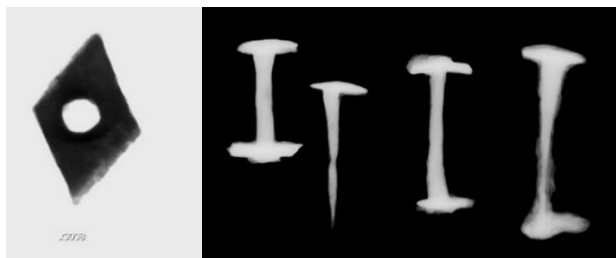


Hvem kom forbi?

Skibsnagler og jernsøm som kilde til de søfarendes provenienser på jernalderens og vikingetidens store strandmarkeder i det sydvestlige Østersø-område

Mogens Bo Henriksen, Sigurd Arve Baslund Bohr & Jesper Hansen



CENTRUM. Forskningscenter for centralitet. Rapport nr. 16, 2024

MUSEUM ODENSE

E-publikation udgivet af Forskningscenter CENTRUM ved Museum Odense 2024

ISBN 978-87-90267-64-3

© Museum Odense & forfatterne

Redaktion: Mogens Bo Henriksen

Forsidefoto: Klinkplade og nagler fra Havsmarken.

Foto: Nermin Hasic. Røntgenfotos og bearbejdning: Jannie A. Ebsen.

Museum Odense

Overgade 48

5000 Odense C

museum@odense.dk

museumodense.dk

museumodense.dk/forskning/forskningscentret-centrum

Indhold

Indledning	4
Lokaliteterne	6
Nagle + Klinkplade = Klinknagle.....	10
Materialets karakter	11
Metoder.....	14
Analyseresultater	17
Konklusioner på proveniensanalyserne	18
Proveniensanalysernes perspektiver	19
Fremtidige analyser	21
Litteratur.....	23
Bilag 1 – Variabler og dimensioner på de analyserede nagler mv.....	25
Bilag 2 – Røntgenbilleder af de analyserede genstande	26
OBM6715 Strandby Gammeltoft.....	26
OBM9787 Mageløs	28
SOM A2-86 Lundeborg I	29
SOM A7-86 Lundeborg II.....	30
LMR14954 Havsmarken.....	32
Bilag 3 – Rapporten ”Hvem kom forbi – jernnagler fra fire anløbspladser fra vikingetiden”	40

Indledning

I løbet af romersk jernalder blev bebyggelsesstrukturen i det skandinaviske landskab tilføjet et nyt element i form af anløbspladser, der var placeret på den åbne kyst. Det var dog først i løbet af yngre germansk jernalder, at anløbspladserne blev mere udbredte, hvilket bl.a. skal ses i sammenhæng med den skibsteknologiske udvikling, herunder introduktionen af sejl, som muliggjorde bulktransporter af varer og mennesker (Ulriksen 1998; 2018; Ravn 2022).

Et karakteristisk element ved anløbspladserne er, at de kun undtagelsesvist har omfattet permanent bebyggelse. Derimod viser det arkæologiske fundstof fra lokaliteterne, at de sæsonbetonede aktiviteter ofte havde en stærkt specialiseret karakter, som kunne omfatte håndværk eller handel – og ikke sjældent begge elementer.

Anløbspladserne har i sagens natur en klar maritim orientering. Det var langskibe, der flyttede laster til og fra disse lokaliteter, hvorefter transporten videre indlands var baseret på landtransport. Det antages, at transaktionerne fandt sted på de åbne strandarealer, der som følge heraf altid var valgt ud fra kriterier om gode muligheder for anløb og opankring og tilknytning til landværts infra- og bebyggelsesstruktur mv. Fundmaterialet fra anløbspladserne i form af (fragmenter af) udvekslede varer, men også i form af betalingsmidler, vægte m.v. giver et indtryk af udstrækningen og karakteren af det udvekslingsnetværk, som den enkelte lokalitet var en del af. Det samme kan i nogle tilfælde aflæses af spredningen af importerede genstande i anløbspladsernes bagland (f.eks. Henriksen 2009:228ff; 340ff).

Det arkæologiske materiale giver således et indtryk af udvekslingsnetværkets udstrækning og orientering, og, som det er tilfældet ved Lundeborg på Sydøstfyn får man også et indtryk af den bagvedliggende organisation (Thomsen 1993; 1994). Derimod giver det arkæologiske materiale ingen indikationer på, hvem der stod bag logistikken i transaktionerne, og skriftlige kilder er heller ikke oplysende på dette punkt. Det er således uvist, om de søfarende og deres fartøjer var af lokal oprindelse, om de var "indchartrede" fra et regionalt opland, eller om der var tale om fartøjer og besætninger, der var forankrede i fjerne landskaber og fremmede kulturer.

De vidtstrakte netværk, som en række anløbspladser var en del af, har krævet en velfungerende og effektiv maritim transportteknologi i form af fartøjer, der kunne besejle de indre danske farvande, Østersøområdet og i nogle tilfælde også Nordsøen. Hertil kommer kontinentale flodmundingsområder med deres særlige besejlingsforhold. En forudsætning for fartøjernes kontinuerlige funktionalitet og dermed transportens pålidelighed var muligheden for vedligehold og reparation på anløbsstederne.

I tiden fra anlæggelsen af de første specialiserede anløbspladser i romersk jernalder og frem til vikingetidens slutning (ca. 200-1000 e.Kr.) var det klinkbyggede fartøjer, der bragte og hentede varer direkte på velegnede kyststrækninger. Bordplankerne på disse fartøjer var fæstnet indbyrdes såvel som til spanterne ved hjælp af klinknagler og nagler, og når plankerne skulle udskiftes, blev nagler, kalfatringsmateriale og plankestumper til affaldsprodukter, der kunne blive efterladt på

reparationsstedet som affald eller genbrugt i nye redskaber. Flere studier har dokumenteret, at fartøjer frem til yngre middelalder blev bygget af træsorter, der var tilgængelige i et lokalt eller regionalt opland. Tilsvarende viser analyser af nagler fra klinkbyggede fartøjer, at også disse blev fremstillet lokalt/regionalt og antagelig af jern, der var udvundet i nærområdet (Bill 1994; Hocker & Daly 2006:188f; Klassen 2010:151ff; 199ff; Lyngstrøm 2018). Det er derfor en grundlæggende antagelse, at de forskellige affaldsprodukter fra reparation eller ophugning af skibe kan rumme data om handelsfartøjernes proveniens. Disse data kan være af typologisk karakter, idet man ved udformningen af nogle skibstekniske elementer kan have haft lokale eller regionale præferencer for udformningen eller fremstillingsteknikken. Hertil kommer data, som valg af råmateriale eller dets sammensætning kan rumme om skibenes oprindelse.

Af bevaringsmæssige årsager er fartøjernes organiske elementer (herunder trædele, tovværk og sejl) kun undtagelsesvis bevaret på jernalderens og vikingetidens anløbspladser. Derimod er uorganiske konstruktionselementer som klinknagler af jern hyppigt bevaret og kan i nogle tilfælde være til stede i så store mængder, at det afspejler organiseret reparation eller ophugning af langskibe. Hvis det antages, at det råjern, der er anvendt til at fremstille nagler til skibene, også er udvundet og fremstillet i den region, hvorfra skibene stævnede ud, vil metallurgiske analyser heraf være den bedste og i mange tilfælde eneste kilde til at kunne belyse fartøjernes oprindelsesområde. Dette kræver naturligvis, at der foreligger en baseline over jernmalmens sammensætning fra de landskaber, hvorfra fartøjerne kan forventes at stamme fra. I det konkrete studie er der anvendt data om jernmalmens proveniens fra store dele af Europa (bilag 3 (Jouttijärvi & Johansen 2023a); jf. Jouttijärvi 1994; 2010:132).

Ved at sammenholde resultaterne fra proveniensanalyser af naglerne med den på forhånd kendte viden om oprindelsesområderne for ikke-lokale produkter fra de lokaliteter, der indgår i studiet, vil man kunne få et indtryk af, om handelsvarer og handelsfartøjer har samme proveniens, om aktørnetværket udelukkende har været lokalt eller om der har været involveret aktører, der fragtede varer fra forskellige oprindelsesområder. Det er netop dette, der undersøges i projektet *Hvem kom forbi?*, som denne rapport er del af.¹

I projektet indgår 107 nagler, klinknagler og klinkplader, en formodet dorn og 10 jernbarrer fra lokaliteterne Lundeborg I og II, Strandby, Mageløs på Fyn og Havsmarken på Ærø (fig. 1-2). Den kronologiske spredning af disse fire lokaliteter, der præsenteres yderligere i næste afsnit, strækker sig fra begyndelsen af yngre romersk jernalder (ca. 200 e.Kr.) til slutningen af vikingetid (ca. 1050 e.Kr.).

¹ Projektet *Hvem kom forbi?* er finansieret gennem Kulturministeriets Forskningspulje med en bevilling på kr. 414.000 (FORM. 2021-0014).

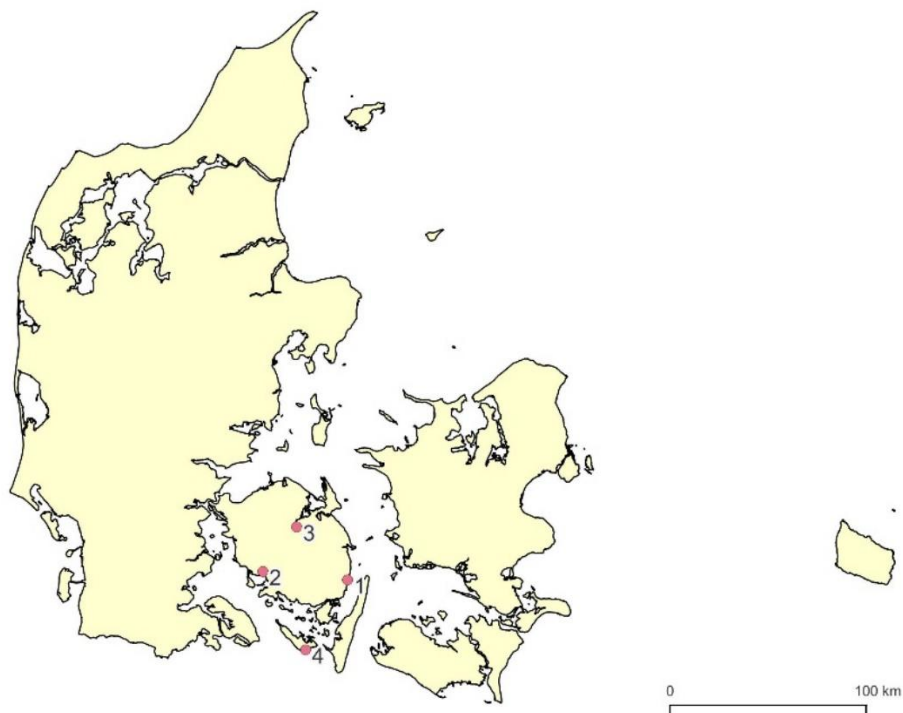


Fig. 1. Placeringen af 1) Lundeborg. 2) Strandby. 3) Mageløs. 4) Havsmarken. Tegning: Peder Dam. © SDFI.

Lokaliteterne

Til nærværende studie blev udvalgt fire lokaliteter fra Den fynske Øgruppe. Det er et fællestrekk for disse, at der indgår klinknagler i fundmaterialet. For tre af pladsernes vedkommende er materialet endvidere så stort, at det med stor sandsynlighed afspejler reparation, ophugning og evt. nybygning af klinkbyggede fartøjer. Med udgangspunkt i forskningsspørgsmålene er der valgt tre kystnære lokaliteter samt en lokalitet, der ligger tilbagetrukket fra kysten og uden mulighed for besejling for at se, om dette havde indflydelse på materialets sammensætning og proveniens. Mens Lundeborg og Havsmarken er internationalt orienterede, er Mageløs og Strandby forankret i et lokalt/regionalt opland.

Der er lagt vægt på, at naglerne stammer fra forholdsvis snævert daterbare kontekster inden for perioden romersk jernalder til vikingetid. Materialet fra Lundeborg dækker perioden romersk til germansk jernalder, mens naglerne fra Strandby antagelig dækker hele tidsrummet fra en tidlig del af yngre germansk jernalder til vikingetidens slutning. Mageløs og Havsmarken kan begge dateres til ældre vikingetid.

De fire lokaliteter præsenteres kort i det følgende.

Lundeborg på Sydøstfyn blev undersøgt fra 1986-1992. Anløbspladsen dækker en ca. 900 m lang strækning på og umiddelbart bag en strandvold og dermed helt ud til Storebæltkysten. Aktiviteterne på stedet startede omkring år 200, og de synes at have været særligt intensive gennem yngre romersk og ældre germansk jernalder, mens de fortsatte med mindsket intensitet ind i ældre vikingetid. Der er ikke påvist spor af permanent bebyggelse, men derimod sæsonbetingede aktiviteter med fokus på handel og håndværk. Ved undersøgelserne er der fremkommet ca. 8000 nagler, klinknagler og nitteplader, herunder halvfabrikata til sidstnævnte. Værktøj og affald dokumenterer endvidere tilstedeværelsen af smede og tømrere.

Handelsaktiviteterne har primært været rettet mod det provinsialromerske område, men netværket har også strakt sig mod det baltiske område og videre mod Sortehavsområdet samt mod Den Skandinaviske Halvø. Kontrollen med udvekslingsnetværket antages at have været forankret i det økonomiske kraftcenter, der på samme tid eksisterede i Gudme ca. 4,5 km inde i baglandet (Thomsen 1993; 1994; Ulriksen 1998:151; Nielsen *et al.* red. 1994).

Fra *Lundeborg* blev i alt 27 nagler mv. analyseret. Af sidstnævnte var 13 fra *Lundeborg I* og 14 fra *Lundeborg II*.² Udover de nagler mv., der indgår i dette projekt, er der i analysen inddraget data fra otte jernbarrer, som tidligere er analyseret af Heimdal Archaeometry ved Arne Jouttijärvi (Thomsen 1998). Barrerne er genanalyseret i forbindelse med nærværende projekt (bilag 3). Tre af disse er fra *Lundeborg I* og fem fra *Lundeborg II*.³

Strandby Gammeltoft

Lokaliteten blev udgravet i 1995-98 på et plateau umiddelbart ned til kysten ved Helnæs Bugt på Sydvestfyn. Der er afdækket mere end 40 grubehuse på lokaliteten, og geofysiske prospektioner af de omkringliggende arealer indikerer, at pladsen ikke er totalundersøgt. Der er ikke påvist langhuse, og som helhed indikerer fundene, at bebyggelsen har været benyttet på sæsonbasis fra yngre germansk jernalder til

² Som *Lundeborg I* (SOM A2-86) og *Lundeborg II* (SOM A7-86) betegnes områderne hhv. syd og nord for Tange Ås udmunding i Storebælt. I denne sammenhæng betragtes områderne som et sammenhængende fortidsminde.

³ I bilag 3 anføres barren FSM7530x30 endvidere at hidrøre fra *Lundeborg*. Det er *ikke* korrekt, da den er fundet i pløjelaget på det centrale bopladsområde i Gudme (Gudme II, Lindagrene, AUD 1992 nr. 138, jf. endvidere Thomsen 1998 fig. 6, fig. 8 GU II-NMx30). Stykket kan således ikke dateres ud fra konteksten, ligesom det ikke direkte kan knyttes til *Lundeborg*-materialet.

overgangen mellem vikingetid og tidlig middelalder (ca. 600-1050). Fundene peger på, at hovedaktiviteterne gennem hele pladsens brugstid har været intensivt tekstilhåndværk (spinding, vævning), men også smedning. Hertil kommer antagelig håndtering af hørfibre. Blandt de mange jernfund indgår mere end 100 fragmenter af nagler, klinknagler og klinkplader. Af importerede genstande foreligger kun en dirhem, et glasskår, enkelte skår af klæbersten, få stykker basaltlave og hvæssesten samt et mindre antal glasperler. Disse funds begrænsede omfang og deres karakter af slidte og i mange tilfælde stærkt fragmenterede brugsgenstande indikerer ikke, at langdistancehandel var en væsentlig aktivitet på stedet. Strandby-pladsen tolkes som en specialiseret, sæsonbenyttet værkstedsplads, som har været anvendt ved opbygning og vedligehold af en flåde, der var forankret i et lokalt opland (Henriksen 1997; 2020:37f).

Fra lokaliteten udvalgte 16 nagler til metallurgisk analyse. Af disse var 13 fundet i 12 forskellige grubehuse, en i en brønd, en i en nyere tids grube og en ved afrømning af muldlaget i en søgegrøft. Sidstnævnte viste sig at være recent og udelades derfor af analyserne.⁴

Mageløs

I 1998 undersøgte dele af to grubehuse i et smalt tracé ca. 200 m sydvest for Skt. Knuds Kirke i Odense midtby. Fundmateriale fra grubehusenes bundlag udgøres af væve- og tenvægte, der afspejler tekstilhåndtering, samt slagge og jerngenstande, der stammer fra smedning. Ud fra fund af lerkarskår kunne grubehusene dateres til ældre eller mellemste vikingetid. I grubehus A fandtes bl.a. en klinknagle samt flere fragmenter af nagler/klinknagler. En knogle fra grubehuset er C14-dateret til AD 891-1019 (POZ-72419) og bekræfter således den keramiske datering. Det er foreslået, at grubehusene hører til en tidlig bymæssig bebyggelse, men sikre vidnesbyrd herom foreligger ikke. Det er lige så sandsynligt, at de repræsenterer dele af et håndværksområde i tilknytning til en specialiseret bebyggelse, der lå nær et overgangssted over Odense Å, før en egentlig by bredte sig over området i sen vikingetid (Jacobsen 2001:102f; Runge & Henriksen 2018:49f). Som den eneste af de lokaliteter, der indgår i denne analyse, er Mageløs en indlandsbebyggelse, som det ikke har været muligt at besejle med langskibe (Henriksen 2024). I grubehusene er der ikke fundet genstande, der afspejler udveksling. Fra grubehus A udvalgte fire nagler til metallurgisk analyse.

⁴ OBM6715x2993.

Havsmarken

Anløbspladsen ligger ud til kysten på den sydlige del af Ærø, og lokalitetens udstrækning og karakter er især dokumenteret ved omfattende detektorafsøgninger siden 2008. Herved er fremkommet mere end 4000 metalgenstande, der afspejler intensiv handel og håndværk i yngre jernalder og vikingetid. En betydelig del af genstandene kan dog dateres til ældre vikingetid. Ved detektorafsøgningerne er tillige fundet en mængde jernnagler inden for et begrænset område.

Metalgenstandenes omfang, proveniens og kompleksitet viste tidligt, at lokaliteten måtte være et knudepunkt i et overregionalt/internationalt udvekslingsnetværk, der var orienteret mod det frankiske og insulære område mod syd og vest, mod den skandinaviske halvø mod nord og mod Kalifatet i sydøstlig retning. Det vidtstrakte netværk, som lokaliteten var en del af, understøttes også af placeringen tæt ud til de sejlruiter, der førte fra og til Hedeby, hvad enten sejladsen gik mod Østersøens handelspladser i østlig retning eller skandinaviske eller insulære destinationer mod nord og vest.

Med henblik på opkvalificering af detektorfundenes udsagn blev der udført geofysiske prospekteringer på dele af fundområdet i 2019, og herved blev registreret tætte forekomster af anomalier, der kunne tolkes som grubehuse. Prospektionernes udsagn blev afprøvet ved en prøvegravning i 2020, og fundene herfra gav grundlag for en mindre fladeafdækning i 2021, som dog afslørede, at der var tale om kogegruber uden relation til vikingetidsaktiviteterne (Henriksen & Hansen 2024). På trods af, at undersøgelsernes begrænsede udstrækning, fremkom der mere end 1000 nagler, klinknagler og klinkplader. Hovedparten af disse lå i et kulturlag, der helt opfyldte en senglacial smeltevandsslugt. Slugtens bund var planeret ved udlægning af et lag af sten og knogler for at skabe en stabil overflade, og denne tolkes som som et ophalingssted for skibe, der blev bygget eller repareret på stedet i ældre vikingetid. At disse aktiviteter har fundet sted, underbygges også af fund af bl.a. skebor og økser (Agersø 2020; Bohr & Hansen 2022; Bohr, Hansen & Henriksen u.å.). Der er ikke påvist permanent bebyggelse på stedet, og det er uvist, hvorledes og hvorfra handels- og værkstedspladsen, som blev nedlagt i løbet af 900-tallet, blev kontrolleret.

I forbindelse med dette projekt er der foretaget metallurgiske analyser af 60 nagler mv. samt af en mulig dorn fra kulturlaget. Endvidere er der foretaget analyse af en jernbarre, der er fundet i pløjelaget over kulturlaget. Formen indikerer, at også denne er fra vikingetid, men nogen sikker stratigrafisk kontekst har den altså ikke. Udover dette materiale er der foretaget metallurgiske analyser på knive og andre jernredskaber samt smykker, vægtlodder og støbeaffald af bronze og sølv fra lokaliteten (Jouttijärvi & Johansen 2023b).

Lokalitet	Omtrentligt samlet antal	Udvalgt til analyse	Analyserede nagler	Analiseret andet
Lundeborg	c. 8000	44	27	8 barrer
Gudme II				1 barre
Strandby	+ 100	20	16	
Mageløs	c. 8	5	4	
Havsmarken	+ 1000	63 + barre	60	Redskab + barre
Ialt			107	11

Fig. 2. Skematisk oversigt over det analyserede materiale fra de fire lokaliteter.

Nagle + Klinkplade = Klinknagle

Siden romersk jernalder og helt op til nutiden har nagler og klinknagler været anvendt til en lang række af konstruktioner, hvor to stykker træ skulle holdes tæt og fast sammen. Først og fremmest har teknologien været anvendt til at samle bordplanker og fæstne disse til spanter i klinkbyggede fartøjer, men de har også været anvendt til vognfaddinger, kister, skrin mv. (f.eks. Roesdahl 1977:14; 130ff; Bill 1994 fig. 1; Ravn 2016:35ff; 2022:49ff). Man skal således altid betragte et konkret fund af nagler og klinknagler med det forbehold, at det ikke nødvendigvis stammer fra fartøjer. Materialet fra de fire lokaliteter, der indgår i undersøgelsen, har da også en variation, der indikerer, at ikke alle nagler eller klinknagler stammer fra klinkbyggede skibe.

Klinknaglerne består af en nagle, der udgøres af et hoved og en stilk. I enden modsat hovedet påsættes en klinkplade, der herefter fæstnes ved at fladbanke spidsen af naglens stilk. Disse enkeltelementer kan have nogle morfologiske og metriske variationer, som hver især er målt og beskrevet i bilag 1. Dokumentationen af elementerne er udført for at afdække evt. variationer eller grupperinger i materialet og for at påvise evt. særtræk, som kunne have betydning for en typologisk proveniensbestemmelse. Udover rent metriske forhold som længde og tykkelse mv. er elementer som hovedernes omkreds og hvælving, stilkens tværsnit og klinkpladens form beskrevet (jf. Bill 1994 fig. 2).

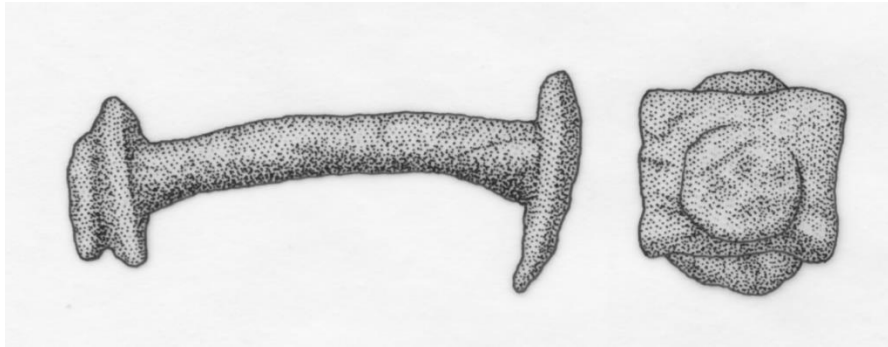


Fig. 3. Intakt klinknagle fra Mageløs (OBM9787x57). Det ses tydeligt, hvordan naglens spidsende er udbanket for at fastgøre den rektangulære klinkplade og dermed låse de to træplanker, man ønskede at sammenføje. Tegning Steffen P. Maarup.

Materialets karakter

Ved gennemgangen havde materialet varierende karakter. Genstandene fra Mageløs og Strandby var udglødede og voksbehandlede, mens materialet fra Havsmarken var afrenset ("sandblæst"). Nagler mv. fra Lundeberg havde for størstedelens vedkommende hængeliggende ukonserveret siden fremkomsten ca. 35 år tidligere, og dette havde medført, at mange stykker havde eksfolierende overflader, som var vanskelige at beskrive. Nedbrydningen var givet forstærket af, at Lundeberg-materialet er fremkommet i lag, der pga. den umiddelbare nærhed til kysten havde et stort indhold af salt i de permeable strandvoldssedimenter. Materialet fra Havsmarken var generelt meget velbevaret, og her kunne det iagttages på flere klinknagler, at hovederne var mere nedbrudte end klinkpladerne. Dette skyldes antagelig, at naglerne har været slået i fra ydersiden af skibssiden, således at hovederne blev mere eksponeret for saltvand end klinkpladerne.

Materialet fra de fire lokaliteter omfatter både intakte klinknagler og forskellige fragmenter af sådanne samt nagler, der har været anvendt uden brug af klinkplade. Hertil kommer løse klinkplader. Mens de to førstnævnte grupper med sikkerhed kan bestemmes som affald, kan sidstnævnte kun defineres som sådan, hvis der er spor af opbrydning eller overhugning. Ellers kan der i princippet være tale om ubrugte, færdige produkter, der blev tabt under arbejdet på skibene. At sådanne har været anvendt, ses af halvfabrikata fra Lundeberg (Thomsen 1994 fig. 4).

Generelt er materialet fragmenteret som følge af de indgreb, der skete, når fartøjernes bordplanker blev afmonteret. Fragmenternes karakter giver imidlertid også et indtryk af de processer, der er foregået på arbejdspladsen. Når bordplanker på et langskib skulle udbedres eller skiftes, kunne det ske ved et destruktivt indgreb i (klink)naglen eller i skibets trædele. De to forskellige tilgange efterlader forskellige typer af affaldsprodukter, og deres karakter skitseres i det følgende:

Ved flækning af bordplanke og spant kunne naglen eller klinknaglen komme ud i intakt og upåvirket eller kun let påvirket tilstand. Sådanne stykker udgør kun en mindre del af materialet, men repræsenterer til gengæld et vigtigt kildemateriale, da det kun er på disse stykker, at man med sikkerhed kan fastslå den samlede tykkelse af de to emner, der har været sammenføjet (fig. 4).



Fig. 4. Intakte klinknagler fra Havsmarken (LMR15954x2405, x3096), Strandby (OBM6715x2544), Mageløs (OBM9787x57) og Lundeborg (SOM A2-86x903). Foto: Nermin Hasic. Tegning: Steffen P. Maarup.

Nagler kunne trækkes ud, eventuelt efter overhugning af den ombukkede (vøjnede) spids af naglens stilk. Dette har efterladt en bøjet nagle eller evt. en overhugget ende med hoved og en stor del af stilk samt en kort, ombukket spids. Med det forbehold, at disse stykker overhovedet stammer fra sammenføjning af træstykker, kan de også give et omtrentligt indtryk af to plankers samlede tykkelse (fig. 5).



Fig. 5. Nagler med vøjnede stilkender fra Strandby (OBM6715x1607) og Havsmarken (LMR14954x2574). Foto: Nermin Hasic.

Klinknagler kunne overbrydes ved overhugning af stilken lige under naglehovedet, hvorefter dette vil foreligge som det ene affaldsprodukt, mens stilkens spidsende og den påsiddende klinkplade vil udgøre det andet affaldsprodukt (fig. 6-7).



Fig. 6. To hovedender af nagler med overhugget stilk fra Lundeborg (SOM-A2-86x1447). Foto: Nermin Hasic.

Hvis klinknaglen blev overhugget på indersiden af klinkpladen, ville der sidde en kort stump af stilken tilbage i pladen, mens størstedelen af naglestilken og hovedet vil foreligge som en selvstændig genstand.



Fig. 7. Klinkplade med en stump af stilken fra klinknagle. Havsmarken (LMR14954x3077) samt overhugget nagle fra Mageløs (OBM9787x54). Foto: Nermin Hasic.

Hvis naglens stilk overhugges på ydersiden af klinkpladen, kan denne i princippet forveksles med et ubrugt stykke (fig. 8), mens den udhamrede naglestilk vil foreligge som en lille og måske ubestemmelig jernklump. Størstedelen af stilken og hovedet vil ligge alene.



