

Bebyggelse, landskap og lokalklima

MARIANNE NITTER

Nitter, M. 2009: **Settlement, landscape and local climate**. *AmS-Varia* 49, 105–118, Stavanger. ISSN 0332-6306, ISBN 978-82-7760-140-3, UDK 903.42:551.582"6383"FT"/6387"VT".

The purpose of the project is to investigate how the landscape and vegetation influenced the temperature and wind conditions at Tastarustå and ultimately the settlement and the growing conditions at the site, which was occupied from the pre-Roman Iron Age to the Viking Age. Tastarustå is located on a homogenous ridge northwest of Stavanger. The prehistoric remains are found on both the southern and northern slopes. The project is a contribution to develop new ways of obtaining knowledge about the relationship between human living conditions and the climate in the past. Two approaches are applied. Four categories of climate space are used to map the local climate as regards wind conditions. A radiation model is used to map the temperature conditions and it shows that the growing and settlement conditions in this landscape are approximately the same as regards temperature which declines 8° towards north and south. Several houses at Tastarustå are oriented with their length down the slope and this orientation and location has both positive and negative consequences in relation to the local climate. The results from Tastarustå are compared with other excavated sites in Rogaland. This comparison suggests other factors than climate may have influenced the orientation of the houses in the landscape, for example their age. It indicates that the local climate conditions had greater importance for the location of the oldest settlement in an area than the youngest ones.

Marianne Nitter, Universitetet i Stavanger, Arkeologisk museum, 4036 STAVANGER, NORWAY. Telephone: (+47) 51 83 26 66. Telefax: (+47) 51 83 26 99. E-mail: marianne.nitter@uis.no

Innledning

I 2006 og 2007 ble forvaltningsgravningen på Tastarustå gjennomført. I den forbindelse ble 12660 m² på til sammen tre forskjellige felt avdekket. Det ble funnet levninger etter tre hus fra vikingtid, fem hus fra merovingertid og fire hus fra førromersk jernalder (Armstrong & Kjeldsen 2008:43). Imidlertid var det generelle funnmaterialet beskjedent. Det har vært bosetning fra minimum bronsealder og mest sannsynlig tilbake til neolitikum på Øvre Tasta (Armstrong & Kjeldsen 2008:85, 86). På Tastarustå viser dateringen av hus at bosetningen har hatt kontinuitet fra førromersk jernalder til vikingtid.

Hvilke lokalklimatiske utfordringer har menneskene møtt i dette området?

Tastarustå ligger på Øvre Tasta, vest for Stavanger sentrum, på et høydedrag med fjorden som nærmeste nabo mot nord og nordvest. Landskapet på Tastarustå kan sammenlignes med en halv "rugbyball" der lengderetningen er orientert østnordøst-vestsørvest. Terrenget heller til himmelretningene nordnordvest, sørsørøst, vestsørvest og østnordøst (fig. 1). Landskapet er homogent og det er de store linjene som preger topografien. I dag fremstår Tastarustå som et åpent landskap, med spredt bebyggelse og dyrka mark. Veien "Tastarustå" strekker seg langs høydedraget i øst-

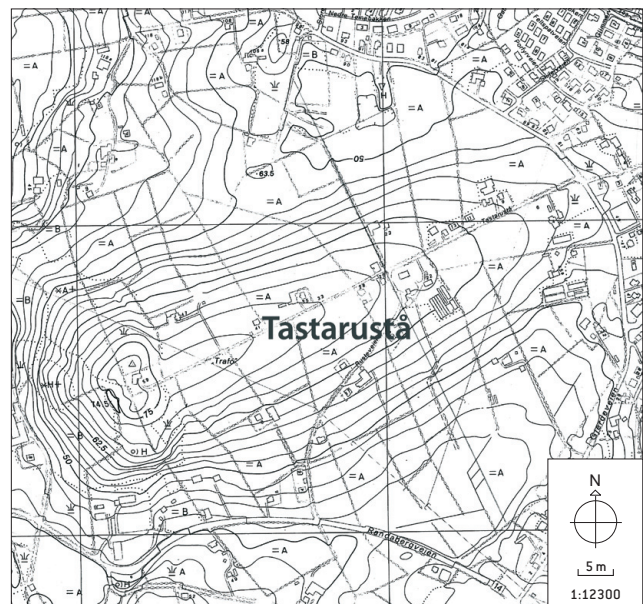


Fig. 1. Figuren viser topografisk kart over Tastarustå.
Fig. 1. Topographical map of Tastarustå.

nordøst-vestsørvestlig retning og spredt bebyggelsen ligger langs veien på begge sider. Det første møte med Tastarustå var et ublidt møte med naturkreftene. Utgravningsområdet var lokalisert på toppen av høydedraget. De store linjene, den manglende vegetasjonen og det faktum at en befant seg på toppen av et høydedrag, medførte at området var og er værutsatt for de fleste vindretninger. Det føles ekstra kaldt om våren



Fig. 2. Bildet illustrerer vindskjerming på Tastarustå.
Fig. 2. The shelter effect at Tastarustå.

og sommeren når dominerende vindretning fra nord og nordvest slår til. Et karakteristisk trekk med dagens landskap er de høye grantrærne som er plantet parallelt med veien på toppen av høydedraget. I tillegg har et av husene i nordhelningen konstruert en fast levegg i forlengelse av huset for vern mot nordavinden (fig. 2). Både grantrærne og leveggen vitner om et vindfylt klima på Tastarustå.

Landskapets topografi og vegetasjon er viktige kriterier for hvordan lokalklimaet påvirkes, både med hensyn til vind- og temperturforhold. Temperaturforholdene er blant annet avhengig av strålingsforhold og topografi. Flater med ulik helning og orientering mottar forskjellige mengder solstråling, og dermed oppstår det forskjeller i energibalanse og mikroklima (Oke 1978). Denne forskjellen i energibalanse har stor påvirkning på vekstforhold og hvordan klimaet oppleves. Flatene på Tastarustå heller forskjellig både med hensyn til helningsgrad og orientering (se fig. 1). Hvor mye en skråstilt flate mottar av solstråling vil avhenge av strålens innfallsvinkel som igjen avhenger av solhøyden, solas asimutvinkel og flatens helning og orientering (Utaaker 1991). Mottatt sum av solstråling i løpet at et døgn på ulike steder med forskjellige helningsgrader kan beregnes ved hjelp av modeller (Olseth *et al.* 1995). Området kan dermed graderes med hensyn til mottatt solstråling.

De lokale vindforhold er også avhengig av topografi og vegetasjon og landskapet i sin helhet påvirker luftstrømmen på alle nivå. Terrengformasjoner kan både øke og dempe vindhastigheten i forhold til vindhastigheten i den frie atmosfæren. Dette er et komplisert samspill mellom blant annet topografi, vegetasjon og

luftens stabilitet. Selv med avanserte modeller er det vanskelig å simulere vindhastigheten i komplekse terreng for ulike vær-situasjoner.

Forvaltningsgravingen på Tastarustå, Øvre Tasta, gnr. 28, Stavanger kommune, Rogaland, ble gjennomført sommer 2006 og 2007 i regi av AmS (Lillehammer 2005). Med utgangspunkt i denne gravingen, er hovedmålsetningen med prosjektet å kartlegge hvordan terreng og vegetasjon påvirker temperatur og vindforhold på Tastarustå. Dette har igjen betydning for bo- og dyrkingsforholdene på lokaliteten. Kartleggingen er et bidrag til å teste ut to forskjellige metoder for å oppnå kunnskap om menneskers forhold til vær og klima i forhistorien.

I dette arbeidet vil begrepet klimarom på ulike nivåer bli benyttet som et verktøy for å kartlegge de lokalklimatiske forhold med hensyn til vind på Tastarustå. For kartlegging av temperaturforholdene, vil strålingsmodellen utviklet av Olseth *et al.* (1995) anvendes.

