NGU
Norges geologiske undersøkelse
Geological Survey of Norway

Norges geologiske undersøkelse
7491 TRONDHEIM
Tlf. 73 90 40 00
Telefaks 73 92 16 20

RAPPORT

Rapport nr.: 2000.132 | ISSN 0800-3416 | Gradering: Åpen

Tittel:
Kvartærgeologiske kart Arendal og Tromøy M 1:50 000, med beskrivelse.

Forfatter: Bjørn Bergstrøm og Ivar J. Jansen	Oppdragsgiver: NGU
Fylke: Aust-Agder	Kommune: Arendal, Grimstad, Froland
Kartblad (M=1:250.000) Arendal	Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Arendal 1611 IV, Tromøy 1611 I
Forekomstens navn og koordinater:	Sidetall: Pris: Kartbilag:

Feltarbeid utført:	Rapportdato:	Prosjektnr.:	Ansvarlig:
1994, 1996	5. juli 2001	2627.00	

Sammendrag:

Den kvartærgeologiske kartleggingen av kartbladene Arendal 1611 IV og Tromøy 1611 I ble foretatt i 1994 og 1996 som en del av den systematiske kartleggingen i M 1:50.000 som ble gjort i NGUs regi i Vestfold og nedre Telemark.

Beskrivelsen gir en kort oversikt over berggrunn, landformer, isbevegelser og landhevning/strandforskyvning før de enkelte løsmassetyper blir klassifisert og beskrevet. Mye av det småkuperte landskapet er dominert av bart fjell eller tynt, usammenhengende dekke av morenemateriale. De største og mest markerte løsavsetningene fins i forbindelse med Raet i form av randmorener og breranddeltaer. Under marin grense er det stedvis avsatt mektige finkornige hav- og fjordavsetninger, særlig i forsenkninger og tidligere fjordbassenger langs Ramorenen og i de store dalsenkningene som for eksempel Nidelvas dal. Under landhevningen ble det dannet strandavsetninger ved utvasking av bølger og strømmer i strandsonen. I mange forsenkninger ligger strandmateriale som et mer eller mindre tykt dekke over hav- og fjordavsetningene. De største og mest markerte strandavsetningene fins på yttersiden av Raet slik som på Tromlingene, Tromøya og Jerkholmen.

Isavsmeltningen av kystområdet beskrives. Radiokarbondateringer av skjell tyder på at den ytterste kystsonen med Hasseltangen var isfri før 12.000 ^{14}C-år siden. Et mulig fremstøt for 12.100-12.000 år siden kan korreleres til Tjøme-Hvalertrinnet i ytre Oslofjord. Etter 12.000 år før nåtid trakk isfronten seg videre innover land og minst 7 km fra Hasseltangen og den ytre kyststripen, før den rykket frem igjen og dannet Ramorenen 10.800-10.600 år før nåtid.

Til slutt i beskrivelsen gis det en kort vurdering av løsmassenes egnethet til forskjellige formål.

De kvartærgeologiske kartene er digitaliserte og plottekart følger vedlagt.

Emneord: Kvartærgeologi	Kartlegging	Løsmasse
Isavsmeltning	Landhevning	Isbevegelse
Fagrapport	Strandforskyvning	

INNHOLD

1 INNLEDNING 3
1.1 Kvartærgeologiske kart 3
1.2 Kvartærgeologi - kvartærtiden 3
2 GEOLOGIEN INNEN KARTBLADENE ARENDAL OG TROMØY 4
2.1 Berggrunnen 4
2.2 Landformer 4
2.3 Kvartærgeologisk utvikling 5
2.3.1 Isbevegelser 5
2.3.2 Isavsmeltning 6
2.3.3 Landhevning og strandforskyvning 7
2.4 Løsavsetningene 8
2.4.1 Morenemateriale 8
2.4.2 Breelvavsetning 9
2.4.3 Hav- og fjordavsetning 10
2.4.4 Strandavsetning 11
2.4.5 Hav- og fjordavsetning og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen. 12
2.4.6 Elve- og bekkeavsetning 12
2.4.7 Forvitringsmateriale 12
2.4.8 Skredmateriale 12
2.4.9 Torv og myr 12
2.4.10 Fyllmasse 12
2.4.11 Bart fjell 13
3 LØSMASSENES EGNETHET TIL ULIK BRUK 13
3.1 Landbruk 13
3.2 Byggegrunn 14
3.3 Byggeråstoff 14
3.4 Grunnvann i løsmasser 15
3.5 Infiltrasjon av avløpsvann - avfallsdeponering 15
3.6 Naturvern 15
4 REFERANSER 17

VEDLEGG

Vedlegg 1. Kvartærgeologisk kart Arendal og Tromøy 1:50.000 - plottekart

1 INNLEDNING

1.1 Kvartærgeologiske kart

Kvartærgeologiske kart viser **løsmassenes** *utbredelse og dannelsesmåte, og gir opplysninger om deres sammensetning og overflateformer, tykkelser og generelle egenskaper.* Løsmassene er inndelt etter dannelsesmåte og -miljø. Det er derfor de ulike geologiske prosessene som avspeiles gjennom fargebruken på kartet. Kartene fremstiller forholdene nær markoverflaten. Tykkelse og lagfølge mot dypet er angitt der hvor data foreligger. For mange avsetningstyper er dominerende kornstørrelser angitt. Kartene gir også opplysninger om isens bevegelsesretninger og avsetningsforhold.

Kvartærgeologiske kart gir viktige opplysninger om grunnforhold og om tilgangen på spesielle ressurser som sand og grus, grunnvann i løsmasser, dyrkingsjord m.m. På et tidlig stadium i arealplanleggingen kan kartene være til stor hjelp i vurderingen av alternative bruksformer for ulike avsetningstyper. Dette kan bl.a. hindre nedbygging av viktige løsmasseforekomster. Videre er kartene et velegnet utgangspunkt for spesialundersøkelser, f. eks. i ingeniørgeologi, og de utgjør et viktig grunnlagsmateriale ved oppbyggingen av ressursoversikter og ressursregnskap. Kvartærgeologiske kart anvendes også i forskning, undervisning og i ulike naturvernspørsmål.

1.2 Kvartærgeologi - kvartærtiden

Kvartærgeologi er læren om den yngste geologiske perioden i jordens utviklingshistorie - **kvartærtiden**. Denne perioden omfatter de siste 2-3 millioner år og er preget av store klimasvingninger med istider og varmere mellomistider. Under istidene var landet mer eller mindre dekket av innlandsis, slik Antarktis og Grønland er i våre dager. Breene fjernet eldre løsmasser, gravde seg ned i berggrunnen og dannet nytt løsmateriale. Mye av dette materiale ble fraktet ut i havet og avsatt der. Utformingen av karakteristiske landskapstrekk som f.eks. dype fjorder og U-formete daler, har i stor grad skjedd i kvartærtiden.

Siste istid (Weichsel) begynte for vel 115.000 år siden. Svingninger i klimaet under denne istiden førte til at isens utbredelse og tykkelse varierte ganske meget, og det har vært perioder da innlandsisen var delvis borte. Den største utbredelse i Weichsel nådde isen for ca. 23.000 år siden da den dekket hele Skandinavia (Fig. 1). Under avsmeltningen trakk iskanten seg tilbake slik at kyststrøkene ble isfrie først. Samtidig ble isdekket gradvis tynnere, slik at det delte seg opp i fjord- og dalbreer som smeltet hurtig tilbake på grunn av det mildere klimaet og den store kalvingen i de dype fjordene. Kortvarige klimaforverringer førte til at iskanten stoppet opp eller rykket litt frem igjen. Løsmateriale som isen fraktet med seg ble da mange steder avsatt foran iskanten og dannet karakteristiske brerandavsetninger (brerandtrinn). Det mest markerte brerandtrinnet ble dannet i Yngre Dryas tid (11.000-10.000 år siden). I Norge kan denne israndlinjen følges mer eller mindre sammenhengende fra svenskegrensen i Østfold (Raet) og rundt hele kysten til den russiske grensen i Øst-Finnmark (Fig. 1). I Aust-Agder

hever Raet seg på opp land ved Tromlingene og Tromøya (Fig. 2 og 3), øst for Arendal, og kan følges mer eller mindre sammenhengende videre sørvestover (Fig. 3) til Tovdalen, sør for Birkeland (Riiber og Bergstrøm 1990).
Det fins også yngre markerte brerandtrinn dannet i Preboreal tid (10.000-9000 år før nåtid). Den endelige avsmeltningen av de sentrale deler av isdekket skjedde hurtig, og for ca. 9000 år siden var størstedelen av innlandsisen forsvunnet i Sør-Norge. Etter siste istid har klimaet vært mildt og de norske høyfjellene var trolig isfrie i en lengre periode før dagens breer ble dannet.

