

Ole Risbøl¹, Raymond Sauvage¹, Eystein Østmoe¹, Shannen T.L. Sait²
og Alexandros Asimakopoulo²

Eldre jernalders tjæreproduksjon ut av tåken

Om tidlig norsk tjæreproduksjon med utgangspunkt i et funn på Averøy i Møre og Romsdal

For many years it has been well known that tar was an available commodity in the Norwegian Iron Age, but until recently no production site or installation for such production was known. In this paper two recently discovered tar production sites, in south-eastern and mid-Norway respectively, are presented and discussed. Both are clay-lined funnel-shaped pits that are dug into the ground with an upper part where the wood was stacked and lit, and a lower part where the tar was collected in a container. The Norwegian tar production pits are similar to contemporary Swedish ones found in large numbers in mid-Sweden. The type is also known from the eastern part of Central Europe where they came into use a few centuries later than in Scandinavia.

Innledning

Tidlig norsk tjæreproduksjon er tema for denne artikkel. Internasjonalt er *bruk* av tjære påvist arkeologisk fra alle tidsperioder helt tilbake til tidlig mesolitikum (Aveling og Heron 1999), mens de eldste kjente arkeologiske funn av anlegg for *tjæreproduksjon* går tilbake til eldre jernalder. Basert på analyser av gjenstander og prøvemateriale fra arkeologiske kontekster, vet vi at tjære har blitt produsert og anvendt i Norge siden eldre jernalder. Hvordan tjæren ble fremstilt og i hvilket miljø produksjonen foregikk i den tidsperioden har vært uvisst frem til funnet av to tjæregroper som er undersøkt de senere årene. Den ene ble funnet på Hesby ved Tønsberg for 10 år siden og den siste ble nylig utgravd på gården Stein på Averøya. Med utgangspunkt i undersøkelsen av tjæregropa på Stein på Averøya ønsker vi her å belyse følgende spørsmål: 1) Hvordan var tjæregropene konstruert? 2) Hvordan ble tjæren fremstilt? 3) Hvilken råvare ble benyttet? 4) I hvilken kulturhistorisk kontekst ble tjæren fremstilt?

Tjære

Tjære er et universalmiddel som i forhistorisk og historisk tid ble anvendt til en lang rekke formål. Den er spesielt egnet til impregnering av blant annet hus, båter, tauverk og lær. Videre har man brukt tjære som smøremiddel, smakstilsetning og i folkemedisinen. Det vi vanligvis forbinder med tjære, er tretjære fremstilt av enten furuspik eller bjørkenever, som ved sterk oppheting omdannes til faste, flytende eller gassholdige former – herunder tjære.

Kontakt: Ole Risbøl, E-post: ole.risbol@ntnu.no

¹ NTNU Vitenskapsmuseet

² Fakultet for naturvitenskap, NTNU

Tjære kan også fremstilles av torv, sand, steinkull og lignende, men i denne sammenheng skal vi bare se på fremstilling og bruk av tretjære. Bruk av tjære kan spores langt tilbake i tid, og nevnes i skriftlige kilder fra antikken samt i våre egne middelalderske lovverk – første gang i Gulatingsloven (Munch og Keyser 1846, kap. 75 og 306; se også Dybdahl 1976).

Tidligere forskning

Det er ikke forsket mye på tjæreproduksjon i Norge, og det finnes ikke noen større samlet oversikt over denne virksomheten. Likevel finnes det en del publikasjoner som omhandler tjæreproduksjon i middelalderen og spesielt i nyere tid. De dreier seg i hovedsak om arkeologisk undersøkte enkeltanlegg eller presentasjon av tjærefremstilling i lokalhistorisk litteratur, bygdebøker og lignende. Mange av dem innledes med å påpeke at vi vet det ble brukt tjære i jernalderen, men at vi i Norge ikke finner spor etter produksjonen – bare enkelte indikasjoner på bruken (f.eks. Dybdahl 1976; Bergstøl 1997; Rolfsen 2002; Paulsen 2003; Amundsen 2007; Gundersen og Wenn 2011). Ofte vises det til Halsnøybåten fra eldre jernalder (datert til 390–535 e.Kr.) som ble funnet i Søndre Bergenhus amt (senere Hordaland og nå Vestland) i 1896, og hvor etterfølgende analyser viste spor etter tjære på deler av båten (Magnus 1980; Fasteland 1996).

Konservator og tjæreforsker Inger-Marie Egenberg skrev for ca. 10 år siden at det nok bare er et tidsspørsmål før tjæreproduksjonsanlegg fra jernalder blir funnet i Norge (Egenberg 2010:219). Denne profetien gikk i oppfyllelse kort tid etter, da det første jernaldersanlegget beregnet for produksjon av tjære ble avdekket i 2010 på Hesby utenfor Tønsberg i Vestfold (Gollwitzer 2012). Dette funnet ble etterfulgt av et tilsvarende på Stein på Averøya i 2018 (Sauvage og Østmoe 2019)¹, slik at det per i dag finnes to sikre tjæreproduksjonsanlegg fra eldre jernalder i Norge. Et mulig tredje anlegg ble undersøkt i 2011 på lokaliteten Brandrud I i Sør-Fron i Gudbrandsdalen i daværende Oppland fylke (Gundersen og Loktu 2014). Dette anlegget hadde klare formmessige likhetstrekk med Hesby-anlegget og tilsvarende svenske paralleller, men dateringen av anlegget viste at det var tale om en konstruksjon fra nyere tid. Dateringen til nyere tid er nylig blitt bekreftet². Koplingen mellom Brandrud-anlegget og tjæreproduksjon bygger på dets formlikhet med anleggene fra eldre jernalder og at en vedanatommisk analyse av trekull fra gropa indikerer at det *kan* stamme fra røtter som sammen med stubber var vanlig råstoff i tjæreproduksjon. Uten kjemiske analyser av prøver fra anlegget må dets funksjon sies å være usikker.

Metoder for fremstilling av tjære

De to produksjonsanleggene fra eldre jernalder i Norge som nå er kjent, viser at tjæren på den tiden ble fremstilt i groper i bakken, og det avviker fra de fleste produksjonsformene fra middelalderen og nyere tid, hvor fremstillingen foregikk i anlegg over bakken. Det finnes i hovedsak fire ulike typer produksjonsanlegg datert til middelalderen og fremover i tid som gjerne omtales under samlebegrepet tjæremiler. De fire vanligste typene er tjæregrop, tjærehjell, tjæregroft og myrmile (Farbregd 1989; Rolfsen 2002). Tjæregrop er en mile bygget opp over bakken, og må ikke forveksles med tjæregropene fra eldre jernalder som presenteres i denne artikkelen, og som blir beskrevet i detalj nedenfor. Den yngre typen fremstår som en traktformet grop som ligger i lett hellende terreng. Gropa er omgitt av en kraftig voll

som har en åpning og er forsynt med en renne hvor tjæren ble tappet ut. Slike groper måler gjerne 4 til 8 m i diameter, var kledd med never og formet som en trakt. I trakta ble tyrived stablet og dekket med torv før veden ble antent. Fra bunnen av trakta kunne tjæren lett tappes ut av mila via en uthulet trestokk som førte ut i renna. Tjærehjell er en variant av tjæregropa hvor renna er erstattet av en trekonstruksjon som er hevet over bakkenivå, hvor tjæren ble tappet ut. Tjæregroft, også kalt tjæregrav, er en avlang mile lagt i en bakkeskråning. Slike grøfter er vanligvis 5 til 12 m lange og et par meter brede. Som i tjæregropa og tjærehjellen ble tyriveden stablet og dekket med torv i grøfta, som var kledd med never. De fleste kjente tjæregroftene er funnet på Østlandet. Tjæremiler i myr er en særskilt midtnorsk type hvor det ble bygget en rund plattung over en neverkledd grop som var spadd ut i myra. Mila ble bygget oppå plattingen, og ved fremstillingen rant tjæren ned i den vannfylte gropa under plattingen (Farbregd 1976). Etter endt fremstilling måtte man fjerne plattingen og øse tjæren opp fra den vannfylte gropa under, hvor den hadde samlet seg. Det finnes en god del dateringer av disse fire typene av tjærefremstillingsanlegg. Dateringene strekker seg fra middelalderen og til nyere tid for alle typene, og det er ikke grunnlag for å si at én av typene er eldre enn de øvrige. Vi ser altså ikke noen klar utvikling av produksjonsteknologien fra middelalderen og fremover som avspeiler seg tilsvarende i ulike typer anlegg. Den geografiske utbredelsen varierer mellom typene, men dateringsmessig finnes alle de fire typene gjennom hele perioden fra rundt år 1000 til 1800. Endelig kan vi nevne at det finnes ytterligere to produksjonsmåter, begge fra nyere tid, nemlig bruk av tjæregryte og tjæreoavn. I begge disse ble det brukt en indirekte fremstilling hvor tyriveden ikke ble brent, men ble utsatt for sterk varme fra en ekstern varmekilde, dvs. et bål av antent ved som var stablet opp over og rundt ovnen eller den hvelvede jerngryta som var fylt med tyrispik.

Denne summariske gjennomgangen av norsk tjæreproduksjon viser at de eldre anleggene fra jernalder på Hesby og Stein står i en særstilling og fortjener en grundig analyse.

Undersøkelsen på Stein

Grenda Stein ligger i Averøy kommune i Møre og Romsdal, på sørvestsiden av Averøya, ca. 2 mil sørvest for Kristiansund. Lokaliteten med tjæregropa ligger ca. 300 m opp fra Kornstadfjorden, som sammen med Kvernesfjorden danner en beskyttet skipslei innaskjærs fra storhavet på nordsiden av Averøya. Området langs fjorden innaskjærs er rikt på funn av gravrøyser og andre kulturminner.

Området består av lett skrånende jordbruksland opp fra Kornstadfjorden før terrenget stiger bratt oppover mot fjellet Hagahornet (488 moh.). Arealet som ble undersøkt ved utgravingen, var på 3712 m², og besto av til dels dype lagavsetninger som følge av ras og flom. Det ble funnet en del kokegroper, noen stolpehull, et hellelagt ildsted, et lag med bjørke-never og det som under utgravingen ble antatt å være en tjæregrop.

Tjæregropa ble funnet ved flateavdekking, og fremsto i plan som et mørkt, rundt fyllskifte med en tydelig kant med leire ytterst. Den var sirkulær med en diameter på 130 cm. Gropa ble snittet, og profilen viste at den var tydelig traktformet med en øvre skrånende del som var ca. 35 cm dyp, og en rettere nedre del som var ca. 50 cm i diameter og 45 cm dyp (figur 1). Den ble etter snitting også gravd lagvis i en kvarting for å få en bedre forståelse av oppbygningen. Total dybde var 79 cm. I øvre del var det en varmepåvirket leireføring ytterst. Leireføringen besto av flere leirelag med kullag mellom som viste at gropa antagelig



Figur 1. Tjæregropa fra Stein i profil. Vi ser tydelig den skråstilte steinen, leirelagene ytterst i den øvre delen, og leirelag i bunnen. Sett mot vest. Foto: Ole Aleksander Ulvik, NTNU Vitenskapsmuseet.

har vært brukt i flere omganger. I bunnen av gropa fantes det også et leirelag, men her var det ingen særlige spor etter påvirkning av varme. En stor, flat stein var satt på skrå mellom øvre og nedre del av gropa, og satt i den nedre delen av leireføringen på nordsiden. En lignende flat stein ble fjernet øst i dette området da strukturen ble snittet. En tredje stor, flat stein lå også på bunnen (figur 2). Øvre del av strukturen besto innenfor leirelaget av brungrå siltholdig sand med innslag av kull. Dette ble tolket som gjenfyll kommet til etter at gropa gikk ut av bruk. Ved lagvis graving ble det klart at det i nedkanten av trakta var en tydelig åpning ned mot bunnen, som var fylt opp av blandede masser av mye kull, sand og forvitret, varmepåvirket stein. Det ble tatt ut en rekke prøver av massene fra ulike lag i øvre og nedre del av gropa med tanke på videre analyser.

