

Erlend Kirkeng Jørgensen

Institutt for arkeologi, historie, religionsvitenskap og teologi,
UiT Norges arktiske universitet

Om vegetasjonsforstyrrelser:

Konsekvenser for bevaringen av arkeologisk kontekstinformasjon i norske jordsmonn

Introduksjon

Jordsmonnet utgjør deler av konteksten for arkeologiske data og danner i mange tilfeller selve matrisen som dataene inngår i. Ved avsetningen av menneskelige aktivitetsspor sørger akkumuleringen av nye jordlag for en overlaging av aktivitetssporene. Jordsmonnets evne til å «forsegle» fortidige aktivitetsspor er en grunnleggende forutsetning for arkeologien. For det første fører jordsmonnets forsegling til at man kan kartlegge hvordan ulike aktiviteter har fordelt seg horisontalt på en aktivitetsflate. For det andre gir jordlagenes gradvise oppbygning mulighet for at også aktivitetssporenes vertikale fordeling kan utnyttes for å si noe om endring over tid. Med andre ord kan jordsmonnet bidra med verdifull kunnskap om arkeologiske funn som ellers ville vært utilgjengelig for arkeologen.

Samtidig som jordsmonnet er viktig for bevaringen av kontekstuell informasjon, er likevel ikke jordsmonnet en inaktiv masse med utelukkende forseglende egenskaper. Dette følger av rekken med krefter (fysikalske, kjemiske og biologiske) som virker på og i et jordsmonn, og som fra et arkeologisk synspunkt kan være forstyrrende for bevaringen av relevant informasjon. Jordsmonnet utgjør blant annet mediet for plantevekst, og med plantevekst følger røtter som kan omrote jordlagene og omfordele et arkeologisk materiale. Det kan da betegnes som *vegetasjonsforstyrrelser*. Siden planter nærmest er allestedsnærværende i arkeologiske kontekster er det vesentlig for arkeologien å vite hvordan, og i hvilken grad dette kan ha påvirket funnkonteksten. Temaet er viktig for fortolkningsarbeidet i arkeologien da slike feilkilder spiller inn på de kulturhistoriske slutningene man gjør fra de arkeologiske dataene. Til tross for viktigheten har det likevel nylig blitt hevdet å være et understudert emne (Crow 2004:1; Darmark i trykk). Hensikten med artikkelen er dermed å sammenstille noe av kunnskapen og på denne måten øke bevisstheten om den potensielle betydningen av vegetasjonsforstyrrelser for norsk arkeologi. I den sammenheng vil jeg gi en beskrivelse av hvordan trær (flora) kan virke forstyrrende (turbulent) for bevaringen av arkeologisk informasjon i jordsmonn. Jeg vil legge særlig vekt på fallende trær og den påfølgende «rotvelt» som et forstyrrende element av arkeologiske kontekster, og vil forsøke å besvare følgende problemstillinger:

Kontakt: Erlend Kirkeng Jørgensen, E-post: erlend.k.jorgensen@uit.no

- Hva kjennetegner forstyrrelser i jordsmonn forårsaket av trær?
- Hva forårsaker rotvelt?
- Hvordan identifisere arkeologiske kontekster forstyrt av rotaktivitet?

Artikkelen vil innledningsvis gi en generell introduksjon til hva som former og forstyrrer arkeologiske lokaliteter. Deretter vil jeg gå mer spesifikt inn på trær som en form for vegetasjonsforstyrrelse. Her vil kjente og forventede konsekvenser av rotvelt i arkeologiske kontekster gjennomgås, og avslutningsvis vil det fremsettes noen forslag til hvordan disse kan identifiseres i felt.

Når det i teksten er snakk om hvordan trær og planter kan rote om på eller forstyrre jordsmonnet, er det et forsøk på å oversette fagtermen «bioturbasjon». Oversettelsen «vegetasjonsforstyrrelse» er noe uheldig, da det kan gi inntrykk av å være unntak heller enn normaltilstanden i alle plantebevokste løsmasser. Artikkelen omhandler utmark/skogsmark, men det må understrekes at de samme prosessene er gjeldene overalt der trær på et tidspunkt har vokst siden siste istid. Dyrtet mark dekkes ikke i denne sammenheng.

Det har blitt etterspurt en mer åpen og aktiv diskusjon av feltmetodikk i norsk arkeologi da den angivelig preges av en del taus kunnskap (Solheim 2013:32). Artikkelen kan forhåpentligvis ses som et lite bidrag til slik aktiv debatt. Gjennom artikkelen hentes eksempler fra norsk steinalderarkeologi og de gravetekniske beskrivelsene begrenser seg til utgravninger av lokaliteter fra denne perioden. Dette er en viktig presisering da utgravingsmetodikk og dokumentasjonsstandarder varierer noe mellom utgraving av forhistorisk (primært steinalder) og historisk materiale. Den geografiske avgrensingen til norske jordsmonn er like sentral, da det sjelden foreligger reell stratigrafi i norsk utmark der lagdeling med informasjonsverdi er bevart. Dette skyldes både geokjemiske egenskaper ved grunnfjellet og de klimatiske betingelsene som favoriserer bartrær som med sitt vanskelig nedbrytbare nåleavfall produserer et surt og næringsfattig jordsmonn (podsoljord) og forhindrer dannelsen av tjukke jordsmonn (Almås 2017; Horntvedt 1989).

Faghistorisk bakgrunn: Endringsprosesser på arkeologiske lokaliteter

Arkeologiens hovedanliggende er å studere tidligere samfunn basert på materielle etterlatenskaper, og faget baserer seg på å trekke slutninger fra det arkeologiske materialet til adferden som har produsert det. Tilnærmingen til studieobjektet der man anvender det arkeologiske gjenstandsmaterialet som en stedfortreder for et for lengst forsvunnet kulturelt system, innebærer en grunnleggende antakelse om at informasjonsverdien i arkeologiske kontekster faktisk bevares over tid. Innenfor arkeologifaget, særlig rundt 1970, har denne tilnærmingen blant annet blitt formulert som slutningsprosessen fra systemisk kontekst (gjenstandene som del av et levende kulturelt system) til arkeologisk kontekst (gjenstandene som arkeologisk data i nåtid) (Schiffer 1972). Skillet mellom systemisk og arkeologisk kontekst ble introdusert for å tydeliggjøre premisset som ligger til grunn for all arkeologisk forskning, og følger behovet for å undersøke både *om* og *i hvilken grad* den opprinnelige informasjonsverdien er bevart i arkeologiske kontekster. Den metodiske og analytiske koblingen mellom fortid og nåtid defineres som formasjonsteori (Shott 1998). Til tross for at formasjonsstudier i dag gjerne anses som et metodisk anliggende i den praktiske gjennomføringen av arkeologisk datainnsamling, så var den opprinnelige hensikten å opparbeide en kritisk reflektert og empi-

risk belagt kunnskapsbase (vitenskapelig teori) om hvordan arkeologiske data dannes, bevares og endres/forstyrres i overgangen til en arkeologisk kontekst (Schiffer 1996:7). For hvis det er andre faktorer enn forhistoriske aktiviteter som påvirker egenskapene til arkeologiske data, hvordan kan vi da ha tillit til våre kulturhistoriske slutninger?

Studiet av formasjonsprosesser i arkeologien springer ut av behovet for å skille mellom naturlige og kulturelle avsetninger i den stratigrafiske matrisen som gir kontekstuell verdi til forhistoriske gjenstander. Et av de viktigste bidragene til Michael Schiffer (1996:22) var introduksjonen av skillet mellom kultur- og miljøbetingede formasjonsprosesser, såkalte C-forms og N-forms, og hvordan de kan identifiseres. Til forskjell fra antikvarisk, kunsthistorisk eller plyndrings vektlegging av gjenstanders verdi i seg selv, ligger kanskje det største informasjonspotensialet i det arkeologiske materialet nettopp i vektingen av gjenstandenes kontekst. Denne virker bestemmende for funnmaterialets distribusjon, assosiasjon til andre gjenstander og romlige posisjon i den depositionselle konteksten. Utfra slike relasjoner kan relativ datering, depositionselle hendelsesforløp og bevaringsgrad bestemmes (Dincauze 2000:290; Sharer og Ashmore 2002:77). Da dette utgjør grunnlaget for all arkeologisk kunnskapsdannelse, blir studiet av hvilke krefter som virker på et avsatt gjenstandsmateriale og hvordan man kan avlese dannelsen av den stratigrafiske matrisen et bærende element i faget. Formasjonsstudier har derfor også vært med arkeologien allerede fra starten av 1800-tallet – eksemplifisert ved den tverrvitenskapelige *kjøkkenmøddingkommisjonen*. Denne ble nedsatt for å vurdere om skjellansamlingene langs forhistoriske strandlinjer i Danmark var et resultat av natur eller kultur (Waselkov 1987:139). Kommisjonen konkluderte med at disse såkalte kjøkkenmøddingene var et produkt av forhistorisk menneskelig aktivitet, nærmere bestemt avfallsdynger med lang brukstid, der organiske restprodukter fra erverv og håndverk var akkumulert (Madsen mfl. 1900:3).

Siden *kjøkkenmøddingkommisjonens* virke har arkeologien identifisert en rekke andre kulturelt betingede avsetninger. Eksempler på det er dannelsen av kulturlag i aktivitetsområder (se Malinsky-Buller mfl. 2011), skjorbrenning av stein som rammer inn ildsteder eller som kokstein (se Rapp mfl. 1999). Pollenanalyser er i stand til å plukke opp menneskelig aktivitet i form av trekullforekomster fra tidlig svedjebruk, beiteindikatorer fra domestiserte dyrearter eller forekomsten av kultiverte planter (Josefsson mfl. 2014) osv. Fokuset har også gjerne vært på de *kulturelle* formasjonsprosessene – sannsynligvis fordi de er direkte konsekvenser av kulturhistoriske prosesser og hendelser, som er arkeologiens hovedanliggende. Likevel er det en rekke andre prosesser som både danner og endrer arkeologiske avsetninger. Schiffer (1996:xvii) har uttalt følgende: «During the 1970s and 1980s formation processes have come under much scrutiny [...] and the resultant expansion of principles has been phenomenal. Despite this progress, most prehistoric investigations still labor under flawed inferential procedures». Dette griper inn i en gammel debatt om hvorvidt arkeologien er preget av et «Pompeii-premiss» der man mer eller mindre implisitt antar at funnkontekster beholder sin opprinnelige romlige fordeling over tid. Dermed antas det at funnkontekster direkte speiler de forhistoriske hendelser som har avsatt materialet – som om forhistorien uforstyrret var frosset i tid. Dette er blitt kritisert gjentatte ganger for å være naiv empirisme (Binford 1981; Schiffer 1985).