Klimarom

Begrunnelse for introduksjon av begrepet klimarom og definisjon er beskrevet i Nitter (2008, 2009). I samme artikkel foreligger en teoretisk gjennomgåelse av klimarom med hensyn til temperatur, nedbør og vind, inkludert eksempler.

Små og store landskapstrekk påvirker temperatur, vind og nedbørsfordelingen innenfor et fylke som Rogaland og setter rammer for ulike vær-phenomen. Disse ulike vær-phenomen vil igjen eksistere innenfor forskjellige begrensede områder, kalt *klimarom*.

Et *klimarom* er definert som *et område der klimaet er ensartet med hensyn til en bestemt klimaparameter, for eksempel temperatur, nedbør, vindretning eller vindstyrke. Området er avgrenset av topografi og vegetasjon.*

Klimarommet avgrenses av: 1) vær-phenomenets tidsperspektiv, 2) den aktuelle klimaparameteren en ønsker å relatere klimarommet til: temperatur, nedbør eller vindstyrke og 3) de topografiske linjene i landskapet. Et klimarom defineres innenfor fire forskjellige skalaer; klimarom på makronivå, mesonivå, lokalnivå og mikronivå. Grupperingen bygger på prinsippet om at forskjellige vær-phenomen forekommer på forskjellige skalaer, både i horisontal og vertikal utstrekning. For hver av de fire skalaer benyttes forskjellig tidsskala på klimadataene, slik det er beskrevet i tabell 5 i Elvestad *et al.* (2009).

Begrepet har vist seg å være svært hensiktsmessig med hensyn til strøklengdemetoden som har som mål å kartlegge anløpshavner knyttet til vind og bølger (Elvestad *et al.* 2009).

Dette arbeidet er et eksempel på hvordan begrepet klimarom kan anvendes på et konkret utgravingsområde.

Klimarom med hensyn til vind

på Tastårustå

Området på Tastårustå er 1000 x 500 m (se kart i fig. 1). Ut fra nivåene beskrevet i tabell 1 i Nitter (2008, 2009), kan området betraktes som et klimarom på både lokal- og mikronivå. Innenfor disse nivåene eksisterer det forskjeller i temperatur- og vindforhold som det er mulig å kartlegge. Derimot er nedbørsforskjellene neglisjerbare. I dette arbeid vil temperaturforhold kartlegges ved hjelp av en strålingsmodell. Imidlertid vil vindforholdene kartlegges gjennom begrepet klimarom.

Selv om det er de lokalklimatiske forhold mennesker føler på kroppen (Nitter 2003), er det de store værsystemene som danner rammer for de lokalklimatiske forhold. Ved beskrivelse av klima på Tastårustå, gjennom begrepet klimarom, må derfor alle fire klimarommene inkluderes.

Høytrykket over Azorene og Islandslavtrykket flytter posisjon gjennom året. Dette medfører at polarfronten skifter bane. Fronten forflytter seg innover land fra vest og gir en vekselvirkning av lavtrykk og høytrykk. Vindforholdene på kysten blir dermed skiftende, ikke bare fra år til år, men også fra sesong til sesong og fra dag til dag.

Vindstatistikk fra dag til dag danner grunnlag for lange klimakurver der variasjoner og endringer over tid (100 år) kan beregnes. Disse lange klimakurvener er utgangspunkt for klimarom på makronivå.

For å kunne danne seg et bilde av vær og klima på mesonivå er kunnskap om frekvensfordeling av vindretning, styrke, samt sesongfordeling nødvendig. Denne type kunnskap får en ved å benytte 30-årsperioder (normalperioder).

Vindstatistikk, både i et 30 års perspektiv og i et 100 års perspektiv er viktige rammebetingelser for videre studier av klimarom på lavere nivå, både på lokal- og mikronivå. Vindstatistikk gir kunnskap om hyppigheten til de ulike vindretninger. Dette er en forutsetning ved vurderingen av værphenomen som er generert av topografi.

Vindforhold og landskap

Klimarom på alle nivå er styrt av et storstilt sirkulasjonsmønster som er avgjørende både for vindretning og vindstyrke. Imidlertid er det svært få lokaliteter som har fremherskende føringsfelt, det vil si at vindretningen følger isobarfeltet. Eksempler på lokaliteter som følger føringsfeltet er frittliggende høyfjellstasjoner (Utaaker 1991), det åpne hav og små isolerte øyer ute i havgapet. På denne type lokaliteter har ikke luftstrømmen blitt påvirket av landskapet. Utsira i Rogaland er et eksempel på en lokalitet der luftstrømmen er relativt upåvirket av landskapet både med hensyn til vindretning og vindstyrke. Utsira betraktes derfor som en referansestasjon i dette arbeid.

På de fleste andre lokaliteter er lokale vindforhold avhengig av topografi og vegetasjon.

Normalt vil vinden følge terrenget, men terrengformasjoner kan både øke og dempe vindhastigheten i forhold til vindhastigheten i den fri atmosfæren. I tillegg kan terrengformasjoner styre vinden, slik at vinden "skifter retning". For eksempel har vind som blåser på skrå av lengderetningen, i lange fjorder og daler med jevne bratte sider, en tendens til å bøye av og følge de storstilte konturene i landskapet. Luftstrøm som bøyer av på denne måten kalles for en kanaliseringseffekt (Utaaker 1995).

Når vinden blåser mot en bakketopp, vil luftstrømmen følge terrenget og tvinges oppover mot toppen. Vindhastigheten øker i dette området fordi strømlinjene presses sammen. Forsterkning av luftstrømmen kalles en akselererende effekt. En sterk vindøkning vil forekomme når vinden blåser gjennom en innsnevring i landskapet, for eksempel et sund, fjellpass eller et dalføre (Nitter 1999b). Den akselererende effekten modifiseres imidlertid ut fra mengde og størrelse på vegetasjonen, både oppstrøm og nedstrøms. Desto mer vegetasjon, desto mer oppbremsing av vinden.

Klimarom på makronivå > 200 km

Klimarom på makronivå med hensyn til temperatur og nedbør er beskrevet i Nitter (2008, 2009). Beskrivelsen tar utgangspunkt i hvordan temperatur og nedbør har variert og endret seg de siste 100 år. I et slikt tidsperspektiv betraktes hele Vestlandet som ett stort klimarom både med hensyn til tempertur og nedbør. Vestlandet kan også betraktes som ett stort klimarom med hensyn til vind, fordi variabilitet av temperatur og nedbør er sterkt avhengig av vindretning som igjen

er en direkte konsekvens av storstilt sirkulasjon. Den storstilte sirkulasjonen kan klassifiseres i forskjellige værtyper. Med en hensiktsmessig definisjon av værtyper vil det eksistere en sammenheng mellom værtyper og temperatur og nedbør. Dette er illustrert i Nitter (1999a) som viser sammenheng mellom variabilitet av værtyper og variabilitet av temperatur og nedbør på Vestlandet og Østlandet over en 110-årsperiode.

Vindretning er av den grunn en viktig indikator på luftmassenes egenskaper (fuktighet og temperatur) og en kilde til å karakterisere været på en lokalitet. Luftmassenes karakter er også en konsekvens av en modifisering av luftmassene gjennom fysiske prosesser. Luftmassene blir modifisert og påvirket av underlagene eller terrenget som "den" har passert. I tillegg er opprinnelsen til luftmassene viktig for egenskapene til luftmassene. Eksempelvis, for alle årstider for Rogaland er luftmasser som kommer fra nord kalde, fra sør varme, fra vest fuktige og fra øst tørre. I tillegg er luftmasser som kommer fra øst varme om sommeren og kalde om vinteren. Årsaken til denne sesongforskjellen er snøen i fjellområdet om vinteren som avkjøler luftmassene.