I felt ble det antatt at gropa sannsynligvis kunne ha noe med tjæreutvinning å gjøre. Dette ble styrket da vi fant klare likheter med tjæregropa datert til romertid på Hesby ved Tønsberg (Gollwitzer 2012) og lignende groper funnet i stort antall i Sverige (Hennius 2006; Svensson 2007). Over 100 lignende tjæregroper er hittil funnet i Sverige, de fleste datert til romertid-folkevandrings-tid. Da dateringene fra Stein var klare og viste at anlegget hører hjemme i eldre jernalder, styrket dette teorien om en forbindelse med Hesby-gropa og gropene i Sverige.

Likhetene med anlegget på Hesby er flere. De er begge sirkulære, Hesby var i toppen 1 m i diameter, mot 1,30 m på Stein. Hesby hadde en bevart dybde på 60 cm, mot 79 cm på Stein.



Figur 2. Tjæregropa gravd ¾. Sett mot vest. Her ser vi leirelaget ytterst i den øvre delen rensset fram, og leirelaget i bunn, samt den flate steinen i bunn sammen med den skråstilte steinen. Den øvre delen over leiren er antageligvis gjenfyll, med mye kullblandete masser i selve trakten synlig midt på bildet. Foto: Ole Aleksander Ulvik, NTNU Vitenskapsmuseet.

Begge hadde en diameter på rundt 0,5 m i bunnen. De var typisk traktformede og hadde et brent leirelag med skrå vegger øverst som gikk inn mot midten til et nedre rom med nærmest loddrette vegger. Begge hadde flere leirelag i øvre del, som er blitt tolket som flere bruksfaser. På Hesby hadde man en vertikal markant leirekant på sidene helt i toppen av strukturen, som ble tolket som en del av et mulig kammer eller overbygg som har rast eller er blitt ødelagt. Rester av leireføringen i fyllet ble tolket som del av dette. Det ble ikke observert en slik kant i toppen på Stein, men i nedre del av trakten lå det over det urørte leirelaget i bunnen et blandet lag med sand, leire og kull. På Hesby fant man også en skråstilt stein nederst i øvre del av trakten. Termiske analyser fra Hesby viste at leiren fra den øverste delen hadde vært utsatt for høy varme (400–500 °C), mens leiren lenger nede hadde vært utsatt for mye lavere varme (Gollwitzer 2012:174).

Tjæregropa på Stein ble datert ut fra to prøver, den ene av trekull fra hassel funnet i massene mellom øvre og nedre del. Dateringen her ga 131–228 e.Kr. (2 sigma), altså romertid. I tillegg ble en trestokk av or fra leireføringen i bunnen av gropa (synlig på figur 2) datert til 427–556 e.Kr. (2 sigma). Trestokken har en uvisst funksjon, men var tydelig en del av gropa. Det virker sannsynlig at trestokken i bunnen daterer selve anlegget, mens romertidsdateringen sannsynligvis skyldes fyll av masser fra området rundt gropa som er kommet til etter siste bruk av anlegget.

Under avdekkingen på Stein ble det funnet et lag bjørkenever i underkant av 5 m nord-vest for tjæregropa (figur 3). Laget ble avdekket og rensset frem i sin helhet, og viste seg å være om lag 7 m langt og opptil 3 m bredt. Ved fjerning viste det seg at det enkelte steder lå never i flere lag oppå hverandre. Det ble ikke funnet noen gjenstander eller strukturer i tilknytning til dette neverlaget. Fra bjørkeneverlaget har vi tre dateringer: en av bjørkebark fra laget, en av trekull av hassel funnet mellom neverlagene og en tredje av et hasselnøttskall som også ble funnet mellom lagene. Alle tre prøvene ble datert til folkevandringstid. Neverlaget ble under feltarbeidet ikke umiddelbart satt i sammenheng med tjæregropa, men de samtidige dateringene og deres nærhet kan tyde på at det er en sammenheng. Øvrige dateringer fra Stein-lokaliteten er enten fra romertid eller folkevandringstid.

Det ble ikke funnet noe som kunne indikere hus i umiddelbar nærhet av tjæregropa, men 40 m mot sørøst ble det funnet en mulig vegg-grøft med noen tilhørende stolpehull som forsvant ut av utgravningsfeltet, og derfor ikke ble prioritert undersøkt nærmere. Den mulige vegg-grøfta ble datert til folkevandringstid (400–545 e.Kr), og kan være en del av boplassen til dem som brukte tjæregropa. Det kan virke som tjæregropa og neverlaget er forbundet med aktivitet som ligger på innmark, og er en del av en gårdsproduksjon, men en produksjon som er lagt et stykke fra selve boligområdet. I nærheten av tjæregropa fantes det også en del kokegrop, men ingen særlig annen aktivitet. Tjæregropa på Hesby ble også funnet i utkanten av en boplass, et annet fellestrekk med anlegget på Stein.



Figur 3. Laget med bjørkebark. Foto: Eystein Østmoe, NTNU Vitenskapsmuseet.

Tjæregroper fra jernalderen

Som nevnt ovenfor er traktformede tjæregroper kjent fra Sverige. Dette er en kulturminnetype som ble påvist første gang gjennom undersøkelsen av Sommeränge-boplassen utenfor Uppsala i 2002 (Svensson 2007:613). Like etterpå ble det funnet flere slike groper på boplasser i samme region, og ved hjelp av kjemiske analyser fikk man naturvitenskapelige bevis for at anleggene hadde vært brukt til produksjon av tjære (Hjulström mfl. 2006). Siden er det funnet mange flere groper av denne typen i Sverige, og det samlede antallet er nå oppe i 118 (tabell 1 og figur 4). Langt de fleste er funnet i Uppsala-området, og de er i hovedsak datert til perioden romertid–folkevandringstid. De fleste er funnet på eller nær samtidige boplasser. Traktformede tjærefremstillingsgroper med samme form og utseende er også kjent fra den østlige delen av Sentral-Europa: Polen, Tsjekkia, Slovakia og den østlige delen

Tabell 1. Oversikt over kjente norske og svenske traktformede tjæregroper (1: Sauvage og Østmo 2019, 2: Gollwitzer 2012, 3: Berggren og Hennius 2004, 4: Björck og Appelgren 2006, 5: Åberg og Svensson 2006, 6: Fagerlund 1997, 7: Göthberg et al. 2002, 8: Aspeborg og Östling 2007, 9: Onsten-Molander og Wikborg 2006, 10: Göthberg og Fagerlund 2014, 11: Lindeblad og Nielsen 1994, 12: Fagerlund og Åberg 2005, 13: Fagerlund et al. 2008, Åberg 2004, 2008, 14: Ölund 2010, 15: Lagerstedt og Lindwall 2008, 16: Fagerlund 2013, 17: Larsson et al. 2018, 18: Eriksson 2012).

Land	ID	Lokalitet	Kommune	Fylke/län	Antall tjæregroper
Norge	1	Stein	Averøy	Møre og Romsdal	1
	2	Hesby	Tønsberg	Vestfold og Telemark	1
Sverige	3	Sommaränge	Uppsala	Uppland	8
	4	Fullerö	Uppsala	Uppland	11
	5	Tibble	Uppsala	Uppland	7
	6	Bälinge	Uppsala	Uppland	1
	7	Danmarksby	Uppsala	Uppland	1
	8	Skärna	Uppsala	Uppland	1
	9	Trekanten och Björkgården	Uppsala	Uppland	5
	10	Berget	Uppsala	Uppland	59
	11	Herrebro	Norrköping	Östergötland	2
	12	Samnans dalgång	Uppsala	Uppland	4
	13	Stenhagen	Uppsala	Uppland	2
	14	Brillinge	Uppsala	Uppland	1
	15	Väster Hacksta	Västerås	Västmanland	3
	16	Söderhällby	Uppsala	Uppland	2
	17	Fyrilstund	Uppsala	Uppland	8
	18	Örby	Uppsala	Uppland	3
				Sum	120



Figur 4. Oversikt over den geografiske spredningen av kjente tjæregroper av eldre jernaldertype i Skandinavia. ID-nummerne refererer til oversikten i tabell 1. Utbredelsen av tjæregroper i det melleuropeiske kjerneområdet er skravert. Kartdata fra naturalearthdata.com.

av Tyskland, men her er de først kjent fra ca. 800 e.Kr. (Svensson 2007:625.). I Sverige ser vi at den omfattende bruken av slike groper ebber ut ved overgangen til merovingertid, men at de etterhvert erstattes av meget store traktformede tjæregroper i utmarka fra 700-tallet (Hennius 2018).

Datering og tolkning

Radiologiske dateringer av tjæremiler omfattes av en rekke kildekritiske problemer. Ingar Gundersen og Camilla Cecilie Wenn (2011) har redegjort for flere av problemene, og påpeker spesielt at furu har høy egenalder, og at især bruk av tyrived fra gamle stubber som råstoff gjør at trevirket kan ha vært flere hundre år gammelt da det ble benyttet. Dette gir rom for en betydelig feilmargin på dateringen av tjæreproduksjonsanlegg. C-14-dateringer av bark- og neverdekke og konkrete konstruksjonselementer regnes derfor som en mye sikrere kontekst for datering av anleggenes bruksfase. Forsøk med kontrolldateringer av tjæreproduksjonsanlegg hvor man har sammenlignet datering av bjørk med datering av furu fra samme anlegg, har vist at tyriveden i snitt var 200 – 400 år eldre enn selve anlegget (Amundsen 2007; Reitan 2009; Gundersen og Wenn 2011).