Situasjonen som Schiffer beskrev er likevel ikke radikalt forandret på de 30 årene som har gått siden originalutgivelsen av hans betydningsfulle klassiker *Formation Processes of the Archaeological Record* i 1987. Riktignok har felt som geoarkeologi fått solid internasjo-

nalt fotfeste både via et eget tidsskift (*Journal of Geoarchaeology*) og økende anvendelse i felt av både jordpenetrerende radar og jordkjemiske analyser, men senest i 2013 uttrykte Schiffer skuffelse over at arkeologer ikke er flinke nok til å integrere geoarkeologiske resultater og formasjonsteori i sitt eget virke (intervju i Rathje mfl. 2013:35). En grunn til dette kan være at formasjonsteori har gått fra å være en sentral del av den overordnede fagdebatten og et eget forskningsfelt på 1970–80-tallet, via et fåtall publikasjoner på 1990-tallet (eksempler finnes i Cameron og Tomka 1996; Skibo mfl. 2002) og til hovedsakelig å bli et metodisk anliggende for forvaltningsarkeologien i dag. Det er likevel fortsatt mye å lære om de grunnleggende kreftene som former og påvirker arkeologiens kildemateriale.

Vegetasjonsforstyrrelser

De naturlige formasjonsprosessene som påvirker og endrer arkeologisk informasjon angår alt fra biologisk og kjemisk forvitring av gjenstander til erosjon av bosetninger ved vanntransport (fluviale prosesser), telehiv, skred, stormaktivitet osv. En av de mange kategoriene naturlige formasjonsprosesser er de som er forårsaket av planter og dyr, såkalt vegetasjons- og faunaforstyrrelser. Disse formasjonstypene er blant de mest universelle og virkningsfulle, da dyr og planter bidrar til å bearbeide jordsmonn overalt på kloden.

Trær kan omrote et jordsmonn på flere vis. I denne artikkelen er det primært snakk om rotvelt som forstyrrende element, da trær som velter har størst innvirkning på stratigrafien idet rotsystemet dras opp av bakken av det fallende treet. Rotaktivitet i seg selv utgjør også et betydelig bidrag til omroting av jordlagene og er et fast innslag under arkeologiske utgravinger. Veltede trær kan ved det første øyekast virke som en ubetydelig faktor på arkeologiske lokaliteter. Figur 1 viser derimot at det er store krefter i sving ved individuelle rotvelter og at enkeltstormer kan gjøre betydelig skade, slik som da stormen Gudrun ødela 75 mill. m³ trevirke i Sverige i 2005 (Sveriges meteorologiske og hydrologiske institut [SMHI] 2015). Det kan videre være fristende å anta at slike vegetasjonsforstyrrelser kun angår skogsmiljø. Figur 1 viser derimot fullvoksne delvis forsteinede (subfossile) furustubber i et område beliggende flere mil nord for dagens furuskoggrense. Dette vitner om at områder som i dag er nærmeste treløse har hatt fullvoksen barskog i tidligere tider. Under det holocene klimaoptimum for 8000–5000 år siden (kalibrert alder BP), var vekstforholdene såpass gunstige at det inkluderer høyfjellsplataer som Hardangervidda og til dels også Finnmarksvidda (se Seppä mfl. 2015). Man må dermed anta at trær har virket forstyrrende stort sett overalt der det er jordsmonn i dag.

Forstyrrelsene som oppstår ved rotaktivitet avhenger av treet's rotsystem. Dybden og utbredelsen til ulike rotsystemer er både artsspesifikk og avhengig av lokale vekstforhold da rotsystemet tilpasses tilgang på vann og næringsstoffer, samt grunnforhold og fysiske forhindringer (Crow 2005:4). Med de relativt grunne jordsmonn som dominerer i Nordens sure barskoger, overstiger rottybden for fullvoksen gran og furu sjelden mer enn 0,5 m. Når jorddybden primært er <0,5 m. betyr det at rotsystemet her befinner seg i hele jordprofilen, i motsetning til i områder med tjukke jordlag. Som illustrert i figur 2A er jorddybden avgjørende for hvilke konsekvenser rotaktivitet vil ha både i arkeologisk sammenheng og for jordsmonnet i seg selv. I tykke jordlag omrotes de øvre sedimentene internt, mens i tynne jordlag spiller trerøttene en sentral rolle i selve dannelsen av jordsmonnet ved å bryte opp berggrunnen.

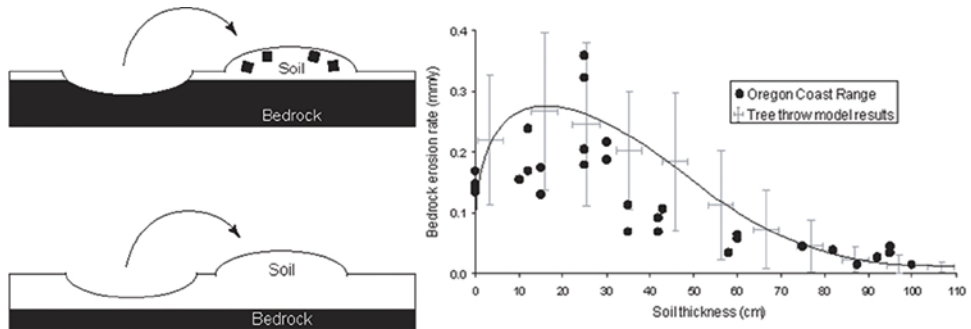


Figur 1. A) Masserotvelt som resultat av stormaktivitet. Foto: Vera Kratochvil CC0 Public Domain lisens. B) Det er store krefter i sving når trær faller over ende. Den vertikale kraften i denne rotvelten er nok til å løfte en personbil. Foto: Tormod Utne, Sunnmørsposten 1. januar 1992. C) Delvis forsteinet furustubbe i myrskjæring ved Spåkenes, Kåffjord, Nord-Troms. Foto: Erlend Kirkeng Jørgensen.

Dannelsen av den minerogene komponenten i jordsmonn foregår via to hovedprosesser: 1) mekanisk oppløsning og 2) kjemisk nedbryting av berggrunnen. I grunne jordsmonn trenger røttene ned i berggrunnssprekker for å gi treet stabilitet. Ved rotvelt rives berggrunnsmateriale opp med rota og deponeres på overflaten (mekanisk oppløsning), der materialet er mer utsatt for kjemisk forvitring (figur 3). I tynne jordsmonn utgjør denne mekaniske oppløsning av grunnfjellet en betydelig tilførsel av nytt materiale (for eksperimentelle resultater, se Finke mfl. 2013:2132). Grunnfjellserosjonen når sitt maksimum på dybder mellom 20 og 30 cm (Heimsath mfl. 2001:542), som illustrert i figur 2B. 20–30 cm er en vanlig jorddybde i Norge, og er grunnen til det ofte steinete jordsmonnet.

Fire typer rotaktivitet: rotvelt, -sprenging, -brann og -avtrykk

Trær forårsaker hovedsakelig fire typer forstyrrelser og jeg vil her gjennomgå dem. Rotvelt er den mest betydningsfulle typen i denne sammenheng, men de andre vegetasjonsforstyr-



Figur 2. A) Omroting i tynne og tjukke jordsmonn og B) forholdet mellom grunnfjellerosjon og jorddybde, som en funksjon av rotaktivitet. Figurer: Emmanuel Gabet. Tilpasset etter: <http://serc.carleton.edu/42761> (CC BY-SA-lisens).

relsene bør også nevnes kort, så vi kan være i stand til å skille ulike forstyrrelser fra hverandre. Før vi kommer tilbake til de arkeologiske konsekvensene, bør vi altså forstå litt av hva de ulike vegetasjonstypene består i og hva de forårsakes av.

Rotsprenging

Trerøtter kan forskyve store mengder løsmasser i løpet av sin levetid og kan bryte opp steinblokker og grunnfjell med stor kraft (figur 3A). Ettersom et tre vokser frem forskyves det «opprinnelige» jordmonnet av den voksende stubben og røttene som opptar det gitte arealet (Crow 2004:17). Slik kan røttene forskyve den romlige fordelingen av et arkeologisk funnmateriale eller «fange» materialet ved at arkeologiske objekter gror fast i rotsystemet (figurene 3B og 8). De arkeologiske konsekvensene består i omfordeling og forflytning av gjenstandsmaterialet innad i jordmatrisen, frem til en eventuell rotvelt der materialet omfordeles på overflaten. Begge former vil introdusere kunstige funnkonsentrasjoner og -spredninger. Videre kan syreinnholdet i røttene selv etse avtrykk på de fleste materialer, inkludert moderne byggematerialer (se Mottershead mfl. 2003). I tillegg vil rotsprengingen kunne bidra til en økt fragmentering av et gjenstandsmateriale via sin mekaniske og kjemiske slitasje. Det er særlig porøse, myke og kalkholdige gjenstadstyper som vil være utsatt for mer omfattende fragmentering ved rotsprenging – slike som keramikk, skifer og kleber.