En annen tommelfingerregel er at luftmasser som har passert havet, har tatt opp fuktighet. Dette betyr at luftmasser fra nordvest, vest og sørvest er fuktige og avgir ofte nedbør. Men også vind fra sør og sørøst kan gi nedbør hvis dette er i forbindelse med en frontpassasje.

Dette betyr at Rogaland, som er en del av et større klimarom, Vestlandet, skifter karakter med hensyn til luftmassenes egenskaper når vinden skifter retning.

Klimarom mesonivå 10–200 km

Ved konstruksjon av klimarom på mesonivå med hensyn til vind, er det de store linjene og konturene i landskapet på størrelsesorden 10–200 km som vil danne rammene for klimarom.

Landskapet påvirker vindforholdene og av den grunn vil landskapsrommene med hensyn til vind variere fra

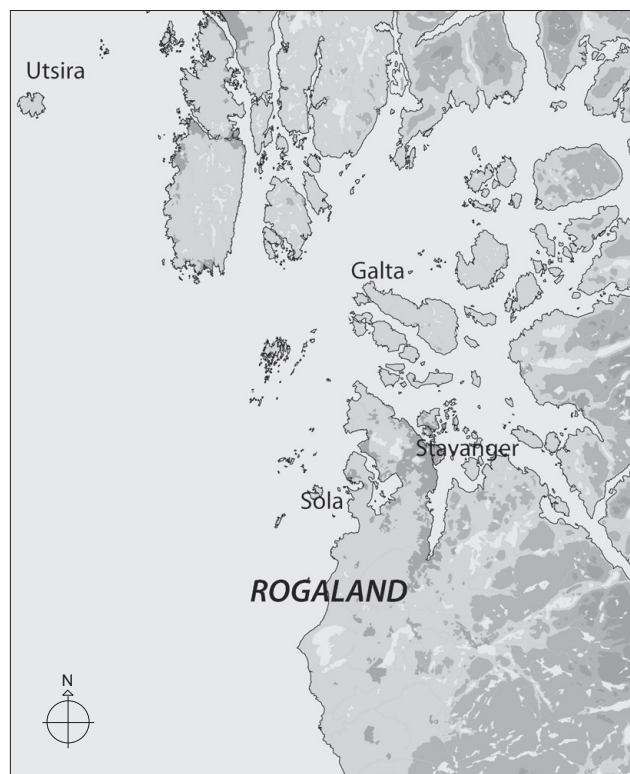


Fig. 3. Kartet viser lokalisering av stasjonene Galta, Utsira, Sola og Stavanger.

Fig. 3. The location of the weather station at Galta, Utsira, Sola and Stavanger.

vindretning til vindretning. For å kunne si noe om det dominerende vindklimaet på Tastarustå på mesonivå, benyttes 30-års normaler fra ulike stasjoner i Rogaland.

Følgende tre stasjonene er valgt i dette arbeidet: Utsira, Stavanger og Galta. Kartet i fig. 3 viser hvor de forskjellige stasjonene er lokalisert. Stavanger og Galta er valgt på grunn av sin nærhet til Tastarustå. Utsira er valgt som referansestasjon. Vindklimaet på referansestasjonen Utsira, er på årsbasis dominert av vind fra sørøst, sør og nord (tabell 1). Årsaken til denne fordelingen er lavtrykkspassasjene fra vest. Foran en frontpassasje dreier vinden mot sørøst, for så å dreie over på sør. Rett bak frontpassasjen dreier vinden mot nord og nordvest.

Vindretning/ wind direction	345°-14°	15°-44°	45°-74°	75°-104°	105°-134°	135°-164°	165°-194°	195°-224°	225°-254°	255°-284°	285°-314°	315°-344°
Galta, Rennesøy	4,9	4,4	5,8	6,8	7,4	12,8	13,3	9,6	6,2	6,4	8	11,5
Stavanger	7,2	3,2	1,4	4,9	3,5	11,4	12,6	8,4	6,1	9,7	5,9	16,3
Utsira	14,1	5,3	2,9	3,5	6,5	11,4	16,7	8,5	7	6,4	7,7	8,5

Tabell 1. Frekvensfordeling av vindretning (%) for Galta, Utsira og Stavanger. (Resultatene er uttrykt ved hjelp av vindrose der vind fra nord ~ 0° / 360°, vind fra øst ~ 90°, vind fra sør ~ 180° og vind fra vest ~ 270°). Kilde: met.no

Table 1. The frequencies of wind direction (%) for Galta, Utsira and Stavanger. (The results are expressed by the following wind direction indicators: northerlies ~ 0° / 360°, easterlies ~ 90°, southerlies ~ 180° and westerlies ~ 270°). Source: met.no

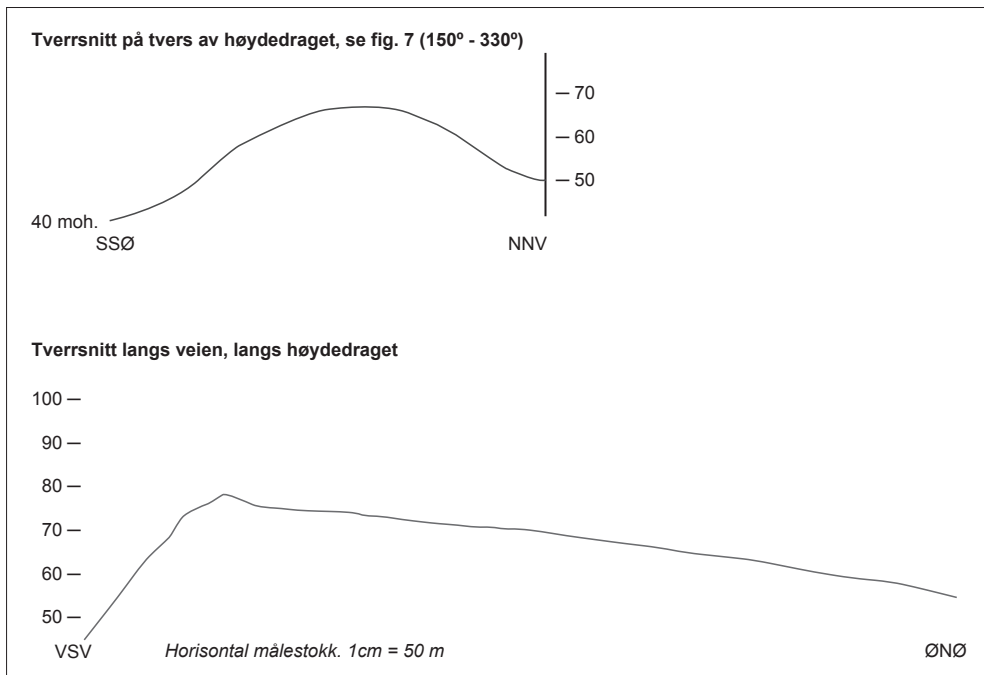


Fig. 5. Tverrsnitt over Tastarustå SSØ-NNV og VSV-ØNØ. Fig. 5. Profiles across Tastarustå in SSE-NNW and WSW-ENE directions.

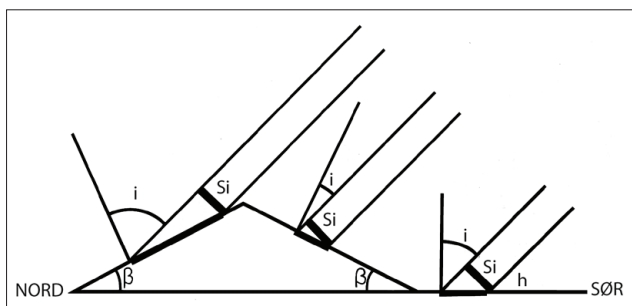


Fig. 6. Figuren illustrerer forholdet mellom mottatt stråling på en flate og strålens innfallsvinkel. Etter Utaaker (1991).