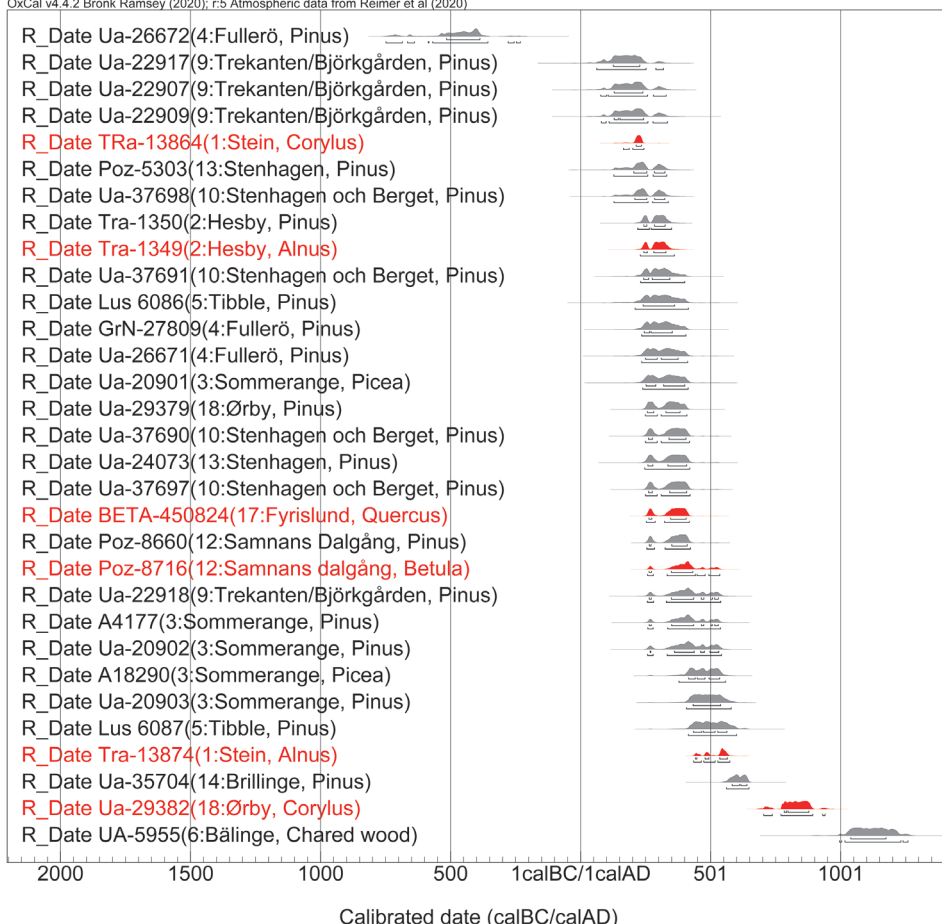
Fra Norge og Sverige kjenner vi til i alt 31 C-14-dateringer fra tjæreproduksjonsanlegg av den typen som vi behandler her (tabell 2 og figur 5)³. Dateringene i tabellen er kalibrert i programmet Oxcal versjon 4.2 (Bronk Ramsey 2020) med den nyeste kalibreringskurven IntCal20 (Reimer mfl. 2020). Flertallet av dateringene er gjort på furu (*Pinus*). I tillegg er enkelte fra gran (*Picea*). Kun seks av de 31 er fra løvtre: to fra hassel (*Corylus*), to fra or (*Alnus*), en fra bjørk (*Betula*) og en fra eik (*Quercus*). Én datering er gjort på uspesifisert trekull. C-14-dateringene av jernalderanleggene i Norge og Sverige strekker seg fra førromersk jernalder til middelalder, men langt de fleste ligger godt samlet innenfor tidsrommet ca. 150–650 e.Kr., spesielt i periodene sen romertid og folkevandringstid.

Ser vi på forholdet mellom dateringene på furu og løvtre fra samme anlegg, er differansen i våre data relativt liten. Et eksempel er Hesby, der både furu og or har overlappende dateringer til ca. 245–330 e.Kr. Sammenlignet med data fra østnorske tjæreproduksjonsanlegg fra middelalder og nyere tid er differansen ikke like markert i eldre jernalder. Denne forskjellen kan skyldes at man i eldre jernalder kanskje har brukt ferskere virke, sammenlignet med i middelalderen, da det ble innført lovforbud mot å hugge ferskt virke til tjærebrenning (jf. Gundersen og Wenn 2011).

Flest tjæregroper er datert til romertid og folkevandringstid, men ikke alle. Avvikene fra mønsteret gjelder en furudatering fra Fullerö fra overgangen bronsealder–førromersk jernalder, samt to dateringer til henholdsvis vikingtid (Örby) og tidlig middelalder (Bälinge), (Eriksson 2012; Fagerlund 1997). Den eldste datering faller svært tydelig utenfor hovedmønsteret i dateringene, og vi mener den kan være et eksempel på bruk av fossilt treverk, altså bruk av ved med høy egenalder. Datering til vikingtid i Örby er gjort på hassel. En mulighet er at dette materialet stammer fra konstruksjonen av gropa og dermed viser at denne gropa faktisk ble brukt i yngre jernalder. Alternativt kan det være snakk om at man har datert yngre materiale som har havnet i gropa under gjenfylling og/eller planering ved bruk av området i vikingtid. Den andre datering fra Örby er fra romertid og i tråd med det øvrige dateringsmønsteret. Vikingtidsdateringen som kan være enten fra konstruksjonen av gropa eller fra gjenfylling med yngre materiale, antyder at tjærefremstilling i grop av denne

Tabell 2. Oversikt over 31 daterte traktformete tjæregroper, to norske og 29 svenske. Dateringer av løvtre er markert med rødt. Dateringene er kalibrert ved hjelp av Oxcal versjon 4.2 med IntCal20 (Bronk Ramsey 2020; Reimer mfl. 2020).

Kontekst	Datert materiale	LAB-ID	Datering før nåtid (BP)	Kalibrert alder (68.2% sansynlighet)	Kalibrert alder (95.4% sannsynlighet)
4:Fullerö	Furu (Pinus)	Ua-26672	2360±50	516–388 f.Kr.	749–233 f.Kr.
9:Trekanten/Björkgården	Furu (Pinus)	Ua-22917	1865±45	127–228 e.Kr.	63–320 e.Kr.
9:Trekanten/Björkgården	Furu (Pinus)	Ua-22907	1845±45	130–240 e.Kr.	78–330 e.Kr.
9:Trekanten/Björkgården	Furu (Pinus)s	Ua-22909	1840±45	130–243 e.Kr.	81–335 e.Kr.
1:Stein	Hassel (Corylus)	TRa-13864	1835±10	214–235 e.Kr.	165–245 e.Kr.
13:Stenshagen	Furu (Pinus)	Poz-5303	1815±35	205–325 e.Kr.	129–332 e.Kr.
10:Berget	Furu (Pinus)	Ua-37698	1810±35	209–325 e.Kr.	129–338 e.Kr.
2:Hesby	Furu (Pinus)	Tra-1350	1775±25	244–326 e.Kr.	220–350 e.Kr.
2:Hesby	Or (Alnus)	Tra-1349	1770±25	244–329 e.Kr.	231–361 e.Kr.
10:Berget	Furu (Pinus)	Ua-37691	1760±35	244–344 e.Kr.	232–401 e.Kr.
5:Tibble	Furu (Pinus)	Lus-6086	1755±50	241 – 362 e.Kr.	210–415 e.Kr.
4:Fullerö	Furu (Pinus)	GrN-27809	1750±40	246–353 e.Kr.	236–406 e.Kr.
4:Fullerö	Furu (Pinus)	Ua-26671	1740±45	250–376 e.Kr.	236–412 e.Kr.
3:Sommeränge	Gran (Picea)	Ua-20901	1730±45	253–401 e.Kr.	240–414 e.Kr.
18:Ørby	Furu (Pinus)	Ua-29379	1722±30	258–383 e.Kr.	250–410 e.Kr.
10:Berget	Furu (Pinus)	Ua-37690	1705±35	262–406 e.Kr.	250–419 e.Kr.
13:Stenshagen	Furu (Pinus)	Ua-24073	1705±40	260–409 e.Kr.	247–424 e.Kr.
10:Berget	Furu (Pinus)	Ua-37697	1700±35	262–409 e.Kr.	250–422 e.Kr.
17:Fyristund	Eik (Quercus)	BETA-450824	1700±30	264–407 e.Kr.	254–419 e.Kr.
12:Samnans dalgång	Furu (Pinus)	Poz-8660	1690±30	265–411 e.Kr.	255–423 e.Kr.
12:Samnans dalgång	Bjork (Betula)	Poz-8716	1660±35	264–432 e.Kr.	259–536 e.Kr.
9:Trekanten/Björkgården	Furu (Pinus)	Ua-22918	1655±45	265–530 e.Kr.	258–540 e.Kr.
3:Sommeränge	Furu (Pinus)	A4177	1655±40	265–530 e.Kr.	259–539 e.Kr.
3:Sommeränge	Furu (Pinus)	Ua-20902	1650±45	268–532 e.Kr.	259–542 e.Kr.
3:Sommeränge	Gran (Picea)	A18290	1615±40	416–535 e.Kr.	379–558 e.Kr.
3:Sommeränge	Furu (Pinus)	Ua-20903	1585±45	433–539 e.Kr.	408–580 e.Kr.
5:Tibble	Furu (Pinus)	Lus 6087	1560±50	435–563 e.Kr.	415–601 e.Kr.
1:Stein	Or (Alnus)	Tra-13874	1550±15	443–565 e.Kr.	435–575 e.Kr.
14:Brillinge	Furu (Pinus)	Ua-35704	1465±30	583–640 e.Kr.	562–648 e.Kr.
18:Ørby	Hassel (Corylus)	Ua-29382	1204±30	784–878 e.Kr.	705–941 e.Kr.
6:Bältinge	Trekull (ikke spesifisert)	UA-5955	920±65	1040–1175 e.Kr.	996–1260 e.Kr.



Figur 5. Oxcalplot over C14-dateringer av kjente tjæregroper av eldre jernaldertype fra Norge og Sverige. Dateringer gjort på løvtrær med antatt lav egenalder er merket rødt.

typen kan ha pågått i vikingtid. Men det knytter seg usikkerhet til dette, og dateringen føyer seg ikke inn i det klare hovedmønsteret. For den aller yngste dateringen, den fra Bälinge, mangler vi opplysninger om treslag, og det blir derfor vanskelig å tillegge den for stor vekt. Bälinge-gropa er dessuten funnet på en mindre lokalitet med en koksteinsrøys fra middelalderen liggende rett ved siden av, mens det 100 m mot nord er undersøkt en boplass fra yngre romertid-folkevandringsstid (Fagerlund 1997:41–45).

Vår samlede vurdering er derfor at de to norske tjærefremstillingsanleggene som behandles her, i likhet med de svenske, tilhører en teknologi som tas i bruk i løpet av eldre romertid, og som varer frem til overgangen fra eldre til yngre jernalder. Etter dette tidspunkt er det svært få dateringer, og vi antar at bruken av traktformede anlegg på boplasser mer eller mindre går ut av bruk. I stedet ser vi i Sverige at opptil ti ganger så store traktformede tjære-

produksjonsanlegg forekommer i utmarksområder fra 700-tallet, gjennom vikingtid og inn i tidlig middelalder (Hennius 2018). Også disse synes å konsentrere seg til Uppsala-området, men er i tillegg funnet et par andre steder i Midt-Sverige (Fredman 2009:16). I Norge er langt de fleste dateringene av tjæreproduksjonsanlegg fra middelalderen og fremover (Rolfsen 2002; Gundersen og Wenn 2011). Fra eldre jernalder har vi så Stein- og Hesby-anlegget, mens norsk tjæreproduksjon i yngre jernalder ennå er i det uvisse.

Tjærefremstilling

Det finnes to grunnprinsipper ved fremstilling av tretjære: den direkte og den indirekte metoden. I begge tilfeller ønsker man å oppnå at tjæren skilles ut fra råstoffet (veden) ved hjelp av høy varme. Ved den direkte metoden, også kalt *autoterm*, antennes veden i mila eller gropa samtidig som man sørger for at veden ikke tar fyr. Veden skal ikke brenne men ulme, og det oppnås ved å regulere oksygentilførselen. Varmeutviklingen setter i gang en prosess hvor tjæren drives ut av veden, som reduseres til trekull når temperaturen i mila eller gropa er tilstrekkelig høy, det vil si fra 90° C og oppover (Egenberg 1997:28–29). På det meste er temperaturen oppe i 400–700° C (Todenhaupt og Kurzweil 2000:60). Dette kalles også tørrdestillasjon. Ved den indirekte metoden, som også kalles *alloterm*, gjør man bruk av en ekstern varmekilde. Råstoffet antennes ikke, men utsettes for høye temperaturer fra en varmekilde på utsiden. Tjæreproduksjon i gryte kan tjene som eksempel på den alloterme metoden. Denne produksjonen foregår ved at man tettpakker en støpejernsgryte med tyrispik, plasserer denne opp ned på en bergflate og stabler opp ved slik at den dekker gryta. Når veden på utsiden av gryta antennes, vil varmen fra bålet føre til at tyriveden inne i gryta begynner å «svette» tjære, som renner ut under gryta, hvor den havner i et oppsamlingskar. Bruken av murte tjæreovner er basert på samme teknikk, hvor tyriveden ble stablet i et indre kammer som var omgitt av et ytre brennkammer, hvor brenneved sørget for høye temperaturer. Undersøkelser har vist at man med den indirekte metoden får større utbytte av råstoffet, og at tjæren som fremstilles på denne måten, er av bedre kvalitet enn den som produseres ved den direkte metoden (Hennius 2005:226).