Rotbrann

Ved skogbrann kan røttene også antennes og forårsake såkalt *rotbrann*. Røttene brenner primært ved ulmebrann der den utbrente trestammen bidrar med oksygentilførsel under bakken som en skorstein (Leslie mfl. 2014:1453). I tilfeller der røttene ikke brenner opp, kan rotmaterialet bli antent ved senere skogbrann. Konsekvensene av rotbrann for jordmonnet består både i anriking av organiske elementer frigjort fra røttene og økt vanngjennomstrømming i jordmonnet i form av hule rottunneler der væsker lettere kan bevege seg (figur 4). Utbredelsen og effekten av rottunneler er så omfattende at etablerte estimater av væsketransport i jordsmonn har vist seg ikke å ta tilstrekkelig hensyn til slike hulrom (Leslie mfl. 2014:1448). Rottunnelene er videre av stor betydning i et landskap da de påvirker undergrunnsdreneringen (Tromp-van Meerveld og McDonnell 2006) og overflatedrenerin-



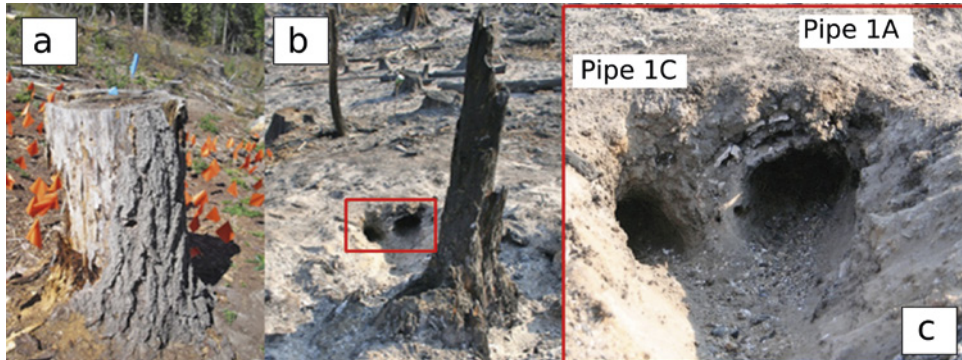
Figur 3. A) Eksempel på hvordan trerøtter kan bryte opp større steinblokker. Foto: Erlend Kirkeng Jørgensen. B) Kjevebein med tenner graves ut av en fururot på Hole i Buskerud. Hele 878 beinfragmenter fra 10 individer ble funnet i rota som hadde vokst inntil en kirkeruin. Foto: Frode Johansen, Ringerikes Blad. Hentet fra: <https://goo.gl/bqrkxj>.

gen (Uchida mfl. 1999), fremskynder erosjon (Wilson 2011), reduserer stabiliteten i skrånninger (Uchida mfl. 2001) og transporterer smeltevann (Roberge og Plamondon 1987).

Rotbrann er også viktig som en «formidler» av skogbrannens virkninger nedover i jordprofilen, nettopp fordi brannintensiteten gir ulike utslag i jordsmonnet. Lav brannintensitet bidrar til økt frigjøring av næringsstoffer i jordsmonnet, mens høy intensitet kan ta livet av vitale mikrober og på den måten kraftig redusere det organiske innholdet i jordsmonnet og bidra til økt erosjon på markoverflaten når stabiliserende vegetasjon forsvinner (DeBano 1990; Kennard mfl. 2008). I arkeologisk sammenheng kan rotbrann innebære mørke og kullholdige avtegninger i grunnen som kan fremstå som menneskeskapt anlegninger (f.eks. stolpehull og kokegroper), eller bidra til forurensning av lokaliteter med trekull-dateringer som ikke står i sammenheng med den kulturelle aktiviteten man ønsker å tidfeste.

Rotavtrykk

Som en konsekvens av de foregående typene rotaktivitet oppstår det gjerne avtrykk i jordprofilen. Ettersom røtter råtner i sin opprinnelige posisjon, eller de hule rottunnelene fra tidligere skogbranner kollapser, fylles hulrommene med løsmasser fra overliggende lag og forårsaker en forskyvning av stratigrafien, som illustrert i figur 5 (Schiffer 1996:210). Ved ulike stadier i nedbrytingsprosessen kan rotavtrykkene gi inntrykk av enten humusholdige stolpehull eller gjenfylte stolpehull med skoning, der minerogene løsmasser og større steiner kan transporteres ned i profilen. At det primært er de større, vertikale delene av rot-systemet som har størst innvirkning på profilen, bidrar til å introdusere falske avtegninger



Figur 4. A) Trestubbe før brann. B) Trestubbe etter brann. C) Rottunneler. Foto: Robert Heinse, University of Idaho. Tilpasset etter (Leslie mfl. 2014:1453).

til potensiell forveksling med menneskeskapte reisverk. Vertikale avtrykk kan også virke forledende, for eksempel hvis de bryter veggkonstruksjonen til en tuft, for slik å kunne gi inntrykk av luftkanaler.

Rotvelt

Rotvelt oppstår når vindbelastningen på et tre overstiger dets forankringskraft eller stammestyrke, og derfor enten faller over ende og drar røttene opp med seg eller brekker



Figur 5. Rotavtrykk i ulike stadier av nedbrytelse. Rotavtrykk fra det hummusholdige topplaget (A-horisonten) skjærer gjennom og transporterer fremmedlegemer som usortert stein og organisk materiale ned i det ellers finkornige anrikningslaget (B-horisonten). Sagene B2. Foto: Kim Darmark, Kulturhistorisk museum. CC BY-SA lisens.

(Mitchell og Ruel 2015:19). Formelle verdier for kritisk trekronevind for stammebrudd og rotvelt finnes i Mitchell og Ruel (2015:26). Rotvelt forårsakes i all hovedsak av stormaktivitet hvor vinden direkte blåser ned trær. Indirekte rotvelt forekommer imidlertid også når trær dytter hverandre over ende (Clinton og Baker 2000:56). Døde eller skadde trær som følge av skogbrann, sopp- og insektangrep er mer utsatt for rotvelt (Schulze mfl. 2005:84). Som en konsekvens av rotvelt oppstår det en «kvadratrotaktig» formasjon med deponering av masser i en rotvelthaug på overflaten og i forkant av rotgropa (se figur 6A). Stammens tykkelse virker bestemmende for hvilken innvirkning rotvelt har på jordsmonnet. Stammediameteren utgjør en indikator både på treets totale biomasse og alder samt rotnettverkets omfang – uttrykt som en nær lineær relasjon (Gallaway mfl. 2009:figur 4). Unge trær med lavt diametermål er mindre utsatt for rotvelt, både på grunn av lavere høyde (som utsetter trærne for mindre vindbelastning) og mer fleksibel stamme (som tar av for noe av vindbelastningen og reduserer spenningen på rotsystemet). Når unge trær med lavt diametermål først velter, produserer de dermed også mindre forstyrrelser. Undersøkelser viser at trær må overstige en kritisk stammediameter på 13 cm i brysthøyde (137 cm over bakken) for å ha betydelig innvirkning på sedimenttransport og stratigrafi (Gallaway mfl. 2009:1265). Det betyr at også nord-norsk småbjørk kan produsere signifikante rotvelter. Egne observasjoner fra Ringvassøy, 70° nord, bekrefter det (se figur 6B) (jf. Bergan 1989).

Strukturene som oppstår ved rotvelt, avhenger av treets størrelse (biomasse) både hva angår a) rotvelthaugens diameter og høyde på overflaten samt b) rotgropas diameter, men overraskende nok ikke med c) rotgropas dybde (Clinton og Baker 2000:51). En annen faktor med stor betydning for rotvelt er forholdet mellom stammetykkelse og avstanden mellom trærne. Både feltobservasjoner og vindtunneleksperimenter utført av Gardiner mfl. (1997:233) viste at en økning i stammens bøyingsmoment henger direkte sammen med økende avstand mellom trærne, og at den viktigste faktoren for stabiliteten til en treklynge



Figur 6. A) Rotvelthaug med betydelige mengder blokk. Foto: Emmanuel Gabet. Hentet fra: <http://serc.carleton.edu/42761>. CC BY-SA lisens. B) Betydelig rotveltstruktur ved 70 grader nord som har dratt med seg det som er av torvlag/løsmasser over berggrunnen. Foto: Erlend Kirkeng Jørgensen.

er nettopp avstanden mellom stammene. Konklusjonen var at kraftige trær er mer motstandsdyktige mot vind, de brykker sjeldnere, men samtidig opptar de mer volum og mottar dermed større vindbelastning. Det gjør dem mer utsatt for rotvelt enn mindre trær som står tettere (Gardiner mfl. 1997:250).

Stratigrafiske konsekvenser av rotvelt

Ved rotvelt vil jordsmonnets stratigrafi forstyrres. Roger Langhor (1993:42–43) har utviklet en rotvelttypologi som beskriver de viktigste formene for stratigrafiske konsekvenser:

- A, original posisjon.
- B, fullstendig rotvelt, hvor røttene ryker nær stammen og fører til at rotplata blir stående vertikalt på kanten av rotgropa (vanlig for trær med grunne røtter).
- C, fullstendig rotvelt, der hele rotplata løsriveres og henger over rotgropa (vanlig for dype og friske røtter).
- D, fullstendig rotvelt, der massene deponeres i forkant av rotgropa (vanlig i helninger).
- E, ufullstendig rotvelt, som likevel fører til betydelig omroting av jordlagene, som en delvis tippet stratigrafi.
- F, fullstendig rotvelt der rotplata faller tilbake i nær original posisjon etter hugging (vanlig for type B).
- G, som F men med tydelig skjevhet (vanlig for type C).
- H, som C men der deler av topplaget henger med rotplata og lager ekstra avsetning i kun én del av rotgropa.
- I, fullstendig rotvelt der sidene av rotgropa er bratt, dyp og nær vertikal (vanlig ved sekundære rotvelter, gir ofte de dypeste rotgropene).

Effekten av rotvelt på sedimenttransport og forstyrrelse av opprinnelig stratigrafisk profil er sterkt påvirket av terrengets helningsgrad (Gallaway mfl. 2009). I tillegg har skogbranner en betydelig innvirkning på hyppigheten av rotvelt og deres «alvorsgrad» – i betydning større sedimentforstyrrelser. Skogbrann er blitt vist å føre til en ellevedobling av sedimenttransport i hellende terreng (Gallaway mfl. 2009:1255). Den markante økningen av sedimenttransport i etterkant av skogbrann kommer av samtidigheten av et større antall rotvelter, som i seg selv produserer synergieffekter ved å forsterke erosjonen. Joan M. Gallaway mfl. (2009) demonstrerer at sannsynligheten for rotvelt reduseres eksponentielt etter at et tre har dødd, og det fører til en konsentrasjon av rotvelter kort tid etter miljøindusert massedød som skogbrann (figur 7).