Jordskorpen var under istiden blitt presset ned av de tunge ismassene. Da isen smeltet vekk, hevet landet seg igjen i forhold til havnivået, mest i indre strøk, noe mindre ute ved kysten. På grunn av treghet i jordskorpa har det tatt lang tid å gjenopprette likevekten. Selv i dag skjer det en langsom stigning av landmassen. Dette har ført til at mange områder, som under og etter isavsmeltningen var hav- og fjordbunn, nå er blitt tørt land. Det øverste nivå hvor havet har stått etter at isen smeltet vekk, kalles *den marine grense* (MG).

Løsmassene som dekker berggrunnen i Norge er hovedsakelig dannet i siste del av kvartærtiden, spesielt på slutten av og like etter siste istid. De er derfor meget unge i forhold til løsmassene i de land hvor nedisning ikke fant sted.

2. GEOLOGIEN INNEN KARTBLADENE ARENDAL OG TROMØY

2.1 Berggrunnen

Bergartene på kartbladene Arendal og Tromøy tilhører *grunnfjellet* og er meget gamle (1600-1000 millioner år). Grunnfjellet består hovedsakelig av gneiser, amfibolitter og kvartsitter som har oppstått ved omdannelse av sedimentære bergarter og vulkanske dag- og dypbergarter (Padget og Brekke 1996). Omdannelsen skjedde da bergartene lå flere kilometer nede i jordskorpa. På grunn av bevegelser og trykkforskjeller under omdannelsen har mineralene blitt orienterte i plan. Dette gir bergartene et "stripete" utseende eller et skifrig preg. Yngre granitter (1000-900 millioner år) som Herefossgranitten og Grimstadgranitten har trengt opp i de eldre grunnfjellsbergartene og danner markante trekk i landskapet med skarpe grenser mot de omkringliggende bergartene. En 40 km lang gang av rombeporfyr (ca. 300 millioner år) skjærer seg gjennom de eldre gneisene og Grimstadgranitten. På Arendalbladet kan den følges fra Homborsund i sør og nordnordøstover til nedre Blakstad (787837) på østbredden av Nidelva. Mange knusningssoner er dannet i berggrunnen under forskjellige perioder med bevegelser i jordskorpa.

2.2 Landformer

Bergartene og deres strukturer har i stor grad satt sitt preg på landskapet. Forvitring og erosjon følger svakhetssonene i landskapet og har spilt en viktig rolle i utformingen av det oppskårete og småkuperte landskapet. En mengde sprekker og knusningssoner danner derfor i

dag mange dype kløfter og trange dalfører. I kystområdene går de mest markerte planstrukturene (strøkretningen) parallelt med kystlinjen, og flere holmer og øyer er langstrakte i denne retningen. Også noen av de største forkastningssonene går parallelt med kysten. En av disse går gjennom Tromøysundet og Nidelvas dal over til Temse og videre ut Vikkilen. Andre sprekker og forkastninger skjærer mer eller mindre på tvers over strøkretningen og gir et småkupert og oppstykket landskap med koller og dype kløfter. I kystsonen har dette resultert i en skjærgård med tallrike øyer, holmer og skjær. De massive granittene i Grimstad- og Herefossområdet står opp i landskapet som runde, markerte høyområder og koller. Området innenfor skjærgårdssonen er karakterisert av lave, småkuperte heier med en overflate som stiger innover fra kysten.

Isbreene har i stor grad vært med å utforme og modellere landskapet. Fjelloverflaten er slipt, avrundet og polert av isen, og særlig langs kysten kommer de tallrike skuringsstripene tydelig frem. På en rekke lokaliteter er plastiske former, furer og renner gravet ut i fjelloverflaten. Jettegryter er vanlige å finne langs kysten. Isens modellering av fjelloverflaten har gitt mange av kollene, holmene og skjærene en karakteristisk hvalskrottlignende form (rundsva) med en jevn, slak støtside og bratt leside i forhold til isbevegelsesretningen, vesentlig fra nordvest (Fig. 4).

Bølgeerosjon har også satt sitt preg på kystlandskapet, spesielt i de mest værharde og eksponerte områdene mot storhavet. Særlig er dette iøynefallende på Ramorenen hvor det opprinnelige morenematerialet på de mest utsatte stedene er så kraftig vasket og omlagret at overflaten er dekket av store rullestein. En serie av strandvoller er bygget opp i flere nivåer ned mot dagens stormvoller. Tromlingene, Merdøy og Jerkholmen (Fig. 2 og 3) er gode eksempler på slike områder.

2.3 Kvartærgeologisk utvikling

2.3.1 Isbevegelser

Isbevegelsesretningene i det kartlagte området er hovedsakelig bestemt ved hjelp av skuringsstriper og i mindre grad av overflateformer i fast fjell. De eldste isskuringsstripene fra oppbyggingen av det siste innlandsisdekket er vanskelig å observere eller skille fra yngre striper.

De eldste isbevegelsesretningene fra begynnelsen av siste nedisning har trolig vært mot sørøst med gradvis dreining mot sørsørøst og sør etter hvert som innlandsisen vokste og breranden rykket frem til Danmark under siste istids maksimum (Fig. 1). Under den maksimale nedisningen lå isskillet i det sørlige Norge over Hardangervidda øst for dagens vannskille (Vorren 1977). I Skagerrak utviklet det seg en kraftig sørvestlig isstrøm (Skagerrakbreen) som fulgte den dype Norskerenna langs Sørlandskysten og videre nordvest- og nordover langs Vestlandskysten (Longva og Thorsnes 1997). Dette førte til at isstrømmene i den ytre

skjærgården i Arendalsområdet gradvis dreide fra land mot SSV og etter hvert fløt sammen med Skagerrakbreen utenfor kysten. Det er observert enkelte få skuringsstriper ytterst på kysten som har retning mot SV. Stripenes opprinnelse og aldersforhold er imidlertid usikker på grunn av vanskelige observasjonsforhold. Jansen (1987) har imidlertid en skuringslokalitet på ytre Torungen (878731) hvor han mener å ha påvist at denne sørvestlige isretningen er eldst.
Andre indikasjoner på at det har vært isbevegelser i sørvestlig retning er at det i løsmassene i området, som f. eks. i rullesteinsområdene på Tromøya (Fig. 5), fins et relativt høyt antall stein av bergarter fra Oslofeltet som rombeporfyr, rombeporfyrkonglomerat, larvikitt og kambrosiluriske bergarter (bl. a. kalkstein med fossiler).

Under isavsmeltningen av Arendalsområdet dreide brestrømmene gradvis mot sørøst. Under brefremstøtet i Yngre Dryas (Ratid) var den sørøstlige isbevegelsesretningen dominerende. De fleste isskuringsstripene som kan observeres i dag har denne retningen (Fig.4). Isskillet over Hardangervidda og Setesdalsheiene flyttet seg vestover, med en brekul over de sørlige deler av vidda som var hovedtilførselsområdet for is under avsmeltningstiden.

2.3.2 Isavsmeltning

De eldste spor etter israndavsetninger vest for Oslofjorden fins ved Tjøme, helt ytterst i fjorden. Dette randtrinnet, Tjøme-Hvalertrinnet, er datert til 12.300-12.000 år før nåtid (Bergstrøm m.fl. 1992). I Arendalsområdet hadde brefronten på den tiden trukket seg inn til kysten hvor kalvingen avtok raskt og brekanten ble liggende en stund i ro ute på kanten mot den dype Norskerenna. På flere av de ytterste holmene utenfor kysten av Arendal og Grimstad, fra ytre Torungen i NØ til Homborøya i SV, ligger det mengder av rullestein og flyttblokker som vitner om at det her har vært avsatt relativt mye morenemateriale (Fig. 6). Dette er trolig rester etter randmorener som under landhevningen ble kraftig erodert og utvasket og tyder på en ytre israndsone som går parallelt med kysten. På Hasseltangen (835722) (Fig. 2) tyder radiokarbondateringer (^{14}C-dateringer) av skjell i moreneleire (Fig. 10) (Tua-1314: 12.320 ± 90 og Tua-1314: 12.100 ± 80 ^{14}C-år før nåtid) på at fastlandet minst 2,5 km innenfor denne ytre randsonen var isfri allerede før 12.000 ^{14}C-år siden. Trolig representerer det ytre randmorenetrinnet et fremstøt omkring 12.100-12.000 som kan korreleres med Tjøme-Hvalertrinnet i ytre Oslofjorden og Kristiansandtrinnet i området vest for Lillesand (Andersen 1960). En annen mulig tolkning er at de ytre randmorenene ble avsatt før området innenfor ved Hasseltangen ble isfritt, altså før 12.300 ^{14}C-år før nåtid.

Etter 12.000 år før nåtid trakk isfronten seg videre innover land. Ved Moen (813796) viser lagfølge og dateringer av skjell at brekanten i Allerødperioden (12.000-11.000 år før nåtid) må ha trukket seg mer enn 7 km innover land fra Hasseltangen og den ytre kyststripen av fastlandet.

