

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord: Disse ordene avslutter mine fem år på Universitet for miljø- og biovitenskap. Det siste året har jeg med stor glede og en del aggresjon viet til denne oppgaven. Arbeidet har gitt meg livserfaringer jeg ikke vil være uten. Ikke minst har den gjort min interesse for geologifaget, og da spesielt det som omfatter våre kvartære avsetninger, enda større.

Oppgaven ble initiert av NORDICE (Nordic Dynamic Ice Sheets) prosjektet (småforskningsprosjekt ved UMB) som har som hovedmål å utvikle ny forståelse for de kontrollerende faktorer og mekanismer bak variasjonen av pleistocene isdekker/isstrømmer ved undersøkelser av sørlige Norge og østlige Nordsjøen

Jeg vil benytte anledningen til å takke mine veilere her på UMB, Mona Henriksen og Jon Landvik, for god støtte og tilbakemeldinger underveis. I tillegg vil jeg takke mine med-veiledere på NGU, Ola Fredin og Eiliv Larsen for god hjelp og støtte til det datatekniske rundt oppgaven, samt fine skiturer i Trondheimsmarka. Jeg vil også rette en stor takk til NGU som har latt meg bruke av steinorinteringer og snittbeskrivelser i de tre snittende ved Østhasselvika, Lista, og at de har stilt til disposisjon georadarprofilen G8. Jeg vil også takke Viola Giulio for kjappe og nyttige tilbake meldinger til en ukjent masekopp. Mats Rune Gullikstad fortjener også en stor takk for å ha sett over språket i oppgaven, da tiden begynte å renne ut.

Den største takken vil jeg sende til Martine, som har måtte stått ut med meg hver dag gjennom hele masterskrivinga.

Sammendrag

Ved fjernanalytiske studier (flyfoto- og LiDAR-tolkninger) har drumliner og tilhørende glasiøle former på Jæren og Lista blitt kartlagt. Målsetningen med arbeidet har vært å kartlegge spor etter ulike isretninger og sammenhengen mellom disse. Bruk av høyoppløselig data har gjort det mulig å identifisere drumliner bedre enn ved tidligere undersøkelser. Totalt har 177 drumliner blitt kartlagt, i tillegg til et titalls andre isbevegelsesformer som crag-ang-tail og rogenmorener. Analyse av drumlinparametere som lengde, bredde og forholdet mellom disse viser samme fordeling som en finner fra drumlinfelt andre steder. Tre isbevegelsesretninger er blitt identifisert på Jæren og er inndelt i (i) nordvestlig, (ii) sørvestlig og (iii) nord-nordvestlig isbevegelsessektorer, mens det på Lista er en sørvestlig bevegelsessektorer. Disse retningene kan dateres internt ved krysskutting av drumlinformene. Den eldste retningen, mot nordvest, er tilknyttet en isstrøm langs Norskerenna. Lengde/bredde-forholdet av drumlinene indikerer derimot ingen isstrømning. Et lavt lengde/bredde-forhold kan skyldes erosjon av yngre is og/eller høyere friksjon tilknyttet tilgrensende saktestrømmende is. De sørvestlige drumlinene er dannet av utstrømsbreer fra innlandsisen og er knyttet til ismarginale forhold, mens de yngste formene, fra en nordvestlig is kan stamme fra en avsnørt iskappe. Alder for de nordvestlige drumlinene ligger i tidsrommet 33-18 ka kal BP og mest trolig i perioden 20 - 18 ka kal BP. De yngste drumlinretningene stammer mest sannsynlig fra perioden 18-16 ka kal BP. En tilsvarende alder, med en liten forsinkelse, kan også gjelde for Lista

Abstract

Drumlins and their glacial history at Jæren and Lista, located in southwestern Norway have been studied by remote sensing (aerial photographs- and LiDAR-interpretation). The goal of this work has been to map traces from different flow direction and their internal correlation. The usage of digital data with a high resolution have made it possible to identify the drumlins in a better manner than previous studies at these sites. A total of 177 drumlins have been mapped, in addition to other flow features such as crag-and-tail and ribbed moraines. Analysis of length, width and elongation ratio for the drumlins have been performed and their distribution have a similar manner as drumlins elsewhere. Three ice flow directions have been identified at Jæren and they are grouped into (i) northwestern, (ii) southwestern and (iii) north-northwestern. At Lista one southwestern flowdirection has been identified. The different directions shows evidence of cross-cutting and their internal ages may be assumed. The oldest flow direction, towards northwest, is associated with an icestream in the Norwegian channel, although no such streaming is indicated by the low elongation ratio. The elongation ratio may have been reduced by erosion of younger ice and/or high friction caused by bordering slow moving ice. The southwestern drumlins are created by a terrestrial outlet glacier from the Scandinavian ice sheet and are associated with ice marginal conditions. The youngest forms, flowing to the northwestern drumlins lays within the time period of 33-18ka cal BP and most probably in between 20-18 ka cal BP. The two younger sets of drumlins are probably created between 18-16 ka cal BP. A similar age, with a minor lag, should also apply for the drumlins at Lista.

Innhold

1 Innledning og bakgrunn	4
1.1 Drumliner	4
1.1.1 Form og Størrelse	5
1.1.2 Distribusjon	5
1.1.3 Oppbygning	5
1.1.4 Dannelse	6
1.1.5 Rogenmorener	6
1.2 Crag-and-tails og Pre-crag	7
1.3 MSGL/megaflutes - renner	7
1.4 Isstrømmer	8
1.4.1 Karakteristikk	8
1.4.2 Isdynamikk	9
1.4.3 Klimatisk signifikans	9
2 Metodikk	11
2.1 Fjernanalytisk kartlegging	11
2.1.1 Sammenlikning av fjernanalytiske metodene	14
2.2 Arbeid i felt	16
3 Lista: Områdebeskrivelse og resultater	18
3.1 Områdebeskrivelse	18
3.1.1 Nordberg	26
3.1.2 Skeibrokk	27
3.1.3 Vestre Hauge	28
3.1.4 Lista lufthavn vest	28
3.1.5 Maberg	29
3.1.6 Tjørve	30

3.1.7	Østhassel	30
3.1.8	Østhasselvika	30
3.1.9	Nordhassel	35
3.1.10	Nesheim	36
3.1.11	Dyngvoll	36
3.1.12	Øvre Skeime	37
3.1.13	Kviljo	37
3.1.14	Kråkenesvatnet	38
4	Jæren	40
4.1	Områdebeskrivelse	40
4.2	Resultater	52
4.2.1	Sele	52
4.2.2	Lea	52
4.2.3	Ganddal	53
4.2.4	Øksnavad	53
4.2.5	Reve	53
4.2.6	Bore	54
4.2.7	Hattaland	54
4.2.8	Orrevatnet	54
4.2.9	Braut	55
4.2.10	Skeie	56
4.2.11	Salte	56
4.2.12	Rimestad	57
4.2.13	Haugland	58
4.2.14	Torland	58
4.2.15	Fotland	58
4.2.16	Nærland	58
4.2.17	Nærbø	59
4.2.18	Håland	59
4.2.19	Reime	60
4.2.20	Grødaland	61
4.2.21	Varhaug	61
4.2.22	Husvegg	62
4.2.23	Stavnheim	62
4.2.24	Vigrestad	62

4.2.25	Kvassheim	63
4.2.26	Høgjæren	64
5	diskusjon	66
5.1	Ryggenes egenskaper	66
5.1.1	Identifisering av drumliner	66
5.1.2	Ryggenes form og størrelse	67
5.1.3	Drumliner innenfor forskjellige retningsektorer	67
5.1.4	Klastlitologi	75
5.1.5	Drumlindannelse og underliggende strata	75
5.2	Ryggenes alder	76
5.2.1	Relativ alder på formene	76
5.2.2	Absolutt alder på tilstøtende sedimenter	76
5.2.3	Ryggenes alder og korrelering av med Norskerenna/Nordsjøavsetninger	77
5.3	Eldre isstrømmer	79
5.3.1	Norskrenna/Nordsjøvifta	79
5.3.2	Jæren - Pre Weichsel	79
5.3.3	Jæren - Weichsel	80
5.4	iskonfigurasjon,isdynamikk	81
5.4.1	Inversjonsmodellen og isbevegelsesgrupper	81
5.4.2	Smeltevannspor	81
5.4.3	Isbevegelsesspor	81
5.4.4	Kald bre	82
5.4.5	Isbevegelsesgrupper på Jæren	82
5.4.6	Isbevegelsesretninger på Lista	85
5.4.7	deglasjonshistorikk for Jæren og Lista	86

Kapittel 1

Innledning og bakgrunn

Jæren og Lista er to karakteristiske lavlandsområdet langs en ellers kuppert kyst, som strekker seg fra Lindesnes og nordover langs norskekysten. Begge lokalitetene har relativt tykke løsmasseavsetninger, med en brå overgang til berggrunn i bakkant, kun <5-10 km inn i landet. I begge områdene har det i lengre tid vært gjenkjent drumliner (Andersen, 1960; Andersen et al., 1987). De fleste i sørvestlig retning, men det er ryggformer med en nordvestlig utstrekning som har vekket mest interesse. Nærheten til den dyperegående norskerenna, som har drenert store mengder is gjennom omfattende glasiasjoner kan tyde på at disse formene stammer fra en interaksjon med denne isen. En kryssing av Norskrenneisen over land på Jæren kan blant annet forklare høye marine avsetninger fra siste interglasial. Noen slik effekt er ikke observert på Lista, men en ryggene ved de to ulike lokalitetene kan følges submarint og mye kan tyde på at ryggene har det ett nogen lunde likt opphav.

Jeg gjennom denne oppgaven gått systematisk til verks, med fjernanalytiske metoder og oppfølging i felt, for å kartlegge hvor omfangsrik de ulike drumlinretningene er på disse stedene. I etterkant har jeg brukt innhentet måledata fra drumlinene til å tolke de glasedynamiske variasjonene mellom retningene.

1.1 Drumliner

Drumliner er subglasiale former, med en lungeakse parallelt med den formende isen. I seinere tid har drumliner fått mye oppmerksomhet blant forskere (Clark et al., 2009), både pga dens uklare natur og bruken av formen som hastighetsindikator for paleois (Stokes and Clark, 2002a; Briner, 2007).

1.1.1 Form og Størrelse

Den ”klassiske” drumlinformen blir ofte beskrevet som et halvt egg, delt på langs, der den brattere enden gjenspeiler proksimalsiden av formen (Benn and Evans, 2010). For matematiske beskrivelser blir formen ofte tilnærmet en eliptisk form (Smalley and Warburton, 1994; Clark et al., 2009; Spagnolo et al., 2010), men også mer rombiske og rektangulære drumlinerformer er vanlige (Spagnolo et al., 2010). Spagnolo et al. (2011) klassifiserer drumliner etter hvor det høyste/breieste punktet opptrer på lengdeaksen. En asymmetrisk form gjenspeiler den ”klassiske” eggformen, mens en revers form gjenspeiler denne formen med en motsatt isbevegelsesretning. En symmetrisk form gjenspeiler best den eliptisk formen. Den største andelen av drumliner har denne siste formen (Spagnolo et al., 2010). Størrelsen på drumliner varierer fra <100 m til flere km. Ved De britiske øyer er et stort antall drumliner kartlagt (>50 000). Disse har en gjennomsnittslengde på 629 m og en gjennomsnittsbredde på 209 (Clark et al., 2009)

1.1.2 Distribusjon

Drumliner er ofte å finne i relativt distinkte drumlinfelt (Smalley and Warburton, 1994; Clark et al., 2009; Benn and Evans, 2010; Clark, 2010; Stokes et al., 2011). Disse er best utviklet i områder med tykke løsmasseavsetninger (Knight, 2011). Feltene kan bestå av alt fra noen få til tusenvis av former (Clark et al., 2009). Sammenpakningen av drumliner i slike er ofte i en størrelsesorden på 2-3/1 m drumlin \times m⁻² (Clark et al., 2009).

1.1.3 Oppbygning

Oppbyggelsen av drumliner varierer i stor grad (Benn and Evans, 2010; Stokes et al., 2011). Stokes et al. (2011) kategoriserte drumliner i fem klasser etter innhold; (1) Hovedsakelig berggrunn; (2) Morene, med berggrunnskjerne; (3) Morene; (4) Delvis morene, delvis sorterte avsetninger; (5) Sorterte avsetninger. Gruppe (1) kan ofte skape konflikter når det kommer til klassifisering. Begrepet ”bergdrumliner” er ofte brukt for disse (Benn and Evans, 2010) i motsetning ”ekte” drumliner (f.eks. (Clark et al., 2009)). I tillegg brukes ofte begreper som ”whale backs” som skiller seg fra en bergdrumlin ved at denne er symmetrisk (Benn and Evans, 2010). En slik differansiering av bergformer kan virke noe ukonsekvent siden dette ikke gjøres ved sedimentære drumliner (se ovenfor).

Sedimentene kan både være massive og stratifiserte (Stokes et al., 2011). Lagdeling av sedimentene kan ofte skyldes stratifiserte sedimenter avsatt på stedet før drumlinformasjonen (Stokes et al., 2011; Kerr and Eyles, 2007) eller det kan være innfylling av hulrom på lesiden av drumlinene (Stokes et al., 2011; Knight, 2011). Dette blir sett på som en effekt av drumlinen snarere

enn drumlinen selv (Knight, 2011). Morenelag ved aktive drumlinfelt på Island viser at stratifisering også skjer direkte ved drumlinoppbygningen og at de ulike lag gjenspeiler drumlinutviklingen over tid (Johnson et al., 2010). Steinorienteringen i morenelag tilknyttet drumliner viser ofte en sterk trend parallelt med lengdeaksen (Stokes et al., 2011). Trenden blir svakere inn mot kjernen av drumlinene (Stokes et al., 2011).

1.1.4 Dannelse

Det finnes svært få observasjoner på dannelsen av disse. Det er antatt at drumliner kan være både eroderte og avsatte former. Hvilket medium som gjør dette er derimot noe mer uklart (Benn and Evans, 2010). En teori er dannelse ved katastrofetapning (Shaw, 2002). Der store mengder subglasialt vann eroderer i både sålematerialet, og i isen, hvor sedimenter i etterkant blir avsatt (Shaw, 2002).

En annen teori bygger på endringer i reologien til de subglasiale sedimentene (Boulton et al., 2001a). Skjærkrefter overført fra den overliggende ismassen fører til høy spenning på et underliggende deformerende lag. Deler av dette laget responderer med å bli stivere og utvide seg (dilatasjon). Disse delene vil virke som obstruksjoner for sålemateriale som fortsetter å deformeres slike spenningsforhold (Clark, 2010). Grøvre materiale (breelvmateriale, grusig morene, oppstikkende berggrunn etc) og isblokker (Schomacker et al., 2006) vil ofte danne slike obstruksjoner (såkalte sticky spots), mens vannmettet silt og leir vil fortsette å ”strømme” under isen (Benn and Evans, 2010; Clark, 2010).

Oppbygningen av drumlinene kan variere stort også for drumlinene innad i et drumlinfelt og flere har satt søkelyset på feltene i sin helhet, i stedet for individuelle former, for å forstå dannelsen av formene (Smalley and Warburton, 1994; Clark et al., 2009; Clark, 2010; Stokes et al., 2011). Undersøkelser av rogenmorener viser at disse har en ikke-tilfeldig distribusjon (Dunlop and Clark, 2006), og Clark (2010) foreslår en liknende distribusjon av drumliner. Clark et al. (2009); Clark (2010) foreslår at koplingen mellom isen og de underliggende sedimentene er ustabil fra naturens side (instabilitetsteorien) og sammenligner drumlinene med rifler/dyner ved eolske avsetninger. Ved et slikt tilfelle er ikke forskjellene i reologi det avgjørende, men et øvre sedimentlag som gjennomgår deformasjonsstrømninger (Clark, 2010).

1.1.5 Rogenmorener

Rogenmorener er konkave ryggformer, først beskrevet fra Rogensjøen i Jämtland (Sverige) (Benn and Evans, 2010). Ryggene er også kjent som ”ribbed”-morene, et navn som kan være mer passende da Rogenmorene ofte assosieres med en konkret typeform (Hättstrand, 1997). Jeg velger likvel å bruke uttrykket ”Rogen” i denne sammenheng. Ryggene er tolket til å være avsatt transverst

av isbevegelsen og i overgangen mellom en kald og varm bred (Hättstrand, 1997) og det er tenkt dannet ved oppsprekking av morenemateriale, grunnet en utstrekende isbevegelse (Hättstrand, 1997). Rygger avsatt med den konvekse siden med-strøms er også observert (Dunlop and Clark, 2006). Rogenmorener er ofte drumlinisert og ved modellsimulering av instabilitetsteorien får en dannet tilsvarende transverse rygger (Stokes et al., 2011). En mulighet er derfor at rogenmorener alltid må opptre for å få dannet drumliner (Stokes et al., 2011). En slik sammenheng er dog lite trolig med tanke på drumliners vidstrakte distribusjon under en varm såle og rogenmorenenes mer begrensende distribusjon tilknyttet en faseendring fra kald til varm bre (Hättstrand, 1997). Rogenmorener opptrer ofte ved den proksimale enden av isstrømmer (Dunlop and Clark, 2006; King et al., 2007). Det er også observert Rogenmorener mer sentralt i istrømmer overliggende MSGL og drumlinformer (Dunlop and Clark, 2006).

1.2 Crag-and-tails og Pre-crag

Crag-and-tails er subglasiale former dannet ved erosjon (Benn and Evans, 2010). Crag-delen av formen gjenspeiler oppstikkende berggrunn, motstandsdyktig mot erosjon. I en skyggesone distalt for denne vil letter eroderbare sedimenter danne en hale isbevegelsesretningen (Benn and Evans, 2010). Enkelte crag-and-tails kan også bli sett på som avsetningsformer, der sedimenter blir presset opp i hulrom som danner seg på lesiden av cragen (Benn and Evans, 2010). Disse kan også gå under begrepet lesidemorene (Andersen et al., 1987).

Pre-crag er avsetningsform der sedimenthalen er på proksimalsiden av fjellpluggen (Stokes et al., 2011). Andersen et al. (1987) bruker uttrykket støtsidemorene for disse. Hverken støt- eller lesidemorene er gode uttrykk for disse formene da de ikke eksplisivt forteller noe om formen på avsetningene og pluggen. Både pre-crag og crag-and-tail er gode indikatorer for isbevegelsesretningen ved dannelsen av disse.

1.3 MSGL/megaflutes - renner

MSGL (mega scale glacial lineations) og mega flutes er lineære subglasiale avsetninger med et høyt lengde/bredde-forhold (Benn and Evans, 2010). Megaflutes er i en størrelsesorden på 100 m opp til flere km, men MSGL har en størrelsesorden på 10 km - 100 km (Smith and Wise, 2007). Ofte kan slike former opptre mer som erosjonsrenner i overflaten og har derfor valgt å legge til 'renner' som en alternativ beskrivelse. Det er antatt at formene gjenspeiler utdratte drumlinformer (Stokes and Clark, 2002a; Briner, 2007; Benn and Evans, 2010). En viderutvikling av instabilitetsteorien foreslår at subglasial vanddrenering tilsvarende subaerial rilleavrenning bidrar til dannelse av disse (Clark, 2010; Livingstone et al., 2012). Det er også foreslått at disse formene kan dannes ved at

issålen pløyer i de underliggende sedimentene (Clark, 2010; Livingstone et al., 2012). Disse teoriene kan også forklare hvorfor disse formene opptrer som erosjonsrenner i overflaten, i stedet for positive avsetningsformer.

1.4 Isstrømmer

Istrømmer er definert som en del av ett isdekke hvor isen beveger seg raskere enn, og ikke nødvendigvis i samme retning som den omkringliggende isen (Sejrup et al., 1998). Denne definisjonen utelukker dog hurtigstrømmende is som er lateralt begrenset av topografien. For å inkludere disse referer en ofte til rene- (pure) og topografiske isstrømmer (Bennet, 2003). Disse blir også klassifisert som Ross-type og isbrae-type istrømmer (Benn and Evans, 2010). Isstrømssålen er sterkt erosiv og selv om isstrømmer ikke nødvendigvis er topografisk begrenset, vil paleoisstrømmer ofte få en topografisk signatur (Livingstone et al., 2012; Longva and Thorsnes, 1997). Klassifisering av paleo-isstrømmer kan derfor være noe vanskelig.

Isstrømmer blir også klassifisert etter terminasjonsmiljø (Stokes and Clark, 2001). Terrestriske isbreer er ikke kjent i moderne glasiøse miljøer, men flere paleoistrømmer er beskrevet. Disse finner en særlig tilknyttet Laurentideisdekke (Stokes and Clark, 2001; Jennings, 2006; Stokes and Clark, 2002a; Briner, 2007), men også for det Skandnaviske isdekket finnes spor etter en Baltisk- og Kattgatistrøm som terminerte terrestrisk (Houmark-Nielsen and Kjær, 2003; Boulton et al., 2001b) og flere mindre/lite studerte isstrømmer kan ha terminert på kontinentet i øst-sørøst (Boulton et al., 2001b). Ved en termingering på land vil ismunningen utvikle et vifteformet strømningsmønster (Stokes and Clark, 2001). Terminerer disse i (glasi-)lakustrine miljøer vil spredningen av fronten være relativt liten (Stokes and Clark, 2001).

Marine istrømmer innbefatter alle moderne eksempler (på Grønland og Antarktis (Benn and Evans, 2010)). Alle kjente paleoistrømmer på Antarktis er også av slik art (Livingstone et al., 2012), i tillegg til istrømmer ved De britiske øyer, Island og fjordstrøkene langs Norskekysten og kysten av Nord Amerika (Stokes and Clark, 2001; Boulton and Hagdorn, 2006). De fleste av disse vil terminere i en isbrem, men enkelte strømmer terminerer i åpent hav, med en kalvende front (Stokes and Clark, 2001). NRIS er antatt til å være av en slik art.

1.4.1 Karakteristikk

Moderne isstrømmer blir gjenkjent ved en eller flere av fem karakteristiske kjennetegn (Stokes and Clark, 1999) Disse er; (i) Karakteristisk form og størrelse. Strømmene er ofte ti-talls kilometer i bredde og hundre-talls kilometer i lengde (Benn and Evans, 2010); (ii) Høy bevegelsehastighet, ofte beveger strømmene seg med en hastighet på flere 100 m/år (Bennet, 2003; King et al., 2007;

Benn and Evans, 2010). Strengt talt har ikke isstrømmer (ut fra definisjonen ovenfor) noen nedre hastighetsbegrensning; (iii) Skarp grense til langsommere is ved yttergrensene, der skjærkrefter mellom de to fører til oppsprekking (Benn and Evans, 2010); (iv) Deformerende såleforhold. Et mettet lag med finkornige sedimenter kan deformeres ved en lavere skjærkspenning (<20 kPa (Livingstone et al., 2012) enn det is vil gjøre (100 - 50 kPa). Opp mot 90 % av isbevegelsen kan skyldes såledeformasjon (Bennet, 2003). De subglasiale forholdene er riktignok omdiskutert og flere andre forhold kan også gi en økt sålebevegelse (Kjær et al., 2006; Reinardy et al., 2011); (v) Subglasiale morenedelta/-vifter (kun for marint terminerende strømmer). Tykke vifteavsetninger avsettes med ved munningen istrømmer (King et al., 1996). Disse karakteristiske egenskapene vil også sette fra seg spor som kan brukes ved kartlegging av paleo-isstrømmer.

1.4.2 Isdynamikk

Undersøkelser fra Rutford isstrømmen viser tydelig at denne beveger seg både ved såledeformasjon og såleglidning (Smith and Murray, 2009). Såledeformasjonen finner sted ved finkornige, myke sedimenter. Såleglidning finner sted der sålen består av harde, men ukonsoliderte sedimenter (Smith and Murray, 2009). Tilnyttet disse sedimente er det observert høyere nivåer av seismisk aktivitet, noe som tyder mer friksjon her (Smith and Murray, 2009). Slike områder er også rapportert under andre aktive isstrømmer, hvor en ofte får en såkalt stick-slip bevegelse ved issålen (Bennet, 2003; Winberry et al., 2011).

Isstrømmer har en tendens til plutselige endringer mellom å være aktiv og inaktiv (Bennet, 2003; Benn and Evans, 2010). Hvorfor dette skjer er uklart. Endringer i den subglasiale vanddistribusjonen (water piracy) eller isdreneringen (ice piracy) blir ofte sett på som sannsynlige årsaker til dette (Bennet, 2003; Benn and Evans, 2010), men også andre subglasiale forhold er foreslått. Slik som tilfrysing av issålen pga av istynning eller tap av deformasjonmorene (Bennet, 2003). Istrømmer grunner ofte mot en reversende skråning og en rask tilbaketrekning ved deglasiasjon er vist (Livingstone et al., 2012). Dette er derimot ikke alltid tilfelle, og flere faktorer må spille inn ved tilbake tilbaketrekning (Livingstone et al., 2012). En av disse faktorene er brestørrelse, små dreneringssystemer har oftere en raskere tilbaketrekning enn større glasiale systemer (Livingstone et al., 2012).

1.4.3 Klimatisk signifikans

Isstrømmer spiller en betydelige rolle for dreneringen av isdekker. For Vest-Antarktis blir hele 90% av isen transportert ut til sokkelisen gjennom isstrømmer (Bennet, 2003). Endringer av dreneringsmønster kan derfor føre til store klimatiske effekter. Dannelsen av isstrømming ved Laurentide isdekke er blant annet foreslått som en årsak til Heinrich hendelser. Der en store mengder med isf-

jell og smeltevann ble tilført Nord-Atlanteren (Bennet, 2003; Stokes and Clark, 2001). Isstrømmer kan også ha demt opp større issjøer (Houmark-Nielsen and Kjær, 2003; Houmark-Nielsen, 2010) og episodiske katastrofetappinger av disse kan ha influert termohalinske sirkulasjoner.

Kapittel 2

Metodikk

Praksisdelen av oppgaven har vært todelt. En del som omfatter kartlegging med fjernanalytiske metoder og en del med feltarbeid. Disse arbeidene har tildels vært overlappende. Jeg har på Lista sjekket opp former avmerket ved fjernanalytisk kartlegging, mens jeg for Jæren gjorde fjernanalytisk kartlegging etter feltrekognoseringa. Fjernanalytisk kartlegging har foregått i tre bolker. I februar 2011 var jeg på NGU i Trondheim og arbeidet med flybilder fra Lista og Jæren. I september var jeg på ny på NGU. Denne gangen jobbet jeg med LiDARdata for Lista. I tillegg gjorde jeg en kartleggingsjobb av heilandskapet lengre inn på Listerlandet. I løpet av høsten 2011 og våren 2012 har jeg jobbet med LiDARdata for Jæren og sluttført arbeidet med Lista ved UMB. Feltarbeidet ble utført i tidsrommet 17. - 25. september. To og en halv dag ble brukt på Jæren og de resterende dagene ble brukt på Lista.

2.1 Fjernanalytisk kartlegging

Digitale flyfoto ble tatt av Terratec AS på våren 2009. De ble tatt på ca 5500 meters høyde. Oppløsning (ground sampling distance) er på 30 cm (tilsvarer et bildepiksel). For å gjenkjenne objekter trenger enn 4 - 6 piksler noe som gir en kartleggingsoppløsning på rundt 1,5 m. Preisjonen i høydeledd er på rundt en halv meter (pers.komm. Ola Fredin, 2012). Jeg har i all hovedsak kartlagt med en målestokk på 1:3000 (dette gjelder også for LiDARdataene) og dette vil være den viktigste begrensende faktoren når det gjelder kartleggingspressisjon. Av erfaring viste det seg mer nyttig å zoome ut enn inn ved kartlegging av tvilstilfeller. De digitale flyfotoene ble triangulert og orthokalibrert med fotogrammetrisk programvare av Ola Freding på NGU, før de ble importert til 3D GIS. Til studeringen av flyfoto på NGU brukte jeg ArcGIS v9.1- og Stereo Analyst for ArcGIS- (SAfA-)programvare. Stereoskjerm (Planar SD2620W 26" Widescreen Stereo/3D Monitor (Fig.2.1) ble brukt til å se bildene i 3D. De aktuelle formene ble så kartlagt som shapefiles.

Formene ble kartlagt med omriss (polygonfil), lengde (linjefil), bredde (linjefil) og minimums- og maksimumshøyde (punktfiler). Desverre skjedde det en feil med bildene på Jæren som førte til at stereoeffekten var dårlig og den geometriske presisjonen forringet. I tillegg manglet en stripe med bilder i en sone øst-vest mellom Nærbø og Kleppe. Bildene er tatt med infrarødt kamera. Dette gjør at ulike sedimenttyper og landskap (vegetasjon, fuktighet) kan skilles optisk.



Figur 2.1: Planar SD2620W 26" Widescreen Stereo/3D Monitor. Skjermen består av en to monitører og en semirefektiv plate. Bilde fra den nedre skjermen skinner gjennom platen, mens bilde fra den øvre skjermen blir speilet i platen. De to bildene på platen vil gi en stereoeffekt ved hjelp av 3D-briller (bilde fra planar3d.com)

LiDAR(Lighet Detection And Ranging)dataene kommer fra Statens kartverks kontorer i Stavanger og Kristianssand (hhv. for Jæren og Lista). LiDARoppgavene ble tatt opp av Terratec AS. LiDARdataene tas fra fly. Ombord på flyet har en GPS (for x-,y- og z-lokalisering), IMU (for å måle vinkler på sensorene), en svært nøyaktig klokke samt en raskt pulserende radar (Lillesand et al., 2008). Terra tec Norge AS bruker en radar med 150 000 pulseringer/sekund. Presisjonen på dataene er også avhenging av flygehøyde, skannevinkel og hastighet på flyet (Tec Norge AS, 2012). De data som er brukt i oppgaven består av en punktsky med 5 - 7 laserskudd per m^2 (pers.komm. Ola Fredin, 2012). Disse er uregelmessig fordelt i terrenget og blir interpolert til en grid med en geometrisk oppløsning på 50 cm (følgelig en kartleggingspresisjon på 3 - 4 m). I høydeledd har disse en presisjon på 3 (pers.komm. Ola Freding, 2012). LiDARdata har den fordel at terrenget blir kalkulert ut fra responstid på laserpulsene. En vil altså få pålitelige høydedata uavhengig av optiske hindringer som skygge og landskaphomogenitet (f.eks. sumplandskap (Smith and Wise, 2007)) (Lillesand et al., 2008). LiDARdata kan også differensiere trehøyer fra bakkenivå. Dette gjør en ved å bruke de laserpulseringene som reflekteres sist, siden disse har gått helt til ned til bakkenivå før de reflekteres tilbake (Lillesand et al., 2008). Dette går dog utover oppløsninga på dataene, særlig ved tett skog (Smith and Wise, 2007). For Jæren og Lisa er ikke dette noe problem da en har minimalt med skog her.

LiDARdataene ble interpolert til en digital terrengmodell (DTM) og skyggerelief ble beregnet av Ola Fredin på NGU. Fra Skyggereliefene ble omriss, lengde og bredde kartlagt i ArcGIS v10 (v9.1 ble brukt på NGU). Den nøyaktige LiDAR-terrengmodellen viser også artifisielle objekter som trær og bygninger og en må være oppmerksom på dette under kartlegging. For å framheve høydereliefet har modellen en skyggesetting fra nordvest (315°) og en solhøyde på 60° . Dette er en god lyssetningen for å få et visuelt bilde av landskapet (Lidmar-Bergström et al., 1991). Skyggesetting vil framheve topografi som går på tvers av lyskilden og kan derfor være bias ovenfor lineære former i kryssende retning (Smith and Clark, 2005). Bruker en kun en modell er derfor ikke dette den optimale metoden. Det ble i etterkant gjort undersøkelser med lyssetning fra nordøst (045°) for å se om dette utgjorde en signifikant forskjell. I tillegg er det viktig å vurdere andre faktorer som kan spille inn på utvelgelsen av former (Smith and Wise, 2007). Signalstyrken til de individuelle landformene er avhengig av størrelse, form (en bratt form gir mørkere skygge) og overflate. F.eks kan skog og bebyggelse kan ofte skjule former mens mønstret jordpløying ofte kan framheve/forfalske formene. Både for LiDAR og flyfoto er det rimelig å anta at oppløsningen på dataene er gode nok til å oppdage de samme formene som er mulig å se med det blotte øye.