Et skogbrannrammet område er disponert for gjentatte «kollektive rotveltepisoder» i ettertid, da trebestanden i området vil følge samme aldringsforløp. Gallaway mfl. (2009) rapporterer en ny hendelse med kollektiv rotvelt etter omtrent 50 år for sitt studiefelt i de kanadiske Rocky Mountains. Tidspunktet for den sekundære, kollektive rotveltepisoden bestemmes av lokale vekstforhold og den aktuelle treart/skogstype, men også av de samme generelle årsaker som ved primære rotvelter, altså 1) når trærne har nådd det kritiske diametermålet på 13 cm og 2) når bestanden nærmer seg naturlig død.

Moderne skogslandskap byr likevel ikke på en uproblematisk analogi for frekvensen av rotvelter og sedimenttransporten/erosjonen de forårsaker fordi moderne skogsdrift bidrar til å svekke skogens motstandsdyktighet. Det var medvirkende til de katastrofale konsekven-



Figur 7. Illustrasjon av rotvelt som følge av skogbrann. Bildet viser flere døde, veltede trær i et område med spredt trebestand, sist utsatt for skogbrann i 2012 (Valle del Guadalhorce, sørlige Spania). Foto: Isak Roalkvam.

sene av stormen *Gudrun* for den svenske skognæringen (SMHI 2015). Dette skyldes både at skogen stykkes opp av infrastruktur som veier og masteløp, og at ensidig skogsmiljø (monokulturer) og uegnede planteområder tas i bruk, til tross for at det fører til økt vindbelastning (Nachtergale mfl. 1997:80). Selv om plantemangfoldet i urskoger gir bedre beskyttelse mot vindbelastning er rotveltkarakteren endret ved at moderne skogsdrift forhindrer trevirket i å fullføre livssyklusen, slik at rotvelt forekommer hyppigst ved dramatiske hendelser. I urskogmiljø forblir derimot trevirket i skogen livet ut, og rotvelt vil derfor forekomme jevnere og mer spredt i landskapet. Det er denne form for gradvis forstyrrelse en vil forvente har hyppigst effekt på arkeologiske lokaliteter. Likevel finnes det tilfeller av mer dramatiske, kollektive rotveltepisoder på arkeologiske lokaliteter i Norge (se Darmark i trykk). Sannsynligvis er det et resultat av stormaktivitet.

Det har blitt påvist at forstyrrende elementer i naturlige skogsmiljø i Sibir forekommer i sykluser med nokså faste intervaller (Schulze mfl. 2005). Over lengre tidsintervaller styres forekomsten av rotvelt av vindaktivitet, insektangrep og skogbrann. Rotvelt forekommer primært i aldrende skogsmiljø og de gjentakende sykluser av rotvelt og suksesjon strekker seg over ca. 150 år, med lengre skogbrannsykluser på ca. 400 år (Schulze mfl. 2005:77,86). Om tidsintervallene for omfattende skogforstyrrelser i Sibir kan tas til inntekt for liknende sykluser i Fennoskandia, betyr det at områder med kontinuerlig skogsdekke de siste 7500 årene kan ha opplevd ca. 50 repetisjoner av mer eller mindre katastrofale rotvelt-episoder.

Tabell 1. Sammenlikning av verdier for bioaktive komponenter på overflate og i rotgrop. Der «mmol» betegner måleenheten milimol pr liter. I andre kolonne betegner stjerne (*) om verdiene beskriver skogbunn eller fronthaug. (Basert på data fra Clinton og Baker 2000).

	Skogbunn/fronthaug*	Rotgrop
Fotosyntetisk aktiv stråling (PAR)	250 mmol m ⁻² s ⁻¹ *	70 mmol m ⁻² s ⁻¹
Nitrogen	0,23%	0,08-0,10%
Karbon	4,73%	1,4-2,2%
Fuktighet	24% *	34 %

Det er verdt å merke seg at det ikke finnes belegg i dataene for å anta at hyppigheten av rotvelt bestemmes av terrengets helningsgrad (Gallaway mfl. 2009:1259). Det indikerer at det hovedsakelig er andre årsaker enn topografi som forårsaker rotvelt, slike som vind og snøbelastning, og som virker mer effektivt på sykdoms- og brannskadede trær.

Rotvelt kan slik fremstå som destruktivt for skogmiljøet, men er påvist også å være en gunstig bidragsyter til økt fruktbarhet (Kramer mfl. 2004) og biomangfold (Ulanova 2000) ved å introdusere heterogene skogsnisjer som ulike arter trives i. Konkrete målinger av bioaktive komponenter viser negative verdier for rotveltstrukturer, slike som rotgropa sammenliknet med rotvelthaugen og den omkringliggende skogbunn (Clinton og Baker 2000:51), som vist i tabell 1.

Dette gjelder målinger gjort kort tid etter rotvelt. De bioproduktive konsekvensene ventes på noe lengre sikt. Her er det snakk om gunstige mikrotopografiske og mikroklimatiske forhold, som at økt lystilgang i tomrommet etter et fallent tre gir grobunn for suksessjon. I tillegg gir rotvelt tilgang på trevirke til nedbrytere, siden eksponeringen av mineralholdige lag og vannholdige rotgroper virker som habitat for insekter og rumpetroll, noe som igjen tiltrekker seg øvre deler av næringskjeden (Schaetzl mfl. 1989:165), se figur 8.

Arkeologiske konsekvenser av rotvelt

Gallaway mfl. (2009:1259) har fremhevet en rekke konsekvenser av rotvelt med relevans for arkeologien, blant annet at rotvelt forekommer like hyppig på flatmark som i ulike typer gradert terreng. Det betyr at man ikke kan avskrive rotvelt som forstyrrende element på lokaliteter liggende på flater. Det at sedimenttransporten fra rotvelt er avhengig av terrengets helningsgrad, har potensielt flere konsekvenser for arkeologien enn en potensiell overlaging av kulturspor som ligger i underkant av hellende terreng. Den mer slående konsekvensen er at sedimenttransporten fra rotvelt øker sannsynligheten for at det arkeologiske materialet i seg selv vil kunne inngå i sedimenttransporten der en lokalitet ligger på en hellende flate med vegetasjon i bakkant. Over tid vil sedimenttransporten gjerne gi to resultater: a) en naturlig sortering og b) retningsbestemt spredning av det arkeologiske materialet.

a) Retningen og utbredelsen gis naturlig av at sedimenttransporten beveger seg nedover terrenget med tyngdekraften. I utgangspunktet danner et arkeologisk gjenstandsmateriale kulturelt betingede mønstre ved at de forhistoriske aktivitetene på lokaliteten virker bestemmende på hvilket innhold (hva) som avsettes og hvilken form (hvordan) det



Figur 8. A) Ny plantevekst overtar både rotplate og stamme. Rotplate med større steiner fastgrodd i rotsystemet, eksponert minerogent materiale og suksesjon. B) Ansamling av vann og organisk materiale i rotveltgrop. Foto: Erlend Kirkeng Jørgensen.

avsettes på. Det opprinnelige avsetningsmønsteret vil forstyrres av en eventuell sedimenttransport på lokaliteten ved å anta en ikke-kulturell utbredelse og potensielt feilaktig retningsbestemthet. Siden funnspredningen er vesentlig for den kulturhistoriske tolkingen av en lokalitet, fører potensialet for naturlig sedimenttransport til et behov for å kunne skille mellom intendert og post-deposisjonell retningsbestemthet.

- b) Sorteringen som kan oppstå som følge av sedimenttransporten, vil kunne ta form av størrelsessortering. Det skyldes at det kreves mer energi å flytte større partikler, mens mindre partikler lar seg bevege lettere. For et arkeologisk materiale betyr det at mindre avfallsprodukter (splinter og små avslag av bergart fra redskapsproduksjon) vil være mer utsatt for lengre transport enn større og hele gjenstander – slik sorteringen skjer under ras i løsmasser.

Utover disse poengene kan følgende arkeologiske konsekvenser nevnes: Gropene som oppstår i bakkant av en rotvelt, samler og holder gjerne på mer humus og vann enn det omkringliggende jordsmonnet (Goldberg og Macphail 2006:201). Det fører til at rotvelter tidvis får økt arkeologisk synlighet ved flateavdekking, der rotveltgropene kan fremstå som mørkere avtegninger i undergrunnen, gjerne med et markant organisk innhold og med ulikt utviklet podsolering enn det omkringliggende jordsmonn. Avhengig av hendelsesforløpet vil podsoleringen av rotveltmassene kunne være lenger eller kortere fremskredet enn det generelle jordsmonnet. En konsistent observasjon er at utvasking og podsolering skjer raskere i rotveltgropene enn i fronthaugene og i uforstyrret mark (Šamonil mfl. 2010:65). Noe av grunnen til dette er at ansamlingen av vann i rotveltgropene kan erstatte organiske komponenter med metallene jern (Fe) og mangan (Mn). Det resulterer i en drastisk økning i magnetisk susceptibilitet i rotveltgropa sammenliknet med ulike komponenter i og utenfor rotvelten (Goldberg og Macphail 2006:201). Dette kan fanges opp i felt med markkjemiske analyser.