I begynnelsen av Yngre Dryas perioden (11.000-10.000 år før nåtid) inntraff en klimaforverring som førte til at brekanten rykket frem igjen og dannet Ramorenen. Raet er

den mest markerte og ruvende randavsetningen og morenerygger kan følges nesten kontinuerlig langs kysten fra Vestfold og forbi Arendalsområdet. Dateringer av skjell i morenemateriale (891806) ved Arendal som ble avsatt av breen under Ra-fremstøtet tyder på at den siste fase av fremrykkingen her må ha skjedd etter 10.800 ^{14}C-år før nåtid.

Etter Ratrinnet, for ca. 10.600 år siden, trakk brefronten seg relativt raskt tilbake. Men omlag 5 km innenfor Ramorenen ligger det enkelte yngre brerandavsetninger, f.eks. ved Skiftenes (715733), Ulvsmoen (756765) og Lindtveit (777757), hvor brefronten gjorde et kort opphold. En viktig årsak til dette var at kalvingen avtok brått fordi terrenget nådde høyder over den marine grense.
Den videre avsmeltningen fortsatte og breen trakk seg nordvestover og ut av kartbladområdet for vel 10.000 år siden.

2.3.3 Landhevning og strandforskyvning

Under isavsmeltningen fulgte havet etter iskanten da den trakk seg tilbake innover i landet og oversvømte områder under den marine grense (Fig. 13a og 16). Innenfor det kartlagte området nådde havet 50-70 m høyere enn i dag, lavest i sørvest og høyest i nordøst. De ytre deler av kystområdene ble oversvømmet og de høyeste knausene og kollene stakk opp av havet og dannet en skjærgård lik den vi har i dag, men noe forskjøvet innover i landet. I Arendal by stakk toppen av Fløyheia (864804) opp som en liten holme, mens det i sentrum av Grimstad bare var de høyeste partiene av Vardåsen (757673) og Binabben som så vidt var synlig over havflaten.
Landet hevet seg relativt raskt da istyngden forsvant, og de høyeste av de oversvømte knausene langs kysten steg opp av havet. Tidligere holmer og skjær vokste og ble til øyer. Strandforskyvningen er ikke detaljundersøkt, men den er forsøkt konstruert (Andersen 1976) på grunnlag av data fra det nærliggende Kragerøområdet (Stabell 1980). Fig. 7 viser strandforskyvningen fra isavsmeltningen og frem til i dag. I løpet av de første 2000 årene steg landet jevnt og hurtig og havnivået sank fra ca. 65 til ca. 30 m over dagens havnivå, dvs. gjennomsnittlig 1,75 m pr. 100 år. I Arendal og Grimstad lå bysentrene fremdeles under havet, men knausene omkring stakk opp som holmer og skjær.
Etter år 8000 før nåtid var det var liten forandring i havnivået frem til for ca. 6000 år siden. Det er mulig at det i denne tiden kan ha skjedd en liten stigning av havnivået og at tidligere tørrlagte områder igjen ble oversvømt (transgresjon). Sikre spor etter transgresjon (Tapestransgresjon) er ikke funnet i det kartlagte området, men mange terrasser lokalisert i et nivå omkring 25 m o.h. tyder på at det i alle fall må ha vært en forholdsvis lang periode med noenlunde konstant havnivå for omlag 7000 år siden. Etter denne stillstandsperioden, fra ca. 6000 år før nåtid og frem til i dag, har den gjennomsnittlige havnivåsenkningen vært 0,4-0,5 m pr. 100 år. Ennå i dag hever landet seg, 1,5-2 mm pr. år (15-20 cm pr. 100 år).

2.4 Løsavsetningene

2.4.1 Morenemateriale

Morenemateriale er avsatt direkte av isbreer og er på kartet inndelt etter tykkelse og mengden av fjellblotninger. Kornfordelingen er preget av at en usortert blanding av alle fraksjoner fra blokk til leir er tilstede, men mengden av ulike fraksjoner varierer.

Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet har liten utbredelse og fins hovedsakelig i forsenkninger og i støtsider for de sørsørøstlige isbevegelsene. På grunn av det småkuperte landskapet forekommer morenematerialet spredt i relativt små felter. De tykkeste og mest markerte moreneavsetningene fins i forbindelse med Raet. De dominerende grovkrystallinske bergartene i området gir normalt et sandig-grusig morenemateriale. Finstoffholdig morene materiale fins i store deler av Ramorenen og skyldes at breen under fremrykket har skjøvet opp og blandet inn silt og leir fra tidligere avsatte hav- og fjordavsetninger. Under MG er morenematerialet vanligvis omvasket i overflaten og ofte dekket av strandavsetninger og/eller hav- og fjordavsetninger.

Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen fins vesentlig i dalsider og forsenkninger.

Randmorene er en ryggformet avsetning som vesentlig består av morenemateriale, dannet ved fremstøt eller stillstand av brefronten.
Raet er meget markert og kan følges nesten sammenhengende fra Tromlingene i NØ til Syndle i SV, og utgjør et iøynefallende trekk i det ellers løsmassefattige og nakne kystlandskapet. Øst for Fevik (806711) er Ramorenen avsatt under havet (submarint) og er derfor i overflaten preget av strandvasking og omlagring under landhevningen (Fig. 16). Den består hovedsakelig av leirholdig, dels skjellførende morenemateriale (moreneleire) som ble skjøvet sammen av brefronten under fremrykkingen. Lokalt kan innholdet av leir og silt være mer enn 50 %, noe som skyldes at tidligere avsatte finkornige havavsetninger ble blandet inn i morenemateriale. Ved Tromlingene (Fig. 2) hever Raet seg opp av havet etter å ha fulgt kysten sørvestover fra Jomfruland som undersjøiske morenerygger. Overflaten av øya er sterkt preget av bølgevasking og store deler er dekket med rullestein og mange velutviklete strandvoller (Sævre 1987). Raet fortsetter mot sørvest over den ytre del av Tromøya (Fig. 5) og krysser over til Gjesøy-Merdøy (885760) og videre til Jerkholmen (845732). Ved Hasseltangen (Haslaodden) går Raet på land igjen (Fig. 3) etter å ha hatt en tilværelse ute i sjøen som øyer eller i undersjøiske rygger helt fra Mølen i Vestfold. Skjæring (835722) i den markerte moreneryggen på Hasselodden viser 1 m strandgrus over 2 m med sandig morene over mer enn 1,5 m med blågrå siltig morene. Begge morenene er skjellførende og radiokarbondateringer gir aldre på 12.320 ± 90 og 12.100 ± 80 år før nåtid. Dette tyder på at Hasseltangen (Fig. 9 og 10) var tidlig isfri. På yttersiden av moreneryggen ligger 1-2 m med glasimarine sedimenter (silt og leir med enkelte stein) over morenematerialet. Datering av skjell herfra ga en alder på 10.165 ± 90 år før nåtid.

Vest for Fevik er Ramorenen stort sett avsatt over det tidligere havnivå (MG) (Fig. 3) og har derfor bevart det meste av sin opprinnelige avsetningsform, ofte som markerte rygger. Et godt eksempel på dette fins på Lauvåsen (806708) hvor det ligger en 10-20 m høy, bueformet rygg over toppen av åsen (Jansen 1981a). Andre slike markerte morenerygger fins ved Brøstad (757688), Dømmesmoen (746683), St. Imås (721683) og Bakken (720678) (Fig. 8). Morenematerialet i den delen av Raet som ligger over det tidligere havnivå er blokkrikt i overflaten og består vesentlig av usortert sand og grus med en god del stein. Finstoffinnholdet varierer, men er normalt forholdsvis lite. Enkelte steder forsvinner de klare ryggformene, men fortsetter som mer eller mindre tydelige blokkbelter. Deler av Ra-avsetningen består av sand og grus avsatt i breranddeltaer. Oppe på flere av terrasseflatene ligger det blokkrike morenerygger som er dannet ved at brefronten rykket frem over deltaet og plukket opp tidligere avsatt breelvmateriale og blandet det inn i randmorenen (Fig. 11, 12 og 13). Det høye innslaget av runde, vannpolerte stein røper en slik opprinnelse. Eksempler på slike delta fins ved Moy (790696), Fjære (764696), Naudenes (745682) og Roresanden (728682).

Rester av eldre randmorener fins på de ytterste øyene i skjærgården på kartblad Arendal slik som på ytre Torungen, Ryvingen, Valøyene (Fig. 6), Hesnesøya, Håøya og Homborøya. Det opprinnelige morenematerialet er blitt kraftig erodert og vasket av bølgene og opptrer i dag som belter av stor stein og blokk som er skylt ned i forsenkningene.