Fig. 8. Intakt klinkplade fra Havsmarken (LMR14954x3038). Det kan ikke afgøres, om den er ubrugt eller kasseret efter overhugning af naglens stilk. Foto: Nermin Hasic.

Endelig kan man have opbrudt klinkpladen med mejsel eller brækjern, hvilket vil resultere i en deformeret klinkplade, evt. med udrevet hul til naglens stilk (fig. 9).



Fig. 9. Opbrudte klinkplader fra Strandby (OBM6715x1262) og Havsmarken (LMR15954x2570). Foto: Nermin Hasic.

Metoder

Udvælgelsen af genstande til den metallurgiske analyse foregik i flere etaper for at sikre, at de udvalgte genstande havde størst muligt potentiale til at belyse de opsatte forskningsspørgsmål. Da analyserne omfattede destruktive indgreb i genstandene, skulle det endvidere sikres, at de påførte skader var så begrænsede som muligt, samtidig med, at de skulle udtages det sted på genstanden, hvor muligheden for resultat var størst.

Første led i udvælgelsesprocessen var et gennemsyn af samtlige eller et repræsentativt udsnit af naglefundene fra de fire lokaliteter. I den forbindelse blev udvalgt et antal genstande, som ud fra en umiddelbar, visuel vurdering forekom velbevarede. Samtidig blev det taget i betragtning, at det udvalgte sample skulle være så repræsentativt som muligt for det samlede materiale fra den pågældende lokalitet. Det vil sige, at det blev tilstræbt at dække den enkelte lokalitets rumlige og kronologiske udstrækning, samtidig med, at et bredt udvalg af størrelser og former af nagler skulle dækkes ind. Dernæst skulle det sikres, at de udvalgte stykker var fremkommet i sikre og gerne veldaterede forhistoriske kontekster. Udvælgelsesarbejdet blev forestået af arkæologerne Jesper Hansen og Mogens Bo Henriksen fra Museum Odense samt Lone Nørgaard fra Svendborg Museum.

De udvalgte eksemplarer blev beskrevet i et excelark, der var udarbejdet til formålet med inspiration fra Jan Bills terminologi for nagler og klinknagler (Bill 1994). Der blev lagt vægt på at måle og beskrive flest mulige enkeltelementer for at klarlægge, om det var muligt at underinddele materialet i tyder, som kunne have en kronologisk, regional eller funktionel baggrund (fig. 10). Data fra materialet er samlet i bilag 1.

	Usikkerhed angives med ?, ufuldstændigt mål angives med parentes, f.eks. (22), manglende data angives med 0
Generelt	
Betegnelse	Nagle, klinknagle, naglehoved, klinkplade, stilk
Længde total	Stykkets fulde længde
Længde indre	Afstand mellem naglehoved og klinkplade, hvor det kan måles
Stilk tværsnit	Variabler: Kvadratisk, rektangulær, cirkulær, oval, polygonal
Stilk længdesnit	Angives med forløb af længdesiderne: Parallelle, konvergerende
Stilk Ø	Stilkens diameter - kan angives med variation, f.eks. 8-10
Hoved	Rektangulært, kvadratisk, cirkulært, ovalt
Hoved dimensioner	F.eks. 28 eller 28x30
Hoved form	Flad/hvælvet
Klinkplade	Rektangulært, kvadratisk, cirkulært, ovalt, rombisk
Klinkplade dimensioner:	F.eks. 28x28 eller 28xmin. 28
Andet	Stilk overbrudt distalt, spidsen vøjnet, stilken bøjet, klinkplade opbrudt

Fig. 10. Elementer på nagler mv., som er beskrevet i bilag 1.

Det udvalgte materiale blev efterfølgende røntgenfotograferet af konservator Jannie A. Ebsen, Museum Odense. Dette er fast procedure i forbindelse med destruktiv prøveudtagning i museets samling, idet man ved gennemlysningen kan fravælge objek-

ter, som umiddelbart fremstår som velbevarede, men som reelt ikke indeholder områder, hvor en prøveudtagning kan forventes at give udbytte (fig. 11-12). På bedre bevarede stykker kan der udpeges områder, hvor potentialet for at få positive resultater kan vurderes er størst. Dermed kan prøveudtagningen målrettes og begrænses, hvilket påfører objektet færrest mulige skader. Positive og negative røntgenfotos af alle de i bilag 1 anførte genstande bringes som bilag 2.



Fig. 11. Systematisk røntgenfotografering af udvalg af nagler fra Lundeborg I-bopladsen i Museum Odenses røntgenapparat. Foto: Jannie A. Ebsen.

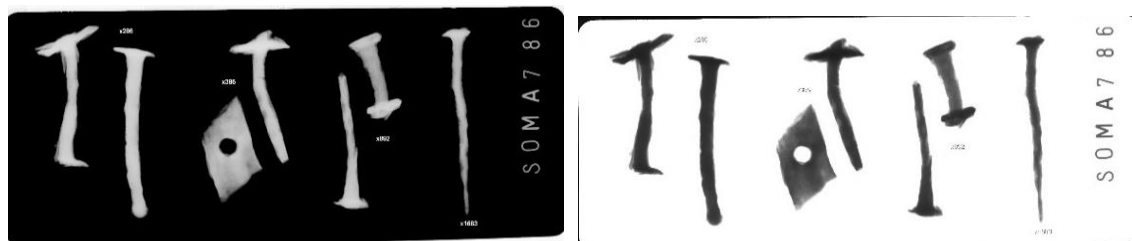


Fig. 12. Røntgenfoto af et udvalg af nagler mv. fra Lundeborg bopladsen samt røntgenbilledet vendt til "positiv" ved hjælp af røntgensoftware. Foto og bearbejdning: Jannie A. Ebsen.

Røntgenbillederne blev gennemgået af Jannie A. Ebsen og civilingeniør Arne Jouttijärvi fra Heimdal Archaeometry i fællesskab, og på baggrund heraf blev der dels

udvalgt konkrete genstande til metallurgisk analyse, men også udpeget udtagningsområder på disse. Efterfølgende foretog Arne Jouttijärvi udtagning af prøver på de enkelte genstande i Museum Odenses bevaringsafdeling (fig. 13). Denne bragte dernæst prøvematerialet til Heimdal Archaeometry, hvor materialeanalysen foregik. For beskrivelsen af denne proces og anvendte metoder henvises til den selvstændige afrapportering, der bringes som bilag 3 (Jouttijärvi & Johansen 2023a).

Ydermere blev de enkelte genstande fotograferet før og efter prøveudtagningen, sidstnævnte for at dokumentere prøveudtagningens omfang og placering.



Fig. 13. Arne Jouttijärvi fra Heimdal Archaeometry udskærer et lille stykke jern til analyse med en lille hurtigroterende rundsav med diamantklinge. Foto: Mogens Bo Henriksen.

Analyseresultater

Selv om det kun er en begrænset og måske ikke repræsentativ del af det samlede naglemateriale fra især Havsmarken og Lundeborg, der indgår i denne analyse, skal der alligevel nævnes nogle observationer af ligheder og forskelle i materialet. Som helhed udviser naglematerialet fra de fire lokaliteter stor heterogenitet, der dels afspejler, at der er tale om manuelt fremstillede produkter, og dels, at naglerne kan have været tilpasset anvendelse i forskellige, specifikke sammenhænge.

Den visuelle gennemgang af materialet har ikke påvist stykker med særtræk, der er kronologisk eller regionalt signifikante. Ud fra en visuel betragtning kan det konstateres, at materialet fra Strandby domineres af nagler med fladt hoved, mens en stor del af naglehovederne på de øvrige lokaliteter overvejende har hvælvede hoveder. I Strandby-materialet er klinkpladernes form overvejende rombiske, mens rombiske og rektangulære klinkplader er nogenlunde ligeligt fordelt i de analyserede samples fra Havsmarken og Lundeborg. Det samlede materiale på tværs af rum og tid domineres af naglestilke med kvadratisk tværsnit, og det er således ikke muligt at underbygge Jan

Bills konstatering af, at der sker et generelt skift fra naglestilke med firkantet til cirkulært tværsnit i løbet af yngre jernalder som et resultat af en specialisering og organisering af skibsbyggeriet (Bill 1994:61).

Afstanden mellem undersiden af naglens hoved og oversiden af klinkpladen udtrykker den samlede tykkelse på det sammenføjede materiale, og har betydelige variationer i det analyserede materiale. Med en afstand på 11 mm er naglen OBM6715x2544 (fig. 4) fra Strandby materialets mindste, mens flere stykker fra Havsmarken er mellem 64 og 69 mm. Blandt naglerne fra Havsmarken er flere eksemplarer med længder over 100 mm, og stykkerne herfra synes i det hele taget at være større og kraftigere end de øvrige samples. Med alle de forbehold, der måtte være i det udvalgte materiales repræsentativitet, kan dette afspejle, at de reparerede fartøjer fra Havsmarken har været større end dem, der er repræsenteret på de øvrige lokaliteter. Den store variation i længden på klinknagler såvel som nagler genfindes imidlertid også i materialet fra Tørslev Hage (Kastholm, Jouttijärvi & Kristensen 2021 tab. 1) såvel som i sluttede kontekster som Ladbyskibet (Bischoff & Jensen 2001:222f).

Konklusioner på proveniensanalyserne

Heimdal Archaeometrys proveniensbestemmelser af de analyserede nagler mv. fra de fire lokaliteter viser, at 77 % af materialet fra Lundeborg, Strandby og Havsmarken, som tilsammen dækker tidsrummet fra ca. 200-1050 e.Kr., er lavet af malm fra Den Skandinaviske Halvø. I dette materiale dominerer malm, der kan henføres til den sydlige del af Halland og den nordvestlige del af Skåne (Jouttijärvi & Johansen 2023a:3). Det meget begrænsede materiale fra Mageløs skiller sig ud ved fortrinsvis at være lavet af malm fra det nuværende danske område. Dette kan dog afspejle, at denne lokalitet – trods naglernes morfologiske lighed med stykkerne fra de kystnære pladser – havde en anden funktion og er et resultat af et netværk, der afviger fra kystpladsernes. Også den analyserede jernbarre fra Havsmarken (fig. 14) og hovedparten af barrierne fra Lundeborg stammer fra Den Skandinaviske Halvø (Jouttijärvi & Johansen 2023a:18; 21). Fra Havsmarken er endvidere analyseret 12 jernredskaber, og her stammer malmen også langt overvejende fra det skandinaviske område (Jouttijärvi & Johansen 2023b:17).



Fig. 14. Dobbeltspidsbarre fra Havsmarken (LMR14954x2390). Foto: Nermin Hasic.

Den analyserede del af Lundeberg-materialet, der må antages overvejende at kunne dateres til yngre romersk og ældre germansk jernalder, indeholder ikke jern fra de nuværende danske landskaber. Dette er tankevækkende, eftersom det netop var i Lundeberg-pladsens mest aktive periode, at jernudvindingen havde sin største udbredelse i det sydvestlige og centrale Jylland (Mikkelsen & Nørbach 2003:101; Jouttijärvi 2010:131ff). I forbindelse med tidligere analyser af barrer fra Lundeberg og Gudme er det da også påvist, at barrer herfra var lavet af malm fra den vestlige del af den jyske halvø (Thomsen 1998 fig. 8, stykker med proveniens C1). En tæt kontakt mellem det sydøstfynske landskab og jernudvindingens kerneområde i Sydvestjylland afspejles endvidere i ligheder mellem samtidige gravinventarer i højstatusgrave fra yngre romersk jernalder i de to områder (Henriksen 2009:351). De genundersøgelser, som Heimdal Archaeometry har udført på de tidligere analyserede barrer fra Lundeberg og Gudme i forbindelse med dette projekt, har imidlertid medført til en radikal omfortolkning af proveniensen på den malm, der indgår flere barrer. Ud af fire barrer med en hidtidig bestemmelse af proveniensen til det sydvestdanske landskab kan nu kun en enkelt – og det med forbehold – henføres til det vestlige Danmark. De øvrige proveniens er nu ændret til hhv. det sydvestlige Sverige og Det böhmiske Massiv, den nordlige del af Sverige og Det nordeuropæiske Lavland (Jouttijärvi & Johansen 2023a tabel 1 s. 21).⁵ Det er klart, at denne konstatering påkalder sig opmærksomhed, men det er ikke muligt at afdække bagvedliggende forklaringer i forbindelse med dette projekt.

Proveniensenalysen af naglerne har vist, at der på alle fire pladser findes eksemplarer af malm med en oprindelse i (det centrale) England (Jouttijärvi & Johansen 2023a:4). Også denne iagttagelse er bemærkelsesværdig, eftersom kontakter til det insulære område med sikkerhed kun kan konstateres i genstandsmaterialet fra Havsmarken. Her er også fundet jernredskaber, som er lavet af malm fra England (Jouttijärvi & Johansen 2023b:17). Hertil kommer den største koncentration af anglo-irske genstande, der kendes fra det nuværende danske område (f.eks. Agersø 2020). For Lundebergs vedkommende kan der kun indirekte argumenteres for kontakt til det sydlige England, idet et lerkar fra området ved kongehallen i Gudme med stor sandsynlighed stammer fra dette landskab (Sørensen 2022:84).

Lundeberg-materialet omfatter nagler af malm, der hidrører fra det nordøstlige Sverige og ikke mindst fra de nordlige dele af Tyskland og Polen samt Det böhmiske Massiv. Den orientering mod Østersø-området, som synes at kunne aflæses i disse provenienser, stemmer umiddelbart godt overens med fund af genstande med sydøsteuropæisk og i mindre grad baltisk oprindelse i fundmaterialet fra Gudme og Lundeberg og på Østfyn som helhed (f.eks. Storgaard 1994; Henriksen 2009).

Proveniensenalysens perspektiver

Proveniensenalysen af de jernnagler, der er fjernet fra klinkbyggede fartøjer i Lundeberg i romersk og ældre germansk jernalder og i Strandby i yngre germansk jernalder og

⁵ OBM7530x30 (Gudme II Lindagrene), SOM A7-86x196, A7-86x1455 og A7-86x2408).

vikingetid samt på Havsmarken i ældre vikingetid viser nogle mønstre, som er stabile på tværs af rum, tid og uafhængigt af anløbspladsernes forskellige funktioner. Fartøjerne, der har været holdt sammen af klinknagler, som må antages at være indsat på fartøjernes hjemegn og dér lavet af malm af lokal eller regional oprindelse, må som følge af analyseresultaterne overvejende stamme fra det skandinaviske område. Forskningsprojektets grundlæggende spørgsmål, *Hvem kom forbi?*, kan derfor besvares med en generel konstatering af, at handelsnetværkets centrale aktører i både romersk og germansk jernalder samt vikingetid ikke var fartøjer, der havde hjemme på fjerne destinationer. Proveniensanalysernes resultater indikerer derimod, at det var skandinaviske søfarende, der i romersk jernalder besøgte handelsstationer nær Limes eller i de romerske provinser for derfra at hjembringe produkter af romersk oprindelse til Lundeborg. På samme tid må det have været søfarende med samme oprindelse, der besøgte den nordlige Østersøkyst og der kom i kontakt med handelsnetværk, der strakte sig ned til Sortehavsregionen. Århundreder senere og forankret i en helt anden samfundsstruktur var det også fartøjer fra Skandinavien, der fragtede bulkvarer fra Norge og Sverige, eksotika fra De Britiske Øer, frankiske mønter, råmetaller mv. fra emporier som Hedeby mod sydvest og arabisk sølv mv. fra handelsstationer i den østlige Østersø til Havsmarken. Ydermere var det, hvis proveniensanalysernes resultater står til troende, fartøjer af skandinavisk oprindelse, der lagde til på den formodentligt sømilitært orienterede anløbsplads ved Strandby for at få skiftet bordplanker.

Resultaterne af proveniensanalyserne giver anledning til nogle overvejelser. For det første er det tankevækkende, at de tre anløbspladser Lundeborg, Strandby og Havsmarken er anløbet af fartøjer fra de samme skandinaviske områder, eller i hvert fald af fartøjer, der er sammensat med nagler fra de samme områder, over et tidsrum på op mod 800 år. Forundringen næres endvidere af, at der er en grundlæggende forskel på aktiviteterne på den sømilitært orienterede anløbsplads Strandby og de to lokaliteter Lundeborg og Havsmarken, der ydermere på grund af den kronologiske separation har været orienteret mod vidt forskellige handelsnetværk.

Der er kun fremlagt meget begrænset referencemateriale, der kan anvendes til at perspektivere resultaterne af analyserne af de 107 nagler mv. samt barrierne fra de fire lokaliteter i Den fynske Øgruppe. Fra den sydsjællandske anløbsplads Vester Egesborg er der analyseret enkelte nagler og klinkplader, hvoraf flere er fremstillet af jern, der er udvundet i Østdanmark (Jouttijärvis region B; Lyngstrøm 2018). Ligesom Strandby, der også har et mindre indslag af østdansk malm (Jouttijärvi og Johansen 2023bfig. 6) tolkes Vester Egesborg som orienteret mod sømilitære aktiviteter. Samtidig har lokaliteten dog også været en del af et overregionalt udvekslingsnetværk (Ulriksen 2018).

Ved Tørslev Hage i den centrale del af Roskilde Fjord er der i fundet en mængde klinknagler mv. som antages at være affald fra skibsreparation i yngre jernalder-vikingetid. 14 nagler herfra er analyseret, og af disse er syv fra den sydlige del af Sverige, en fra Norge, fire fra Vestjylland og to fra Østdanmark (Kastholm, Jouttijärvi & Kristensen 2021:164f). Denne fordeling stemmer delvis overens med proveniensen på

Strandby-naglerne, men da det er uklart, hvilken overordnet kontekst Tørslev Hage-fundet skal ses i, er det vanskeligt at konkludere yderligere om forskelle og ligheder i de to fundmaterialer.

I fundmaterialet fra Posthusudgravningen i Ribe er der foretaget proveniensanalyse af et mindre antal nagler og klinknagler fra handels- og værkstedspladsens affaldslag. Naglerne og klinknaglerne er lavet af malm fra Danmark (Vestjylland?) og Norge med en lille overvægt i førstnævnte gruppe (Lauridsen, Zolbin & Birch 2023:190ff). Da det ikke vurderes, om materialet kan stamme fra reparation af klinkbyggede fartøjer, er det vanskeligt at inddrage i en sammenligning med fundene fra de øvrige lokaliteter. Det skal dog bemærkes, at hvis materialet stammer fra klinkbyggede fartøjer, er det tankevækkende, at der ikke er eksemplarer med oprindelse i Nordsøregionen, som har været central i Ribes udvekslingsnetværk.

Fremtidige analyser

Resultaterne fra analyser af nagler mv. fra de fire lokaliteter rejser en række spørgsmål, som kun kan søges besvaret ved fortsatte proveniensanalyser af tilsvarende materialer. Det vil i den forbindelse være relevant at få foretaget analyser af nagler fra flere anløbspladser, spredt ud over det danske eller sydsandinaviske landskab, gerne sådanne hvor materialet forekommer i kontekster, der kan dateres forholdsvis snævert.

De hidtil analyserede samples fra romersk jernalder til vikingetid er alle foretaget på nagler fra åbne kontekster, dvs. kulturlag og gruber, hvor det dels kan være vanskeligt at indsnævre dateringen af deponeringstidspunktet, men også at dokumentere samhørigheden og dermed ligheder i funktionen mellem de analyserede nagler. Det vil derfor være ideelt at kunne analysere nagler fra sluttede kontekster som et vrag for at bruge resultaterne herfra til sammenligning med fundene fra handels- og værkstedspladsernes affaldslag. Optimalt ville det være, hvis der kunne inddrages analyser fra fartøjer med forskellige funktioner som krigsskibet fra Ladby på den ene side og et handelsfartøj fra Skuldelev på den anden.

Der kan næppe være tvivl om, at der også forestår en udfordring med at udarbejde en stadig mere præcis bestemmelse af malmens oprindelsesområder. I den forbindelse er det relevant at være opmærksom på, at især vikingetidens fartøjer kan have bevæget sig uden for de landskaber, der indgår som referencer til studier som ovenstående. Her tænkes ikke mindst på kontakten til handelsstationer i den østligste del af Østersø-området.

Endelig afslører også dette studium, at spørgsmålet om jernudvinding i sen jernalder-vikingetid stadig savner yderligere udforskning. Det er påfaldende, at der fra

flere af de ovennævnte lokaliteter foreligger genstande, der er lavet af jern fra det nuværende danske område, mens kendskabet til samtidens udvinding er så godt som ikke-eksisterende.

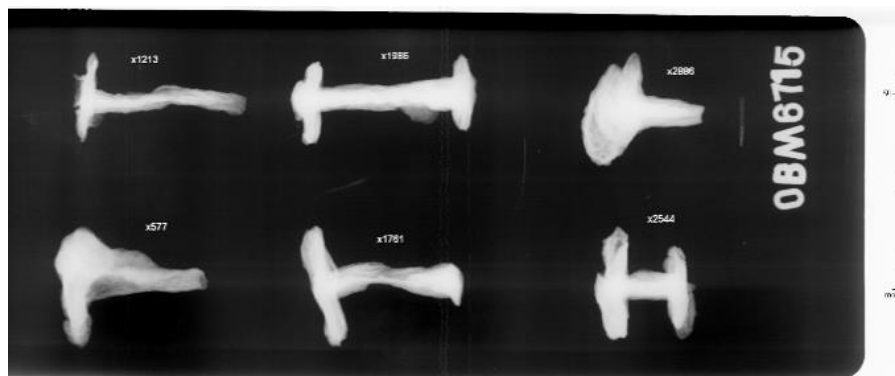
Litteratur

- Agersø, S. 2020: Havsmarken på Ærø. – Et "transportcenter" i vikingetidens handelsnetværk. I: I.S. Klæsøe, J.B. Jepsen, F. Arntsen, B. Staal, A. Tomlinson, S. Barry, N.B. Thomsen & S.T. Mortensen (red.): *Glimt fra vikingetiden*, s. 81-96. København.
- Bill, J. 1994: Iron nails in iron age and medieval shipbuilding. In: Westerdahl, CH. (ed) *Crossroads in Ancient Shipbuilding. Proceedings of the Sixth International Symposium on Boat and Ship Archaeology Roskilde 1991. ISBSA 6*. Oxbow Monograph 40, s. 55-63.
- Bischoff, V. & K. Jensen 2001: Ladby II. I: A.C. Sørensen: *Ladby. A Danish ship-grave from the Viking Age*. Ships and Boats of the North 3, s. 181-248. Roskilde.
- Bohr, S.A.B. & J. Hansen 2022: Handelspladsen ved Havsmarken i vikingetid, nutid og fremtid. *Ærø Museum. Årbog 2021*, s. 5-17.
- Bohr, S., J. Hansen & M.B. Henriksen u.å.: Havsmarken – a port of trade in the borderland between Carolingian Europe and Viking Scandinavia. *Neue Studien zur Sachsenforschung*. Under udarbejdelse.
- Henriksen, M.B. 1997: Vikinger ved Helnæsbugten. *Fynske Minder 1997*, s. 25-58.
- Henriksen, M.B. 2009: *Brudager Mark – en romertidsgravplads nær Gudme på Sydøstfyn*. Tekst. Fynske Jernaldergrave bd. 6,1. Fynske Studier 22. Odense.
- Henriksen, M.B. 2018: Odenses opståen. En gennemgang af udvalgte jordfundne genstandsgrupper fra Odense Købstad med henblik på at eftervise spor af aktiviteter i sen jernalder og vikingetid. CEN-TRUM. Forskningscenter for centralitet. Rapport nr. 5. Odense Bys Museer.
- Henriksen, M.B. 2020: Vikingernes vinterhavn? – En anløbsplads ved Strandby på Sydvestfyn. I: I.S. Klæsøe et al. (red.) *Glimt fra vikingetiden*, s. 33-42. København.
- Henriksen, M.B. 2024: Søvejen til Nonnebakken – eller mangel på samme. En analyse af besejlingsmulighederne på Odense Å i vikingetiden samt nogle generelle betragtninger om begrebet besejling. I: M. Runge (red.): *Nonnebakken. Odenses vikingeborg*. Kulturhistoriske studier i centralitet vol. 7, 2024. Forskningscentret Centrum – Museum Odense. Syddansk Universitetsforlag.
- Henriksen, M.B. & J. Hansen 2024: *Metalrige Markeder. Erfaringer med anvendelse af geofysiske prospekteringsmetoder på de metalrige lokaliteter Vester Kærby og Havsmarken*. Centrum. Forskningscenter for centralitet. Rapport nr. 15, 2024.
- Hocker, F. & Daly, A. 2006: Early cogs, Jutland boatbuilders, and the connection between East and West before AD 1250. In: Blue, L., Hocher, F. & Anglert, A. (eds) *Connected by the Sea. Proceedings of the Tenth International Symposium on Boat and Ship Archaeology Roskilde 2003. IBSA 10*. Oxford. s. 186-194.
- Jacobsen, J.A. 2001: *Fynske jernalderbopladses. Bind 2. Odense herred*. Skrifter fra Odense Bys Museer. Vol. 1,2. Odense.
- Jouttijärvi, A. 1994: Om muligheden for proveniensbestemmelse af jern. *Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie 1992*, s. 183-191.
- Jouttijärvi, A. 2010: Metalanalyser på jernknivene. I: M. Runge (red.): *Kildehuse II. Gravpladses fra yngre bronzealder og vikingetid i Odense sydøst*. *Fynske studier 23*, s. 125-133. Odense.
- Jouttijärvi, A. & P. Johansen 2023a: *Hvem kom forbi – jernnagler fra fire anløbspladses fra vikingetiden*. Heimdal-archaeometry. Report 23-25 (identisk med bilag 3).
- Jouttijärvi, A. & P. Johansen 2023b: *Genstande af forskellige materialer fra Havsmarken, LMR14954*. Heimdal-archaeometry. Report 23-17.
- Kastholm, O.T., A. Jouttijärvi & N.W. Kristensen 2021: Værfts- og smedeaktiviteter i sen vikingetid ved Tørslev Hage, Roskilde Fjord. *Geffon nr 6*, s. 146-177.
- Klassen, L. 2010: Fribrødre Å. A late 11th century ship-handling site on Falster. Part III, The finds and their interpretation. I: J.S. Madsen & L. Klassen: *Fribrødre Å. Jutland Archaeological Society Publications Vol. 69*. Aarhus University Press. s. 61-465.
- Lauridsen, L.K., M.A. Zolbin & T. Birch 2023: Iron and slag. I: S.M. Sindbæk (red.): *Northern Emporium. Vol. 2. The networks of Viking-age Ribe*. Ribe Studier 3. Jutland Archaeological Society Publications vol. 123, s. 183-200. Aarhus.

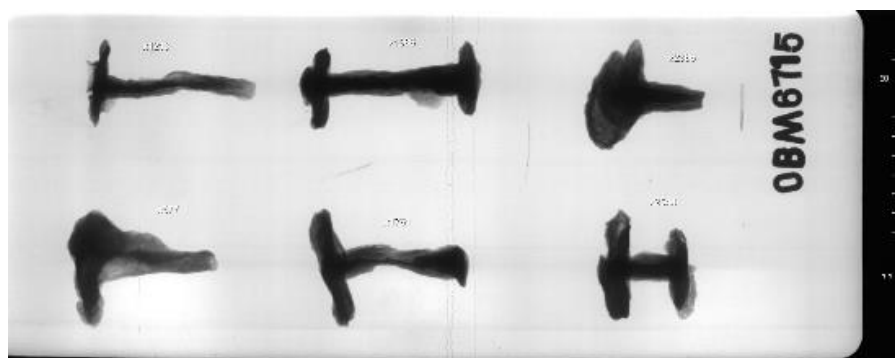
- Lyngstrøm, H. 2018: Metallurgiske undersøgelser af jern. I: J. Ulriksen (red.), s. 278-286.
- Mikkelsen, P.H. & L. Nørbach 2003: *Drengsted. Bebyggelse, jernproduktion og agerbrug i yngre romersk og ældre germansk jernalder*. Jysk Arkæologisk Selskabs skrifter 43. Aarhus.
- Nielsen, P.O., K. Randsborg & H. Thrane (red.) 1994: *The Archaeology of Gudme and Lundeborg*. Arkæologiske Studier Vol. X. København.
- Ravn, M. 2016: *Viking-Age War Fleets. Shipbuilding, resource management and maritime warfare in 11th-century Denmark*. Maritime Culture of the North 4. Roskilde.
- Ravn, M. 2022: *Skibe og søfart i Danmarks oldtid*. Turbine.
- Roesdahl, E. 1977: *Fyrkat. En jysk vikingeborg. II. Oldsagerne og gravpladsen*. Nordiske Fortidsminder. Serie B – in quarto. Bind 4. København.
- Runge, M. & Henriksen, M.B. 2018: The origins of Odense – New aspects of early urbanisation in southern Scandinavia. *Danish Journal of Archaeology 2018*, s. 1- 67. Routledge
- Storgaard, B. 1994: The Årslev Grave and Connections between Funen and the Continent at the End of the Later Roman Iron Age. I: P.O. Nielsen, K. Randsborg & H. Thrane (red.) 1994: *The Archaeology of Gudme and Lundeborg*. Arkæologiske Studier Vol. X, s. 160-168.
- Sørensen, P.Ø. 2022: *Gudme. Iron Age Settlement and Central Halls. Pre-Christian Cult Sites, Volume 1*. Oxbow Books. Oxford.
- Thomsen, P.O. 1993: Handelspladsen ved Lundeborg. I: P.O. Thomsen, et al. (red.): Lundeborg – en handelsplads fra jernalderen. *Skrifter fra Svendborg & Omegns Museum, Bind 32*, s. 68-101.
- Thomsen, P.O. 1994: Lundeborg – an Early Port of Trade in South-East Funen. I: P.O. Nielsen, K. Randsborg & H. Thrane (red.) 1994: *The Archaeology of Gudme and Lundeborg*. Arkæologiske Studier Vol. X, s. 23-29.
- Thomsen, P.O. 1998: Jernbarrer fra Lundeborg – indikationer på germansk handel med råvarer. *Årbog for Svendborg og Omegns Museum 1997*, s. 8-18.
- Ulriksen, J. 1998: *Anløbspladser. Besejling og bebyggelse i Danmark mellem 200 og 1100 e.Kr. En studie af søfartens pladser på baggrund af undersøgelser i Roskilde Fjord*. Vikingskibshallen i Roskilde.
- Ulriksen, J. 2018: *Vester Egesborg. En anløbs- og togtsamlingsplads fra yngre germansk jernalder og vikingetid på Sydsjælland. Bind 1*. Aarhus Universitetsforlag.