Kartlegging er i stor grad basert på skjønn. For kartlegging av drumlinene har jeg i basert meg på samme kriterier som tidligere undersøkelser. Knekkpunktet på drumlinskråningen er brukt som grensekriterie (Clark et al., 2009; Greenwood and Clark, 2010; Smith et al., 2009). Denne kan være vanskelig å følge nøyaktig, særlig der landskapet i sin helhet er hellende. Mange av formene kan også virke til å være delvis erodert eller dekt av yngre former. I tillegg er det sannsynlig at en del av formene er blitt flatet ut etter mer enn 1000 år med jordbruk, og i nyere tid kan planering av landskapet ha modifisert en del former. Få av drumlinene som er kartlagt har hatt en tydelig rygglinje. Jeg har derfor valgt å kartlegge formenes lengdeakse ved å trekke en linje gjennom der drumlinen er på sitt lengste. Det er uansett rimelig å anta at dette vil være mer eller mindre sammenfallende med formens rygglinje. Breddeaksen ble kartlagt ved å trekke en linje normalt på lengdeaksen der formen er breiest.

Jeg har valgt å klassifisere drumlinene etter grad av drumlinutvikling (morfologisk tydelighet). Tre klasser ble definert; god, middels og dårlig. Dette er en klassifisering som gjenspeiler hvor godt drumlinene syns i landskapet med tanke på størrelse (areal, høydeforsjeller) og form (antatt opprinnelig form, erosjon av formen og påklistrete sekundære former). Noen steder kan det være uklart om en form består av en eller to drumliner. I slike tilfeller kan den minst klare av de to bli tatt med som en dårlig utviklet drumlin selv om den også kunne ha blitt definert som en del av en godt utviklet drumlin.

Alle drumlinene er navngitt og beskrevet i resultatdelen. Navngivinga er valgt av meg etter stedsnavn på kart eller på skilt. Det kan derfor være lokaliteter som tidligere er brukt ved kvartær-geologiske undersøkelser som her går under andre navn. Dette vil jeg så godt som mulig referere

til i diskusjonsdelen. Jeg har i første rekke prøvd å navngi en gruppe med drumliner etter geografisk beliggenhet, men jeg har også latt meg påvirke av framtoningen til drumlinene (størrelse, retning, fasong). Jeg har også kartlagt crag-and-tails og støtsidemorene (ved å følge ryggaksen på disse). Disse er navngitt sammen med drumlinene, men har blitt klassifisert som andre former i resultatdelen.

Underveis i kartlegginga har jeg også blitt observant på en tredje form. Denne formen har jeg valgt å kartlegge som glasiale linesjoner (mega flutes/renner). En fjerde form som til dels kommer meget klart fram på LiDARdataene er eskere. De tydeligste av disse har jeg valgt å markere. Eskerne er ikke systematisk kartlagt og mange eskerelignende former har blitt utelatt. Jeg har heller ikke laget noen statistiske undersøkelser for disse. De kartlagte formene kan sees i figur 2.2. Høydeskalaene ved de ulike kartutsnittene varierer. Det er oppgitt minimums- og maksimumshøyde for de ulike utsnittene, men høydene der i mellom variere noe pga skyggeeffekt på fargereliefet.



Figur 2.2: Tegnforklaring for de kartlagte formene (stedsspesifisert)

Statistikkdata fra polygonfilene er areal (for polygon) og distanse (for linjer). Dette blir automatisk utregnet av ArcGIS. Lengde/bredde-forhold ble kalkulert ut fra dataene ovenfra. Asimut til lendgeaksen ble regnet ut ved en hjelp av EasyCalculate 10 Add-in i ArcGIS. Asimuth data ble så plottet inn i stereonett med Stereonet 7 for Windows der fallvinkel ble satt til 0°.

2.1.1 Sammenlikning av fjernanalytiske metodene

De ulike metodene (3D flyfototolkning og kartlegging fra DTM med de to ulike skyggereliefene) har blitt analysert ved å sammenlikne antall former som har blitt observert ved de ulike datasettene (tab.2.1). Det er sett på totalt antall kartlagte former, men også antall former som er unike for sine respektive data. To rygger ved en av metodene, som blir kartlagt som en større form i en annen

metode, har ikke blitt kartlagt som unike. For den nordvestlige DTMen er formene korrelert mot observasjoner i felt. Enkelte former som i førsteomgang ble avmerket på denne, men som i ettertid har blitt reinterpretert som annen form en drumlin, er ikke med i sammenlikningsgrunnlaget.

Tabell 2.1: Sammenlikning av de ulike kartleggingsmetodene for Jæren og Lista

	DTM (NV)		DTM (NØ)		Flyfoto	
	totalt antall	unike rygger	totalt antall	unike rygger	totalt antall	unike rygger
Jæren (totalt)	116	54	46	2	60	32
Jæren (SV)	95	42	34	0	47	25
Jæren (NNV)	10	7	3	0	7	4
Jæren (NV)	11	5	9	2	6	3
Lista	61	5	41	0	45	10

Metoden som gir et størst antall rygger er DTM med skyggesetting fra nordvest, deretter følger flyfoto og DTM med skyggesetting fra nordøst (tab. 2.1). Det er viktig å huske på at området mellom Bryne og Nærbø, på Jæren, ikke ble kartlagt ved flyfoto (dette dekker ca halvparten av formene på Jæren).

Resultatene kan gjenspeile tre ting, enten muligheten til å oppdage ikke-eksisterende morfologi (falskt positivt), overse eksisterende morfologi (falsk negativt) eller vanskeligheten av å skille mellom former (f.eks. drumliner og eskerrygger (Smith and Clark, 2005)). Av formene som ble kartlagt med nordøstlig lyssetting på DTM ble alle bortsett fra to, også observert også ved nordvestlig lyssetting. Den høye graden av overlapp tyder på at en har liten grad av falskt positive former for det nordøslige datasettet. En tilsvarende høy grad av former kun observert ved den nordvestlige modellen kan tilsa en høye grad av falskt positive former her. Da disse også har blitt sjekket opp i felt tolker jeg disse formene som reelle. Den nordøstlige lyssettingen gir altså en høy grad av falskt negative former (alle med en lengdeakse fra nordøst - sørvest. De eneste formene som ikke har blitt observert ved den nordvestlige lyssetningen strekker seg i en retning parallelt med denne. Dette tyder på en liten (men eksisterende grad av falsk negative former) med lengdeakse som strekker seg parallelt med lyssettingen. Den lave detekteringsgraden til skyggerelifet med nordøslig retning kan også skyldes en noe dårligere høydeoppløsning for denne.

Den høye andelen unike rygger fra flyfototolkningen, tolker jeg først og fremst til å skyldes dårligere egenskaper til å skille ulike ryggformer fra hverandre. Her har jeg kartlagt en del rygger som jeg i etterkant har tolket som eskere. Flyfoto virker derfor til å gi et noe dårligere helhetsinntrykk av formene. Flyfotokartlegningen ble også gjort tidlig i oppgaven og mangel på erfaring kan ha spilt inn.

2.2 Arbeid i felt

I felt ble det benyttet en håndholdt Garmin eTrex Summit GPS (altimeter og elektronisk kompass), Silva 360°kompass for måling av retning og vinkler i felt og et digitalt kamera til fotografering. Utstyr for sedimentologiske undersøkelser inkluderer spade, murerskje, morenekniv og meterstokk.

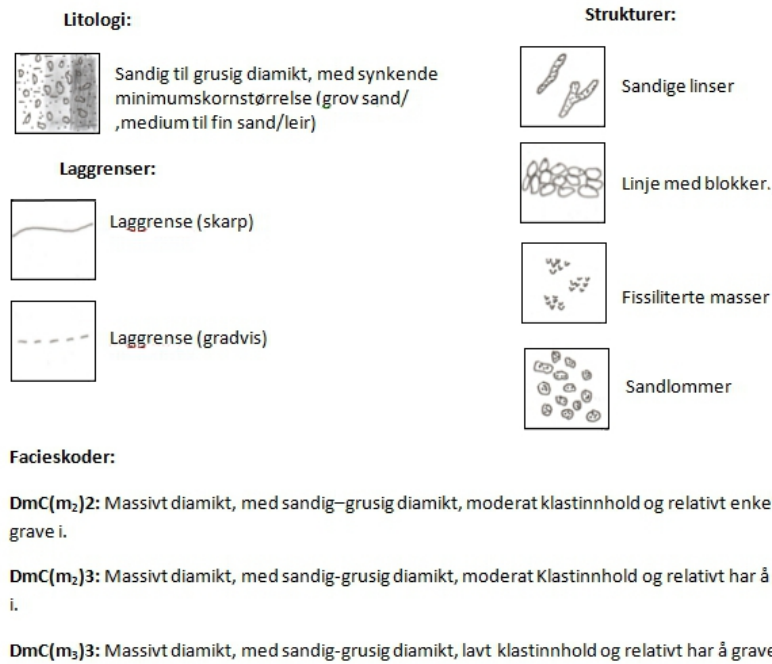
Åtte dager var satt av til feltarbeid og to og en halv dag ble brukt på Jæren. Her ble området systematisk rekognosert med bil. Størsteparten av studieområdet ble dekket. Fra Høggjæren fikk en også sett store deler av området i kontekst. Enkeltvis ble det tatt stikkprøver av sedimentene i formene med spade. I tillegg ble også drumlinformene på Eigerøya utenfor Egersund rekognosert.

På Lista ble det brukt fem og en halv dag til feltundersøkelser. Her var området godt studert på forhånd, med flyfoto og LiDARdata. Alle de avmerkede formene ble sjekket opp. I tillegg ble det tatt noen stikkprøver med spade for å avkrefte/bekreft løsmassetypene på enkelte steder. Et angivelig breelvdelta ble også sjekket opp. Ved Østhasselvika ble sediment og strukturer undersøkt i to kystskjæringer og et gammelt massetak. Her ble det i alt lagt tre logger og tatt ti Steinorienteringer.

For logging ble beskrivelsene fra Krüger and Kjær (1999) brukt (fig.2.3), disse har blitt modifisert ved behov. Lagene ble navngitt, med tall, nedenfra og opp. Rundhetsgrad og kornstørrelse ble antatt i felt. Jeg har basert meg på kornstørrelse klassifikasjonen til Wentworth (1922) og grad av rundhet er basert på skjema i Evans and Benn (2004).

Steinorienteringer gir et bilde av klastorienteringen. Ved egenvektoranalyser får en tre vektorer som ligger normalt til hverandre ($V_1 - V_3$) med hver sin tilhørende egenverdi ($S_1 - S_3$). V_1 er den foretrekte retning, mens V_3 er den minst foretrekte retning for klastene. Egenverdi er et uttrykk for tendenseringen av klaste til å gruppere seg rundt vektorverdiene (Kjær and Krüger, 1998). Disse har en verdi på 0-1 og summen av de tre egenverdiene er 1 (Evans and Benn, 2004). En S_1 verdi på over 0.5 antyder en viss grad av avhengighet (liten spredning). En lavere S_1 verdi impliserer en stor grad av tilfeldighet (stor spredning). For målingene blir ofte 50 klaste sett på som en ideel prøvemengde (Evans et al., 2006). Dette vil dog være meget tidskrevende og vi valgte å gi oss ved 25 - 30 klaste per prøve. Dette har noen ganger vist seg å gi en stor statistisk varians (Evans et al., 2006). Kjær and Krüger (1998) viste en positiv sammenheng mellom klastestørrelse og styrken til egenvektorene. Vi valgte derfor å måle partikler lengre enn 1 cm. Den øvre grensen ble satt til 6 cm, men de aller fleste klastene som ble målt hadde en a-akse på 1 - 3 cm. Lengde/bredde forholdet ble satt til et minimum på 3:2. I tillegg til orientering måles fallvinkel på klastene. Målingene ble gjort på ved å jobbe seg nedover en horisontal flate på ca 20 x 20 cm. Resultatet ble så plottet inn i Stereonet 7 for Windows. Dette programmet utførte også de statistiske utregningene basert på Allmendinger et al. (2011).

For korrelering av ^{14}C dateringer har jeg brukt Calib611 og Intcal09 kalibreringskurve for



Figur 2.3: Tegnforklaring til logbeskrivelsen (modifisert etter (Krüger and Kjår, 1999)

marine forhold. Jeg har gått ut fra en reservoir alder på 440 år (Knudsen et al., 2006b).

Kapittel 3

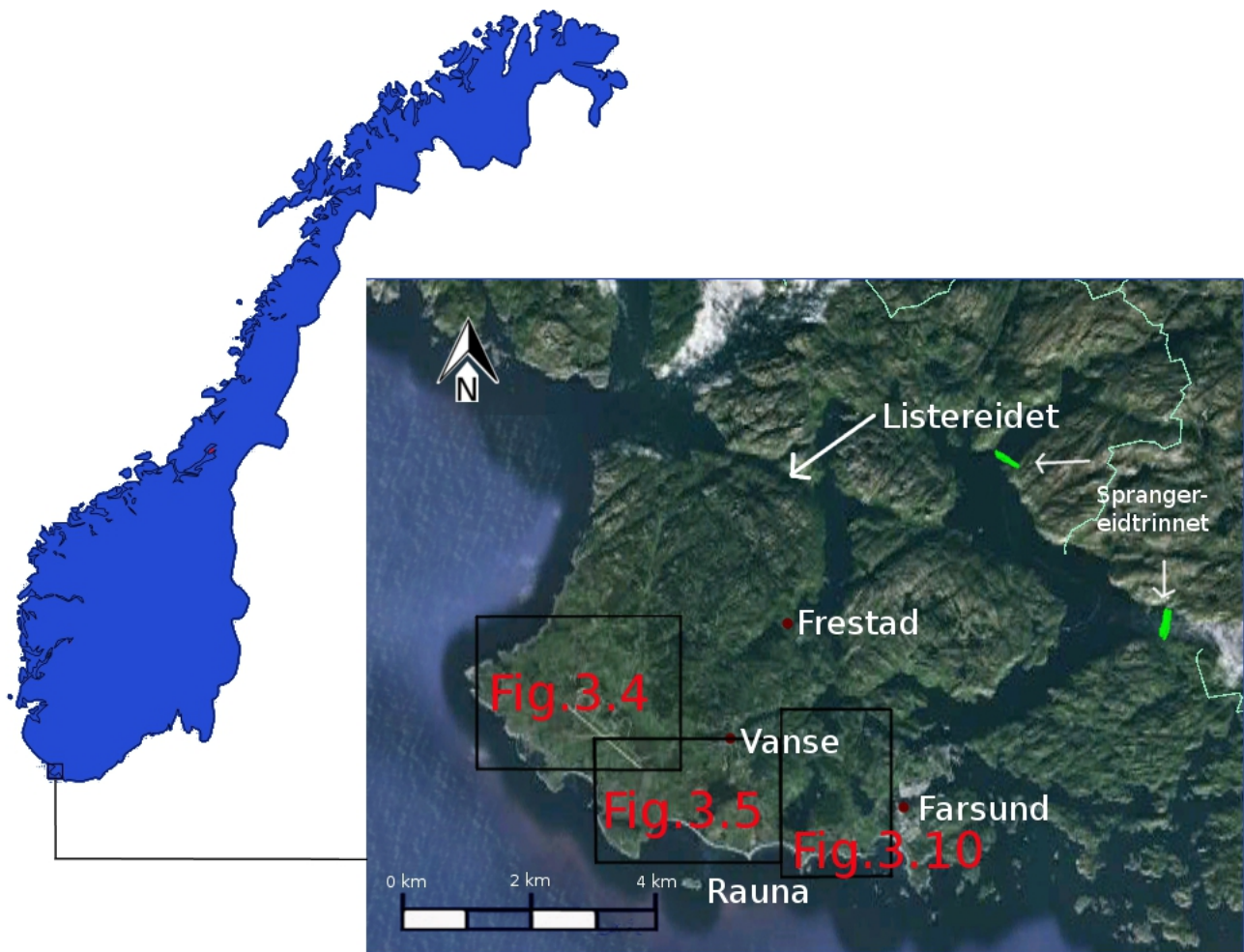
Lista: Områdebeskrivelse og resultater

3.1 Områdebeskrivelse

Lista er ei halvøy i Farsund kommune (figur 3.1). Den ligger værhardt til med åpen sjø i sør og vest. I nord-øst er den koblet til land ved det kilometer breie Listereidet (fig.3.1). Selve halvøya har to dominerende landskapsbilder. I nord har en berggrunn i dagen. Her har en et typisk sørlandsk heilandskap med steile, men lave fjelltopper. De høyeste toppene strekker seg mot 350 moh. I dette området er løsmassemektheten for det meste liten bortsett fra store områder med myr. Vegetasjonen består her stort sett av lyng og skog.

I sør er det tykke løsmasseavsetninger (fig.3.2). Her er landskapet flatere og ligger kun 0 - 40 moh. Dette området strekker seg opptil 5 km inn i landet lengst vest og kun noen hundre meter inn i landet lengst øst. Dette landskapet er undulerende med flere små (meter - titalls meter høye) rygger. I de lavereliggende områdene er det store myrområder, mens det på litt høyere land er en del jordbruk. Gardsbegyggelsen er ofte på ryggene. Under krigen ble deler av landskapet modifisert av tyskerne. De bygget blant annet Lista flyplass med to omfattende rullebaner (en i øst-vest retning, 1,5 km) og en som ligger i nord-vest - sør-østlig retning. Dette har ført til at store deler av landskapet har mistet sin opprinnelige form. Fra plantegninger og geologiske beskrivelser fra før og under krigen er det rimelig å anta at høydeforskjellen i det berørte området kun har variert med noen få meter. Langs hele den sørlige kyststripa har en hatt kysterrosjon. Her er rullesteinsrygger og noen steder også eoliske dyner som i nyere tid er revegetert.

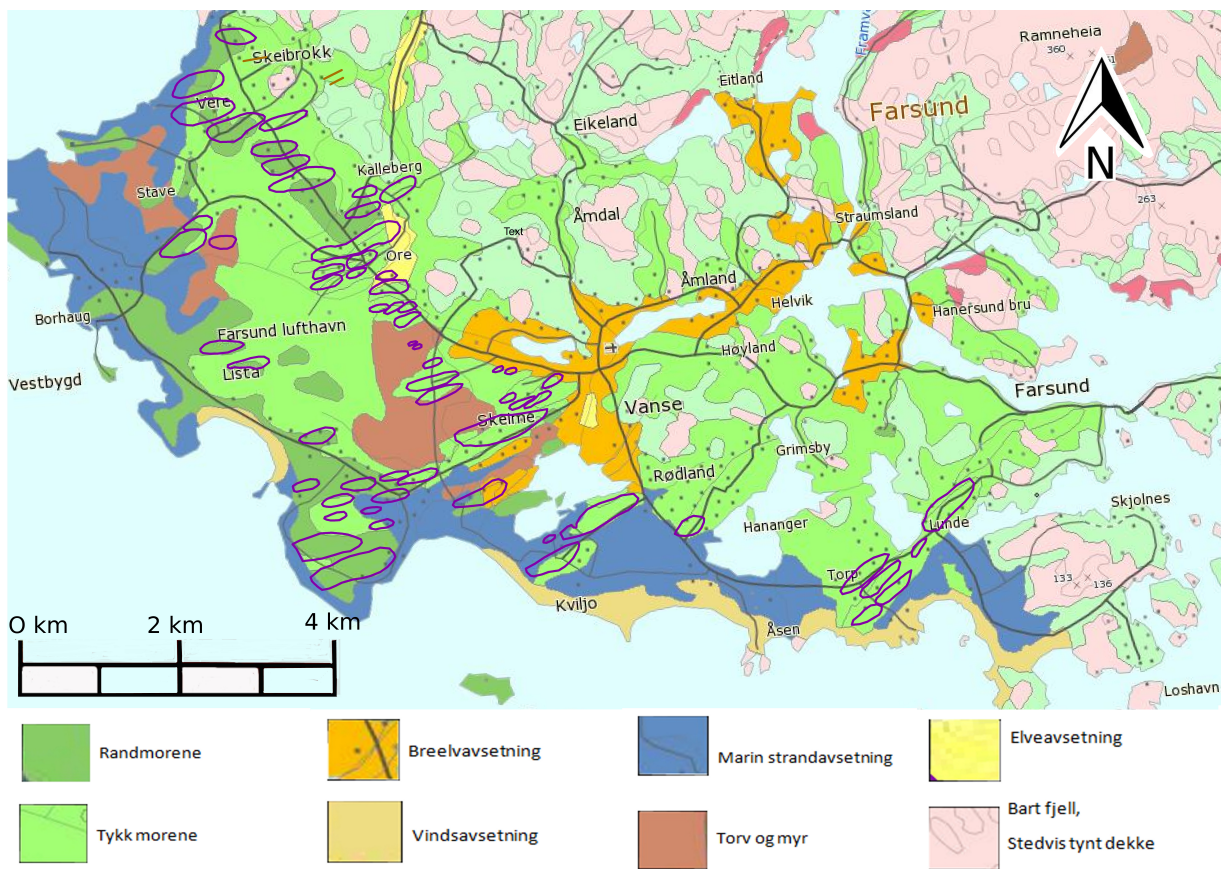
Grensa mellom berggrunn i dagen og tykke løsmasseavsetninger er skarp. Det er livekel vanskelig å definere klare skiller mellom rene løsmasseformer og berggrunnsinfluerte former. Grensa går sub-parallelt med den sørlige kyststripa, nordvest - sørøst, men har en litt større nordlig kompo-



Figur 3.1: Kartutsnitt for Lista med kartgrunnlag er fra google earth

nent. Løsmasseryggene som ligger opp mot berggrunnsdelen ligger i et hellende terreng, noe som gjør avgrensningen av formene noe mer komplisert. Jorda på Lista er rydda, men ut fra størrelsen på og andelen av steingjerder virker det som at jordarten her blokkrik, men blokkinnholdet er lavere enn ved Jæren. Urydda mark har et variert blokkinnhold på overflaten. Områder som ligger nært eller under MG virker til å ha en høyere andel blokk enn urydda mark over MG.

Det er de sørlige løsmasseområdene som er det relevante studieområdet i oppgaven, og det er dette området jeg vil referere til i avsnittene nedenfor. Langsmed den sørvestre kystlinja ligger det flere rygger. Disse er kartlagt som randmorene av Kristiansen and Sollid (1988)(fig.3.2). Disse ryggene kan følges videre, både i nordvest og sørøst (Andersen, 1960), under havoverflaten. I sørøst ligger øya Rauna (fig.3.1) tilknyttet disse ryggavsetningene. En tilsvarende sone med

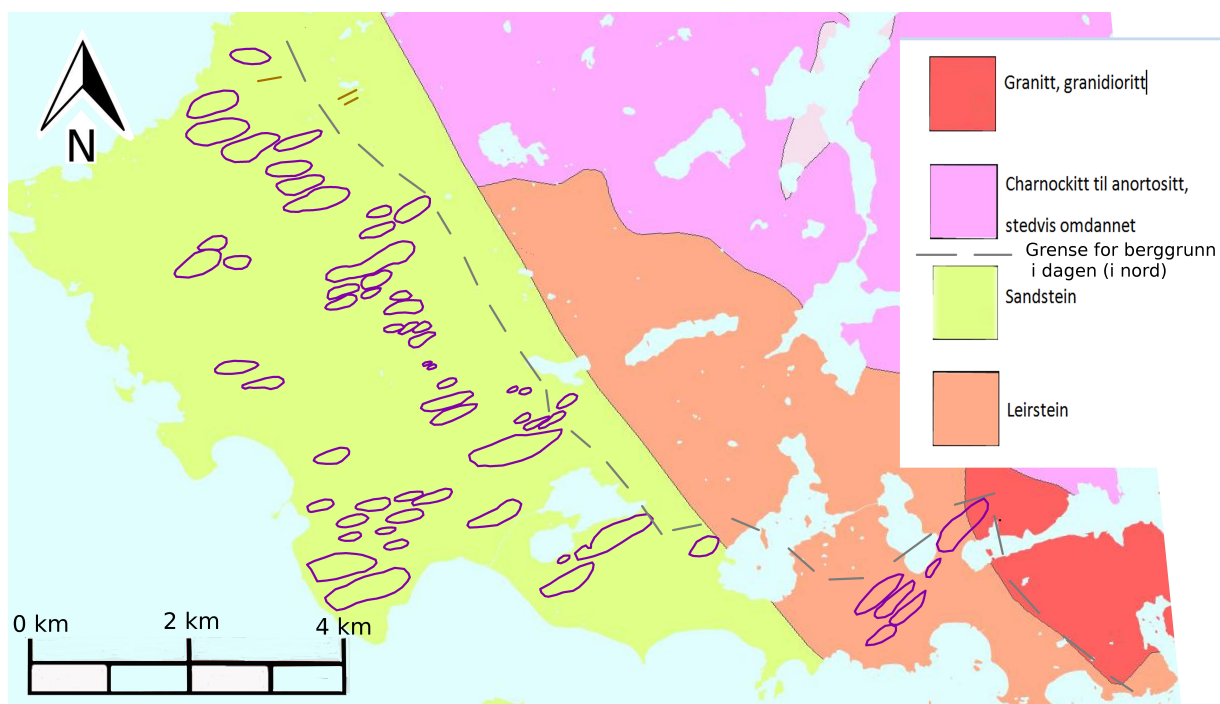


Figur 3.2: Løsmassekart for Lista, med avmerkete drumlinformer (hentet fra NGU)

randmorene strekker seg langs med skråningen opp mot det bakenforliggende heilandskapet (Kristiansen and Sollid, 1988)(fig.3.2). Mellom disse to sonene er det hovedsakelig blitt kartlagt tynne moreneavsetninger, men også en del torv er kartlagt. Marine strandavsetninger finner en langsmed hele kystlinja og disse strekker seg opp mot 2 km innover fra kysten (Kristiansen and Sollid, 1988)(fig.3.2). Vindavsetninger finnes enkeltvis ytterst mot kysten (fig.3.2). Disse er særlig omfangsrike øst for Vanse (fig.3.2). Det er også avmerket flere drumliner i området (fig.3.2). Disse har en utstrekning sørvest - nordøst (Kristiansen and Sollid, 1988). En finner strandvoller i området opp til 8 - 12 moh. Breeelvavsetninger brer seg som ut i en vifteform ved området rundt Vanse (fig.3.2). Ved Frestad (fig.3.2) har en et breeveldelta, bygd opp til 40 moh (pers.komm Astrid Lyså). Fra flyfototolkning av baklandet av Listahalvøya ble det observert flere rygger (Sprangereid trinnet) som krysser Lyngdal- og Åptafjorden (fig.3.1, disse er assosiert med det såkalte Spangereidtrinnet (Kristiansen and Sollid, 1988).

Berggrunnen ved Lista består i hovedsak av sedimentære bergarter ved lavlandet (fig.3.3) og

hardere magmatiske, stedvis omdannede, bergarter (Charnockitt til Anortositt) i heilanskapet ovenfor (ngu).



Figur 3.3: Berggrunnskart for Lista, med avmerkete drumlinformer (hentet fra NGU.no)

Resultatbeskrivelsen følger formene fra nordvest - sørøst. Alle formene de avmerkede formene har en utstrekning nordøst - sørvest. Ved bruk av ordene dista- og proksimalside refererer jeg til beliggenheten i forhold til hvordan isen lå ved slutten av siste istid (dvs. hhv. sørvest og nordøst). En sammenfatning av formene på Lista kan sees i tabell 3.1.

Tabell 3.1: Drumlinklassifisering

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Crag & Tail						
Jølle & Vere	J1		X			79,8	530	203	2,6	274	
	J2				X		303			260	
	V1	X				157,5	711	263	2,7	249	
	V2		X			202,3	838	305	2,8	260	Formen er vanskelig å avgrense i bakkant.
	V3		X			169,4	782	291	2,7	253	Vanskelig å avgjøre om det er en enkel form eller to former.
Nordberg	N1			X		75,8	655	146	4,5	250	
Skeibrokk	SK1				X		261			243	
	SK2				X		189			242	
Vestre Hauge	VH1	X				93,5	602	181	3,3	262	
	VH2	X				100,1	623	210	3,0	259	
	VH3	X				170,4	882	274	3,2	255	
	VH4	X				52,7	475	138	3,4	250	
	VH5		X			33,1	323	125	2,6	251	Den nordvestre flanken er lite markert.
	VH6		X			87,2	529	193	2,7	237	Tydelig markert på kart og terrengmodell, ikke sjekket ut i felt.
	VH7	X				233,1	1225	264	4,6	249	Identifisert som to rygger i terrengmodellen.
	VH8		X			59,7	421	156	2,7	247	Vanskelig i felt å skille VH8 - V10 fra hverandre.
	VH9		X			46,7	426	124	3,4	252	Se VH8
	VH10		X			46,4	425	142	3,0	251	Se VH8
	VH11					19,1	265	95	2,8	246	

Tabell 3.1: fortsetter

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (<i>m</i>)	Bredde (<i>m</i>)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Crag & Tail						
Lufthavn Vest	L1		X			47,6	345	166	2,1	261	Lite relief og under MG.
	L2		X			140,3	657	284	2,3	244	Muligens en del av større form sammen med L3.
	L3		X			50,2	389	190	2,1	253	Se L2. Lite relief og under MG.
Maberg	M1		X			22,7	270	102	2,7	263	Liten, med uklar grense til M2.
	M2	X				68,9	506	170	3,0	257	Tydelig ryggform, men uklar grense til M1 og noe uklar avgrensning i bakkant.
	M3	X				18,7	256	90	2,8	260	Tydelig ryggform, kan muligens forlenges med M4 og M5.
	M4		X			19,1	272	86	3,2	238	Liten rygg som kan være del av M3.
	M5		X			20,5	238	105	2,3	250	Se M4
	M6		X			36,1	363	139	2,6	245	
	M7			X		3,7	115	41	2,8	257	Veldig liten.
	M8			X		4,6	111	47	2,4	250	Veldig liten.
	M9		X			19,7	254	88	2,9	250	
	M10		X			87,7	707	142	5,0	254	Noe usikkert om den hører med M11.
	M11		X			76,0	650	156	4,2	248	Se M10

Tabell 3.1: fortsetter

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Crag & Tail						
Østhassel	Ø1		X			56,0	536	128	4,2	253	Noe uklar på terrengmodellen.
	Ø2		X			29,6	370	101	3,7	257	Se Ø1
	Ø3		X			58,3	498	149	3,3	259	
	Ø4	X				16,2	257	78	3,3	259	
	Ø5		X			26,8	318	107	3,0	257	
	Ø6		X			54,2	452	149	3,0	260	Se Ø1
	Ø7		X			45,6	420	139	3,0	259	Se Ø1
	Ø8		X			21,9	296	100	3,0	260	Se Ø1. I tillegg: Ikke sett i felt.
	Ø9		X			37,2	338	130	2,6	255	Se Ø1. I tillegg: Muligens kutta framkant.
Østhasselvika	ØV1	X				308,7	1134	321	3,5	251	Muligens kutta i framkant.
	ØV2	X				221,7	836	322	2,6	258	Ser ut til å ha blitt kutta i framkant.
Nordhassel	NH1	X				65,8	475	192	2,5	255	
Tjørve	T1	X				55,1	542	148	3,7	262	Særlig tydelig drumlin.
	T2	X				72,1	575	170	3,4	263	Se T1
Nesheim	NHE1		X			123,1	753	230	3,3	248	Tydelig rygg i rotete landskap.
Dyngvoll	D1	X				308,6	1264	341	3,7	251	Kan bestå av flere mindre former.
Øvre Skeime	ØS1			X		26,6	309	115	2,7	240	Markert rygg, men i et rotete terreng.
	ØS2			X		27,2	391	97	4,0	239	
	ØS3		X			21,2	360	84	4,3	245	
	ØS4				X	15,5	222	89	2,5	245	Muligens en løsmassehale av bergknaus i bakkant.
	ØS5		X			9,1	149	75	2,0	252	Noe uklar på terrengmodell.

Tabell 3.1: fortsetter

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Crag & Tail						
	ØS5	X				6,1	140	57	2,5	246	Se ØS4.
Kviljo	K1	X				231,6	1123	285	3,9	243	
	K2		X			96,7	166	75	2,2	239	
	K3	X				140,4	773	239	3,2	239	
	K4			X		68,3	422	225	1,9	242	Lite tydelig på terrengmodell.
Kråkenesvatnet	KV1		X			125,0	794	206	3,9	230	Kan være del av større rygg. Også mulig kort avstand ned til fjell.
	KV2		X			85,9	677	151	4,5	227	Se KV1
	KV3	X				53,2	450	153	2,9	238	Tydelig rygg form, men muligens kort avstand ned til fjell
	KV4	X				72,8	617	141	4,4	226	Se KV3
	KV5	X				20,0	283	87	3,3	217	Se KV3
	KV6	X				198,6	890	272	3,3	224	Se KV3
Totalt Lista		Σ Høy 21	Σ Middels 34			Σ Lav 6		Σ Crag & Tail 4			Σ Totalt 65

Lengst nordvest i studieområdet ligger områdene Jølle - Vere (se J og V i figur 3.4). Disse ligger tett opp mot den nordvestre kystlinja. Rett i bakkant av dette området dukker det opp bart fjell og topografien virker til å være sterkere styrt av berggrunnen her enn lengre sør. I tillegg kan en se berg i dagen tilknyttet noen av formene. Terrenget her heller mot sørvest og ryggformene her er høyere i umiddelbar bakkant enn i forkant.