Fig. 6. The relationship between the radiation received by a surface and the angle of the sun's beam. After Utaaker (1991).

deretningen i lange fjorder og daler med jevne bratte sider, har en tendens til å bøye av og følge de storstilte konturene i landskapet (Utaaker 1991). Kartet i fig. 4 illustrerer at vind som blåser fra nord og nordvest kanaliseres inn Byfjorden mot Stavanger sentrum.

Byøyene og høydedraget sør for fjorden danner et relativt trangt sund, eller en led. I denne innsnevringen vil vinden få en akselererende effekt. Det er denne vinden som treffer Tastarustå og som er årsak til det vindfylte klimaet.

Klimarom på mikronivå (1 cm–1000 m)

Landskapet på Tastarustå består av homogene hellende flater. For å illustrere vindklimaet i et hellende landskap ut fra generelle lovmessigheter om lokalklimaet, er de topografiske forholdene vist ved et tverrsnitt i østnordøstlig-vestsørvestlig retning og nordnordvestlig-sørsørøstlig retning (fig. 5). Høyeste punkt på høy-

dedraget er i underkant av 80 moh. Fra dette punkt er helningsgraden størst mot sørsørvest (ca 12°) og minst mot øst nordøst (2°). Det høyeste punkt i sørsørvest er imidlertid ikke inkludert i utgravningsområde. Tverrsnittet i østnordøst-vestsørvestlig retning er derfor tatt lengre mot øst (se fig. 7). Her heller terrenget ca 8° i begge retninger.

På grunn av terrengformasjonene er det den akselererende effekten som er viktigst på Tastarustå. Med det menes at når vinden blåser (luftstrømmene forflyttes) vinkelrett på en skråning (oppstrøms), vil vindhastigheten være lavest i bunn av dalen og sterkest på toppen, for så avta igjen på lesiden (nedstrøms). Hvilken dalside som er oppstrøms og nedstrøms endrer seg med vindretningen. Når vinden blåser med en nordlig eller sørlig komponent, er helningen større enn når det blåser med en østlig komponent på de aktuelle feltene. Imidlertid må det påpekes at helningen, selv mot nord og sør ikke er særlig bratt (8°), og skråningen er heller ikke særlig lang. Det betyr at den akselererende effekten ikke er sterk, men den forekommer.

Som tidligere nevnt, modifiseres den akselererende effekten ut fra mengde og størrelse på vegetasjonen, både oppstrøm og nedstrøms. Det generelle særpreg ved dagens landskap på Tastarustå er et åpent landskap, med spredt bebyggelse og dyrka mark. De høye grantrærne har en spesiell effekt om våren og sommeren når den hyppigste vindretningen er fra nord og nordvest. I skråningen som heller i sørøstlig retning oppnår en full le-effekt. I slike vær-situasjoner er lokalklima

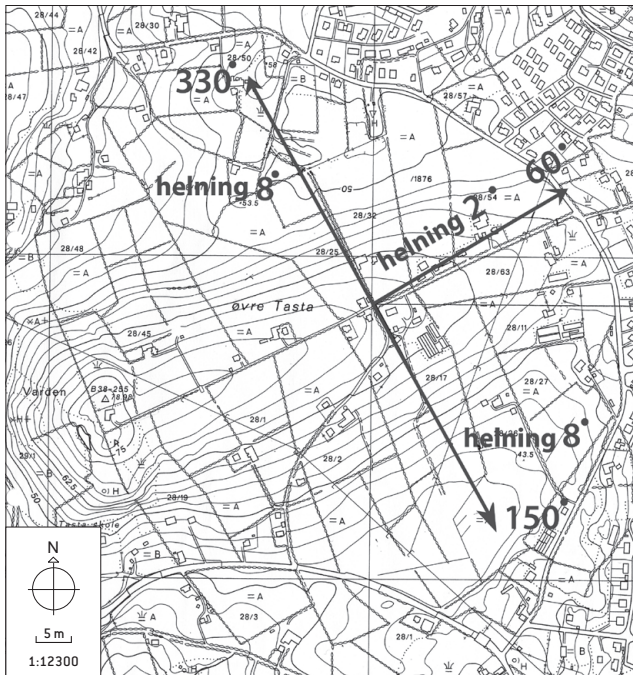


Fig. 7. Helningene som er valgt ved modellberging av totalstråling ($K\downarrow$), direkte stråling (S) og diffus stråling (D).

Fig. 7. The slopes chosen to calculate the short-wave input to the surface ($K\downarrow$), the direct-beam radiation (S) and the diffuse-beam radiation (D).

gunstigere her enn i skråningene som heller mot de andre himmelretningene.

Pollenprøver viser at landskapet fra førromersk jernalder til vikingtid, var et mosaikklandskap, ikke ulikt det vi har i dag (Prøsch-Danielsen & Simonsen 2000). Derfor må Tasterustå også i forhistorien ha vært et vindfylt område. Det er imidlertid viktig å påpeke at det ikke er mulig å rekonstruere den forhistoriske vegetasjonen og vindforholdene i detalj. Eksempelvis er det vanskelig å rekonstruere små skogsholt som har stor betydning for de lokalklimatiske forholdene.

Temperatur- og strålingsforhold på Tasterustå

En av målsetningene i dette arbeid er å kartlegge temperaturforholdene med hensyn til bo- og dyrkingsforhold på Tasterustå. I arkeologien er varmesum benyttet som en indikator på fast bosetning og dyrkingsforhold (Fjærvoll 1961, Sjøvold 1974). Forskjellige typer kornslag trenger en viss varmesum for å modnes. Varmesummen er summen av døgnmiddeltemperaturen fra såing til modning (middeltemperatur * dagtallet). Varmesummen er avhengig av temperatur, men den er også avhengig av nedbør og breddegrad. På nordlige breddegrad er krav til varmesum i vekstsesongen redusert fordi økt daglengde kompenserer for lavere temperatur.

I Nitter (2008, 2009) er temperatur- og nedbørsforhold i Rogaland beskrevet gjennom klimarom-begrepet. Gjennomsnittstemperaturen i Rogaland for juli er mellom 14.0–14.5°C (Nitter 2008, 2009) og 14°C-isoterme strekker seg nordover (Sjøvold 1962:9). Det interessante er at 14°C-isoterme ”kryper” lengre inn i landet med økende breddegrad. Utenfor Finnmark og Troms er det 10°C-isoterme som følger den ytterste kyststripen. Det er med andre ord en nord-sør-gradient med hensyn til temperatfordeling og denne fordeling har konsekvenser i forhold til dyrkingsmuligheter.

Sjøvold (1974:299) illustrerer gjennom Kolstrups figur (Kolstrup 1960) den nordlige grense for korndyrking i siste halvdel av 1700-tallet i Troms. Denne grensen korresponderer nært til den nordlige grensen for fast bosetning i sen jernalder (Sjøvold 1974:354). Som et viktig moment i denne diskusjonen, har varmesummen som plantene mottar i løpet av vekstsesongen, vært benyttet som en avgjørende faktor (Fjærvoll 1961:101, Sjøvold 1974:351,354).

Beregning av varmesum (fordeling) over et større geografisk område, eksempelvis Norge, er en svært anvendbar metode for å kartlegge de marginale dyrkingsområdene i forbindelse med jordbruk, både i nåtid og fortid. Derimot kreves det helt andre metoder i kartlegging av temperatur over mindre avgrensede områder, eksempelvis Tasterustå.

I Norge varierer topografien mellom trange og åpne fjorder og daler. Det varierer også mellom flate vidder, til småknauset landskap og høye fjell. Selv innenfor små avstander kan landskapet variere mye.

Det er tidligere vist hvordan landskapet påvirker lokale vindforhold. Det vil her illustreres hvordan lokale temperaturforskjeller er knyttet til forskjeller i strålingsenergi.