Den indirekte metoden, som er kjent fra både gryte- og retorteproduksjon, hører primært hjemme i nyere tid, mens tjæremilene fra middelalderen og fremover ble drevet med den direkte metoden. Men hvordan forholder det seg med forhistorisk tjæreproduksjon i grop? I Sentral-Europa har man påvist både indirekte og direkte tjæreproduksjon. Ved den indirekte metoden ble det brukt leirkar. Produksjonsformen omtales som dobbeltkar-metoden, da ett leirkar fungerte som oppsamlingskar, mens et annet kar tettpakket med tjæreved og med perforert bunn ble plassert ovenpå oppsamlingkaret⁴. Det nederste karet var gravd ned i bakken, og rundt det øverste leirkaret ble det lagt ved som ble satt fyr på, slik at tjæreveden inne i karet ble usatt for sterk varme. På boplasser hvor denne metoden er brukt, finner man gjerne keramikkskår med rester av tjære på innsiden og ikke minst karakteristiske bunnskår med perforering. Disse skårene stammer fra bunnen av det øverste leirkaret, og gjorde det mulig for tjæren å renne ned i oppsamlingskaret under (Kurzweil og Todenhaupt 1991). Dobbeltkar-metoden har dermed klare likhetstrekk med den mye seinere gryteproduksjonen. Den geografiske utbredelsen av dobbeltkar-metoden samsvarer i høy grad med utbredelsen av de sentraleuropeiske tjæregropene av samme type som Stein- og Hesby-anleggene samt de tilsvarende svenske anleggene i Uppsala-området. Lenge mente mellomeuropeiske

arkeologer at de to typene skulle ses i sammenheng. Tolkningen var at begge leirkarene var gravd ned; oppsamlingskaret var plassert i den nederste delen av gropa, mens karet med tjæreveden var plassert i den koniske, øverste delen (Kurzweil og Todenhaupt 1991). Dette er en forståelse man nå er gått bort fra, da nærmere studier viser at keramikk av typen som ble brukt ved dobbeltkar-metoden ikke er funnet sammen med tjæregroper og vice versa (Biermann 1998). Dessuten er det grunn til å tro at det kun var oppsamlingskaret som var gravd ned i bakken, mens det øverste karet må ha stått helt eller delvis over bakkenivå, da det virker ulogisk å plassere bålet i en grop. Sammenhengen mellom de to typene er også avvist gjennom eksperimentell arkeologi (Todenhaupt og Kurzweil 1997). Det er dermed enighet om at de to produksjonsformene må anses å representere to ulike former for tjæreproduksjon. Dette har betydning for hvordan vi skal forstå bruken av de norske tjæregropene.

De eldste eksemplene på bruk av dobbeltkarmetoden stammer fra Sveits og Frankrike, hvor det er funnet enkelte spor av denne fremstillingsteknikken fra eldre romertid (Jauch 1994). En storstilt produksjon basert på bruk av dobbeltkar ser vi ellers først på 500/600-tallet og da i det østlige Sentral-Europa. Her ble metoden påvist arkeologisk første gang i 1948 (Szafranski 1997), og etterfølgende studier har vist at dobbeltkar-metoden var i bruk langt opp i nyere tid, bl.a. i Polen (Szafranski 1997:55). I det østlige Sentral-Europa begynner man fra 800 e.Kr. i tillegg å ta i bruk traktformede tjæregroper av samme type som de skandinaviske (Svensson 2007:625).

Hesby-anlegget ble av Gollwitzer knyttet til dobbeltkar-metoden (Gollwitzer 2012:174). Det ble begrunnet med formen på ovnen og teorien om at det har vært en slags overbygning over gropa. Anlegget er ellers, hva form og størrelse angår, identisk med tjæregropene funnet i Sentral-Europa, hvor sammenhengen mellom slike groper og dobbeltkar-metoden som nevnt er avvist. Dette, sammenholdt med fravær av keramikk som kan forbindes med tjæreproduksjon, gjør at det ikke er grunn til å opprettholde den opprinnelige tolkningen av Hesby-anlegget. Anlegget er nok, som det fra Stein, et eksempel på tjæregrop-tradisjonen som er påvist med et hundretall eksempler i Uppsala-området i Sverige, og som for øvrig er av lik form og størrelse som de sentraleuropeiske, som også er funnet i et hundretall. Ingen av de svenske anleggene kan knyttes til dobbeltkar-metoden, selv om man også her tidligere har vært inne på tanken om at det var brukt to leirkar (se Svensson 2007:624). En gjennomgang av de til nå 118 kjente svenske tjæregropene viser at det bare er funnet ett lite keramikkskår i én av disse (se Berggren og Hennius 2004:38). Makrofossilanalysene av trekull funnet i tjæregropa på Stein viser likheter med prosessen i kullmiler hvor trekull blir fremstilt ved at veden blir påtent og langsomt reduseres til trekull (Moltsen 2019), altså tilsvarende fremgangsmåten ved den direkte tjærefremstillingsmetoden.

At de todelte tjæregropene besto av en øvre traktformet del hvor destillasjonsprosessen foregikk, samt en nedre sylindrerformet del hvor tjæren rant ned og ble samlet opp i en beholder, støttes av termiske målinger som viser at den øvre delen har vært utsatt for mye høyere temperaturer enn den nedre (Gollwitzer 2012, 174). Det samme er observert i flere av de svenske tjæregropene (se Berggren og Hennius 2004:38; Åberg og Svensson 2006:40–41).

Oppbygning og volum

Tjæregropene fra eldre jernalder består nesten alltid av en øvre traktformet del og en nedre sylindrisk del. Av de 118 svenske gropene hvor formen er beskrevet eller illustrert, har 88 traktform, 14 har U-form/skålform og én er oppgitt å være timeglassformet. I 2008 fant man ved en undersøkelse ved Uppsala 59 tjæregroper (Göthberg mfl. 2014). Av dem ble 37 definert som traktformede, 10 som U-formede, to som skålformede og resten som uregelmessige eller med ukjent form. De U-formede var ikke så dype som de traktformede, med et gjennomsnitt på 35 cm, mot 46 cm på de traktformede. De U-formede er sannsynligvis bare delvis bevarte tjæregroper, der trakten er blitt pløyd vekk eller ødelagt på annen måte. Hvis traktformen er ødelagt, kan det være vanskelig å definere anleggene som tjæregroper, og de kan lett forveksles med f.eks. stolpehull, som da vil ha samme form.

Felles for alle tjærefremstillingsanlegg fra eldre jernalder i både Norge og Sverige er at de inneholder både leire og kull, og i veldig mange er det funnet ikke helt forbrent tre. Noen har leireføring mot kanten av trakten. Det hadde både tjæregropa på Hesby og den på Stein. Det har også enkelte av de svenske, som f.eks. A9907 i Trekanten (Onsten-Molander og Wikborg 2006) og A20514 i Uppland (Berggren og Hennius 2004). Enkelte tolker også leiren funnet ellers i gropa som leire som sannsynligvis har vært leireføring i kantene, som i Tibble med grop A5396 (Åberg og Svensson 2006). Noen av de svenske har også leireføring i bunnen, som på Stein, blant andre A4748, A5396, A5842 og 5940 i Tibble. Andre har klare kullag i kanten, som A6654 og A4366 i Gamla Uppsala (Fagerlund og Åberg 2005), A1359 i Brillinge (Ölund 2010), og A4177 i Uppland (Berggren og Hennius 2004). Enkelte som A20514 i Uppsala har klare leirelag mot kanten med kullag imellom, som på Stein.

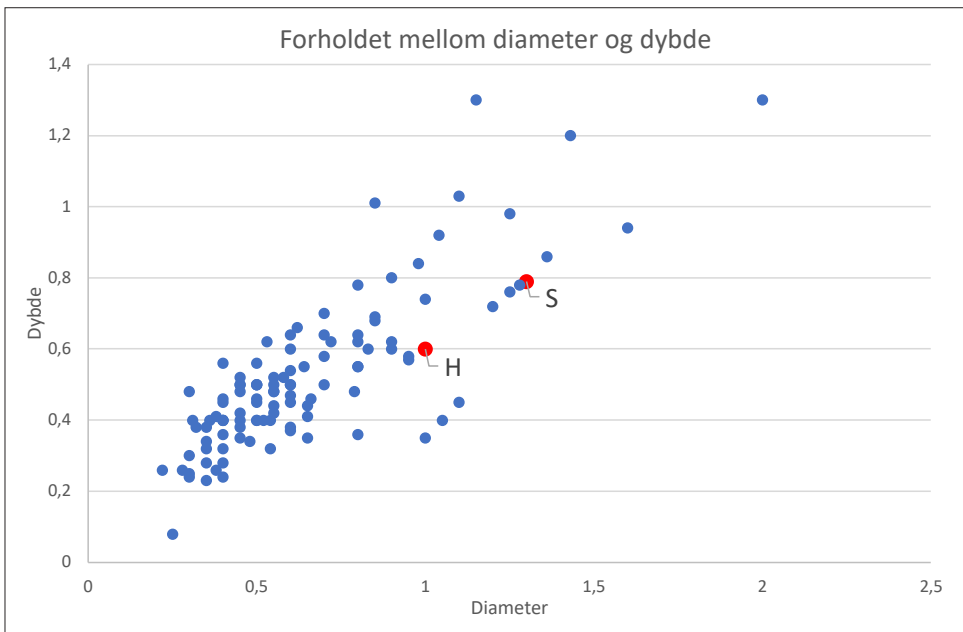
Kerstin Åberg og Jonas Svensson mener at leiren i gropene de undersøkte, har vært et konstruksjonselement for å gi gropen stabilitet, men også for å hindre tjæren i å renne ut i sanden (2006:41). På Stein synes undergrunnen å ha vært stabil, så hovedfunksjonen til leiren der har nok vært å hindre at tjæren rant ut i sanden. Ved rekonstruksjoner av tjærefremstilling ved bruk av direkte varme har forsøk vist at sand har en tendens til å sive inn i gropa og følge med tjæren ned i oppsamlingskaret (Åberg og Svensson 2006:42). Ved bruk av leireføring eller føring med bjørkenever unngår man det. Der man finner flere leirelag i kanten med kullag imellom, er det plausibelt å tolke dette som en indikasjon på gjenbruk av gropa.