2.4.2 Breelvavsetning

Breelvavsetninger er løsmasser avsatt av strømmende smeltevann fra isbreer. Materialet er lagdelt og sortert etter kornstørrelse. De største sand- og grusavsetningene ble dannet der breelvene munnet ut i havet og store delta fikk tid til å bygge seg opp til datidens havnivå (MG). Under dannelsen av Ra-avsetningen ble mange slike isranddeltaer avsatt, særlig i de store dalførene og forsenkninger hvor mye av smeltevannet samlet seg og drenerte frem til iskanten. Innenfor det kartlagte området ligger de største deltaavsetningene i dalforsenkningene sør for Temse, Roresanden og Syndle.
Roreavsetningen (Roresanden) (730677) er bygget opp som et stort isranddelta til 54-55 m o.h. og demmer opp Rorevatnet ved å sperre av for det naturlige utløpet mot sør (Fig. 13 og 14). Et massetak viser karakteristiske deltastrukturer med et horisontalt topplag over skrålag av sand og grus som heller 20-30° mot sør. Øst for Rore ligger Dømmesmoen (753683) som også er et typisk isranddelta avsatt utenfor de meget markerte moreneryggene som krysser området. Innenfor ryggene ved Nautenes (745682) ligger det mer komplekse breelvavsetninger med en ujevn overflate som tyder på dødislandskap. Skjæringer viser klare forstyrrelser i massene som skyldes bevegelser og mindre fremstøt av breen under og like etter avsetningen (Fig. 12). Også sør for Syndle er det avsatt store mengder breelvmateriale utenfor Ramorenen der den krysser på tvers over dalsenkningen. Flere smådaler med retning mot sør er blitt fylt av smeltevannsavsetninger og danner i dag store terrasser som Havstadmoen (708663) (Fig. 13) og Møretrømoen (690670) med toppflater på 51-54 m o.h.

(Jansen 1981b). Massetak viser deltastrukturer med skrålag av sand og grus som har en hovedretning mot sør. Nærmest Ramorenen er det mye rundet stein og blokk i overflaten.

Det fins en rekke mindre breelvavsetninger som er yngre enn Ra-avsetningen. Flere av disse ligger i området ved Nidelva. Ved Spikkelia (792757) og Lindtveit (777757) ligger to breelvdeltaer i hvert sitt trange N-S-gående dalføre. Avsetningene er bygget opp av sand og grus til en høyde av 62-63 m o.h. Krokmoen (776739) er en ryggformet breelvavsetning med en liten horisontal toppflate på ca. 62 m o.h. Ulvsmoen (756764) er et isranddelta (61 m o.h.) avsatt fra nord foran en bretunge i Nevertjernbassenget. Foran den samme bretungen ble også Jamsmoen (761773) dannet. Deltaet består hovedsakelig av godt sortert sand og grus og er bygget opp til 61-62 m o.h.
En liten bueformet rygg av sand og grus med en toppflate på 61,5 m o.h. ligger ved Nævesdal (758781) (Thorsen 1965). Andre breelvavsetninger i området fins som små vifter ved Nedre Benken (751777), toppflate 61-62 m o.h. og ved nordenden av Breidvatn (753793).
Nordover langs Nidelva fins det flere små breelvavsetninger, bl.a. ved Reiersel (774814) hvor det ligger en sand-grusterrasse inne ved dalsiden som når opp i 62-63 m o.h. I de to korte dalførene fra Trevann og Åvelandstjerna til Nidelva er det avsatt breelvvifter fra NV med toppflater på 64-65 m o.h. En smal terrasserest langs dalsiden ligger igjen og antyder et havnivå på ca. 64 m o.h.
Nord for Skiftenes (715733) ligger det et isranddelta som i de ytre deler har en relativ jevn overflate på ca. 57 m o.h. som markerer havnivået under avsetningen. Under et tynt topplag ligger det skrålag av sortert sand og grus som heller mot sør. Nordover på randterrassen er overflaten mer ujevn og materialet i overflaten mer stein- og blokkrikt.

2.4.3 Hav- og fjordavsetning

Under isavsmeltningen fulgte havet etter iskanten. Havet nådde da 50-65 m over dagens nivå og store deler av kystområdene ble oversvømmet bortsett fra de høyeste knausene og kollene som stakk opp som holmer og skjær. Finkornige løsmasser (silt og leir) ble bunnfelt i havet. Størst var sedimentasjonen der det strømmet ut store mengder slamholdig smeltevann foran brefronten (Fig. 13a). I havet utenfor ble det, særlig i forsenkninger og fjordbassenger, avsatt mektige hav- og fjordavsetninger (ishavsleire), slik som langs Ramorenen, i dalsenkningene ved Temse, Rore, Syndle og langs Nidelvas dal. Etter isavsmeltningen gikk sedimentasjonen saktere, og tynnere lag av yngre leirer ble avsatt over ishavsleira.
Den opprinnelige havbunnsoverflaten er i liten grad bevart. Under landhevningen ble disse finkornige avsetningene kraftig påvirket av bølgevasking. Mest utsatt var de oppstikkende kollene og høydepartiene hvor det meste av hav- og fjordavsetningene ble vasket ned i forsenkningene og avsatt over tidligere bunnfelte leir- og siltsedimenter. Det er bare i enkelte beskyttede forsenkninger og bassenger at hav- og fjordavsetningene ikke er fullstendig dekket av yngre sedimenter, utvaskede sedimenter eller strandavsetninger (Fig. 13b og 15). Også graving av elver og bekker, skred og andre utglidninger har vært med å forandre den gamle havbunnsoverflaten. Raviner og små bekkedaler danner stedvis et forgreinet mønster i leiroverflaten slik som i området nord for Rykene (790746).

Kornstørrelse og sortering varierer en del. Vekslende lag av leirig silt, silt og siltig sand med enkelte isdroppete steiner og blokker er vanlig i ishavsleirene. De yngre leirene er preget av landhevningen og har en lagfølge som blir grovere oppover etter hvert som havet ble grunnere og sedimentasjonsforholdene på bunnen mindre rolige.
Tykkelsen av leiravsetningene kan være mer enn 20 m i de større bassengene. Ved Nedenes (823752) er det boret ned til over 30 m dyp i bløt leire.

2.4.4 Strandavsetning

Strandavsetninger er dannet ved utvasking av bølger og strømmer i strandsonen under landhevningen. De er vanlige i kystområder med utsatt beliggenhet og sterk eksponering ut mot havet. Bølgeaktiviteten var spesielt stor i brenningssonen. Kollene og høydedragene under MG var mest utsatt for bølgevasking og ble stort sett renvasket for løsmasser. Selv store steiner og blokker ble skylt vekk og ned i forsenkningene. Det groveste materialet ble avsatt nærmest fjellryggene med gradvis finere materiale utover. Den kraftige utvaskingen i brenningssonen, spesielt under storstormer, førte mange steder til en rask sammenskylling og -blanding av både grovt og fint materiale. Is dannet i strandsonen i vinterhalvåret har vært en viktig medvirkende årsak til denne prosessen.
De mest iøynefallende strandavsetninger fins på yttersiden av Raet (Fig. 16) slik som på Tromlingene, Tromøya, Merdøy og Jerkholmen (Fig. 2, 3 og 5) hvor den kraftige bølgeaktiviteten har ført til at moreneryggene er dekket av en 1-3 m tykk kappe av rullestein, grus og grov sand som er vasket ut av det opprinnelige leirholdige morenematerialet (moreneleira). Særlig aktiv var bølgeprosessene på sørøstsiden som lå mest utsatt til mot storhavet. En serie med strandvoller, rygger bestående vesentlig av godt rundet stein og blokk (kuppelstein), er bygget opp og fins i flere nivåer ned mot dagens stormvoller. Ryggene ligger ofte parallelle og kan være opp til 5 m høye og mange hundre meter lange. På Tromlingene (Fig. 2) danner de et særegent og vakkert mønster som er utviklet og formet av de dominerende bølgebevegelsene (Sævre 1987). I godt beskyttede leposisjoner for bølgevaskingen fins det avsatt godt sortert strandsand (Fig. 16c, 17).
Også på yttersiden av Raet på fastlandet har det vært aktiv strandvasking under landhevningen, men i langt mindre grad da disse områdene ikke lå så eksponert for bølgene på grunn av skjærgården utenfor.
Utenom Raet ligger strandavsetningene som et mer eller mindre tykt dekke over det meste av hav- og fjordavsetningene (Fig. 13b og 15). Tykkest er lagene i forsenkningene nærmest fjellknausene hvor mektigheten kan nå opp i flere meter. Lag av skjellsand fins enkelte steder, særlig der det under landhevningen ble dannet trange sund med strømmer av friskt og næringsrikt havvann. På grunn av det småkuperte landskapet har strandavsetningene ofte en begrenset utbredelse, da de vanligvis ligger atskilt i utallige små forsenkninger eller som en brem langs sidene av de små dalene og sluktene.

2.4.5 Hav- og fjordavsetning og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen.

Slike avsetninger fins på steder hvor størstedelen av løsmassene er vasket vekk av bølgene, eller der det er avsatt lite strandmateriale. Den gjennomsnittlige tykkelsen er liten, men i enkelte forsenkninger kan dybden være flere meter.