Bilag 2 - Røntgenbilleder af de analyserede genstande

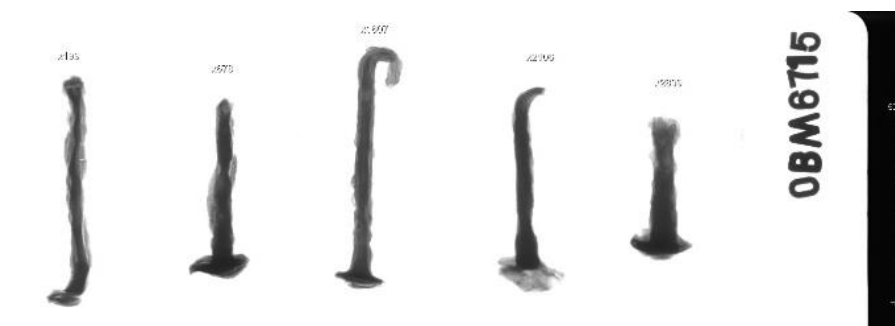
OBM6715 Strandby Gammeltoft

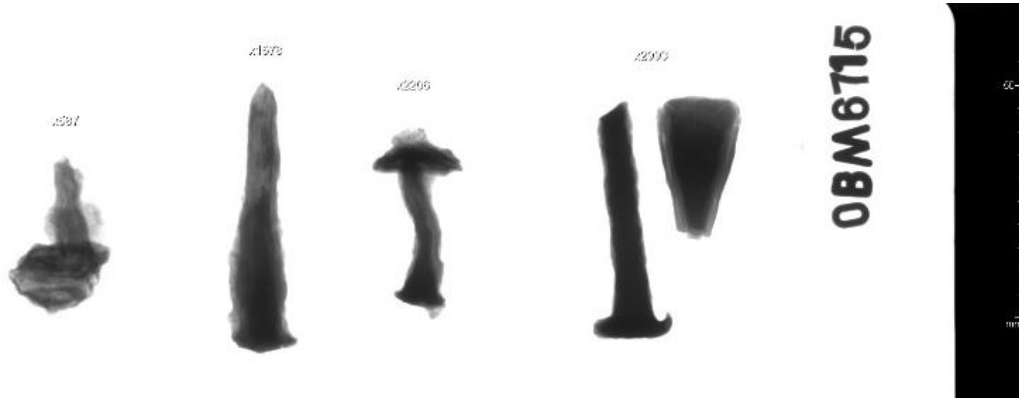
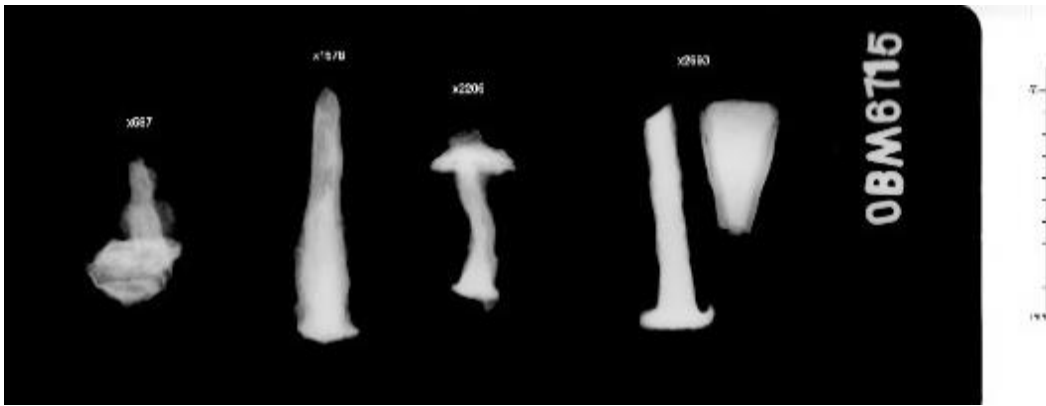


OBM6715x1213, x1986, x2886, x577, x1761, x2544.

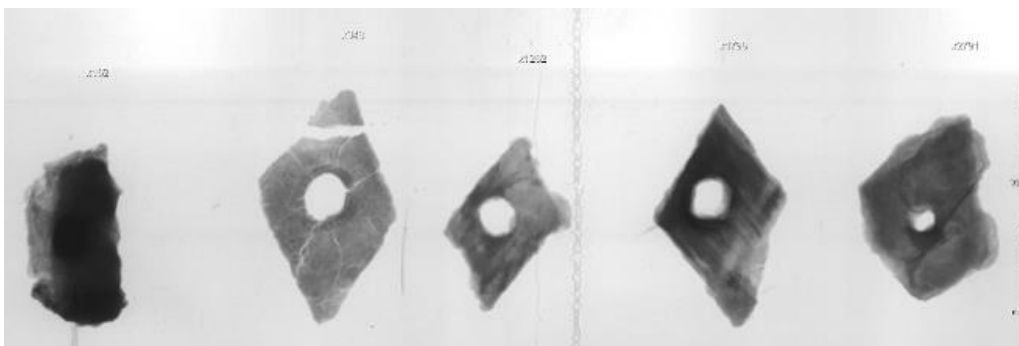
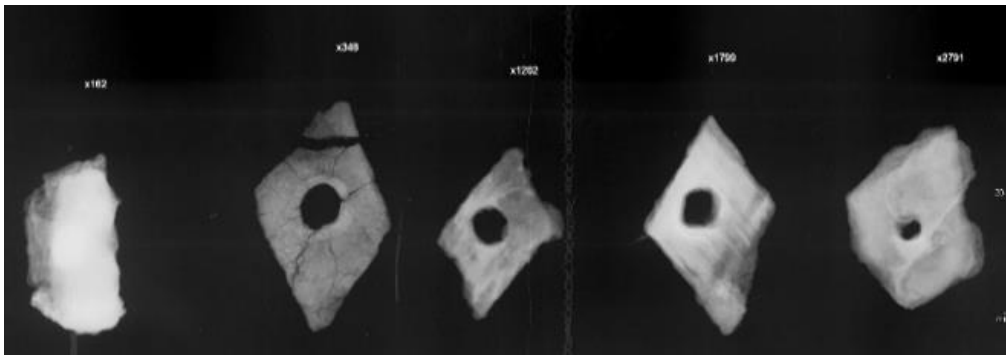


OBM6715x199, x678, x1607, x2106, x2809.





OBM6715x587, x1578, x2206, x2993.



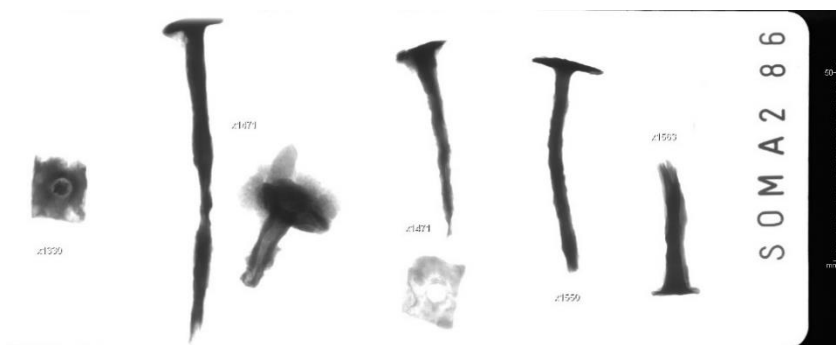
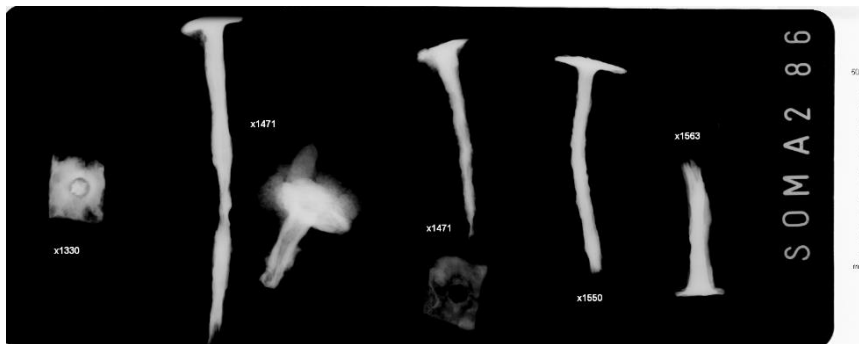
OBM6715x162, x348, x1262, x1799, x2791.

OBM9787 Mageløs

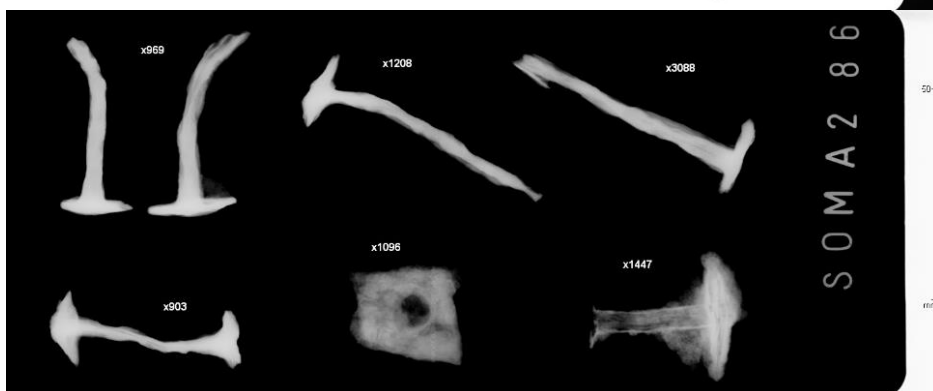
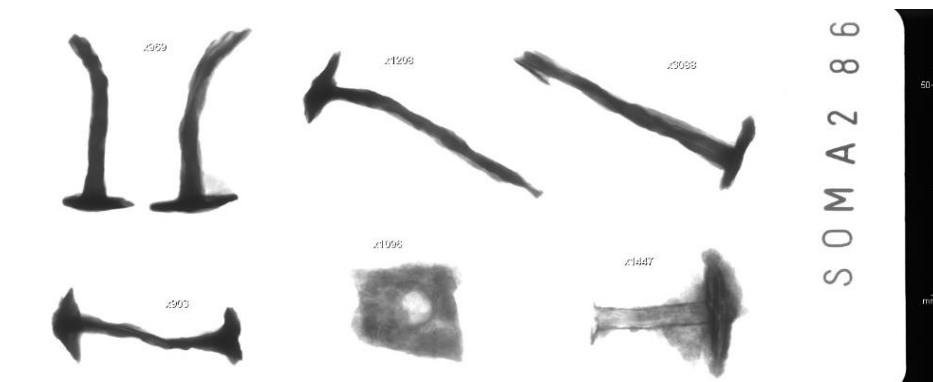


OBM9786x37, x47, x54, x57.

SOM A2-86 Lundeborg I

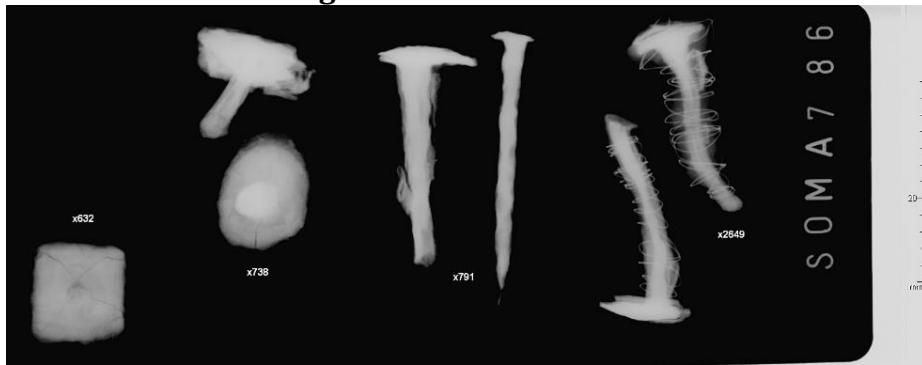


SOM A2-86x1330, x1471, x1550, x1563.

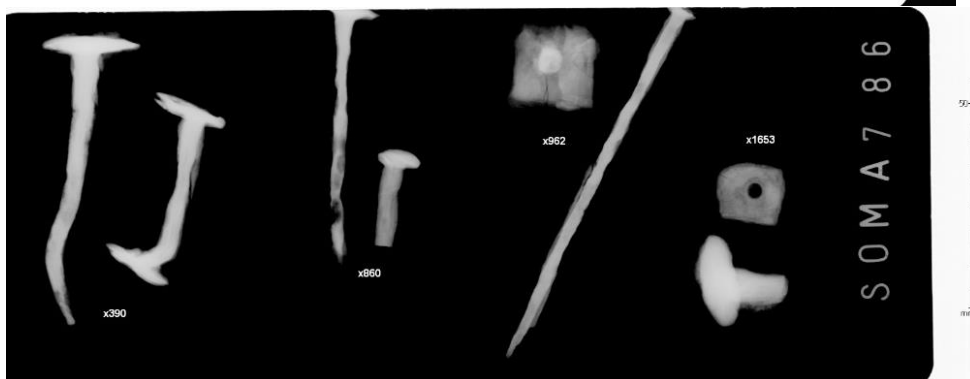
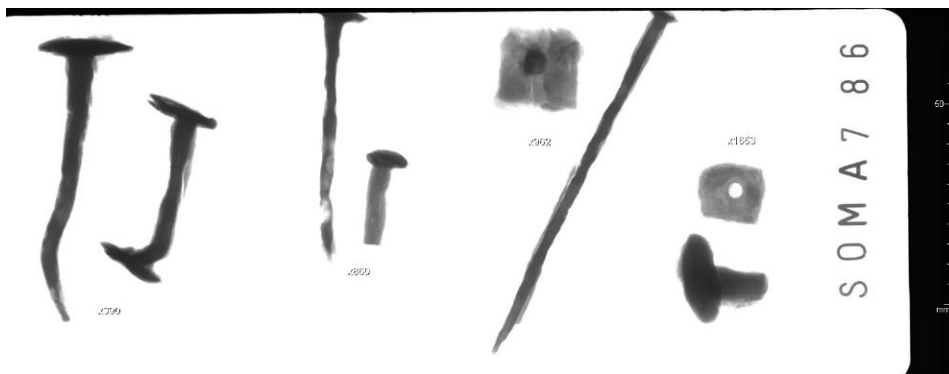


SOM A2-86x969, x1208, x3088, x903, x1096, x1447.

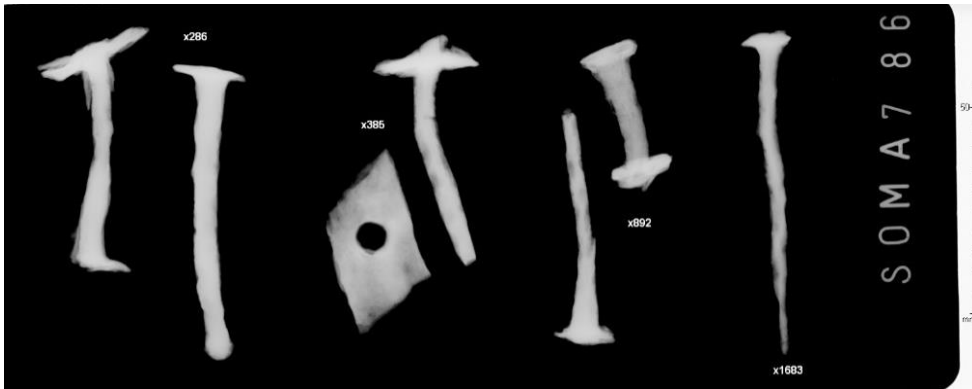
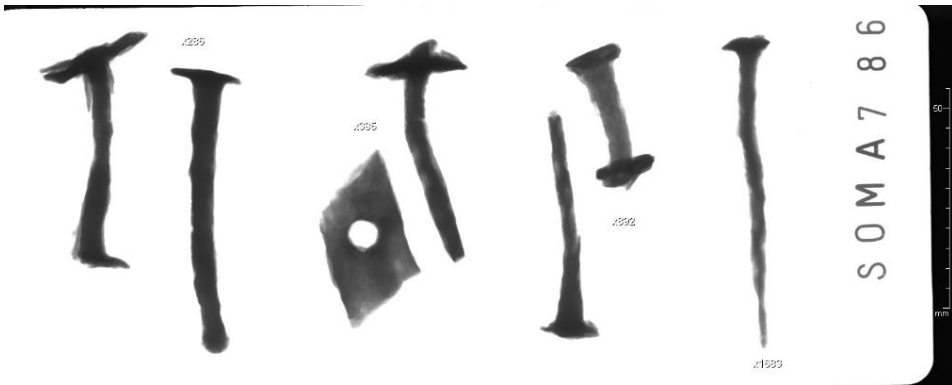
SOM A7-86 Lundeberg II



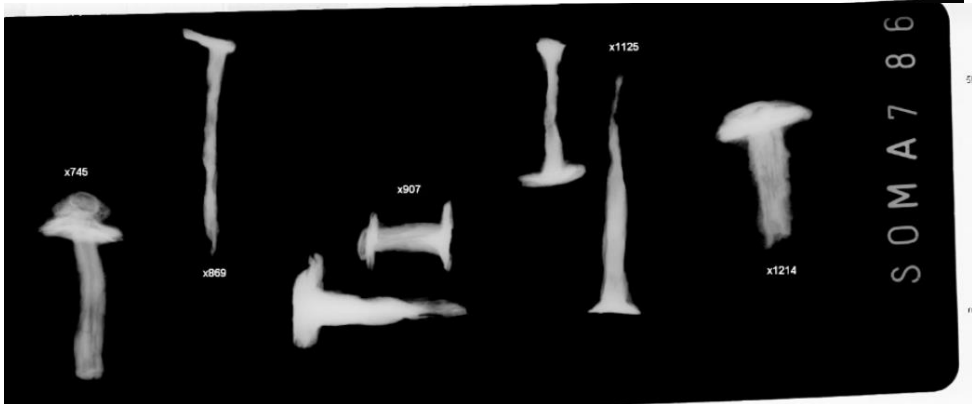
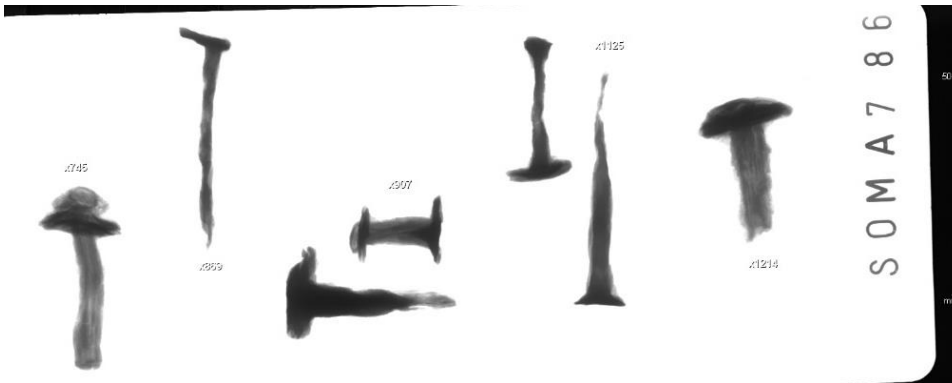
SOM A7-86x632, x738, x791, x2649.



SOM A7-86x390, x860, x962, x1653.

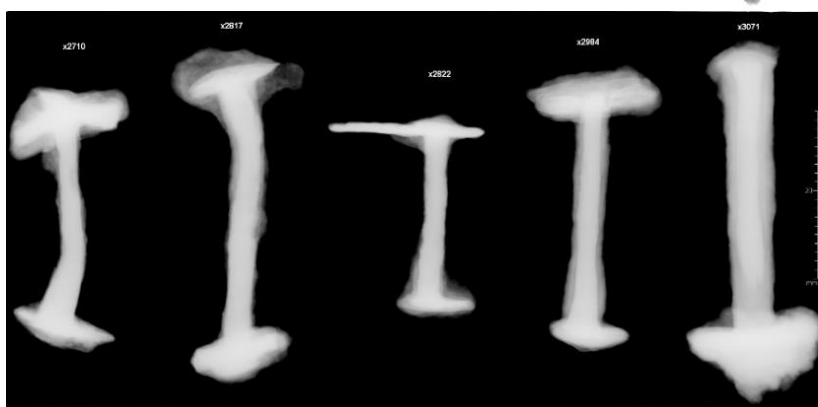
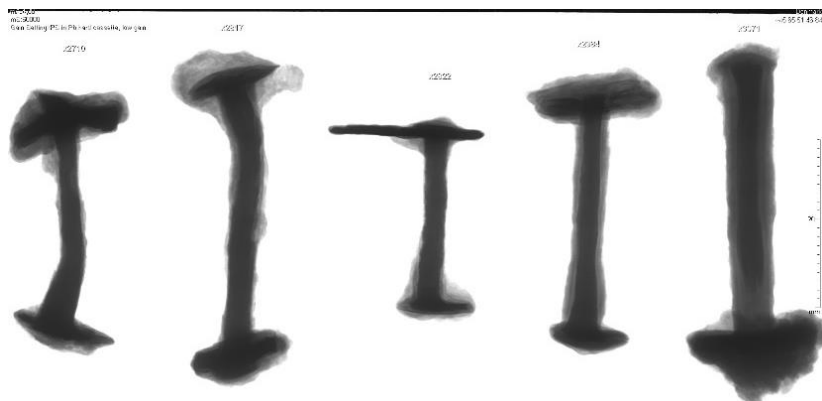


SOM A7-86x286, x385, x892, x1683.

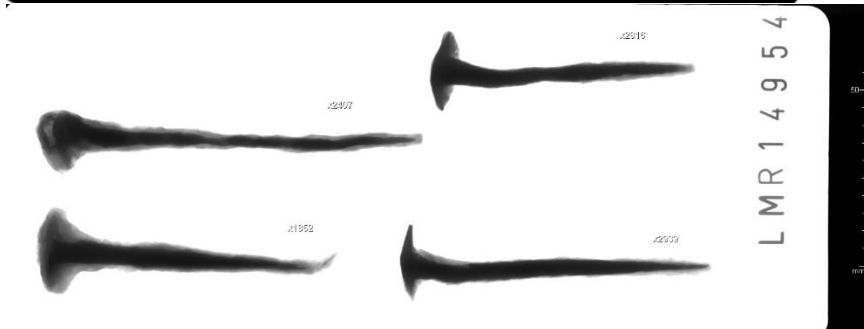
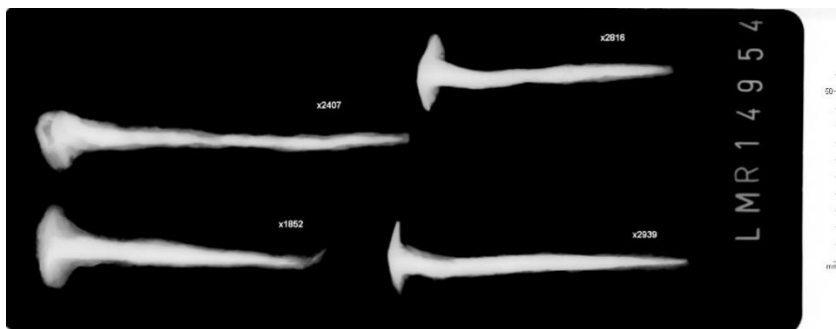


SOM A7-86x745, x869, x907, x1125, x1214.

LMR14954 Havsmarken



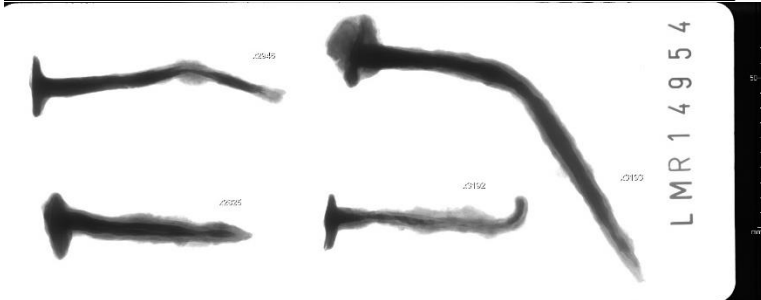
LMR14954 x2710, x2817, x2822, x2984, x3071.



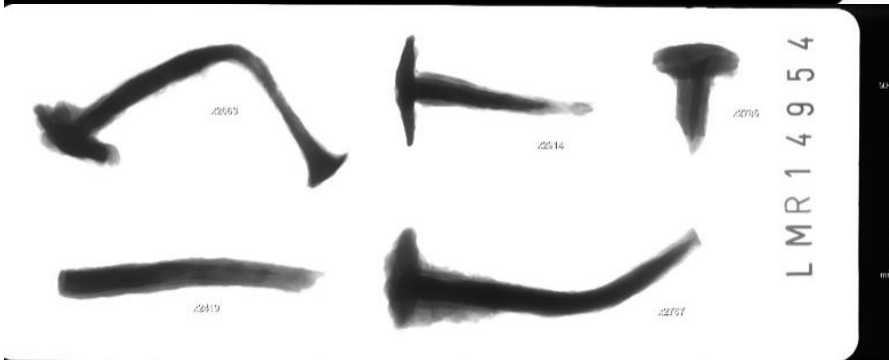
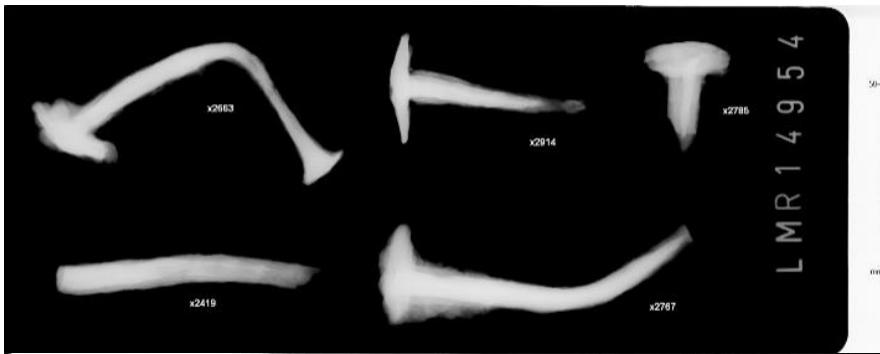
LMR 14954x2407, x2816, x1852, x2939.



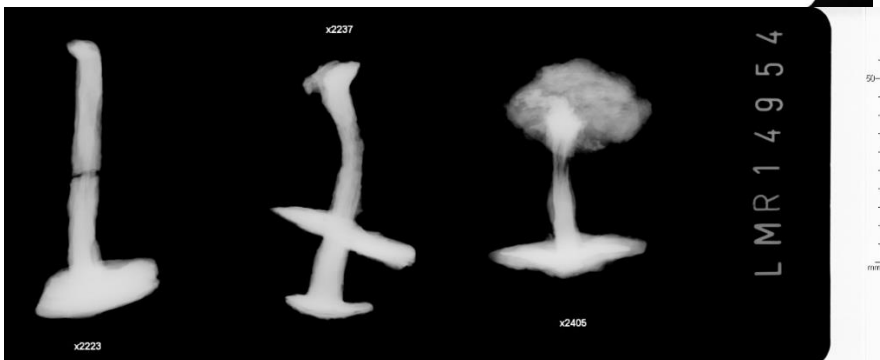
LMR 14954x1946, x1948 (2 stk.), x2421, x3131.