J1 (fig.3.4) er den nordligste av ryggene på Lista. Dette er en middels stor rygg med en lengdeakse på ca 500 m. Den nordvestre flanken er godt markert flanke, men i sørøst går ryggen mer i ett med terrenget rundt. At det er en ryggform blir dog klarere når en studerer området fra bakkant (utskikkspunktet ved Nordberg fort (fig.3.4). Her kan en antyde en total høyde forskjell på 0.5-2 meter. I forkant er ryggen diffus og en klar avgrensing av den er vanskelig. J1 ligger i område kartlagt som randmorene(fig.3.2). J2 (fig.3.4) ligger noe høyere i terrenget enn J1. Dette er en kort (300 m) og lav (1-2 m) rygg. Proksimalt på ryggen stikker det opp berggrunn, og selv om ryggen har en veldig karakteristisk drumlinform har jeg valgt å kartlegge den som en crag-and-tail. Denne ligger i et område kartlagt som tynne moreneavsetninger (fig.3.2).

V1 - V3 (fig.3.4) er tre relativt store rygger (800 m). Alle tre ligger innenfor området som har blitt kartlagt som randmorene (fig.3.2). V1 er den tydeligste av disse og er relativt godt markert rundt hele. Den nordvestre flanken er preget av kysterosjon. I sør svinger denne erosjonskanten mot sørøst og kutter i sedimentene foran denne og V2. Det kan se ut som de originale ryggformen slutter her. V2 ligger vest for V1. Denne er godt markert sett fra nordvest, men er tildels vanskelig å avgrense ved den sørøstlige flanken. Fra utskikkspunktet på Nordberg Fort kan en se to husklynger, en på denne og lengre vest på V3 (fig.3.4). Disse har ett lite søkk mellom seg, noe som også kan antydes fra flyfoto- og DTM-tolkning. Søkket er på 0,5-1 meter og er nesten umulig å få øye på ved feltrekognosering. Flanken blir mer markert mot distalsida. Proksimalsiden er lite markert.

V3 (fig.3.4) er en av formene jeg er mest usikker på. Fra flyfoto og DTM er det avmerket at den består av to drumliner med en relativt stor forskjell i lengdeaksen. Fra feltrekognosering er det vanskelig å skille mellom disse to, og har derfor valgt presentere dem som én form. Dog vil ryggkammen ha en noe underlig knekk på grunn av disse to tilsynelatende forskjellige lengderetningene. Store deler av den nordvestlige flanken diffus. Den sørøstlige flanken er noe bedre markert. Den er dog veldig slak. I bakkant er det et ganske tydelig fall på 1-2 meter, dette blir enda bedre markert ved at den terrenget rundt heller motsatt retning. (fig.3.2).

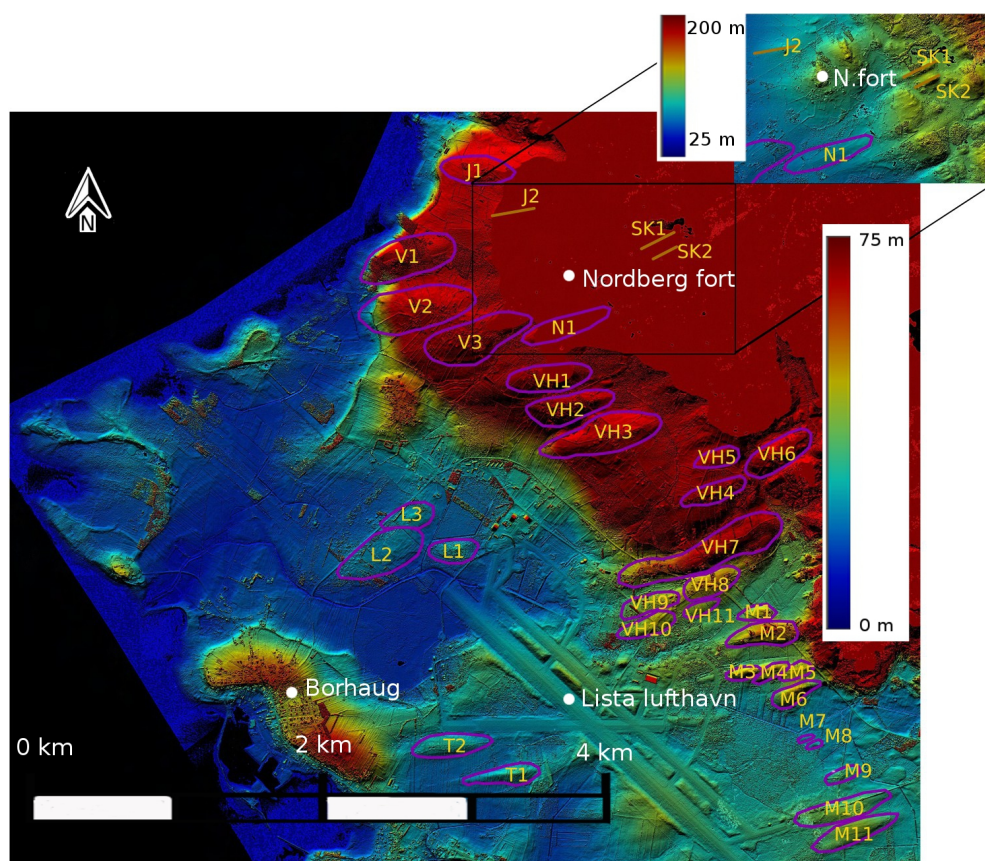
3.1.1 Nordberg

Sørøst for Nordberg Fort har jeg avmerket N1 (fig.3.4). Dette er en smal og lav rygg (1-2 m), men den er relativt lang (650 m). Terrenget her heller mot nordøst og ryggen heller parallelt med

dette. I bakkant er det ikke noe klart fall, men ryggen flater ut. Rett sørøst for denne ryggen ble det fra DTM observert nok en rygg. På grunnlag av feltobservasjoner har jeg valgt å utelate denne formen. Drumlinen ligger i et område som med tykke moreneavsetninger (fig.??).

3.1.2 Skeibrokk

Ved Skeibrokk har en kommet inn i domenet med fjell i dagen. To drumlinformer er avmerket ut fra terrenngmodellen (SK1 og SK2 (fig.3.4)). Dette er små former på rundt 200 m. SK1 ligger lengst nordøst. Denne er godt markert og har en tydelig drumlinform. Det kommer til syne noen steinflater og blokker i overflaten enkelte steder. Dette virker til å tilhøre/komme fra den lokale berggrunnen. Sørøst for den ligger S2. Ryggen har en lik framtoning som S1, men har et enda tydligere fjellparti som stikker opp lengst proksimalt på formen. Jeg har valgt å avmerke disse som crag-and-tail former. De kartlagte overflatesedimentene her er tynne moreneavsetninger (fig.3.2).



Figur 3.4: Markerte drumliner på Lista, vestlig del. For tegnforklaring se figur2.2 Rød linje indikerer georadarprofil ved T1

3.1.3 Vestre Hauge

Området mellom Vere og Vanse er et ganske homogent åkerlandskap med flere flate rygger. Langs veien er det vanskelig å få en følelse for disse ryggene da de her virker til å være planert. Ryggene blir derimot tydelige ved at det i søkkene mellom disse har blitt sumpete etter en våt høst. Fire ryggeformer (VH1 - VH4)(fig.3.4) blir krysset på vei mot Vanse. VH1 - VH3 er omtrentlig like store (600-800 m), men flate med en høydeforskjell på 1-3 meter. De ligger i et relativt flattliggende område og dette gjør dem enkle å avgrense hele veien. Jeg vil likevel ikke karakteriser dem som særlig markerte.

VH4 (fig.3.4) er en mindre rygg (500 m). Den sørøstlige flanken er godt markert da den sammenfaller med den generelle skråningen opp til berggrunnsområdet i bakkant. Den nordvestre flanken blir derimot noe mer uklar. Ryggen blir også mer diffus mot proksimalsiden. VH5 (fig.3.4) er en liten (300 m) og lite markert rygg rett nord for VH4. Den nordvestlige flanken er mer en flate mot et hellende terreng enn en tydelige flanke. Nordvest for denne ble det avmerket to rygger fra DTM. Disse var ikke observerbare i felt og er utelatt fra resultatene. VH1 - VH5 ligger alle i et område som er kartlagt som randmorene (fig.3.2).

Retten nord for VH5 ble det på terrengmodellen avmerket tre små hauger (<200 m) (fig.3.4). Disse ble ikke sjekket opp i felt, men ut fra erfaringa fra Lista og med tanke på at de ligger tett opp mot berggrunnsdomenet har jeg valgt å utelukke disse fra drumlindataene. VH6 (fig.3.4) er en noe større (500 m) drumlin som jeg har valgt å la stå igjen da denne er ganske markert på terrengmodellen. Overflatesedimentene her er kartlagt som tykke moreneavsetninger (fig.3.2).

VH7 (fig.3.4) ligger sørøst for VH4 og er en av de største formene i området (>1200). På terrengmodellen er det blitt avmerket en liten form i forkant av denne. Ut fra feltreknoseringa har jeg derimot valgt å innlemme denne i VH7. VH7 er også kartlagt som en drumlin av Kristiansen and Sollid (1988)(fig.3.2). Mellom VH7 og lufthavna ligger VH8 - VH11 (fig.3.4) i en klynge. Drumlinene er relative like i form og størrelse (>400 m), foruten VH11 som bare er 250 m. De er godt markert i forhold til landskapet rundt, men noe mer diffuse innad i gruppa. Disse ryggene har blitt kartlagt som en større drumlin av Kristiansen and Sollid (1988)(fig.3.2).

3.1.4 Lista lufthavn vest

I vestenden av flyplassen er det flere flate ryggeformer. Formene ligger helt eller delvis under MG, noe som gjør at de kan være noe erodert av kystprosesser eller at formene har blitt dekket av andre marine avsetninger. I området rundt de avmerkede ryggene finner en et myrlandskap.

Nærmest flystripa ligger L1 (fig.3.4), en skogkledd form med høydeforskjeller på rundt 1-2 m og en lengde på 350 m. Pga av vegetasjon er det vanskelig å få noen oversikt over hele formen, og med dens nærhet til flyplassen kan det ikke utelukkes at ryggen har et antropogent opphav.

Ryggen ligger på det som er kartlagt som myr (fig.3.2). L2 og L3 (fig.3.4) ligger vest for L1. Den sørligste av disse, L2, er den største av drumlinene ved lufthavna (650 m), men den har kun en høydeforskjell på 1-3 m. L3 er en liten (350 m), men noe høyere rygg. Fra flyfoto og DTM er det noe vanskelig å skille L2 og L3 fra hverandre. Disse to ryggene ligger på et område kartlagt som randmorene (fig.3.2).

3.1.5 Maberg

Ved Maberg er det avmerket flere ryggkomplekser på DTMen. Ryggene her er som oftest godt markerte former, men flere av dem er meget usymmetriske til drumliner å være, og har et noe kantete omriss.

Lengst nordvest ligger det to rygger tett inntil hverandre. Grensen mellom de to drumlinene er diffus. M1 (fig.3.4) er den nordligste og minste (270 m) av disse to. Den nordvestre flanken er tydelig mens den sørsøtlige flanken er mer utydelig. M2 (fig.3.4) er større (500 m) og har en noe merkelig drumlinform. Ryggen er asymmetrisk og noe buet mot sørøst. Det kan virke som at dette skyldes erosjon av den sørøstlige flanken. I bakkant går ryggen i ett med terrenget som stiger opp mot berggrunnen. Ryggen er også kartlagt som en drumlin av Kristiansen and Sollid (1988). M3 - M5 (fig.3.4) er små (250 m) drumliner som ligger tett i tett i lengdeaksen og de tre ryggene er tidligere blitt kartlagt som en enkelt drumlin (Kristiansen and Sollid, 1988). De individuelle ryggene er tydelige i felt og har et relativt stort avvik i retningen og jeg har derfor tolket de som tre individuelle rygger. I forlengelsen av denne drumlinklyngen stikker det opp en liten haug. Denne er inne på flyplassområdet og er muligens en antropogen haug. Formen ble ikke sjekket ut i felt og på grunn av usikkerheten rundt denne har jeg valgt ikke å avmerke denne. M6 (fig.3.4) er en frittstående rygg sørøst for M3 - M5 komplekset. Det er en kort rygg (350 m), men den er relativt høy og tydelig. Denne er også tidligere blitt kartlagt som en drumlin (Kristiansen and Sollid, 1988).

M7 og M8 er to "tvilling drumliner" (fig.3.4). Det er de drumlinene som jeg har kartlagt på Lista (100 m). Området her er kartlagt som myr (fig.3.2). Sørøst for disse ligger M9 (fig.3.4) er en litt større drumlin (250 m). Der den nordvestlige flanken er godt markert i terrenget, går den sørøstlige flanken mer i ett med et høyere terreng i sørøst. Dette høyereliggende terrenget har blitt kartlagt som tynt morenedekke (fig.3.2). Videre sørøst i det samme moreneområdet (fig.3.2) ligger to større (>650 m) ryggformer tett i tett. Den nordvestlige flanken av den nordligste ryggen (M10)(fig.3.4) og den sørøstlige flanken av den sørlige ryggen (M11)(fig.3.4) er godt markerte. De to formene splittes opp, både mot distal- og proksimalsiden. På midten går de derimot mer i ett og fra bakkenivå er det vanskelig å se noe klart skille mellom dem.

3.1.6 Tjørve

Ved Tjørve har en to godt definerte drumlinformer (T1 og T2)(fig.3.4). Selv om det er forholdsvis små (550 m) og lave former er de godt markert både i felt og fra DTM. Fra flyfoto ble de derimot ikke observert. Terrenget rundt ryggene er flatt. Dette flate terrenget er kartlagt som tynt morenedekke av Kristiansen and Sollid (1988), mens T1 og T2 er kartlagt som randavsetninger (fig.3.2). Det var opprinnelig planlagt å grave med maskin en av disse ryggene for å studere sedimentene i drumlinen. Det var derimot for vannmettet jord mens feltarbeidet pågikk, så gravingen måtte avlyses.

Det er kjørt et GPR-profil over T1 (se figur 3.4 for profillinje). Sedimentene i ryggen blir tolket til å være morenemateriale, med en større dybderekkevidde, noe som kan tyde på lavere finstoffinnhold og/eller lavere vanninnhold enn morenematerial på begge sider av ryggen (pers.komm. Jan Fredrik Tønnesen, 2012) Omtrent ved ryggens knekkpunkt (for begge sider av drumlinen) er det tolket til å være avsatt godt sortert, finkornig sand (pers.komm J.F.Tønnesen, 2012).

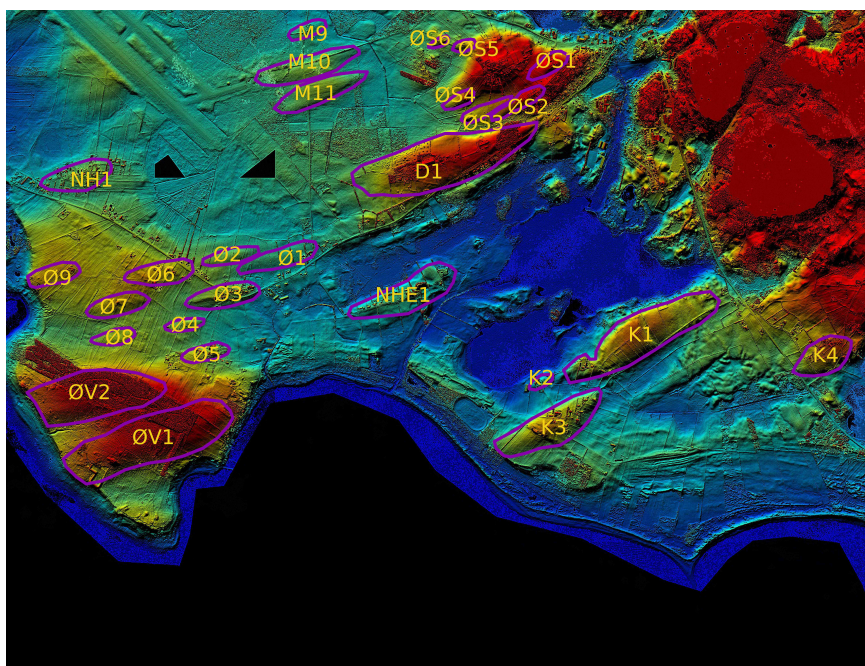
Rett vest for Tjørve er det to større (800 m) og tydelige rygger ved Borhaug (fig.3.4). Disse er tolket som en del av randmorenen som følger listatrinnnet (Andersen, 1960; Kristiansen and Sollid, 1988). Ryggene er sterkt preget av kysterrosjon og har på grunn av de ufullstendige formene latt vær å ta med disse i resultatdelen.

3.1.7 Østhassel

De avmerkede ryggene ved Østhassel (Ø1 - Ø9) (figure 3.5) er alle ganske like i form, størrelse (300-500 m) og retning. De ligger noe høyere enn terrenget i nord og nordvest. I sør - sørøstlig kommer en til området som er kartlagt Listatrinnnet (Kristiansen and Sollid, 1988). Ryggene her ligger delvis på det tykt morenedekke og delvis på moreneryggen (fig.3.2). Klyngen av rygger har alle en typisk drumlinform. Fra DTMen er de individuelle formene ganske vanskelige å tyde og flere av ryggene er lettere å oppdage i felt.

3.1.8 Østhasselvika

Ved Østhasselvika er det avmerket to store ryggformer på DTMen (ØV1 og ØV2)(figure 3.5). Drumlinene er også relativt markante i felt, men disse ble oversett på flyfototolkninga. Dette er former der de to ytterflankene er godt markert, med et fall på 10 - 15 meter, mens de to naboflankene er relativt lite markert (fig. ??). Avgrensningen mellom de to drumlinene blir noe mer klar distalt på ryggene. Ved prokimalsida er det vanskelig å skille de fra hverandre både i felt og på terrengmodellen. Her har en også en del skog som dekker til området. De ligger på det som er kartagt som tykk morene (fig.3.2). Begge drumlinene ser ut til å være kuttet i framkant, men det er særlig på den nordlige (ØV1) av de to hvor det kommer godt fram på terrengmodellen.



Figur 3.5: Avmerkede drumliner på Lista, midtre del. For tegnforklaring se figur2.2

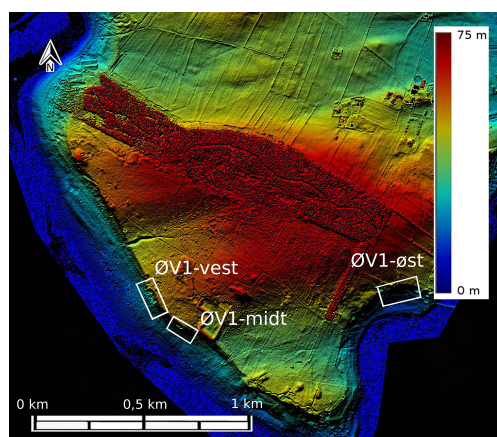
Det er høyst sannsynlig kystprosesser som har kuttet disse. Den lengste av formene, ØV1, er over 1 km lang. ØV2 er noe kortere, men ut fra størrelsen å dømme har den nok opprinnelig vært omtrentlig like lang. Sedimentene i ØV1 har blitt undersøkt i felt.

Sedimentologiske undersøkelser

Til sammen ble tre snitt undersøkt (fig.3.6). Ett beliggende ved den sørøstlige flanken (ØV1-øst) og to beliggende distalt for ryggen (ØV1-midt og ØV1-vest). Avstanden mellom de distale snittene er ca. 150 meter, mens ØV1-øst ligger ytterligere 750 meter mot øst.

ØV1-øst

Snitt ØV1-øst ligger innerst i ei lita vik. Drumlinflanken heller svakt mot sørøst, før den relativt bratt synker 4-5 høydemeter. Denne skråningen er antakelig et resultat av postglasial kysterrosjon og ikke er ikke del av den avmerkede drumlinformen (fig. 3.6). Det undersøkte snittet er beliggende i et gammelt masseuttak ved denne skråningen. I østlige deler av skråningen ligger det en bunkers som ble støpt av tyskerne i krigsårene. Beliggende på den østlige drumlinflanken er det åker, som er godt avgrenset av steingjerder. Snittet ligger subparallelt med drumlinaksen. Det loggete snittet er på 4 meter (fig. 3.7). Den øverste drøye meteren består av moldlag tolket som et



Figur 3.6: Utsnitt av log-lokalitet på Lista

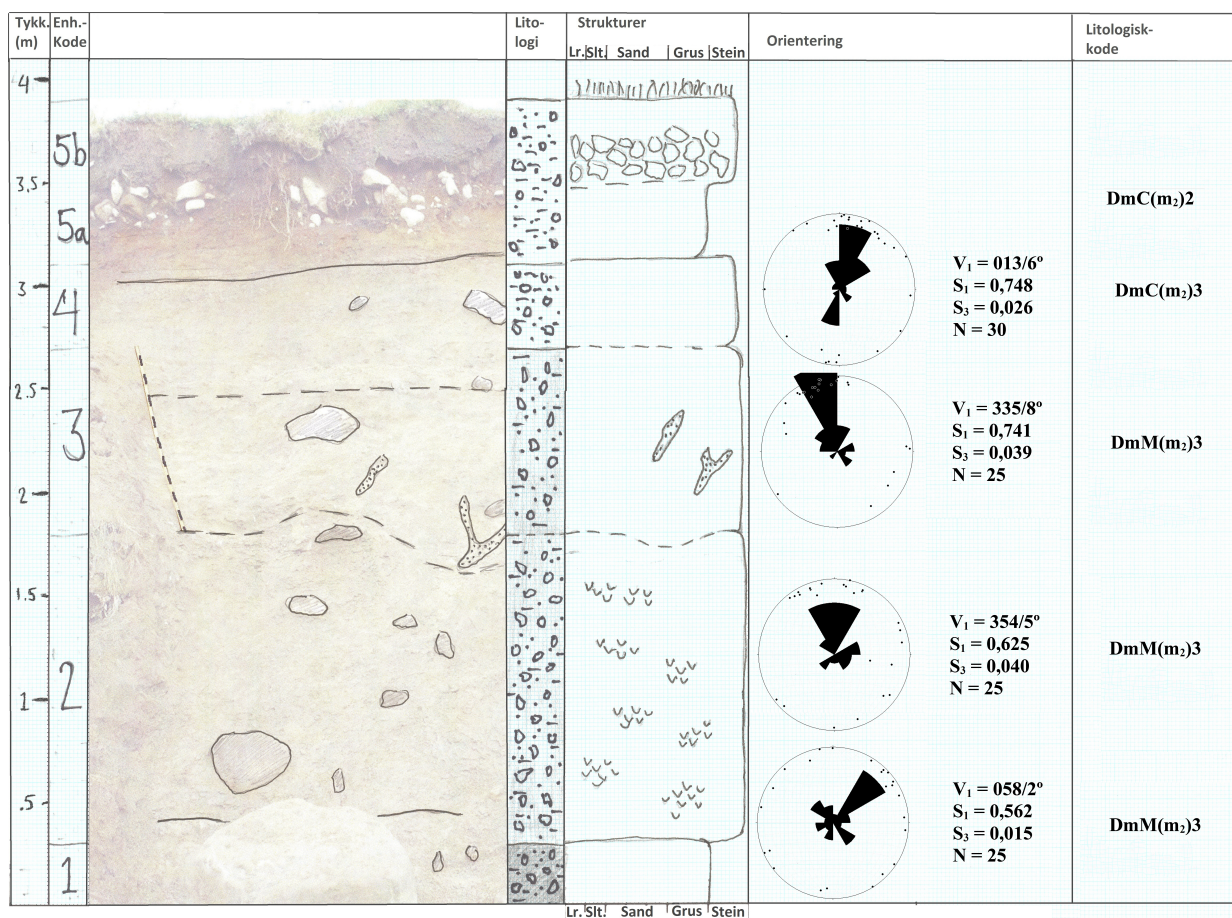
brunjordprofil(enhet 5). Midtveis i dette laget er det en ansamling av store stein og blokker. Jeg antar at dette skyldes sekundære prosesser som utvasking av finstoff og bruk av landbruksmaskiner. Under denne blokkhorisonten skifter sedimentene farge, og en finner subhorisontale, rød-oransje lag. Sedimentene er lite kompakte og raser lett ut. Jeg tolker at dette som utfellingsjiktet i jordprofilet. Det kan dog ikke utelukkes at den sub-horisontale sjiktinga er en primær prosess.

Videre nedover er snittet delt opp i fire enheter. Enhetene har et massivt uttrykk og grensen mellom dem er ofte gradvis og vanskelig å følge. Det øvre laget (enhet 4 i figur 3.7) er ca en halv meter tykt og består av et grusigt-sandigt diamikt. Diamiktet er matriksbårent og klast rikt. En finner klaster opp til blokkstørrelse. Enheten er kompakt uten tydelige strukturer. Undre grense er gradvis og subhorisontal.

Enhet 3 (fig. 3.7) har et relativt likt uttrykk som enheten ovenfor, men matriksen er noe finere, med fin og medium sand. Grusinnholdet er fortsatt relativt høyt. Klastinnholdet og kompaktheten er likt som i enhet 4. I denne enheten finner en enkelte linser med sortert (fin) sand hvor lamina er bevart. Linsene har et fall ca 45° mot sørvest, men de var vanskelige å følge innover i snittet så en entydig retning ble ikke målt. Undre grense er gradvis og varierer i høyde.

Enhet 2 (fig. 3.7) er i overkant av 1,5 m tykt. Innholdet i enheten er lik den ovenfor, men matriksen er noe fissilitert. En finner ingen tydelige linser i dette laget, men små bånd (1 - 8 cm) med laminert finsand. Grensen til det underliggende laget er relativt skarp og subhorisontal.

Den nederste enheten (enhet 1) (fig. 3.7) er minimum én meter tykt. Grensen til overliggende lag er relativt skarp og subhorisontal. Noen undre grense ble ikke funnet. Denne enheten er en anelse mer kompakt en de overliggende lagene og matriksen inneholder noe leir (<5%) i tillegg til fin og medium sand. Grus- og blokkinnholdet er likt som i enhet 2-4. En har et vannsig i dette laget noe som tyder på vannmettete sedimenter.



Figur 3.7: Log for snitt ØV1-øst. For sedimentbeskrivelse se figur 2.3

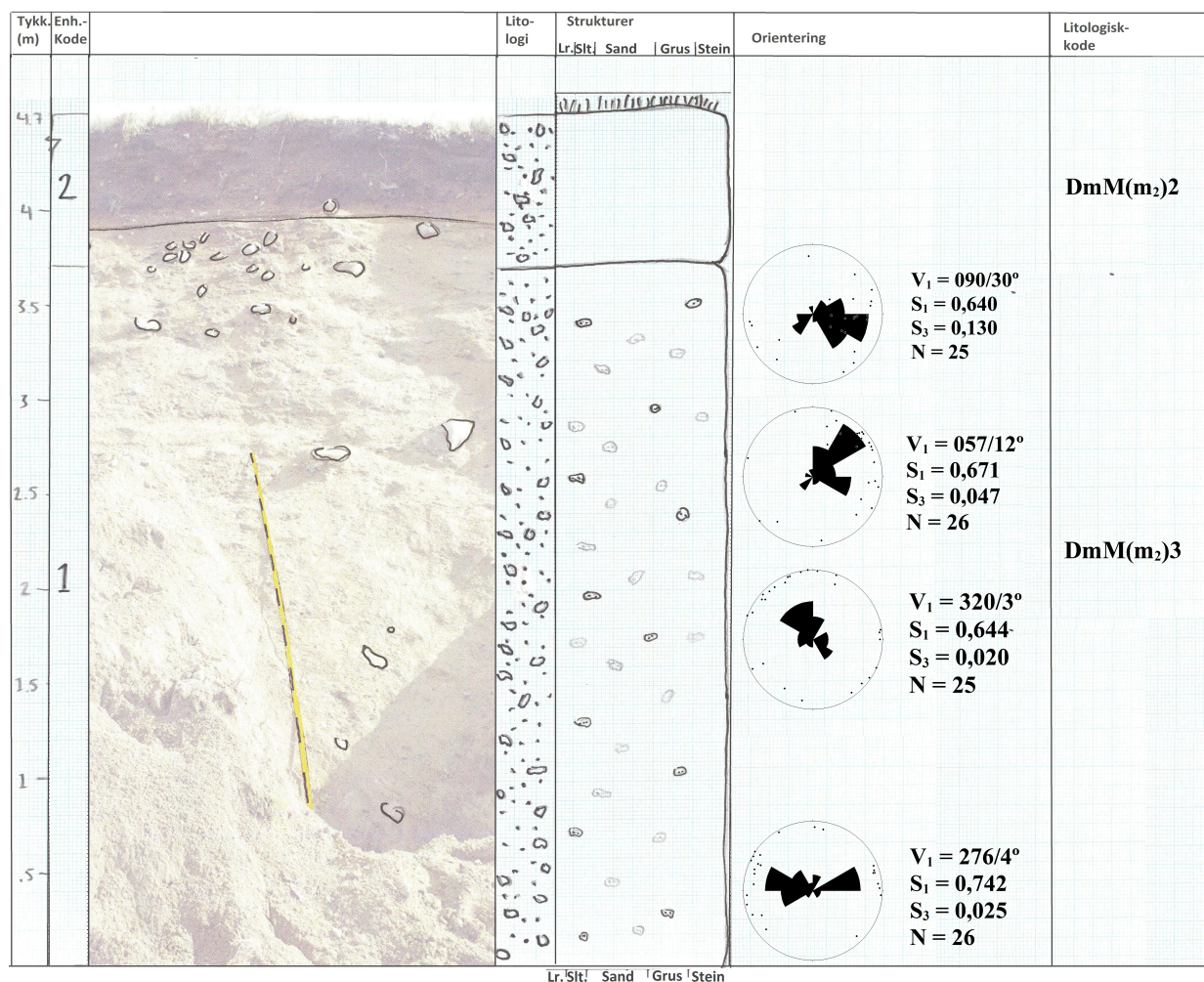
Steinorienteringen gjort i enhet 1-4 viser en relativ liten forskjell mellom de ulike lagene (fig. 3.7). Styrken til egenvektorene er signifikant og er noe sterker i de to øverste enhetene. I alle lagene var gruspartiklene (1-6 cm) relativt lite elongert og få partikler hadde et lengde/bredde-forhold høyere enn 3:2. Klastene var generelt kantete til subkantete. Ingen skuringsstriper eller polering ble observert i klastene, men det ble heller ikke aktivt observert etter dette.

Jeg tolker sedimentene i enhet 1-4 til å være avsatt som bunnmorene. Et generelt massivt preg og få strukturer gir lite klarhet i om dette er påklistringsmorene eller deformasjonsmorene. Et høyt grus- og sandinnhold kan tyde på en resedimentasjon av vanntransporterte sedimenter. Linser/bånd med laminert sand kan tyde på perioder med vannsortering, men kan også være strukturer bevart under deformasjon. Den underste enheten har et høyere innhold av finstoff. Dette kan skyldes delvis innblanding av marine avsetninger eller mer oppknuste sedimenter i issålen. Den øverste enheten er tolket som et jordprofil med til dels sterk menneskelig påvirkning.

Stratifiserte lag i bunnen av enheten kan skyldes en høyere grad av vannbearbeiding, og det kan tenkes at sedimentene er avsatt som utsmeltningsmorene under siste del av deglasiasjonen.

ØV1-vest

Snitt ØV1-vest er vendt ut mot åpent hav i sør-sørvest (fig.3.6). Snittet ligger i den nordvestlige flanken av den avmerkede formen og på tvers av drumlinaksen. På drumlinoverflaten er det her et gammelt skytefelt, og flere forlatte bygninger og bunkere er å finne i overkant av snittet. Skråningen er på ca 5-6 m og snittet har en tykkelse på 4,7 m. Det er delt inn i to enheter der den øverste enheten (enhet 2) er et brunjordprofil tilsvarende enhet 5 i seksjon (3.1.8)(fig. 3.8.



Figur 3.8: Log for snitt ØV1-vest. For sedimentbeskrivelse se figur 2.3

Enhet 1 er ca 4 m tykt og massivt. Laget består av et kompakt, matriksbåren sandig-grusig

diamikt dominert av fin og medium sand. Klastinnholdet er relativt høyt og en har partikler opp til blokkstørrelse. Gjennom hele enheten er det små lommer (<2 cm) bestående av sortert medium - grov sand (disse er noe overtydelige på figur 3.8). Det er ikke observert noen undre grensen for enheten.