Flater med ulik helning, orientering og vegetasjon, mottar forskjellige mengder strålingsenergi fra sola, og dermed oppstår det forskjeller i energibalanse og mikroklima (Oke 1978). Denne forskjellen i energibalanse har stor påvirkning på vekstforhold og hvordan klimaet oppleves.

I et flatt landskap med homogent vegetasjonsdekke vil temperaturforskjellene innenfor et begrenset område vært neglisjerbar. Imidlertid varierer landskapet i Norge svært mye innenfor små avstander. Fjell, bygninger og vegetasjon lager skyggeeffekter i forhold til hverandre. Disse skyggeeffektene varierer gjennom året og døgnet.

Når solen står lavt på himmelen og fjellene er høye, er skyggeeffekten stor. Enkelte steder på Vestlandet forsvinner solen helt om vinteren. En utfordring på våre breddegrader er at antall timer i løpet av året med solhøyde mellom 0–12° er 2,2–3,1 ganger høyere enn ved 0–30° breddegrad (Olseth *et al.* 1995). Det betyr at på våre breddegrader står solen oftere lavt på himmelen enn på sørlige breddegrader, og områder med bratte fjell er spesielt utsatt for skyggeeffekter.

For å kunne si noe om strålingsforholdene på Tastarustå, er måling av stråling over lang tid og på ulike steder det mest optimale. Dette er imidlertid krevende både med hensyn til tid og økonomi. For å bote på dette dilemma, er det derfor valgt å benytte en romlig strålingsmodell som er utviklet ved Universitet i Bergen av Olseth *et al.* (1995).

Utvikling av modellen har hatt som hensikt å kartlegge hvor det er energiøkonomisk gunstig å bygge ut nye boligområder i bergensområdet der fjellene spiller en sentral rolle med hensyn til skyggeeffekter. Hvor har en best effekt av solen gjennom året? Ved å legge inn faste variable og kun variere flatens helningsgrad og orientering kan modellen til Olseth *et al.* (1995) anvendes for Tastarustå.

Topografien på Tastarustå heller 8° mot nordnordvest og sørsørøst. Helningen mot østnordøst er 2° (fig. 7). For hver av helningene vil en ved hjelp av modellen kartlegge forskjeller i strålingsforhold. Er forskjellen i strålingsenergien mellom de ulike helningene betydelig? Kan dette ha hatt betydning for plassering av boliger og eventuelt vekstforhold?

Først vil generell strålingsteori presenteres med vekt på energiutveksling mellom flater og stråling på hellende flater. Strålingsteorien er basert på lærebøkene til Paltridge & Platt (1976), Utaaker (1991) og Oke (1978). Den er svært forenklet og begrenset presentert.

Deretter vil modellen til Olseth *et al.* (1995) og resultatene fra modellkjøringene presenteres.

Energiutveksling mellom flater

Når solstrålingen fra sola når jorda er den sterkt sveket ved absorpsjon og spredning. Dette skyldes den store avstanden mellom jorda og sola. Solstråling absorberes blant annet av vanddamp (H₂O), ozon, CO₂, skyer (vanndråper og iskrystaller) og drivhusgasser.

Spredning av solstråling skjer blant annet gjennom "Rayleigh-spredning" som skyldes luftmolekylene. Spredningen er proporsjonal med bølgelengden opp-

høyd i fjerde potens. Spredningsmekanismen er imidlertid svært innfløkt og vil ikke bli forklart nærmere her. Av den strålingen som når jordoverflaten, blir noe reflektert tilbake til atmosfæren, resten blir absorbert.

Energiutveksling mellom overflaten og atmosfæren på dagtid er gitt ved:

$$Q^* = K^* + L^* = (K\downarrow - K\uparrow) + (L\downarrow - L\uparrow) = K\downarrow (1 - \alpha) + (L\downarrow - L\uparrow) \quad (1)$$

$$\alpha = K\uparrow / K\downarrow \quad (2)$$

Q*: netto strålingsbalansen

K*: netto kortbølget stråling (solstråling)

L*: netto langbølget stråling

K↓: kortbølget stråling fra sola til en flate

K↑: reflektert kortbølget stråling fra flaten

L↓: langbølget stråling fra atmosfæren

L↑: langbølget stråling fra en flate, avhenger av flatens temperatur og overflateemmisivitet (ε)

α: overflatens albedo (refleksjonskoeffisient). Noe av strålingen som treffer jordoverflaten blir reflektert. Hvor mye som blir reflektert avhenger av overflatens egenskaper. For eksempel er refleksjonsevnen høy for nysnø (0,80) og lav for mørk åkerjord (0,10).

I dette arbeidet er det forskjellen i energibudsjetten for forskjellige helninger og orientering på flaten som er i fokus. I den sammenheng er det kortbølget stråling fra sola (K↓) som treffer overflaten, som er viktigst.

Kortbølget stråling som kommer inn mot en horisontal flate kalles globalstråling og er en sum av direkte stråling (S), og diffus stråling (D):

$$K\downarrow = S + D \quad (3)$$

I resten av artikkelen blir K↓ betegnet som "totalstrålingen".

Diffus stråling (spredt lys) er den del av solstrålingen som først når jordoverflaten etter å ha bli spredt i atmosfæren, for eksempel ved Rayleighspredning. Alle de tre leddene i ligning 3 varierer med solhøyde, skydekke og forurensing i atmosfæren. Ved tette skyer blir den direkte strålingen (S) absorbert og reflektert tilbake til atmosfæren. I slike vær-situasjoner er det den diffuse strålingen (D) som er dominerende. Ved klarvær er det mest direkte stråling (S). I middel utgjør diffus stråling (D) mer enn 50 % av totalstrålingen (K↓) i det skyrike bergensklimate, selv midtsommers (Utaaker 1991).

Stråling på hellende flater

Flatene som er representert på Tastarustå er skråstilte. Av direkte stråling (S) og diffus stråling (D) er det først og fremst S som blir påvirket av flatens helning og orientering.

Hvor mye en skråstilt flate mottar av direkte stråling, vil avhenge av solstrålens innfallsvinkel som igjen avhenger av solhøyden, solas asimutvinkel og flatens helning og orientering (Utaaker 1991). Solhøyden varierer med breddegrad, årstid og tid på døgnet. Solas asimutvinkel varierer med tid på døgnet.

Forholdet mellom direkte stråling til en skråstilt flate S_s og S_1 er vist i fig. 6 og er gitt ved cosinusloven:

$$S_s = S_1 \cos i \quad (4)$$

S_s : direkte solstråling på en flate som står vinkelrett på solstrålen (se fig. 6)

S_1 : direkte stråling til en skråstilt flate

β : flatens helning

i : solstrålens innfallsvinkel. Bestemt av solhøyden (h i fig 6) og solas asimutvinkel (nord 0° , øst 90° , sør 180° og vest 270°), flatens helning β og orientering (asimutvinkel).

For at S_s skal ha høyest verdi, må følgende tilfredstilles: $\cos i = 1 \Rightarrow i = 0^\circ$

Det betyr at jo mindre vinkelen er, desto større blir S_s .

Strålingsforholdene på Tastarustå ut fra modellberegninger

De viktigste faktorene som påvirker den romlige fordeling av total stråling er (1) solhøyde, (2) atmosfærens sammensetning (i hovedsak skyer), (3) overflatens orientering, (4) bakkens albedo og (5) skyggeeffekter fra omliggende horisont (Olseth *et al.* 1995). Faktor 1 og 2 er kalkulert av Zelenka *et al.* (1992). Faktor 3 og 4 er bestemt ved hjelp av en prosedyre utviklet av Skartveit & Olseth (1986), mens faktor 5 er bestemt ved hjelp av en ny fortrancode som krever digitale topografiske kart som input, og som er benyttet i modellen til Olseth *et al.* (1995). Modellen krever også strålingsdata fra "a site" med fri horisont. Modellen beregner gjennomsnittlige døgnverdier av totalstråling ($K\downarrow$), diffus stråling (D) og direkte stråling (S).