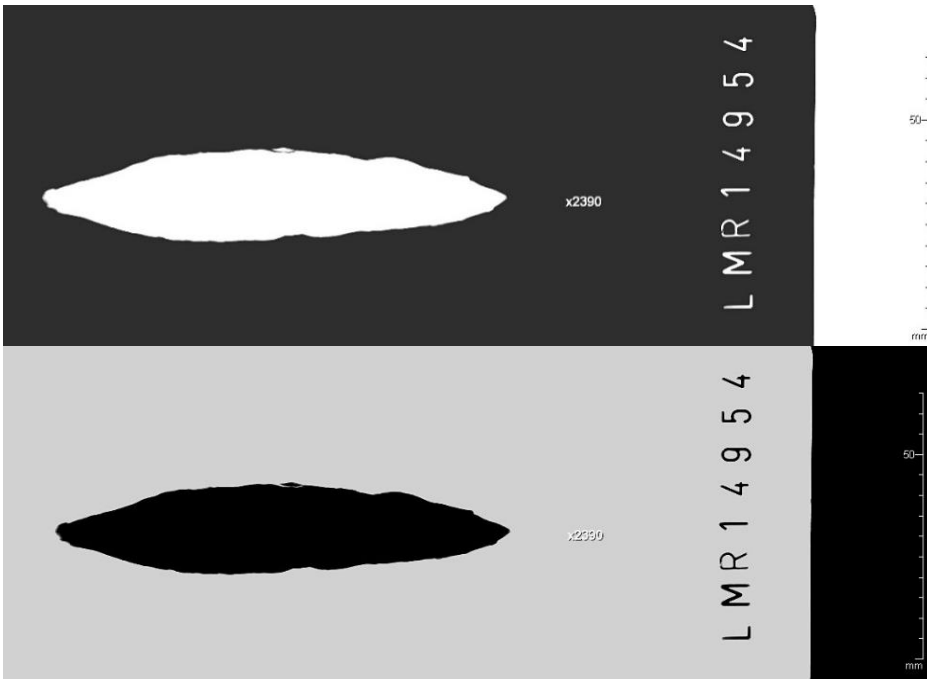
LMR 14954x2946, x3193, x2825, x3192.



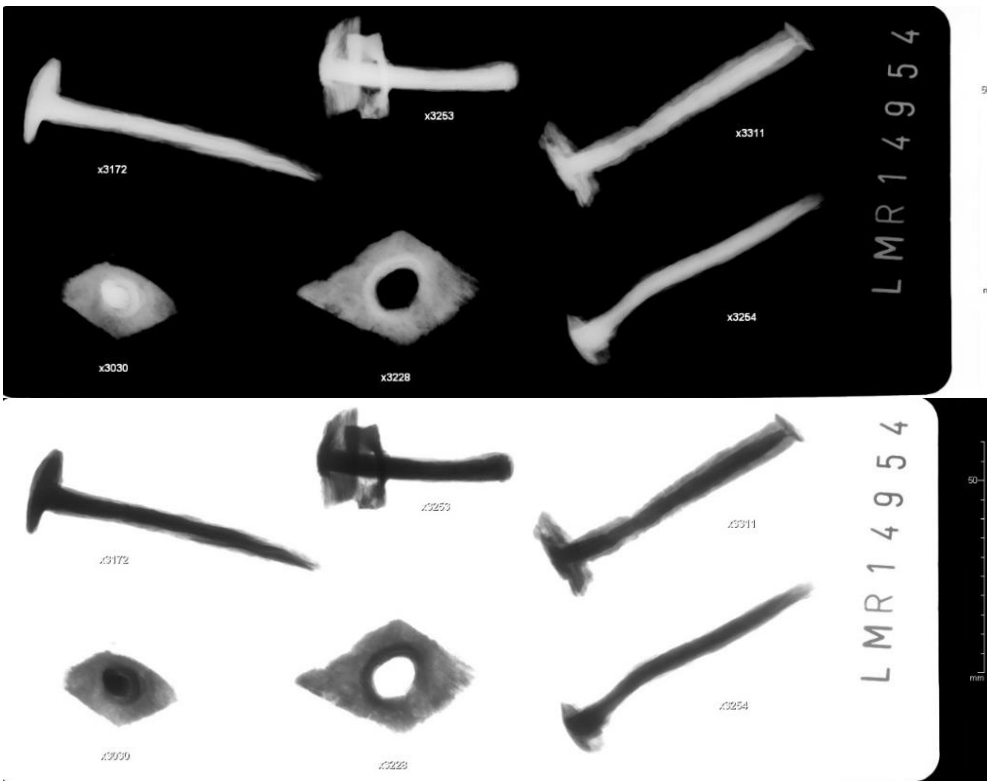
LMR 14954x2664, x2915, x2785, x2419, x2767.



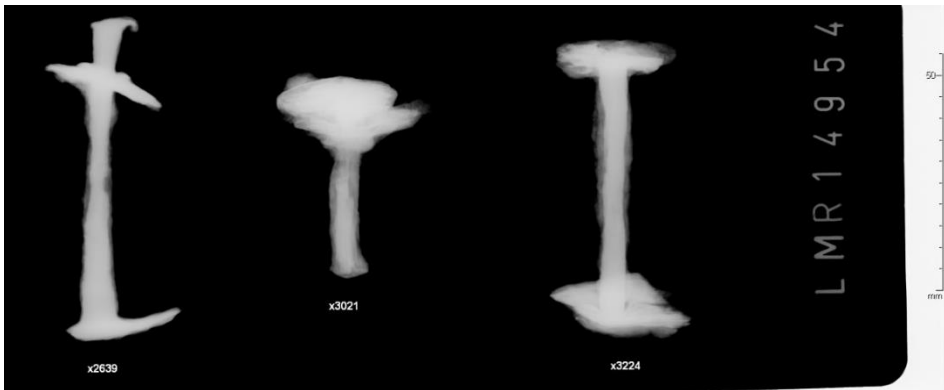
LMR 14954x2223, x2237, x2405.



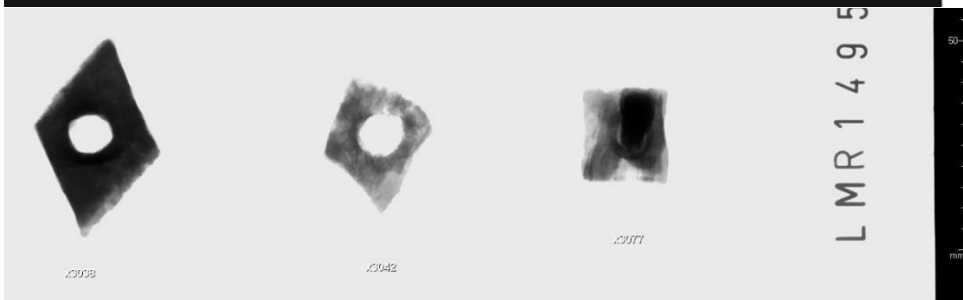
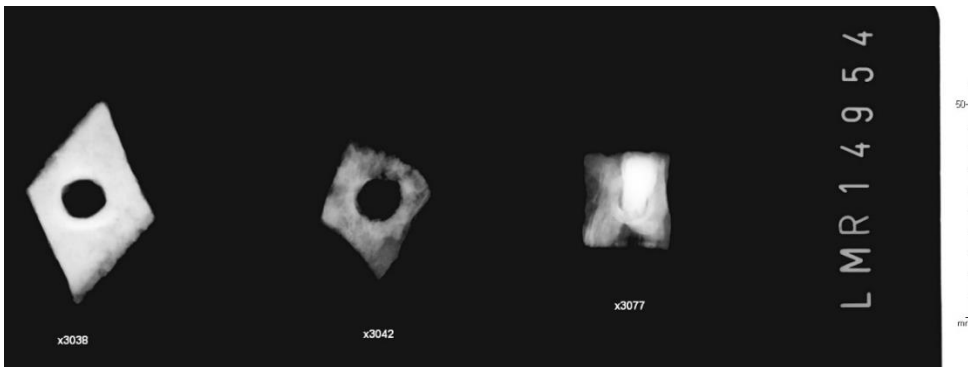
LMR 14954x2390



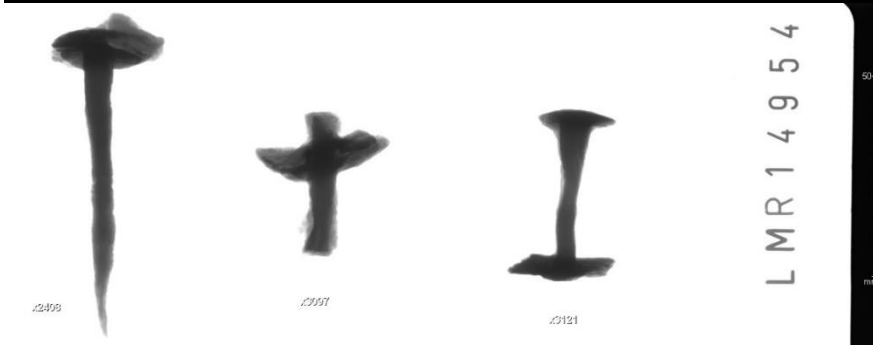
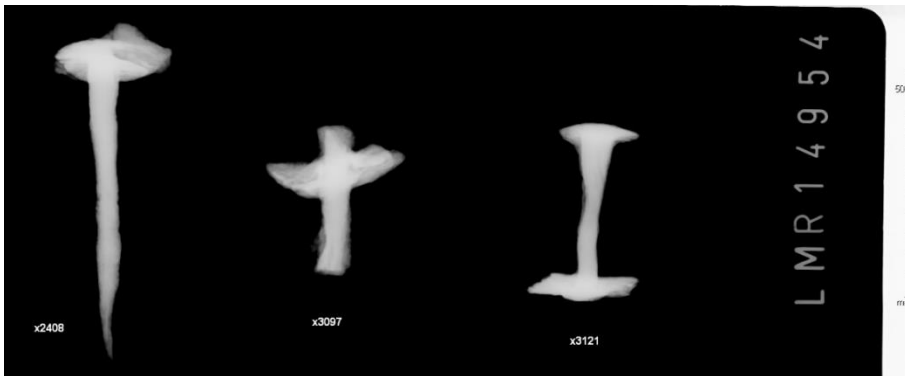
LMR 14954x3172, x3253, x3311, x3030, x3228, x3254.



LMR 14954x2639, x3021, x3224.



LMR 14954x3038, x3042, x3077.



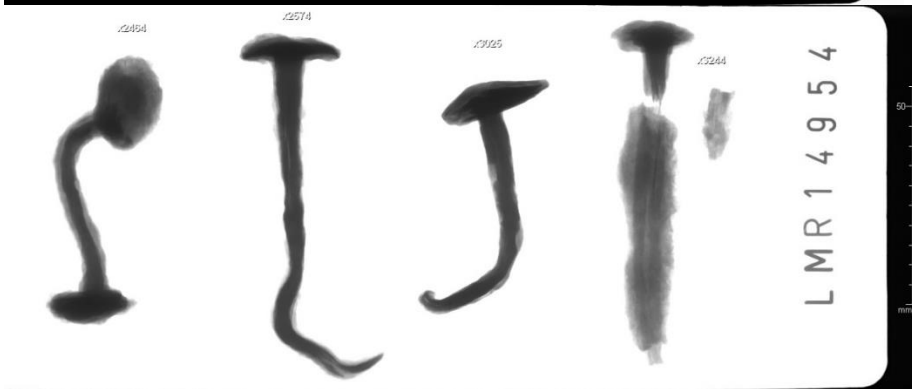
LMR 14954x2408, x3097, x3121.



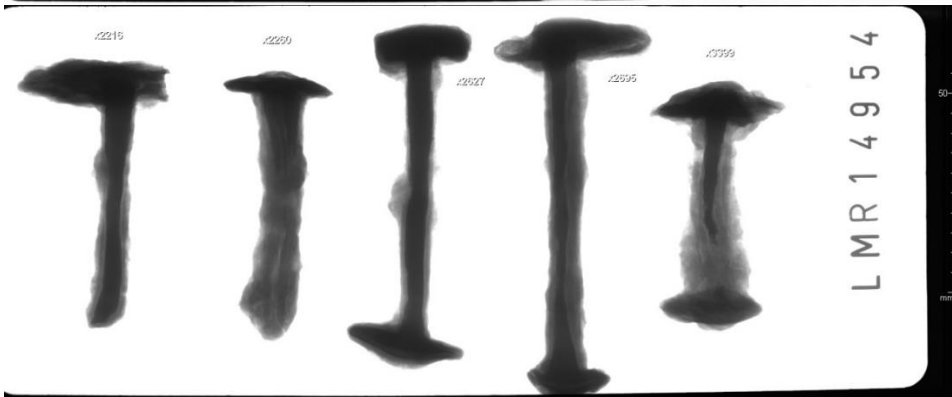
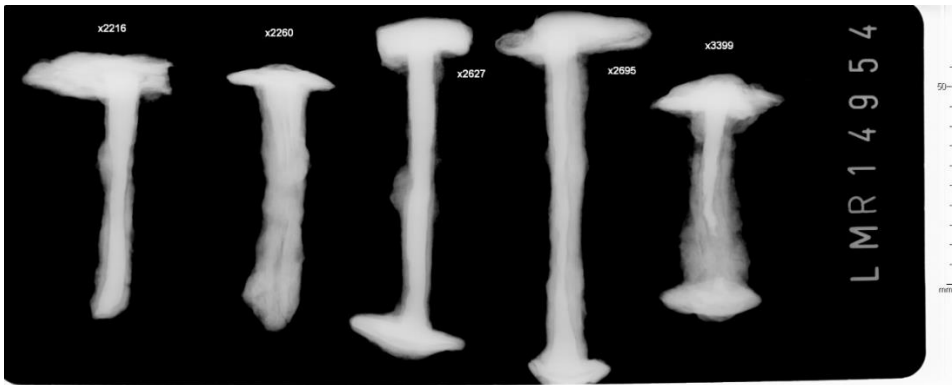
LMR 14954x2590, x3185, x2075, x3009.



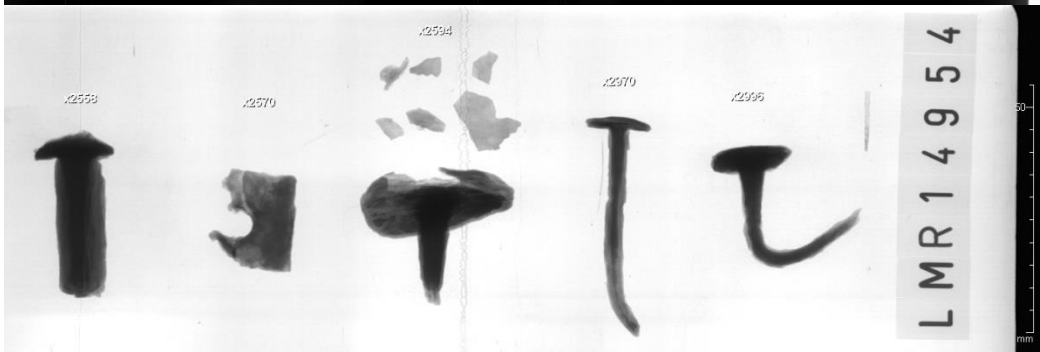
LMR 14954x2513, x2542, x2601, x2646.



LMR 14954x2464, x2574, x3025, x3244.



LMR 14954x2216, x2260, x2627, x2695, x3399.

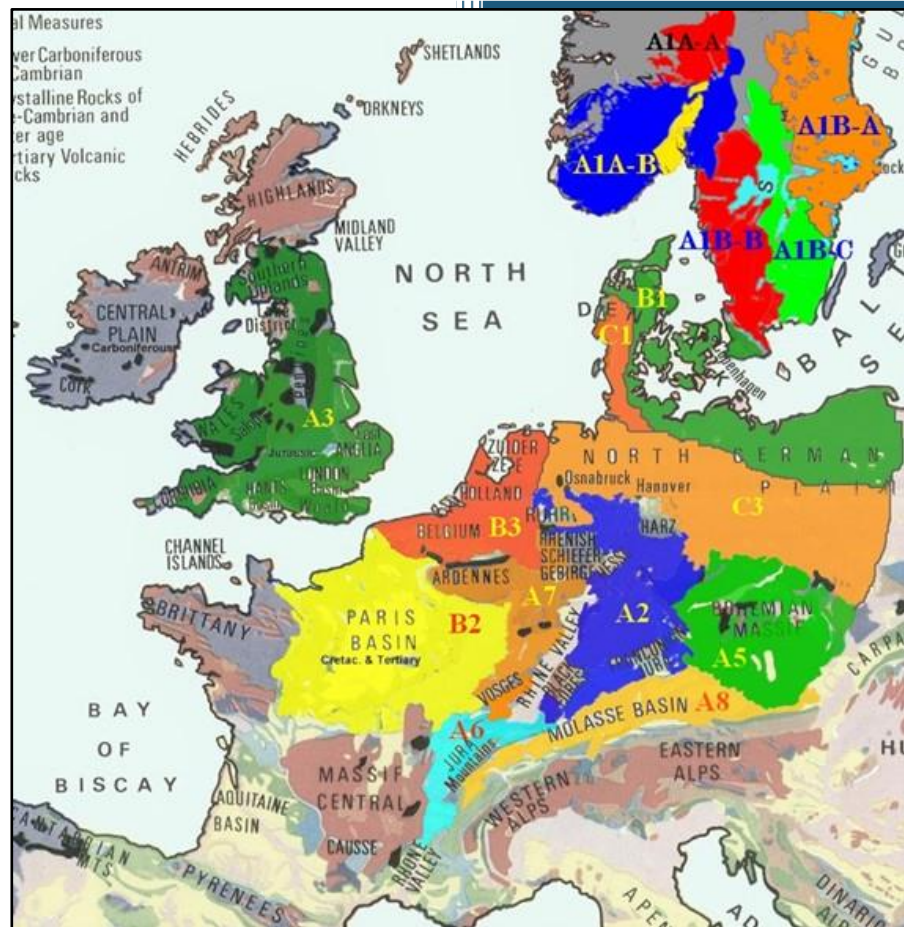


LMR 14954x2558, x2570, x2594, x2970, x2996.



August 2023

Hvem kom forbi- jernnagler fra fire anløbspladser fra vikingetiden



Arne Jouttijärvi, Pia Johansen

Heimdal-archaeometry

Report 23-25

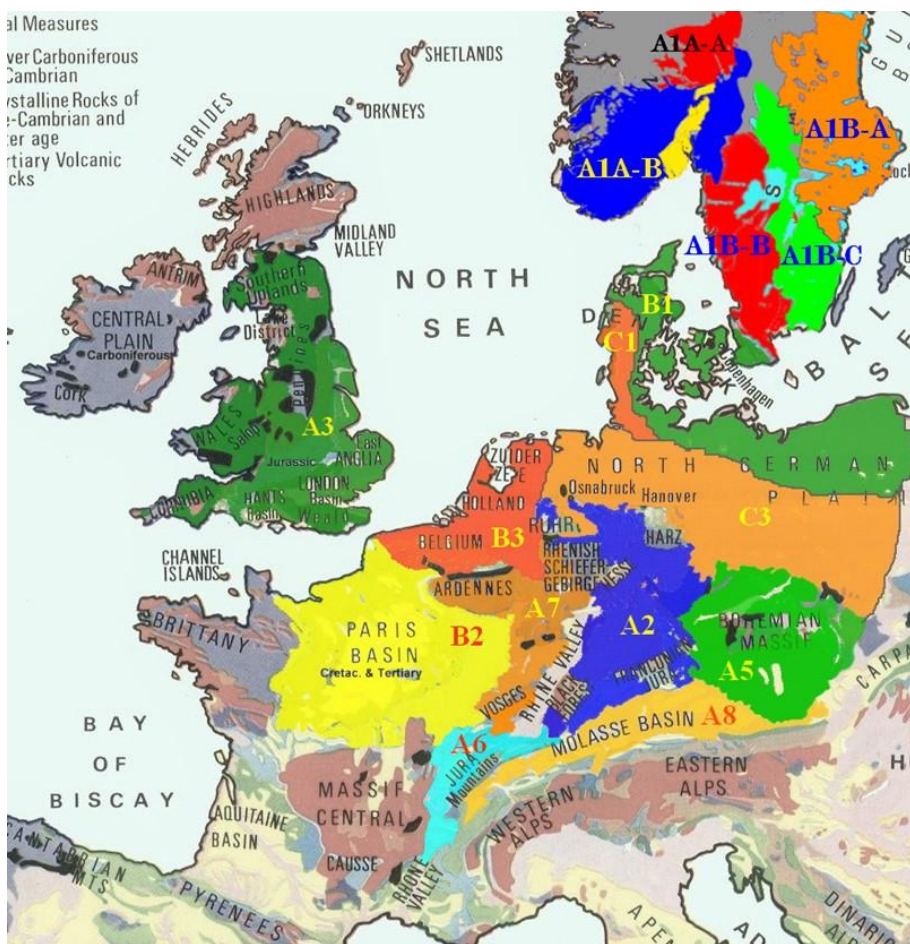
Indhold

Konklusion.....	2
Diskussion	6
Strandby Gammeltoft (OBM6715)	6
Mageløs (OBM9787)	8
Havsmarken (LMR14954).....	10
Lundeborg (SOM A2-86/A7-86)	12
Brugen af jern, fosforjern og stål	15
Resultatbearbejdning	22
Metode	22
Appendiks	31

KONKLUSION

Der blev lavet analyser af slaggeindeslutninger i i alt 107 nagler fra fire pladser: Strandby Gammeltoft (OBM6715, 16 stk.), Mageløs (OBM9787, 4 stk.), Havsmarken (LMR 14954, 60 stk.) og Lundeborg (SOM A2-86/A7-86, 27 stk.). Hertil kom 1 barre og en dorn fra Havsmarken. Endelig indgik 8 jernbarrer af forskellige typer fra Lundeborg samt en fra Gudme; disse er tidligere blevet analyseret.

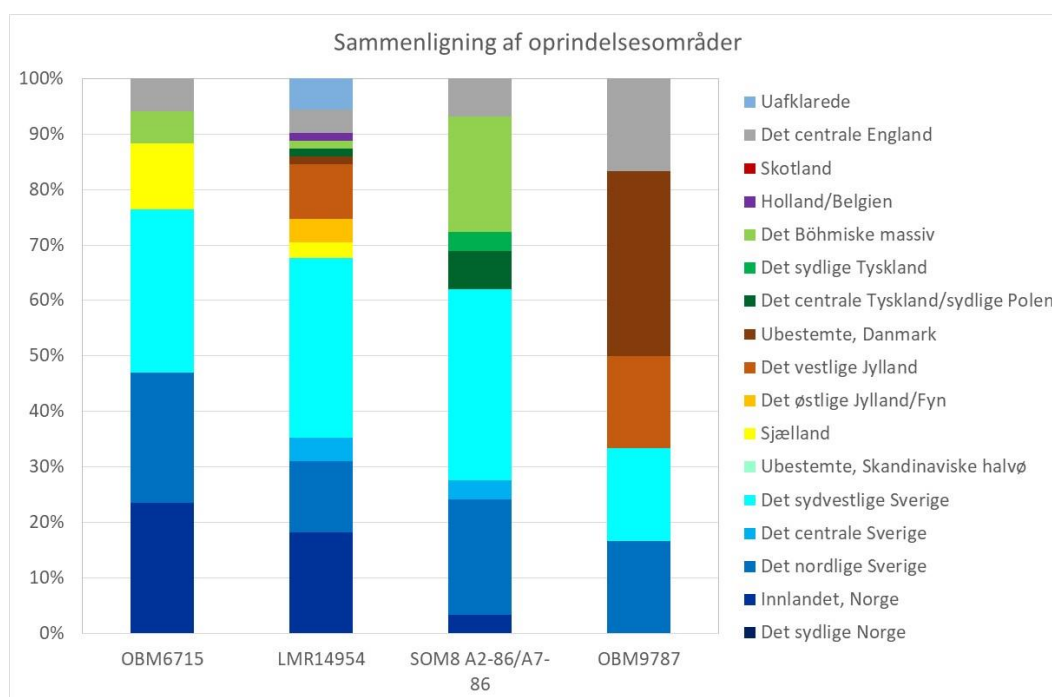
Slaggeindeslutningerne er rester af den slagge, som blev dannet ved udvindingen af metallet, og da sammensætningen af de anvendte malme vil afhænge af den lokale geologi, vil slaggens sammensætning kunne give oplysninger om den sandsynlige geografiske oprindelse af jernet. På grundlag af analyser af mere end 3000 slagger fra jernudvindingspladser i det nordlige Europa, er det statistisk muligt at definere et antal geologiske områder, hvortil der kan knyttes slagger af forholdsvis ensartet sammensætning (Figur 1). Det skal dog understreges, at proveniensbestemmelsen kun kan fortælle hvilket af områderne inden for denne del af Europa, som er den mest sandsynlige oprindelse, og det kan ikke udelukkes at nogle af naglerne kan være af jern, som er udvundet uden for det nordlige Europa.



Figur 1: Områder hvortil oprindelsen af jern kan sandsynliggøres på grundlag af slaggens sammensætning.

Sammenlignes de 4 lokaliteter med hensyn til fundne oprindelsesområder (Figur 2), ses det at Mageløs (OBM9787) skiller sig ud ved i meget højere grad at have oprindelser inden for det nuværende Danmark. Det kan tyde på, at der her er tale om en mere lokal handelsplads, hvor der kun sjældent kom skibe langvejs fra, men den observerede forskel kan også skyldes at datamaterialet fra Mageløs er lille.

Til gengæld kan der også ses både ligheder og forskelle i oprindelsesområder mellem de 3 lokaliteter Strandby Gammeltoft (OBM6715), Havsmarken (LMR14954) og Lundeborg (SOM A2-86/A7-86). For alle tre gælder det, at godt to tredjedele af materialet (henholdsvis 77 %, 67 % og 61 %) fra disse lokaliteter synes at have sin oprindelse på den Skandinaviske halvø. Inden for dette område er det sydvestlige Sverige dominerende for alle 3 lokaliteter (henholdsvis 24 %, 32 % og 34 %). Også ved tidligere undersøgelser af jern i andre typer genstande, har det vist sig at netop dette område blev den væsentligste kilde til jern i hele det nuværende Danmark fra vikingetiden og op gennem middelalderen. Det er sandsynligt, at det er en kraftigt forøget jernproduktion i det sydlige Halland og det nordvestlige Skåne, sammen med en svindende udvinding i det øvrige danske område, som er årsag til dette. Den omfattende jernproduktion i dette område er arkæologisk påvist gennem kortlægning af fund af slagger og jernudvindingspladser.



Figur 2 Sammenligning af oprindelsesområder mellem de 4 lokaliteter

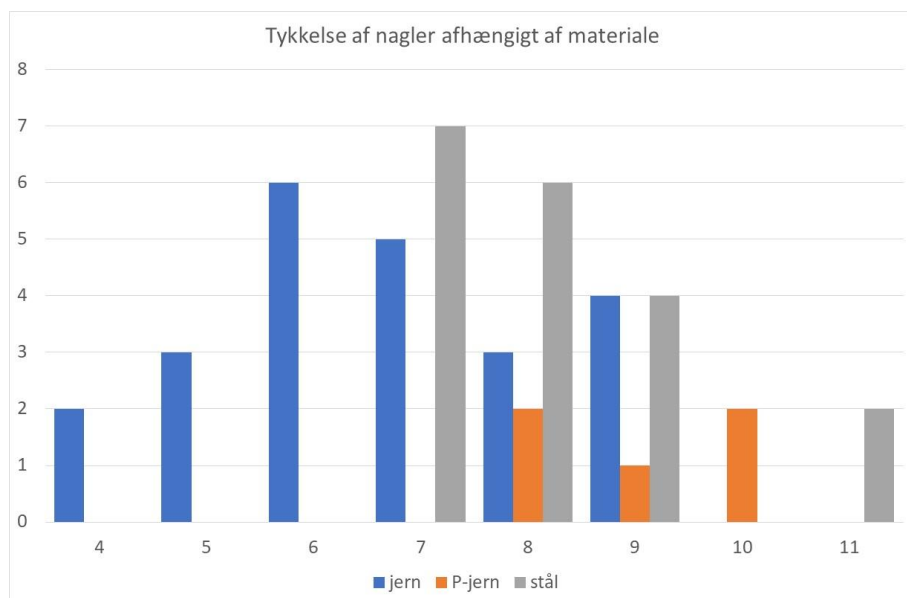
Trods den meget begrænsede dokumentation af jernudvinding inden for det nuværende Danmark i vikingetiden, kan det dog ses, at der på i det mindste to af de tre pladser fandtes jern, som kan have været af ret lokal oprindelse. Således på Strandby Gammeltoft 12% fra det østlige Jylland, Fyn eller Sjælland. Tilsvarende fandtes der i materialet fra Havsmarken 17 % fra det nuværende Danmark. Heraf er dog de 11 % sandsynligvis fra det vestlige Jylland. I Lundeborg blev der slet ikke konstateret jern, som kunne stamme fra det nuværende Danmark. Det kan muligvis indikere, at der ikke blot ved Mageløs; men også i Strandby

Gammeltoft og Havsmarken var en vis handel fra skibe af relativt lokal oprindelse. Muligvis kan det tænkes, at Lundeborg har skilt sig ud ved helt at være domineret af skibe der kom længere bort fra. Det kan dog også tænkes, at man blot ikke havde nogle kilder til lokalt jern; men var helt afhængige af jernet fra det sydvestlige Sverige. Både Lundeborg og Havsmarken viser således et meget stort bidrag af jern fra dette område (henholdsvis 34 og 32 %).