Steinorienteringer gjort i enhet 1 viser stor grad av variasjon (fig. 3.8). Verdiene til egenvektorene er relativt sterke (0,64 - 0,74). Den underste og nest øverste av steinorienteringene gir en retning sub-parallelt med drumlinaksen, mens de to andre gir en retning normalt på drumlinaksen. Klastene er også her lite elongerte og viser liten grad av avrunding. Ingen tegn til isskuring eller polering ble observert.

Jeg tolker enhet 1 til å være bunnmorene av relativ lik natur som enhetene i ØV1-øst. Også her virker det til å være resedimenterede vannsorterte sedimenter. Ulikhetene i steinorienteringene kan skyldes intern deformasjon, selv om det ikke er noen andre tegn etter slike strukturer. Det er ei heller noe tegn til at de stammer fra ulik isbevegelsesretning (hverken lagdeling eller materialforskjeller).

ØV1-midt

Snitt ØV1-midt ligger 150 m rett sørøst for ØV1-vest (fig 3.6). Snittet ligger på tvers av den sørøstre flanken av drumlinen, med åpent hav i sørvest. Skråningen snittet ligger i har en høydeforskjell på rundt 4 m, snittet har totalhøyde på 1,7 m. Det består av to enheter (fig.3.9) der det øverste laget (enhet 2) tilsvarer jordprofilene i snitt ØV1-øst og ØV1-vest.

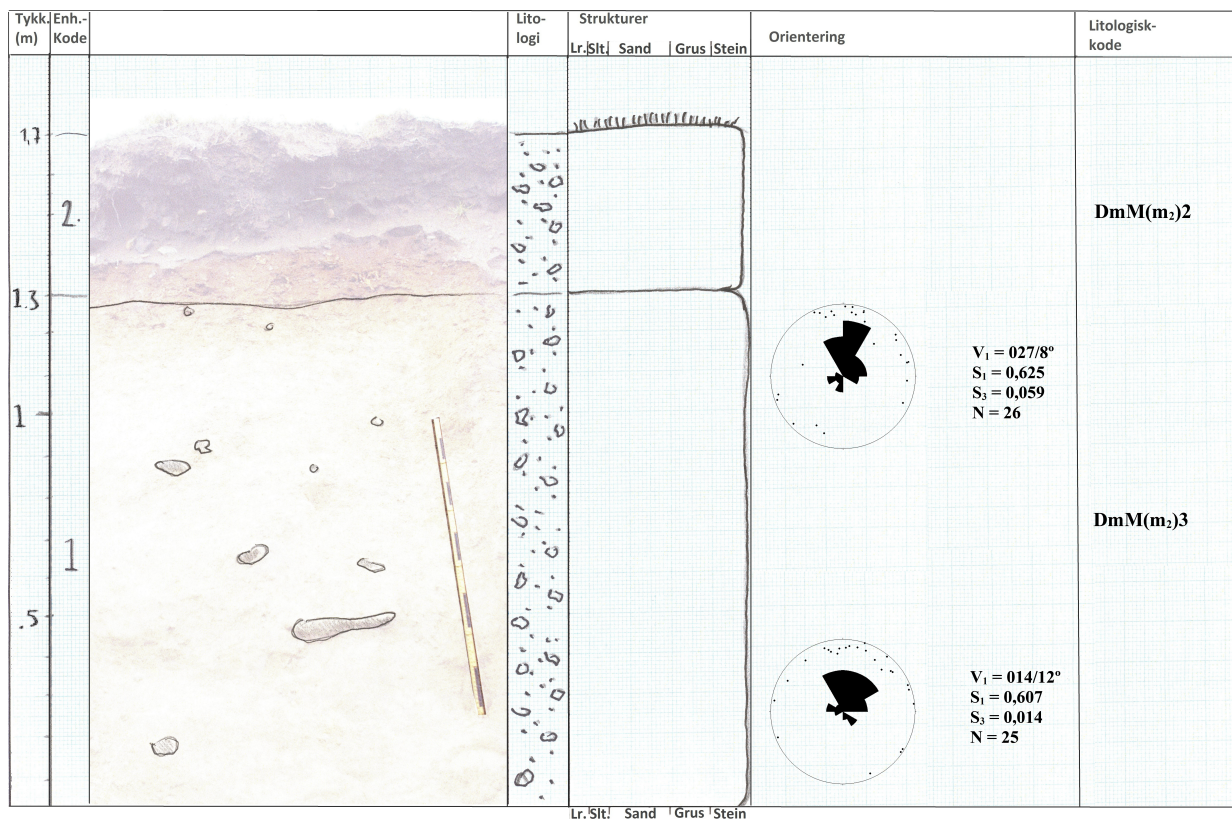
Enhet 1 (fig. 3.9 er minimum 1,3 meter tykt, men ingen undre grense ble funnet. Enheten er lik enhet 2 i seksjon 3.1.8, men en har færre sandlommer som er mer utydelige. Massene er kanskje en anelse mindre kompakt nedover i snittet.

Steinorientering her viser en relativ konsistent retning mot Nord-nordøst, noe som ikke er helt i samsvar med drumlinaksen. Klastene her er like de undersøkt i seksjon 3.1.8.

Jeg har en lik tolkning for disse enhetene som for seksjon 3.1.8 og 3.1.8. En eventuell oppløsning nedover i snittet kan tyde på en avkopling mellom sedimentene og den overliggende isen (Kjær et al., 2006), men følelsen av at sedimentene blir mindre kompakt i dypet kan også være feiloppfatning.

3.1.9 Nordhassel

Nordhassel er et flatt område som for det meste er dekket av marine avsetninger. Ved Nordhassel er det én ryggform (NH1). Ryggen er i underkant av 500 m lang og dekker det som er kartlag som en "halvøy" av tykke moreneavsetninger (figure 3.5) Ryggen er relativt lett å se både i felt, fra terrengmodell og flybilder. Den er dog litt mindre markert i nordøst.



Figur 3.9: Log for snitt ØV1-midt. For sedimentbeskrivelse se figur 2.3

3.1.10 Nesheim

Det er avmarkert en rygg ved Nesheim (NHE1)(figure 3.5). Dette er en ganske stor rygg (750 m) som stikker opp mellom Nesheimvatnet i øst og et myrdråg i vest. I den proksimale enden av ryggen er det et massuttak, og sedimentene er her grusige. I tillegg er det en buktende form som grenser opp til den sørøstlige flanken. Dette er tolket til å være en eskerrygg (fig. 3.5). Kristiansen and Sollid (1988) har kartlagt disse avsetningene som breelvavsetninger, mens den distale delen av ryggen er kartlagt som randmorene (fig.3.2). En halv kilometer sør for den avmerkede ryggen, har Ryen (2007) tolket morenelag, overlagret av strandavsetninger, til å være en randavsetninger. Denne avsetningen heller mot, strekker seg altså i (sør)øst - (nord)vestlig retning og bryter noe med drumlinretningen (Ryen, 2007).

3.1.11 Dyngvoll

Ved Dyngvoll er det på DTM-en avmerket flere lange og parallelle rygger. Fra feltrekognoseringa har jeg valgt å kun ta med en av disse i resultatdelen. D1 (fig.3.5) er på over 1250 og en

høydeforskjell på 15-20 m. Ryggen er smal i den proksimale enden, mens den ved 1/3 lengde får en "utvekst" ved den nordvestre flanken og blir noe breiere (fig.3.5). Denne utveksten kan være en annen form som til dels er sammevokst med D1, eller det kan skyldes erosjon av en opprinnelig større form. D1 er også tolket som en drumlin av Kristiansen and Sollid (1988).

3.1.12 Øvre Skeime

Både fra DTM- og flyfototolkning og fra feltrekognosering er dette et område med flere usikre former. Området består av to markante åsrygger, og mye tyder på at disse har fjellkjerner. Bl.a. er det observert en steinblotning ved den ene ryggen. Ryggene er en del høyere enn de andre drumlinryggene i området. Ryggene er kartlagt som drumliner av Kristiansen and Sollid (1988), men jeg har utelatt disse ryggene resultatdelen. Jeg har derimot avmerket fire drumliner (ØS1 - ØS4) på flankene av disse to ryggene (figure 3.5). Dette er relativt små (200-350 m) former. Flere av disse er mer udefinerbare høydedrag enn klare drumlinformer. Der ryggene er bedre markert er det mistanke om influering fra berggrunn. SK4 er derfor avmerket som en crag-and-tail.

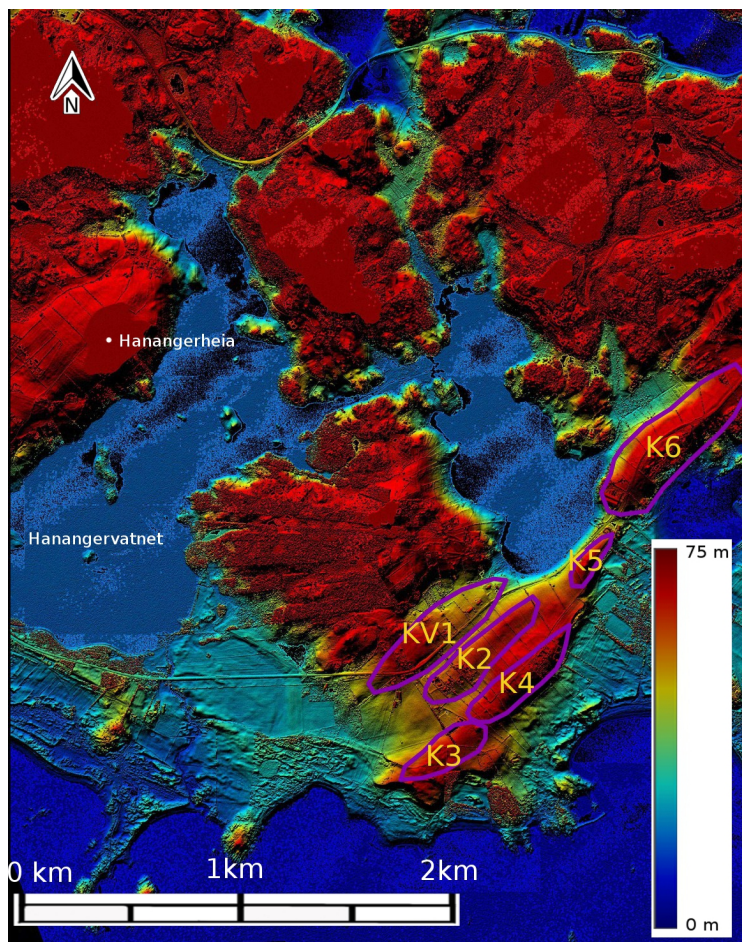
ØS5 og ØS6 (fig.3.5) er to små (<150 m) ryggformer beliggende vest (tildels på den nordvestre flanken) for de to store åsryggene ved Østre Skeiem. Disse ryggene er tydelige også i felt. Noen hundre meter nord for disse ryggene har en et massetak, med uttak av breelvavsetninger. ØS5 og ØS6 ligger helt i grenseland mellom det som er kartlagt som slike glasifluvialesedimenter i nord og tynt morenedekke i sør (fig.3.2)

3.1.13 Kviljo

Området rundt Kviljo består av noen større rygger i et ellers undulerende landskap med et betydelige lavere høyderelief enn de nevnte ryggene. Rett sørøst for Nesheimsvatnet/Kviljobukta har en to store rygger (K1 og K3 (fig.3.5)) på hhv. 1100 og 770 m. Ryggene er godt markert i alle retninger. Kristiansen and Sollid (1988) har også tolket dette som drumlinrygger. Den nordligste av de to ryggene (K1) har en litt spesiell framtoning ved distalsida. Her blir ryggen mye smalere og tilsynelatende mer buktende. Det kan muligens være en eskerrygg som ligger helt opptil ryggen eller så kan det være at kystprosesser har modifisert ryggen. I forlengelsen av denne ryggen, ut mot kysten, har jeg også avmerket et liten (170 m) drumlin (K2 (fig.3.5)). Den ligger ved det som er kartlagt som marine avsetninger (Kristiansen and Sollid, 1988). Nordøst for det undulerende landskapet ved Kviljo er K4 avmerket (fig.3.5). Dette er en middels stor rygg (>400 m) og den er tydeligere i felt, enn på flyfoto og DTM. I motsetningen til landskapet i sør så har denne ryggen en jevn overflate. Denne er en del av det som (Kristiansen and Sollid, 1988) tolket som en større drumlin ved Hanangerheia (fig.3.10).

Hananger er en markant åsrygg som stiger mellom Hanangervannet i øst og et ulendt berggrunnsin-

fluert landskap i øst. Ryggen stiger mer 40 meter over Hangervannet, og enkelte steder virker det til at åssidene stiger noe trinnvis. Jeg tolket først dette som en drumlin ut fra flyfototolkning, men fra DTM-en og feltobservasjoner tolker jeg det som at store deler av åsen består av fjell. Jeg har derfor utelatt formen fra resultatdelen. På overflaten kan det ut fra DTM-en virke som en har flere mindre ryggformer, men i felt var disse ikke mulige å observere.



Figur 3.10: Kartlagte drumliner på Lista, østre del. For tegnforklaring se figur2.2

3.1.14 Kråkenesvatnet

Dette er et den østligste gruppen med rygger som har blitt avmerket. Det er her flere rygger som ligger på langs og danner et lengre høydedrag. Den sørligste av disse er tolket til å bestå av fire individuelle drumliner (KV1 - KV4) (fig.3.10). KV1, KV2 og KV4 ligger side om side og er relativt like i form og størrelse (700-800 m). I forlengelsen av KV4, ligger KV3. Dette er en

noe mindre form (450 m) som skiller seg fra KV3 ved at ryggkammene er noe forskjøvet i forhold til hverandre. Lengre nordøst ligger KV5, som er en liten (<300 m) rygg, og KV6, som er den største av ryggene ved Kråkenesvatnet (900 m)(fig.3.10). Ryggene er tidligere tolket til å være én lang rygg (Kristiansen and Sollid, 1988). Kristiansen and Sollid (1988) tolket videre to rygger proksimalt for denne til å være drumliner. Disse virker i stor grad til å bestå av fjell.

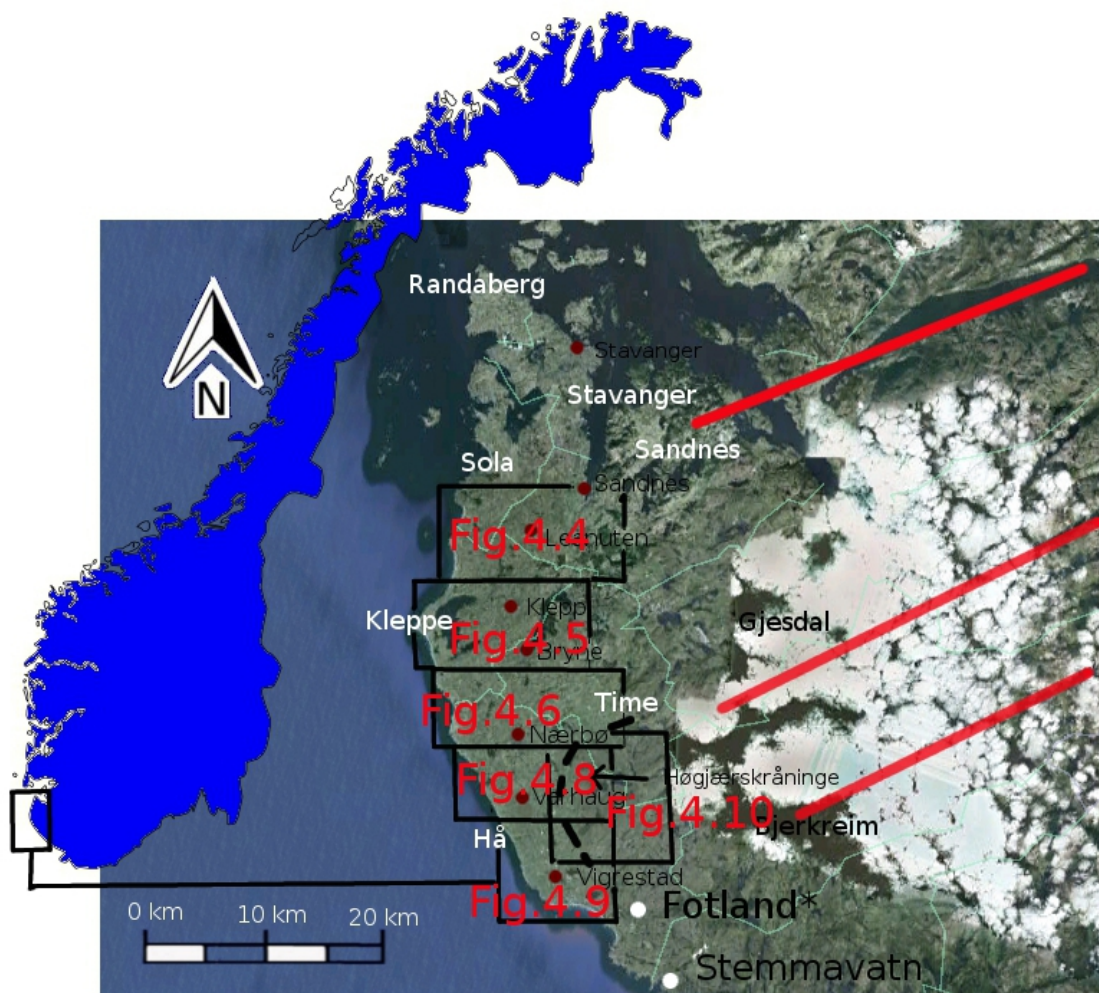
Kapittel 4

Jæren

4.1 Områdebeskrivelse

Jæren er et lavlandsområde i Rogaland fylke. Det dekkes av kommunene Randaberg, Stavanger, Sandnes, Sola, Klepp, Time, Hå, Bjerkreim og Gjesdal (figur 4.1). I vest - sørvest grenser området til Nordsjøen og flate landskapet gjør om at området er sterkt vindutsatt. Jærens nordlige avgrensning er Boknafjorden. I øst - sørøst er det forholdsvis skarp overgang til heilandskapet som dominerer store deler av Rogaland og Agderfylkene. Jærlandskapet deles ofte inn i to typeområder, Låg- og Høgjæren.

Lågjæren følger kysten og strekker seg på det meste rundt 10 km inn i landet. Landskapet er lavtliggende og består stort sett av smårygger og hauger med lite relief. Det er kun i den nordlige delen en finner åsrygger som stiger over 100 moh. Området er i all hovedsak dekket av tykke løsmasseavsetninger (>100 m tykke) (Andersen et al., 1987). I den nordlige delen finnes en del bart fjell, det finner en og tilknyttet de høyeste punktene (fig.4.2). Mellom Bryne og Nærbø er det også en sone med bergknauser som stikker opp over løsmassene. Disse er ofte assosiert med crag-and-tails (Wangen and Lien, 1990). Løsmassene på overflaten består hovedsakelig av morenemateriale (fig.4.2). Det er kun helt ute ved kysten i en sone som strekker seg 1 - 2 km inn i landet at det er marine avsetninger (fig.4.2). Tilknyttet disse finner en lange strandvollsystemer. Helt ytterst mot kysten og til dels rett i bakkant av de marine avsetningene er det vindavsetninger (fig.4.2). En har også flere kilometerbrede soner med breelavsetninger. Disse går som regel fra innlandet og vestover mot kysten. Den mest omfattende følger Frøylandsvatnet og Ergavatnet ut mot kysten (fig.4.2). I tillegg er det flere små enkeltvise forekomster på den sørlige delen av Lågjæren. Kyststripa langs ved Jæren har hovedsakelig to uttrykk. Fra Brusand og nordover til Nærbøtraktene har en en mer eller mindre rett kystlinje uten vik og odder. Ved Nærbø får blir kyststripa mer taggede, dette er den hele veien vider opp til Randaberg ??.



Figur 4.1: Kartutsnitt for Jærenområdet. Markert med rødt er langsgående tektoniske daler, som har fungert som dreneringsruter for innlandsisen

Morfologisk kan en dele Lågjæren inn i fire soner. Den nordlige sonen (Sola, Stavanger og Randaberg) består av flere større morenerygger og fjellknauser. I dette området har det blitt kartlagt flere drumliner som alle har en retning ut mot kysten (nordøst - sørvest) (Østmo and Olsen, 1986). Dette området har ikke blitt studert i denne oppgaven. Neste morfologiske sone strekker seg fra området Leanuten (ett morenedekt område øst for Sandnes sentrum) til nordlige deler av Kleppe. Her er det flere langsgående former som strekker seg i retningen sørvest - nordøst. Fra tidligere studier er det her markert enkelte drumlinoide former. Videre finnes en tredje sone som strekker seg fra Kleppe til Nærbø. Her er en del glasiofluviale avsetninger i overflaten. Landskapet er rotete og en har flere hauger og rygger, ofte uten noen klar lengdeakse. Det er også her kun markert noen få drumlinoide former på løsmassekart (Wangen and Lien, 1990). Den sørligste sonene strekker seg fra Nærbø til Brusand. Her preges landskapet av undulerende rygger som strekker seg ned fra Høgjæren. Enkeltvis har en raviner. Mellom Nærbø og Varhaug er det et område flere crag-and-tails og lineære smeltevannskanaler (Wangen and Lien, 1990). I den sørligste sonen er det en del usammenhengende rygger som strekker seg parallelt med kysten. Disse er både blitt tolket som randmorene (Andersen et al., 1987) og drumliner (Janocko, 1997; Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2003). I tillegg finnes ett område innenfor Bryne (Fotland) der Lågjæren møter heilandskapet uten det mellomliggende Høgjæren. Landskapet får her et "villere" preg med stryk og oppstikkende fjellknauser. Her er det også kartlagt flere crag-and-tails (Wangen and Lien, 1990).

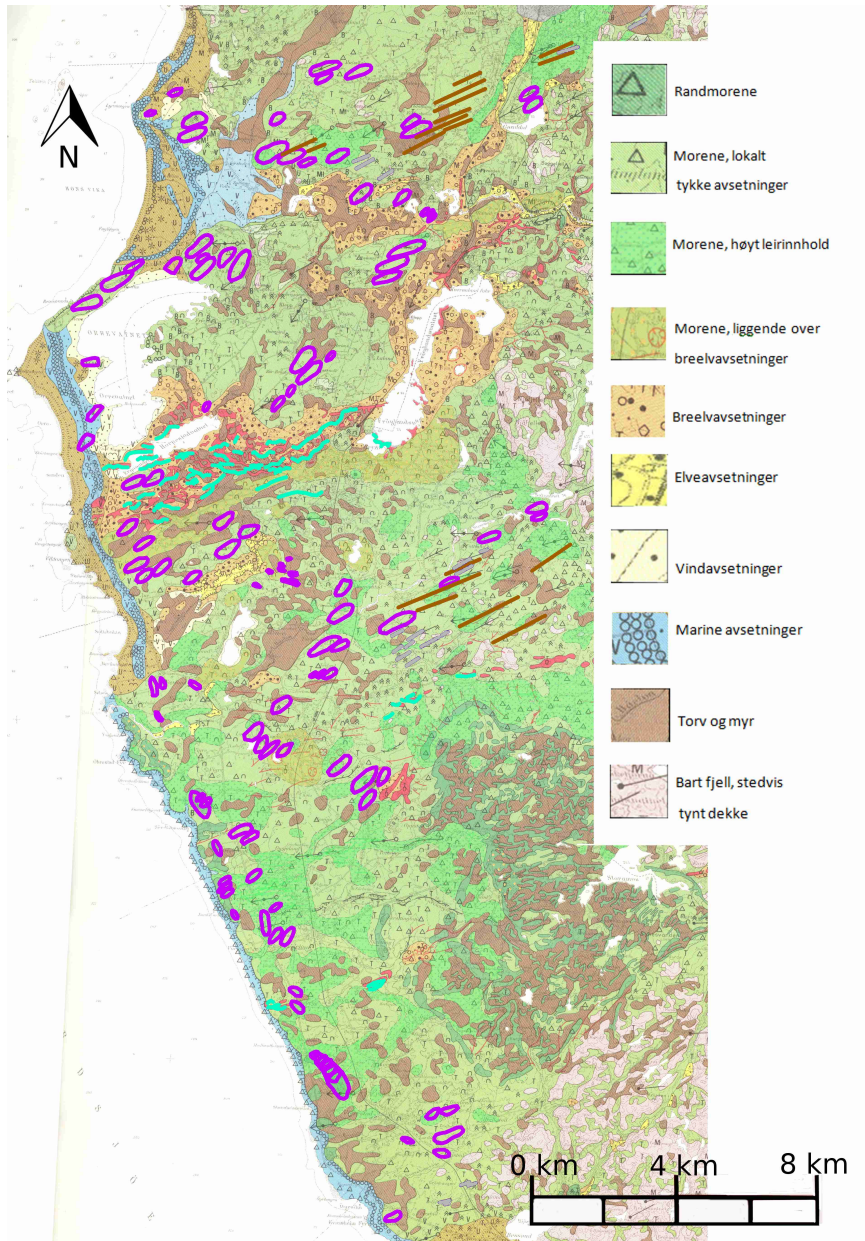
Høgjæren (med løsmasser) strekker seg bare noen få (<7 km) km innover i landet (fig.4.10). Dette er et relativt flatt platå som hever seg opp fra Lågjæren, men ligger lavere en heilandskapet lenger inn i landet. Stigningen mellom Høg- og Lågjæren er karakteristisk og her finner en flere smeltevannsløp og enkelte områder med breelavsetninger med tilhørende ryggformer (Wangen and Lien, 1990). Høgjæren består nesten utelukkende av moreneavsetninger og torv. Morfologisk har en her puljomorener og randmorener, men også her er det blitt observert et stort antall drumline former flere drumlinoide former (Knudsen et al., 2006a).

Morenemateriale som dekker store deler av Lågjæren kan hovedsakelig bli delt inn i to typer (fig.X) (Wangen et al., 1987). En grusig morene med <5 - 10 % leir er å finne over store deler av Lågjæren (fig.4.2). Den er mest vanlig på Nord-Jæren og i området rundt Bryne. Den opptrer også i de sørlige delene, men da bare som et tynt toppdekke og/eller blandet med underliggende leirig morene. Den mer leirige morene er å finne i større områder på sørlige Jæren (fig.4.2). Den finnes også flekkvis nord for Bryne. Denne har et innhold på oppmot 30 % leir (Andersen et al., 1987). I beskrivelsene nedenfor vil jeg bruke betegnelsen morene og leirig morene for de to typene respektivt, dette i henhold med (Wangen and Lien, 1990).

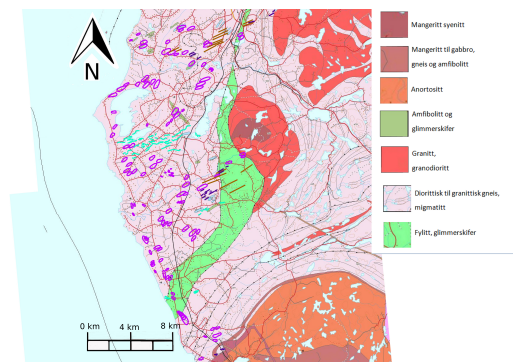
Berggrunnen på Jæren er preget av metamorfe bergarter og hovedsakelig finner en diorittisk til granittisk gneis (fig.4.3). Fyllitt og glimmerskifer er også vanlig og strekker seg i en sone nord-

nordøst søndre Lågjæren og gjennom Høgjærplataet (fig.4.3). I heilandskapet øst for Jæren har en en del granitt og granidioritt. I sørøst kommer en inn i en sone med Anortositt, den såkalte Ognå-Egersund-anortositten (fig.4.3) (?). I fjellene øst for Jæren ligger det flere sørvestligrettete forkastningsdaler (fig4.1)

Alle steinorienteringer det blir henvist til i resultatbeskrivelsen kan sees i figur ???. En sammenfatning av de registrerte formene på Jæren kan sees i tabell 4.1.