På Stein ble det funnet en stor skråstilt, flat stein i nedkanten av trakten ved overgangen til den underliggende gropa. Dette er et element som er kjent fra flere av de andre tjæregropene fra eldre jernalder. Profiltegningen av Hesby-anlegget viser at det ble funnet en slik flat skråstilt stein mot bunnen av trakta (Gollwitzer 2021: figur 111). Også i Sverige har man funnet slike. Ved undersøkelsen av ID14814 i Fyrislund fant man flere kantete og skjorbrente steiner i overgangen mellom trakten og sylindren (Larsson mfl. 2018). I Tibble fant man en stor flat stein stående i leirebunnen i struktur A5843 (Åberg og Svensson 2006). I samme område fant man også en tjæregrop, A5940 med en 40 x 30 cm stor og 4 cm tjukk stein i nedkanten av trakten. Åberg og Svensson mener at steinkonstruksjonene i de to gropene har vært brukt for å skille ilden i trakten fra oppsamlingsrommet i sylindren (2006, 41). Steinen som satt i nedkant av trakten på Stein, kan ha hatt en slik funksjon. Steinen som ble funnet i bunnen, kan også ha sittet mellom trakten og sylindren og fungert som et skille. Den kan også ha fungert som et feste for en plate eller noe annet som har vært brukt for å sile tjæren før den har rent ned i sylindren. Det har blitt gjort forsøk med en enkel treplate

med hull i, som man ved senere forsøk dekket med små pinner som et nett for å få vekk trekull som ble med tjæren ned (Todenhaupt og Kurzweil 1997).

Når det gjelder størrelsen på gropene, kan det se ut som de har en tendens til å bli større fra romertid og ut i folkevandringstid/merovingertid. Hvis vi ser på diameteren på de daterte tjæregropene i Norge og Sverige, ligger gjennomsnittet på 68 cm for tjæregropene fra romertid, mens de øker til 1,16 m i folkevandringstid. Dette er basert på 21 daterte tjæregroper, der 16 er fra romertid og 5 fra folkevandringstid/merovingertid. Dybden ser ofte ut til å ligge en viss prosentdel under diameteren, og det er mulig tjæregropene er blitt laget ut fra et fast definert forholdstall mellom disse to størrelsene. En oppsummering av alle norske og svenske tjæregroper fra eldre jernalder med dokumenterte mål viser at dybden ligger i gjennomsnitt på 85,66 % av diameteren. Hvis man bare måler de som er dokumentert som traktformede, faller snittet marginalt til 84,22 % av dybden. I alt 12 av 110 tjæregroper har større dybde enn diameteren. Variasjonen i diameter og dybde er stor for de enkelte gropene med 0,25 til 2 m i variasjon for diameter og fra 0,23 til 1,3 m i dybde. Sammenligner vi gropene på Stein og Hesby med de svenske, ser vi mange likheter. Det gjelder både form, oppbygning og størrelse (figur 6).

Hvis man forsøker å beregne hvor mange liter tjære man har fått ut av en slik tjæregrop, kan det gjøres ved å beregne mengden som sylinderdelen kan romme. På Stein var sylinderen ca. 50 cm i diameter og 45 cm høy, men et oppsamlingskar eller en bøtte må kunne få plass under steinen i profilen, og over leireføringen i bunnen. Da kan man anslå at et kar



Figur 6. Denne grafen viser hvordan de to norske tjæregropene forholder seg størrelsesmessig til de svenske. S = Stein, H = Hesby. De svenske som er med i grafen, er dem hvor vi kjenner diameter og dybde. Hvor diameteren på disse er oppgitt med to mål er gjennomsnittet beregnet. Hvor diameteren f.eks. er oppgitt å være 80 x 90 cm er 85 cm brukt i grafen.

eller en bølge kan ha vært ca. 45 cm bred og 30 cm høy. Utregningen blir da $\pi \times r^2 \times \text{høyde} / 1000 =$ antall liter. Så $3,14 \times 22,5^2 \times 30 = 47685,75 \text{ cm}^3$: $1000 = 47,69$ liter. Ved tyske eksperimenter har man erfart at ca. 40–50 % av væskeblandingen vil være tjære (Svensson 2007), mens resten i hovedsak er vann. Overført til Stein-anlegget blir regnestykket: 45 % av 47,69 liter = 21,46 liter tjære. Så rundt regnet vil en tjæregrop på størrelse med den på Stein gi rundt 20–25 liter tjære pr. produksjon. Ved volumberegninger av 15 tjæregroper fra jernalderen i Uppland varierte mengden mellom 7 og 100 liter, men de fleste lå på rundt 30 liter, som da vil si ca. 12–15 liter tjære for hver produksjon (Svensson 2007:625).

Materiale og råstoff

Undersøkelser av vedart fra undersøkte anlegg viser at det nesten utelukkende er furu som er anvendt ved tjærefremstilling i Norge. Det gjelder også for produksjonen i middelalderen og nyere tid ellers i Norden, som i lange perioder forsynte verdensmarkedet med tjære i denne perioden – spesielt på 1600- og 1700-tallet (Åström 1988). Fra undersøkelser av de mange svenske tjæregropene vet vi at furu var det foretrukne materialet også i eldre og yngre jernalder. En rask gjennomgang av de svenske gropene fra eldre jernalder viser at av 29 vedartsanalyser stammer 23 fra furu, tre fra gran og én fra henholdsvis hassel, eik og bjørk. Dette viser med all tydelighet at furu var foretrukket som råstoff i tjæreproduksjonen. Vedartsbestemmelser er ofte knyttet til C-14-datering, hvor man unngår furu og heller velger andre treslag med potensielt lavere egenalder om det er mulig ut fra analyse materialet som er til rådighet. Det er derfor grunn til å anta at furu heller er under- enn overrepresentert i materialet. Kjemiske analyser av prøver fra en av de svenske gropene støtter opp om at det var furu som ble brukt (Hjulström mfl. 2006:292). Tjæreproduksjon basert på bjørkebark er på ingen måte ukjent, og spesielt den aller tidligste tjærefremstillingen fra stein- og bronsealder synes å være dominert av bjørkebark (Egenberg 2010:222). På Kontinentet ble det også brukt bjørkebark i tjæregropene fra jernalderen og langt inn i nyere tid (Oettel 1989:243–245). Bjørk ser imidlertid ikke ut til å ha vært en viktig råvare i fremstillingen av tjære i Norden i jernalderen. Helt utelukke dette kan vi imidlertid ikke av flere grunner. Bjørk er en vanlig, lett tilgjengelig treart på våre breddegrader, bjørketjære er velegnet til mange formål, og det forhold at bjørkebark er vanlig forekommende i de sentraleuropeiske tjæregropene, gjør at muligheten må holdes åpen. Aller viktigst i denne sammenheng er det likevel at det ved undersøkelsen på Stein ble funnet et markant lag av bjørkenever bare 5 m unna tjæregropa, og det indikerer en potensiell sammenheng mellom tjærefremstilling og bjørkenever. For å besvare dette spørsmål var det derfor nødvendig med kjemiske analyser (se nedenfor).

Bruker man bjørk til tjærefremstilling, er det neveren som utnyttes, da stammen inneholder svært lite harpiks. Bruker man derimot furu, kan både stamme, stubbe og røtter brukes. Stubber og røtter foretrekkes ofte som råstoff til tyrispiken på grunn av den konsentrerte tjæremengden de inneholder sammenlignet med stammen, hvor denne konsentrasjonen er betydelig lavere. Å bryte stubber og røtter er imidlertid et tungt og krevende arbeid som må avveies opp mot utbyttet. I middelalderen og frem til nyere tid var det mange steder vanlig å bruke trestammene, men etterhvert som tømmeret fikk verdi som handels- og eksportvare, ble det mer vanlig å ta i bruk det som sto igjen etter tømmerdriften – stubber og røtter (Kunnas 2007, Gundersen og Wenn 2011). Bergverksdriften og glassverkene la også beslag

på store deler av skogen til de enorme mengdene av trekull som trengtes i produksjonen av jern, kobber, glass osv (Svensson 1998). I den tiden det er snakk om her – eldre jernalder – må vi regne med at tilgangen på trær av ulike slag var god, og at det som regel ikke var konkurranse om tilgangen til trevirke. Det finnes eksempler fra Kontinentet på at tjæreproduksjonen ble presset ut i mer perifere strøk på grunn av manglende tilgang til ressurser – enten fordi de ble anvendt til andre formål, eller fordi befolknings- og dermed bosetnings-ekspansjonen medførte hogst av store skogarealer. På Kontinentet mener Gunter Oettel å kunne se en slik utvikling i to omganger – først da tjæreproduksjonen ble forskjøvet fra vest mot øst i midten av første årtusen etter vår tidsregning (1989:note 8) og senere fra mer sentrale strøk i øst til mere perifere på 1000/1100-tallet (1989:269). Nedgangen i tjæreproduksjonen i det tyske området og det tilsvarende store oppsvinget i svensk tjæreproduksjon fra 1600-tallet skal også ses i lyset av tilgangen til skogressurser (Hennius 2005:229).

Hvilke deler av furua som ble brukt ved driften av Stein- og Hesby-anlegget, vet vi ikke. Mye tyder imidlertid på at det på denne tiden var trestammer som ble kuttet opp til tyrispik, og ikke stubber og røtter. Også her kan vi støtte oss til kjemiske undersøkelser utført i Sverige som tyder på at stammeved var brukt (Hjulström mfl. 2006:287). En gjennomgang av materialet fra de tjæregropene som var kjent på midten av 2000-tallet, viser at det med ett unntak (Tibble) var stammer, og ikke stubber og røtter, som var blitt anvendt ved fremstillingen (Svensson 2007:619). I yngre jernalder, hvor tjæren ble fremstilt i store groper, var det også kjerneved som ble brukt (Hennius 2006:39).

Tilgang til furu som kunne brukes til å lage tyrispik, har sannsynligvis ikke vært et problem hverken på Stein eller Hesby i en tid med sparsom befolkning og et landskap preget av ekstensivt jordbruk. Stein ligger nær det som også i jernalderen må ha vært skog og utmark, og på Hesby er veien ikke lang til skogkledde åser. I tillegg til ved trengte tjæreprodusentene også tilgang til leire til føring av gropa. Leire er en vanlig forekommende jordart, som det ikke kan ha vært vanskelig å få tak i. På Hesby ble det funnet groper for uttak av leire ved Merkedalselva nedenfor boplassen (Gollwitzer 2012:186–190). Disse ble datert til romertid, og er dermed samtidige med tjæregropa på lokaliteten.

Kjemiske analyser⁵

For å undersøke om tretjære kunne påvises i gropa på Stein, har vi analysert to jordprøver. Prøvene er tatt fra henholdsvis bunnen av oppsamlingsgropa og fra leireføringen i den traktformede delen av anlegget. Formålet med analysen var todelt. For det første ønsket vi å få klarlagt om det var tretjære som ble produsert i gropa. For det andre ønsket vi å undersøke hvilken råvare som ble brukt. Ettersom analysen bare inkluderer én jordprøve fra hvert av de to delene, har ingen tester av statistisk signifikans vært mulig.