Ser man på jern og stål, som kommer længer borte fra, synes Strandby Gammeltoft at være orienteret meget mod Norge (20 %) og det nordøstlige Sverige (20 %). Det samme gælder i nogen grad for Havsmarken, selv om der her synes at være et bredere kontaktområde, som omfatter både Norge, det nordøstlige Sverige og den nordlige del af kontinentet mod Østersøen. Endelig synes Lundeborg at være meget orienteret mod Østersøen. Her dominerer således jern og stål fra det nordøstlige Sverige (21 %), og ikke mindst fra det nordlige Tyskland/Polen samt det Bøhmiske massiv (i alt 31 %). Det er sandsynligt at jern og stål fra Böhmen er blevet fragtet op af floderne Wisla og Oder til områderne langs Østersøens sydkyst.

På alle pladserne kan der også ses en kontakt med det centrale England.

Ser man på de tre typer metal: rent jern, fosforjern og stål, er der tydelig forskel på hvorfra det kom. Rent jern kunne produceres alle steder, mens fosforjern primært synes at være kommet fra det sydvestlige Sverige. Tilsvarende kom stålet primært fra Sverige, Innlandet i Norge, det nordlige Sverige og det Bøhmiske massiv.



Figur 3: Tykkelsen af naglerne opdelt på de tre materialer jern, fosforjern og stål

Der kunne konstateres en tydelig forskel på de nagler, hvor de tre jerntyper har været anvendt, idet det rene jern generelt er blevet anvendt til mindre nagler med tykkelser mellem ca. 5 og ca. 8 mm (Figur 16). Til gengæld er naglerne af stål større, med tykkelser mellem 7 og 9 mm, og et par stykker helt oppe på 11 mm. Det samme gælder nagler af fosforjern, som har tykkelser mellem 8 og 10 mm (Figur 3).

Det er muligt at jernet, stålet og fosforjernet blev anvendt forskellige steder i skibene, hvor deres egenskaber blev udnyttet bedst muligt. Stålet er således stærkt og hårdt; men vil også have en tendens til at være mere sprødt, og korroderer væsentligt hurtigere end både jern og fosforjern. Også fosforjernet vil være sprødt, endda væsentligt mere end stålet. Til gengæld har det en bedre modstandsdygtighed mod korrosion, specielt over vandskorpen, hvor det bliver udsat for sprøjt af saltvand; men også har kontakt med luften. Endelig er jernet ikke så stærkt; men er mere sejt, og kan derfor tåle en større deformation inden det knækker.

Hvor vidt disse forskelle afspejler brugen af jern, fosforjern og stål forskellige steder i samme skib eller i skibe af forskellige størrelser, kan som før nævnt ikke siges; men måske kan det afklares ved fremtidige analyser af nagler fra bevarede skibsvrag. Det vil kunne kaste et helt nyt lys over detaljerne i det håndværk, som lå til grund for bygningen af vikingetidens skibe.

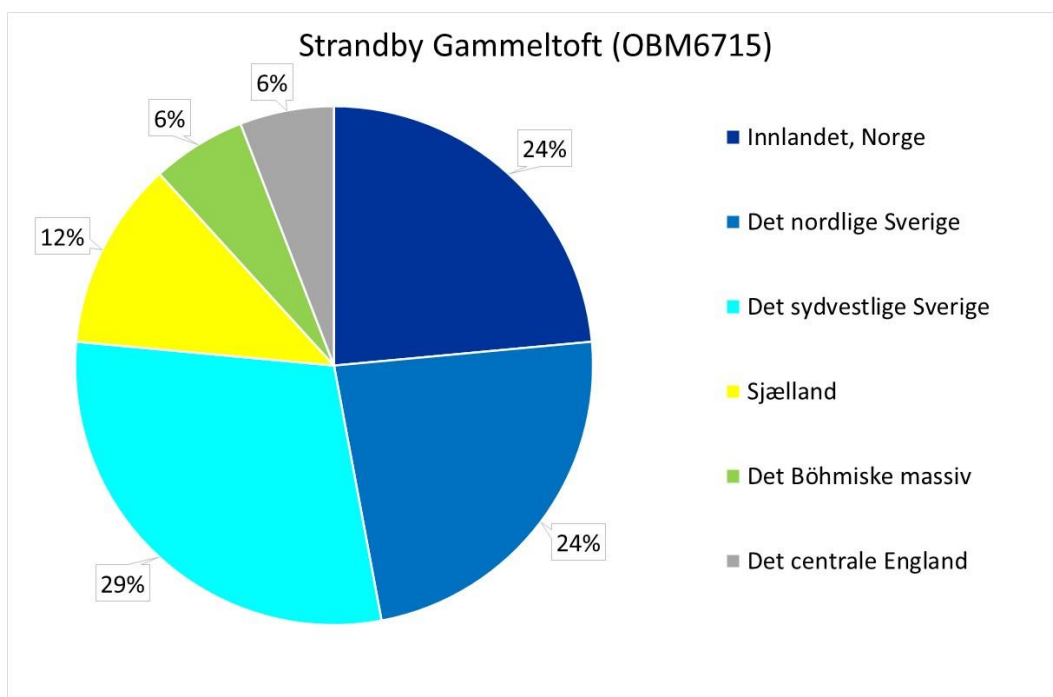
DISKUSSION

Der er analyseret 107 nagler, 1 dorn og 10 barrer fra fire forskellige fynske lokaliteter, Strandby Gammeltoft (OBM6715), Mageløs (OBM9787), Havsmarken (LMR14954) og Lundeborg (SOM A2-86 og A7-86).

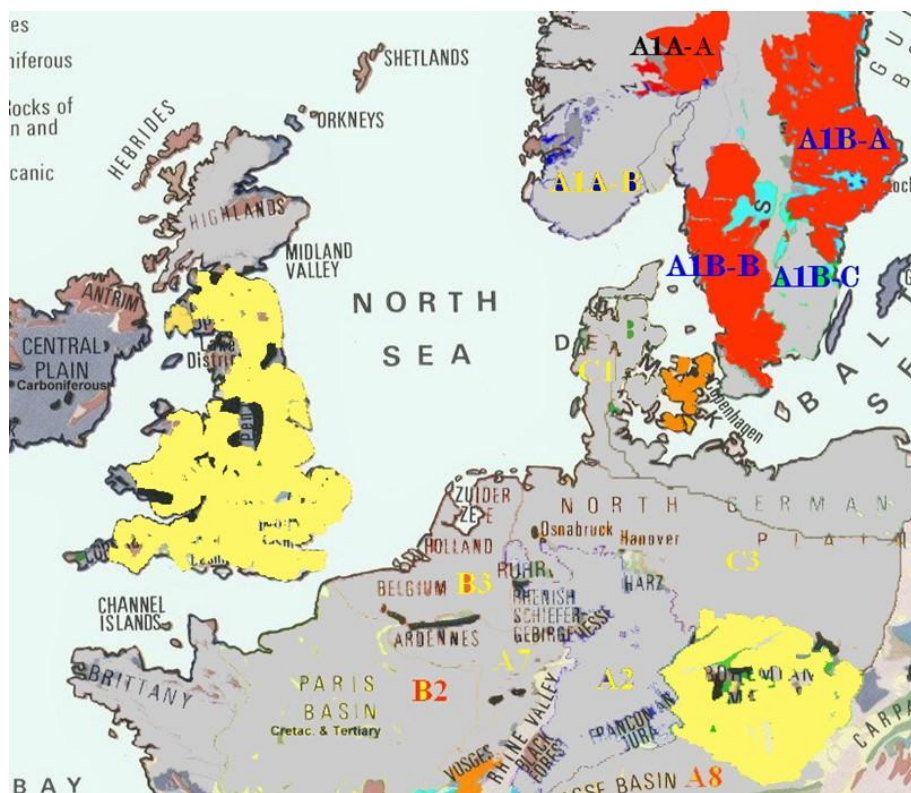
Strandby Gammeltoft (OBM6715)

Fra lokaliteten Strandby Gammeltoft (OBM6715) er der analyseret 16 nagler/klinkplader. Én nagle har vist sig at være fremstillet af moderne jern (x2993). Denne behandles ikke yderligere i rapporten. I 13 af naglerne er fundet ét oprindelsesområde for materialet, og i de resterende 2 er der fundet 2 oprindelsesområder (Tabel 1). De sidste må derfor være smedet sammen af flere stykker jern.

Når der i det følgende ses på hvorfra materialet kommer, ses der på alle de fundne oprindelsesområder (19 oprindelsesområder). Figur 4 viser fordelingen af sandsynlige oprindelsesområder for materialet i naglerne fundet på lokaliteten Strandby Gammeltoft. Størstedelen af materialet synes at have sin oprindelse på den Skandinaviske halvø, 24 % (4) i Innlandet, 24 % (4) i det nordlige Sverige og 29 % (5) i det sydvestlige Sverige, Dvs. i alt 77 % (13) af materialerne synes at have sin oprindelse på den Skandinaviske halvø. Fra det nuværende Danmark kom 12 % (2), som synes at have sin oprindelse på Sjælland. Herudover synes 6 % (1) materialer at have sin oprindelse i det centrale England og 6 % (1) at have sin oprindelse i Tjekkiet (Det Bøhmiske massiv).



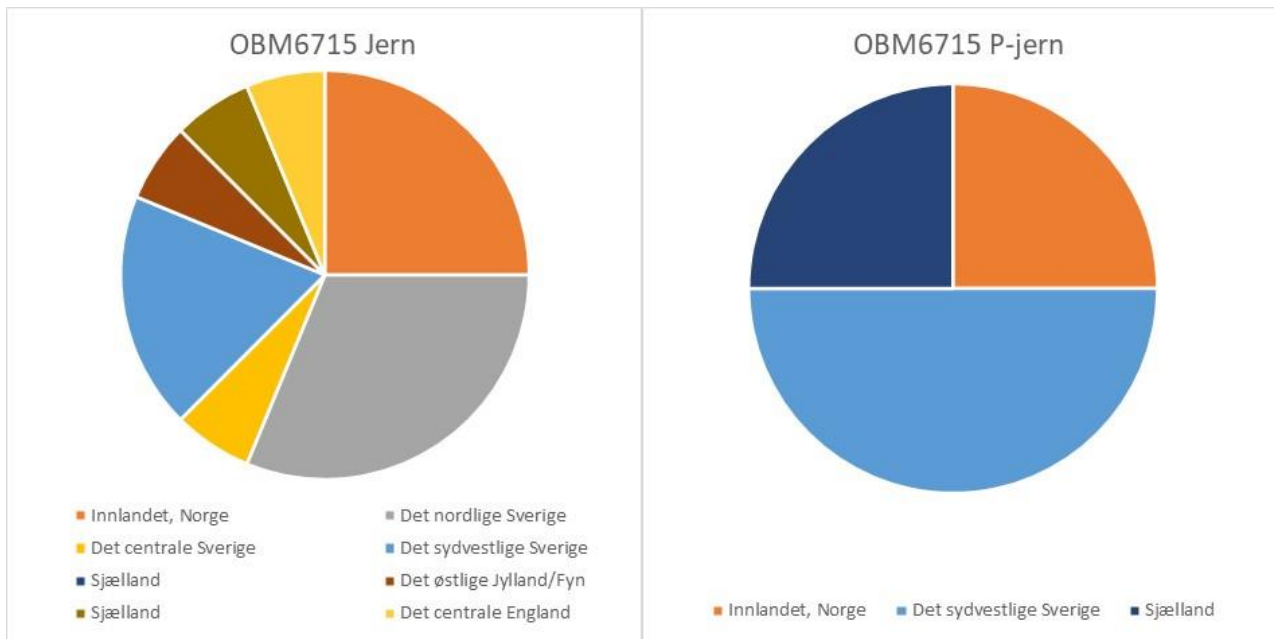
Figur 4 Fundne oprindelsesområder for materialet fra Strandby Gammeltoft (OBM6715)



Figur 5: Oprindelsen af jernet i naglerne fra Strandby Gammeltoft (OBM 6715) rødt: >20%, orange: 10-20 % og gult <10%

Som det kan ses af Figur 5, kommer størstedelen af naglerne fra Innlandet i Norge eller fra det østlige eller vestlige Sverige, selv om der også er nogle, som er af mere lokal oprindelse (Sjælland) og enkelte, som viser fjernere kontakter i England og det Böhmen.

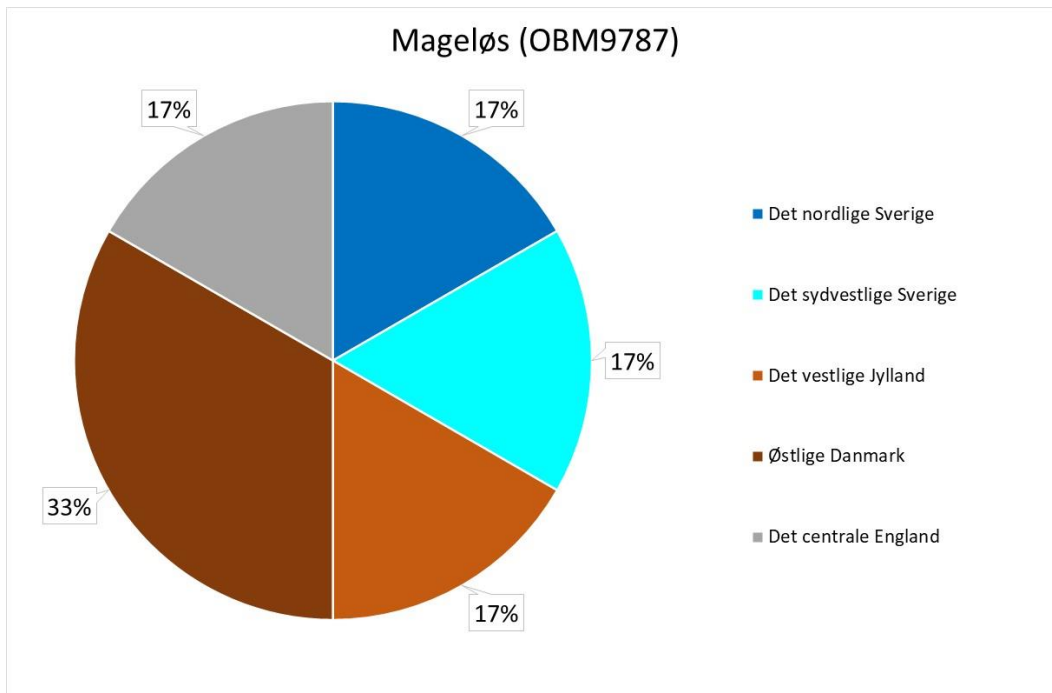
Mikroskopi af naglerne/klinkpladerne fra Strandby Gammeltoft viser at disse er fremstillet jern, hvoraf enkelte (x162, x1213, x1262 og x2106) indeholder noget fosfor (0,6-0,9 % P). Mens jernet er kommet fra alle oprindelsesområderne, med en overvægt på Innlandet i Norge og det nordlige Sverige, er der næsten ikke kommet fosforjern fra netop disse to områder. Det synes i højere grad at være kommet fra det sydvestlige Sverige og Sjælland, dog med et enkelt stykke fra Innlandet (Figur 6).



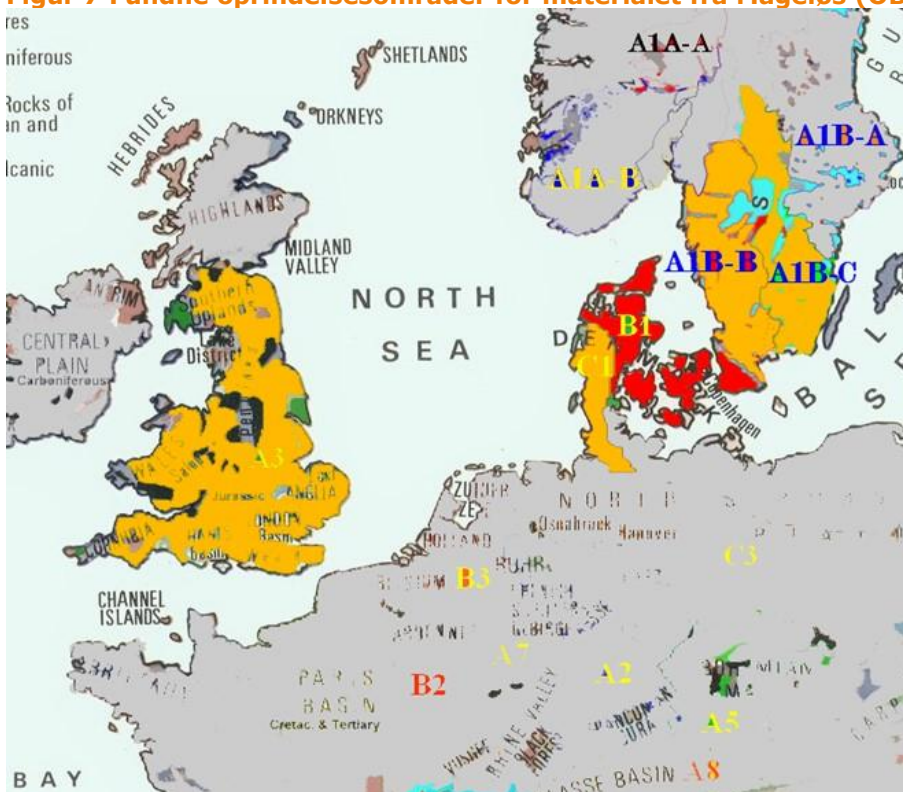
Figur 6: Oprindelsen af jern (venstre) og fosforjern (højre) fra OBM6715

Mageløs (OBM9787)

Fra lokaliteten Mageløs (OBM9787) er der analyseret 4 nagler. I 2 af naglerne er fundet ét oprindelsesområde for materialet, og i 2 er der fundet 2 oprindelsesområder (Tabel 1). Når der i det følgende ses på hvorfra materialet kommer, ses der på alle de fundne oprindelsesområder (6 oprindelsesområder). Figur 7 viser fordelingen af sandsynlige oprindelsesområder for materialet i naglerne fundet på lokaliteten Mageløs. Størstedelen af dette materiale synes at have sin oprindelse i Danmark, idet 50 % (3) af materialerne synes at have sin oprindelse inden for det nuværende Danmark (Sjælland, Fyn eller det østlige Jylland) uden at det kan bestemmes nærmere og 17 % (1) i det vestlige Jylland. Herudover synes 17 % (1) at have sin oprindelse i det sydvestlige Sverige, 17 % (1) i det nordlige Sverige og de sidste 17 % (1) synes at have sin oprindelse i Holland/Belgien.



Figur 7 Fundne oprindelsesområder for materialet fra Mageløs (OBM9787)



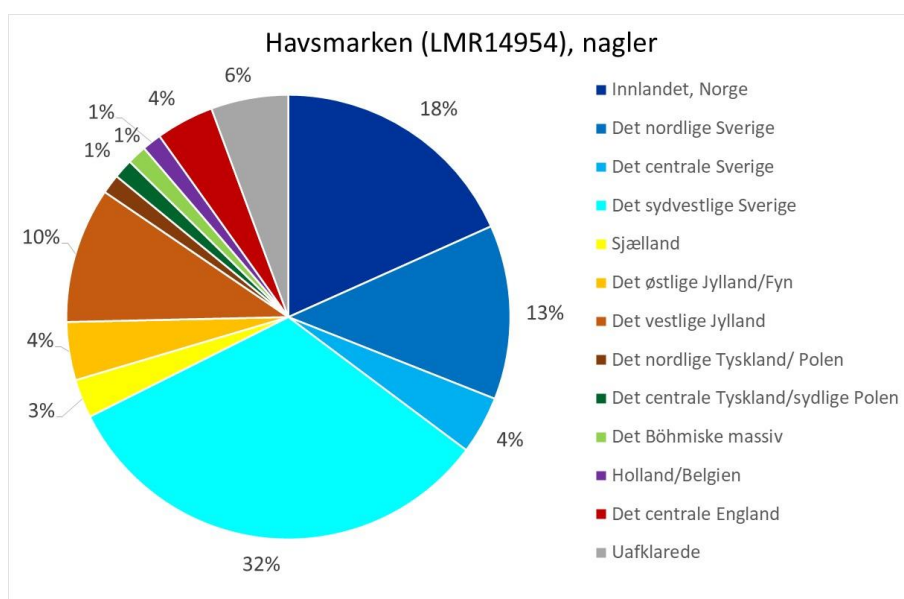
Figur 8: Oprindelsen af jernet i naglerne fra Mageløs (OBM 9787) rødt: >20%, orange: 10-20%

Da der er tale om et meget lille materiale, er der svært at drage sikre konklusioner om de kontakter der har været til pladsen ved Mageløs. Det er dog markant, at halvdelen af de anvendte stykker jern er af forholdsvis lokal oprindelse (inden for det nuværende Danmark).

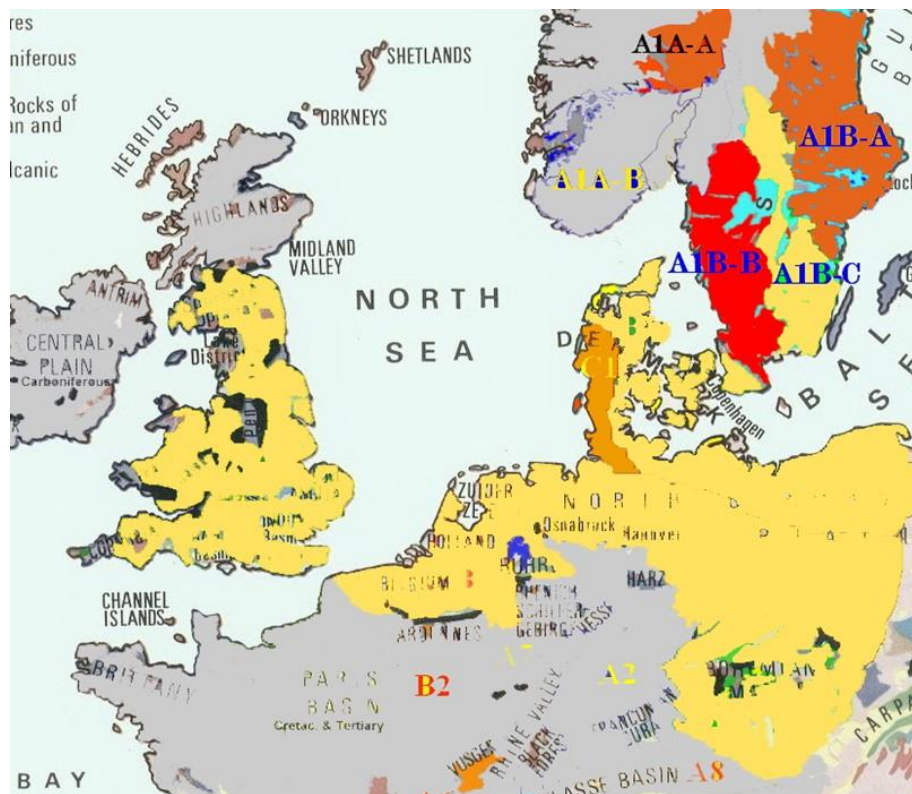
Mikroskopi af de 4 nagler fra Mageløs viser at de er fremstillet af jern. Kun i ét tilfælde med et noget forhøjet indhold af fosfor (x57 B, 0,2-0,4 % P).

Havsmarken (LMR14954)

Fra lokaliteten Havsmarken (LMR14954) er der analyseret 62 genstande, 60 nagler/klinkplader, en dorn og en dobbeltspidsbarre. Det har med metoden ikke været muligt at bestemme et sandsynligt oprindelsesområde af 4 af naglerne (x1946, x2407, x2408 og x2939), som ikke behandles yderligere i rapporten. I 48 af genstandene er der fundet ét oprindelsesområde for materialet, og i de resterende 10 er der fundet 2 oprindelsesområder (Tabel 1). Når der i det følgende ses på hvorfra materialet kommer, ses der på alle de fundne oprindelsesområder (71 oprindelsesområder). Figur 9 viser fordelingen af sandsynlige oprindelsesområder for materialet i naglerne fundet på lokaliteten Havsmarken. Størstedelen af materialet synes at have sin oprindelse på den Skandinaviske halvø, 18 % (13) i Innlandet i Norge, 13 % (9) i det nordlige Sverige, 4 % (3) i dette centrale Sverige og 32 % (23) i det sydvestlige Sverige. I alt synes 67 % (48) af materialerne at have sin oprindelse på den Skandinaviske halvø. Fra det nuværende Danmark er tallene noget mindre, idet 3% (2) af materialerne synes at have sin oprindelse på Sjælland, 4% (3) i det østlige Jylland/Fyn og 10 % (7) i det vestlige Jylland. I alt 17 % (12) af materialerne synes dermed at have sin oprindelse i Danmark. Ydermere viste 8 % af materialerne sig at have deres sandsynlige oprindelse udenfor Skandinavien, 1 i det nordlige Tyskland/Polen 1 i det centrale Tyskland/det sydlige Polen, 1 i det det Bøhmiske massiv, 1 i Holland/Belgien og 3 i det centrale England. Endelig var der 6% (5) som det med metoden ikke har været muligt at bestemme et sandsynligt oprindelsesområde for, hvorfor de står som uafklarede i figuren.



Figur 9 Fundne oprindelsesområder for materialet fra Havsmarken (LMR14954)

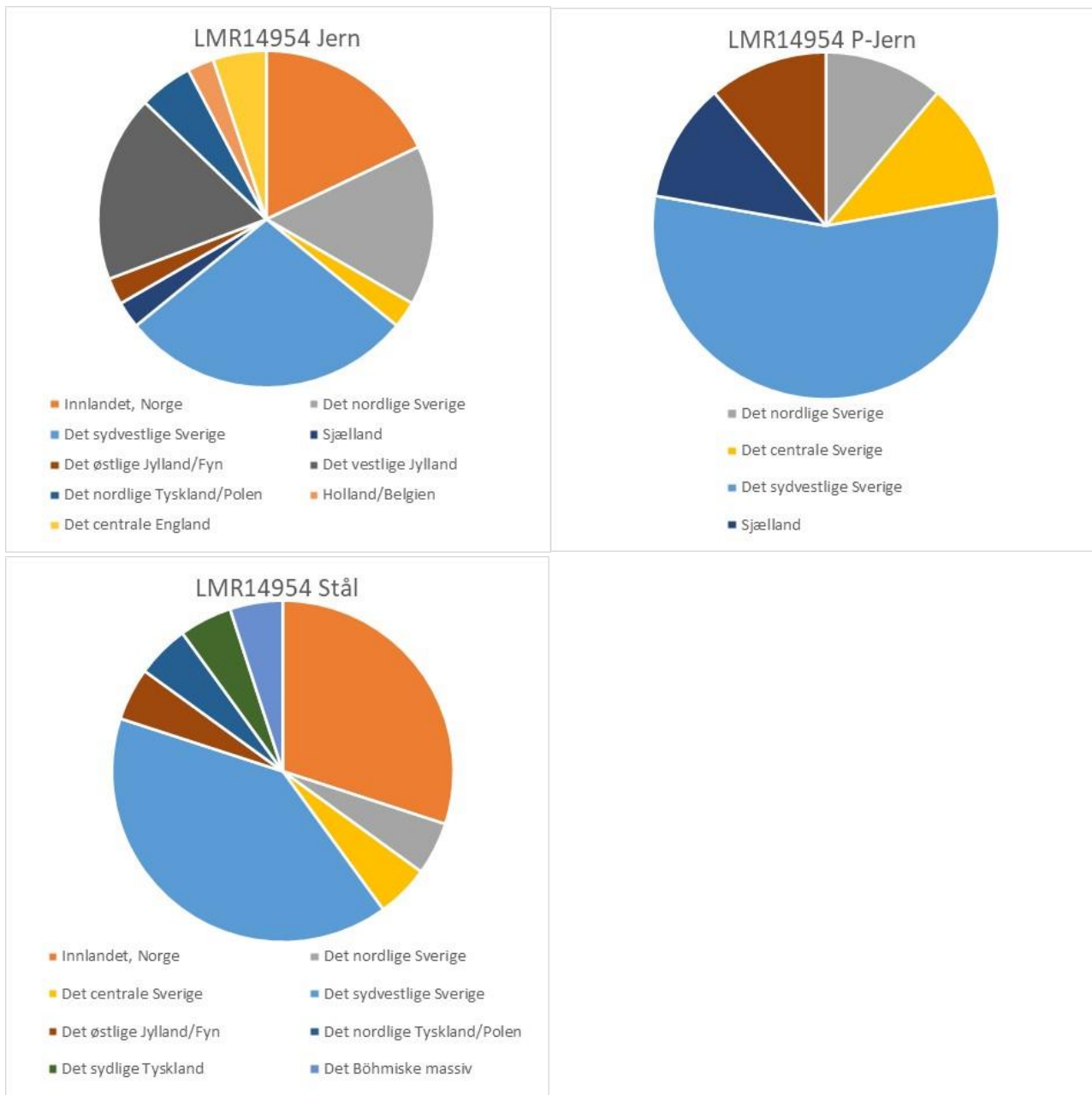


Figur 10: Oprindelsen af jernet i naglerne fra Havsmarken (LMR14954) rødt: >30%, mørk orange: 10-20 %, lys orange: 5-10 % og gul: <6 %.