Figur 4.2: Kvartærgeologisk kart for Jæren, med avmerkete former (modifisert etter (Wangen and Lien, 1990))



Figur 4.3: Berggrunnskart over Jæren, med avmerkete former (hentet fra NGU.no)

Tabell 4.1: Drumlinklassifisering

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Crag & Tail						
Sele	S1		X			24,5	283	104	2,7	258	Ikke studert i felt.
	S2		X			46,3	378	154	2,5	248	Ikke studert i felt.
	S3		X			189,6	683	320	2,1	248	Ikke studert i felt.
	S4		X			186,9	766	257	3,0	248	Ikke studert i felt.
Lea	L1		X			185,5	858	232	3,7	250	Markert som drumlinoid form av Østmo & Olsen (1986). Ikke studert i felt.
	L2		X			73,6	505	186	2,7	239	
	L3		X			147,3	768	218	3,5	246	
	L4			X		87,7	428	243	1,8	231	
	L5		X			308,6	934	396	2,4	241	
	L6			X		177,2	747	289	2,6	247	
	L7		X			63,2	423	140	3,0	246	
	L8		X			127,7	631	237	2,7	240	
	L9			X		96,0	553	196	2,7	238	
	L10			X		194,0	856	261	3,3	245	
	L11				X		465			248	Crag-and-tail
	L12				X		540			241	Crag-and-tail
	L13				X		400			238	Crag-and-tail
Gandal	G1	X				101,7	548	204	2,7	234	Ikke studert i felt.
	G2	X				123,6	525	274	1,9	230	Ikke studert i felt.
	G3				X		568			253	Ikke studert i felt.
	G4				X		269			225	Ikke studert i felt.
	G5				X		494			241	Ikke studert i felt.
— Øknsnavad	Ø1		X			179,6	719	298	2,4	227	
	Ø2		X			95,7	536	213	2,5	226	
	Ø3		X			25,1	247	102	2,4	227	
	Ø4			X		13,6	179	52	3,4	220	
	Ø5		X			24,7	260	98	2,7	224	

Tabell 4.1: fortsetter

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Annen form						
Reve	R1		X			77,2	555	162	3,4	239	Noe vanskeligheter med å skille mellom de tre drumlinene ved Reve.
	R2		X			246,2	929	324	2,9	242	Se R1.
	R3		X			193,8	825	297	2,8	253	Se R1.
Bore	B1			X		113,4	457	261	1,8	218	Ser ut til å være kuttet distalt (sør-vest).
	B2		X			203,3	829	265	3,1	230	
	B3			X		43,3	329	127	2,6	236	
	B4		X			189,7	805	256	3,1	229	
	B5			X		134,4	612	270	2,3	221	Meget vanskelig å avgrense.
	B6			X		266,2	944	234	2,9	210	
Hattaland	H1	X				238,9	1058	284	3,7	250	
	H2		X			217,3	900	270	3,3	252	
	H3		X			147,3	795	212	3,8	251	
Orrevatne	O1			X		78,6	459	204	2,3	265	
	O2			X		84,4	494	157	3,2	226	
	O3					105,0	512	279	1,8	224	
	O4		X			122,0	642	216	3,0	243	Markert som drumlinoid form av Wangen & Lien (1990) sammen med O5
	O5			X		126,8	591	281	2,1	234	Se O4
	O6			X		26,4	247	100	2,5	209	
Braut	BR1		X			259,9	867	355	2,4	224	
	BR2		X			30,7	283	108	2,6	222	
	BR3		X			183,5	845	257	3,3	228	
	BR4			X		38,3	282	134	2,1	211	
	BR5			X		62,7	469	153	3,1	220	

Tabell 4.1: fortsetter

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Annen form						
Skeie	SK1		X			121,8	631	249	2,5	230	
	SK2		X			96,6	609	204	3,0	236	
	SK3		X			144,1	707	245	2,9	242	
	SK4			X		100,6	507	236	2,2	232	
	SK5			X		109,3	588	203	2,9	226	
Rimestad	RI1			X		10,7	167	67	2,5	299	Drumlinisert dødisterreng?
	RI2			X		8,2	127	71	1,8	295	Se RI1
	RI3			X		2,8	91	33	2,8	282	Se RI1
	RI4			X		3,4	114	42	2,7	280	Se RI1
	RI5			X		9,0	171	65	2,6	290	Se RI1
	RI6			X		3,8	84	55	1,5	263	Se RI1
	RI7			X		8,5	150	51	2,9	299	Se RI1
	RI8			X		19,1	225	112	2,0	287	Se RI1
	RI9			X		27,7	275	112	2,5	290	Se RI1
Haugland	HA1			X		115,2	543	260	2,1	225	
	HA2		X			198,1	771	299	2,6	237	
Torland	T1	X				205,4	964	258	3,7	241	
	T2		X			78,6	513	183	2,8	242	
	T3		X			16,4	205	91	2,3	283	
	T4		X			24,1	270	96	2,8	229	
	T5		X			56,9	406	162	2,5	234	
	T6		X			289,4	1106	327	3,4	241	
	T7				X			330		243	Crag-and-tail
	T8				X			472		238	Crag-and-tail
	T9				X			278		233	Crag-and-tail
	T10				X			266		232	Crag-and-tail
	T11				X			400		240	Crag-and-tail
	T12				X			385		238	Crag-and-tail
	T13				X			550		242	Crag-and-tail
	T14				X			187		238	Crag-and-tail

Tabell 4.1: fortsetter

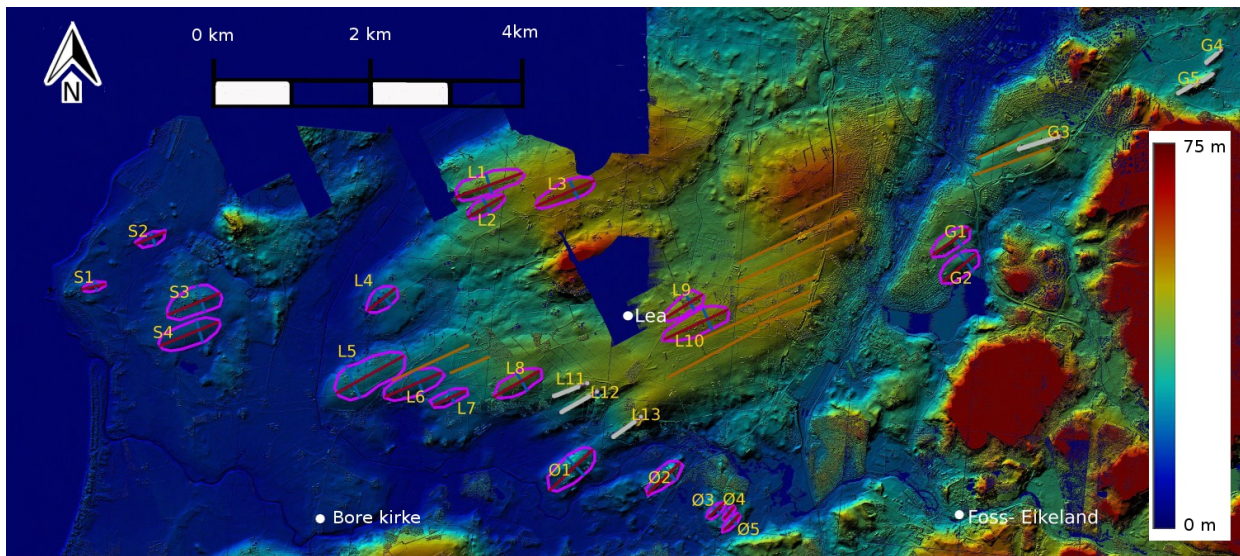
Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Annen form						
Fotland	F1			X		62,5	518	139	3,7	245	I følge Wangen & Lien (1990) er dette en erosjonsrest mellom dagens elveløp og et tidligere smeltevannsløp.
	F2				X		523			240	Pre-crag
	F3				X		497			241	Pre-crag
	F4		X			103,6			3,0		Pre-crag
	F5		X			619		207	3,0	249	
	F6			X		560	252	156	2,3	252	
	F7		X			431	156	2,8	250		
Salte	SA1		X			88,5	502	208	2,4	235	
	SA2		X			135,6	621	263	2,4	229	
	SA3		X			182,7	727	288	2,5	236	
	SA4		X			122,8	574	288	2,0	242	
Nærland	N1		X			68,1	504	153	3,3	348	
	N2			X		29,6	286	142	2,0	343	
	N3			X		23,2	281	96	2,9	324	
	N4			X		36,4	329	112	2,7	304	
Nærbø	NÆ1		X			146,0	628	273	2,3	230	
	NÆ2			X		156,6	620	295	2,1	226	Beliggende i breelavsetninger ((Wangen & Lien, 1990).).
	NÆ3		X			94,8	519	236	2,2	215	Se NÆ2.
	NÆ4		X			83,9	649	151	4,3	227	Se NÆ2. I tillegg Markert som en lang rygg (ikke esker) av Wangen & Lien (1990).
	NÆ5			X		77,4	531	205	2,6	228	Se NÆ2.
Reime	RE1	X				232,8	824	364	2,3	330	Markert som randmorene (Wangen & Lien, 1990)..
	RE2			X		25,1	253	108	2,3	229	Kryper på RE1. Lengdeaksen står vinkelrett på RE1.
	RE3			X		42,2	314	175	1,8	233	Se RE2.

Tabell 4.1: fortsetter

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (<i>m</i>)	Bredde (<i>m</i>)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Annen form						
Håland	HÅ1	X				171,7	721	237	3,0	231	Ligger i ett område med flere dødisgroper (Wangen & Lien, 1990).
	HÅ2			X		244,5	933	300	3,1	223	
	HÅ3			X		90,6	509	190	2,7	213	
	HÅ4	X				118,5	617	216	2,9	217	
Grødalaland	GR1			X		128,0	637	213	3,0	245	
	GR2			X		74,3	512	150	3,4	238	
	GR3	X				55,2	430	170	2,5	337	Markert som randmorene (Wangen & Lien, 1990)..
	GR4			X		39,0	345	127	2,7	232	GR4 - GR6 kan muligens være (del av) en form som strekker seg over alle disse tre. Markert som randmorene (Østmo & Olsen, 1986).
	GR5			X		41,4	400	102	3,9	233	SE GR4.
	GR6			X		42,0	327	151	2,2	237	SE GR4
	GR7	X				72,9	465	178	2,6	231	Markert som en erosjonsrest i ravinelandskap (Wangen & Lien, 1990).
	GR8	X				25,1	253	105	2,4	330	Markert som randmorene av Wangen & Lien, 1990.
Varhaug	V1	X				34,9	338	112	3,0	234	
	V2	X				123,6	666	185	3,6	351	Markert som en erosjonsrest i ravinelandskap (Wangen & Lien, 1990).
	V3	X				74,8	498	185	2,7	218	
	V4	X				101,6	547	217	2,5	212	

Tabell 4.1: fortsetter

Sted	Kode	Grad av drumlinutvikling				Areal ($\times 1000m^2$)	Lengde (m)	Bredde (m)	Lengde/ Bredde	Orientering	Kommentar
		Høy	Middels	Lav	Annen form						
Husvegg	HU1	X				56,4	335	128	1,8	305	
	HU2	X				72,1	414	198	2,1	313	
Stavnheim	ST1	X				542	1440	500	2,9	326	Stor kystparallel form. Overflaten er undulerende, med det som er identifisert som ST2 - ST6 krypende på tverrs av lengdeaksen. Av Wangen & Lien (1990) er dette markert som randmorene.
	ST2			X		26,2	219	117	1,9	235	Form med lengdeakse ut mot kysten. Formen ser ut til å krype på den større ST1.
	ST3	X				31,4	299	114	2,6	227	Se ST2
	ST4	X				29,3	295	111	2,7	226	Se ST2
	ST5	X				54,3	363	171	2,1	235	Se ST2
	ST6	X				58,6	330	209	1,6	224	Se ST2
Vigrestad	VI1	X				60,5	401	182	2,2	232	Markert som smeltevannslap av Wangen & Lien (1990).
	VI2	X				69,2	474	182	2,6	253	Se VI1.
	VI3			X		185,5	849	282	3,0	250	Se VI1.
	VI4	X				27,6	317	116	2,7	287	Se VI1.
	VI5	X				65,6	417	181	2,3	284	Se VI1.
Kvassheim	K1	X				76,4	460	187	2,5	247	Muligens flere like omkringliggende former som ikke er markert på terrengmodellen.
	K2				X		273			257	
	K3				X		112			262	
	K4				X		250			250	
	K5				X		218			251	
Totalt Jæren		Σ Høy 6	Σ Middels 64	Σ Lav 46			Σ Crag & Tail 21			Σ Totalt 137	



Figur 4.4: Avmerkede former ved området rundt Leanuten. For tegnforklaring se figur 2.2

4.2 Resultater

4.2.1 Sele

Sele ligger helt nordvest i området som er dekket av terrenngmodellen og har ikke blitt sjekket ut i felt. Området ligger helt ut mot kysten ved en liten tange. Jeg har her avmerket fire drumlinformer (S1 - S4)(fig. 4.4). Alle ligger på det som er tegnet inn som morene på løsmassekartet (Wangen et al., 1987). S1 og S2 ligger som to små moreneøyer i et område med flygesand og strandvoller. Dette er små drumliner med en lengdeakse på rundt 300 meter. S3 og S4 er større og ligger side om side. Lengdeaksen er på omlag 700 m. På den høysete av de to (S2) har en en del bebyggelse. Disse ligger i et belte av morenemateriale som brer seg nordover. Rett nord for disse drumlinene har en også stikkende opp en bergknaus (Byberget)(fig.4.4) som Wangen et al. (1987) avmerkete som en drumlin. Dette er jeg uenig i da hverken fjellknausen i seg sjølv eller løsmassene i umiddelbar nærhet ser ut til å være styrt av noen spesiell retning. Nordøst for Byberget er det en løsmasserygg som kan tolkes som en drumlin. Denne har derimot en mer ujevn overflate. Den ligger også delvis utenfor dataområdet.

4.2.2 Lea

Lea har jeg definert som en litt høyereliggende område helt nord på terrenngmodellen (fig. 4.4). Området er for det meste dekket av morenemateriale, men i enkelte forsenkninger finner en torv. Morenelaget ved Lea har en tykkelse på rundt en meter og ligger over et lag med homogen siltig

leire (Raunholm et al., 2004). En liten fjellknaus, Leanuten, stikker opp omtrent midt på området. De avmerkede drumlinene i området virker alle til å ha en relativ lik natur. De varier i lengdeaksen mellom 500 - 1000 meter og de er alle jevne former. Ryggene er alle relativt lave og ingen stikker seg særlig ut i terrenget. De fleste ble oversett i felt. Sørøst i området har en noen små fjellknauser som stikker opp. Disse ser ut til å ha relaterte løsmasse haler og jeg har valgt å definere de som crag and tails (L11 - L13). Leanuten kommer ikke godt med på terrengmodellen, men den er definert som en drumlinform av Wangen et al. (1987). Dette ser ut til å være en lesidemorene, med løsmassehalen mot nordøst. Hele området er også preget av lineasjoner. Disse kommer bedre frem ved utsoming av modellen og ble ikke sett i felt. Jeg har definert dette som mega-flutes/renner.

4.2.3 Ganddal

Ved Sandnes har en et tynt overflatedekke med leirig morene som ligger over sandavsetninger (Andersen et al., 1987). Sørøst for Sandnes har jeg avmerket de to formene G1 og G2 (fig.4.4). Disse to er også (delvis) avmerket av Wangen et al. (1987). Drumlinene er i overkant av 0,5 km lange. De ligger i grenseland mellom det som er kartlagt som morene og leirrik morene. Nordøst for disse to har jeg kartlagt flere små (<500 m) crag-and-tails former. I heilandskapet umiddelbart innenfor Sandnes er det også blitt markert flere drumliner på løsmassekartet. Ved Foss-Eikeland (fig. 4.4), en dalmunning rett sør for Ganddal, har en ved overflaten ett tykt morenedekke (opp mot 15 m). Den nedre delen av diamiktet er tolket som sub-glasialt deformert morene. Et øvre, mindre kompakt, materiale er tolket som utsmeltningsmorene. Denne er tektonisert fra nordøst (Raunholm et al., 2002)

4.2.4 Øksnavad

Øksnavad er et lavereliggende område ved dagens elveløp til Figgjoelva. Området er for det meste dekt av breelvsedimenter og torv. Alle de fem avmerkete formene (fig.4.4) ligger på det som er kartlagt som morenelommer (Wangen et al., 1987). De to vestligste drumlinene (Ø1 - Ø2) er relativt store (>500 m). Lengre øst har en Ø3 - Ø5 på rundt 200 m. De små formene og nærheten til breelvmateriale gjør at jeg er usikre på disse.

4.2.5 Reve

Rett nordvest for Orrevatnet er en smal stripe med land mellom vannet og kyststripa. Denne sørvest - nordøstlige landstripa består, i motsetning til det resten av kystlinja, ikke av vindavsetninger og strandvoller. Her har en morenemateriale helt ut til havet. Overflaten er her lett undulere og jeg har her markert de tre formene R1 - R3 (fig. 4.5). De er noe vanskelig å skille

fra hverandre, men at det er flere tydelige rygger kommer klart fram både i felt og fra terrengmodellen. Lengden på ryggene varierer mellom 500 og 1000 m. Her har en i overflaten en 1 - 2 meter tykk sandig morene (Andersen et al., 1987). Underliggende denne tykke, stratifisert leiravsetninger (Andersen et al., 1987). Disse leirlagene faller mot sørvest (Andersen et al., 1987)

4.2.6 Bore

Ved Bore kirke (fig.4.5 er det en flate bestående av havavsetninger. Rett sør for denne er det to tydelige åser som stiger opp (fig.4.5. Den østligste av disse to har i vest flere partier med berg i dagen. Fra terrengmodellen kan en se at sjølve overflaten på denne åsen er jevn med en definert høyde langs midten og tydelige flanker ut på sidene. Det kan diskuteres om dette er en drumlinisert form. Jeg har valgt å utelate denne.

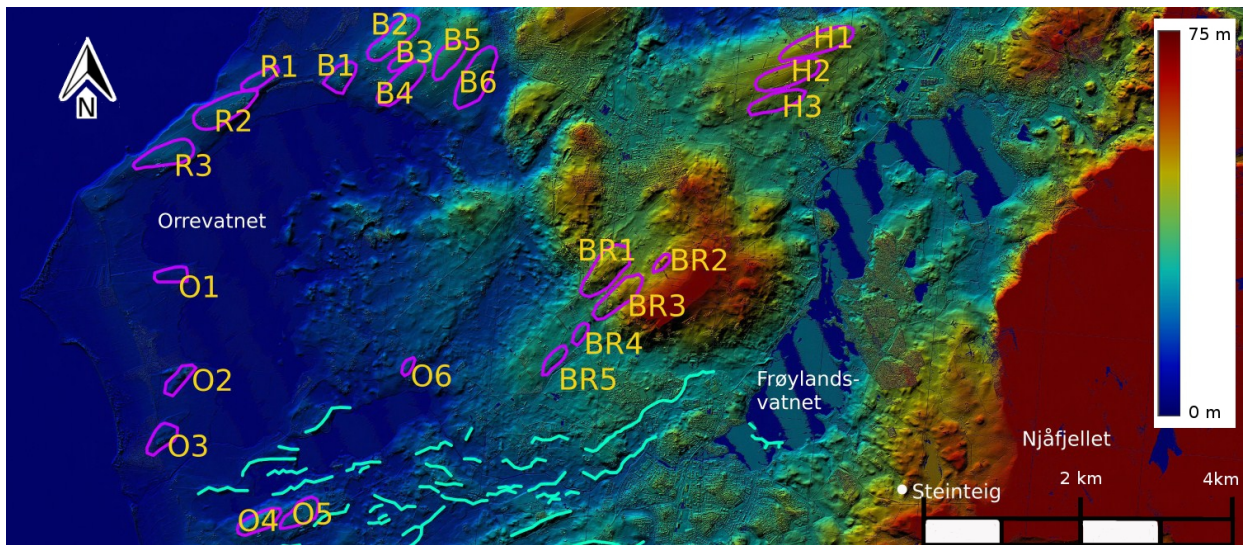
Den andre åsen består utelukkende av løsmasser på overflaten. I felt kunne en ane at denne består av flere mindre ryggformer. Dette kommer enda klarere fram fra terrengmodellen, der ser en også en forsinking i midten av ryggen. De individuelle ryggene er til dels veldig vanskelig å avgrense. Jeg har valgt å markere de fem formene B2 - B6 her. B1 ligger rett sørvest for åsen. Denne ser på terrengmodellen ut til å kunne være en halv drumlin som er kuttet på tvers ved Orrevatnet. De andre drumlinene er relativt like, med en lengde mellom 600 - 900 meter. Unntaket er den noe mindre B3 på 300 meter.

4.2.7 Hattaland

Hattaland ligger som en halvøy av morenemateriale med breelvasetninger i nord, øst og vest (fig.4.5. Overflaten er lett undulerende med små høydeforskjellene innad i landskapet. Jeg har her markert ryggene H1 - H3. Disse har en lengde på rundt 1 km og er relativt tydelig både på terrengmodellen og i felt. Jeg er dog usikker på den vestlige avgrensingen av disse tre. Vest for Hattaland stikker det opp noen mer definerete hauger og det ble i felt observert berg i dagen.

4.2.8 Orrevatnet

Området vest for Orrevatnet er relativt flatt og består for det meste av lakustrine avsetninger, gamle strandvoller og vindavsetninger (Wangen et al., 1987). Det er her to nes som stikker ut (fig.4.5), med noe morenemateriale. Disse området har ikke noen god definert form, men jeg har valgt å markere det som en mulige drumliner (O1 og O2). O3 er en liknende høyde, her er det dog strandavsetninger helt opp i overflaten. Rett sør for Ergavatnet har en en relativt tydelig åsrygg. Her har en øy med morenemateriale i et område breelvasetning og torv. Denne har av Wangen and Lien (1990) blitt definert som en drumlinoid form. Denne er tydelig i felt og også tydelig på terrengmodellen. Jeg har derimot valgt å avmerke dette som to drumliner (O4 og O5) (fig.4.5)



Figur 4.5: Avmerkede former i Bryneområdet. For tegnforklaring se fig.2.2

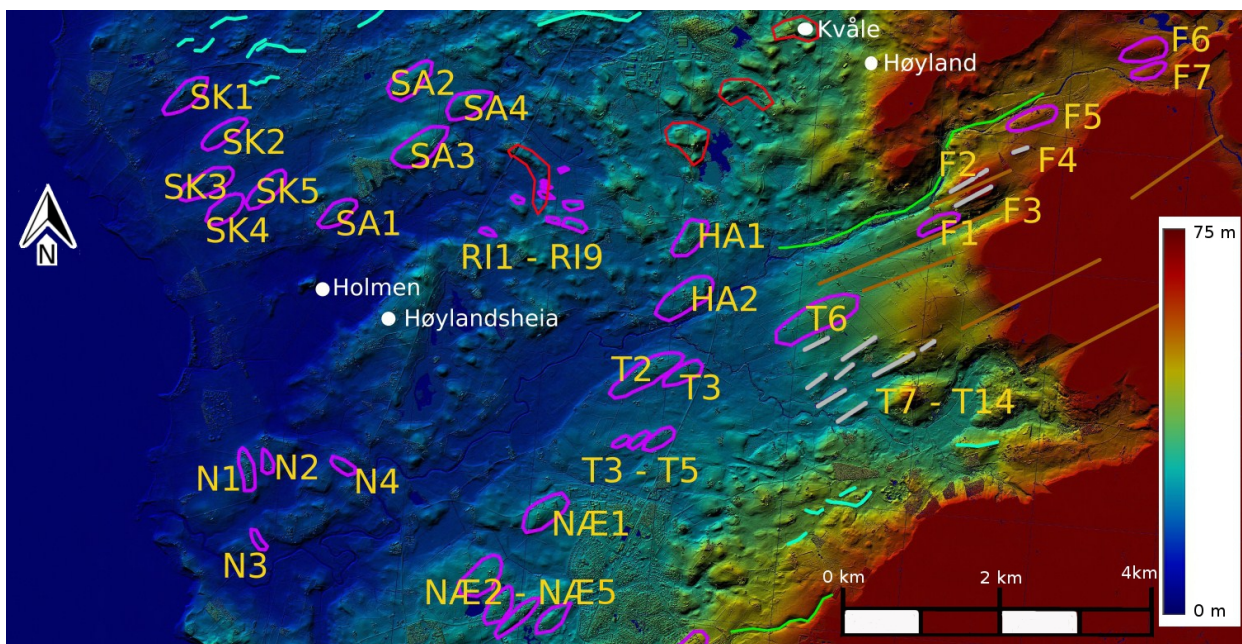
da ryggene ser ut til å ha to definerte høyder. Disse er rundt 600 meter lange (eventuelt en rygg på over 1000 m). Overflaten på ryggen er jevn og lett undulerende mens en rundt har kuppert terreng med flere tydlige eskerrygger og andre små hauger. Dette landskapet fortsetter vestover innover mot Bryne og en kan følge flere av ekserryggene over flere kilometer. O6 er en liten høyde i grenseland mellom dette rotete landskapet og et noe mer rolig morenelandskap i nord. Den ligger på det som er kartlagt som breelvavsetninger. Fra terrengmodellen kan en muligens plukke ut flere liknedne rygger i moreneområdet i nord som kan være drumlinisert. O1 - O3 og O6 er alle små rygger på 200 - 500 m og jeg har klassifisert alle som usikre former.

4.2.9 Braut

I området mellom Kleppe og Bryne har en tydelig åsrygg som strekker seg sørvest - nordøst (fig.4.5). Overflaten på denne er undulerende og ujevn, med et haugete terreng med et høyderelief på noen få meter. Helt i sør-vest ved har en flere steder berg i dagen. Jeg har ikke valgt å avmerke denne ryggen. Rett vest for denne (og til dels i forlengelsen av ryggen i sørvest) har en flere mindre rygger som strekker seg i samme retning. Disse ble ikke observert i felt, men er relativt tydlige på terrengmodellen. Også her overflaten på ryggene noe undulerende. Jeg har valgt å ta med disse ryggene i resultatdelen som BR1 - BR5 (fig.4.5). BR1 og BR3 er relativt lange former på rundt 800 meter mens de tre andre er små former på <500 m.

4.2.10 Skeie

Sør for beltet med breelvasetninger kommer enn inn i et jevnere landskap med flere undulerende rygger (fig.4.6). Jeg har definert og avmerket fem rygger (SK1 - SK5). Ryggene er alle relativt like i utseende, retning og størrelse. De er i mellom 500 og 700 m lange. Den nordligst av ryggene, SK1, har en noe ujevn overflate med noe som er markert som en esker ved den nordlige flanken (Wangen and Lien, 1990). Denne, SK2 og SK3 ligger alle i et område som er markert som morene liggende over breelvavsetninger. SK4 og SK5 ligger på det som er markert som morene. I forsøknene rundt, er det større områder med torv. Ryggene er relativt tydelige og ble observert i felt, men både i felt og på terrengmodellen er de vanskelige å avgrense.



Figur 4.6: Markerte drumliner i Nærbøområdet. For tegnforklaring se figur 2.2

4.2.11 Salte

Rett øst for Skeie har en 4 drumliner (SA1 - SA4)(fig.4.6). Disse har en relativt lik natur som Skeiedrumlinene. SA2 ligger i området med morene overliggende breelvmateriale, mens de resterende formene ligger i moreneområde. SA3 og SA4 dekker også morenemateriale som er kartlagt som leirrik morene (Wangen et al., 1987).

Raunholm et al. (2004) har i tillegg kartlagt to ryggformer rett sør for Salte som drumlinformer (Holmen og Høylandsheia)(fig. 4.6). Jeg har valgt ikke å markere disse som drumliner. Disse har

en ujevn overflat og formene er dårlig definerte. De ligger i et område dekket av hhv. glasiofluviale avsetninger og morene (med tildels høyt leirinnhold (Wangen and Lien, 1990)). Grunnundersøkelser gjort i disse viser derimot at de i overflaten består av en <1 m tykk, sandig diamikt. Underliggende dette laget har en et grusig diamikt som er varierende grad er influert av smeltetvann. Mellom disse lagene har en på flankene lagdelt, sortert sand med spor av dropsteiner. Både sanden og den øvre diamikten er deformert fra sørøst (Raunholm et al., 2004). Diamiktetene er her blitt tolket som bunnmorene med varierende innslag av breelvavsetninger. De sandige avsetningene er tolket som grunnmarin avsetning. Steinorienteringer gjort i det grusige diamiktet gir en fallretning mot nordøst (Raunholm et al., 2004)

4.2.12 Rimestad

I området nord - nordøst for Rimestad og Haugland (fig. 4.6) har en ett undulerende landskap med flere tydelige hauger. Raunholm et al. (2004) har karakterisert disse som ryggformer som er konkave mot sørvest. Disse ligger i en korridor sørvest for Njålfjellet (fig. 4.5 og er tidligere blitt tolket som Rogenmorene (Raunholm et al., 2004). Det er gjort undersøkelser ved snitt ved en av disse ryggene ved Kvåle (Raunholm et al., 2004)(fig.4.6). En har her et sandig diamikt med grus og småstein, men også noen større blokker. Dette er tolket til å være ablasjonmorene. Lag med sandig silt og tykke lag med laminert sand som er tolket til å ha glasifluvialt opphav. Internt i disse lagene finner en rester etter massestrømninger. Lagenes natur tyder på at de ble avsatt mer eller mindre samtidig. Foldeakser i ryggen viser isretning fra nordvest og steinorienteringer viser også en nordvestlig fallretning, men en stor spredning og en S1 på under 0.5 gjør denne høyst usikker (Raunholm et al., 2004).

Den mest tydelige av de konkave ryggene ligger rett nord for Rimestad. Jeg har tolket denne formen til å bestå av flere små hauger der de sørligste av disse er utdratt og kan minne om små drumliner. Disse utdratte haugene er avmerket på terrengmodellen sammen med noen små rygger som virker uavhengig av den konkave formen (RI1 - RI9). Området er kartlagt som morene overliggene breelvavsetninger (Wangen and Lien, 1990). Disse formene er korte (<100 - 300 m) og jeg er meget usikker på min tolkning her (kan også være flere former). Området ble "oversett" i felt og jeg har derfor ingen feltobservasjoner å lene meg på.

Ved Njålfjellet, ved Steinteigen og Høyland (fig. 4.5 og fig. 4.6) er det 3 - 5 meter med (grusig-)morene overliggende tildels et leirig diamikt og homogent/laminert leir og silt (Raunholm et al., 2004).

4.2.13 Haugland

Området ligger i grenseland mellom det haugete terrenget i nord-nordvest og et jevnere terreng i sørøst. Det er her to tydelige rygger (HA1 og HA2) som ble observert både i felt og på terrengmodellen (fig.4.6). På ryggene kan en også se en del bebyggelse. Ryggene er relativt store (i underkant av 1000 m). HA2 er lett å avgrense og har jevn overflate, men HA1 er derimot mer kompleks. Her har en flere forhøyninger og ingen godt definert ryggakse. Ryggene ligger i et område kartlagt som morene. Rundt formene og til dels på flankene har en også kartlagt leirrik morene (Wangen et al., 1987).

4.2.14 Torland

Området rundt Torland, kan minne litt om det beskrevet ved Lea litt, lett undulerende med til dels vanskelig definerbare rygger (T2 - T6)(fig.4.6). Unntaket er T1 som er en lang (>1 km) og tydelig rygg. T6 er også lang (1,5 km), men ryggen ligger også i et terreng som heller mer mot vest, noe som gjør den vanskelig å avgrense i øst. T2 - T5 er små drumliner <500 m med liten total høydeforskjell. De ble ikke sett i felt. Rundt T6 og østover finner en igjen lange lineasjoner som jeg har valgt å markere som mega flutes/renner. Disse er kartlagt som smeltevannsløp (Wangen and Lien, 1990; Raunholm et al., 2004). I området mellom Torland og Fotland finner en også flere fjellknauser i dagen (fig.4.6). Disse ser ut til å en løsmassehale mot sørvest og jeg har avmerket disse som crag-and-tails (T7 - T14). Noen av disse er også kartlagt som drumlinoide former av Wangen and Lien (1990).

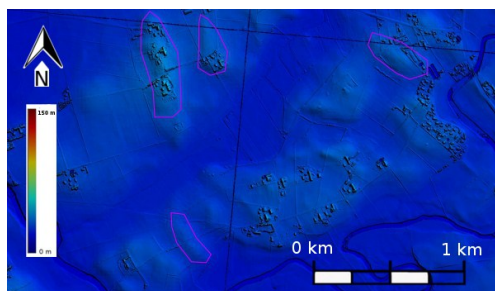
4.2.15 Fotland

Ved fotland nærmer en seg heilanskapet i øst. Her har en striere elv og elveløpene blir mer definerte daler. Elveløpet går her i en eldre smeltevannskanal (Wangen and Lien, 1990). Her har en også et belte med berg i dagen hvor flere har løsmassehale og har blitt kartlagt på løsmassekartet. Disse har jeg valgt å definere som støtside morene (F2-F4)(fig. 4.6). I tillegg har jeg her definert noen løsmasserygger uten berg i dagen (F1 og F5 - F7). Dette er små rygger med en lengdeakse rundt 500 m. Formene er relativt tydelige på terrengmodellen. Området ble ikke studert i felt.

4.2.16 Nærland

Her har en flere kanaler og elveløp med et mellomliggende haugete landskap. Flere av disse haugene har en tydelig lengdeakse og jeg har valgt å markere disse som drumliner (N1 - N4) (fig.4.6). Dette er de nordligste av drumlinformene som har en nordlig utstrekning. Lengdeaksen til N1 og N3 er mer eller mindre parallel med kysten. N2 og N4 har derimot en lengdeakse med en mer vestlig

komponent. N2 - N4 er små rygger (<300 m) som jeg er er meget usikker på mens N1 er en noe større rygg på rundt 500 meter. Ved en lyssetting fra nordøst kommer det tydeligere fram at ryggene her er en serie med rygger som kan følges fra sørvest - nordøst (fig. 4.7) og flere/alle disse er meget mulig randtrinn. Formene er også markert som en ryggformer av Wangen and Lien (1990).



Figur 4.7: Nærland med nordøstlig lyssetning og de tildligere avmerkete drumlinene (lilla omriss).

4.2.17 Nærbø

I området rett vest for Nærbø sentrum er det avmerket fem drumliner (NÆ1 - NÆ5)(fig.4.6). De har en lengderetning nordøst - sørvest. Disse ble observert i felt, men hverken der eller på terrengmodellen kommer de særlig tydelig fram. Unntaket er NÆ4 som også er kartlagt som en rygg på løsmassekartet (Wangen and Lien, 1990). Ryggene er omtrentlig like store med en lengdeakse på >500 m. NÆ2 og NÆ3 (tildels også NÆ5) ligger i et område som er blitt kartlagt som breelvavsetninger. Flere av drumlinflankene er kuttet av smeltevannsløp og det er også to dødisgroper mellom NÆ2 - NÆ3 (Wangen and Lien, 1990).

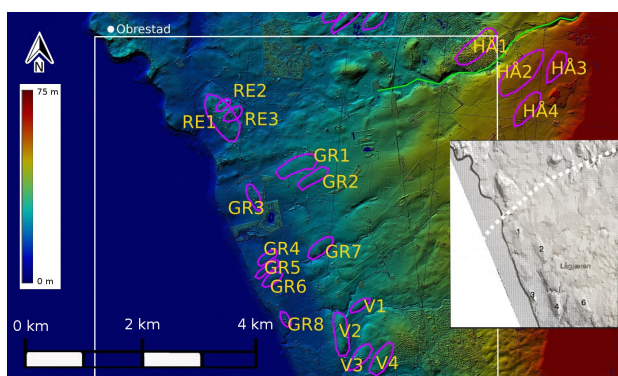
Dette området ligger rett nord for Kvia-Jernbanen og Matland (fig. 4.8 som det blir referert til i Jónsdóttir et al. (1999). Ved Kvia-Jernbanen har en ett diamikt, med stratifiserte lag i øverste del. Dette er tolket til å være påklistringsmorene og smeltevanninfluering (Jónsdóttir et al., 1999). Motlandlokaliteten er et grusig diamikt som er delvis klast- og delvis matriksbåren. Klastene er rundet til delvis rundet. Det er observert sand- og gruslinser i nedre del av laget og laget er tolket som massebevegelses avsetninger (Jónsdóttir et al., 1999). Det er gjort steinorienteringer ved begge lokaliteter og de viser en sørvestlig isretning. Begge steder ligger diamiktet over sandige- og grusige sedimenter.

4.2.18 Håland

De avmerkede ryggene ved Håland ligger tildels på den nordvestre skråningen opp mot Høgjærenplatået. Ryggene blir skilt fra hverandre av et dypere bekkefar, der HÅ1 ligger på nordsiden mens HÅ2 -

HÅ4 ligger sør for denne(fig.4.8). Dette bekkefaret har blitt kartlagt som et større smeltevannsløp og har blitt betegnet som grensen mellom det området som har blitt (i sør) og som ikke har blitt influert av NSIC (Jónsdóttir et al., 1999). HÅ1 er en tydelig rygg, men det er muligens en erosjonsrest. Her har en flere dødisgroper rett nord for denne og det kraftigere smeltevannsløp i sørøst. HÅ2 - HÅ4 ligger i skråningen opp mot Høgjæren. De er vanskelige definerbare særlig i øst. Alle ryggene her er relativt store med en lengdeakse opp mot 1 km.