Rotvelter har også karakteristiske formmessige uttrykk som kan avtegnes i undergrunnen. I ellers homogene og finkornede masser kan rotvelten først og fremst bli synlig gjen-

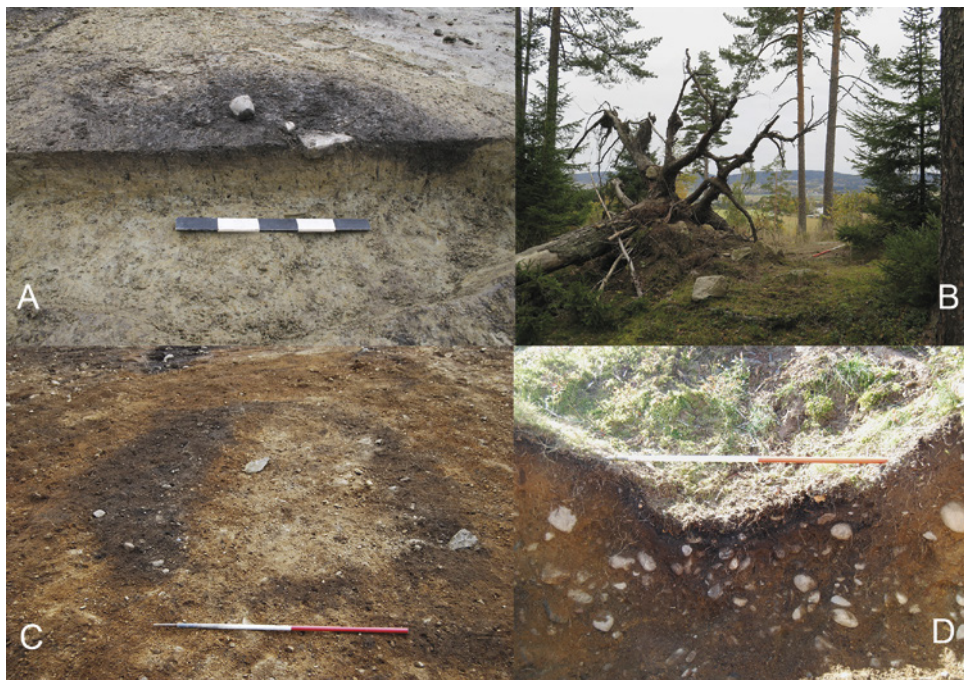
nom prosessene nevnt ovenfor – via økt organisk innhold og vannholdighet som bidrar til ulik podsolering sammenliknet med omgivelsene. I grovere masser med ulik sortering kan bindingen av partikler i rotplata danne et «bananliknende» mønster ettersom partiklene løser fra det råtnende rotsystemet. Tilsvarende bananmønster kan oppstå ved bevaring av de mørkere, organiske massene som oppstår ved innrasing av jordprofilens topplag og innblåsing av planterester (Goldberg og Macphail 2006:197).

Alt dette forutsetter likevel gode bevaringsforhold og få forstyrrelser. Under mer realistiske forhold vil ulike elementer bidra til å usynliggjøre rotvelt i de fleste tilfeller. Figur 9 illustrerer eksempler på rotveltstrukturer avdekket under norske forvaltningsgravinger (se også Knutsson 1988:32–33). Rotveltstrukturenes synlighet og stratigrafiske bevaringsgrad avhenger også av årsaken til at treet falt i utgangspunktet. Etter en normal vindforskyldt rotvelt blir innholdet i rotgropa stående eksponert over tid og homogeniseres av biologisk aktivitet for slik å produsere mindre distinkte avtegninger i undergrunnen, mens de stratigrafiske forstyrrelsene blir bedre bevart hvis rotvelten skyldes skogbrann, fordi varmepåvirkningen gjør forstyrrelsene mer varige (Macphail og Goldberg 1990:425). Sannsynligheten for bevaring er også større hvis rotveltstrukturene overlages av rasavsetninger, flyvesand eller liknende.

Problemet: Kulturelle eller naturlige avsetninger?

Så langt har jeg undersøkt noen av betingelsene for og konsekvensene av vegetasjonsforstyrrelser i jordsmonn. Tatt i betraktning at dette kun dekker én av veldig mange former for forstyrrelser, kan utsiktene virke dårlige for bevaringen av kontekstuell informasjon i norske jordsmonn. Det at arkeologien står overfor en utfordrende situasjon bør ikke oppmuntre til neglisjering, men heller inspirere til en større innsats for å møte utfordringene faget står overfor. Når arkeologiens datamateriale er uløselig knyttet til jordsmonnet og dets stratigrafiske dannelsesforløp, vil vi være tjent med at disse faktorene analyseres og forstås grundig. Hvis ikke risikerer vi å fremsette kulturelle tolkninger basert på et feilaktig grunnlag. Det har påviselig vært tilfelle (for empirisk demonstrasjon se Crombé mfl. 2015; Newell 1981:268). En negativ arbeidshypotese kan derfor være en fornuftig holdning, slik at jordbunnsforhold og relevante formasjonsprosesser må redegjøres for før kulturelle tolkninger kan tilskrives noen grad av pålitelighet. Dette er i tråd med etablerte arkeologiske slutningsprosedyrer med lang hevd (Hawkes 1954), hvor bevisbyrden ligger på arkeologien, og der «kultur er natur til det motsatte er bevist».

Det er likevel ikke bare enkelt å skulle overholde slike idealer i praksis. Både fordi det kan være grunnleggende vanskelig å skille natur og kultur i utgangspunktet, og fordi det er arkeologiens oppgave å påvise nettopp kultur. Det vil være naturlig om det introduserer en viss *bekreftelsesfelle* «der man legger merke til eller søker etter det som bekrefter noe man tror», fremfor aktivt å søke å avkrefte egne hypoteser (Svartdal 2014). For å følge opp rotvelt-eksemplet, kan rotvelt enkelt feiloppfattes som forhistoriske kokegropen på grunn av den tilsynelatende «nedgravningen» og inklusjonen av kull, eller fordi store mengder nedbrutt organisk materiale kan gi inntrykk av å være et kulturlag. Rotvelter kan også forveksles med nedgravde boligkonstruksjoner (for en kritisk diskusjon se Hertell og Manninen 2006; Knutsson 1988:33; Newell 1981; Persson 2008:180). Steinaldertufter og rotvelter kan dele flere trekk:



Figur 9. Kollasj som viser eksempler på rotveltstrukturer avdekket ved forvaltningsgravinger. A) Snitt av rotveltstruktur som kan likne kokegrop. Foto: Carine Eymundsson, KHM. B) Illustrasjon av vertikal rotplate der løsmassene er renset ut av rotsystemet. Legg merke til akkumulasjon av løsmasser i forkant av rotplata. Foto: Kathryn Sæther, KHM. C) Bananformet rotveltstruktur i plan. Foto: Kathryn Sæther, KHM. D) Snitt av rotveltstruktur med omrottet stratigrafi og usorterte masser. Foto: Liisa-Rávná Finborg, Kulturhistorisk museum (CC BY-SA lisens).

- En avgrenset, gjerne sirkulær flate, avtegnet i undergrunnen med fyllskifte (forskjeller i farge- og kornstørrelse på sedimenter i og utenfor strukturen).
- Ansamling av stein utenfor og rundt strukturen.
- Nedgraving som skjærer igjennom overliggende lag.
- En funndistribusjon som tar hensyn til strukturen.

Funndistribusjonen kan støtte oppunder tolkingen av både naturlig rotvelt og intensjonell hytteanlegging. Større funnkonsentrasjoner inne i strukturen kan i seg selv gi inntrykk av at strukturen er et kulturelt produkt. Hytteanlegging kan ha littisk produksjonsavfall tråkket ned i gulvlaget (såkalt primæravfall – avfall fra faktisk bruksområde), og forlatte boligkonstruksjoner kan fungere som avfallsdump for produksjonsrester (og antar da form av sekundæravfall – avfall flyttet vekk fra opprinnelig bruksområde). Etnoarkeologiske studier har dokumentert slik avfallshåndtering, da bearbeidet bergart gir skarpe egger og utgjør en potensiell helsefare på linje med glasskår om det blir liggende eksponert (Clark 1991). Siden gulvflaten i en boligkonstruksjon er utsatt for intens bruk, ryddes gjerne gulvflaten

slik at primæravfall fjernes og deponeres i egen avfallsdump eller på et utkastområde utenfor boligen (for eksempel i møddinger). Dette bidrar til at små og unnselige rester fra produksjonsaktivitet har størst sannsynlighet for å bli værende som primæravfall nedtråkket i gulvet, mens større og mer øyensynlige gjenstander har en tendens til å bli ryddet bort (Pargeter og Bradfield 2012:248). Disse kulturelle sorteringsmekanismene resulterer i særegne arkeologiske signal som kan identifiseres under utgraving. Et vesentlig poeng er at denne sorteringen skiller seg fra den man vil forvente hvis en antatt boligstruktur var resultatet av rotvelt. I så fall vil funn som omfordes av en rotvelt primært bli avsatt i en omrotet og tidvis vertikalt stilt stratigrafi ettersom de funnbærende jordmassene løsner fra det stående rotsystemet og kantene på rotveltgrova raser inn, heller enn å spre funnene utover i plan etter ulike sorteringsprinsipper.

Som et konkret eksempel på det har Per Persson (2008:180) foreslått rotvelt som en forklaring på forekomsten av funnførende lag kilt under ellers upåvirkede lag og dermed den sammenhengende kronologien ved lokalitet Nauen C i Tønsberg, Vestfold. Persson hevder at det skyldige treet må ha stått på lokaliteten etter siste opphold/datering, og at den bearbejdede flinten som opprinnelig lå på markoverflaten har rast ned i rotveltgrova, og slik blitt redistribuert vertikalt. Lærdommen herfra er at siden rotveltstrukturen lå like inntil andre strukturer med kulturell opprinnelse (minst én kokegrop), ville det være fullt forståelig om et mindre observant øye tolket strukturen som kultur fremfor natur. For i praksis kan feiltolkninger av rotvelt være vanskelige å unngå, noe Persson (2008:179) selv understreker. Det skyldes både at strukturene i seg selv deler flere trekk, at bevaringsforhold kan utviske diagnostiske forskjeller, men også de strenge økonomiske og tidsmessige begrensninger feltarkeologien opererer under, som forhindrer en utstrakt behandling av geologiske forhold og jordbunnsforhold.

Arkeologiske undersøkelser i Norge er eksternt finansiert på utbyggers regning gjennom lovfesting av kulturminnevernet. Det innebærer at utgravinger er strengt regulert til kun å omfatte det som rammes av tiltaket, hvilket begrenser den økonomiske belastningen for utbygger. Dette legger rammene for bemanningen, tidsbruken og økonomien til utgravingsprosjekter. Til tross for økende bruk, har jordkjemiske undersøkelser som fosfatanalyse og mikromorfologi derfor noen økonomiske begrensninger. Det er nylig kommentert i internasjonal sammenheng av en av foregangsfigurene innen geoarkeologien, Karl Butzer. Poenget til Butzer (2016:21) er at det store potensialet i geoarkeologien og arkeologien generelt først utnyttes når jordsmonnundersøkelser gjøres til et prioritert fokus i planleggingsfasen av prosjekter og innlemmes som et eget element i forskningsstrategier. Uavhengig av om postdeposisjonelle faktorer tas godt nok hensyn til eller ikke av den enkelte utgravingsleder, hevder Butzer at både forvaltningsarkeologien og forskningen som bygger på dataene som forvaltningen genererer, vil tjene på at formasjonsundersøkelser vies oppmerksomhet i seg selv som del av en overordnet strategi (Butzer 2016:21).