2.4.6 Elve- og bekkeavsetning

Under landhevningen grov elvene og bekkene seg ned i tidligere avsatte løsmasser og transporterte materialet lenger nedover dalførene hvor det ble avsatt som elvesletter, vifter eller deltaer i fjordene. De største områdene med slike avsetninger ligger langs Nidelva. Materialet på elveslettene består mest av fin sand, men i overflaten er det innslag av flomsedimenter som er mer finkornig (silt). Under elveavsetningene ligger det mer finkornige hav- og fjordavsetninger. Under landhevningen har Nidelva hatt flere utløp til havet. Et utløp har vært ved Nedenes (823753) hvor det ligger en elveterrasse som består av 3-4 m med sand over leire med tykkelser på over 30 m. Også ved dagens utløp av Nidelva ved Tangen og Gjervoldsøya (840755) ligger det elvesedimenter som er avsatt under rolige forhold langs det brede elveløpet.

2.4.7 Forvitringsmateriale

Forvitringsmateriale er dannet ved mekanisk eller kjemisk nedbrytning av berggrunnen på stedet. I Arendalsområdet er det sparsomt med forvitringsmateriale som ikke utgjør noen større flatedekkende arealer. Materialet er stort sett stein- og grusrikt. I enkelte svakhetssoner er det observert forvitring som lokalt kan gå flere meter dypt. Dette er vanskelig å avgrense på kartet og er derfor bare antydet med bokstavsymbolet F.

2.4.8 Skredmateriale

Skredmateriale har liten utbredelse, men forekommer ved foten av enkelte steile skråninger.

2.4.9 Torv og myr

Torv og myr er brukt om torvjordarter med større tykkelse enn 0,3 m. Myrene ligger hovedsakelig i de mange forsenkninger og bassenger i området, og noen er i dag oppdyrket. Myrene under MG ligger vanligvis på et tynt lag av strandavsetninger (vesentlig sand), over finkornige hav- og fjordavsetninger. Dybden av myrene varierer vanligvis fra under en meter til over 10 m.

2.4.10 Fyllmasse

Fyllmasse er brukt om steintipper og andre fyllinger i forbindelse med bebyggelse og industri. De største områdene med fyllmasser ligger i tilknytning til byene Arendal og Grimstad.

2.4.11 Bart fjell

Utenom Ra-avsetningen er det store områder med bart fjell. De fleste kollene og fjellryggene er nakne eller har kun et tynt dekke av råhumus med vegetasjon av mose og lyng. Skjærgården med de mange holmer og små øyer er stort sett renvasket for løsmasser.

3. LØSMASSENES EGNETHET TIL ULIK BRUK

Løsmassene er en viktig del av vårt naturgrunnlag og utgjør selve grunnlaget for dyre- og planteliv, landbruk og bosetning. De er viktige råstoffkilder (sand og grus, leire, torv) og kan inneholde verdifulle grunnvannsforekomster. I tillegg er kunnskap om løsmassene av stor interesse for undervisning og forskning, naturvern og friluftsliv.

Bare en liten del av Norges landareal er dekket av tykke løsmasser og nydannelse skjer ikke i nevneverdig omfang. I vårt tidsperspektiv er løsmassene en ikke-fornybar ressurs, og vår bruk av dem må ta hensyn til dette. Data om løsmassene vil i mange sammenhenger være et nødvendig hjelpemiddel og grunnlag for å oppnå fornuftig arealdisponering og en best mulig forvaltning av løsmasseressursene.
Løsmassenes bruksegenskaper avhenger av flere faktorer. De enkelte partiklene kan bestå av bergartsstykker, mineraler eller organisk materiale. Partiklenes kornstørrelse, kornform og forvitringsgrad er av stor betydning for bruksegenskapene. I tillegg virker løsmassenes mektighet, pakningsgrad, bæreevne, hydrologiske forhold og beliggenhet inn på anvendelsesmulighetene.

3.1 Landbruk

Bare 3% av Norges landareal er dyrket, og beregninger går ut på at vi har omtrent like lite dyrkingsreserver. Størsteparten av de dyrkbare områdene er i dag høyproduktive skogsarealer. De rikeste jordbruksdistriktene ligger i områder med sammenhengende eller tykt løsmassedekke. Finstoffrike løsmasser har best evne til å holde på fuktighet og plantenæringsstoffer. Under marin grense er finkornige hav- og fjordavsetninger de viktigste jordbruksarealene.
Det generelt småkuperte landskapet og den oppstykkete fordelingen av løsmassene har ikke lagt de beste forholdene til rette for et effektivt jordbruk innenfor det kartlagte området. Men i de største dalsenkningene som f.eks. ved Temse er det betydelige arealer med hav og fjordavsetninger som er godt egnet for bl.a. kornproduksjon. Elveslettene har ofte et lag av finkornet flom-materiale øverst som også gir gode dyrkingsmuligheter, slik som langs Nidelva. Myrene i lavlandet egner seg godt til oppdyrking når de ligger over andre gunstige løsmasser, som f.eks. silt- og leirsedimenter.
Mye av den beste dyrkningsjorda ligger på strandavsetningene. Særlig fruktbart er det på de sandige markene i de sørvendte sidene av Ramorenen (Fig. 15) og som er spesielt gunstig til

grønnsakdyrkning. Strandavsetningene kan være tørkesvake på utsatte steder der dreneringen er god og tykkelsen av sandlagene er relativt stor.

3.2 Byggegrunn

Løsmassene er mye benyttede som byggegrunn. Grunnforholdene varierer meget, og brukbarheten som byggegrunn er særlig avhengig av løsmassenes tykkelse, telefarlighet, bæreevne, stabilitet og dreneringsforhold.
Store deler av det kartlagte området består av bart fjell eller et tynt og usammenhengende løsmassedekke som normalt gir gode grunnforhold. Også breelvavsetningene er velegnet som byggegrunn, men nedbygging av slike områder kan ofte komme i konflikt med andre former for utnyttelse som for eksempel grusuttak, grunnvannsuttakog avfallsdeponering. Mindre gode eller dårlige grunnforhold fins hovedsakelig bare i områder med finkornige hav- og fjordavsetninger eller der hvor det ligger tynne elve- eller strandavsetninger over leire.
Ved konkrete utbyggingsprosjekter vil kvartærgeologiske kart ikke erstatte grunnundersøkelser, men de kan brukes på planstadiet til å avgrense mulige områder med dårlig byggegrunn der detaljundersøkelser er nødvendige. På steder med fare for ustabil grunn må geotekniske undersøkelser utføres før eventuell utbygging.

3.3 Byggeråstoff

Løsmasser er et viktig råstoff for bygge- og anleggsvirksomhet. Det mest brukte byggeråstoffet er sand og grus som hovedsakelig går til betong- og veiformål. Brukbare forekomster fins i breelv-, elve- og strandavsetninger. I Grusdatabasen for Aust-Agder (Jansen og Wolden 1985) er det registrert over 40 sand- og grusforekomster innenfor kartblad Arendal.
De fleste av de største forekomstene er breranddeltaer dannet i forbindelse med Raet. De er imidlertid ofte disponert til annet arealbruk slik som boliger, industri og veier som reduserer potensialet av de ressurser som er praktisk tilgjengelig for masseuttak. Det gjelder blant annet den største forekomsten, Roresanden (728676) med volum over 6 mill. m^3, som i stor grad er bebygd og gjør større uttak vanskelig. Det er også begrenset hvor mye masser som kan taes ut på grunn av at den ligger og demmer Rorevatnet. Den største utnyttbare forekomsten er Møretrømoen (690670) med 3,5 mill. m^3 hvor det er massetak i drift. Også breranddeltaet ved Rødmyrene (695665), like øst for Møretrømoen, er en tilgjengelig sand- og grusressurs (0,6 mill. m^3). Andre store sand- og grusforekomster er registrert langs Raet, slik som ved Fevik (2,8 mill. m^3), Fjære kirke (1 mill. m^3), Bergemoen (738665) (1 mill. m^3) og Moy Moner (793701) (0,8 mill. m^3). Felles for disse er at store deler er bebygd eller at de ligger så nær bebyggelse og veier at store masseuttak ikke er praktisk gjennomførbart. Breelvavsetningen i området ved Naudenes-Rosholt (745683) (0,6 mill. m^3) er i liten grad disponert til annet arealbruk, men her er det verneinteresser inne i bildet. Kvaliteten på massene er jevnt over god på de nevnte lokaliteter, men det er et underskudd på fraksjoner grovere enn sand.
Mange av de breelvavsetningene som ikke er dannet i forbindelse med Raet er for små eller av for dårlig kvalitet til å være av interesse for mer omfattende bruk som byggeråstoff, men

lokalt kan de være av betydning (f.eks. til skogsbilveier). Strandavsetningene kan også lokalt være aktuelle til slike formål, men er vanligvis for små og av for dårlig kvalitet. Sand- og grusforekomstene i Aust-Agder er kartlagt i forbindelse med Grusdatabasen, som gir en oversikt over ressursenes størrelse og kvalitet og inneholder en del opplysninger om de enkelte forekomstene (Jansen og Wolden 1985). Data fra Grusdatabasen kan innhentes hos Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.