Øst for Håland ligger Kvia-Rosk og Kvia-Jord (Jónsdóttir et al., 1999). Et 3 m leirrikt og matriksbårent diamikt, med en erosiv undre grense har blitt tolket som påklistringsmorene. Steinorienteringer gjort her gir en norvestlig isretning.



Figur 4.8: Kartlagte former ved Varhaug. For tegnforklaring se figur 2.2). Stalsberg et al. (2003) har observert flere drumliner i området (innfelt) der 1 tilsvarer GR3, 3 - GR8 og 4 - V2, 2 og 6 ble observert ved nordøstlig lyssetting.

4.2.19 Reime

Ved Reime er en ved grensa mellom den rette kyststripa i sør og det ujevne kystlandskapet i nord. RE1 (fig4.8) er en rygg med lengderetning parallelt med kysten. Denne er 800 m lang og relativt brei. Denne formen er kartlagt som randmorene som ligger over glasiofluviale avsetninger (Wangen et al., 1987). Morenematerialet blir her beskrevet som grusrik, matriks- og klastoppbygd med svakt imbrikkerte klaster og stratifisering mot øst - nordøst og har blitt tolket som en utsmeltingsmorene Jónsdóttir et al. (1999) . To steinorienteringer gjort i denne ryggen indikerer en isbevegelse mot sør-vest. Området rundt ryggformen er dog kartlagt som leirig morene. Andersen et al. (1987) beskriver et 5 m tykt meget leirrikt Reimediamikt ved Grødaland rett sør for Reime. RE2 og RE3 er to små former (300 m) som delvis klatrer på den østlige flanken av RE1. Disse er ikke like tydelige og ble ikke observert i felt.

Nordvest for Reime, ved Obrestad (fig. 4.8), er det av Janocko (1997) observert to drumlinformer. To forhøyninger er også tydelig på terrengmodellen, men disse virker å være sterkt erodert

og jeg valgte å ikke avmerke disse pga den ufullstendige formen. Ryggene ved Obrestad og Reime er kartlagt som Randmorene som ligger over breelvavsetninger (Andersen et al., 1987). Morenematerialet består av to enheter som er skilt med en gradvis grense, noen steder forsterket med et usammenhengende subhorizontalt lag med klaster. Begge enhetene her er grusige, men den øvre enheten har et høyere klastinnhold (Janocko, 1997). I den øverste enhetene er det spor etter vannbearbeiding Jónsdóttir et al. (1999). Grensen til de underliggende breelv avsetningene er skarp og erosiv. Både Janocko (1997); Jónsdóttir et al. (1999) har tolket dette som påklistrinsmorene. Steinorienteringer gir en retning nordøst - sørvest. Foldakser og forkastninger tyder på en trykk fra nordøst (Janocko, 1997). De underliggende avsetningen er deformert (Janocko, 1997; Jónsdóttir et al., 1999), mens det på sørflanken av den sørligste av ryggene er det observert subhorizontale breelvavsetninger (Stalsberg et al., 2000)

4.2.20 Grødaland

Grødaland ligger i det jevnere landskapet sør for Nærbø. Åtte former har blitt avmerket, seks av dem har øst-vestlig retning (GR1 - 2 og GR4 - 7). De to resterende er parallelle mest kyststripa (fig.4.8). Begge de to nord-sør orienterte drumlinene er gjenkjent av Stalsberg et al. (2003). Det har i tillegg blitt observert en tredje av form med denne retningen (se drumlin nr. 2 ved figur 4.8). Denne ble observert av med i etterkant, ved et nordøstlig skyggerelief. De fem mest kystnære ryggene (GR3 - 6 og GR8) er alle små med en lengde på 200 - 400 m. GR1,2 og 7 på rundt 500 m. GR1 og 2 er ligger på det som er kartlag som morene av Wangen et al. (1987). GR7 er lokalisert på leirig morene mens de resterende er kartlagt som randmorener (Wangen et al., 1987). Under disse avsetningen er det et fem meter tykt, leirrikt morene lag (Reimediamentet) (Andersen et al., 1987)

4.2.21 Varhaug

Ryggene ved Varhaug er ganske like de ved Grødaland. V1, V3 og V4 har en lengdeakse sørvest - nordøst og en lengde på rundt 500 m. V2 er en større rygg som er vendt nord-sør. V1 er en kort drumlin (<500 m), mens de to andre strekker seg mot 1 km. V2 har også en lengdeakse på rundt 1000 m. Aksen har derimot en retning nordvest - sørøst. Både V1, V2 og V3 elver/bekkeløp på flere kanter og kan til dels være erosjonsrester. I tillegg til disse har Stalsberg et al. (2003) gjenkjent to andre former rett sørøst for disse formene (fig.4.8) og fig. 4.9). V1 - V3 er beliggende på det som er kartlagt som leirig morene (Wangen et al., 1987). V4 ligger på det som er kartlagt som morene. V3 har tidligere blitt kartlagt som Lerbrekk (Andersen et al., 1987; Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2003). I overflaten har en her en leirig bunnmorene med en tykkelse som varierer mellom 1.6 - 5 m. I morenematerialet er det funnet fragmenter av mollusker (Andersen et al.,

1987; Stalsberg et al., 2003). Underliggende dette morenelaget har en glasiomarint diamikt som kiles ut og blir borte mot flankene av ryggen. To underliggende lage bestående av hhv. deformerte glasiofluviale avsetninger og prodeltaiske avsetninger er ikke en del av ryggformen (Stalsberg et al., 2003). Steinorienteringer gjort i det øverste morenelaget gir noe sprikete resultateter.

4.2.22 Husvegg

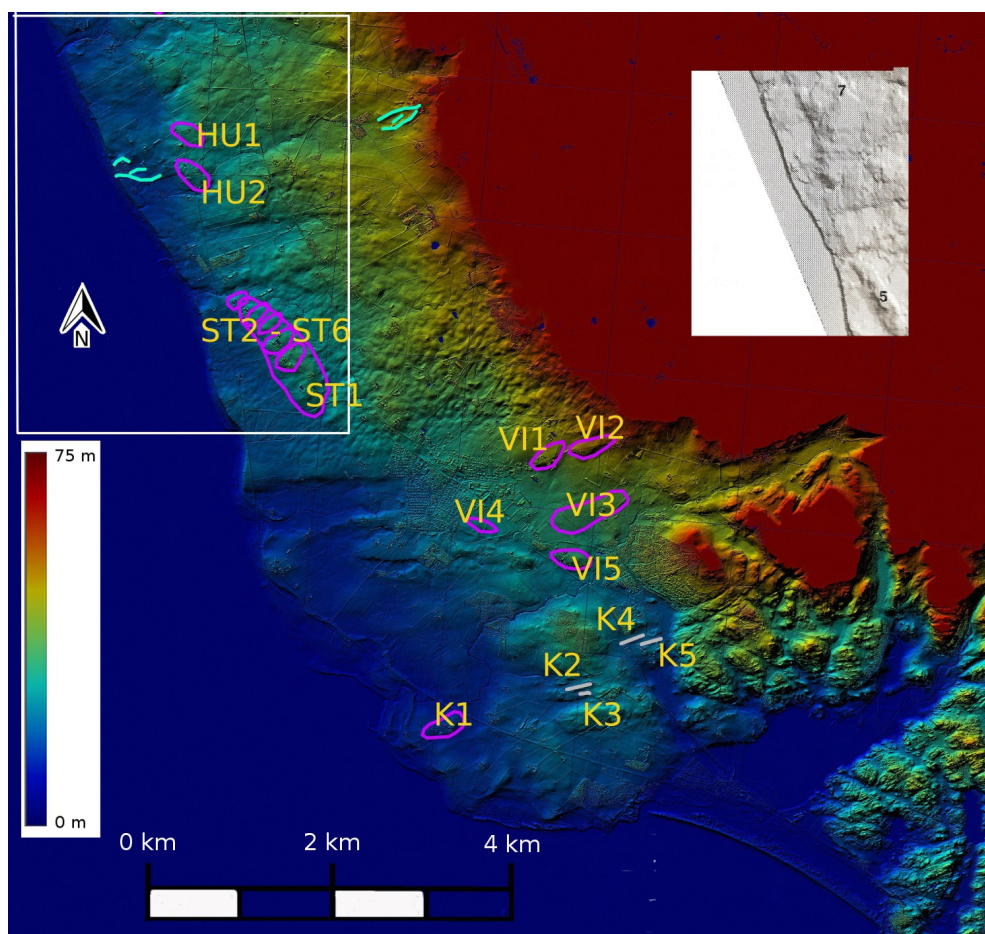
Sør for Varhaug kommer enn inn i et mer haugete terreng. Haugene har ett lavere høyderelief enn det haugete landskapet nordvest Rimestad og Haugland. Landskapet kan beskrives som rullende. Noen få av disse haugene er kartlagt som kames (Wangen and Lien, 1990). Det er makert to drumlinrygger ved Husvegg (figur 4.9). Disse er vendt nordvest - sørøst, med en sterkt vestlig komponent. Ryggene er relativt små (400 m) og ligger på morenemateriale som til dels er leirrikt. Det er også kartlagt et esker-, smeltevannsystem som går fra Høgjæren og ut til kysten, rett sør for disse to (Wangen and Lien, 1990).

4.2.23 Stavnheim

Også Stavnheim ligger innenfor dette rullende landskapet beskrevet ovenfor. ST1 er en godt markert rygg i terrenget som også er godt synlig i felt (fig.4.9). Ryggen er nesten 1500 m lang og er den lengste ryggen markert på Jæren. Denne går parallelt med kysten. I felt ble det også observert flere tverrgående rygger på denne (ST2 - ST6). Disse er i størrelseorden 200 - 300 m. På løsmassekartet er ST6 avmerket som en randmorene (Wangen and Lien, 1990). ST1 har også tidligere blitt observert av Stalsberg et al. (2003).

4.2.24 Vigrestad

Sør for Vigrestad endrer terrenget seg på ny, og det blir noe jevnere. På skråningen opp mot Høgjæren, øst for Vigrestad er det avmerket tre former V1 - V3 (fig.4.9). Ryggene er godt markert i sørvest, men vanskeligere å avgrense i nordøst. De strekker seg nordøst - sørvest. Lengden på ryggene varierer mellom 500 og 1000 m. På løsmassekartet er det avmerket flere smeltevannsløp tilknyttet disse formene (Wangen and Lien, 1990) og det er mulig at ryggene er erosjonsrester. På flatene rett sørøst for Vigrestad ligger V4 og V5. Disse to er mer eller mindre kystparallelle former på 300 - 400 m. Dette er små men godt markerte rygger. Også her har en smeltevannsløp (Wangen and Lien, 1990) som kan ha gjort ryggen mer markert. Alle ryggene er lokalisert på morene, men V1 ligger på det som er kartlagt som leirig morene (Wangen et al., 1987)



Figur 4.9: Kartlagte former ved Vigrestad området, for tegnforklaring se figur 2.2. Stalsberg et al. (2003) har avmerket flere drumliner i området (innfelt) der 5 tilsvarer ST1, 7 er ikke observert av meg.

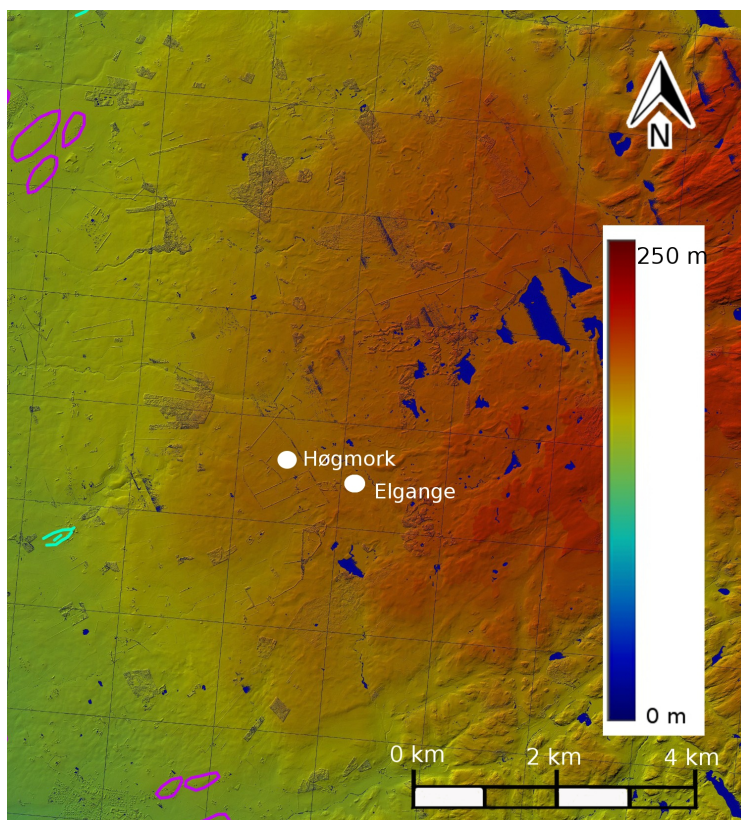
4.2.25 Kvasseheim

Helt sør, der Jæren svinger inn ved Brusand ligger Kvasseheim. I området kan det se ut til å ligge flere rygger med lengdeakse nordøst - sørvest. Jeg har dog valgt kun å avmerke KV1 (fig.4.9). Denne ble observert i felt og kommer godt fram på terrengmodellen. Ryggen ligger på morene (Wangen et al., 1987). Mellom Brusand og Vigrestad har en flere fjellknauser. Fra terrengmodellen kan det se ut som at disse har en sammenfallende lengderetning (øst - vest). Disse har jeg valgt å markere som crag-and-tails (K2 - K5).

4.2.26 Høgjæren

Høgjæren plataået har ikke blitt studert så inngående i denne oppgaven. Ingen former ble observert i felt eller på terrengmodellen (fig.4.10). Lanskapet på Høgjæren er meget undulerende, særlig de sentrale og østlige delene, og flere ulike ryggformer opptrer der. Knudsen et al. (2006a) har observert et hundretalls med strømlinjeformede rygger som er tolket som drumliner. Disse er små med en lengde på 30 - >200 m og er å finne over store deler av Jærplataået. Enkelte av ryggene er også beskrevet til å opptre i par, side om side. Noen eksponeringer viser hovedsakelig et homogent sandig diamikt, men også små linser med sortert sand og fingrus. Sirkulære rygger hovedsaklig bestående av et homogent sandig diamikt er tolket som Puljomorener avsatt ved en stagnant is (Knudsen et al., 2006a). Lineære rygger bestående av sandig og siltig morene med lommer av sortert materiale og tynne lag med glasiofluviale avsetninger tyder på at dette er randmorene (Knudsen et al., 2006a). Både drumlinryggene og puljomorene er å finne både distalt og proksimalt for den avmerkede randryggen.

??



Figur 4.10: DTM for Høgjærenplataået

Ved Høgmork og Elgane (fig.4.10), ved 200 meters høyde, relativt tykke lag med leirig morene overliggende tykke marine avsetninger (~30 m)(Wangen et al., 1987; Janocko et al., 1997). Sejrup et al. (1998) beskriver flere kilometer lange dalløp helt ved den vestre marginen av platået. Disse er noen hundre meter breie og opp mot 50 meter i dypde. Dalløpene endrer plutselig uten noe opphopning av sedimenter. Det er foreslått at dette er hengde bredaler. Knudsen et al. (2006a) På Høgjæren har det blitt observert flere strømlinjeformede former som er tolket som drumliner (Knudsen et al., 2006a). Dette er små former med en lengde på 30 - >200 m.

Kapittel 5

diskusjon

5.1 Ryggenes egenskaper

5.1.1 Identifisering av drumliner

Et betimelig spørsmål å stille er om alle de avmerkede ryggene virkelig er drumliner. Som nevnt i metodedelens baserer utvelgelsesprosessen seg på ens egne oppfatninger av ryggene, og det finnes ingen sikker test som avgjør om formene virkelig er en drumlin eller ikke. Dette blir enda vanskeligere å avgjøre når overflaten flere steder har flere ordener av overflateelementer. Disse kan skyldes avsetninger på og/eller erosjon av de opprinnelige ryggformene. I tillegg mistenker jeg at flere av ryggene er delvis dekt av omkringliggende avsetninger. Erfaring blir ofte sett på som en viktig faktor for å kjenne igjen former (Clark et al., 2009). Liten erfaring kan være en mulig svakhet ved denne oppgaven. Kvaliteten på datasettet er derimot god, og alt av rygger og former i området kommer i prinsippet fram på DTM-en. Det er altså kun obersevatørens egne tolkninger som kan unnlate disse. Jeg har utelatt å diskutere hver enkelt rygg og heller sett på drumlinfeltet i sin helhet. De ryggene som passer dårligst med de generelle mønstrene vil deretter bli diskutert mer i detalj. En må allikevel være klar over at også enkelte av de andre ryggene kan ha en annen gense, det være seg randmorener, eksere eller erosjonsrygger.

Sedimentologiske undersøkelser

Kun fem drumlinrygger (Janocko, 1997; Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2003; Raunholm et al., 2003), i tillegg til en rogenmorene (Raunholm et al., 2003) har blitt undersøkt sedimentologisk ved Jæren. Bare ved en av lokalitetene er det gjort tolkninger på hva som er drumlinoppbyggende og hva som er underliggende sedimenter. På Lista er kun en av de kartlagte ryggene blitt sedimentologisk beskrevet. Her har jeg i tillegg gjort egne undersøkelser i en av ryggene.

Det er også blitt tatt opp georadarprofil over en av de observerte ryggene. Bare åtte av i alt 177 avmerkede drumlinformene har altså blitt sedimentologisk undersøkt.

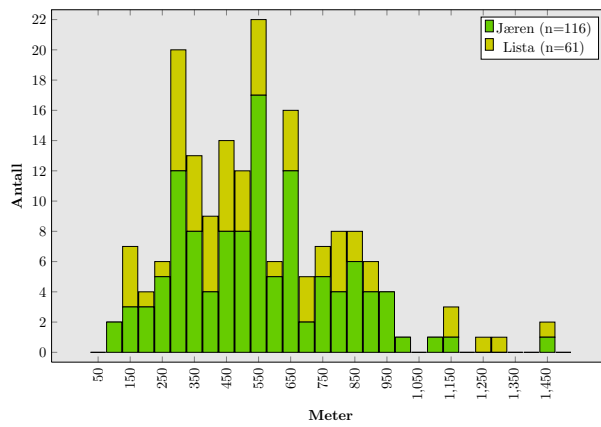
Drumliner er som nevnt i innledningsvis i oppgave, sterkt variende i innhold (Benn and Evans, 2010; Stokes et al., 2011). Sedimentinnholdet varierer også intern i drumlinfeltene (Stokes et al., 2011). Det vil dermed være vanskelig å tolke drumlindannelse fra de sedimentologiske undersøkelsene. Undersøkelsene kan derimot brukes til å styrke/svekke alternative teorier for ryggdannelsen.

5.1.2 Ryggenes form og størrelse

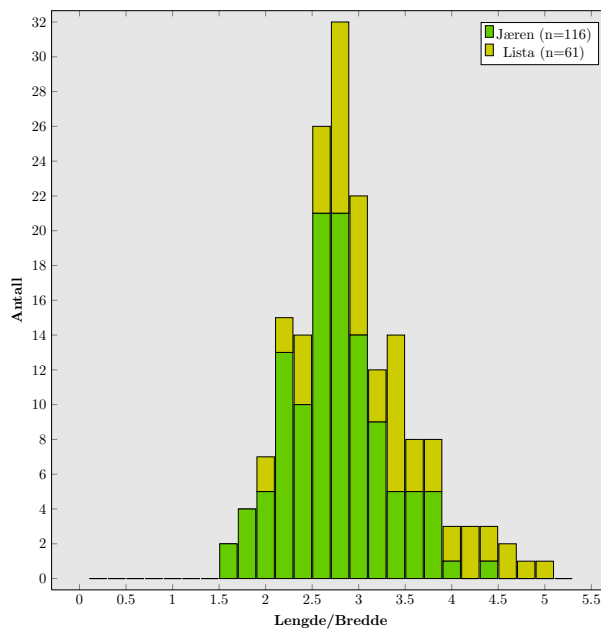
Et stort antall rygger er blitt avmerket og dette er med på å bygge opp under styrken til datasettet. Selv om de minst tydelige formene utelukkes er det fortsatt et betydelig antall rygger. Fordeling av lengde og lengde/bredde-forhold for de studerte drumlinene er tilnærmet normalfordelt (fig. 5.1 og 5.2). Fordelingen er noe forskjøvet mot høyere (som også kan sees ved en positiv skjevhetsverdi i tabell 5.1). Kurtoseverdiene (tab.5.1) viser en noe lavere sannsynlighet for ekstremverider, enn en normalfordeling. En perfekt normalfordeling vil ha en kurtoseverdi på 3 (eksess kurtose = 0). Liknende studier gjort på over 58 000 drumliner ved De britiske øyer viser en høyere kurtoseverdi og en noe høyere skjevhetsverdi (Clark et al., 2009). Dette betyr altså at en har flere store og elongerte drumliner. Maksimumsverdiene drumlinlengden og lengde/bredde-forholdet er hele fire ganger så høyt ved De britiske øyer, og gjennomsnittsverdiene er også noe større (hhv. ca 100 m og 0.3)(Clark et al., 2009). Medianverdiene er derimot tilnærmet like for de Irske og Britiske drumlinene og drumlinene på Jæren og Lista. Minimumsverdiene fra studiene til Clark et al. (2009) er på 99 m og 1,2, mens mine undersøkelser gir minimumsverdier på 84 og 1,5. Drumlinene på Jæren og Lista har altså en tilnærmet lik fordeling med drumliner i Irland og Storbritannia (fig. 5.3). En sammenfatning av eldre studier (1906 - 2007) gjort av Clark et al. (2009) viser den samme trenden med noe høyere gjennsnittsverdier enn ryggene på Lista og Jæren. En skal dog være oppmerksom på at flere av disse studiene ikke har hatt tilgang til like høyoppløselig data som er blitt brukt i denne oppgaven og små drumliner kan ha blitt oversett.

5.1.3 Drumliner innenfor forskjellige retningssektorer

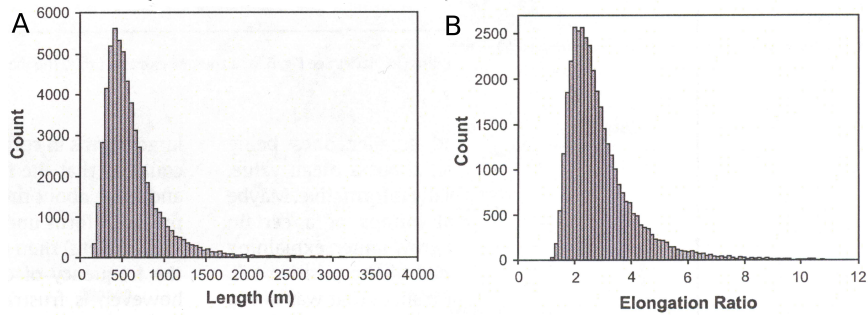
De markerte drumlinene på Jæren kan i hovedsak deles inn i tre sektorer etter retningen på lengdeaksen. En sørvestlig, en nordvestlig og en nord-nordvestlig. På Lista er alle drumlinene innenfor den samme retningsvektoren, mot sørvest.



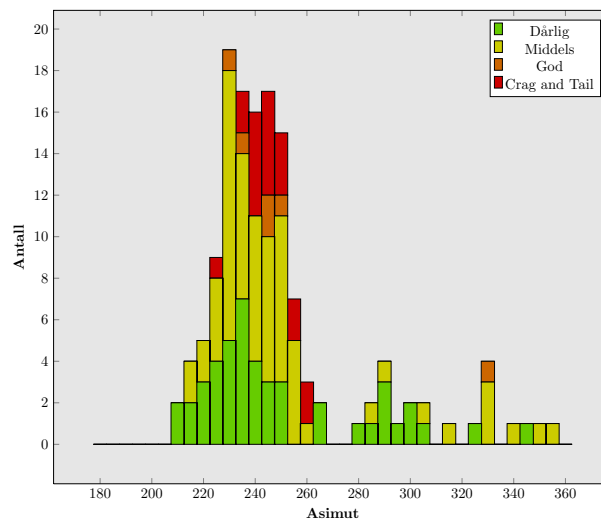
Figur 5.1: Histogram som viser frekvensen av drumlinlengder (n=178) på Jæren og Lista.



Figur 5.2: Histogram som viser frekvensen av lengde/bredde-forhold (n=178) på Jæren og Lista.



Figur 5.3: Histogram som viser frekvensfordelingen av (A) lengden til britiske og irske drumliner (n=58 983) og (B) lengde/bredde-forhold ved britiske drumliner (n=37 043)(Clark et al., 2009)



Figur 5.4: Lengdeaksedata av drumliner på Jæren fordelt over grad av drumlinutvikling.

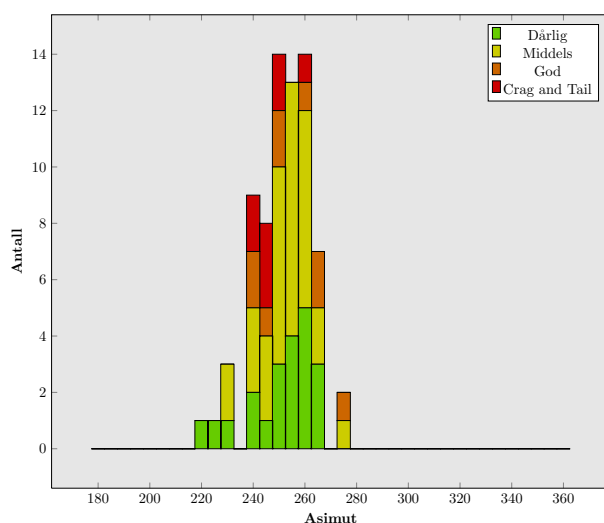
Tabell 5.1: statistikk for de kartlagte drumlinene

	Lengde	Bredde	Lengde/Bredde- forhold
Jæren			
n=116			
Minimum	84	33	1,5
Maksimum	1440	500	4,3
Gjennomsnitt	525	197	2,7
Standardavvik	245	83	0,5
Median	510	197	2,6
Modal klasse	501-550		2,41-3,0
Skjevhet	1,4		1,7
Kurtose	2,0		2,0
Lista			
n=61			
Minimum	111	41	1,9
Maksimum	1264	341	5,0
Gjennomsnitt	516	164	3,1
Standardavvik	270	75,9	0,7
Median	452	148	3
Modal klasse	251-300		2,61-2,8
Skjevhet	0,9		1,7
Kurtose	0,1		2,7
Totalt			
n=177			
Minimum	84	33	1,5
Maksimum	1440	500	5,0
Gjennomsnitt	522	185	2,14
Standardavvik	253	82	0,7
Median	504	181	2
Modal klasse	501-550		2,81-3,0
Skjevhet	1,2		1,6
Kurtose	0,7		2,0

Jæren: Sørvestlig retningssektor

Den sørvestlige retningssektoren er den største av de tre sektorene (81% av drumlinene). Drumlinene i denne gruppen har en lengdeakse som varierer mellom 209°- 265° (fig.5.4). De fleste steinorienteringer gjort i studieområdet gir også en samsvarende retning (fig.5.6). Hvor tydelige drumlinene er varier en hel del innad i sektoren.

Ved de nordligste lokalitetene (Sele, Lea, Ganddal og Øksnavad (fig. 4.4); Reve, Bore og



Figur 5.5: Lengdeaksedata for Lista. Fordelt over grad av drumlinutvikling

Hattaland (fig. 4.5)) er de fleste drumlinryggene morfologisk tydelige (middels til godt utviklet). I tillegg har en andre lineære elementer som craig-and-tails og flutes/renner i området. Det er altså lite som tilsier at dette ikke er drumlinrygger.

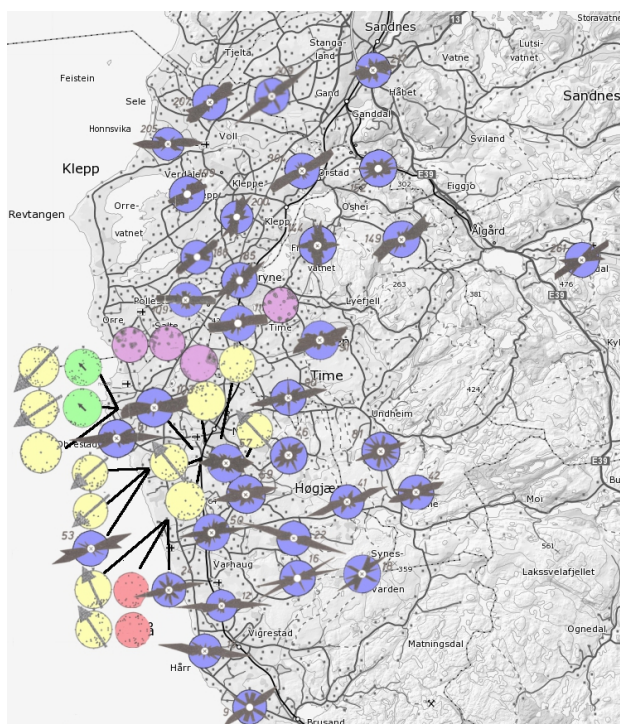
Lengre sør er drumlinene generelt dårligere utviklet. Drumlinrygg O4 (tildels O5) (fig. 4.5), formene ved Skeie, Salte, Torland og Fotland (fig. 4.6 har alle tydelige drumlintrekk. Områdene er strømlinjeformet, men enkelte av ryggene kan være modifisert av andre prosesser. Også her har en flere steder crag-and-tails med samme sørvestlige retning. Ryggene vest for Orrevatnet (O1 - O3) er små. Overflatesedimentene er kartlagt som morenemateriale, og det er godt mulig at dette opprinnelig er større morenerygger til dels dekt av de omkringliggende marine avsetningene. Det er også her høyst sannsynlig at ryggene er drumliner.

Ryggene ved Braut og O6 (fig. 4.5); Haugland og Nærbø 4.6 befinner seg i et mer undulerende landskap. Flere mindre rygger ligger påklustret på de avmerkede ryggene. Dette har tidligere blitt tolket som en serie med usammenhengende tilbaktrekningsmorener (Sejrup et al., 1998) og landskapet bærer preg av dødisprosesser. Enkelte steder er det også eksponert breelvsedimenter. Disse ryggene kan alternativt tolkes som avlange dødishauger eller eskere (drapert av morene).

Ryggene ved Holmen og Høylandsheia (fig.4.6) er også preget av et undulerende landskap. Disse ryggene har tidligere blitt tolket som en nordlig del av et randmorenekompleks som også inkluderer de nordvestlige ryggene øst for Nærbø (sek.5.1.3) og den sørvestrette ryggen HÅ1 (fig.??) (Sejrup et al., 1998; Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2000). Det sandige og grusige diamiktene i drumlinene er tolket til å være avsatt subglasialt, men med et innslag av glasifluviale prosesser (Raunholm et al., 2003). Klaster med skuringsstriper og skjærplan kan tyde på påklustringsmorene,

mens tydelige erosive grenser til underliggende lag kan tyde på deformasjonsmorene (Evans et al., 2006). De øvre laget ved Holmen og Høylandsheia er deformert fra sørøst (Raunholm et al., 2003) og blir tolket til å være rester fra randmorenekomplekset. Raunholm et al. (2003) tolker derimot selve ryggen til å være en drumlin som er dannet ved eldre sørvestlig isretning. Steinorienteringer fra det nedre diamiktet (Raunholm et al., 2003) gir noe varierte retninger(fig.5.6).

Sør for Nærbø endrer terrenget seg, og de sørvestlige ryggene har her et lavere relief enn lenger nord (fig.4.8) og (4.9). Ryggene her er små. Noen av ryggene klatrer normalt på større ryggformer (ST1 og RE1) og det er mulig at også G4 - G6 ligger påklisset en slik nordvestlig rygg. Også i dette området viser flere steinorienteringer en sørvestlig retning (fig. 5.6). Flere tydelige erosjonsspor tyder på smeltevannkanaler fra Høgjæren. Disse går mer eller mindre parallelt med ryggene og det kan tenkes at (enkelte av) ryggene er rester etter elveerosjon.