Ser man på de kontakter, som afspejler sig i naglerne fra Havsmarken, synes de primært at have gået mod nord og øst til det nuværende Norge og Sverige. Der er dog også en ikke helt ubetydelig andel, som peger på det nuværende Danmark, og den sydvestlige kyst af Østersøen. Også med det centrale England synes der at have været kontakter.

De metallografiske undersøgelser viste, at der til naglerne var anvendt både rent jern (38 stk.), fosforjern (8 stk.) og stål (20 stk.). Der er dermed næsten 5 gange så mange nagler, som er lavet af jern uden indhold af fosfor, som der er af fosforjern. Det taler imod den almindelige antagelse, at der til skibsnagler primært har været anvendt fosforholdigt jern på grund af dets større modstandsdygtighed mod korrosion.

Ser man på hvor naglerne er kommet fra, afhængigt af materiale, så kan nagler af rent jern komme fra alle de relevante områder; men med fosforholdigt jern, er det helt anderledes, idet mere end halvdelen af de fosforholdige nagler havde deres oprindelse i det sydvestlige Sverige (Figur 11), mens de øvrige var fra central- og Nordsverige, og en enkelt fra Sjælland. For stålet kan det også ses, at det er få områder, som dominerer. Her er der tale om det sydvestlige Sverige og Innlandet i Norge. Det er sandsynligt, at det afspejler egenskaber ved de malme, som er tilgængelige i de forskellige områder. Det er således mere almindeligt at finde fosforholdige malme i Det Nordeuropæiske Lavland end i det Norge og Sverige. Dog er der i tidligere undersøgelser indikationer på, at fosforholdig jern også har været fremstillet som et specialprodukt i netop det sydvestlige Sverige.

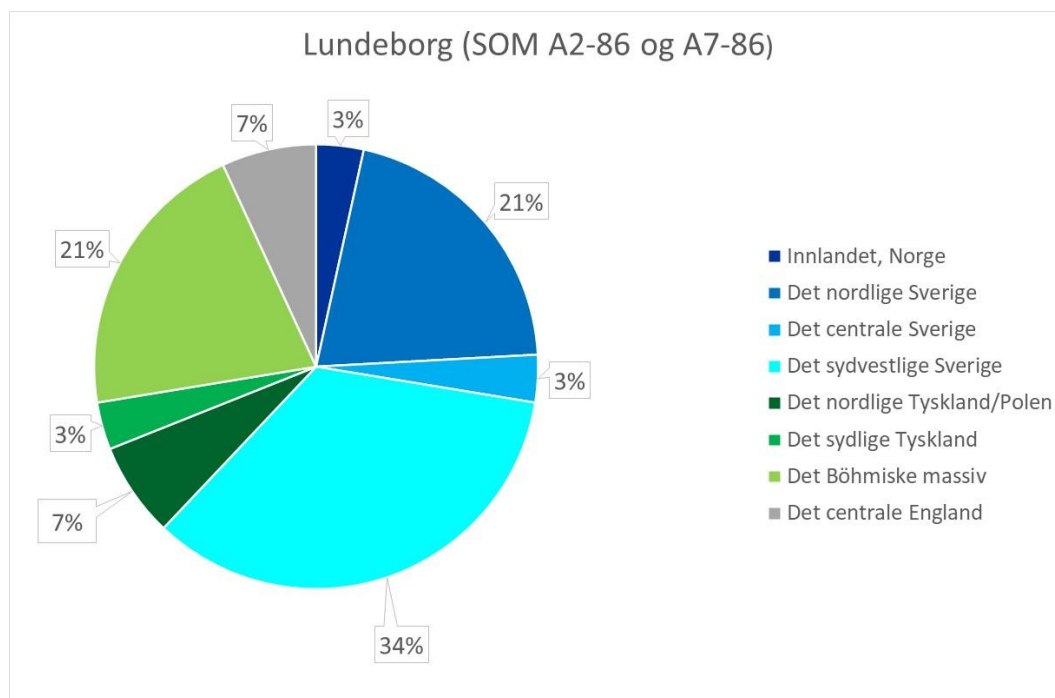


Figur 11

Lundeborg (SOM A2-86/A7-86)

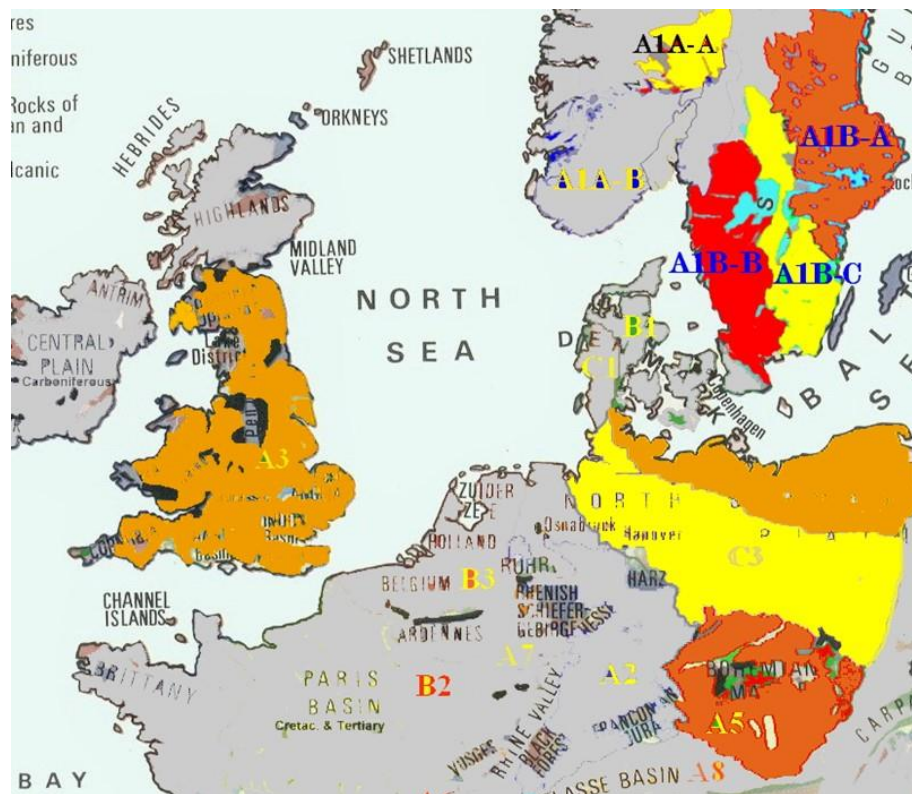
Fra lokaliteten Lundeborg (SOM A2-86/A7-86) er der analyseret 27 nagler/klinkplader. I 15 af naglerne er fundet ét oprindelsesområde for materialet, og i de resterende 2 er der fundet 2 oprindelsesområder (Tabel 1). Når der i det følgende ses på hvorfra materialet kommer, ses der på alle de fundne oprindelsesområder (29 oprindelsesområder). Figur 12 viser fordelingen af sandsynlige oprindelsesområder for materialet i naglerne fundet i Lundeborg. Størstedelen af materialet synes at have sin oprindelse på den Skandinaviske halvø, 3 % (1) i Innlandet i Norge, 21 % (6) i det nordlige Sverige, 3 % (1) i det centrale Sverige og 34 % (10) i det

sydvestlige Sverige. I alt har 61 % (18) af materialerne sin oprindelse på den Skandinaviske halvø. Ingen af materialerne synes at have sin oprindelse inden for det nuværende Danmark. Til gengæld er der et væsentligt indslag fra kontinentet, således 21 % (6) af materialerne, som synes at have sin oprindelse i det Bøhmiske massiv, og 10 % (3), som synes at være kommet fra det nordlige eller sydlige Tyskland eller Polen. Endelig fandtes der 7 % (2), som har deres sandsynlige oprindelse i det centrale England.



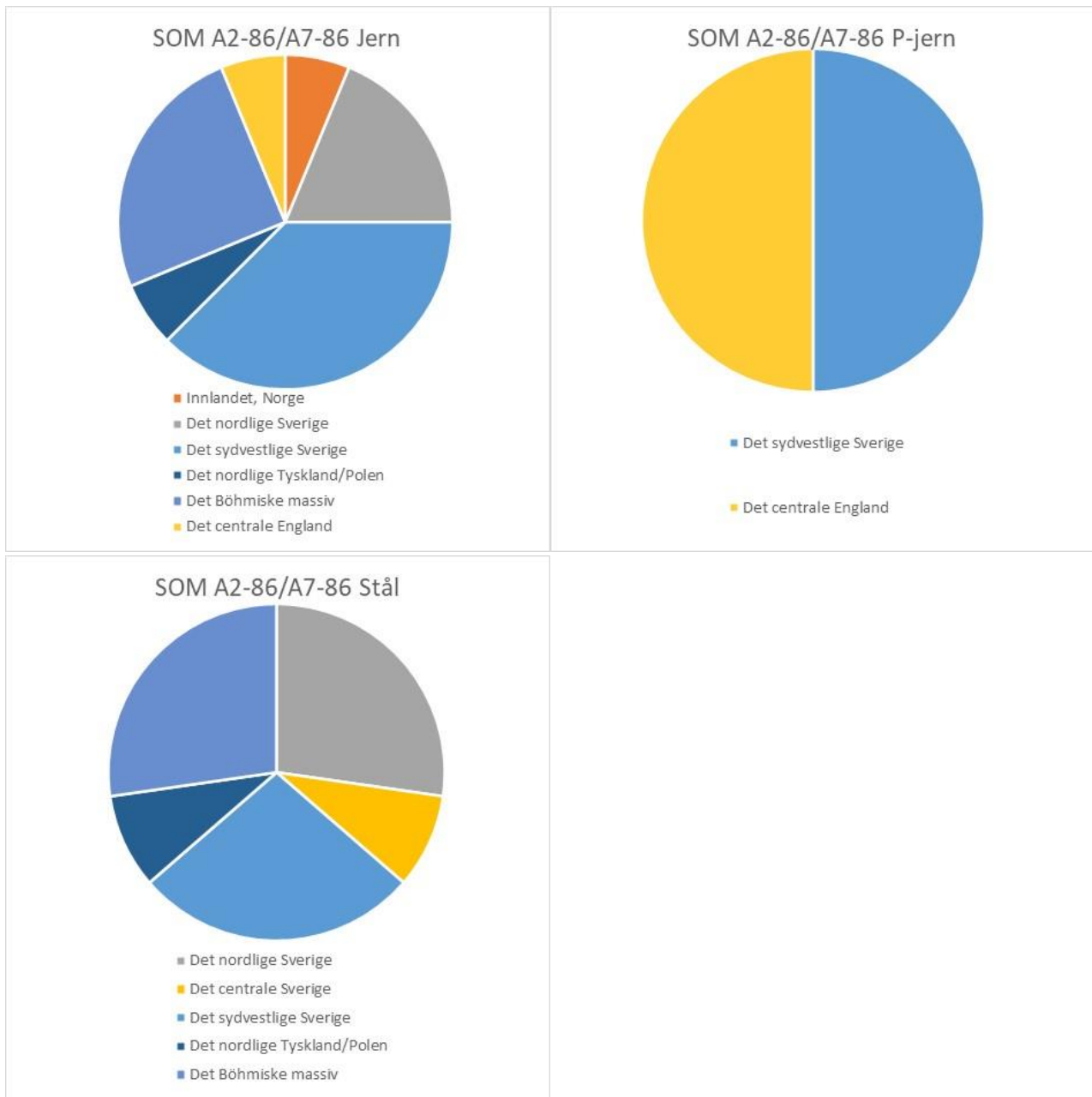
Figur 12 Fundne oprindelsesområder for materialet fra Lundeborg (SOM A2-86 og A7-86)

Ser man på den geografiske fordeling af oprindelserne af naglerne, så er det tydeligt, at naglerne fra Lundeborg primært synes at være kommet fra området omkring Østersøen, bortset fra de relativt få, som stammer fra Norge eller England. Det kan tænkes, at det relativt store antal, som synes at have en oprindelse i det Bøhmiske massiv, kan være lavet af jern og stål, som er blevet handlet herfra via floderne Wisla og Oder til områderne langs Østersøens sydkyst.



Figur 13

Også i materialet fra Lundeberg findes der nagler af rent jern (16 stk.), fosforjern (2 stk.) og stål (11 stk.). Som det også var tilfældet på Havsmarken, kunne det rene jern være produceret i alle de aktuelle områder, mens de to nagler af fosforjern var lavet af metal fra henholdsvis det sydvestlige Sverige og det centrale England (Figur 14). Oprindelsen af metallet i naglerne af stål er domineret af det nordlige og sydvestlige Sverige, samt det Bøhmiske massiv. Desuden fandtes to stykker, som sandsynligvis kom fra det centrale Sverige og det nordlige Tyskland/Polen.



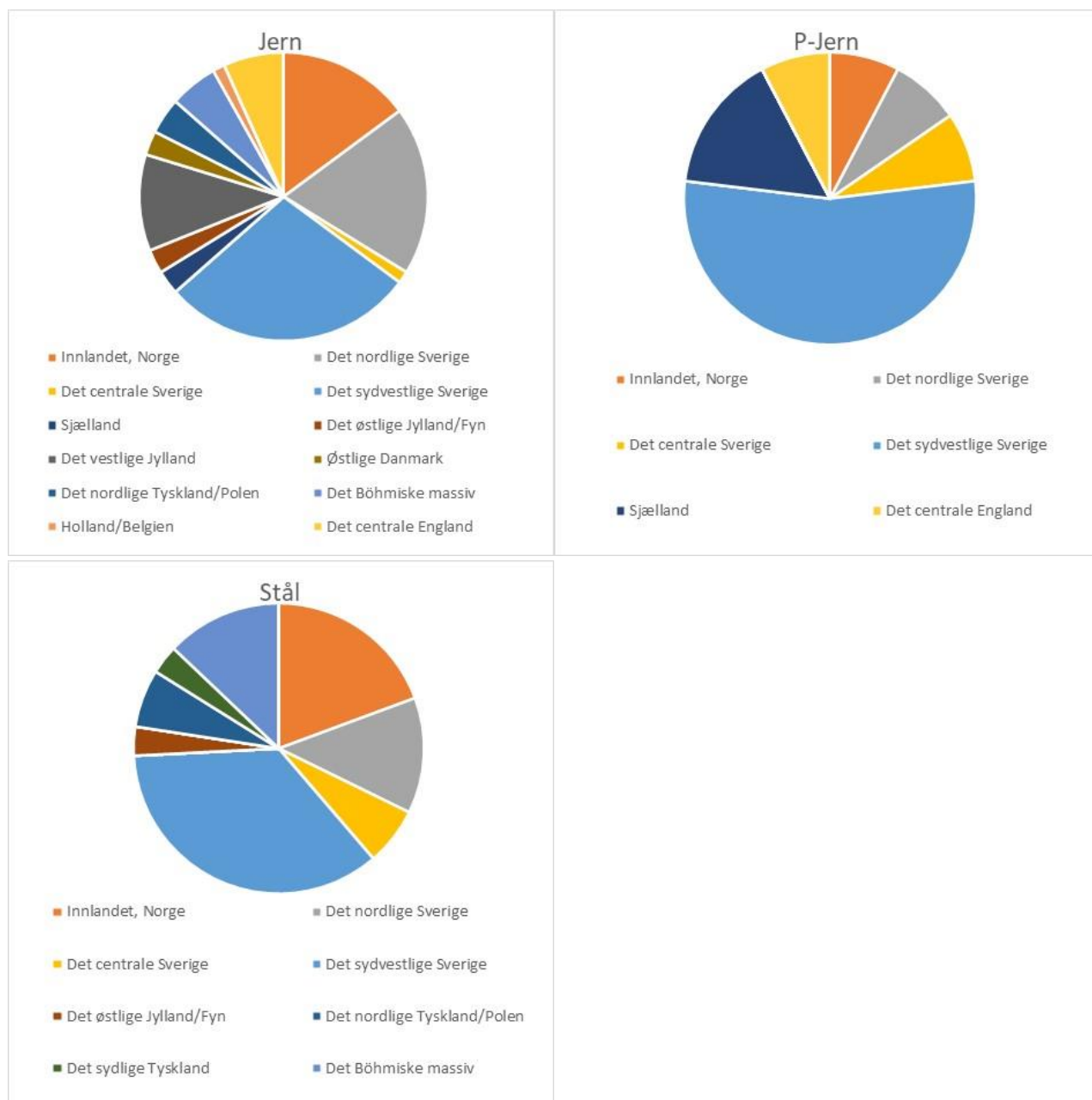
Figur 14

Brugen af jern, fosforjern og stål

Hvis man samlet ser på den sandsynlige oprindelse af naglerne i de tre materialegrupper jern, fosforjern og stål, så bliver det billede, som kan ses på både Havsmarken og Lundeborg endnu tydeligere. Rent jern uden fosfor eller kulstof kunne tydeligvis produceres alle steder (Figur 15, øverst til venstre), og grunden til at det sydvestlige Sverige, det nordlige Sverige og Innlandet i Norge dominerer, er blot, at det er herfra at 60 % af alle de bestemte stykker metal er kommet. Ser man på fosforjern, er dette materiale tydeligvis kommet fra meget færre

områder, helt domineret af det sydvestlige Sverige (Figur 15, øverst til højre); men også Sjælland bidrager med en ikke uvæsentlig andel.

Endelig synes produktionen af stål at være helt domineret af det sydvestlige Sverige, Innlandet i Norge, det nordlige Sverige og det Bøhmiske massiv. Igen er det sandsynligvis malmene i disse områder, som gør det nemmere at fremstille stål under udvindingen. En faktor er, at der kun findes fosfor i mindre omfang i malmene, og fosfor i jernet vil i høj grad modvirke optagelsen af kulstof og dermed dannelsen af stål.



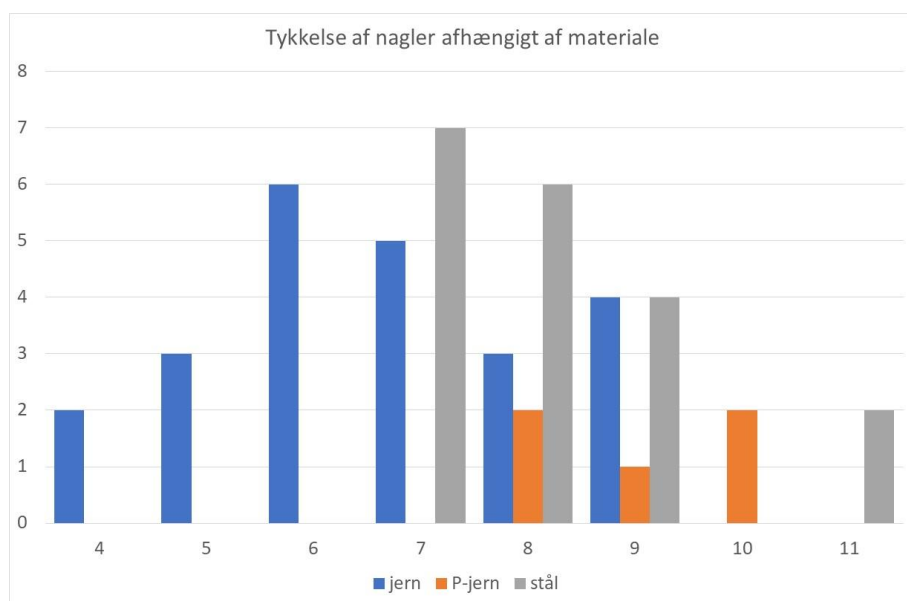
Figur 15: Oprindelsen af de tre typer metal, jern, fosforjern og stål

Der er naturligvis muligt, at brugen af jern, fosforjern og stål blot afspejler en smedning af nagler af det materiale, som tilfældigvis var tilgængeligt på lokaliteten. Andre undersøgelser peger dog på, at i det mindste stål blev anset som et værdifuldt specialprodukt, som blev reserveret til specialformål, som f. eks skærende ægge på våben og værktøj. Det kan blandt andet ses af forekomsten af specielle typer af barrer bestående af en god kvalitet af stål.

En anden mulighed er at stålet og fosforjernet blev anvendt forskellige steder i skibene, hvor deres egenskaber blev udnyttet bedst muligt. Stålet er således stærkt og hårdt; men vil også have en tendens til at være mere sprødt, og korroderer væsentligt hurtigere end både jern og fosforjern. Også fosforjernet vil være sprødt, endda væsentligt mere end stålet. Til gengæld har det en bedre modstandsdygtighed mod korrosion, specielt over vandskorpen, hvor det bliver udsat for sprøjt af saltvand; men også har kontakt med luften. Endelig er jernet ikke så stærkt; men er mere sejt, og kan derfor tåle en større deformation inden det knækker.

Det er naturligvis ikke muligt at sige noget med sikkerhed om hvor de undersøgte nagler har siddet i skibene, og hvor store skibe der har været tale om; men det er alligevel muligt at få en antydning af at jernkvaliteterne har været anvendt bevidst. En størrelse, som det har været muligt at måle på næsten alle nagler er stilkens tykkelse, og sammenholdt med materiale viser det sig, at det rene jern generelt er blevet anvendt til mindre nagler med tykkelser mellem ca 5 og ca 8 mm (Figur 16). Til gengæld er naglerne af stål større, med tykkelser mellem 7 og 9 mm, og et par stykker helt oppe på 11 mm. Det samme gælder nagler af fosforjern, som har tykkelser mellem 8 og 10 mm.

Hvor vidt disse forskelle afspejler brugen af jern, fosforjern og stål forskellige steder i samme skib eller i skibe af forskellige størrelser, kan som før nævnt ikke siges; men måske kan det afklares ved fremtidige analyser af nagler fra bevarede skibsvrag. Det vil kunne kaste et helt nyt lys over detaljerne i det håndværk, som lå til grund for bygningen af vikingetidens skibe.



Figur 16: Tykkelsen af naglerne opdelt på de tre materialer jern, fosforjern og stål

Overzicht over analyserede nagler:

Lokalitet	Genstand	Type	Materiale	Materialets oprindelse
OBM6715	X162	Nagle	Jern (+P)	Det sydvestlige Sverige
OBM6715	X199	Klinknagle?	Jern	Det nordlige Sverige
OBM6715	X678	Nagle	Jern	Det nordlige Sverige
OBM6715	X1213	Nagle	Jern	Innlandet (Norge)
OBM6715	X1262	Klinkplade	Jern	Det sydvestlige Sverige
OBM6715	X1578	Nagle	Jern	Innlandet (Norge)
OBM6715	X1607	Nagle	Jern	A: Det centrale England B: det nordlige Sverige
OBM6715	X1761	Klinknagle	Jern	Det nordlige Sverige, noget usikker bestemmelse
OBM6715	X1799	Klinkplade	Jern	Innlandet (Norge)
OBM6715	X1986	Klinknagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
OBM6715	X2106	Nagle	Jern	A: Det sydvestlige Sverige B: Sjælland
OBM6715	X2206	Klinknagle?	Jern	Sjælland
OBM6715	X2544	Klinknagle	Jern	Centraleuropa
OBM6715	X2809	Nagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
OBM6715	X2886	Nagle	Jern	Innlandet i Norge
OBM6715	X2993	Nagle	Finkornet jern	Moderne?
OBM9787	x37	Nagle	Jern	Det vestlige Danmark
OBM9787	x47	Nagle	Jern	A: Det sydvestlige Sverige B: England
OBM9787	x57A	Klinknagle	Jern	A: Det nordlige Sverige B: det østlige Danmark
OBM9787	x57B	Nagle	Jern	Det østlige Danmark
LMR14954	x1852	Nagle		Det sydvestlige Sverige
LMR14954	X1946	Klinknagle		Ikke muligt at beregne
LMR14954	x1948 A	Klinknagle		Innlandet i Norge
LMR14954	X1948 B	Klinknagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2075	Nagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	X2216	Nagle	Jern	A: Innlandet (Norge) B: Det centrale Sverige
LMR14954	x2223	Nagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2237	Klinknagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	X2260	Nagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2390	Dobbeltspids barre	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2405	Klinknagle	Stål + P	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2407	Nagle	Jern	Ikke muligt at beregne

Lokalitet	Genstand	Type	Materiale	Materialets oprindelse
LMR14954	x2408	Nagle		Ikke muligt at beregne
LMR14954	x2419	Dorn	Stål	Innlandet i Norge
LMR14954	X2464	Klinknagle	Jern	A: Det sydvestlige Sverige B: Det østlige Jylland
LMR14954	x2513	Stilk	Jern	Innlandet i Norge
LMR14954	x2521	Klinknagle	Stål	Innlandet i Norge
LMR14954	x2542	Nagle	Jern	Det vestlige Danmark
LMR14954	X2558	Nagle	Jern	A: Det sydvestlige Sverige B: Det centrale Sverige
LMR14954	X2570	Klinkplade	Jern	Det Nordeuropæiske lavland
LMR14954	x2574	Nagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2590	Nagle	Jern	A: Det sydvestlige Sverige B: Det vestlige Jylland
LMR14954	x2594	Nagle	Jern	A: Det nordlige tyskland eller Polen B: Innlandet i Norge
LMR14954	X2601	Klinknagle	Jern og stål	A: Det østlige Jylland B: Innlandet i Norge
LMR14954	x2627	Klinknagle	Jern	Det vestlige Jylland
LMR14954	x2639	Klinknagle	Jern og stål	Innlandet i Norge
LMR14954	x2646	Klinknagle	Jern	Det nordlige Sverige
LMR14954	x2663	Klinknagle	Stål	Innlandet i Norge
LMR14954	x2695	Klinknagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2710	Klinknagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	X2767	Nagle	Jern	Det nordlige Sverige
LMR14954	x2785	Nagle	Stål	Det centrale Sverige (usikker bestemmelse)
LMR14954	X2791	Klinkplade	Jern	Det nordlige Sverige eller det sydvestlige Sverige
LMR14954	x2817	Klinknagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	X2822	Klinknagle	Jern	Det nordlige Sverige
LMR14954	x2825	Nagle	Stål	Innlandet i Norge
LMR14954	x2914	Nagle	Stål	Det nordlige Sverige
LMR14954	x2939	Nagle		Ikke muligt at beregne
LMR14954	x2946	Nagle	Jern	A: Det nordlige Sverige B: det vestlige Danmark
LMR14954	x2970	Nagle	Jern	Det nordlige Sverige
LMR14954	x2984	Klinknagle	Jern	A: Det nordlige Sverige B: det centrale England
LMR14954	X2996	Nagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x3007	Nagle	Stål	Det østlige Jylland (usikker bestemmelse)

Lokalitet	Genstand	Type	Materiale	Materialets oprindelse
LMR14954	x3021	Klinknagle	A: Jern B: Stål	A: Sjælland B: Innlandet i Norge
LMR14954	x3025	Nagle	Jern	Det vestlige Danmark
LMR14954	X3030	Klinkplade	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x3038	Klinkplade	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x3042	Klinkplade	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x3071	Klinknagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x3077	Klinknagle		A: Sjælland B: det sydvestlige Sverige
LMR14954	x3097	Klinknagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	X3131	Klinknagle	Jern	Holland/Belgien
LMR14954	x3172	Nagle		Det centrale England
LMR14954	x3192	Nagle	Jern	Innlandet i Norge
LMR14954	x3193	Nagle	Jern	Det nordlige Sverige
LMR14954	x3224	Klinknagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
LMR14954	x3228	Klinkplade	Jern/stål	Det centrale Tyskland/sydlig Polen
LMR14954	x3244	Nagle	Stål	Det centrale England eller i det sydlige Tyskland
LMR14954	x3253	Klinknagle	Jern	Det vestlige Jylland
LMR14954	x3254	Nagle	Jern	Det vestlige Jylland
LMR14954	x3311	Klinknagle	Jern	Innlandet i Norge (usikker bestemmelse)
LMR14954	x3399	Klinknagle	Stål	Det Böhmske massiv
SOM A2-86	x903	Klinknagle	Jern	Det Böhmske massiv
SOM A2-86	x969 A (lille)	Nagle?	Stål	Det Böhmske massiv
SOM A2-86	x969 B (stor)	Nagle?	Jern	Det sydvestlige Sverige
SOM A2-86	x1208	Nagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
SOM A2-86	x1330	Klinkplade	Jern	A: det sydvestlige Sverige B: det nordlige Sverige
SOM A2-86	X1447a	Nagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
SOM A2-86	x1471a	Nagle	Stål	Det nordlige Sverige
SOM A2-86	x1471c	Nagle		Det nordlige Sverige
SOM A2-86	x1550	Nagle	Jern	Det nordlige Sverige
SOM A2-86	x1563	Nagle?	Stål	Det nordlige Sverige
SOM A2-86	x2649 A	Nagle?	Jern (P)	Det nordlige Tyskland/Polen
SOM A2-86	x2649 B	Klinknagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
SOM A2-86	X3088	Nagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
SOM A7-86	x286 nagle	Klinknagle?	Jern	Innlandet i Norge

Lokalitet	Genstand	Type	Materiale	Materialets oprindelse
SOM A7-86	x286 nitteplade	Klinknagle	Jern	Det nordlige Sverige
SOM A7-86	x385 A nagle	Klinknagle		Det Bøhmiske massiv
SOM A7-86	x385 B nitteplade	Klinkplade	Stål	Det nordlige Tyskland/Polen
SOM A7-86	x390 A	Klinknagle	Jern	Det centrale England
SOM A7-86	x390 B	Nagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
SOM A7-86	X860 B	Nagle	Stål	Det Bøhmiske massiv
SOM A7-86	x869	Nagle?	Jern	Det centrale England
SOM A7-86	x907 A	Nagle?	Stål	A: det centrale Sverige B: det Bøhmiske massiv
SOM A7-86	x907 B	Klinknagle	Jern	Det sydlige Tyskland
SOM A7-86	x1125b	Klinknagle		Det Bøhmiske massiv
SOM A7-86	X1214 lille	Nagle?	Jern (P)	Det sydvestlige Sverige
SOM A7-86	x1683	Nagle	Jern	Det sydvestlige Sverige
SOM A7-86	X892 A	Nagle	Stål	Det sydvestlige Sverige
OBM7530 Gudme II	X30	Barre		Det sydvestlige Sverige og det Bøhmiske massiv
LUN (SOM A2-86)	X2	Barre		Det nordlige Tyskland/Polen
LUN (SOM A7-86)	X196	Barre		Det sydvestlige Sverige og det nordlige Sverige
LUN (SOM A7-86)	X788	Barre		Det sydvestlige Sverige og måske også det centrale Sverige
LUN (SOM A7-86)	X1061	Barre		Innlandet i Norge
LUN (SOM A7-86)	X1455	Barre		Det vestlige Danmark (usikker bestemmelse)
LUN (SOM A7-86)	X2408	Barre		Det Nordeuropæiske lavland
LUN (SOM A2-86)	X2684	Barre		Innlandet i Norge
LUN (SOM A2-86)	X2992	Barre		Innlandet i Norge

Tabel 1 Oversigt over de analyserede nagler og barrer med angivelse af materiale og materialets sandsynlige oprindelsesområde. Indgår der kun 3 eller 4 datasæt i bestemmelsen af sandsynligt oprindelsesområde, er det nævnt at bestemmelsen er usikker.