Utgangspunktet for modellen er ligning 3 og 4. De ulike leddene i ligningen er blant annet en funksjon av "Rayleighspredning", ozonabsorpsjon, vandampabsorpsjon og svekking (spredning og absorpsjon) ved

Horisontal flate / Horizontal surface			
dato / date	$K\downarrow$ (MJ/m ²)	S (% of $K\downarrow$) (MJ/m ²)	D (MJ/m ²)
01.01	1.455	0.602 [41.4]	0.853
01.02	3.732	2.131 [57.1]	1.600
01.03	8.809	6.064 [68.8]	2.745
01.04	16.539	12.417 [75.1]	4.122
01.05	23.887	18.394 [77.0]	5.493
01.06	28.790	22.272 [77.4]	6.517
01.07	29.155	22.323 [76.6]	6.832
01.08	25.210	19.064 [75.6]	6.146
01.09	18.422	13.615 [73.9]	4.806
01.10	10.974	7.651 [69.7]	3.324
01.11	4.788	2.903 [60.6]	1.885
01.12	1.781	0.801 [45.0]	0.980

Tabell 3. Fordeling mellom direkte stråling (S) og diffus stråling (D) for en horisontal flate. ($K\downarrow$) er kortbølget stråling (totalstråling).

Table 3. Distribution of direct-beam and diffuse-beam radiation on a horizontal surface. ($K\downarrow$) is the short-wave input (energy totals).

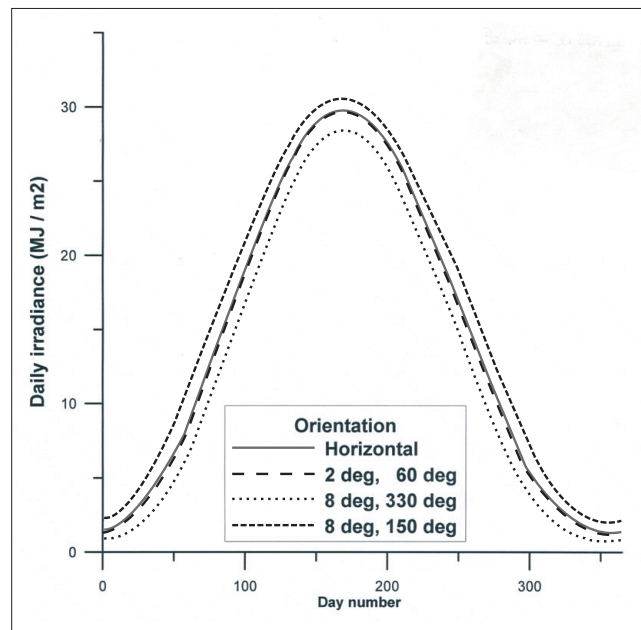


Fig. 8. Totalstråling for fire forskjellige flater som en funksjon av året. Graf: Jan Asle Olseth, UiB.

Fig. 8. Short-wave radiation for four surfaces as a function of the year. Graph: Jan Asle Olseth, UiB.

støv. Dette er beskrevet nærmere i Paldridge & Platt (1976:117)

Modellen beregner totalstråling ($K\downarrow$), direkte stråling (S) og diffus stråling (D) for fire forskjellige flater med ulike helningsvinkler og orientering på Tastarustå. Følgende flater er valgt (se fig. 7):

1. Horisontalt
2. 2° helning mot østnordøst (60°)
3. 8° helning mot sørsørøst (150°)
4. 8° helning mot nordnordvest (330°)

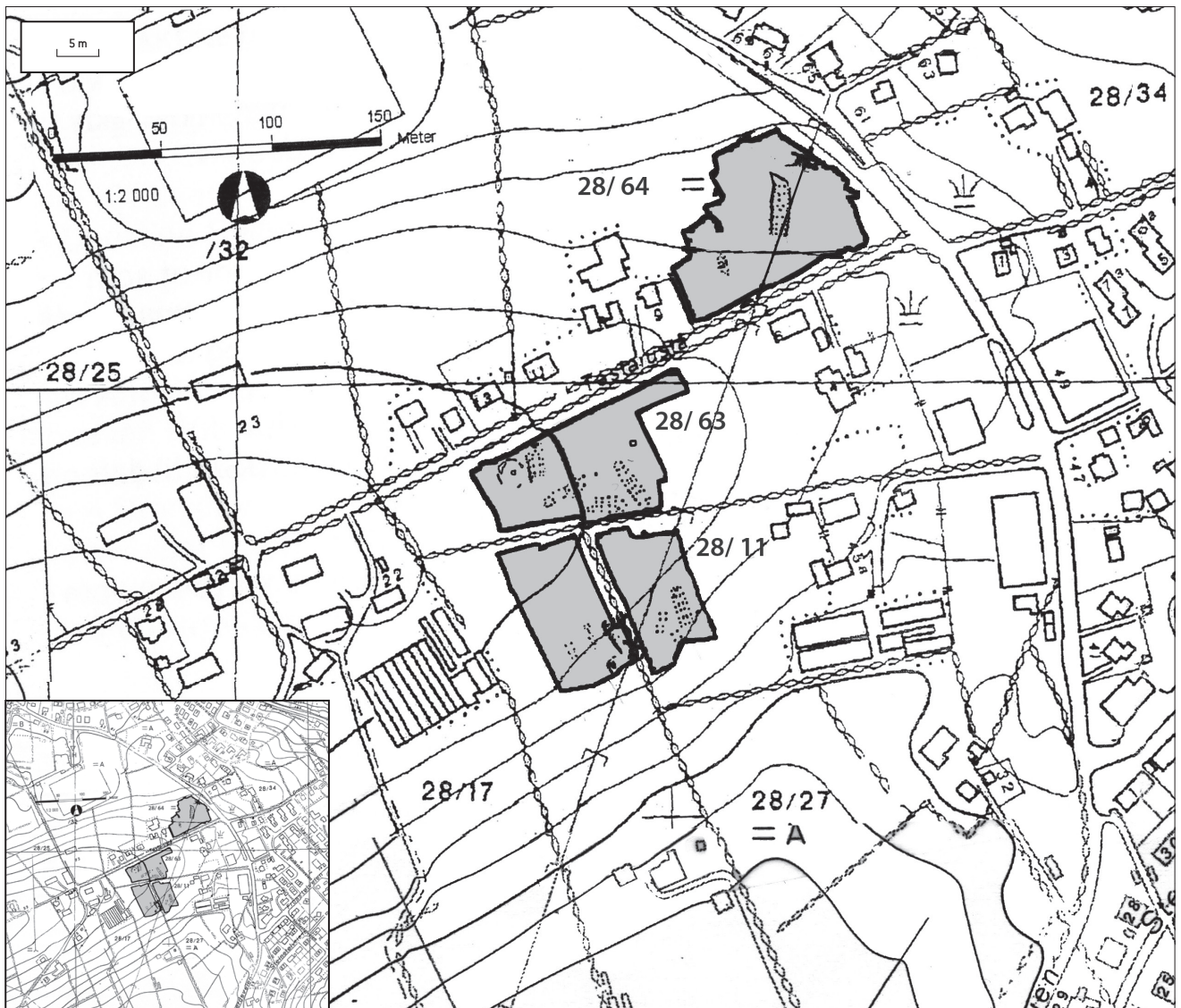


Fig. 9. Husenes orientering i terrenget på de ulike feltene.
 Fig. 9. Orientation of the houses in the landscape in the excavated areas.

Følgende inputvariable holdes konstant gjennom kjøringen:

- Skyfritt
- Breddegrad (58.50°N)
- Utfelt vanddamp mengde (månedsverdier)
- Aerosol, optisk dybde
- Ozonmengde (månedsverdier)
- Regional albedo (månedsverdier)
- Forgrunnsalbedo (månedsverdier).