Et løsningsforslag: formasjonsundersøkelser i felt

Spørsmålet som gjenstår, er hvordan man kan omsette disse forslagene i praksis. Timothy Quine (1995:78) har beskrevet en prosedyre for hvordan man kan implementere og utføre formasjonsundersøkelser som en integrert del av arkeologiske utgravinger. Poenget med disse prosedyrene er tredelt ved at man vektlegger a) å beskrive avsetningene, b) å utlede prosessene som har dannet avsetningene og c) å identifisere avsetningenes funksjon. Han

oppstiller fem krav som må oppfylles i felt om man skal realisere kostnadseffektive og pålitelige formasjonsundersøkelser:

- «Consideration of sediment context»: Det gjøres ved å sammenlikne den aktuelle stratigrafisk profil med en antatt «steril» profil utenfor aktivitetsområdet. Quine (1995:79) understreker at det er ønskelig med slike kontrollsjakter i nærheten av (men utenfor) et kulturelt aktivitetsområde, men advarer mot at antatt «sterile» sjakter i nærheten av aktivitetsområdet ikke kan antas å være sterile, men heller speiler en mindre dominerende antropogen intensitet.
- «Objective sediment description»: Man bør anvende standardiserte retningslinjer og klassifiseringssystem for beskrivelsen av sedimenter, da det tillater sammenlikning og kunnskapsakkumulasjon angående hvordan generelle formasjonsprosesser spilles ut under lokale forhold (Quine 1995:79).
- «Systematic sampling»: For å identifisere kulturell påvirkning på jordsmonn og stratigrafi er det nødvendig å ta prøver fra et omfattende område som strekker seg ut over det antatte aktivitetsområdet, både i horisontal utbredelse og i vertikal dybde (Quine 1995:80).
- «Problem-oriented analysis»: Før data bearbeides i laboratorium må det foreligge en klar problemformulering som man søker svar på, og man må anvende fastsatte kriterier for sammenlikning (Quine 1995:80).
- «Informed interpretation»: Analyseresultatene må fortolkes i sammenheng med lokalitetens totale formasjonshistorie, da løsreven bruk av jordanalyser bidrar lite til arkeologisk fortolkning (Quine 1995:81).

Når det gjelder identifikasjonen av rotvelter i arkeologiske kontekster under utgraving, vil særlig prøvetakingsstrategi og vurdering av lokalitetens sedimentære kontekst være av sentral betydning. En vanlig feilkilde i prøvetakingsstrategier ved arkeologiske undersøkelser er den begrensede anledningen til utstrakt vertikal prøvetaking. Som Quine (1995:80) formulerer det: «The interpretation of analytical data requires knowledge of *the full sediment context*, especially of vertical sequences» (min kursivering). Ved arkeologisk registrering og utgraving er det etablert solide prosedyrer for å kontrollere for den horisontale utstrekningen til f.eks. en funnkonsentrasjon eller et bosetningsområde (jf. Berg-Hansen 2009:83; Solheim 2013:36). Under registrering gjøres det gjennom omfattende og systematisk prøvestikking der gjentatte nullfunnsruter i samme retning indikerer en avgrensning av den aktuelle lokaliteten. Det danner grensesettingen for lokaliteten som senere i forvaltningsprosessen kan graves ut. Under selve utgravingen følges samme innsamlingsprinsipp der funnkonsentrasjoner avgrenses ved graving av funntomme utkantareal, ved anledning.

Situasjonen er derimot en annen hva angår vertikal sampling. På grunn av manglende stratigrafi og telehiv som forflytter objekter større enn jordsmonnmatrisens primærmateriale oppover (se Schiffer 1996:213), vil de øverste 15–20 cm av jordsmonnet normalt være de «funnbærende». I praksis betyr dette at det sjelden graves dypere enn 20–30 cm. Der forholdene ligger til rette for tjukke avsetninger, og der de funnbærende lagene begrenser seg til de øverste desimeterne, avsluttes gjerne undersøkelsen i disse områdene for heller å fokusere på utbredelse i plan (Darmark i trykk; Solheim 2013:31). Denne praksisen er forståelig ut fra et tidsøkonomisk perspektiv, både på grunn av begrensede ressurser og fordi praksisen er fundert på gjentatte observasjoner av såkalte sterile masser under de funnbærende topplagene. Et potensielt problem er likevel manglende stratigrafisk kontroll, da en

rekke faktorer kan produsere vertikalt usammenhengende (bimodale) funnfordelinger, der et «sterilt» sjikt deler to atskilte funnbærende lag. Et eksempel er marine avsetninger fra Tapes-transgresjonen som fant sted i kystområder med lav isobaseverdi (gitt etter avstand fra den fennoskandiske iskappens vektssentrum i Østersjøen) for omkring 8000 år siden (Romundset mfl. 2015). Ved slike lokaliteter kan et materiale fra eldre steinalder være overlappet av transgresjonsmateriale, med muligheten for ovenforliggende funnbærende lag. Et klassisk eksempel på det er Haakon Sheteligs utgravninger på Sokkamyrø, Bømlø, mellom 1901 og 1942. Der ble det først påvist et rikt funnbærende kulturlag med steingjenstander som lå over et lag marin leire og et sjikt av strandgrus. Ved nærmere undersøkelser i 1918 fant Shetelig økende konsentrasjoner av slåtte steinredskaper i den nedre strandgrusen da han gravde helt ned til grunnfjellet (Shetelig 1964:60). Nyere undersøkelser av lokaliteten har bidratt med moderne dokumentasjon, og beskrevet en profil bestående av tjukk torv med kulturlaget Shetelig først påviste over en betydelig strandgrushorison avsatt av Tapes-transgresjonen. Transgresjonsmassene overlapper et nytt torvlag over et enda eldre og funnbærende strandgruslag (Åstveit 2014). Slike doble kulturlagshorisonter er ikke uvanlige i transgrederte områder som på Vestlandet.

Overføringsverdien av dette gamle eksemplet til dagens tilstand er kanskje ikke åpenbar, men en fersk vurdering av feltpraksis på steinalderlokaliteter basert på erfaringer fra E18-prosjektet i Agderfylkene hevder at norsk forvaltningsarkeologi ikke tar nok hensyn til «påvirkningen fra dypet» – fordi podsoleringen fjerner spor av rotvelt i øvre del av profilen slik at man i flere tilfeller må grave dypt for å kunne vurdere om rotvelter kan ha påvirket funndistribusjonen i de øvre jordlagene (Darmark i trykk). Et kritisk resultat av disse undersøkelsene er at tilsynelatende uforstyrrede steinalderboplasser med typiske funnfordelinger viste seg å være et resultat av rotveltaktivitet, og at dette først lot seg påvise gjennom omfattende vertikal graveinnsats utover de funnbærende lagene (Darmark i trykk).

I den sammenheng kan et generelt forslag være en hyppigere anleggelse av «kontrollsjakter» slik Quine (1995:79) foreslo over. Nå som maskinell flateavdekking er normal praksis ved norske forvaltningsgravninger har vi en gyllen mulighet til å skaffe bedre stratigrafisk kontroll. Ved å anlegge en sjakt i antatt sterile masser utenfor feltet, helt ned til grunnfjellet, vil man kunne oppnå en bedre forståelse av den lokale stratigrafiske situasjonen som danner grunnlag for den aktuelle arkeologien. Det er gjort i ulikt omfang både på Tønsnes (Tromsø), Fryasletta (Gudbrandsdalen) og Sagene (Arendal), og har bidratt med tverrfaglig interessante funn av stor arkeologisk betydning (se Nesje mfl.. 2016; Gjerde og Hole 2013:24). Da det krever minimal innsats fra maskinføreren, vil kontrollsjaktning være et kostnadseffektivt tiltak for å bidra til sikrere arkeologisk fortolkning.

Et forslag til strategi kan være en noe mer utstrakt og fleksibel bruk av Wheeler-Kenyon-metoden, som i essens innebærer en økt bruk av stående profilbenker i rutenett (Collis 2001:9) (se figur 10). Siden rotveltstrukturer og konsekvensene av dem for funndistribusjonen best kan kontrolleres ved å grave dype profiler (se ovenfor), kan stående profiler være verdifullt. Det kan enkelt tilpasses etablert utgravingspraksis ved norske steinalderundersøkelser som gjerne anvender mekanisk graving av kvadranter i et rutenett, der profilbenkene kan anlegges ved behov som del av rutenettet. Wheeler-Kenyon-metoden er kritisert for å prioritere vertikale fremfor horisontale forhold, og for slik å gjøre det vanskeligere å avdekke strukturer i plan (Barker 1993:24; Greene og Moore 2010:95). Dette anser jeg som et mindre problem for norske forhold siden strukturer er unntaket heller enn regelen, og



Figur 10. Wheeler-Kenyon metoden med stående rutenett av profilbenker i praksis. Mastfoto over lokalitet Sagene B4, Arendal. Foto: Kim Darmark, Kulturhistorisk museum.

profilbenker er allerede normal praksis ved utgraving av enkelte kulturminner som hustufter og gravhauger. Men der praksisen primært er knyttet til lokaliteter der man antar strukturelle anlegninger, er mitt forslag at metoden vil kunne ha generell verdi også på de mange steinalderlokalitetene uten identifiserbare strukturer og hvor funnspredning utgjør den viktigste informasjonskilden. De stående profilbenkene kan da bidra til økt kontroll av stratigrafi og jordsmonn under utgraving ved at for eksempel rotvelt lettere lar seg identifisere i profil, og fordi podsoleringen av topplagene gjør det vanskeligere både å identifisere og forstå effektene av rotvelt før man har en fullstendig profil som referansepunkt. Om ikke annet vil det å kunne avvise den potensielle forstyrrelsen av rotvelt i seg selv være et betydelig bidrag til kvalitetskontrollen av funnspredningen.