Destillasjonen av treverk i fremstillingen av tjære produserer som biprodukter flere polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). PAH-er er biprodukter som vanligvis genereres under ineffektive forbrenningsforhold eller ved oppvarming av organiske materialer som tre og annen vegetasjon. De inneholder to eller flere kondenserte benzenringer. PAH-analyse brukes for å påvise tilstedeværelse eller fravær av tjæreforekomster i arkeologiske sammenhenger. For å avklare om det var tjære i prøvene fra Stein, analyserte vi for tilstedeværelsen og den kjemiske konsentrasjonen av 16 PAH-er. Vi har også forsøkt å undersøke forbrenningstemperatur, vurdert ut fra hvor mange benzenringer de påviste PAH-er har. Dette kan

gi innsikt i om innholdet i prøven kommer fra for eksempel tørdestillasjon av organisk materiale ved lave eller høye temperaturer, eller om forekomsten stammer fra naturlige kilder (se f.eks. Emsbo-Mattingly og Litman 2018; Díaz-Moroles mfl. 2007). For å undersøke om råstoffet som er brukt er furu (*Pinaceae*), som forventet, eller eventuelt et annet treslag, har vi videre sett etter tilstedeværelse av harpikssyrene abietinsyre (AA) og dehydroabietinsyre (DHAA) samt metyldehydroabietat (DHAA Me), som til sammen antyder tilstedeværelse av brennt furu (Colombini mfl. 2003). Analyse av PAH-er og harpikssyrer fra jordprøvene ble utført gjennom bruk av væskrokromatografi-metode HPLC-FLD (High Performance Liquid Chromatography – spectrofluorimetric detection), og resultatene ble vurdert for forekomst av historisk/arkeologisk tretjære i materialet.

Resultatene av analysen viser at alle 16 PAH-er var til stede i prøvene. Konsentrasjonen av krysene (CHR) dominerte begge prøvene. Sammenlignet med de lavere konsentrasjonene av naftalen (NAP) tyder dette på et tjærestoff som er sterkt forvitret. De relativt høye konsentrasjonene av fluoranten (FLT) i begge prøvene er tegn på forbrenning. Det var tydelige spor etter forbrenning av organisk materiale. Dette kan eksempelvis komme fra gress, tre og tjære som et resultat av prosesser med høy temperatur. Begge prøvene ble vurdert til å inneholde tjæreprodukter fra bek og/eller tjære. Det antyder at noen av tjærestoffene muligvis kommer fra naturlige kilder (som omkringliggende sediment), men de samlede verdiene var stort sett innenfor det man kan forvente for et tjæreprodukt som bek. Samlet sett er analysene vurdert til at prøven som kom fra bunnen av gropa, inneholder tjære (bek) som stammer fra prosesser med høy temperatur. Prøven tatt fra leirefôringen i trakten til gropa, har også klare spor etter tjære, men med en større innblanding av tjærestoffer fra omkringliggende sedimenter. Denne prøven viser i tillegg tegn på forbrenning ved en lavere temperatur. Harpikssyrene abietinsyre og dehydroabietinsyre samt metyldehydroabietat ble funnet i begge prøvene. Tilstedeværelsen av disse komponentene, sammen med trisykliske aromatiserte forbindelser (f.eks. 3-benzenringer PAH-er) er en sterk indikasjon på tilstedeværelse av tjære (bek) som stammer fra furuved som er blitt utsatt for varme og/eller destillasjon. Metyldehydroabietat (DHAA Me) kan også stamme fra en kjemisk reaksjon mellom dehydroabietinsyre (DHAA) og metanol, der sistnevnte kan være produkt av destillering (Colombini mfl. 2003; Hjulström mfl. 2006). De kjemiske undersøkelsene viser med andre ord at det var tjære som ble produsert i Stein-gropa, og at produksjonen baserte seg på furu som råmateriale.

Kulturhistorisk kontekst

Sammenlignet med senere tiders tjærefremstilling har produksjonen i gropene på Stein og Hesby vært nokså beskjeden. Selv om vi må se for oss at gropene har vært brukt flere ganger, er det ikke grunnlag for å tro annet enn at produksjonen var ment å dekke behovet for en enkel husholdning. Kanskje kunne tjæren dekke behovet til noen få nærliggende husholdninger i tillegg. I hvert fall er det ikke grunn til å tro at det har vært snakk om en overskuddsproduksjon til vareutveksling og handel, slik vi ser det i senere tider.

På både Stein og Hesby er tjærefremstillingen lagt til utkanten av boplassområdet. Det virker logisk med tanke på den risiko brenning og ild utgjør for bygninger, folk og husdyr. Dessuten har det vel vært et poeng å ha god plass rundt tjærefremstillingsanlegget, hvor man skulle grave grop, håndtere tyrispik, leire, torv, osv. På begge lokaliteter finner vi også

flere samtidige kokegropser nær tjæregropene i aktivitetsområder et stykke unna husene. Det samme fenomenet ser vi på flere av de svenske, hvor tjæregropene også er plassert i utkanten av boplassområdet, slik som på Danmarksby (Göthberg mfl. 2002), Stenhagen (Åberg 2004) og Söderhällby (Fagerlund 2013). På Väster Hacksta (Lagerstedt og Lindwall 2008) og Örby (Eriksson 2012) ligger gropene også perifert og i det som er definert som håndverksområder, da det finnes annen produksjon i samme område hvor tjæregropene ble funnet. På Örby understrekes den perifere beliggenheten i forhold til boplassen ved at tjæregropene her er lagt utenfor et gjerde som omgir bebyggelsen (Eriksson 2012:28). Men det er langt fra alle som følger samme organisering som de her nevnte. Lokaliteten Berget (Göthberg mfl. 2014) skiller seg som nevnt ut med svært mange tjæregroper. Funnet av 59 groper for tjærefremstilling overstiger med god margin den med nest flest – Fullerö, med 11 groper (Björck og Appelgren 2006). På begge disse lå de fleste gropene samlet i konsentrasjoner. Det samme gjelder Tibble, med sine syv groper (Åberg og Svensson 2006). Stenhagen og Berget, Fullerö og Tibble skiller seg også ut ved at gropene ikke ligger perifert i forhold til bebyggelsen, men sammen med den. Det samme ser vi ved Brillinge (Ölund 2010), Trekanten/Björkgården (Onsten-Molander og Wikborg 2006), Sommeränge (Berggren og Hennius 2004) og Samnans dalgång (Fagerlund og Åberg 2005), hvor tjæregropene også ligger ved husene på boplassen. Det åpner for et behov for å diskutere temaet husholdnings- versus overskuddsproduksjon. De to norske og mange av de svenske indikerer en produksjon som ikke overstiger behovet for én eller noen få husholdninger. Enkelte andre avviker fra dette, spesielt Berget-lokaliteten. Göthberg mfl. drøfter dette og setter opp to forklaringsmodeller (280). En forklaring kan være at tjæreproduksjonen for hele boplassen er samlet på samme område, hvor hver husholdning hadde sin tjæregrop. Antall tjæregroper og antall hus funnet på boplassen er ganske likt. Den andre forklaringen er at man på Berget produserte mer tjære enn til eget behov, og at overskuddsproduksjonen inngikk i byttehandel med andre boplasser. På Berget kan de fleste gropene knyttes til ett bestemt gårdsanlegg, som indikerer spesialisering. Berget-undersøkelsene viser at det ser ut til å skje en utvikling på boplassen fra mange tjæregroper i konsentrasjon på én gård i romertid til mye mindre produksjon på noen flere av gårdene i folkevandringstid (Göthberg mfl.:275). På Fyrislund er det også indikasjoner på at noen gårder har hatt tjæreproduksjon som binæring (Larsson mfl. 2018:74). Spørsmålet om overskuddsproduksjon versus husholdningsproduksjon er en interessant problemstilling, som bør studeres nærmere. At det er undersøkt andre boplasser fra eldre jernalder i Uppsala-området hvor det ikke forekommer tjæregroper, kan tyde på at det faktisk har vært en spesialisering i forbindelse med fremstilling av noen produkter og et system for utveksling og byttehandel. Foreløpig kan vi konstatere at tjæreproduksjonen i eldre jernalder er kompleks hva angår spørsmål om organisering, spesialisering osv. En annen problemstilling som presser seg på, er bakgrunnen for den meget markante konsentrasjonen av tjæregroper i Uppsala-området. En grundig analyse av de to spørsmålene faller utenfor rammene av denne artikkelen.

Hvorfor vi frem til nå kun kjenner til to sikre tjæreproduksjonsanlegg fra norsk jernalder, må også problematiseres. Skyldes det at anleggene ikke er erkjent, og at det i virkeligheten finnes flere produksjonsanlegg i det arkeologiske materialet – både i inn- og utmark, eller skal fraværet forklares med at tjære på den tiden også ble produsert på måter som ikke har satt arkeologiske spor etter seg? En parallell til denne problemstillingen er mangelen på anlegg til kullproduksjon i eldre jernalders jernvinner. Spørsmålet må foreløpig stå som uavklart.

Tjære har vært brukt til ulike formål, men især til impregnering av treverk, og de største kvanta har nok gått til vedlikehold av båter og bygninger. Konkrete bevis på bruk av tjære til impregnering fra denne tiden har vi fra båtfunn, som viser at treverket ble satt inn med tjære, og/eller at det ble brukt tjære som tetningsmateriale. Fra eldre jernalders kontekst finnes det analyser som viser at bordgangene på den ovenfor nevnte Halsnøybåten datert til perioden 390–535 e.Kr. (Fasteland 1996:24) ble tettet med vevet ullstoff som var dyppet i tjære (Magnus 1980:23). Stein- og Hesby-anleggene er begge funnet på boplasser som ligger nær kysten. På Stein er det 200–300 m ned til Kornstadfjorden. Her finnes den nord-sør-orienterte og vest-vendte bukta Steinsbogen, som ligger mellom Steinsneset i sør og utløpet av Steinselva i nord. Med en vannstand som er beregnet å ha vært ca. 2 m høyere i eldre jernalder enn i dag (Nerbøvik 2017:figur 14), kan dette ha vært en utmerket båtplass for gårdene i Steinsgrenda. Fra Hesby-boplassen har det vært 200–300 m ned til Merkedalselva, som løper ut i den nærliggende Tønsbergfjorden. Båt må ha vært et viktig fremkomstmiddel begge steder, og det er grunn til å tro at tjæren fra de to lokalitetene ble brukt til å vedlikeholde båter, som var viktige for både transport og fiske som et supplement til jordbruket. Med sin kystnære beliggenhet skiller de to norske tjæregropene seg ut fra de tilsvarende svenske. De svenske ligger ikke i et maritimt miljø, men i et innlandsmiljø som tidligere var skjærgård, men som i eldre jernalder var blitt endret til tørt innland på grunn av landhevingen. Helt avskåret fra det maritime var Uppsala-området og de mange boplassene med tjæregroper imidlertid langtfra, da det var tilgang til Mälaren via et system av elver og innsjøer (Artursson og Larsson 2017). Spesielt Fyrisåen var viktig, og de sentrale lokalitetene Vendel og Valsgårde, med de mange skipsgravene fra yngre jernalder, viser at det var god forbindelse mellom Uppsala-området og Mälaren.

Hva bygningsmaterialer angår, så finnes det ikke så mange bevarte rester av slike fra jernalderen. Vi finner som regel bare stolpehull, ildsteder, veggmarkeringer og lignende bevart som mørke fyllskifter. Kun i sjeldne tilfeller dukker det opp spor av bevart bygningsmateriale, og da især nederste del av takbærende stolper som står in situ i stolpehull. Konkrete eksempler på bruk av tjære til impregnering av hus er få. I noen tilfeller er det rapportert om tjæreduft fra stolpehull (Onsten-Molander og Wikborg 2006:64, Larsson mfl. 2018:100, bilaga 2), som kan skyldes at det opprinnelig har stått tjæreimpregnerte stolper i hullet. Stolpene er borte, men det er fremdeles duft av middelet de var satt inn med.