Fig. 8 viser totalstrålingen for de fire flatene som en funksjon av året. Alle fire flater viser lavest verdi om vinteren og høyest om sommeren. Flaten som heller i sørsørøstlig retning med en 8° helning, viser litt høyere verdier enn flaten som heller mot nordnordvest. Kurvene for horisontal flate og 2° helning mot østnordøst

er tilnærmet like. Imidlertid er forskjellene mellom de fire flatene små og har minimal betydning med hensyn til forskjeller i overflatens overflatetemperatur, og dermed små forskjeller i vekstforhold.

Fordelingen mellom direkte og diffus stråling for en horisontal flate er illustrert i tabell 3.

Verdiene for både direkte og diffus stråling er lavest om vinteren når solen står lavest på himmelen. Verdiene øker utover våren og når et maksimum i juni og juli. Det er likevel en viktig forskjell mellom sesongene. I desember og januar, når solen står lavt på himmelen, står diffus stråling for 50–60% av den totale strålingen. Derimot står den direkte strålingen for 70–80% om sommeren. Det betyr at den diffuse strålingen spiller større rolle om vinteren enn om sommeren i totalbudsjetten.

Diskusjon og konklusjon

Ved anvendelse av strålingsmodellen til Olseth *et al.* (1995) er det påvist at det kun er små forskjeller i strålingsforholdene på Tastarustå. Helningene er ikke bratte nok til å gi skyggeeffekter og resultatene fra modellkjøringen viser at i et landskap der helningsgraden kun er 8° spiller orienteringen på flaten liten rolle med hensyn til strålingsforholdene. En finner litt høyere verdier av totalstrålingen i sørhellingen, men ikke betydelig. Dette indikerer at det er tilnærmet like gode bo- og dyrkingsforhold med hensyn til temperatur på de tre feltene på Tastarustå. Det har dermed heller ikke hatt noen betydning for husenes orientering i landskapet.

Hvilken rolle har vindforholdene spilt med hensyn til husenes lokalisering i terrenget og hvilken lokalklimatisk konsekvens har lokaliseringen fått?

Gjennom klimarom-begrepet er vindklimaet på Tastarustå kartlagt og metoden viser seg å være hensiktsmessig. Gjennom teori og benyttelse av klimastatistikk er det vist hvordan topografien påvirker vindforholdene innenfor de ulike fire klimarommene. Metoden illustrerer at Tastarustå er et spesielt værutsatt område på grunn av topografiske effekter som fører til både akslerasjonseffekter og kanaliseringseffekter på mikro- og lokalnivå.

Fig. 9 viser husenes orientering i terrenget på de ulike feltene på Tastarustå. Både på felt 2a og 2b, der helningen er størst, ligger husenes lengderetning i flukt med landskapets fallretning (nordnordvest-sørsørøst). Det samme ser en på felt tre der terrengets helning har en nordlig komponent, og husene er orientert nord-sør. Derimot, på felt 1 der området er relativt flatt, finnes ikke samme mønster i husenes orientering. Tre hus er orientert øst-vest, ett hus nord-sør og det siste nordvest-sørøst. Denne måten å orientere husene på, har både gunstige og ugunstige lokalklimatiske konsekvenser.

De fleste husene er orientert slik at husenes lengderetning ligger i flukt med landskapets fallretning, nordnordvest-sørsørøst og nord-sør. Disse retningene er sammenfallende med de hyppigste vindretningene som er vind med en nordlig eller sørlig komponent. Å legge kortenden til de hyppigste vindretning er svært gunstig. Vinden vil følge veggene og det vil bli lite turbulens bak husets kortende. Derimot, husene som er orientert med husets lengderetning mot vinden, øst-vest, vil oppleve at vinden forsterkes over taket og bak huset. På lesiden vil det dannes en bakevje med sterk

turbulens. Å legge husene i en skråning er ugunstig. Dette skyldes den akselererende effekten dette har på vinden. På Tastarustå er ikke helningen særlig bratt eller lang. Det har derfor vært gode muligheter til å beskytte seg med vindvern, eksempelvis rekker av trær eller busker, hekker eller gjerder som har som hensikt å minske vindhastigheten (Nitter 2003). Dette ser en eksempler på i nåtid (fig. 2). Om menneskene på Tastarustå i forhistorien har brukt vindvern for å beskytte seg mot vinden, kan ikke bekreftes ut fra funnmaterialet, men det kan heller ikke utelukkes at menneskene på en eller annen måte beskyttet seg mot det vindfylte klimaet som også den gang var en del av menneskenes rammebetingelser.

I hvilken grad lokalklima har spilt en rolle ved valg av plassering av boplasser, er vanskelig å gi et entydig svar på. For å komme et skritt nærmere denne problemstilling, må resultatene fra Tastarustå sees i sammenheng med andre utgravingsresultater fra Rogaland.

Myhre (1980) peker på at det er flere faktorer som avgjør husenes orientering, deriblant den lokale fremherskende vindretning, terrenget på stedet, og husenes beliggenhet i forhold til hverandre. På Jæren har mange hus i folkevandringstid vært orientert nordvest-sørøst, slik at den kalde nordvesten som er dominerende om våren og sommeren skulle treffe gavlveggen (Myhre 1980:229). 30-årsnormalen for Sola, som er representativ for Tastarustå, viser at vind fra sør og sørøst forekommer hyppigst på årsbasis. Maksimum hyppighet av sørøstlig vind forekommer om vinteren og avtar i løpet av våren, for å nå et minimum om sommeren. Ved å legge husene nordvest-sørøst beskytter en seg både for den kalde nordavinden om sommeren og de fuktige luftmassene fra sørøst om vinteren.

Resultatene fra de senere års utgravninger viser at det er vanskelig å finne et mønster med hensyn til husenes orientering. På Kvåle i Time kommune, Rogaland, er to av husene orientert nordnordvest-sørsørøst og et hus nordvest-sørøst (Soltvedt *et al.* 2007). Derimot på Jernaldergården, Stavanger kommune, er de to største husuftene orientert nordnordøst-sørsørvest (Myhre 1980). På Hundvåg, på Austbø i Stavanger kommune, er de to husene fra eldre bronsealder orientert nordvest-sørøst og nordøst-sørvest. Huset fra yngre bronsealder/tidlig førromersk jernalder er orientert nordøst-sørvest (Juhl 2001). På Høgevollen ved Egersund har det vært bosetning både i førromersk jernalder og i folkevandringstid. Alle husene fra disse perioder er orientert øst-vest

(Steen 1995). Blant de 23 husene som er funnet på Gausel i Stavanger kommune, er de fleste mulige orienteringer representert. Husene er fra førromersk jernalder til merovingertid. Imidlertid ser det ut som bygningene gjennomgående er orientert liggende med lengderetningen i flukt med terrengets fallretning (Børsheim & Soltvedt 2002). Slik har det også vært en tendens til i jernalderen, der bebyggelsens orientering hovedsakelig har vært med hensyn til topografi og landskapets fallretning (Myhre 1980:230). Dette mønster gjenkjennes også fra Hundvåg og Tassarustå.

På Forsand er det avdekket 170 hus på to forskjellige områder i tidsspennet førromersk jernalder til folkevandringstid. Landskapet på Forsand der husene er lokalisert, er relativt flatt. Landskapet er imidlertid omkranset av høye fjell som både setter grenser for solinnstråling vintertid og som påvirker vindstyrke og vindretning. På Forsandmoen er husene fra periodene tidligere enn førromersk jernalder i gjennomsnitt orientert vestnordvest-østsørøst. Etter denne tidsperioden er det større variasjon i husenes orientering, men i gjennomsnitt er husene orientert vestnordvest-østsørøst (Løken 1991).