RESULTATBEARBEJDNING

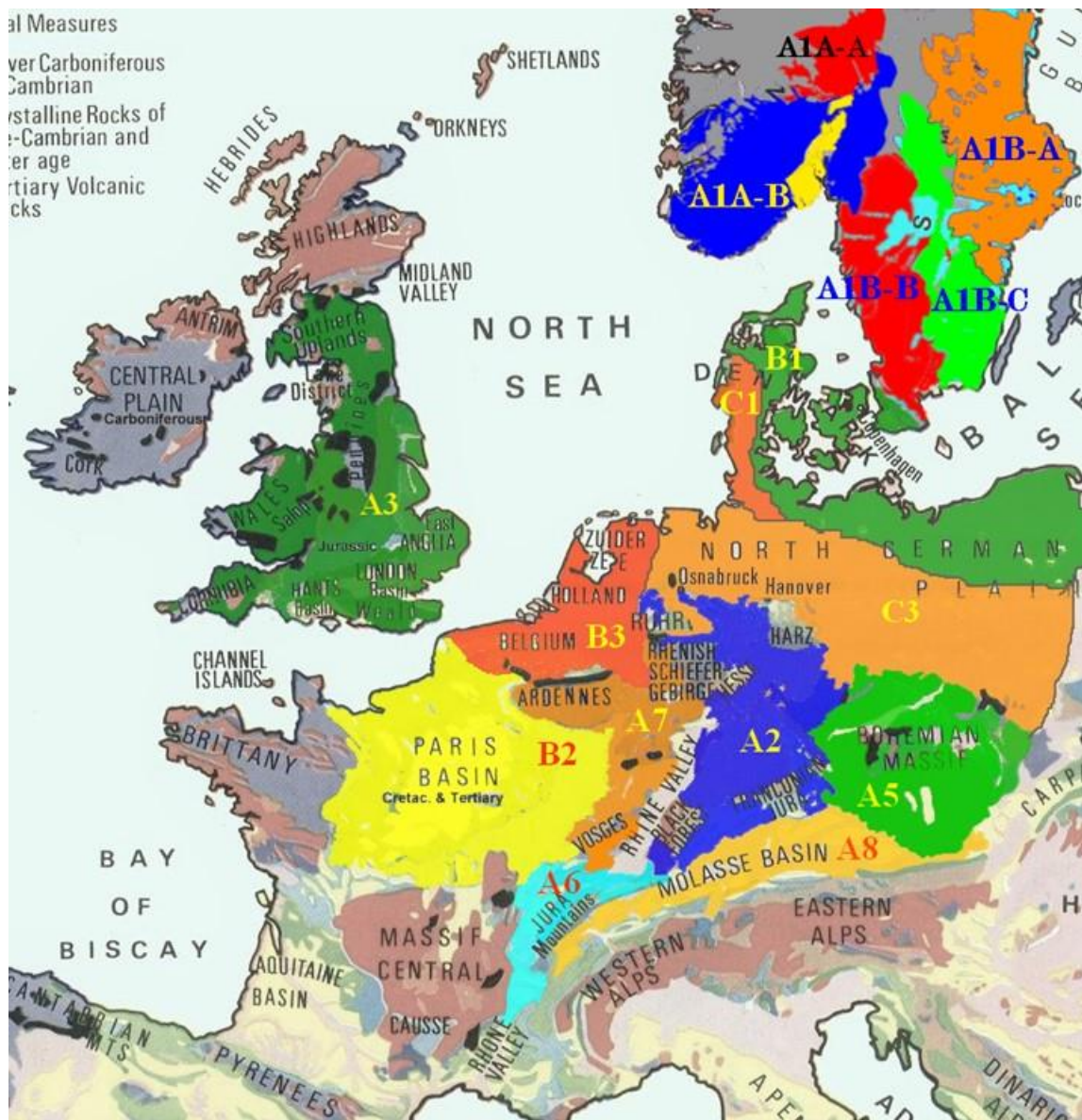
Metode

Naglerne og barrerne er analyseret på XRF Bruker M4 Tornado på Bevaring Sjælland, Køge af Heimdal Archaeometry. Ved analysen udsøges områder på genstanden, hvor der er flest/størst slaggeindeslutninger i materialet og der udføres analyse i ca. 120 punkter. Analyserne viser den kemiske sammensætningen i slaggeindeslutningerne som metaloxider. Da indholdet af jernoxid er højt trækkes dette fra det samlede indhold af metaloxider og det er disse korrigerede værdier, der sammenlignes med referencemateriale i Heimdal Archaeometry's database.

Referencematerialet er inddelt efter geologiske områder, da forskellige geologiske områder giver forskelligt indhold af metaloxider i slaggen og det kan derfor vurderes hvorfra en genstand stammer.

Områderne benævnt A (A1A, A1B, A2, A3, A5, A7 og A8) er grundfjeldsområder, mens områderne benævnt B (B1, B2 og B3) og C (C1 og C3) er områder på marine dannelser. Om de benævnes B eller C afhænger af hvor de ligger i forhold til israndslinjen fra den seneste istid. Disse områders lokaliteter fremgår af Figur 17.

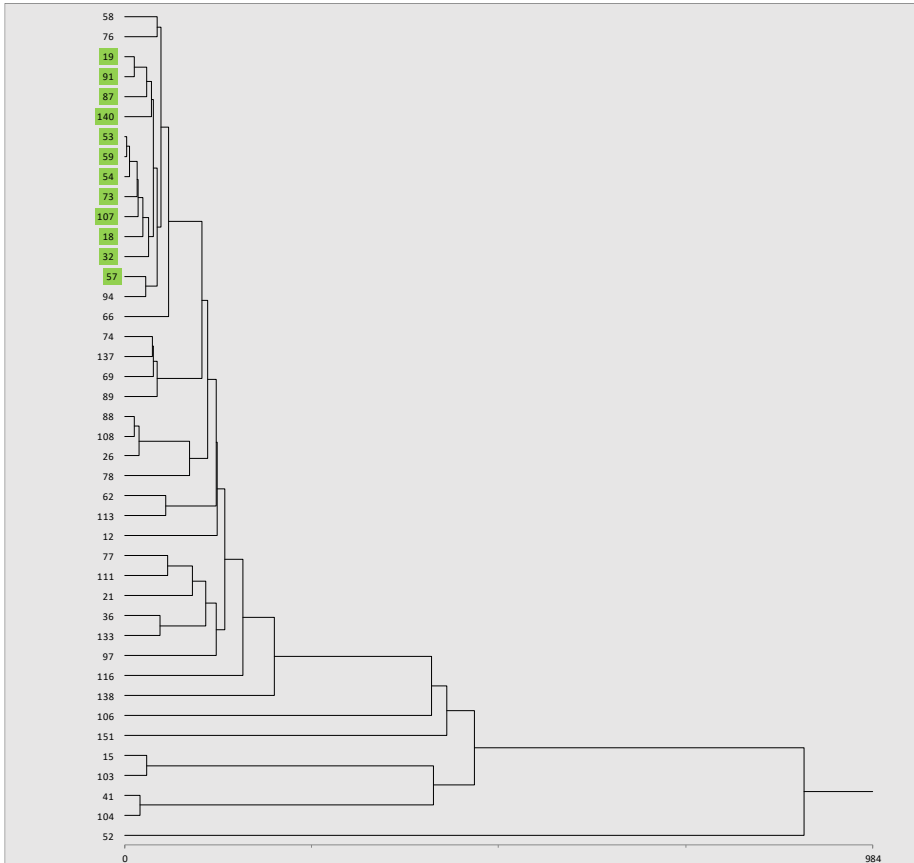
Området A1A (Norge/det nordlige Sverige) er yderligere inddelt i områderne Innlandet i Norge (A1A-A), det sydlige Norge (A1A-B) og det nordlige Sverige (A1B-A). Området A1B (det sydvestlige og centrale Sverige) er inddelt i områderne det sydvestlige Sverige (Halland og det vestlige Skåne, A1B-B) og det centrale Sverige (A1B-C). Området det østlige Danmark/det nordlige Tyskland/Polen (B1) er inddelt i områderne Sjælland/Fyn (B1A), det østlige Jylland (B1B) og det nordlige Tyskland/Polen (B1C). England (A3) er inddelt i det sydlige England (A3A), det centrale England (A3B) og Scotland (A3C).



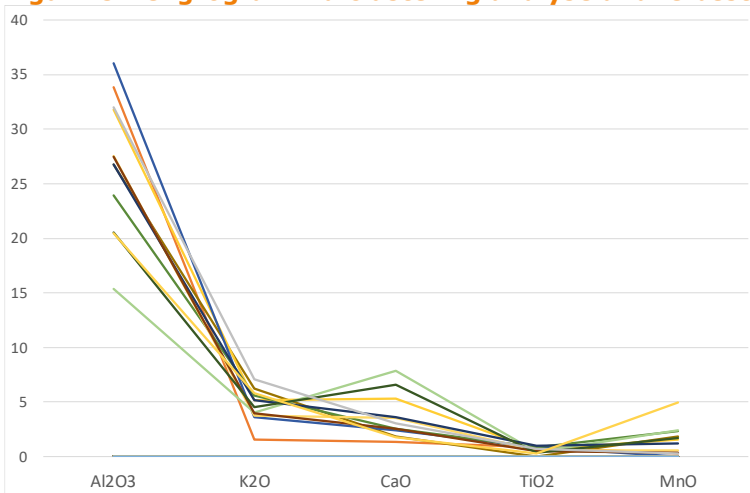
Figur 17 Geologiske områder

Eksempel på vurdering af oprindelsesområde (OBM6715 x162)

Der udføres en clustering analyse på de korrigerede værdier af metaloxider, se dendrogrammet i Figur 18. Ved at se på dendrogrammet og et fingerprint diagram, se Figur 19, udvælges de datasæt der har mest ens sammensætning til videre analyse. Disse datasæt er markeret med grønt i Figur 18.



Figur 18 Dendrogram fra clustering analyse af alle bestemmelser af naglen x162



Figur 19 Fingerprint diagram der viser de udvalgte datasæt

Et gennemsnit af de velegnede datasæt af metaloxiderne aluminium-, silicium-, kalium-kalcium-, titan- og manganoxid (Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , TiO_2 og MnO) beregnes, se Tabel 2, hvoraf det også fremgår at der indgår 12 bestemmelser (12 bestemmelser der er vurderet velegnede) i gennemsnittet.

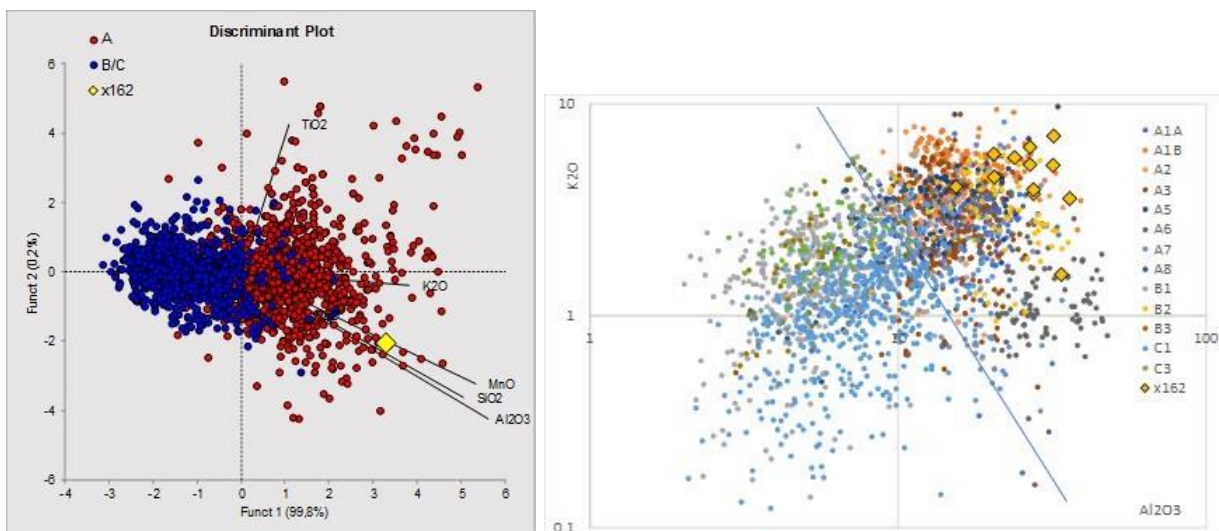
I enkelte tilfælde er der kun 3-4 datasæt og bestemmelser baseret på så få datasæt betragtes som usikre.

Lokalitet	Genstand	Antal bestemmelser	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO
OBM6715	X162	12	26,88	62,49	4,71	3,53	0,58	1,46

Tabel 2 Indhold i slaggeindeslutningerne i naglen x162 i vægt %. Værdierne er fratrukket indhold af jernoxid (korrigerede værdier)

Til den videre databehandling anvendes statistikprogrammet StatistiXL, som bruges sammen med Excel.

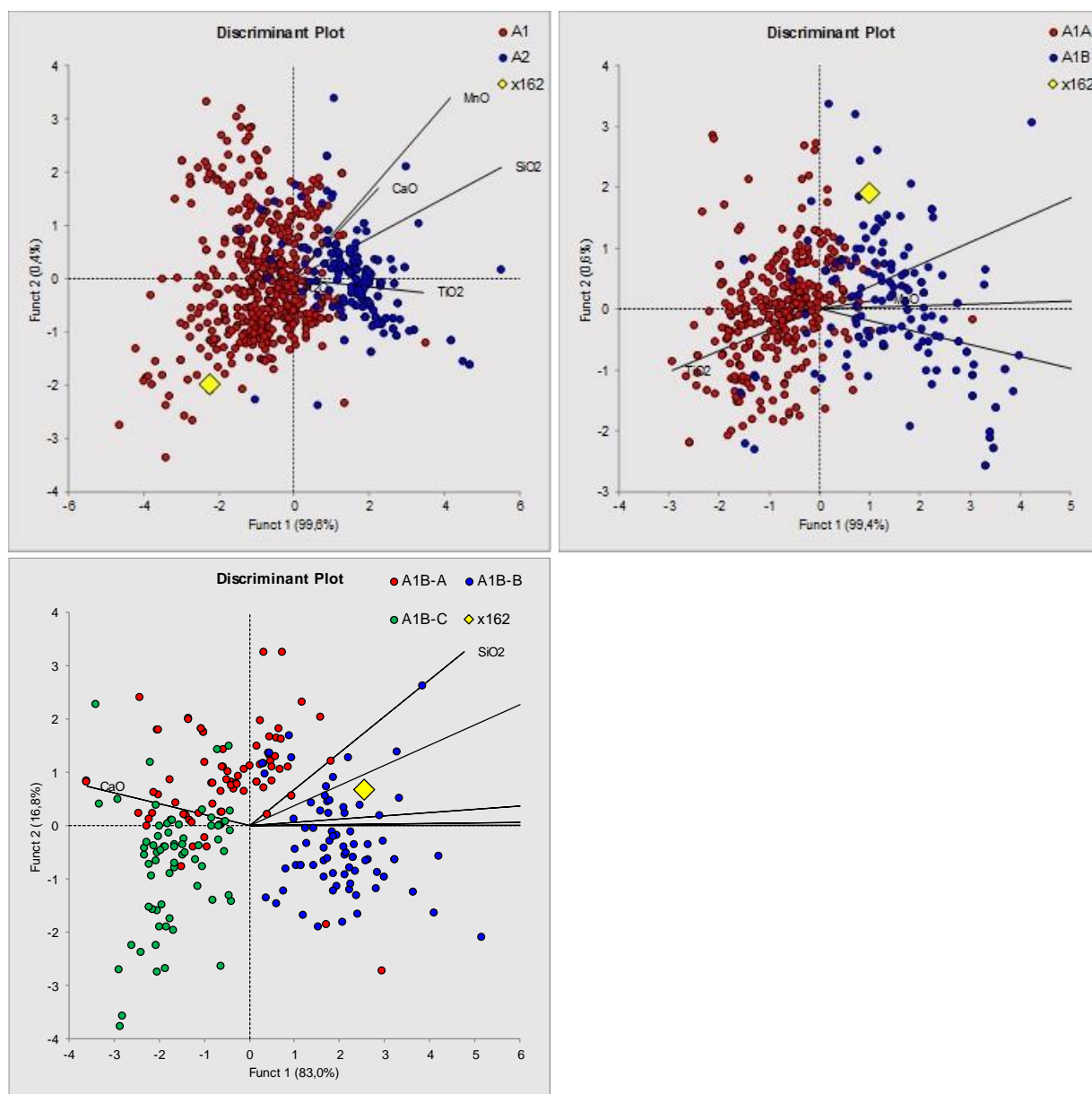
Først vurderes dette gennemsnit af indhold i slaggeindeslutningerne i naglen for at afgøre om det kommer fra et grundfjeldsområde (A) eller fra et område på marine dannelser (B og C). Dette kan som regel afgøres enten ved at udføre en diskriminantanalyse, hvor slaggeindeslutningerne sammenlignes med det samlede materiale fra grundfjeldsområder og fra marine dannelser som i Figur 20 til venstre. Her ligger x162 tydeligt i 'A' området, hvorfor materialet anvendt i denne nagle må have sin oprindelse i et grundfjeldsområde. Eller ved at se på det binære diagram, hvor kaliumoxid (K₂O) afbildes som funktion af aluminiumoxid (Al₂O₃). Ligger slaggeindeslutningerne, som i tilfældet for naglen x162, til højre for linjen i diagrammet, er det et tegn på at materialet har sin oprindelse i et grundfjeldsområde.



Figur 20 Til venstre: diskriminantanalyse af slaggeindeslutningerne i naglen x162 i forhold til grundfjeldsområder (A) og områder på marine dannelser(B/C), til højre: binært diagram (kaliumoxid (K₂O) som funktion af aluminiumoxid (Al₂O₃)) der viser slaggeindeslutningerne og det samlede referencemateriale

Dernæst indsnævres oprindelsesområdet, i tilfældet x162, indenfor grundfjeldsområderne. Først sammenlignes gennemsnittet af slaggeindeslutningerne med områderne A1 (den Skandinaviske halvø) og A2 (det sydlige Tyskland) (Figur 21 øverst til venstre). Det fremgår heraf at materialet synes at stamme fra området A1. A1 består af områderne A1A (Norge inkl. den nordlige del af Sverige) og A1B (det sydvestlige Sverige og centrale Sverige) og slaggeindeslutningerne i naglen sammenlignes derfor med disse 2 områder (Figur 21 øverst til højre). På basis heraf er det sydvestlige og centrale Sverige (A1B) mest sandsynligt som oprindelsesområde for materialet anvendt i denne nagle. Sverige kan opdeles i 3 områder, det sydvestlige (A1B-A), det centrale (A1B-C) og det nordlige (A1B-A). Slaggeindeslutningerne

sammenlignes med de 3 områder i Sverige (Figur 21 nederst). Heraf fremgår det at oprindelsesområdet for materialet anvendt i naglen x162 med stor sandsynlighed er det sydvestlige Sverige.

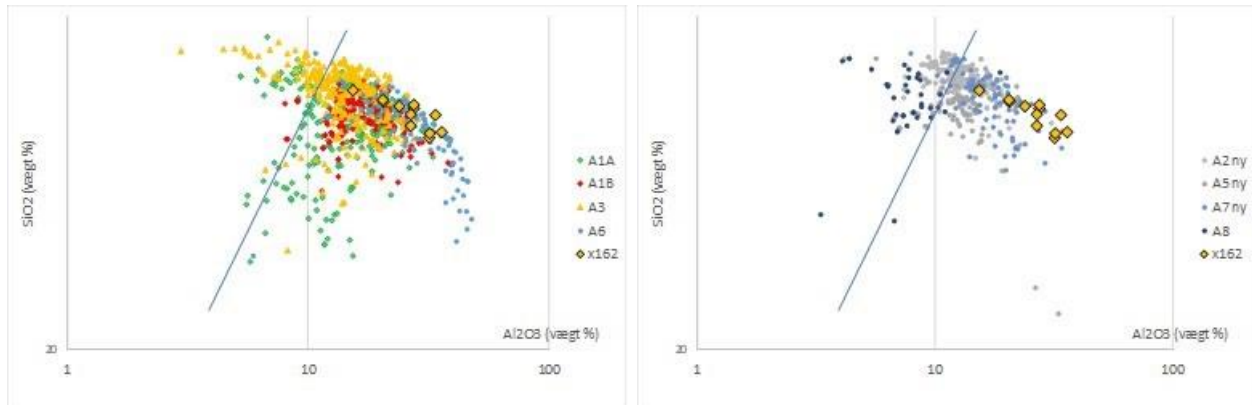


Figur 21 Indsnævring af oprindelsesområde for naglen x162

For at være sikker på ikke at overse mulige oprindelsesområder for materialet, ses på det forslag der fås af StatistiXL og på de binære diagrammer. Forslaget fra StatistiXL er objektivt i forhold til de grupper (oprindelsesområder) som referencematerialet er inddelt i. Programmet vil altid give sit bedste bud også uanset hvor tæt 2 oprindelsesområder ligger på hinanden. I tilfældet med naglen x162 er StatistiXL's bedste bud det sydvestlige Sverige.

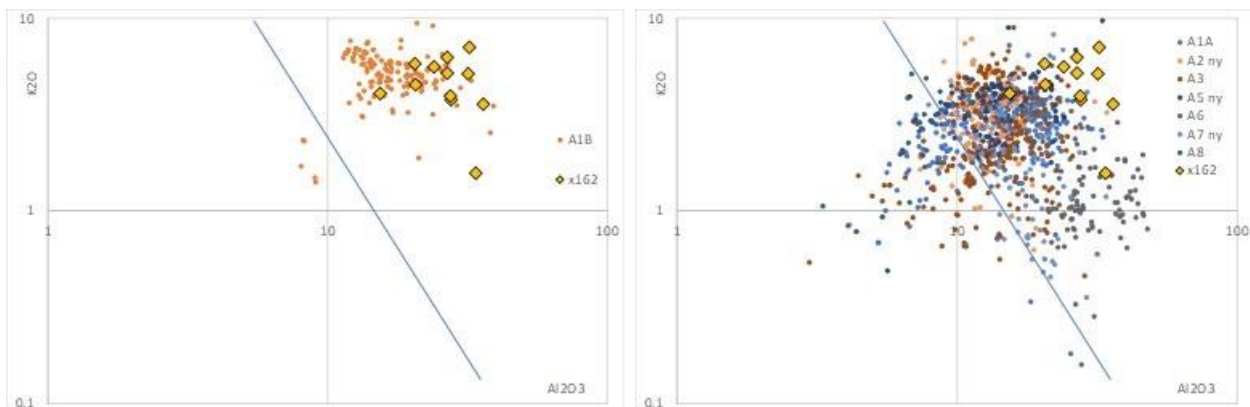
I de binære diagrammer afbildes et metaloxid som funktion af et andet metaloxid for hele referencematerialet og for enkeltbestemmelserne af slaggeindeslutningerne.

I Figur 22 er indholdet af siliciumoxid (SiO_2) afbildet som funktion af indholdet af aluminiumoxid (Al_2O_3). I det venstre diagram er naglen x162 sammenlignet med områderne A1A, A1B, A3 og A6, der alle viser et tydeligt overlap med x162, og derfor er mulige oprindelsesområder. I det højre diagram er naglen x162 sammenlignet med områderne A2, A5, A7 og A8, hvor overlappet mellem det enkelte referenceområde og x162 er lille eller fraværende. Disse områder (A2, A5, A7 og A8) synes derfor ikke at være oprindelsesområder til materialet anvendt til naglen x162.