Oppsummering og konklusjon

De store trekk i utviklingen av tidlig tjæreproduksjon i Europa ser ut til å kunne sammenfattes slik, basert på det vi vet i dag: I de første par århundrene etter vår tidsregning produserer romerne tjære ved bruk av dobbeltkarmetoden i det vestlige Mellom-Europa. På 500/600-tallet forflyttes produksjonen østover til det nåværende Polen, Tsjekkia, Slovakia og den østlige delen av Tyskland, som på det tidspunkt tar seg opp som et europeisk kjerneområde for tjæreproduksjon. To-tre århundrer senere fremstilles tjære på to ulike måter parallelt med hverandre i dette området: henholdsvis med dobbeltkarmetoden og ved bruk av traktformede tjæregroper lik de skandinaviske. Sistnevnte metode tas i bruk fra ca. 800 e.Kr. Traktformede tjæregroper ble tatt i bruk i det skandinaviske området allerede i romertid 500–600 år før metoden ble vanlig i det østlige Sentral-Europa. Fremstilling av tjære i traktformede groper har trolig vært en enerådende metode i Norge og Sverige i siste del av

eldre jernalder, men ser ut til å gå ut av bruk i løpet av yngre jernalder. De tidlige skandinaviske dateringene viser at grop-metoden utviklet seg parallelt med den først kjente keramikkbaserte metoden i det vestromerske området. På noen av de svenske lokalitetene er det indikasjoner på at produksjonen var større i romertid, da det produseres tjære i flere groper samlet i grupper, mens det blir færre groper og mer spredt produksjon i folkevandringstid. Samtidig ser det ut til at tjærefremstillingsgroperne jevnt over er noe større i folkevandringstid. I hovedsak dreier det seg i hele perioden om husholdningsproduksjon, mens overskuddsproduksjon forekommer på noen lokaliteter. I Upplands-området ser vi at det skjer en forskyvning i løpet av jernalderen fra småskala tjæreproduksjon på boplassene i eldre jernalder til en storskala produksjon i utmarka i yngre jernalder. Det er fremdeles snakk om produksjon i grop, men nå i mye større groper, omtrent på størrelse med fangstgroper. Slike store groper kjenner vi ikke til i Norge. Her er det de midtnorske myrmilene som kommer nærmest en videreføring av fremstilling av tjære i grop med vertikal avtapping. Det finnes dateringer av myrmiler som går så langt tilbake som til vikingtid, men disse er få sammenlignet med dateringer til senere tid, og de er foretatt på furu med den egenalder-problematikk det innebærer. Det finnes også andre spredte dateringer av norske tjærefremstillingsanlegg som går tilbake til tiden før tidlig middelalder. Disse dateringene kan diskuteres, og vi vet per i dag ikke hvordan tjære ble produsert i Norge i yngre jernalder. Vi vet at tjære ble brukt også i den perioden, men foreløpig finnes det ingen sikre anlegg som vitner om tjæreproduksjon i perioden mellom eldre jernalder og tidlig middelalder.

Tjæregroperne på Stein og Hesby er hva form, oppbygging og datering angår, paralleller til de svenske, men opptrer foreløpig som to enkeltstående eksempler i norsk kontekst sammenlignet med den markante konsentrasjonen av slike groper i regionen rundt Uppsala. Det er imidlertid grunn til å tro at det ved fremtidige undersøkelser av jernalderboplasser vil avdekkes flere tjæregroper også i norsk område. Det kan nevnes at da svenske arkeologer først knekket koden i 2004 og forsto at slike traktformede groper var tjæreproduksjonsanlegg, viste det seg å være funnet og undersøkt slike groper tidligere uten at man skjønnte hva man sto overfor. Kanskje gjemmer det seg flere eksempler på tidlige tjæregroper i det norske materialet enn de to som er behandlet her?

Takk

Institutt for arkeologi og kulturhistorie ved NTNU Vitenskapsmuseet takkes for økonomisk støtte til arbeidet med artikkelen. Ingar Gundersen ved Kulturhistorisk museum, UiO takkes for velvillig å ha gitt oss tillatelse til å foreta en ny datering av kullprøven fra Brandsrud i Sør-Fron. Det samme gjelder analyseutvalget ved Kulturhistorisk museum, som innvilget vår søknad og sendte oss materialet. Vi vil også rette en stor takk til Elisabeth E. Peacock for hjelp til oversettelse og tilrettelegging av avsnittet om de kjemiske analysene.

Noter

- ¹ I forbindelse med omsøkt dreneringstiltak av landbruksjord på Stein gnr. 136 og bnr. 9 ble det i 2018 foretatt en arkeologisk undersøkelse i regi av NTNU Vitenskapsmuseet.
- ² I forbindelse med arbeidet med denne artikkelen ønsket artikkelforfatterne å dobbeltsjekke dateringen fra Brandsrud. Den nye dateringen ga 290 ± 10 BP (TRa-15368), som er i ganske godt samsvar med den første dateringen fra 2011, som ga 225 ± 30 BP (Ua-46647).
- ³ Hennius 2018 opererer med 38 svenske dateringer, men det endrer ikke på resultatet.
- ⁴ I Polen finnes det tilfeller hvor det er brukt tre leirekar, hvor et mindre kar var anbrakt mellom to store (Czopek 1997).
- ⁵ Analysene er utført ved Institutt for kjemi ved NTNU av Alexandros G. Asimakopoulos og Shannen Thora Lea Sait: Analysis of Samples 1 and 2 for the identification of tar traces. Sammenstilt av Alexandros G. Asimakopoulos. Upublisert rapport. Finnes i Topografisk arkiv ved NTNU Vitenskapsmuseet.

Litteratur

Amundsen, Tina

2007 Tjæregrofter. I *Elgfangst og bosetning i Gråfjellområdet*, redigert av Tina Amundsen, s. 287–304. Gråfjellprosjektet, bind II, Varia 64. Kulturhistorisk museum, Fornminneseksjonen, Oslo.

Artursson, Magnus og Fredrik Larsson

2017 Rasbobygden och östra Mellansverige i ett långtidsperspektiv 1100 BC–1100 AD. I *Rasbobygden i ett långtidsperspektiv 1100 BC till 1100 AD – kontinuitet och förändring*, redigert av Magnus Artursson, Anders Kaliff og Fredrik Larsson, s. 247–264. Occasional Paper in Archaeology 62. Institutionen för arkeologi och antik historia, Uppsala universitet.

Aspeborg, Håkan og Anna Östling

2007 *Hus och härdar i Skärna*. Väg E4, sträckan Uppsala–Mehedeby, Uppland, Gamla Uppsala socken, Fullerö 22:1 och 21:57, RAÄ 206b och RAÄ 608, UV GAL, Rapport 2005:6. Arkeologi E4 Uppland, Uppsala.

Aveling, Elizaneth M. og Carl Heron

1999 Chewing Tar in the Early Holocene: An Archaeological and Ethnographic Evaluation. *Antiquity* 73:579–584.

Berggren, Anna og Andreas Hennius

2004 *Sommaränge: hus, odling och tjärframställning*. Undersökningar för E4. Raä 179, Viksta socken, Uppland. Rapport 2004:02. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Upplandsmuseet, Uppsala.

Bergstøl, Jostein

1997 *Fangstfolk og bønder i Østerdalen. Rapport fra Rødsmoprojektets delprosjekt «marginal bosetning»*. Varia 42. Universitetets Oldsaksamling, Oslo.

Biermann, Felix

1998 Teererzeugungsgruben als Quelle zur mittelalterlichen Technik- und Wirtschaftsgeschichte des westslawischen Siedlungsraums. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 39:161–187.

Björck, Niclas og Katarina Appelgren

2006 *Boplats och gravar från äldre järnålder i Fyrisåns dalgång*. Väg E4, sträckan Uppsala–Mehedeby, Uppland, Gamla Uppsala socken, Fullerö 21:21 och 21:57, RAÄ 598, UV-GAL, Rapport 2005:5. Arkeologi E4 Uppland, Uppsala.

Colombini, Maria Perla, Gianna Giachi, Francesca Modugno, Pasquino Pallecchi og Erika Ribechini

2003 The Characterization of Paints and Waterproofing Materials from the Shipwrecks Found at the Archaeological Site of the Etruscan and Roman Harbour of Pisa (Italy). *Archaeometry*, 45, (4):659–674.

- Czopek, Sylwester
 1997 Beitrag zum Wissen über Holzteer- und Holzspechherstellung auf dem Gebiet Südostpolens im 18.–19. Jh. I *Proceedings of the First International Symposium on Wood Tar and Pitch*, redigert av Wojciech Brzezinski og Wojciech Piotrowski, s. 159–166. State Archaeological Museum, Warsaw.
- Díaz-Morales, Nora E., Humberto J. Garza-Ulloa, Rocío Castro-Ríos, Elsa G. Ramírez-Villarreal, Juan M. Barbarin-Castillo, María de la Luz Salazar-Cavazos og Noemi Waksman-de Torres
 2007 A Comparison of the Performance of Two Chromatographic and Three Extraction Techniques for the Analysis of PAHS in Sources of Drinking Water. *Journal of Chromatographic Science*, 45:57–62.
- Dybdahl, Audun
 1976 Tjærebrenning i eldre tid. Hva kan skriftlige kilder og tradisjonsmateriale fortelle om brenning og bruk av tjære i Trøndelag? *Heimen* 1976, XVII (2):71–81.
- Egenberg, Inger Marie
 1997 Tjærens sammensetning, produksjonsmetoder og anbefalinger om bruk av tjære til vernearbeid og rekonstruksjoner i kystdistrikta. I *Utvinning og bruk av tjære til vedlikehold og nybygg i kystdistriktene*, redigert av Sverre Bakkevig, s. 26–33. Norsk museumsutviklings skriftserie 6. Oslo.
 2010 Tjære og båt var to sider av samme sak før i tiden. *Norsk Sjøfartsmuseum. Årbok* 2009:211–230.
- Emmsbo-Mattingsly, Stephen og Eric Litman
 2018 Forensic Identification of Historical and Ongoing Tar Oil Releases in Nearshore Environments. *Oil Spill Environmental Forensics Case Studies* 2018:785–826.
- Eriksson, Thomas
 2012 *En boplatz med tjærproduksjon vid Örby, Uppland*. Rasbo socken; Örby 4:2; Rasbo 624:2. UV Rapport 2012:86, Arkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet.
- Fagerlund, Dan
 1997 *VA-ledning Bälinge-Lövstalöt*. Riksantikvarieämbetet. UV Uppsala, rapport 1997:30. Uppsala.
 2013 *Äldre järnåldersbebyggelse vid Söderhällby. Inför byggnation av bussdepå*. Raä 297, Söderhällby 1:2, Vaksala socken, Uppsala kommun, Uppland. Särskild arkeologisk undersökning, Upplandsmuseets rapporter 2013:04, Arkeologiska avdelningen. Upplandsmuseet 2012, Uppsala.
- Fagerlund, Dan og Kerstin Åberg
 2005 *Gårdar och bebyggelse från yngsta bronsålder och äldre järnålder i Samnans dalgång: anläggande av vattenledning mellan Storvad och Gränby*. Arkeologisk förundersökning och slutundersökning: Raä 530, 531 och 614, Uppsala stad och Vaksala socken, Uppsala kommun. Rapport, Upplandsmuseet, Arkeologiska avdelningen, 2005:05. Uppsala.
- Fagerlund, Dan, Ivonne Dutra Leivas og Kerstin Åberg
 2008 Boplatzen Raä 116. I *Då bygden expanderade – gårdar vid Stenhagen under järnålder. Arkeologisk undersökning. Fornlämning 116 & 117, Läby socken, Uppland*, redigert av Kerstin Åberg, s. 21–66. Upplandsmuseets rapporter 2008:10, Upplandsmuseet 2008, Uppsala.
- Farbregd, Oddmund
 1976 Tjøremiler i myr, ei ny arkeologisk funngruppe. *Heimen* 1976, vol. XVII, (1): 21–26.
 1989 Tjørebrenning - ein enkel, men spennande kunst. *SPOR – fortidsnytt fra Midt- Norge*, nr. 1, 1989:10–14.
- Fasteland, Arthur
 1996 Valderøybåten og Halsnøybåten – gamle funn i nytt lys. *ARKEO. Nytt fra Arkeologisk Institutt*, Universitet i Bergen, Nr. 2:23–26.
- Fredman, Per-Olof
 2009 Skog & Historia i Uppsala län, Skogsstyrelsen Rapport 2:2009. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping.