Plasseringen av husene har også endret seg i løpet av bosetningsperioden på Forsandmoen. I yngre bronsealder er bosetningen lagt der hvor lokalklimaet er best med hensyn til antall soltimer og lavest vindstyrke, og i stor avstand fra havn og sikre varmekilder (Løken 1991, Løken *et al.* 1996). I yngre romertid er bebyggelsen flyttet lengre sør til det mest vindutsatte området på moen og det mest ugunstige område med hensyn til naturlig soloppvarming på grunn av skyggeeffekter fra fjellene. Imidlertid er det her bedre tilgang til ressurser som vann, fiske og kommunikasjon (Løken 1991).

Studerer en husenes plassering i et hellende landskap, ser en både på Tassarustå og Gausel at den forhistoriske bebyggelsen forflyttet seg oppover mot toppen av høydedraget med tiden (Børsheim & Soltvedt 2002, Armstrong & Kjeldsen 2008). På Tassarustå finnes den eldste bosetningen lengst nede på felt 3 og 2 der terrenget skråner mot nord. to av husene her er fra førromersk jernalder. De yngste husene finner en mot toppen, der det skråner svakt mot østnordøst. I dette område er det sannsynlig mest vindfylt.

Resultatene fra Tassarustå, Gausel og Forsand viser at det er vanskelig å gi et entydig svar på hvor stor rolle klima har spilt ved plassering og lokalisering av hu-

sene i landskapet. Mest sannsynlig er det flere faktorer enn klima som spiller en avgjørende rolle. En faktor kan være at det er gunstigere byggeteknisk å legge husenes lengderetning med landskapets fallretning (pers. komm Trond Løken 2008). Resultatene indikerer også at bebyggelsen er flyttet fra lokalklimatiske gunstige steder til ugunstige steder over tid. Utgravningsresultatene fra Rogaland indikerer at lokalklima har hatt størst betydning for valg av bosetningsområde i den eldste bosetningen og mindre betydning i den yngste bosetningen.

Takk

En stor takk til Jan Asle Olseth ved Geofysisk Institutt (UiB) som har kjørt modellen som er anvendt i prosjektet. Takk til Trond Løken som har lest manuskriptet og kommet med konstruktive innspill. Takk til Lina Røkkum Andresen som har bidratt med grafisk hjelp.

Referanser

- Armstrong, N.J.O. & Kjeldsen, G. 2008: *Jernalderbebyggelse på Tassarustå. Øvre Tasta, gnr. 28, bnr. 54, 63, 11 og 26, Stavanger kommune*. Oppdragsrapport B, 13A, Arkeologisk museum i Stavanger, 87 s.
- Børsheim, R.L. & Soltvedt, E-C. 2002: Gausel-utgravningene 1997–2000. *AmS-Varia* 39, 294 s.
- Den norske los 1990: *Farvannsbeskrivelse, Jærens rev-Bergen*. Statens kartverk, Norges sjøkartverk, 566 s.
- Elvestad, E., Nitter, M. & Selsing, L. 2009: Tverrfaglig innfallsvinkel til verneprogner og vernestrategi for maritime kulturminner knyttet til anløpsplasser og leder fra jernalder og middelalder, *AmS-Varia* 49, 131–186.
- Fjærvoll, K. 1961: *Korndyrking i Hålogaland i gammel tid. 1500- og 1600-åra*. Tilleggsbok til Håloygminne. Svorkmo. 127 s.
- Juhl, K. 1995: Austbø på Hundvåg gjennom 10 000 år. Arkeologiske undersøkelser i Stavanger kommune 1987–1990 Rogaland, Syd-Vest Norge. *AmS-Varia* 38, 101 s.
- Koldtrup, K. 1960: *Diffusjon og grense. Kultur og diffusjon*. Foredrag på Nordisk etnografmöte, Oslo.
- Lillehammer, G. 2005: Søknad om dispensasjon fra Lov om kulturminner § 8, 4. ledd for plan 1731 Tassarustå, Øvre Tasta, gnr. 28, Stavanger kommune, Rogaland. *AmS-arkiv* 99/07619-16/28 433, 1–8.
- Løken, T. i Wik, B. (red) 1991: Forsand i Rogaland – lokalt sentrum i de sørlige Ryfylkefjordene? *Gunneria* 64. Den 18. nordiske arkeologkongress, Trondheim 28.8-4.9-1989, 207–221.
- Løken, T., Pilø, L. & Hemdorff, O., 1996: Maskinell flateavdekking og utgraving av forhistoriske jordbruksboplasser. En metodisk innføring. *AmS-Varia* 26, 104 s.

- Myhre, B. 1980: Gårdsanlegget på Ullandhaug 1. Gårdshus i jernalder og tidlig middelalder i Sørvest- Norge. *AmS-Skrifter 4*, 540 s.
- Nitter, M. 1999a: *Variability in the atmospheric circulation of the North Atlantic region in the period 1881-1993*. Upublisert doktorgradsavhandling, Universitetet i Bergen.
- Nitter, M. 1999b: *Vindsystemer på lokal/mesoskala som påvirker lokale værforhold*. Upublisert prøveforelesning i forbindelse med doktorgraden.
- Nitter, M. 2003: Klima og hverdag. Hva er lokalklima og hvordan virker det inn på vårt daglige liv. *Frå haug ok heiðni 1-2*, 27-34.
- Nitter, M. 2008: Klimarom: Klimaets avhengighet av skala og landskap. <http://jenny-rita.org/mariannenitter.html>.
- Nitter, M. 2009: Klimarom: Klimaets avhengighet av skala og landskap. *AmS-Varia 49*, 119–130
- Oke, T. R. 1978: *Boundary Layer Climates*. Methuen, London and New York, 372 s.
- Olseth, J.A., Skartveit, A. & Zou, H., 1995: Spatially continuous mapping of solar resources in a complex high latitude topography. *Solar Energy Vol. 55, No. 6*, 475- 485.
- Paltridge, G.W. & Platt, C.M.R. 1976: *Radiative processes in meteorology and climatology*. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam – Oxford – New York, 318 s.
- Prøsch-Danielsen, L. & Simonsen, A. 2000: The deforestation patterns and the establishment of the coastal heathland of southwestern Norway. *AmS-Skrifter 15*, 47 s.
- Sjøvold, T. 1962: The Iron Age settlement of Arctic Norway: A study in the expansion of European Iron Age culture within the arctic circle. Bind 1. Early iron age (Roman and Migration periods). *Tromsø museum skrifter*, Vol X, 1, 253 s.
- Sjøvold, T. 1974: The Iron Age settlement of Arctic Norway: A study in the expansion of European Iron Age culture within the arctic circle. Bind 2. Late iron age (Merovingian and Viking periods). *Tromsø museum skrifter*, Vol X, 2, 392 s.
- Skartveit, A. & Olseth, J.A. 1986: Modelling slope irradiance at high latitudes. *Solar Energy Vol. 36, No. 4*, 333-344.
- Soltvedt, E.C., Løken, T., Prøsch-Danielsen, L. Børsheim, R. L. & Oma, K. 2007: Bøndene på Kvålehodlene. Boplass-, jordbruks- og landskapsutvikling gjennom 6000 år på Jæren, SV Norge. *AmS-varia 47*, 215 s.
- Steen, B. 1995: Høgevollen. En boplads fra ældre jernalder ved Egersund. *Frå haug ok heiðni 4*, 7–16.
- Utaaker, K. 1991: *Mikro- og lokalmeteorologi. Det atmosfæriske miljø på liten skala*. Alma Mater forlag AS, Bergen, 242 s.
- Utaaker, K. 1995: Energi i arealplanleggingen. Lokalklima i Bergen. *Meteorological report series, no 1*. University of Bergen, 66 s.
- Zelenka, A., Czeplak, G., D'Agostino, V., Josefsson, W., Maxwell, E., Perez, R., Noia, M., Ratto, C. & Festa, R. 1992: Techniques for supplementing solar radiation network data. *Report No. IEA-SHCP-9D-1, International Energy Agency*.