Figur 22 Indhold af siliciumoxid (SiO_2) som funktion af indhold af aluminiumoxid (Al_2O_3)

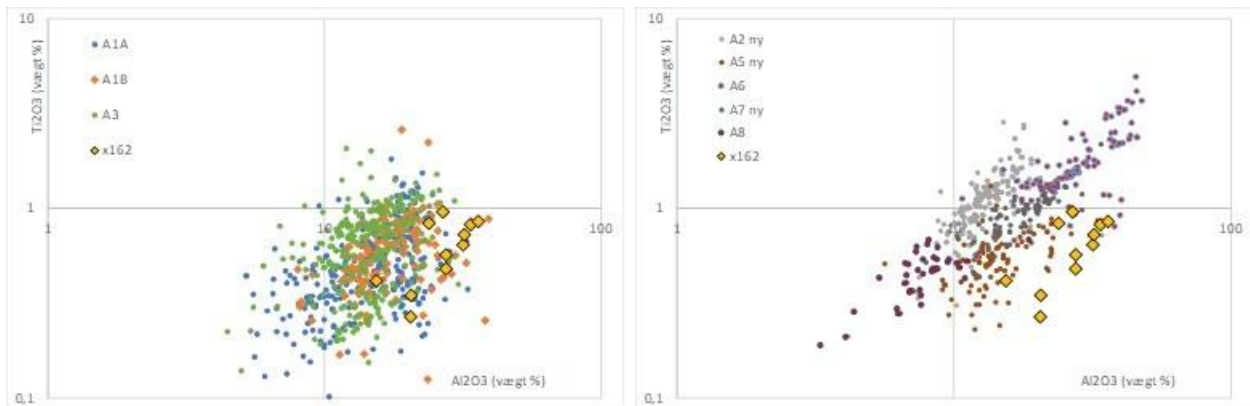
I Figur 23 er indholdet af kaliumoxid (K_2O) afbildet som funktion af indholdet af aluminiumoxid (Al_2O_3). I det venstre diagram er naglen x162 sammenlignet med området A1B, der er det eneste område, der viser et tydeligt overlap med x162 og derfor synes at være det mest sandsynlige oprindelsesområde. I det højre diagram er naglen x162 sammenlignet med områderne A1A, A2, A3, A5, A6, A7 og A8, hvor overlappet mellem det enkelte referenceområde og x162 er lille eller fraværende. Disse områder (A1A, A2, A3, A5, A6, A7 og A8) synes derfor ikke at være oprindelsesområder til materialet anvendt til naglen x162.



Figur 23 Indhold af kaliumoxid (K_2O) som funktion af indhold af aluminiumoxid (Al_2O_3)

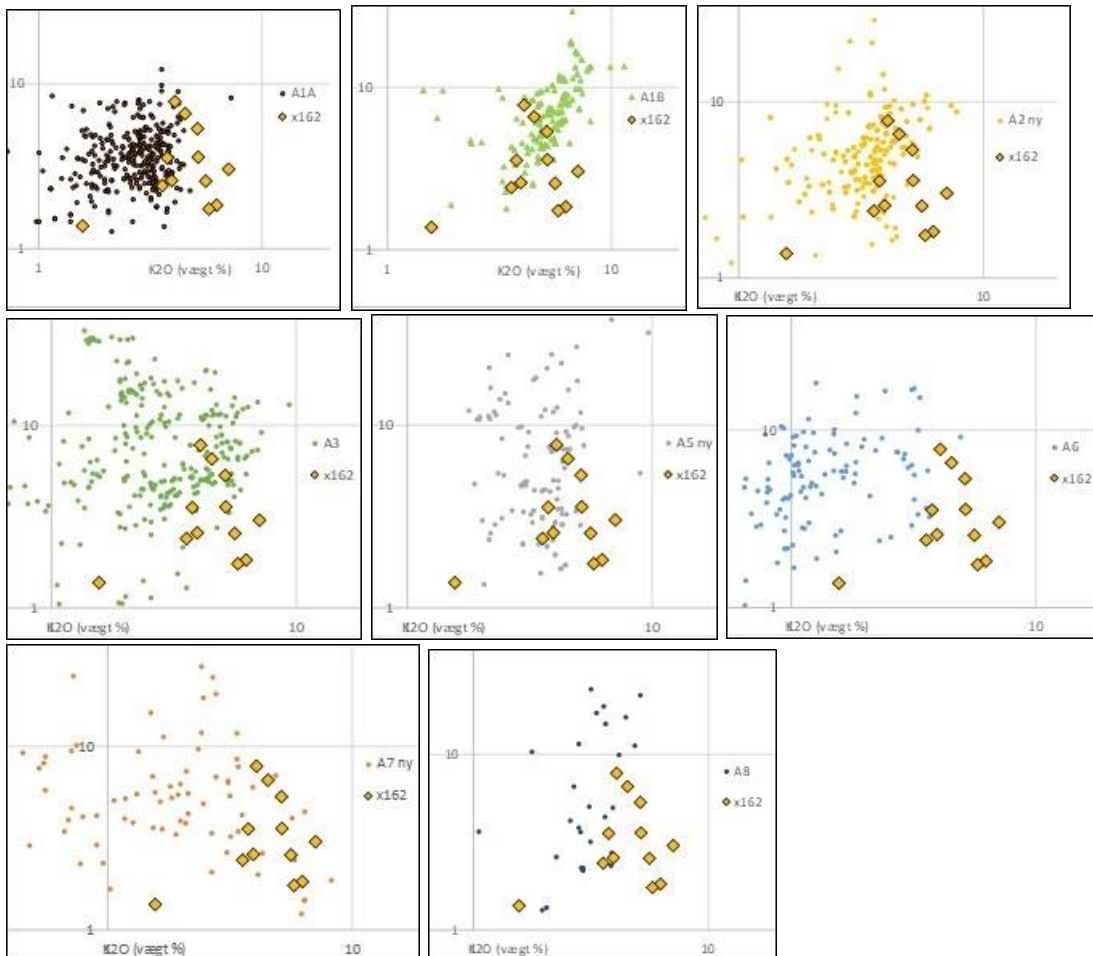
I Figur 24 er indholdet af titanoxid (TiO_2) afbildet som funktion af indholdet af aluminiumoxid (Al_2O_3). I det venstre diagram er naglen x162 sammenlignet med områderne A1A, A1B og A3, der alle viser et tydeligt overlap med x162 og derfor synes at være sandsynlige oprindelsesområder. I det højre diagram er naglen x162 sammenlignet med områderne A2,

A5, A6, A7 og A8, hvor overlappet mellem det enkelte referenceområde og x162 er lille eller fraværende. Disse områder (A2, A5, A6, A7 og A8) synes derfor ikke at være oprindelsesområder til materialet anvendt til naglen x162.



Figur 24 Indhold af titanoxid (TiO₂) som funktion af indhold af aluminiumoxid (Al₂O₃)

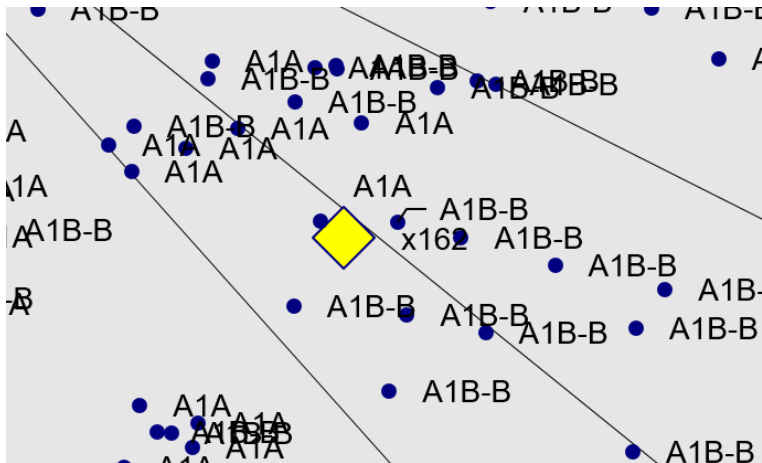
I Figur 25 er indholdet af kalciumoxid (CaO) afbildet som funktion af indholdet af kaliumoxid (K₂O). Naglen x162 er vist sammenlignet med hvert af områderne i hver sit diagram, da der er en del spredning. Nogle områder, herunder A1B, er mere sandsynlige som oprindelsesområde end andre områder.



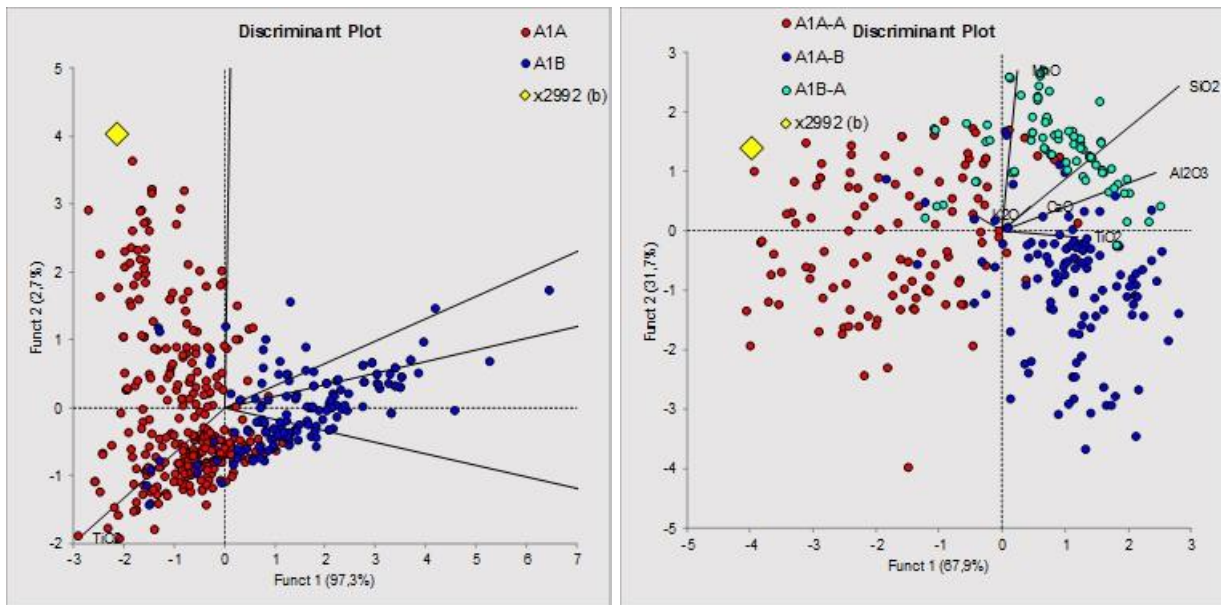
Figur 25 Indhold af calciumoxid (CaO) som funktion af indhold af kaliumoxid (K₂O)

I tilfælde af naglen x162 peger de binære diagrammer alle på området A1B (det sydlige og østlige Sverige) som oprindelsesområde, mens alle andre områder bliver udelukket af et eller flere af de binære diagrammer.

I de tilfælde, hvor StatistiXL peger på et andet oprindelsesområde end det fundne eller de binære diagrammer peger på andre/flere mulige oprindelsesområder, sammenlignes slaggeindeslutningerne i materialet med de mulige områder i en principal component analyse (PCA) i forhold til 2 mulige oprindelsesområder ad gangen. Denne analyse er mere objektiv end diskriminantanalysen, da referencematerialet ikke på forhånd er delt materialet op i områder. I Figur 26 sammenlignes slaggeindeslutningerne i x162 med referencemateriale fra Norge/det nordlige Sverige (A1A) og fra det sydvestlige Sverige (A1B-B) (udsnit af hele principal component analysen). Figuren viser at slaggeindeslutningerne fra naglen er omgivet af flest referencepunkter fra det sydvestlige Sverige (A1B-B). Da der er mere end 3 gange så mange referencepunkter for Norge/det nordlige Sverige (A1A) som for det sydvestlige Sverige (A1B-B), er det tydeligt at der er størst sandsynlighed for at materialet i naglen x162 har sin oprindelse i det sydvestlige Sverige.



Figur 26 Principal component analyse af slaggeindeslutningerne i x162 sammenlignet med referencemateriale fra Norge/det nordlige Sverige (A1A) og fra det sydvestlige Sverige (A1B-B) – udsnit af analysen



Figur 27 Til venstre: slaggeindeslutningerne i barren x2992 (b) sammenlignet med referencemateriale fra Norge/det nordlige Sverige (A1A) og fra det sydvestlige/centrale Sverige (A1B), til højre: slaggeindeslutningerne i barren x2992 (b) sammenlignet med referencemateriale fra de 3 områder i Norge/det nordlige Sverige (A1A-A, A1A-B og A1B-A)

APPENDIKS

Analysedata

Lokalitet	Genstand	Antal bestemmelser	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO
OBM6715	X162	12	26,88	62,49	4,71	3,53	0,58	1,46
OBM6715	X199	22	19,64	62,49	3,60	1,70	0,44	11,82
OBM6715	X678	7	14,91	68,41	3,62	3,40	0,34	9,31
OBM6715	X1213	7	16,00	41,89	3,14	1,31	0,55	37,10
OBM6715	X1262 (a)	14	17,35	64,36	4,92	7,44	0,28	4,32
OBM6715	X1262 (b)	8	8,64	72,00	5,50	10,55	0,30	2,97
OBM6715	X1262 (c)	5	13,16	75,67	3,62	2,33	0,43	4,79
OBM6715	X1262 (d)	8	9,46	46,40	3,59	2,98	0,21	36,89
OBM6715	X1578	17	15,23	44,51	3,00	6,19	0,31	30,17
OBM6715	x1607 (a)	9	6,40	82,85	3,54	4,66	0,26	2,26
OBM6715	x1607 (b)	12	11,42	78,27	5,16	3,43	0,30	0,98
OBM6715	x1607 (c)	6	19,25	65,53	3,97	2,23	0,33	7,77
OBM6715	X1761 (a)	7	17,20	69,01	3,00	3,87	0,24	5,79
OBM6715	X1761 (b)	8	10,48	79,81	3,06	3,48	0,23	2,11
OBM6715	X1761 (c)	5	17,12	61,40	4,75	2,72	0,41	13,61
OBM6715	X1799	32	14,28	46,54	2,80	2,35	0,43	32,43
OBM6715	X1986	13	25,57	50,06	4,31	5,08	0,68	14,20
OBM6715	x2106 (a)	10	19,93	60,42	6,36	9,79	0,90	2,41
OBM6715	x2106 (b)	10	2,80	72,06	1,96	18,69	0,53	3,95
OBM6715	X2206	26	6,01	73,63	2,81	14,81	0,29	2,42
OBM6715	X2216 (a)	10	9,51	67,73	3,36	1,68	0,28	17,39
OBM6715	X2216 (b)	15	16,00	52,03	3,86	1,56	0,34	26,16
OBM6715	X2216 (c)	5	5,58	59,51	4,37	2,28	0,44	27,76
OBM6715	X2464 (a)	6	15,95	54,60	4,60	3,33	0,65	20,77
OBM6715	X2464 (b)	7	6,59	58,88	1,94	5,22	0,39	25,66
OBM6715	X2464 (c)	6	8,72	61,55	5,07	1,31	0,36	22,36
OBM6715	X2544 (a)	12	17,15	74,96	2,02	2,00	1,26	0,89
OBM6715	X2544 (b)	15	8,97	77,83	3,56	7,74	0,66	1,22
OBM6715	X2767 (a)	9	19,47	62,29	3,40	4,48	0,51	9,68
OBM6715	X2767 (b)	6	13,87	52,39	4,84	5,79	0,47	22,07
OBM6715	X2809	5	25,95	60,66	6,61	1,20	0,41	4,81
OBM6715	X2886 (a)	18	4,34	38,37	1,62	1,72	0,22	53,36

Lokalitet	Genstand	Antal be- stemmelser	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO
OBM6715	X2886 (b)	22	3,11	18,68	1,00	0,76	0,13	76,00
OBM9787	X37	5	5,24	89,68	1,17	1,45	0,23	2,22
OBM9787	X47 (a)	7	14,97	69,65	5,40	7,27	0,36	1,99
OBM9787	X47 (b)	15	7,93	76,61	4,19	9,04	0,40	1,73
OBM9787	X57A (a)	9	10,75	67,59	3,00	3,68	0,66	14,19
OBM9787	X57A (b)	13	7,72	74,30	3,32	5,40	0,57	8,02
OBM9787	X57B	3	7,27	68,16	4,03	4,94	0,34	15,26
LMR14954	X1852	6	22,02	43,82	3,81	2,17	0,45	27,73
LMR14954	X1948 A	9	10,89	59,80	3,57	3,89	0,59	21,03
LMR14954	X1948 B	7	27,31	48,22	5,26	2,47	0,43	15,77
LMR14954	X2075 (a)	6	15,82	60,67	4,73	1,90	0,35	16,53
LMR14954	X2075 (b)	9	25,26	50,25	3,98	1,47	0,39	18,65
LMR14954	x2223 (a)	8	23,86	43,79	4,53	6,03	0,62	20,96
LMR14954	x2223 (b)	5	37,27	34,68	3,92	3,05	0,94	20,14
LMR14954	X2237 (a)	15	12,73	65,20	5,91	11,61	0,39	4,07
LMR14954	X2237 (b)	7	20,58	54,79	6,64	12,28	0,44	5,21
LMR14954	X2237 (c)	7	25,09	59,03	7,01	5,24	0,23	2,21
LMR14954	X2260	11	19,12	64,34	5,14	3,30	0,33	7,73
LMR14954	X2390	17	18,17	51,56	4,81	8,35	0,48	16,31
LMR14954	X2405	6	24,80	61,59	4,63	2,42	0,39	6,14
LMR14954	X2419 (a)	11	8,54	32,33	2,23	1,73	0,25	54,81
LMR14954	X2419 (b)	5	10,24	42,75	3,43	1,08	0,34	42,17
LMR14954	X2513	4	14,28	44,99	4,71	2,42	0,55	33,05
LMR14954	X2521 (a)	15	8,50	44,85	3,04	3,57	0,30	39,52
LMR14954	X2521 (b)	6	8,54	26,36	1,95	2,44	0,23	60,11
LMR14954	X2542	6	3,82	89,59	1,58	3,78	0,14	1,09
LMR14954	X2558 (a)	9	24,84	52,58	4,68	2,97	0,43	14,50
LMR14954	X2558 (b)	11	11,61	63,50	4,19	5,84	0,40	14,34
LMR14954	X2570	14	7,31	75,92	2,65	4,03	0,28	9,76
LMR14954	X2574	35	17,62	64,76	5,59	3,76	0,43	7,79
LMR14954	X2590 (a)	7	14,36	64,70	3,42	1,18	0,38	15,84
LMR14954	X2590 (b)	7	8,34	67,95	0,87	1,56	0,43	20,83
LMR14954	X2590 (c)	7	6,30	60,47	3,40	3,13	0,34	26,18
LMR14954	X2594 (a)	12	5,98	77,52	2,46	3,90	0,21	9,66
LMR14954	X2594 (b)	6	11,61	58,30	3,38	1,70	0,26	24,75
LMR14954	X2601 (a)	14	10,72	59,88	3,09	2,77	0,42	22,22
LMR14954	X2601 (b)	11	4,51	63,32	2,40	5,55	0,32	21,62

Lokalitet	Genstand	Antal be- stemmelser	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO
LMR14954	X2627	30	5,81	56,47	2,12	7,33	0,35	27,77
LMR14954	X2639	10	14,82	42,01	2,33	4,54	0,45	35,34
LMR14954	X2646	9	13,46	76,94	2,95	3,30	0,42	2,72
LMR14954	X2663	5	13,30	46,10	2,75	7,21	0,35	30,19
LMR14954	X2695	6	20,05	64,61	4,54	7,12	0,41	3,28
LMR14954	X2996	6	27,02	30,85	6,69	0,44	0,61	34,39
LMR14954	X2710 (a)	12	16,42	67,88	4,25	7,49	0,46	3,48
LMR14954	X2710 (b)	9	31,82	53,23	4,45	5,39	0,49	4,61
LMR14954	X2785	4	7,56	73,03	4,55	11,87	0,24	2,33
LMR14954	X2791 (a)	8	17,23	69,93	4,34	5,26	0,31	2,91
LMR14954	X2791 (b)	6	23,76	59,78	3,46	3,93	0,28	8,42
LMR14954	X2817	7	12,03	65,72	6,35	4,08	0,42	11,02
LMR14954	X2822	7	17,80	58,10	2,84	3,89	0,53	16,75
LMR14954	X2825 (a)	6	10,64	48,69	1,49	12,25	0,36	26,44
LMR14954	X2825 (b)	6	18,68	33,80	2,65	1,38	0,23	42,71
LMR14954	X2914	6	17,00	64,25	2,62	1,34	0,51	14,28
LMR14954	X2946 (a)	12	17,38	71,50	3,76	1,65	0,24	4,70
LMR14954	X2946 (b)	8	8,00	85,88	2,56	2,32	0,22	0,69
LMR14954	X2970	5	23,76	69,32	3,60	1,31	0,46	1,55
LMR14954	X2984 (a)	6	20,19	70,53	4,14	2,40	0,51	2,24
LMR14954	X2984 (b)	7	11,61	75,22	5,01	4,17	0,52	3,47
LMR14954	X3007	3	2,95	46,13	1,54	6,77	0,15	41,94
LMR14954	X3021 (a)	9	5,51	72,14	3,96	7,08	0,33	10,79
LMR14954	X3021 (b)	5	12,92	57,64	4,14	2,45	0,39	22,46
LMR14954	X3025	8	6,16	90,41	0,52	1,58	0,35	0,97
LMR14954	X3030 (a)	10	34,58	49,66	6,12	2,36	0,52	6,38
LMR14954	X3030 (b)	17	16,37	66,20	4,34	4,63	0,49	7,84
LMR14954	X3038	7	31,21	53,49	5,07	7,72	0,44	1,47
LMR14954	X3042 (a)	12	11,07	71,60	4,09	2,45	0,58	10,19
LMR14954	X3042 (b)	12	17,02	63,91	4,46	0,99	0,32	12,76
LMR14954	X3071	15	16,39	65,30	4,97	8,51	0,41	4,36
LMR14954	X3077 (a)	14	18,44	62,33	4,44	8,91	0,27	5,05
LMR14954	X3077 (b)	9	6,90	67,42	4,31	15,16	0,29	5,69
LMR14954	X3077 (c)	9	30,37	52,39	8,55	5,73	0,43	2,12
LMR14954	X3097	14	15,52	67,32	4,75	5,46	0,54	6,20
LMR14954	X3131	7	8,31	70,40	4,57	14,64	0,43	1,47
LMR14954	X3172	12	11,27	73,68	4,90	2,17	0,37	7,61

Lokalitet	Genstand	Antal be- stemmelser	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO
LMR14954	X3192	6	14,21	42,78	2,65	5,94	0,68	33,61
LMR14954	X3193 (a)	10	14,42	69,24	2,70	4,03	0,67	8,73
LMR14954	X3193 (b)	14	27,25	57,21	2,71	3,46	0,93	8,45
LMR14954	X3224	6	21,60	50,84	5,38	2,76	0,16	19,12
LMR14954	X3228	20	7,32	76,70	2,87	8,41	0,31	4,38
LMR14954	X3244	9	10,12	76,74	3,46	6,04	0,61	2,97
LMR14954	X3253	13	16,47	74,57	3,49	1,71	0,26	3,49
LMR14954	X3254	14	8,08	70,53	2,47	3,48	0,23	15,13
LMR14954	X3311	4	11,56	48,20	2,80	5,04	0,48	31,27
LMR14954	X3399	4	14,29	64,19	4,40	6,91	0,36	9,85
SOM A2-86	X860 B	12	12,86	62,27	4,00	2,38	0,35	18,07
SOM A2-86	X903	6	11,53	72,00	4,04	8,44	0,33	3,51
SOM A2-86	X969 lille	22	12,87	66,28	4,23	5,85	0,23	10,52
SOM A2-86	X969 stor	12	18,11	59,95	5,01	4,00	0,41	12,50
SOM A2-86	X1208 (a)	5	8,73	72,94	4,32	2,32	0,43	11,26
SOM A2-86	X1208 (b)	6	20,92	64,03	3,28	1,96	0,35	9,24
SOM A2-86	X1330 (a)	11	19,91	58,74	4,34	1,46	0,34	15,20
SOM A2-86	X1330 (b)	17	11,57	74,02	3,53	3,97	0,27	6,63
SOM A2-86	X1447 (a)	5	21,77	66,66	4,15	2,42	0,50	4,50
SOM A2-86	X1447 (b)	4	9,80	76,25	3,29	5,50	0,40	4,69
SOM A2-86	X1471 A (lille)	13	14,84	65,75	3,75	1,92	0,51	13,05
SOM A2-86	X1471 C (stor) (a)	10	15,16	58,50	4,45	1,06	0,55	20,28
SOM A2-86	X1471 C (stor) (b)	7	17,49	65,39	4,02	1,45	0,51	11,10
SOM A2-86	X1471 D							
SOM A2-86	X1550	9	16,24	67,19	4,16	4,02	0,46	7,91
SOM A2-86	X1563 (a)	10	17,81	69,59	4,42	2,65	0,28	5,25
SOM A2-86	X1563 (b)	13	11,54	78,72	2,98	2,87	0,15	3,70
SOM A2-86	X2649 A	6	9,24	78,60	2,73	7,09	0,48	1,79
SOM A2-86	X2649 B	6	25,47	62,90	6,18	4,39	0,65	0,42
SOM A2-86	X3088	5	16,23	56,70	3,73	1,00	0,56	21,78
SOM A7-86	X286	12	15,69	42,39	2,07	2,12	0,25	37,14
SOM A7-86	X286 nittepl. (a)	8	14,29	64,00	2,83	3,29	0,46	14,96
SOM A7-86	X286 nittepl. (b)	7	8,30	73,05	2,04	6,52	0,61	9,33
SOM A7-86	X385 A nagle	9	15,37	66,12	4,37	2,42	0,43	11,14

Lokalitet	Genstand	Antal bestemmelser	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	TiO2	MnO
SOM A7-86	X385 B nitteplade	14	8,94	74,23	2,08	10,46	0,17	3,96
SOM A7-86	X390 A (a)	19	11,82	73,84	3,87	4,90	0,43	5,10
SOM A7-86	X390 A (b)	10	13,76	57,52	3,73	2,92	0,39	21,68
SOM A7-86	X390 B (a)	5	12,89	70,21	4,30	4,06	0,28	8,23
SOM A7-86	X390 B (b)	5	16,75	59,14	5,75	2,34	0,43	15,46
SOM A7-86	X390 B (c)	7	25,74	47,61	6,57	1,68	0,44	17,81
SOM A7-86	X869 (a)	10	24,32	63,65	6,27	0,83	0,48	4,13
SOM A7-86	X869 (b)	6	9,85	78,16	4,50	1,94	0,39	4,85
SOM A7-86	X892	10	27,39	48,45	5,57	3,97	0,61	13,89
SOM A7-86	X907 A stor (a)	4	12,83	59,66	4,30	2,38	0,29	20,36
SOM A7-86	X907 A stor (b)	10	7,25	73,15	3,68	3,21	0,26	12,24
SOM A7-86	X907 B lille	6	11,75	78,06	1,84	6,31	0,88	0,92
SOM A7-86	X1125 B stor	6	9,47	74,55	4,16	7,72	0,28	3,71
SOM A7-86	X1683	6	14,23	58,35	3,65	7,70	0,36	15,69
SOM A7-86	X2649 B	6	25,47	62,90	6,18	4,39	0,65	0,42
SOM A7-86	X892	10	27,39	48,45	5,57	3,97	0,61	13,89
SOM A7-86	X1214 lille (a)	8	9,53	75,35	3,18	1,21	0,26	9,92
SOM A7-86	X1214 lille (b)	7	22,38	70,16	4,44	1,14	0,54	0,59
SOM A7-86	X1214 lille (c)	9	5,38	87,75	2,35	1,77	0,30	2,42
SOM A7-86	X1683	6	14,23	58,35	3,65	7,70	0,36	15,69
SOM A7-86	X892	10	27,39	48,45	5,57	3,97	0,61	13,89
FSM7530	X30 (a)	8	10,65	71,85	4,54	3,55	0,42	8,79
FSM7530	X30 (b)	11	21,72	68,86	4,64	1,60	0,51	2,13
LUN (SOM A2-86)	X2	24	5,11	71,86	2,67	13,90	0,16	6,21
LUN (SOM A7-86)	X196 (a)	5	26,76	62,08	5,98	3,75	0,49	0,78
LUN (SOM A7-86)	X196 (b)	7	14,16	76,66	4,58	3,32	0,54	0,74
LUN (SOM A7-86)	X788 (a)	7	23,19	55,49	3,83	2,17	0,61	14,54
LUN (SOM A7-86)	X788 (b)	8	11,96	73,24	4,95	4,15	0,24	4,84
LUN (SOM A7-86)	X1061	9	13,58	54,31	3,84	2,82	0,42	25,03
LUN (SOM A7-86)	X1455	4	6,44	70,72	2,56	2,62	0,55	17,10
LUN (SOM A7-86)	X2408	28	6,54	77,45	2,19	8,08	0,48	5,08

Lokalitet	Genstand	Antal bestemmelser	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO
LUN (SOM A2-86)	X2684	12	12,56	51,59	3,23	1,31	0,31	29,99
LUN (SOM A2-86)	X2992 (a)	11	5,98	44,56	2,65	1,30	0,32	44,86
LUN (SOM A2-86)	X2992 (b)	21	6,25	30,17	1,70	1,37	0,28	59,94

Tabel 3 Analysedata. Gennemsnit af de velegnede slaggebestemmelser for hver statistisk gruppe i naglerne fra Fyn samt hvor mange bestemmelser der indgår i gennemsnittet. Data er korrigerede værdier (fraregnet indhold af jernoxid og angivet i vægt %)