3.4 Grunnvann i løsmasser

Gunstig effektiv porøsitet og permeabilitet for uttak av vann forekommer normalt i sorterte og ikke for finkornige breelv- og elveavsetninger. De største uttakbare grunnvannsmagasiner fins i forekomster hvor grunnvannet står i forbindelse med store vassdrag.
Ved sørenden av Rore (732679) er det i strandsonen gjort boringer ned til 16 m dyp i breelvmateriale som viser gunstige forhold for uttak. Kildeutslag fins en rekke steder ved foten av breelvterrasser avsatt langs Raet, som f.eks. ved Havstad (712662) (Fig. 13b). Tykke strandavsetninger kan lokalt gi noe vann, da det ved overgangen til underliggende tette, finkornige hav- og fjordavsetninger kan dannes kilder. Tilsiget er kun betinget av nedbør og er derfor svært utsatt i tørkeperioder.
Hav- og fjordavsetningene er normalt for lite permeable til uttak av vann. Imidlertid vil disse avsetningene på overgangen mot fjell ofte ha et grovere lag av sand, grus og stein som kan gi nok grunnvann til enkelthus. Oppfølgende undersøkelser er nødvendig for å klargjøre vannets kvalitet og uttakbar mengde, og for lokalisering av brønner.

3.5 Infiltrasjon av avløpsvann - avfallsdeponering

I mange tilfeller er løsmassene godt egnet til deponering av flytende og fast avfall. Sorterte sand- og grusavsetninger av en viss tykkelse og utbredelse er de beste masser for infiltrasjon og rensing av avløp. De fleste av de større breelvavsetningene innen kartbladene er godt egnet til slik utnyttelse som bl.a. de store randterrassene dannet i forbindelse med Raet. En slik utnyttelse må imidlertid alltid sees i sammenheng med annen aktuell arealbruk i området, for eksempel uttak av grunnvann. Elveavsetninger nær elver og bekker er ofte uegnet på grunn av for høy vannstand og store fluktuasjoner i grunnvannsspeilet, som for eksempel på de lave elveslettene langs Nidelva. På høyereliggende elveterrasser kan deponeringsmulighetene være relativt gode. For infiltrasjon av mindre mengder avløpsvann (fra spredt bebyggelse) kan også strandavsetninger være godt egnet som rensemedium. Mye strandgrus/-sand er avsatt ved Ramoreneryggen og i de områdene utenfor, som lå særlig eksponert for bølgevasking under landhevningen.

3.6 Naturvern

Innen kartbladene Arendal og Tromøy er hele 16 områder eller lokaliteter registrert som kvartærgeologisk verneverdige (Jansen 1987). De fleste lokalitetene omfatter deler av Raet eller har nær tilknytning til det. Dette gjelder Tromlingene, ytre del av Tromøy, Gjesøy/

Merdøy, Jerkholmen Hasseltangen, Lauvåsen (807707), Nygård (767697), Kokkeråsen (761694), Bråstad (755690), Dømmesmoen (751683), Store Imås (722683) og Bakken (718677). Av disse områdene er de fire første allerede vernet som landskapsområde, mens Hasseltangen er foreslått vernet (landskapsvern og naturreservat). Ellers er Nidelvas utløp (842759) karakterisert som verneverdig sammen med det karakteristiske ravinelandskapet ved Spikkelia (7957479). Rossefjell (690700), på sørvestsiden av Syndle, er også foreslått vernet. Det en del av et karakteristisk landskap ved at den røde «Herefossgranitten» står opp som en plugg og danner en markert brattkant mot de lavere områdene omkring.

4. REFERANSER

Andersen, B.G. 1960: Sørlandet. I sen- og postglacial tid. *Norges geologiske undersøkelse 210,* 142 s.

Andersen, B.G. 1976: Hove. Naturinventering. *Rådet for Hove leir og friluftssenter.*

Bergstrøm, B. 1997: Kragerø. Kvartærgeologisk kart 1712 IV - M 1:50 000, med beskrivelse. *Norges geologiske undersøkelse.*

Bergstrøm, B., Olsen, K.S. og Sørensen, R. 1992: TJØME 1813 II. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000, med beskrivelse. *Norges geologiske undersøkelse.*

Jansen, I.J. 1981a: Fevik. Jordartskart BQ 009, M 1:10 000. *Jordregisterinstituttet/Telemark distriktshøyskole.*

Jansen, I.J. 1981b: Grimstad. Jordartskart BP 008, M 1:10 000. *Jordregisterinstituttet/Telemark Distriktshøyskole.*

Jansen, I.J. 1986: Kvartærgeologi. Jord og landskap i Telemark gjennom 11 000 år. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart i målestokk 1:250 000. *Institutt for naturanalyse,* 87 s.

Jansen, I.J. 1987: Kvartærgeologiske verneverdige områder i Aust-Agder. *Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernavdelingen. Rapport 8-87*, 187 s.

Jansen, I.J. 1988: Landvik - fra istid til nåtid. Liv i Landvik

Jansen, I.J. og Wolden, K. 1985: Grusregisteret i Aust-Agder. *Norges geologiske undersøkelse. Rapport 85.237*, 142 s.

Longva, O. og Thorsnes, T. 1997: Skagerrak in the past and at the present – an integrated study of geology, chemistry, hydrography and microfossil ecology. *Norges geologiske undersøkelse. Special Publication 8,* 100 pp.

Padget, P. og Brekke, H., 1996: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart ARENDAL – 1:250.000. *Norges geologiske undersøkelse.*

Riiber, K. og Bergstrøm, B. 1990: AUST-AGDER FYLKE. Kvartærgeologisk kart – M 1:250.000. *Norges geologiske undersøkelse.*

Stabell, B. 1980: Holocene shorelevel displacement in Telemark, southern Norway. *Norsk geologisk tidsskrift 60,* 71-81.

Sævre, R. 1987: Natur- og kulturkvaliteter på Raet i kystsonen utenfor Arendal. *Rapport 1-87. Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernavdelingen*. ISSN 0800.8523.

Thorsen, K. 1965: Kvartærstudier i ytre deler av Aust-Agder og Vest-Telemark. *Hovedoppgave i naturgeografi. Universitetet i Oslo.*

Vorren, T.O. 1977: Weichselian ice movement in South Norway and adjacent areas. *Boreas 6,* 247-258.

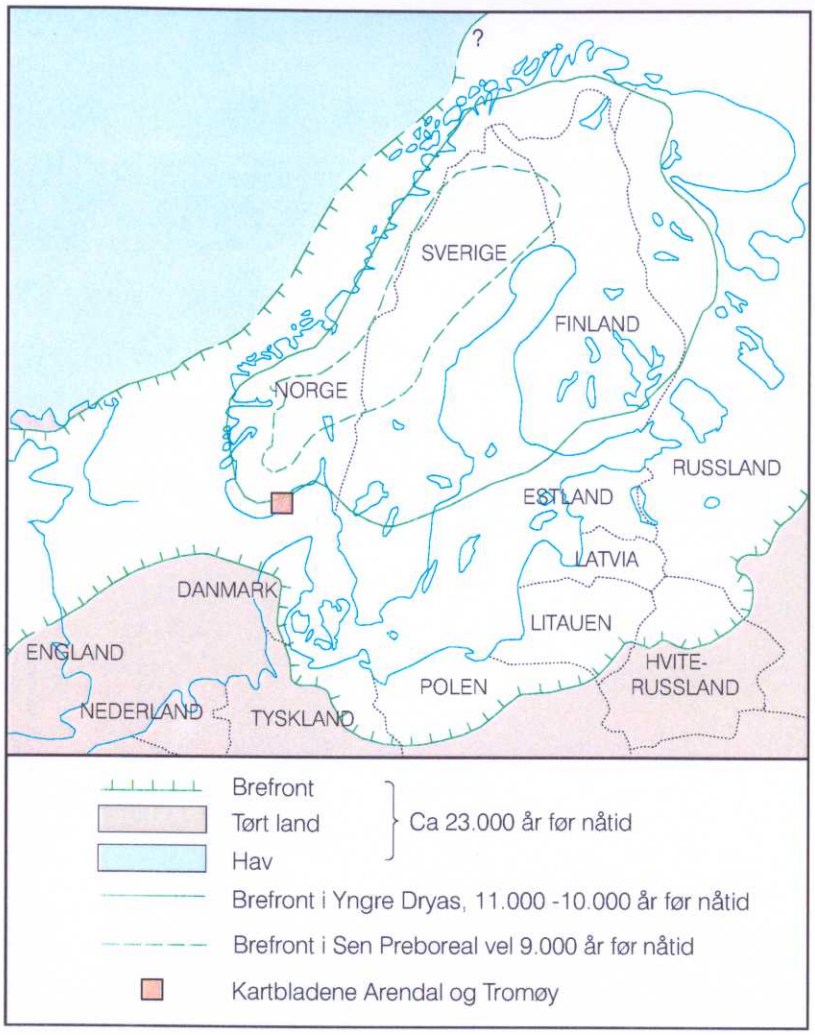


Fig. 1. Isens utbredelse under tre forskjellige faser i siste del av siste istid.