Konklusjon

Jeg har i denne artikkelen forsøkt å illustrere betydningen av vegetasjonsforstyrrelser for bevaringen av arkeologisk kontekstinformasjon i norske jordsmonn. Et viktig aspekt har vært diskusjonen av hvordan man kan identifisere vegetasjonsforstyrrelser i felt, og jeg har lagt særlig vekt på beskrivelsen av fenomenet «rotvelt». Vegetasjonsforstyrrelser skriver seg inn i rekken av problemer feltarkeologien står overfor når den skal skille natur fra kultur. Til tross for de mange praktiske utfordringene ved å identifisere og ta hensyn til vegeta-

fordi eventuelle strukturer (både menneske- lagde og naturlige) kan la seg oppdage i profil. Det trenger heller ikke være noe motsetningsforhold mellom de stående profilbenkene og dokumentasjon i plan. Så lenge anleggelsen av profiler er fleksibel kan strukturer som enten påtreffes nede i profilbenkene eller ved mekanisk graving i plan behandles som «single context» (se Barker 1993:124). Det vil si at om man for eksempel påviser en struktur i profilen kan området rundt åpnes i plan, strukturen kan deretter graves stratigrafisk og slik behandles/dokumenteres som en individuell kontekst innenfor det overordnede rutenettet – såkalt «split context recording» (Collis 2001:80). Muligheten for stratigrafisk behandling av individuelle strukturer gir bedre betingelser for å identifisere opphavet til strukturen og slik lette arbeidet med å skille natur (rotvelt) fra kultur (gropanlegning).

På denne måten kan man oppnå en komplementær gravestrategi som tar hensyn til lokale forhold, og der teknikker avpasses konteksten og den eventuelle tilstedeværelsen av strukturer. Bruken av stående

sjonsforstyrrelser som er blitt nevnt underveis, har jeg fremsatt konkrete og kostnadseffektive tiltak som skal kunne lette arbeidet med å kontrollere for vegetasjonsforstyrrelser. På et overordnet plan kan det konkluderes med at hvis arkeologien skal være sannferdig og oppriktig i sin behandling av «kontekst» som den reelle informasjonsbæreren i sitt studie av forhistorien, må undersøkelsesfokus og -metodikk tilpasses deretter (jf. Solheim 2013:31; Sundström mfl. 2006:19). Det innebærer et økt fokus på jordbunnsforhold og formasjonsprosesser, samt at lokale geologiske og stratigrafiske forhold tas i betraktning både under utgraving og ved bearbeiding av data, og det forutsetter et noe annet dokumentasjonsregime enn hva som er dagens praksis. I siste instans handler det om å ta hensyn til den grunnleggende betydningen vegetasjonsforstyrrelser spiller i norske jordsmonn, slik at vi med større sikkerhet kan fremsette troverdige kulturhistoriske tolkninger.

Takk

Takk til Kim Darmark og Isak Roalkvam for tillatelse til bruk av fotomateriale, for gjentatte diskusjoner om relaterte emner og generøse tilbakemeldinger på utkast. Takk til Reinhard Mook for oppmuntrende initiativ til dette arbeidet, Stein Farstadvoll for respons og takk til studentene i formasjonslære ved UiT som har lest en tidlig versjon av arbeidet.

Summary

Regarding vegetation disturbances: The consequences for the preservation of archaeological contextual information in Norwegian soils

This paper presents a general overview of tree root disturbances of archaeological contexts in Norwegian soils. The aim is to synthesize current knowledge on root action and particularly tree throw disturbances within general formation theory, in order to raise awareness of its potential impact on archaeological deposits and soil stratigraphy. The proposed need to pay minute attention to floral turbation in Norwegian archaeology is substantiated by presenting cases and illustrations from Norwegian development-led excavations. The paper discusses three central topics: 1) What properties may be expected to characterize floral-induced soil turbation? 2) What are the general causes and properties of tree throw? 3) How may floral turbation be identified in archaeological contexts? The paper ends by presenting some minor methodological propositions in the hope of easing the identification of floral turbation in archaeology. It is argued that by implementing low-cost stratigraphic investigations as part of the normal procedure of excavation, we may become more successful in controlling for post-depositional disturbances, accumulate a better understanding of site formation processes and ultimately achieve more realistic and interesting cultural interpretations of the archaeological record.

Litteratur

Almås, Åsgeir Rossebø

2015 *Jord – podsol*. Elektronisk dokument, https://snl.no/jord_-_podsol, besøkt 22. februar 2017.

Barker, Philip

1993 *Techniques of Archaeological Excavation*. Batsford, London.

- Bergan, Jarle
 1989 *Overlevelse og vekst hos furu fra fjord- og innlandsstrøk kultivert i ulike klimaområder i Troms og Finnmark*. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning 89(2). Norsk institutt for skogforskning, Ås.
- Berg-Hansen, Inger Marie
 2009 *Steinalderregistrering. Metodologi og forskningshistorie i Norge 1900–2000 med en feltstudie fra Lista i Vest-Agder*. Varia, vol. 75. Kulturhistorisk museum, Oslo.
- Binford, Lewis R.
 1981 Behavioral Archaeology and the “Pompeii Premise”. *Journal of Anthropological Research* 37(3):195–208.
- Butzer, Karl W.
 2016 *Integrating Geoarchaeology with Archaeology for Interdisciplinary Understanding of Societal–Environmental Relations*. The Oxford Handbook of Historical Ecology and Applied Archaeology, redigert av Christian Isendahl og Daryl Stump. Elektronisk dokument, <http://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199672691.001.0001/oxfordhb-9780199672691-e-15>, besøkt 10. juni 2017.
- Cameron, Catherine M. og Steve A. Tomka
 1996 *The Abandonment of Settlements and Regions: Ethnoarchaeological and Archaeological Approaches*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Clark, John
 1991 Flintknapping and debitage disposal among the Lacandon Maya of Chiapas, Mexico. I *The Ethnoarchaeology of Refuse Disposal*, redigert av Edward Staski og Sutro Livingston, s.63–78, Anthropological research paper, vol. 42. Arizona State University Press, Arizona.
- Clinton, Barton D. og Corey R Baker
 2000 Catastrophic windthrow in the southern Appalachians: characteristics of pits and mounds and initial vegetation responses. *Forest Ecology and Management* 126(1):51–60.
- Collis, John
 2001 *Digging Up the Past: An Introduction to Archaeological Excavation*. Sutton, Stroud.
- Crombé, Philippe, Roger Langohr og Geertrui Louwagie
 2015 Mesolithic hearth-pits: fact or fantasy? A reassessment based on the evidence from the sites of Doel and Verrebroek (Belgium). *Journal of Archaeological Science* 61:158–171.
- Crow, Peter
 2004 *Trees and forestry on archaeological sites in the UK: A review document*. Forest Research. Elektronisk dokument, online publikasjon, [https://www.forestry.gov.uk/pdf/FR_archaeological_review.pdf/\\$FILE/FR_archaeological_review.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/FR_archaeological_review.pdf/$FILE/FR_archaeological_review.pdf) besøkt 10. juni 2017.
 2005 *The Influence of Soils and Species on Tree Root Depth*. Forestry Commission, Edinburgh.
- Darmark, Kim
 I trykk A Cautionary Tale: Post-depositional processes affecting Stone Age sites in boreal forests, with examples from southern Norway. Kommende Varia, Kulturhistorisk Museum, Oslo, i trykk.
- DeBano, Leonard
 1990 *The effect of fire on soil properties*. SOLO A Guide to Soil Quality Monitoring for Long Term Ecosystem Sustainability on Northern Region National Forests. Elektronisk dokument, https://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/solo/documents/GTRs/INT_280/DeBano_INT-280.php, besøkt 10. juni 2017.
- Dincauze, Dena F.
 2000 *Environmental Archaeology: Principles and Practice*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Finke, Peter A., Tom Vanwallieghem, Emmanuel Opolot, Jean Poesen og Jozef Deckers
 2013 Estimating the effect of tree uprooting on variation of soil horizon depth by confronting pedogenetic simulations to measurements in a Belgian loess area. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 118(4):2124–2139, <http://dx.doi.org/10.1002/jgrf.20153>.
- Gallaway, Joan M., Yvonne E. Martin og Edward A. Johnson
 2009 Sediment transport due to tree root throw: integrating tree population dynamics, wildfire and geomorphic response. *Earth Surface Processes and Landforms* 34(9):1255–1269, <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1813>.