Figur 5.6: Sammenstilling av Steinorienteringer fra Jæren. Dataene er hovedsakelig gjort i overflatesedimentene. For mer nøyaktig beskrivelse se tekst for de aktuelle områdene i resultatdelen og Andersen et al. (1987)(blå), Janocko (1997)(grønn), Jónsdóttir et al. (1999)(gul), Raunholm et al. (2003)(lilla) og Stalsberg et al. (2003)(rød). (Bakgrunnskart er hentet fra statkart.no).

Jæren: nord-nordvestlig retningssektor

Innenfor den nord-nordvestlige retningssektoren er ti ryggformer avmerket. Gruppen dekker Drumlinene ved Rimmestad (Utenom RI6) (fig.4.6) og to rygger ved Vigrestad (VI4 - 5)(fig.4.9) og har en lengdeakse mellom 280°-299°(fig.5.4). Alle formene er klassifisert som dårlig utviklet. Ryggene ved Rimmestad er (til dels) del av en større konkav rygg tolket som rogenmorene (Raunholm et al., 2003) eller randmorene (Sejrup et al., 1998). Ryggene som ikke ligger direkte på den konkave ryggen, virker til å være drumlinoide rygger i et ellers haugete landskap. Jeg tolker ryggene til å gjenspeile en drumlinisering av et eldre eldre landskap.

De to ryggene ved Vigrestad (V4 og V5) kan muligens være dannet under en nordvestlig is, der bevegelseslinjene får en mer vestlig komponent lengre sør. Den tilsynelatende vestlige retningen kan også skyldes erosjon av smeltevannsløp beliggende sør for ryggene. En mulighet er også at en her får inn en ny isbevegelse influert av lokal isdrenering.

Jæren: Nordvestlig retning

I den nordvestlige retningssektoren er drumlinaksene mellom (304°- 351°). Denne inneholder bare 12 former, men til gjengjeld inneholder den den største markerte formen. Disse ryggene har fått en del oppmerksomhet (Andersen et al., 1987). Flere av ryggene er markante, delvis på grunn av størrelse, men også fordi de bryter et generelt sørvestlige strømningsmønster. Andersen et al. (1987); Wangen and Lien (1990) tolker alle de kystparallelle ryggene som randmorene, men nyere studier har tolket flere av disse som drumliner (Janocko, 1997; Sejrup et al., 1998; Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2003). Det er spesielt de nordligste av disse ryggene (Reime og Obrestad (bare markert av meg fra flyfoto)) som har vært gjenstand for diskusjon. I tillegg har jeg her markert flere mindre rygger ved Nærland. Disse er tolket som tilbaketrekningmorener av (Sejrup et al., 1998). Steinorientering (fig.5.6) og deformasjon i sedimentenet tyder på en sørvestlig isretning, selv om Janocko (1997) har valgt å tolke dette som transverse trekk. En overgang fra relativ sterk deformasjon i øst til en lavere grad av deformasjon vest for ryggene kan gjenspeile hhv. et proksimalt og distalt miljø ved dannelse av skyvemorene (Stalsberg et al., 2000). Stalsberg et al. (2000) beskriver også ryggene her som større og mer komplekse en drumlinene lengre sør. Dette stemmer dog dårlig overens med mine data, der Stavnheim er både større og har flere sekundære former påklistret. Sejrup et al. (1998); Jónsdóttir et al. (1999); Stalsberg et al. (2000) tolker disse ryggene til å være en del av et endemorenekompleks fra en lokal islobe mellom Nærbo og Bryne (se 5.1.3). Fra serien med rygger som kom fram på DTM ved nordøstlig skyggeretning (fig.4.7), virker dette tilbaketrekningmønsteret meget reelt. Spørsmålet er derimot om de største ryggene kan være rester av nordvestlige drumliner.

Ryggene sør for Nærbo (GR3, GR8, V2 og ST1) har alle tidligere blitt observert i DTM

(Stalsberg et al., 2003). Steinorienteringer gjort i disse ryggene gir en noe sprikende retning (Fig.??). Sedimentære studier viser at V2-drumlinen består av en øvre kappe med massiv morene og en kjerne av marine avsetninger (Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2003). Både Jónsdóttir et al. (1999); Stalsberg et al. (2003) konkluderer med at dette er en drumlin. Andersen et al. (1987) tolker dette som en randmorene, men at avvik i steinorienteringen kan tyde på at en har hatt en eldre nordvestlig retning. Mye tyder altså på at dette er reele drumlinformer. I motsetning til Jónsdóttir et al. (1999) som tolker sedimentene til å være påklistringsmorene, tolker Stalsberg et al. (2003) det øvre morenelaget i V2 til å være en deformasjonsmorene.

Lista: Vest-sørvestlig retningssektor

Fordelingen av formene er noe mer ensidig på Lista enn på Jæren (fig.5.5). Alle drumlinene ligger innenfor en sektor på 56° (218° - 274°). Av disse ligger 90% av formene innenfor 237° - 263° . Akseretningen får en sterkere vestlig komponent jo lenger vest i området en kommer.

De fleste ryggene på Lista har en middels til høy grad av drumlintvikling. Flere av de største ryggene har også tidligere blitt tolket som drumliner (Andersen, 1960; Kristiansen and Sollid, 1988). Det er allikevel enkelte av områdene som er noe mer diskutabelt. Dette gjelder først og fremst ryggene tilknyttet det såkalte Listatrinnet (Andersen, 1960). Ryggene ved Østhasselvika, men også enkelte av ryggene ved Østhassel, Nordhassel og Tjørve kan kunne tolkes som en del av slik transvers rygg.

De sedimentologiske undersøkelsene fra Østhasselvika, tyder på at ryggene inneholder bunnmorene (påklistringsmorene og/eller deformasjonsmorene). Den høye graden av kompaktet tyder på et høyt stress fra en overliggende is. Det er tenkelig at skyvmorener også kan dannes der en har høye spenningsforhold i det glasiiale forlandet, men da vil en forvente en høyere grad av tektonisering av sedimentene (Bennet, 2001). Utbredelsen av Listatrinnet (Kan spores submarint fra Lindesnes til Jæren) taler derimot mot en drumlinhypotese. Jeg finner det lite sannsynlig at drumliner vil dannes i smal sone over en så stor distanse.

Ryen (2007) har gjenkjent en endemorene mellom Nesheim og kysten. Denne ryggen er en del mindre enn Listatrinnet og ligger også 2-3 km proksimalt for disse avsetningene. Avsetningen gjenspeiler trolig et yngre og mindre breframstøt/-stilstand, men med tanke på den korte distansen mellom dem er det antageligvis ingen stor aldersforskjell. Sedimentene i den ene av ryggene ved Tjørve (som også ligger noe proksimalt for selve Listatrinnet) kan være noe utvasket for finstoff (pers.komm. J.F. Tønnesen, 2012), som kan stamme fra ismarginale forhold. Sandige lag nederst ved begge ryggflankene kan også være resultat av dette. Ryggene ved Tjørve ligger under MG for området, og utvasking og resedimentering av finstoffet kan skyldes en bølgeerosjon av ryggformen.

En mulighet er at begge type landformer er reelle. Enten ved at randavsetningen har blitt

drumlinisert i etterkant eller ved en stillstand av isen over eldre drumliner. Drumlinisering av en isrand kan foregå ved at veldrenerende sedimenter i isranden fungerer som såkalte "sticky spots" (Boulton et al., 2001a). For at det siste tilfellet skal ha funnet sted, impliserer dette at isfronten bare stod der over en kort periode og/eller at isfronten var relativt inaktiv i denne perioden. Ett større breframstøt ville med stor sannsynlig ha fjernet alle spor etter drumliner ved overflaten. Enten det er randmorene eller drumliner gir ryggene uttrykk for en sørvestlig isbevegelse.

Usikkerheten ved andre drumlinerrygger ved Lista er i stor grad knyttet til om formene er drumliner eller crag-and-tails, enkelte steder kan de muligens være eskere. For de minste formene råder det alltid en viss grad av usikkerhet.

5.1.4 Klastlitologi

Ved Jæren har en et relativt høyt innhold av anortositiske klaster (50 - 25 %) i den leirrike morenen i sør. En finner også anortositt i de sørligste delene av den grusrike morene (Andersen et al., 1987; Jónsdóttir et al., 1999). Anortositten stammer fra Egersundfeltet rett sørøst for studieområdet (fig.4.3) og dens tilstedeværelse i området kan forklares med en nordvestlig isretning, men også en sterk vestlig retningskomponent vil kunne være anortosittførende. En slik vestlig isretning er tydelig ved fordelingen av fyllitt i området (Andersen et al., 1987). Andelen langreiste klaster er relativt jevn over hele området. Dette er hovedsakelig rombeporfyr fra Oslofeltet og flint fra Danmark (Jónsdóttir et al., 1999). De må enten stamme fra en nordvestlig isbevegelse eller være transportert med havis.

På Lista er det gjort få litologiske undersøkelser av sedimentene. Det har riktignok ved et tilfelle blitt rapportert om rombeporfyr avsatt godt over MG (Andersen, 1960).

5.1.5 Drumlindannelse og underliggende strata

Underliggende strata og dreneringsforholdene ved disse blir ofte sett på som en viktig faktor for dannelse av deformasjonsmorene og drumliner. Det er ikke bare sedimentene som vil spille inn på dette, men også berggrunnen som isen beveger seg over. En krystalinsk berggrunn med mye forkastninger eller kjemisk forvitret kalkstein vil kunne drenere sålevann godt, slik at sålematerialet vil kunne tåle en høyere skjærkrefter fra den overliggende isen (Greenwood and Clark, 2010). Berggrunn kan også spille inn ved at myke bergarter som blir erodert av isen, blir inkorporert i sålesedimentene og senker det kritiske spenningsnivået til disse. Dette kan føre til en positiv feedback mellom is og landskap, og kan blant annet forklare hvorfor NRIS drenerte mot vest - nordvest over myke mesozoiske og tertiære bergarter, istedet for over sandstein sør for Norskerenna (Houmark-Nielsen and Kjær, 2003).

Blant de kartlagte drumliner finner en lite sammenheng mellom beliggenheten til disse og underliggende jordarter/fjell (fig.4.2). Alle drumlinene (bortsett fra en) ligger ved morene (men kan også gjenspeile post-drumlin avsetninger). Stalsberg et al. (2003) tolker V2 (fig.??) til ligge direkte over breelvavsetninger. Alle de nordvestlige drumlinene ligger innefor leirig morne i sør. Berggrunn og drumlinbeliggenhet viser ingen tydelig sammenheng. Det eneste kan være sammenhengen mellom enkelte crag-and-tails og enkelte fjellplugger ved Torlandområdet (fig. 4.3. Dette er i samsvar med studiene til Greenwood and Clark (2010), som viser et hierarki av kontrollerende faktorer for drumlindannelser, med litologi som nederste trinn, etter glasiologi og topografi. Disse henviser også til endring i glasiasjonstyper fra store isdekker til mer lokale islober. Alle disse tre faktorene spiller også inn på hverandre (Greenwood and Clark, 2010).

5.2 Ryggenes alder

5.2.1 Relativ alder på formene

De tre drumlinretningene på Jæren kan enkelte steder dateres relativt mot hverandre. De nordvestvendte ryggene er tilsynlatende de eldste. Ved Stavnheim og Reime er det bl.a. markert flere sørvestlige former på disse ryggene. Også for enkelte av ryggene ved Grødaland kan en slik situasjon være tenkelig. Aldersforholdet mellom den sørvestlige isretningen og en eventuelt nord-nordvestlig isretning kan også fastslås ved hjelp av morfologien. Den nord-nordvestlige isretningen er tolket som drumliniserte dødishauger. Dette haugete dødisterrengtet dekker flere av de sørvestlige ryggene og den nord-nordvestlige retningen må derfor være den yngste av de tre retningene. Denne aldersrelasjonen mellom den nordvestlige og sørvestlige stemmer også overens med observasjonene til Andersen et al. (1987); Sejrup et al. (1998); Jónsdóttir et al. (1999); Stalsberg et al. (2003); Raunholm et al. (2003). Aldersforskjellen mellom de ulike retningene er derimot noe uklar.

Det er også en mulighet for at formene internt i de forskjellige isretningene har forskjellig alder. Blant annet varierer lengdeaksene internt i feltene og det kan tenkes at dette skyldes et aldersspenn mellom formene. Da disse formene ikke krysser hverandre direkte, er det derimot ikke noe bevis for en slik aldersforskjell. En eventuell aldersforskjell vil også være vanskelig å forklare med tanke på bevaringen av de relikte formene.

5.2.2 Absolutt alder på tilstøtende sedimenter

Det er ikke gjort noen direkte dateringer av moreneformene i området. Minimums- og maksimumsalder kan derimot fastslås ved dateringer av fossiler i underliggende lag og overliggende

materiale. Ved flere lokaliteter sørøst for studieområdet (Torland¹, Stemmavatn og Helland på figur 4.1 er det gjort AMS-dateringer fra sedimenter fra terrestriske sedimentbasseng (Knudsen et al., 2006b). Dette har gitt en alder på 17 100 og 16 100 kal år BP (hhv. Stemmavatn og Torland*) for når de lokale nedløpsfeltene ikke lenger drenerte brevann. Nedløpsfeltet ved Stemmavatn ligger omtrent 2 km nærmere kysten og en aldersforskjell kan skyldes en tilbaketrekning av isen parallelt med kystlinja. Det er dog mistenkt at dateringen ved Stemmavatn kan gi en for høy alder da en her har datert vannlevende mose og disse har en tendens til også å innholde eldre karbon (Knudsen et al., 2006b). Dateringer fra lenger nord på Jæren gjort ved tidligere studier gir en deglasiasjonalders på mellom 17 000 og 15 000 kal år BP (Knudsen et al., 2006b). Nord- og Sørjæren må ikke nødvendigvis ha hatt samme. Terrenget sør (og øst) for Jæren er kupert og en kan ved deglasiasjonen ha fått avsnørte iskapper som opplevde ulike tilbaketrekningssrater. Omfattende fjord og dalsystemer, knyttet opp mot forkastningsmønsteret ved fjellheimen innenfor Jæren, kan ha vært isførende i relativ lang tid. Flere slike dreneringsveier er tegnet inn i figur 4.1.

Under det øvre morenelaget, finner en ofte tykke lag med havavsetninger, vekselvis tektoniserte og in-situ. Disse ligger ofte høyt over marin grense og de høyeste avsetningene finner en ved Høgjæren (>200 moh) (Andersen et al., 1987). AMS målinger gjort ved tektoniserte marine leirene gir en alder på 33 500 - 41 500 kal år BP (Raunholm et al., 2004). Raunholm et al. (2004) foreslår en alder på 33 000 - 37 000 kal år BP som mest sannsynlig for disse avsetningene. Dette sammeffaller med Larsen et al. (2000) sin konklusjon med en alder på 37 000 kal år BP for avsetningene ved Elgane. Det er datert materiale til 26 000 - 29 000 kal år BP i homogen silt ved Foss- Eikeland (fig.??), men de fleste andre dateringer her gir en eldre alder og denne dateringen er tolket til å være misvisende (Raunholm et al., 2002).

Fra diskusjonen ovenfor får en en minimumsalder for ryggene på rundt 17 000-15 000 kal år BP (Knudsen et al., 2006b) og en maksimumsalder på rundt 33 000-37 000 kal år BP (Larsen et al., 2000; Raunholm et al., 2004). Maksimumsalderen sammenfaller med Sandnes-/Ålesund interstadialet (Sejrup et al., 2000).

5.2.3 Ryggens alder og korrelering av med Norskerenna/Nordsjøavsetninger

På Nordsjøvifta, ved munningen av Norskrenna har en funnet flere sedimentstrømmer som er tolket til å ha et subglasialet opphav (GDFs - Glacigenic debris flows). 20 - 12 % av klastene er antatt til å stamme fra mesozoiske-tertiære avsetninger fra Skagerrakområdet (King et al., 1998) og materialet i GDFene er tolket til å stamme fra en aktiv NRIS. Minst seks GDFer sekvenser er observert ved Nordsjøvifta. Mellom disse sekvensene finner en ofte tykkere hemipelagiske avsetninger og spor etter større undersjøiske skred (King et al., 1998).

¹En annen lokalitet enn Fotland som er referert til andre steder i teksten. For å unngå misforståelser vil jeg navngi denne med en asterisk.

De tre yngste GDF-sekvensene ved Nordsjøvifta er antatt å være avsatt i tidsrommet mellom 33 000 - 17 000 kal år BP. Disse utgjør ca 2/3 av viftesedimentvolumet avsatt i Weichsel (Lekens et al., 2009). Den yngste GDFsekvensen er datert til rundt 19 000 cal år BP (King et al., 1998). Minst to andre faser er avsatt i perioden 19 000 - 23 000 kal år BP (Lekens et al., 2009). Ved Trollfeltet (mer proksimalt i Norskreenna) er weichsel representert med en 40 m tykk morenesekvens (Sejrup et al., 1995) Dette gjenspeiler minimum to breframrykk. Det yngste av disse er datert til ca 18 000 kal år BP (Sejrup et al., 1995).

Hvis en antar en lik tilbaketrekingsrate sør for Trollfeltet som fra ytterst, vil det tilsi at istrømmen trakk seg tilbake fra Jæren rundt 17 000 kal år BP. Dette gir et tidsrom på mellom 0 og 2000 år for dannelsen av de sørvestlige formene. Mest sannsynlig begynte isen å trekke seg tilbake fra Lågjæren allerede rundt 16 500 kal år BP (Knudsen et al., 2006b). For sentrale Lågjæren (Bryne - Nærbø) kan det ha vært ett yngre breframstøt (Sejrup et al., 1998; Jónsdóttir et al., 1999; ?), men de fleste drumlinformene må være eldre enn denne. Drumlinene assosiert med NRIS vil ha en alder mellom 35 000 og 17 000 år BP. Det er rimelig å anta at de bevarte formene stammer fra den siste isstrømningsaktivitet, alstå vil ryggene ha en alder mellom 20 000 - 17 000 kal år BP.

Et betydelig antall GDFsekvenser ved Nordsjøvifta i løpet av sein weichsel (Lekens et al., 2009) kan tyde på en del fluktuasjoner av Norskerenneisen. Det er derimot lite som tyder på at isen trakk seg tilbake sør for Jæren i denne perioden, mulighens stoppet isen opp ved Jærensterskelen (Raunholm et al., 2004; Houmark-Nielsen and Kjær, 2003). ¹⁴ C dateringer på marine sedimenter ved Jæren har vist aldere ned mot 27 000 kal år BP (Raunholm et al., 2004), men denlave andelen av yngre datering kan tyde disse er feil. Manglende (glasi)marine avsetninger kan skyldes at den terrestriske isen gjorde et framrykk umiddelbart etter at Norskerenneisen trakk seg tilbake slik at en ikke har fått noen transgresjon av på Jæren i løpet av de isfrie periodene. En slik situasjon kan også være med på å forklare hvorfor MG er mye lavere på Sørjæren etter den siste deglasiosjonen (en forskjell på 200 m) (Sejrup et al., 1998). Det er også en mulighet at Norskerenneisen har hatt en sideveisfluktusjon, og at en aktiv Norskerenneis ikke alltid har hatt kurs over Jæren.

Lengre proksimalt i Norskreenna, ved dypområdene i Skagerrak, er det flere undersjøiske strømningsvifter (fig.??). Disse ligger direkte på subglasialt morenemateriale og er antatt å være avsatt kort tid etter tilbaketrekningen av Norskerenneisen (Longva et al., 2008). Det er foreslått en alder på disse på rundt 15 500 kal år BP (Longva et al., 2008). Området mellom disse viftene og terskelen ved Jæren er dypvannsområder, og en rask tilbaketrekning ved kalving er å forvente. Viftematerialet er i stor grad antatt å stamme fra glasilakustrine avsetninger (Longva et al., 2008) avsatt i en glasialt oppdemt Kattegatissjø (Houmark-Nielsen and Kjær, 2003; Longva et al., 2008; Larsen et al., 2009). Flere slike paleoissjøer er funnet i sedimenter i Nord-Danmark. Ved Vendsyssel (Nord-Jylland) er disse ofte direkte overliggende moreneavsetninger (Larsen et al., 2009). Disse

morenelagene stammer fra enten en vestlig isretning fra Sør-Sverige - Østersjøen eller en mer nordlig is fra Oslofjordområdet Houmark-Nielsen and Kjær (2003); Larsen et al. (2009); Houmark-Nielsen (2010). Smeltevann som rant fra en østlig is og over et isostaisk nedpresset Øst-Danmark ble drenert videre mot nord-vest ut i Skagerrak og Norskerenna. En Norskerenneis vil kunne ha blokkert denne dreneringsveien og issjøer bli bygd opp (Larsen et al., 2009; Houmark-Nielsen, 2010). I løpet av framrykket av Norskrenneisen etter Sandnesinterstadialet har det vært minst to katastrofetapninger av en Kattegatissjø (Houmark-Nielsen and Kjær, 2003). Flere dreneringsepisoder fra sein weichsel som er dokumentert i Nordsjøen kan stamme fra denne (Larsen et al., 2009).

5.3 Eldre isstrømmer

5.3.1 Norskrenna/Nordsjøvifta

De eldste sporene etter en Norskrenneis finner en ved en kvartære moreneavsetninger og mesosoiske og tertiære sedimentære bergarter i Norskerenna (Sejrup et al., 1995). De eldste kvartære avsetningene ved kontinentalsokkelen, Fedjemorenen, har en alder på 1,1 millioner år (Sejrup et al., 1995). Denne ble etterfulgt av en isfri periode på rundt 500 000 år (Sejrup et al., 1995). Neste glasiasjon en finner spor av ved Trollfeltet kan følges ut til kontinentalkanten som GES-A (King et al., 1996). Denne har blitt korrelert til MIS 12(Nygård et al., 2005). Det er antatt at Norskrenneisen begynte å drenere ved Jæren, og nådde sin fulle størrelse, en gang etter denne Midt-Pleistocene glasiasjonen (Rise et al., 2004).

Den eldste gjenkjente GDF-sekvensen ved Nordsjøvifta kan mest trolig korreleres med GES-B (glacial erosion surface) på kontinentalsokkelen og er korrelert til en MIS 8 glasiasjon. Neste GDF-sekvens har blitt foreslått å være en MIS 6 alder med minst tre individuelle glasiasjoner ut til kontinentalskråningen (Nygård et al., 2005). Denne er etterfulgt av tykke hemipelagiske sedimenter tilsvarende 100 000 - 150 000 med avsetninger (King et al., 1996). Sejrup et al. (2003) har foreslått ett MIS 3 (Skjonghelleren/Jæren-) og ett MIS 4 (Karmøy-stadialet) framstøtt med en aktiv NRIS helt ut til kontinentalskråningen. Fra lagrekker i Danmark har en funnet glasilakustrine avsetninger ved Vendsyssel som kan korreleres mot det første Skjonghelleren framrykket (Larsen et al., 2009).

5.3.2 Jæren - Pre Weichsel

De eldste lagrekken ved Jæren finner en ved Lågjæren rett vest for Høgjærplataet(Larsen et al., 2000). Ved Auestad ligger det øvre morenelaget over den såkalte Skrettinggrusen fra overgangen mellom Tidlig til Midt-Weichsel(Larsen et al., 2000), noe som tyder på en relativt kraftig

erosjon/få avsetninger i perioden fram til Sein Weichsel. De eldste avsetningene har er Auestad-jordet diamiktet. Dette er tolket til å være moreneavsetninger. Liggende over denne har en et lag med breelv-/elveavsetninger og marine avsetninger (Auestad-leira) datert til før-Eemisk tid (MIS 6)(Janocko et al., 1998). Denne er stratigrafisk korrelert mot marine avsetninger ved grustaket på skretting (Larsen et al., 2000). Disse er gitt en Eemisk alder (Stalsberg et al., 1999). En overgang direkte fra et subglasialt til et proglasialt terrestrisk miljø tyder ikke nødvendigvis på noen stor isostatisk effekt av den foregående glasiasjonen (jf. sandnes interstadialet). Overliggende marine avsetninger kan tyde på en eustasisk effekt, men funn av morene direkte under noen av disse marine avsetninge kan også tyde på en isostatisk nedpressing (Janocko et al., 1998) og Janocko et al. (1998) foreslår en marin grense for de leirige avsetningen på rundt 100 m over dagens havnivå.

Boringer gjort ved Grødalaland viser en liggende suksesjon fra subglasiale til glasimarine forhold, der de glasimarine avsetningene dateres til nærmere MIS 7 (Janocko et al., 1997). Ved borekjerner fra Hobberstad (fig. ??) har en avsetninger som er antatt til å være MIS 9 marine avsetninger. Både overliggende og underliggende moreneavsetninger har et innhold som er karakterisk de yngre moreneavsetningene på Jæren, og tolket til å stamme fra NRIS (Sejrup et al., 2000).

Alle de ovenfornevnte morenene har ekvivalente MIS spor ved Nordsjøvifta - Norskerenna ??, men ufullstendige lagrekker og resedimenterte fossiler også vanskeligjøre korrelering mot disse (Janocko et al., 1998).

5.3.3 Jæren - Weichsel

Yngre lagrekker er blant annet funnet ved Høgjæren (Larsen et al., 2000). Den allerede nevnte Skrettinggrusen og det underliggende Skrettingdiamiktet er antatt å være avsatt ved Tidlig Weichsel - tidlig Midt Weichsel (Larsen et al., 2000). Stalsberg et al. (1999) har derimot gjort OSL dateringer av de øvre grusavsetningene som gir en pre-Eemisk alder. Det øvre gruslaget er tolket til å være en sanduravsetning. Havnivået må ha vært under 110 m (sek. 5.3.2) og sanduren kan ha blitt avsatt i et terrestrisk basseng (Stalsberg et al., 1999), antakelig demt opp av en nord-sørgående morenerygg.

Avsetninger fra Midt Weichsel er gjenkjent som Oppstad diamikt og Høgmork diamikt, disse er henholdvis korrelert til Skjonghelleren- og Karmøystadialet (Larsen et al., 2000). De etterfølgende marine transgresjonene hadde en marin grense på minimum 205 og 185 moh (Larsen et al., 2000). Den første av disse stammer fra stavanger interstadialet. Andersen et al. (1987) har korrelert de grusig Grødalaland- og Orre diamiktene (Grødland og Reve) til Karmøystadialet. Moreneavsetninger MIS 3 og 4 stadialer kan også være til stedet ved Foss-Eikeland (Raunholm et al., 2002).

5.4 iskonfigurasjon,isdynamikk

5.4.1 Inversjonsmodellen og isbevegelsesgrupper

I områder hvor en har et palimpsest landskap, kan det være nyttig å omvende (inversere) landskapet ved å systematisk "fjerne" yngre former for bedre å forstå de glasiologiske forholdene som til enhver tid har vært rådende. Inversjonsmodellen bruker en slik tilnærming (Kleman and Borgström, 1996; Kleman et al., 2006). Modellen bygger på at ulike glasiale landformgrupper (svermer) stammer fra ulike glasiale forhold og at de glasiale forholdene (kald bre, varm bre og ismargin) migrerer over tid (Kleman et al., 2006). Landformer innad i de ulike svermene som blir dannet ved ulik tid blir delt inn i isbevegelsesgrupper (flowsets).

5.4.2 Smeltevannspor

Eskere antas å dannes i fronten av tilbaketrekkende breer, og eskersystemene blir yngre innover mot isskillet (Kleman and Borgström, 1996; Benn and Evans, 2010). De er derfor en del av deglasiasjonskappen rundt paleo-isdekkene (Kleman and Borgström, 1996) og kan gi et innblikk i hvordan brefronten trakk seg tilbake. Subglasiale eskere er assosiert med en varm bre da en kald bre vil hindre smeltevann i å penetrere ned til sålen. Laterale smeltevannskanaler kan derimot dannes ved marginen av kalde breer, da smeltevannet fra disse vil dreneres langs kantene av breen.

5.4.3 Isbevegelsesspor

Drumliner blir dannet under en varm bre. De ligger ofte tilknyttet eskersystemer og deres relasjoner med moderne isfronter er godt dokumentert. Slike drumliner blir ofte assosiert med surgende breer (Schomacker et al., 2006; Johnson et al., 2010) eller tilknyttet dalbreer (Knight, 2011) og vil derfor kunne bli sett på som en del av deglasiasjonsekappen. Der en finner drumliner, og andre isbevegelsesspor, uten tilhørende smeltevannsavsetninger, er det antatt at disse er dannet mer sentralt i isdekket. Slike avsetningsgrupper gjenspeiler enten en isstrøm (Smith and Murray, 2009; King et al., 2007), der de kan følges ut til deglasiasjonssonen, eller en mindre lokal sone med aktiv issåle innesluttet av en ellers kald bre (Kleman and Borgström, 1996; Kleman et al., 2006).

Isstrømmer

Isstrømmer kan også bli gjenkjent ved elongerte former. Drumliner/MSGL med et lengde/breddeforhold $>10:1$ blir brukt som en indikator for isstrømning (Stokes and Clark, 2002a; Briner, 2007), men isstrømning kan også finne sted der slike forhold ikke oppnås (Stokes and Clark, 2002a). Ryggen dannet under isstrømmer viser også en meget høy grad av parallitet. Den proksimale delen av paleoistrømmer gjenkjennes ved en høyere andel drumliner relativt til MSGL,

flere berggrunnsinfluerte former (crag-and-tails, bergdrumliner) og en overgang til rogen morener (Hättestrand, 1997; Wellner et al., 2006; King et al., 2007).

5.4.4 Kald bre

Kald bre er vanlig i indre deler av isdekkene og flekkvis der isdekket har vært preget av tynnere is (Kleman et al., 2008). Ved deglasiasjonen vil isfronten trekke seg kjappere tilbake enn fronten av kaldbre og til slutt vil disse frontene møtes (Kleman et al., 2008). Områder proksimalt for dette skillet vil være preget av et reliket landskap, ofte med lite eller ingen tegn etter glasiale prosesser, annet enn laterale smeltevannskanaler tynne utsmeltningsmorener (Hättestrand and Stroeven, 2002; Kleman et al., 2008). Lenger distalt vil en ofte ha en sone med rogen morener (Hättestrand, 1997). Et reliket landskap kan også gjenspeile nullstrømning under et paleoiskille.

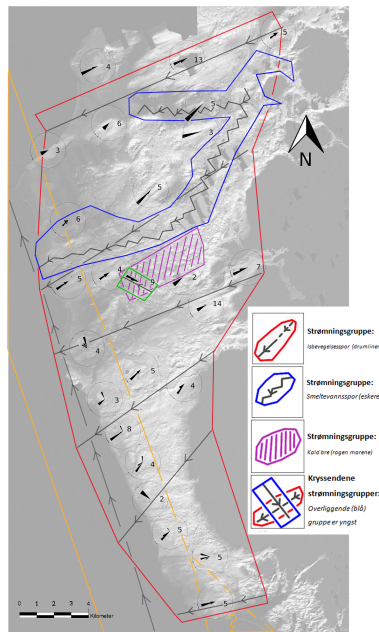
5.4.5 Isbevegelsesgrupper på Jæren

På Jæren er det observert seks slike strømningsgrupper (fig.5.7). Tre av gruppene består av isbevegelsesspor, to av smeltevannspor og en gruppe gjenspeiler én frossen bresåle. Inntegnede strømningslinjer bygger på asimutdataene fra de kartlagte drumlinen. Disse er blir gruppert som i resultatdelen. Interpoleringen av strømningslinjene bygger på det visuelle uttrykket fra de ulike gruppene. En skal følgelig være klar over at en liten gruppe som kan gi veldig konsistent retning, uten at den har noen større statistisk signifikans, vil kunne bli overrepresentert. Jeg har valgt å bruke denne gruppe vise inndeling, i stedet for en større samlet analyse, for å sette søkelyset på de lokale forskjellene.

Smeltevannsgruppene på Jæren består hovedsakelig av eskere og tilhørende glasifluviale avsetninger. Ved den sørligste av de to (lysblå seksjon ved figur 5.7) har en også flere smeltevannkanaler. Disse er ikke laterale og er assosiert med eskere. Begge gruppene er tolket til være dannet ved fronten av en varm bre. De to smeltevannsgruppene kan ikke direkte dateres mot hverandre og kan være av samme alder, men den klare avgrensninga på de deglasiale avsetningene ved Høgjæren (Knudsen et al., 2006a) viser at de er dannet ved to adskilte islober. Dette er den øvre lavrekke ved sine respektive lokaliteter og er tolket til å være yngst. De kan derimot være eldre enn strømningsgruppene i området sør for Bryne.