Fig. 2. Ramorenen på Tromlingene (945814) er sterkt preget av bølgeerosjon under landhevningen. Overflaten er dekket av en erosjonshud av strandvasket materiale (strandavsetninger) og det er dannet velutviklede strandvoller av grus, stein og blokk. Foto: Ivar J. Jansen.

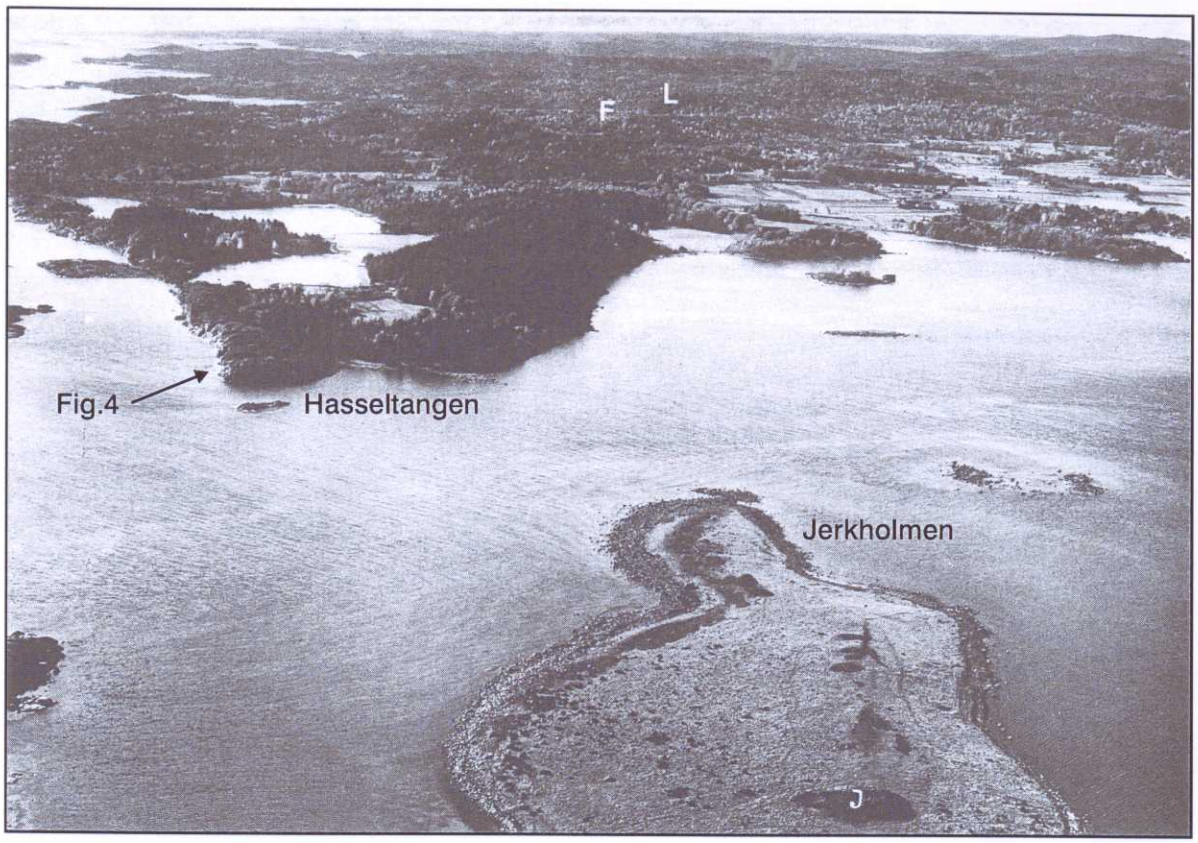


Fig. 3. Ramorenen ved Jerkholmen og Hasseltangen (Haslaodden) sett mot sørvest. Den fortsetter videre mot Fevik (F) og kan sees som en markert skogkledd ås på bildet. Vest for Fevik ligger Ramorenen stort sett over det tidligere havnivå slik som på Lauvåsen (L). (Etter Andersen 1960). Foto: A/S Sørfly.

Fig. 4. På utsiden av Ramorenen på Hasseltangen (840724) (se Fig. 3) er det dannet rundsva som har en karakteristisk hvalskrottlignende form dannet ved iserosjon. Fjellet har en slak støtside og bratt leside i forhold til isbevegelsesretningen. Tydelig skuringsstriper viser en dominerende isbevegelse fra nordvest (fra høyre i bildet). Foto: Ivar J. Jansen.

Fig. 5. Ramorenen ved Hoveodden på utsiden av Tromøya (900770). Område med rullestein hvor de finere kornfraksjoner er vasket bort og avrunda blokk og stein ligger igjen på overflaten. Blokker dominerer i dagens brenningssone. Høyere opp er det finere materiale av stein/grus, dels med strandvoller i overflaten. På 1-2m dyp er det opprinnelige morenematerialet (moreneleire) intakt. Foto: Ivar J. Jansen.

Fig. 6. Valøyene. Rester av randmorener som er eldre enn Ramorenen fins på de ytterste øyene i skjærgården på kartblad Arendal, slik som her på Valøyene (815665). Det opprinnelige morenmaterialet er kraftig vasket av bølgene og ligger i dag som belter av stor stein og blokk som er skylt ned i forsenkningene. Foto: Bjørn Bergstrøm.

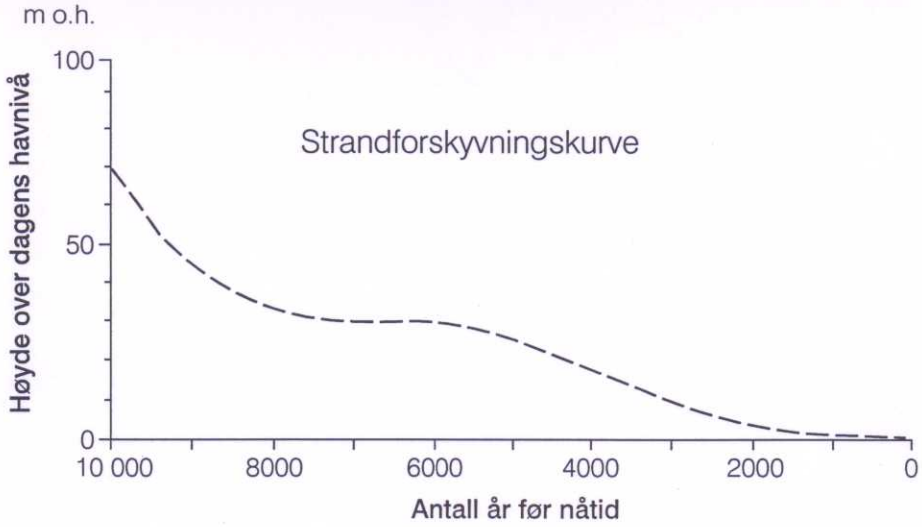


Fig. 7. Strandforskyvningskurve for Arendalsområdet, modifisert etter Andersen (1976).

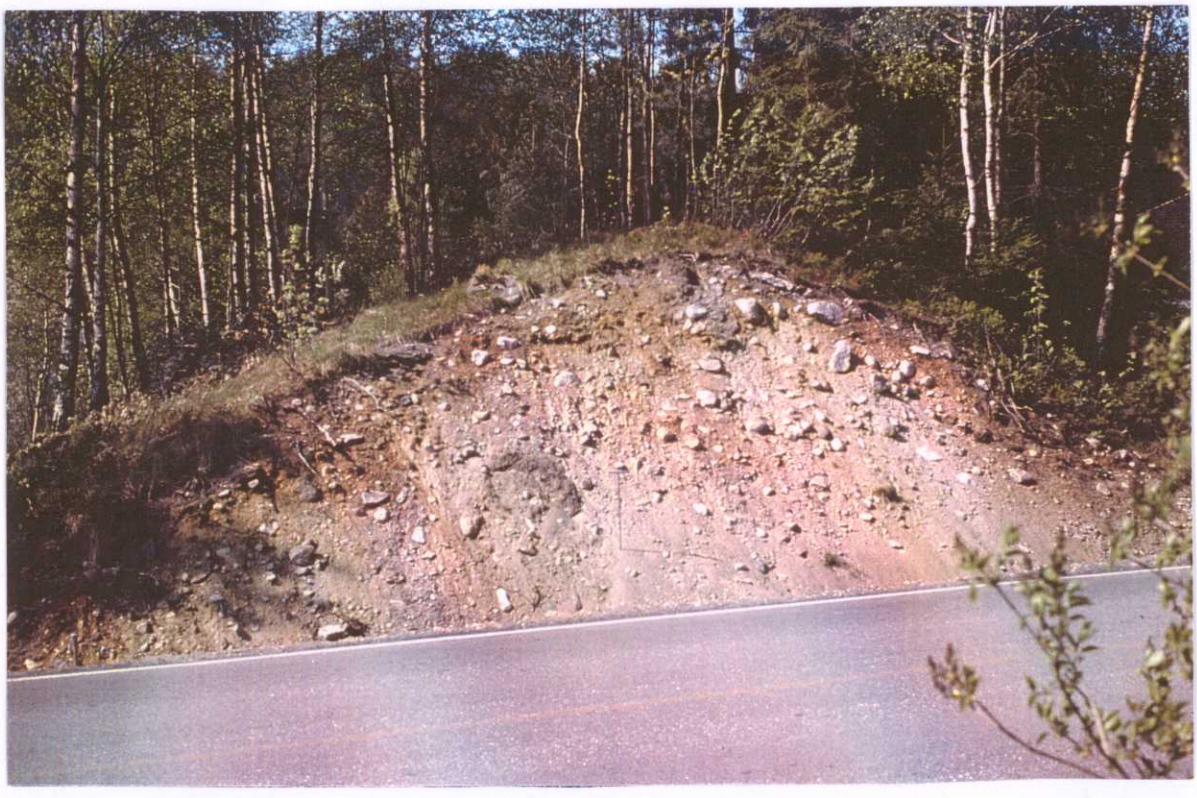


Fig. 8. Skjæring i Raet ved Bakken (722678). Ramorenen er her avsatt over havnivå og danner en tydelig ryggform. Den består av grusrikt morenemateriale. Iskontaktsiden er til høyre i bildet. Foto: Ivar J. Jansen.