- Gollwitzer, Martin
 2012 Brønner, graver og bosetningsspor fra bronsealder til middelalder på Hesby (lok. 13). I *E18-prosjektet Gulli – Langåker. Dyrkning, bosetninger og graver i Stokke og Sandefjord, bind 1*, redigert av Axel Mjærum og Lars Erik Gjerpe, s. 107–215. Fagbokforlaget, Bergen.
- Gundersen, Ingar M. og Lise Loktu
 2014 *E6-prosjektet Gudbrandsdalen. Delrapport 4: Brandrud i-iii rapport arkeologisk utgravning*. Bosetningsspor, langhus, fossile dyrkingslag og kullblanda groper Brandrud, 56/2, 14, 294 og Stokke, 57/2, 4, 11, Sør-Fron kommune, Oppland. Kulturhistorisk museum, Fornminneseksjonen, UiO, Oslo.
- Gundersen, Ingar M. og Camilla C. Wenn
 2011 Ullsokningen og Kjyru-Tap; ny kunnskap om tjæremila i førreformatorisk tid. *Viking* 74:241–264.
- Göthberg, Hans, Linda Qviström og Kerstin Åberg
 2002 *Arkeologisk undersökning. Äldre järnålder vid Danmarksby*. Undersökningar för E4. Raä 161, 153, Danmarks socken, Uppland. Upplandsmuseets rapportserie 2002:07, Uppsala.
- Göthberg, Hans, Per Frölund og Dan Fagerlund
 2014 *Gamla Uppsala – åter till Berget. Om undersökningen av en förtätad bosättning från äldre järnålder med begravingar från äldre bronsålder till romersk järnålder*. Fornlämning 614:1, Uppsala Gamla Uppsala 21:52 Uppland. Upplandsmuseet rapporter 2014:16, Uppsala.
- Hennius, Andreas
 2005 Tjära – 1500 år med svartarbeite. *Årsboken Uppland*, Upplands fornminnesförening och hembygdsförbund:223–232.
 2006 Om tjärframställningens tidiga historia. *Meta* 2006(2):33–42.
 2018 Viking Age tar production and outland exploitation. *Antiquity*, Vol. 92(365):1349–1361.
- Hjulström, Björn, Sven Isaksson og Andreas Hennius
 2006 Organic Geochemical Evidence for Pine Tar Production in Middle Eastern Sweden During the Roman Iron Age. *Journal of Archaeological Science*, 33(2):283–294.
- Jauch, Verena
 1994 Eine römische Teersiederei im antiken Tasgetium-Eschenz. *Archäologie der Schweiz*, 17(3):111–119.
- Kunns Jan
 2007 Potash, Saltpeter and Tar. *Scandinavian Journal of History*, 32:3:281–311.
- Kurzweil, Andreas og Dieter Todenhaupt
 1991 Technologie der Holzteergewinnung. *Acta Praehistorica et Archaeologica* 23:63–91.
- Lagerstedt, Anna og Linda Lindwall
 2008 *Äldre järnålder i Väster Hacksta. Hus, hägn och gård*. RAÄ 1060, 1061 och 1062, Västerås stad, Västmanlands län. Särskild arkeologisk undersökning. Rapporter från Arkeologikonsult 2008:2067.
- Larsson, Fredrik, Maria Lingström og Marita Sjölin
 2018 *Drivkrafter och allianser i Fyrislund*. Uppsala län, Uppland, Uppsala kommun, Danmarks och Vaksala socken, fastigheter Danmarks-Kumla 10:1, Vaksala Norrby 1:2 och 1:3. Fornlämningar Danmark 216:1, Vaksala 298:1, Vaksala 299:1, Vaksala 317:1. Rapport 2018:86. Arkeologisk undersökning. Arkeologerna, Statens historiska museer.
- Lindeblad, Karin og Ann-Lili Nielsen
 1994 Herrebro – hållristningar och marknad: arkeologiska undersökningar av fornlämning 51 i Borgs socken, Östergötland. Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museum, rapport 1993:9.
- Magnus, Bente
 1980 Halsnøybåtens tekstiler. *ARKEO. Nytt fra Arkeologisk Institutt*, Universitet i Bergen, Nr. 1:22–25.
- Moltsen, Annine S.A.
 2019 *Makrofossilanalyser frå Stein, Averøya, Møre og Romsdal*. NOK-rapport nr. 05-2019. København.

- Munch, Peter Andreas og Rudolf Keyser (red.)
1846 Norges gamle Love indtil 1387: Første Bind. Norges Love ældre end Kong Magnus Haakonssøns Regerings-Tiltrædelse i 1263. Chr. Grøndahl, Oslo 1846.
- Nerbøvik, Torill Einara
2017 *Drenering av 3 landbruksareal. Stein gbnr. 136/9, Kornstad gbnr. 133/9 og Nasvik gbnr. 132/4 i Averøy kommune.* Arkeologisk rapport 2017, Møre og Romsdal fylkeskommune. Molde.
- Oettel, Gunter
1989 Die mittelalterliche Pechsiederei im Südosten der DDR *Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege*, Bd. 33:227–287.
- Onsten-Molander, Anna og Jonas Wikborg
2006 *Trekanten och Björkgården. Boplatslämningar från brons- och järnålder vid Fullerö.* Undersökningar för E4 RAÄ 601 & 602. Gamla Uppsala socken, Uppland. SAU, Skrifter 13. Uppsala.
- Paulsen, Ingvild
2003 Tjære, et allsidig utmarksprodukt. I *På vandring gjennom fortiden. Mennesker og landskap i Gråfjell gjennom 10 000 år*, redigert av Hilde Amundsen, Ole Risbøl og Kjetil Skare, s. 67–71. NIKU Tema 7. Oslo.
- Reitan, Gaute
2009 Tjærebrenning i Hedmark i middelalder og tidlig nyere tid. I *Arkeologiske undersøkelser 2003 – 2004, redigert av Jostein Bergstøl*, s. 133–146. Varia 77. Kulturhistorisk Museum, Oslo.
- Reimer, Paula. J., William E.N. Austin, Edouard Bard, Alex Bayliss, Paul G. Blackwell, Christopher Bronk Ramsey, Martin Butzin, Hai Cheng, R. Lawrence Edwards, Michael Friedrich, Pieter M. Grootes, Thomas P. Guilderson, Irka Hajdas, Timothy J. Heaton, Alan G. Hogg, Konrad A. Hughen, Bernd Kromer, Sturt W. Manning, Raimund Muscheler, Jonathan G. Palmer, J. G., Charlotte Pearson, Johannes van der Plicht, Ron W. Reimer, David A. Richards, E. Marian Scott, John R. Southon, Christian S.M. Turney, Lukas Wacker, Florian Adolphi, Ulf Büntgen, Manuela Capano, Simon M. Fahrni, Alexandra Fogtman-Schulz, Ronny Friedrich, Peter Köhler, Sabrina Kudsk, Fusa Miyake, Jesper Olsen, Frederick Reinig, Minoru Sakamoto, Adam Sookdeo og Sahra Talamo.
2020 The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62:725 – 757. Cambridge University Press. doi: 10.1017.
- Rolfen, Perry
2002 Tjæremiler i Norge med utgangspunkt i en tjæregrop på Hovden i Bykle. I *UKM – En mangfoldig forskningsinstitusjon* redigert av Ellen Høigård Hofseth, s. 255–265. Universitetets kulturhistoriske museer. Skrifter nr. 1, Oslo.
- Sauvage, Raymond og Eystein Østmoe
2019 *Arkeologisk undersøkelse av boplasspor og tjæremile fra jernalder.* Stein, Averøy, Møre og Romsdal. NTNU Vitenskapsmuseet, arkeologisk rapport 2019–20. Trondheim.
- Svensson, Eva
1998 Människor i utmark. *Lund Studies in Medieval Archaeology* 21. Lund 1998.
- Svensson, Jonas
2007 Upplands tidiga tjärbränning ett uråldrigt hantverk. I *Land och samhälle i förändring. Uppländska bygder i ett långtidsperspektiv*, redigert av : Eva Hjärthner-Holdar, Håkan Ranheden og Anton Seiler, s. 613–641. Arkeologi E4 Uppland studier, vol. 4. Uppsala: Riksantikvarieämbetet UV Gal, Societas Archaeologica Upsaliensis, Upplandsmuseet, Uppsala.
- Szafranski, Włodzimierz
1997 Die frühmittelalterliche Teerschwele in Biskupin. I *Proceedings of the First International Symposium on Wood Tar and Pitch*, redigert av Wojciech Brzezinski og Wojciech Piotrowski, s. 53–61. State Archaeological Museum, Warsaw.
- Todtenhaupt, Dieter og Andreas Kurzweil
1997 Teergrube oder Teermeiler? Experimentelle Archäologie in Deutschland, Bilanz 1996. *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland*, Beiheft 18, s. 141–151.

- 2000 Bericht der Arbeitsgruppe „Chemische Arbeitsverfahren“ auf der Tagung der Experimentellen Archäologie in Zug/ Schweiz am 10./11. Okt. 98. Experimentelle Archäologie in Deutschland, Bilanz 1999. *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland*, Beiheft 30:59–67.
- Ölund, Anna
- 2004 *På jakt efter skogens svarta guld*. E4:ans skogsprojekt. Arkeologi E4, årsberättelse. Utgrävningar från Uppsala till Tierp. Arkeologi E4, Uppland, Upplandsmuseet, Uppsala.
- 2010 *I elitens landskap – folkvandringstida och vendeltida boplatslämningar i Brillinge*. Särskild arkeologisk utredning etapp II – förundersökning. Särskild arkeologisk undersökning. Brillinge 1:17, 4:4, Vaksala socken, Uppsala kommun, Uppland. Upplandsmuseets rapportserie 2010:14, Uppsala.
- Åberg, Kerstin
- 2004 *Stenhagen centrum, etapp 3*. Berthåga 11:33, Bondkyrka socken, Uppsala kommun, Uppland. Upplandsmuseets rapportserie 2004:07, Uppsala.
- Åberg, Kerstin (red.)
- 2008 *Då bygden expanderade – gårdar vid Stenhagen under järnålder*. Arkeologisk undersökning. Fornlämning 116 & 117, Läby socken, Uppland. Upplandsmuseets rapporter 2008:10, Upplandsmuseet 2008, Uppsala.
- Åberg, Kerstin og Jonas Svensson
- 2006 *Tibble. Boplatslämningar och en grav i Björklinge*. Undersökningar för väg 700. RAÄ 318:1, Björklinge socken, Uppland. Upplandsmuseet, Rapport 2006:10. Uppsala.
- Åström, Sven-Erik
- 1988 From Tar to Timber. Studies in Northeastern European Forest Exploitation and Foreign Trade 1660–1860. *Commentationes Humanarum Litterarum*, no. 85. Societas Scientiarum Fennica (Finnish Society of Sciences and Letters). Helsinki.