, og overlappende kanter på hver side av hakepartiet, trolig til å snøre inntil hakestykket ved bruk. Denne brynjehalsen (”gorget”eng.) er en sjelden gjenstan d, og er trolig stilmessig daterbar til 1400-tallet. Funnet har tidligere blitt tolket som del av et erme. Dette er garantert feil. Gjenstanden er fullstendig intakt og i veldig god bevaringsmessig stand (C 3108 - Oldsak. Oslo).

Kronologisk vurdering av brynjeplaggene

Sammen med studiet av brynje på ringnivå må også plaggene laget av brynjevev vurderes. I heldige tilfeller kan begge nivåer studeres samtidig ved at man har hele bevarte brynjeplagg. For arkeologiske brynjefragmenter kan man enkelte ganger datere ut ifra konteksten med lettere daterbare funn. Hele plagg kan eventuelt

forsøkes datert fra samtidsavbildninger og skriftlige kilder. Her skal man være kildekritisk og dessuten har mange typer brynjeplagg blitt brukt gjennom tidsperioder på flere hundre år. Sammen med en vurdering av brynje på ringnivå kan det allikevel være interessant å titte på avbildninger som for eksempel hjelmdekor i pressblikk fra vendeltid, bayeuxteppet fra siste del av 1000-tallet og norske frontaler fra sent 1200 og tidlig 1300-tall. Bayeuxteppet gjengir blant annet tidlig bruk av brynjehoser. Det er bare hertug Vilhelm selv og en av hans nærmeste menn som er avbildet med brynjehoser. Blant de vanlige ridderne er det kun brynjeskjorter med hetter.

Skriftlige kilder som Beowulf, kongsspeilet, landslovene og hirdskraa gir også ulike former for informasjon om brynje.

Konklusjon

Det begrensede materiale som ble analysert i denne oppgaven gir ikke grunnlag for alt for bastante slutninger, men resultatene passer godt overens med undersøkelsene gjort på dansk brynjemateriale av Arne Jouttijärvi. Hele ringer som ble undersøkt viste seg å være stanset og ikke sveiset. Det er vanligere enn forventet med brynje laget av halvparten hele ringer heller enn alle naglet. Visse typologiske trekk på ringnivå ser ut til å kunne være interessante og muliggjøre datering, men mangel på brynjefunn fra første del av middelalder skaper et større hull i typologien. Generelt virker det som brynjefremstilling er en særdeles arbeidskreve nde og spesialisert håndverksform. Spesialvertøy for forming av naglehull og nagling har vært i bruk, trolig lenge før middelalder. Trådtrekking ser ut til å ha vært en nærliggende del av brynjefremstillingen, men denne oppgaven har ikke gått nærmere inn på denne delen av prosessen. Om trådtrekkingen ble utført av brynjemakeren(e) selv eller andre spesialiserte håndverkere vites ikke. Forsøk på å besvare dette er et av flere spørsmål som kan gi ny innsikt i brynjefremstilling som en del av det øvrige samfunnet.

Brynjes symbolisme, bruk og effektivitet i strid er på ingen måte tatt opp her og må bli videre temaer for senere forskning.

Ordliste

Senke	Verktøy med en gropform som metallet kan bankes ned i for å få et avtrykk av gropens form.
Kjeft, tang	Det området av en tang som brukes til å holde ting fast med.
Metallografi	Sliping og polering av en metallflate for å i mikroskop kunne studere sammensetning og strukturer som har oppstått i metallgjenstandens fremstilling.
Brynjevev	Betegnelse på fleksibelt materialet som oppstår når metallringer hektes sammen i et bestemt mønster. Brukt i Europa som rustningsmateriale mellom ca 300 f.kr. og opp i middelalder for å beskytte mot kuttskader.
Stuke	Det å gjøre en bolt eller stang tykkere i enden.

Litteraturliste

Arwidsson, Greta
1935 A new scandinavian form of helmet from the Vendel-time
Acta archaeologica 5:3, København

Arwidsson, Greta
1939 Armour of the Vendel period
Acta Archaeologica Vol.10, København
(feilaktige rekonstruksjoner av rustningsdeler)

Arwidsson, Greta
1942 Die Gräberfunde von Valsgärde. 1, Valsgärde 6
Acta Musei antiquitatum septentrionalium Regiæ Universitatis Upsaliensis ; 1, Uppsala

Arwidsson, Greta
1954 Die Gräberfunde von Valsgärde. 2, Valsgärde 8
Acta Musei antiquitatum septentrionalium Regiæ Universitatis Upsaliensis ; 4, Uppsala