- Gardiner, Barry A., Giles R. Stacey, Rex E. Belcher og Colin J. Wood
 1997 Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry* 70(3):233–252, <http://dx.doi.org/10.1093/forestry/70.3.233>.
- Gjerde, Jan Magne Sterri og Johan Terje Hole (red.)
 2013 *Tønsnes Havn, Tromsø kommune, Troms. Rapport frå dei arkeologiske undersøkingane 2011 og 2012*. Tromsø museums rapportserie, vol. 44. Universitetet i Tromsø – Norges arktiske universitet, Tromsø.
- Goldberg, Paul og Richard I. Macphail
 2006 *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts.
- Greene, Kevin og Tom Moore
 2010 *Archaeology: An Introduction*. 5. utgave. Routledge, London.
- Hawkes, Christopher
 1954 Archeological Theory and Method: Some Suggestions from the Old World. *American Anthropologist* 56(2):155–168, <http://dx.doi.org/10.1525/aa.1954.56.2.02a00660>.
- Heimsath, Arjun M., William E. Dietrich, Kunihiko Nishiizumi og Robert C. Finkel
 2001 Stochastic processes of soil production and transport: erosion rates, topographic variation and cosmogenic nuclides in the Oregon Coast Range. *Earth Surface Processes and Landforms* 26(5):531–552, <http://dx.doi.org/10.1002/esp.209>.
- Hertell, Esa og Mikael Manninen
 2006 House-pit formation processes – a preliminary assessment of pit 4 at Rävåsen, southern Ostrobothnia, Finland. I *People, Material Culture and Environment in the North. Proceedings of the 22nd Nordic Archaeological Conference, University of Oulu, 18–23 August 2004*, redigert av Vesa-Pekka Herva, s.183–197. Faculty of Humanities, Linnanmaa, Oulu.
- Hornvedt, Richard
 1989 *Barskog og forsuring*. Norsk institutt for skogforskning, Ås.
- Josefsson, Torbjörn, Per H. Ramqvist og Greger Hörnberg
 2014 The history of early cereal cultivation in northernmost Fennoscandia as indicated by palynological research. *Vegetation History and Archaeobotany* 23(6):821–840.
- Kennard, Deborah, Ralph J. DiCosty og Mac A. Callahan Jr.
 2008 *Fire Effects on Soil*. Forest Encyclopedia Network. Elektronisk dokument, <http://www.forestencyclopedia.net/p/p622/?searchterm=fire%20effects%20on%20soil>, besøkt 5. mai 2017.
- Knutsson, Kjel
 1988 *Making and Using Stone Tools: The Analysis of the Lithic Assemblages from Middle Neolithic Sites with Flint in Vasterbotten, Northern Sweden*. Societas Archaeologica Upsaliensis, Uppsala.
- Kramer, Marc G., Phillip Sollins og Ronald S. Sletten
 2004 Soil Carbon Dynamics Across a Windthrow Disturbance Sequence in Southeast Alaska. *Ecology* 85(8):2230–2244, <http://dx.doi.org/10.1890/02-4098>.
- Langohr, Roger
 1993 Types of tree windthrow, their impact on the environment and their importance for the understanding of archaeological data. *Helinium* 33(1):36–49.
- Leslie, Ian N., Robert Heinse, Alistair M. S. Smith og Paul A. McDaniel
 2014 Root Decay and Fire Affect Soil Pipe Formation and Morphology in Forested Hillslopes with Restrictive Horizons. *Soil Science Society of America Journal* 78(4):1448–1457, <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2014.01.0008>.
- Macphail, Richard og Paul Goldberg
 1990 The Micromorphology of Tree Subsoil Hollows: Their Significance to Soil Science and Archaeology. I *Developments in Soil Science, vol. 19, Soil Micro-Morphology: A Basic and Applied Science, Proceedings of the VIIIth International Working Meeting of Soil Micromorphology, San Antonio, Texas, July 1988*, redigert av Lowell A. Douglas, s. 425–429. Elsevier, Amsterdam.
- Madsen, Andreas P., Sophus Müller, Carl Neergaard, Carl Georg Johannes Petersen, Emil Rostrup, Knud Johannes V. Steenstrup og Herluf Winge
 1900 *Affaldsdynger fra Stenalderen i Danmark undersøgte for Nationalmuseet*. Reitzel, København.

- Malinsky-Buller, Ariel, Erella Hovers og Ofer Marder
 2011 Making time: “Living floors”, “palimpsests” and site formation processes – A perspective from the open-air Lower Paleolithic site of Revadim Quarry, Israel. *Journal of Anthropological Archaeology* 30(2):89–101.
- Mitchell, Stephen J. og Jean-Claude Ruel
 2015 Modeling Windthrow at Stand and Landscape Scales. I *Simulation Modeling of Forest Landscape Disturbances*, redigert av Ajith H. Perera, Brian R. Sturtevant og Lisa J. Buse, s. 17–43. Springer International Publishing, London.
- Mottershead, Derek N., Brian Baily, Peter Collier og Rob J. Inkpen
 2003 Identification and quantification of weathering by plant roots. *Building and Environment* 38(9):1235–1241.
- Nachtergale, Lieven, An De Schrijver og Noël Lust
 1997 Windthrow, what comes after the storm? *Silva Gandavensis* 62:80–89.
- Nesje, Atle, Rebecca J. S. Cannell og Ingar Mørkestøl Gundersen
 2016 Flommer og flomskred i Gudbrandsdalen i et værmessig og klimatisk perspektiv. I *Gård og utmark i Gudbrandsdalen – Arkeologiske undersøkelser i Fron 2011–2012*, redigert av Ingar Mørkestøl Gundersen, s. 80–93. Portal forlag og Kulturhistorisk museum, Kristiansand.
- Newell, Raymond R.
 1981 Mesolithic Dwelling Structures: Fact and Fantasy. *Veroffent/ichungen des Museums flir Ur- lind Fnihgeschichte Potsdam* 14–15:235–284.
- Pargeter, Justin og Justin Bradfield
 2012 The effects of Class I and II sized bovids on macrofracture formation and tool displacement: Results of a trampling experiment in a southern African Stone Age context. *Journal of Field Archaeology* 37(3):238–251.
- Persson, Per
 2008 Nauen 5.2 – Stenåldersboplatser och fossil åkermark. I *Steinalderboplasser, boplasser, graver og dyrkningsspor. E18-prosjektet Vestfold, Bind 2*, redigert av Lars Erik Gjerpe, s. 163–198. Varia, vol. 72. Kulturhistorisk museum, Oslo.
- Quine, Timothy A.
 1995 Soil analysis and archaeological site formation studies. I *Archaeological sediments and soils: analysis, interpretation and management*, redigert av Richard Macphail og Anthony J. Barham, s. 77–98. University College London Institute of Archaeology, vol. 4. Routledge, London.
- Rapp, George, Sanda Balescu og Michel Lamothe
 1999 The Identification of Granitic Fire-Cracked Rocks Using Luminescence of Alkali Feldspars. *American Antiquity* 64(1):71–78.
- Rathje, William L., Michael Shanks, Christopher Witmore og Susan E. Alcock
 2013 *Archaeology in the Making: Conversations Through a Discipline*. Routledge, London.
- Roberge, Jean og Andre P. Plamondon
 1987 Snowmelt runoff pathways in a boreal forest hillslope, the role of pipe throughflow. *Journal of Hydrology* 95(1):39–54.
- Romundset, Anders, Ola Fredin og Fredrik Høgaas
 2015 A Holocene sea-level curve and revised isobase map based on isolation basins from near the southern tip of Norway. *Boreas* 44(2):383–400.
- Šamonil, Pavel, Kamil Král og Libor Hort
 2010 The role of tree uprooting in soil formation: A critical literature review. *Geoderma* 157(3–4):65–79.
- Schaetzl, Randall J., Donald L. Johnson, Scott F. Burns og Thomas W. Small
 1989 Tree uprooting: review of terminology, process, and environmental implications. *Canadian Journal of Forest Research* 19(1):1–11.
- Schiffer, Michael B.
 1972 Archaeological Context and Systemic Context. *American Antiquity* 37(2):156–165.
 1985 Is There a «Pompeii Premise» in Archaeology? *Journal of Anthropological Research* 41(1):18–41.

- 1996 *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Schulze, Ernst-Detlef, Christian Wirth, Danilo Mollicone og Waldemar Ziegler
2005 Succession after Stand Replacing Disturbances by Fire, Wind Throw, and Insects in the Dark Taiga of Central Siberia. *Oecologia* 146(1):77–88.
- Seppä, Heikki, Guy Schurgers, Paul A. Miller, Anne E. Bjune, Thomas Giesecke, Norbert Kühl, Hans Renssen og J. Sakari Salonen
2015 Trees tracking a warmer climate: The Holocene range shift of hazel (*Corylus avellana*) in northern Europe. *The Holocene* 25(1):53–63.
- Sharer, Robert og Wendy Ashmore
2002 *Archaeology: Discovering Our Past*. 3. utgave. McGraw-Hill Higher Education, Boston.
- Shetelig, Kari
1964 Haakon Sheteligs utgravninger på Bømlo 1901–42. *Viking* 28:39–62.
- Shott, Michael J.
1998 Status and Role of Formation Theory in Contemporary Archaeological Practice. *Journal of Archaeological Research* 6(4):299–329.
- Skibo, James M., William H. Walker og Axel E. Nielsen (red.)
2002 *Expanding Archaeology*. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Solheim, Steinar
2013 Undersøkelsetmetode og –strategi. I *E18 Bommestad-Sky. Undersøkelser av lokaliteter fra mellommesolitikum, Larvik kommune, Vestfold fylke*, redigert av Steinar Solheim og Hege Damlien, s. 31–41. Portal forlag og Kulturhistorisk museum, Kristiansand.
- Sundström, Lars, Kim Darmark og Niklas Stenbäck
2006 *Postboda 2 och 1: Säsongboplatser med groppkeramik från övergången tidigneolitikum–mellanneolitikum i norra Uppland*. SAU skrifter 10. Societas Archaeologica Uppsaliensis, Uppsala.
- Sveriges meteorologiske og hydrologiske institut [SMHI]
2015 *Skogsskador efter Gudrun*. Elektronisk dokument, <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/skogsskador-efter-gudrun-1.5292>, besøkt 15.6.2017.
- Svartdal, Frode
2014 *Bekreftelsestendens*. Elektronisk dokument, <https://snl.no/bekreftelsestendens>, besøkt 15. desember 2016.
- Tromp-van Meerveld, Hilda J. og Jeffrey J. McDonnell
2006 Threshold relations in subsurface stormflow: 2. The fill and spill hypothesis. *Water Resources Research* 42(2):1–11.
- Uchida, Taro, Ken'ichirou Kosugi og Takahisa Mizuyama
1999 Runoff characteristics of pipeflow and effects of pipeflow on rainfall-runoff phenomena in a mountainous watershed. *Journal of Hydrology* 222(1–4):18–36.
2001 Effects of pipeflow on hydrological process and its relation to landslide: a review of pipeflow studies in forested headwater catchments. *Hydrological Processes* 15(11):2151–2174.
- Ulanova, Nina G.
2000 The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management* 135(1–3):155–167.
- Waselkov, Gregory A.
1987 Shellfish Gathering and Shell Midden Archaeology. *Advances in Archaeological Method and Theory* 10: 93–210.
- Wilson, Glenn
2011 Understanding soil-pipe flow and its role in ephemeral gully erosion. *Hydrological Processes* 25(15):2354–2364.
- Åstveit, Lei Inge
2014 *Nye steinalderfunn på Bømlo*. Elektronisk dokument, <http://www.norark.no/prosjekter/bomlo-vika/nye-steinalderfunn-pa-bomlo/>, besøkt 16. mars 2017.