Den yngste av de tre isbevegelsesgruppene (grønn seksjon ved figur 5.7) stammer trolig fra et seinglasialt breframrykk som dekker området mellom Bryne, Nærbø og Obrestad (sek. ??)(Sejrup et al., 1998; Jónsdóttir et al., 1999; Raunholm et al., 2003). På grunn av en relativt klar lobeformen var trolig de nærliggende områdene ved Lågjæren isfrie i dette området, og jeg tolker denne til å representer de yngste glasiale formene på Jæren. Gjennomsnittsverdien og maksverdien for lengde/bredde-forholdet her er på hhv. 2,4 og 2,9. Dette er ganske lave verdier, og jeg tolker den

avsettende isen til å ha vært relativt treg eller avsatt over en kort tidsperiode.



Figur 5.7: Ulike isbevegelser for Jæren

Den miderste av isbevegelsesgruppene (rød seksjon ved figur 5.7) dekker hele sørjæren. Fra de inntegnede strømningslinjene kan det antydes at strømmingen var topografisk begrenset (spredning av isen rundt Høgjæren og Njålfjellet (fig.5.7)). Strømningsdataene er riktignok usikre og ikke entydige. Stemmer mine antagelser kan dette tilsi at isen var relativt tynn i løpet av denne perioden. En ismargin bør være lokalisert i umiddelbar nærhet da denne vil være for tynn til å grunne i norskerenna. Det er ikke observert noen ismargin for denne retningen på land (så sant en ikke tolker de nordvestlige ryggene til være randmorene). Lengde/bredde-forholdet har her en snittverdi på 2,7 og en maksverdi på 4,3 Dette er godt under 10:1, forholdet som impliserer istrømming (Stokes and Clark, 2002a; Briner, 2007). Riktignok er det større verdiene for drumlinene assosiert med NRIS (2,6 og 3,1). Flere av områdene har også et tydelig strømlinjeformet preg, og jeg tolker drumlinene til å være dannet under en relativt hurtigstrømmene islobe.

Området assosiert med kald bre (lilla seksjon ved figur 5.7) består av rogenrygger som også har en utstrekning i sørvestlig retning. Området er geografisk begrenset og gjenspeiler ikke en større kald brefront. Raunholm et al. (2003) tolker denne kalde flekken til å ha oppstått på grunn av tynnere isdekke i skyggesonen av Njålfjellet, der de glasiologiske forholdene ligger mer til rette for en frysing ved bresålen. Rogenmorenen vil ha blitt dannet ved ekstensjonsspenning fra den omkringliggende isen. En mulig teori er at isen ikke var kald, men at en raskere NRIS kan ha ført til slik ekstensjonsspenning på en relativt stillestående innlandsis. Det er dog ikke observert slike

tilfeller fra andre isstrømmer, og jeg finner tolkningen til Raunholm et al. (2003) mer plausibel.

Den eldste av isbevegelsesgruppene (rød seksjon i figur 5.7) er antatt til å stamme fra NRIS (Janocko et al., 1997; Sejrup et al., 1998; Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2003).

NRIS - er denne reell på Jæren?

Lengde/breddeforholdet for de nordvestrettete drumlinene er 2,6 og maksimumsverdien er på 3,1. Dette er mye lavere enn verdiene tilknyttet relikte istrømmer (Stokes and Clark, 2002a; Briner, 2007). Selv om en antar at drumlinene på Jæren har blitt dannet helt i ytterkanten av istrømmen er lengde/bredde-forholdet lavere enn hva en finner i ytterkanten av paleoisstrømmer undersøkt i arktisk Canada og staten New York (Stokes and Clark, 2002a; Briner, 2007). Stokes and Clark (2002a) viser riktignok at verdiene synker betraktelig ved ytterkanten av istrømmunningen. Munningen av NRIS kan i perioder ha stått ved Jærenterskelen (Raunholm et al., 2004; Houmark-Nielsen and Kjær, 2003) og det kan være at de nordvestlige drumlinene er dannet under en slik situasjon. En annen forklaring på de lave verdiene ved Jæren er mulig erosjon av formene. En yngre isbevegelse fra sørvest er tydelig både ut fra morfologien og fra steinorienteringen. Allikevel er det diskutabelt i hvilken grad en slik sørvestlig-is har forstyrret de eldre avsetningene, særlig i området rett vest for Høgjæren.

En annen forklaring for disse ryggene er at de kan være laterale moreneavsetninger, dannet ved skjæringen mellom isstrømmen og tilgrensende isdekke (Ice stream shear margin moraines) (Stokes and Clark, 2002b). Disse er ofte lange (10-20 km) og har en høyde på 10-50 m. Enkelte steder kan disse ryggene være noe oppsplittet og fremtrer mer som MSGL/elongerte drumliner (Stokes and Clark, 2002b). Dannelsen av disse er noe uklar, men innholdet i ryggene er relativt likt det en finner i drumlinryggene mer sentralt i istrømmen (Stokes and Clark, 2002b). En slik skjærmorene kan forklare hvorfor drumlinene opptrer nogenlunde på rekke. En sørlig forlengelse av en slik morenerygg kan også være med på å forklare den grunnmarine ryggen som kan følges fra Sørjæren til Lista (Andersen, 1960; Andersen et al., 1987). Det tidligere kartlagte Listatrinnet kan altså være en slik lateral isstrømvsetning. De individuelle drumlinene på Jæren er fortsatt mye rundere enn skjæringsmorene beskrevet av Stokes and Clark (2002b). En har altså det samme forklaringsproblemet som ovenfor også her.

Den leirige morene ved ryggene stammer i hovedsak fra marine avsetninger. Dette er likt sålesedimentene en finner i flere av de moderne antarktiske istrømmene (Bennet, 2003). Dette er rimelig tatt i betraktning at istrømmene i begge områdene har en såle som stedvis ligger flere hundre meter under havnivå. Deformasjonsmorene er også observert ved sålen av moderne og historiske istrømmer (Bennet, 2003; Smith and Murray, 2009; Livingstone et al., 2012) og er vanlig å finne tilknyttet drumliner, ofte i kombinasjon med påklistringsmorene (Kerr and Eyles,

2007; Clark, 2010; Johnson et al., 2010). Deformasjon av sedimentsålen kan være med på forklare en hurtig isbevegelse (Kjær et al., 2006; Boulton et al., 2001b). (Smith and Murray, 2009) har observert 5 - 12 m deformasjonsmorene under Rutterford isstrømmen. I tillegg kunne det antydes deformasjonslag ved 70 meters dyp (Smith and Murray, 2009), men det er usikkerhet rundt om slike deformasjonslag alltid er tykke nok til å kunne bidra til en hurtig isstrømning (Kjær et al., 2006). I tillegg til sedimentdeformasjon kan intern isbevegelse og en avkopling mellom sedimentene og isen, der isen glir på en mellomliggende vannhinne, føre til en hurtig isbevegelse.

Sammenlikninger mellom antarktiske lengdeprofiler og Norskerenna tilsier en istykkelse på ca 700 m ved Jærenterskelen (Sejrup et al., 1998) (fig.??), og Stalsberg et al. (2003) estimerte en minimumtykkelse på isen til å være 500 meter ved Grødaland. Dette gir en isgradient på 1 - 1,3 m/km (gitt en konstant gradient fra kontinentalskråningen)(Stalsberg et al., 2003). De effektive spenninger i isen blir da (4,5 - 8 kPa (Stalsberg et al., 2003)) som ikke er høyt nok for en intern isdeformasjon (100 kPa)(Bennet, 2003). Mangel på sorterte sedimenter tyder på at en ikke har hatt sone med såleglidning (Stalsberg et al., 2003). Ut fra de glasiologiske forholdene er derfor sedimentdeformasjonen den mest sannsynlige faktoren for NRISen, noe som også til en viss grad passer sammen med observasjoner av sedimentene.

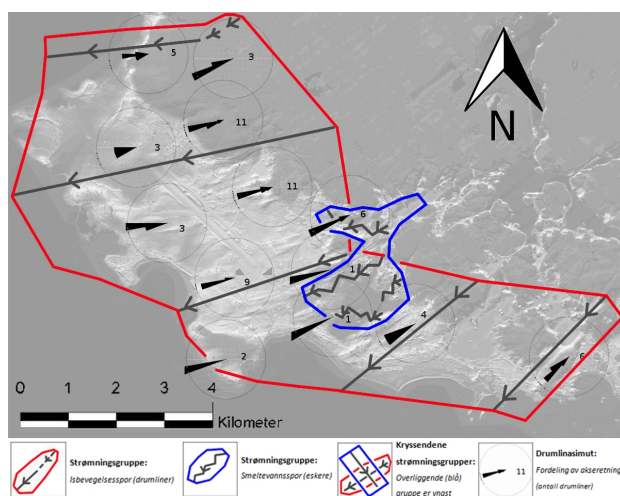
Ved Norskehavet sør for Norskerenna er det observert en rekke rygger subparallelt med denne (Andersen et al., 1987)(fig.??). Et interessant spørsmål er om disse eller enkelte av disse kan gjenspeile liknende drumliner/isstrømlaterale morenerygger som tenkt ved Jæren. Fra figur ?? kan det virke som ryggene ikke har en like strømlinjeformet natur og Andersen et al. (1987) har tolket disse som en serie med endemorener.

Surgende breer eller avsetninger fra en dalbre?

Selv om det i nyere tid har vært stor fokus på elongerte drumliner som spor etter istrømmer, har fortsatt det store flertallet av drumliner et vesentlig lavere lengde/bredde-forhold enn hva som er forespeilet for en slike type is (Clark et al., 2009). Snittet og fordelingene av kartlagte drumlinfelt på De britiske øyer (og i annen eldre litteratur) er bemerkelsesverdig like drumlinene kartlagt i denne oppgaven. Det er altså vesentlig grunn til å tro at de fleste drumliner ikke dannes under isstrømmer. Surgende breer eller relativt stabile dalbreer er sannsynlige miljøer for drumlindannelse (Schomacker et al., 2006; Johnson et al., 2010; Knight, 2011). Begge miljøer hvor en kan ha en relativt rask isbevegelse og aktiv issåle (Benn and Evans, 2010).

5.4.6 Isbevegelsesretninger på Lista

På Lista har jeg kartlagt to strømningsgrupper. En smeltevannsgrupper med tydelige eskeravsetninger og en brevegelsesgruppe med de kartlagte drumlinformene (fig5.8).



Figur 5.8: Ulike isbevegelser for Jæren

Smeltevannsgrupper virker til å være noe yngre enn en drumlinedannelsen, da eskere flere steder virker til å være avsatt på drumlinryggene (se seksjons 3.1.10). Beliggenheten til de glasifluviale avsetningene (en vifteform prograderer i sørvestligretning fra Vanse) tyder på at at en har hatt en topografisk begrensende dalis her (fig.5.9).

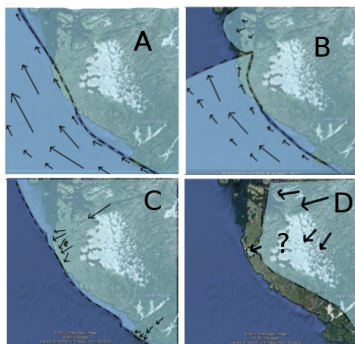
Brebevegelsesgruppen på Lista viser et skifte i strømningsretning fra nordvest til sørøst. En slikt skifte kan gjenspeile divergerende isbevegelse, som en bl.a. finner ved fjellfotbreer (Benn and Evans, 2010). Et unntak til dette generelle mønsteret er Nordberg - Skeibrokk (fig.??). Disse ligger tildels innenfor berggrunnsdomenet og kan være topografisk styrt av denne. Lengde/breddeforholdene her viser et snitt på 3,1 og en maksimumsverdi på 5,0, altså høyere enn ved bevegelsesgruppene på Jæren. Sammen med andre isbevegelsesindikatorer som crag-and-tails, samt morenemateriale tolket til å kunne være deformasjonsmorene, antar jeg at isen har vært relativt hurtigstrømmende her.

De underliggende sedimentene ved Østhasselvika, kan virke til å bestå av marint derivert materiale. Det er ikke vanskelig å forklare et slikt innhold med tanke på avstanden til dagens kystlinje (100 m) og tidligere havnivå over dagens. Et forhold som allikevel kunne vært verdt å undersøke er innholdet av langreist materiale i denne. Kanskje kan morenen etterligne den en finner ved Jæren, tilknyttet en nordvestlig isbevegelse?

5.4.7 deglasiasjonshistorikk for Jæren og Lista

Fra diskusjonen ovenfor har jeg foreslått en deglasjonshistorikk som vist ved figur ??. De eldste avsetningene gjenspeiler en aktiv isstrøm (fig.5.9a). Denne trekker seg tilbake. Denne istrømmen

kan i perioder ha trekt seg tilbake til Jærenterskelen (fig.??b). Ved en slik situasjon vil is drenert gjennom Boknafjorden gjort at framrykk (fig5.9b). Disse var høyst sannsynlige aktive i perioder eller større deler av perioden mellom 33 ka og 18 ka kal BP ().



Figur 5.9: En foreslått deglasiasjonshistorie for Jæren og Lista. A og B gjenspeiler isstrømming i norskerenna, C og D gjenspeiler en terrestrisk is

En sørveslig isbevegelses retning gjenspeiler antageligvis den første terrestriske isen ved Lågjæren i løpet av sein weichsel Den er antatt til ha en maksimal utbredelse ved kysten av Jæren (fig5.9c). Rogenmorener som muligens kan korreleres med denne isen (Raunholm et al., 2003) tyder på til dels inaktiv såle og kan antyde en tynn is. Det yngste breframrykket ved Jæren gjenspeiles av de nord-nordvestlige drumlinformer, men også andre morfologiske trekk på Jæren er knyttet til denne (Sejrup et al., 1998; Jónsdóttir et al., 1999; Stalsberg et al., 2000). Disse ryggene er nok mer knyttet is divergering av et breframrykk fra vest, enn en nord-vestlig is (fig.5.9d). Om den nedsmeltinga/tyninga av isen fortsatte i perioden etter den sørveslige issreningen, kan det siste isframrykket ha vært fra en avsnørt iskappe beliggende i et kupert heilandskap øst for Jæren. For disse er det foreslått en alder på 18 ka - 15 ka kal BP(Knudsen et al., 2006b).

KONKLUSJON Fra resultatene og diskusjonsdelen ovenfor kan en trekke enkelte slutninger om drumliner og isdynamiken på Jæren og Lista:

- Drumlinene i de to områdene fordeler seg relativt likt med drumliner fra andre steder.
- Tre retninger med drumliner ble observert på Jæren og en retning på Lista. En nordvestlig drumlinretning er assosiert med NRIS, mens en retning sørvestlig (inkluderer retningen på Lista) tyder på en mer omfattende innlandsis. En tredje nordnordvestlig kan tyde på sterke topografisk kontroll, og muligens en avsnørt iskappe.
- Formene avsatt under terrestrisk is virker til å være avsatt ved is marginale forhold (f.eks. fjellfotbre).

- De nordvestlige drumlinene ligger mer eller mindre parallelt med Norskrenna. En kort avstand fra lågjæren og ut til renna kan tyde på at istrømmen også må ha influert på land. En av de nordvestlige ryggene er tolket til å bestå av deformasjonsmorene som ofte assosieres med hurtigstrømmende is. Lave lengde/bredde-forhold taler derimot i mot en norskrenne isstrøm på Jæren.
- De nordvestlige drumlinene er antagelig dannet i perioden 33 ka - 18 ka kal BP, og høyst sannsynlig i perioden 20 ka - 18 ka cal BP. Drumlinene tilknyttet innlandsisen vil da ha blitt dannet mellom 18 ka - 16 ka kal BP (deglasasjonsalder for området). Dette gir et tidsintervall på ca 2 ka år for en isostatisk respons på ca 200 m. Gitt samme effekt av NRIS som ved tidligere glasiasjoner. En aldersforskjell kan også sees ut fra krysskutting av de ulike drumlinretningene på Jæren.

Bibliography

- R.W. Allmendinger, N. Cardozo, and D Fisher. *Structural geology algorithms: Vectors and tensors in structural geology*. Cambridge University Press, 2011. ISBN-13: 9781107012004.
- B.G. Andersen. Sørlandet i sen- og postglacial tid. *NGU*, 210:1 – 142, 1960.
- B.G. Andersen, O.P. Wangen, and S. Østmo. Quarternary geology of Jæren and adjacent areas, southwestern Norway. *NGU Bulletin*, 411:1 – 55, 1987.
- D.I. Benn and D.J.A. Evans. *Glaciers & Glaciation*. Hodder Education, 2nd edition, 2010.
- M.R. Bennet. The morphology, structural evolution and significance of push moraines. *Earth-Science Reviews*, 53:197 – 236, 2001.
- M.R. Bennet. Ice streams as the arteries of an ice sheet: their mechanics, stability and significance. *Earth-Science Reviews*, 61:309 – 339, 2003.
- G. Boulton and M. Hagdorn. Glaciology of the British Isles Ice Sheet during the last glacial cycle: form, flow streams and lobes. *Quaternary Science Reviews*, 25:3359 – 3390, 2006.
- G.S Boulton, K.E Dobbie, and S. Zatsepin. Sediment deformation beneath glaciers and its coupling to the subglacial hydraulic system. *Quaternary International*, 86, 2001a.
- G.S. Boulton, P. Dongelmans, M. Punkari, and M. Broadgate. Palaeoglaciology of an ice sheet through a glacial cycle: the European ice sheet through the Weichselian. *Quaternary Science Reviews*, 20:591 – 625, 2001b.
- J.P. Briner. Supporting evidence from the New York drumlin field that elongate subglacial bedforms indicate fast ice flow. *Boreas*, 36:143 – 147, 2007.
- C.D. Clark. Emergent drumlins and their clones: from till dilatancy to flow instabilities. *Journal of Glaciology*, 51:1011 – 1025, 2010.

- C.D. Clark, A.L.C. Hughes, S.L. Greenwood, M. Spagnolo, and F.S.L. Ng. Size and shape characteristics of drumlins, derived from a large sample and associated scaling laws. *Quaternary Science Reviews*, 28:677 – 692, 2009.
- P. Dunlop and C.D. Clark. The morphological characteristics of ribbed moraine. *Quaternary Science Reviews*, 25:1668 – 1691, 2006.
- D.J.A. Evans and D.I Benn. *A practical guide to the study of glacial sediments*. Hodder Education, 1st edition, 2004.
- D.J.A. Evans, E.R. Phillips, J.F. Hiemstra, and C.A. Auton. Subglacial till: Formation, sedimentary characteristics and classification. *Earth-Science Reviews*, 78:115 – 176, 2006.
- S.L. Greenwood and C.D. Clark. The sensitivity of subglacial bedform size and distribution to substrate lithological control. *Sedimentary Geology*, 232:130 – 144, 2010.
- C. Hättestrand. Ribbed moraines in sweden - distribution patterns and palaoglaciological implications. *Sedimentary Geology*, 111:45 – 56, 1997.
- C. Hättestrand and A.P. Stroeven. A relict landscape in the centre of fennoscandian glaciations: Geomorphological evidence of minimal Quaternary glacial erosion. *Geomorphology*, 44:127 – 143, 2002.
- M. Houmark-Nielsen. Extent, age and dynamics of Marine Isotope Stage 3 glaciations in the southwestern Baltic Basin. *Boreas*, 39:343 – 359, 2010.
- M. Houmark-Nielsen and K.H Kjær. Southwest Scandinavia, 40 - 15 kyr BP: palaeogeography and environmental change. *Journal of Quaternary Science*, 2003.
- J Janocko. Genesis of an elongated ridge at Jæren, Southwest Norway: Drumlin or marginal moraine? *Geografiska Annaler*, 79:57 – 66, 1997.
- J Janocko, J.Y. Landvik, E. Larsen, and H.P. Sejrup. Stratigraphy and sedimentology of middle to upper pleistocene sediments in the new Grødalund borehole at Jæren, Norway. *Norsk geologisk tidsskrift*, 1997.
- J. Janocko, J.Y. Landvik, E. Larsen, H.P. Sejrup, and P.I. Steinsund. Middle and Late Quaternary depositional history reconstructed from two boreholes at Lågjæren and Høgjæren, SW Norway. *Norsk geologisk tidsskrift*, 78:153 – 167, 1998.
- C.E. Jennings. Terrestrial ice streams a view from the lobe. *Geomorphology*, 75:100 – 124, 2006.

- M.D. Johnson, A. Shomaker, I.Ö. Benediktsson, A.J. Geiger, A. Ferguson, and Ó Ingólfsson. Active drumlin field revealed at the margin of múlajökull, Iceland: A surbibge-type glacier. *Geology*, 38:943 – 946, 2010.
- H.E. Jónsdóttir, H.P. Sejrup, E. Larsen, and K. Stalsberg. Late Weichselian ice-flow directions in Jæren, SW Norway; clast fabric and clast lithology evidence in the uppermost till. *Norsk geogr. Tidsskr.*, 53:177 – 189, 1999.
- M. Kerr and N. Eyles. Origin of drumlins on the floor of Lake Ontario and in upper New York State. *Sedimentary Geology*, 193:7 – 20, 2007.
- E.C. King, J. Woodward, and A.M. Smith. Seismic and radar observations of subglacial bed forms beneath the onset zone of Rutford Ice Stream, Antarctica. *Journal of Glaciology*, 53:665 – 672, 2007.
- E.L. King, H.P. Sejrup, H. Hafliðason, A. Elverhøi, and I. Aarseth. Quaternary seismic stratigraphy of the north sea fan: glacially fed gravity flow aprons, hemipelagic sediments, and large submarine slides. *Marine Geology*, 130:293 – 315, 1996.
- E.L. King, H. Hafliðason, H.P. Sejrup, and R. Løvlie. Glacigenic debris flows on the north sea trough mouth fan during ice stream maxima. *Marine Geology*, 152:217 – 246, 1998.
- K.H. Kjær and J. Krüger. Does clast size influence fabric strength? *Journal of Sedimentary Research*, 68:746 – 749, 1998.
- K.H. Kjær, E. Larsen, J. van der Meer, Ó Ingólfsson, J. Krüger, and Í.Ö. Benediktsson. Subglacial decoupling at the sediment/bedrock interface; a new mechanism for rapid flowing ice. *Quaternary Science Reviews*, 25:2704 – 2721, 2006.
- J. Kleman and I. Borgström. Reconstruction of palaeo-ice sheets: The use of geomorphological data. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25, 1996.
- J. Kleman, C. Hättestrand, A.P. Stroeven, K.N. Jansson, H. De Angelis, and Borgström. 38. *Reconstruction of paleo-ice sheets - inversion of their glacial geomorphological record*. Black well Publishing, 2006. In *Glaciers science and Environmental change*; Edited by Knight, P.G.
- J. Kleman, A.P. Stroeven, and J. Lundquist. Patterns of quaternary ice sheet erosion and deposition in fennoscandia and a theoretical framework for explanation. *Geomorphology*, 97:73 – 90, 2008.
- J. Knight. Subglacial processes and drumlin formation in a confined bedrock valley, northwest Ireland. *Boreas*, 40:289 – 302, 2011.

- C.G. Knudsen, E. Larsen, and K. Stalsberg. Hummocky moraine landscape on Jæren, SW Norway - implications for glacier dynamics during the last deglaciation. *Geomorphology*, 77:153 – 168, 2006a.
- C.G. Knudsen, H.P. Sejrup, and E. Larsen. *Timing of the last deglaciation in SW Norway - evidence from lake sediments*. University of Bergen, Norway, 2006b. Glacier dynamics and Lateglacial environmental changes - evidences from SW Norway and Iceland. PhD-thesis, paper II, Carita Grindvik Knudsen.
- J.K. Kristiansen and J.L. Sollid. Vest Agder fylke, kvartærgeologi og geomorfologi 1:250 000. Geografisk Institutt, Universitet i Oslo, 1988.
- J. Krüger and K.H. Kjår. A data chart for field description and genetic interpretation of glacial diamicts and associated sediments - with examples from Greenland, Iceland and Denmark. *Boreas*, 28:386 – 402, 1999.
- E Larsen, H.P. Sejrup, J Janocko, J.Y. Landvik, K. Stalsberg, and P.I. Steinsund. Recurrent interaction between the Norwegian Channel Ice Stream and terrestrial-based ice across southwest Norway. *Boreas*, 29:185 – 203, 2000.
- N.K. Larsen, K.L. Knudsen, C.F. Krohn, C. Kronborg, A.S. Murray, and O.B. Nielsen. Late quaternary ice sheet, lake and sea history of southwest Scandinavia - a synthesis. *Boreas*, 38: 732 – 761, 2009.
- W.A.H. Lekens, H. Haflidason, H.P. Sejrup, A. Nygård, T. Richter, C. Vogt, and T. Frederichs. Sedimentation history of the northern North Sea Margin during the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, 28:469 – 483, 2009.
- K. Lidmar-Bergström, C. Elvhage, and B. Ringberg. Landforms in Skåne, South Sweden. *Geografiska Annaler*, 73A:61 – 91, 1991.
- T.M. Lillesand, R.W. Kiefer, and J.W. Chipman. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, 6th edition, 2008.
- S.J. Livingstone, C. ÓCofaigh, C.R. Stokes, and C-D. Hillenbrand. Antarctic palaeo-ice streams. *Earth-Science Reviews*, 111:90 – 128, 2012.
- O. Longva and T. Thorsnes. Skagerrak in the past and at the present. *NGU: Special publication*, 8:1 – 98, 1997.

- O. Longva, H.A. Olsen, D.J.W. Piper, L. Rise, and T. Thorsnes. Late glacial fans in the eastern Skagerrak; depositional environment interpreted from swath bathymetry and seismostratigraphy. *Marine Geology*, 251:110 – 123, 2008.
- A. Nygård, H.P. Sejrup, H. Hafliðason, and P. Bryn. The glacial North Sea Fan, southern Norwegian Margin: architecture and evolution from the upper continental slope to the deep-sea basin. *Marine and Petroleum Geology*, 22, 2005.
- S.R. Østmo and K.S. Olsen. Stavanger, Kvartærgeologisk kart 1212 IV - M 1:50 000. NGU, 1986.
- S. Raunholm, E. Larsen, and H.P. Sejrup. Weichselian sediments at foss-eikeland, jæren (southwest Norway): sea-level changes and glaciation history. *Journal of Quaternary Science*, 17:241 – 260, 2002.
- S. Raunholm, H.P. Sejrup, and E. Larsen. Lateglacial landform associations at Jæren (SW Norway) and their glaci-dynamic implications. *Boreas*, 32:462 – 475, 2003.
- S. Raunholm, E. Larsen, and H.P. Sejrup. Weichselian interstadial sediments on Jæren (SW Norway) - paleoenvironments and implications for ice sheet configuration. *Norwegian Journal of Geology*, 84:91 – 106, 2004.
- B.T.I. Reinardy, R.D. Larter, C.D. Hillenbrand, T. Murray, J.F. Hiemstra, and A.D. Booth. Streaming flow of an antarctic peninsula palaeo-ice stream, both by basal sliding and deformation of substrate. *Journal of Glaciology*, 57:569 – 608, 2011.
- L. Rise, O. Olesen, K. Rokoengen, D. Ottesen, and F. Riis. Mid-pleistocene ice drainage pattern in the Norwegian Channel imaged by 3D seismic. *Quaternary Science Reviews*, 23:2323 – 2335, 2004.
- H.T. Ryen. Georadar-undersøkelser og identifisering av radar-facies i strandsedimenter og kystdyner på Lista, farsund kommune, vest agder. Masteroppgave, Universitetet for miljø og biovitenskap, 2007.
- A. Schomacker, J. Küger, and K.H. Kjær. Ice-cored drumlins at the surge-type glacier Bruarjökull, Iceland: a transitional-state landform. *Journal of Quaternary Science*, 21:85 – 93, 2006.
- H.P. Sejrup, L. Arseth, H. Hafliðason, R. Løvlie, Å. Bratten, G. Tjøstheim, C.F. Forsberg, and K.L. Ellingsen. Quaternary of the Norwegian Channel: glaciation history and palaeoceanography. *Norsk geologisk tidsskrift*, 75:65 – 87, 1995.

- H.P. Sejrup, J.Y. Landvik, E. Larsen, J. Janocko, J. Eiriksson, and E. King. The Jæren area, a border zone of the Norwegian Channel Ice Stream. *Quaternary Science Reviews*, 17:801 – 812, 1998.
- H.P. Sejrup, E. Larsen, E.L. King, H. Hafliðason, and A. Nesje. Quaternary glaciations in southern fennoscandia: evidence from southwestern norway and the northern north sea region. *Quaternary Science Reviews*, 19:667 – 685, 2000.
- H.P. Sejrup, E. Larsen, H. Hafliðason, I.M. Berstad, B.O. Hjelstuen, H. Jónsdóttir, E.L. King, J. Landvik, O. Longva, A. Nygård, D. Ottesen, S. Raunholm, L. Rise, and K. Stalsberg. Configuration, history and impact of the Norwegian Channel Ice Stream. *Boreas*, 32:18 – 36, 2003.
- J. Shaw. The meltwater hypothesis for subglacial bedforms. *Quaternary International*, 2002.
- I. Smalley and J. Warburton. The shape of drumlins, their distribution in drumlin fields, and the nature of the sub-ice shaping forces. *Sedimentary Geology*, 91:241 – 252, 1994.
- A.M. Smith and T. Murray. Bedform topography and basal conditions beneath a fast-flowing West Antarctic ice stream. *Quaternary Science Reviews*, 28:584 – 596, 2009.
- M.J. Smith and C.D. Clark. Methods for the visualization of digital elevation models for landform mapping. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30:885 – 900, 2005.
- M.J. Smith and S.M. Wise. Problems of bias in mapping linear landforms from satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9:65 – 78, 2007.
- M.J. Smith, J. Rose, and M.B. Gousie. The Cookie Cutter: A method for obtaining a quantitative 3D description of glacial bedforms. *Geomorphology*, 108:209 – 218, 2009.
- M. Spagnolo, C.D. Clark, A.L.C. Hughes, P. Dunlop, and C.R. Stokes. The planar shape of drumlins. *Sedimentary Geology*, 232:119 – 129, 2010.
- M. Spagnolo, C.D. Clark, A.L.C. Hughes, and P. Dunlop. The topography of drumlins; assessing their long profile shape. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36:790 – 804, 2011.
- K. Stalsberg, J.Y. Landvik, E. Larsen, and H.P. Sejrup. Saalian to Weichselian stratigraphy and sedimentation along the Lågjæren - Høggjæren escarpment, southwest Norway. *Journal of Quaternary Science*, 14, 1999.
- K. Stalsberg, H.E. Jónsdóttir, E. Larsen, J. Janocko, and H.P. Sejrup. *Signatures and Distinguishing characteristics of paleo ice streams: Landforms sediments and sediment deformation*. University of Bergen, Norway, 2000. An interaction zone between a marine-based ice stream and

- terrestrial-based ice in southwestern Norway; Sedimentological, stratigraphical and morphological characteristics. PhD-thesis, paper 5, Knut Stalsberg.
- K. Stalsberg, E. Larsen, D. Ottesen, and H.P. Sejrup. Middle to Late Weichselian Norwegian Channel Ice Stream deposits and morphology on Jæren, southwestern Norway and the eastern North Sea area. *Boreas*, 32:149 – 166, 2003.
- C.R. Stokes and C.D. Clark. Geomorphological criteria for identifying Pleistocene ice stream. *Annals of Glaciology*, 28:67 – 73, 1999.
- C.R. Stokes and C.D. Clark. Palaeo-ice streams. *Quaternary Science Reviews*, 20:1437 – 1457, 2001.
- C.R. Stokes and C.D. Clark. Are long subglacial bedforms indicative of fast ice flow? *Boreas*, 31: 239 – 249, 2002a.
- C.R. Stokes and C.D. Clark. Ice stream shear margin moraines. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27:547 – 558, 2002b.
- C.R. Stokes, M. Spagnolo, and C.D. Clark. The composition and internal structure of drumlins: Complexity, commonality, and implications for a unifying theory of their formation. *Earth-Science Reviews*, 107:398 – 422, 2011.
- Terra Tec Norge AS. Om punkttetthet i laserskanning, april 2012. URL <http://www.terratec.no/doc/laser%20info.pdf>.
- O.P. Wangen and R. Lien. Nærbø, Kvartærgeologisk kart 1212 III - M 1:50 000, med beskrivelse. NGU, 1990.
- O.P. Wangen, S.R. Østmo, and B.G. Andersen. THE JÅREN MAP AREA, Quaternary deposits - scale 1:100 000. NGU, 1987.
- J.S. Wellner, D.C Heroy, and J.B. Anderson. The death mask of the antarctic ice sheet: Comparison of glacial geomorphologic features across the continental shelf. *Geomorphology*, 75:157 – 171, 2006.
- C.K. Wentworth. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30:377 – 392, 1922.
- J.P. Winberry, S. Anandakrishnan, A.W. Douglas, R.B. Alley, and K. Christianson. Dynamics of stick-slip motion, Whillans Ice Stream, antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, 305: 283 – 289, 2011.