Arwidsson, Greta
1977 Die Gräberfunde von Valsgärde. 3, Valsgärde 7
Acta Musei antiquitatum septentrionalium Regiæ Universitatis Upsaliensis ; 5, Uppsala

Burgess, E. Martin
1959/60 A reply to Cyril Stanley Smith on mail making methods
Technology and Culture, I, 1: Winter 1959/60

Burgess, E. Martin
1953 The mailmaker's technique
The Antiquaries Journal 33, Oxford

Burgess, E. Martin
1953 Further research into the construction of mail garments
The Antiquaries Journal 33, Oxford

Grieg, Sigurd
1947 *Norske Oldfunn VIII*, Gjermundbufunnet – en høvdinggrav fra 900-årene fra Ringerike, Oslo

Fredman, Per-Olof
1992 *Ringväv - om ringbrynjor och liknande föremålstyper från förhistorisk tid og medeltid.*
Uppsats C/20p, Inst. för arkeologi Uppsala universitet . 55s

Jouttijärvi, Arne
1996 Fremstilling av ringbrynjer
Nettverk for tidlig teknologi / Early Iron, København

Lang, J., Craddock P.T. og Hook, D.R. - red. Tweddle, D.
1992 *The Anglian Helmet from Coppergate*
- Analytical results (s1017-1026)

Malfilâtre, Michel Kalsbøll
1993 *Ringbrynjen fra Hedegård – fremstillingsteknik og metode*
Konservatorskolen, Det Kongelig Danske Kunstakademi

Munksgaard, Elisabeth
1984 A Viking Age Smith, his Tools and his Stock-in-trade
Offa 41

Nielsen, Ole
1991 Skydeforsøg med jernalderens buer
Eksperimentel Arkæologi nr 1 1991, HAF-Leire

O`Conner - red. Tweddle, D.
1992 The Anglian Helmet from Coppergate, *The Archaeology of York* – the small finds 17/8
- Conservation of the helmet and mail (s907-935)
- The mail curtain (s999-1011)
- Technology and dating of the mail (s1057-1082(1171))
- Catalogue of Scandinavian mail (s1183-1187)

Pfaffenbichler, Matthias
1992 Armourers, *Medieval craftsmen*, British Museums press

Samuels, Leonard E.
1999 *Light Microscopy of Carbon Steels*, ASM International, Materials Park (USA).
Første gang utgitt i 1922, 1980 – revidert utgave, 1999 – revidert og utvidet.

Scott, David A.
1991 *Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals*, The Getty Conservation Institute, Arcetype Books (London/Singapore?)

Sheldon, Steven E.
1999 *Riveted mail – theory and technique.*
http://www.arador.com/forth2.html (hentet ned mars 2000)

Smith, Cyril Stanley
1959/60 Methods of Making Chain Mail (14th to 18th Centuries): A Metallographic Note, *Technology and Culture*, I, 1: Winter 1959/60

Sim, David
1998 Beyond the Bloom
BAR S725, Archaeopress

Dreshner, Hans - red. Raddatz, Klaus
1981 *Sörup I*, Neumünster

Thordeman, Bengt
1939 *Armour from the battle of Wisby 1361 – Bind I*
Uppsala

Treue, W. (red.)
1965 *Das Hausbuch der Mendelschen Zölfbrüderstiftung zu Nürnberger*, München
(tekst og bildebind)

Tweddle, Dominic
1984 *The Coppergate helmet*, Jordvik Viking Center – York

Wyley, Stephen F.
The Gjermundbu Mail Shirt
http://www.geocities.com/svenskildbiter/ArmsArmour/mailshrt.html (hentet ned 3/4-00)

Annen relevant litteratur forfatteren ikke fikk studert:

Burgess, E.M.
1957 The Mail Shirt from Sinigaglia, *The Antiquaries Journal 37*, Oxford

Burges W. & Baron de Cosson
1881 *Catalogue of the Exibition of Ancient Helmets and Examles of Mail*

Engelhardt, C.
1863 Thorsbjerg Mosefund*, Sønderjyske Mosefund 1*, København

Engelhardt, C.
1863 Thorsbjerg Mosefund*, Sønderjyske Mosefund 2*, København

Robinson, H.R.
1975 *The Armour of Imperial Rome*, London

Nicklasson, Påvel
1989 *Ringväv och sårsvett – om tillverkning och använding av ringbrynjor.*
C-uppsats (studier av danske mosefunn fra førromersk og romersk jernalder.)

Erik D. Schmid (personlig venn av David Edge ved Wallace Collection) har visstnok kommet langt i praktisk forståelse og gjenskapelse av brynjefremstilling.