Fig. 9. Yttersiden (distalsiden) av Ramoreneryggen på Hasseltangen (835721). Pilen viser skjæringen i ryggen som er avbildet på Fig. 10. Foto: Bjørn Bergstrøm

Fig. 10. Skjæring i Ramoreneryggen på Hasseltangen (836723) viser øverst 1 m med strandmateriale over 2 m brunt, sandig morematerialе over blågrå, siltig morenemateriale. Begge morenelagene inneholder skjellbiter og radiokarbondateringer gir aldre på vel 12.000 år før nåtid. Foto: Bjørn Bergstrøm.

Fig. 11. Submorene sedimenter. Skjæring i massetak mellom Dømmesmoen og Rosholt (746684) viser morenemateriale avsatt over lagdelt sand og grus (brelvavsetning). Morenematerialet inneholder mye godt rundet stein, og ble dannet ved at breen rykket frem over tidligere avsatt breelvmateriale som ble skjøvet opp og blandet sammen av isen. Den skarpe grensen mellom de to avsetningstypene kan tyde på at massene var frosset da de øvre deler av brelvavsetningen ble erodert/skrapet vekk av isen før morenematerialet ble avsatt. Foto: Ivar J. Jansen.

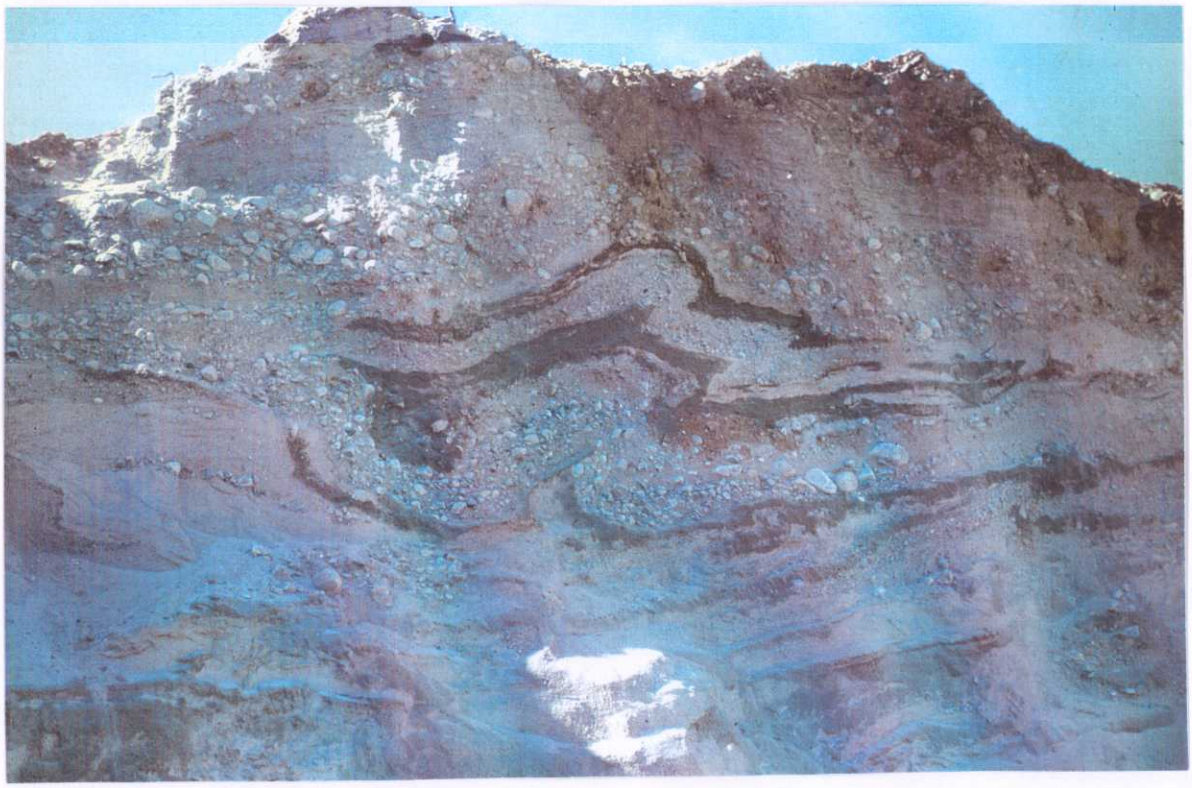
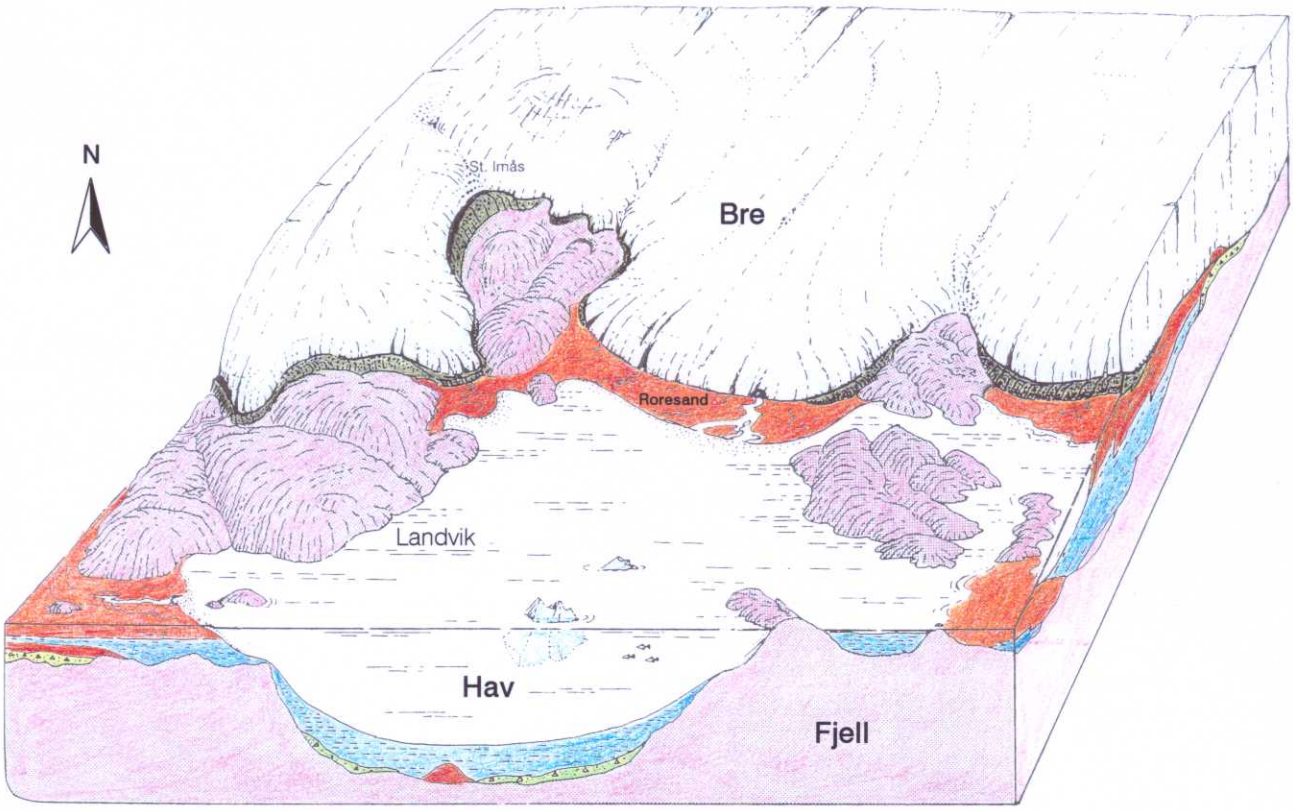
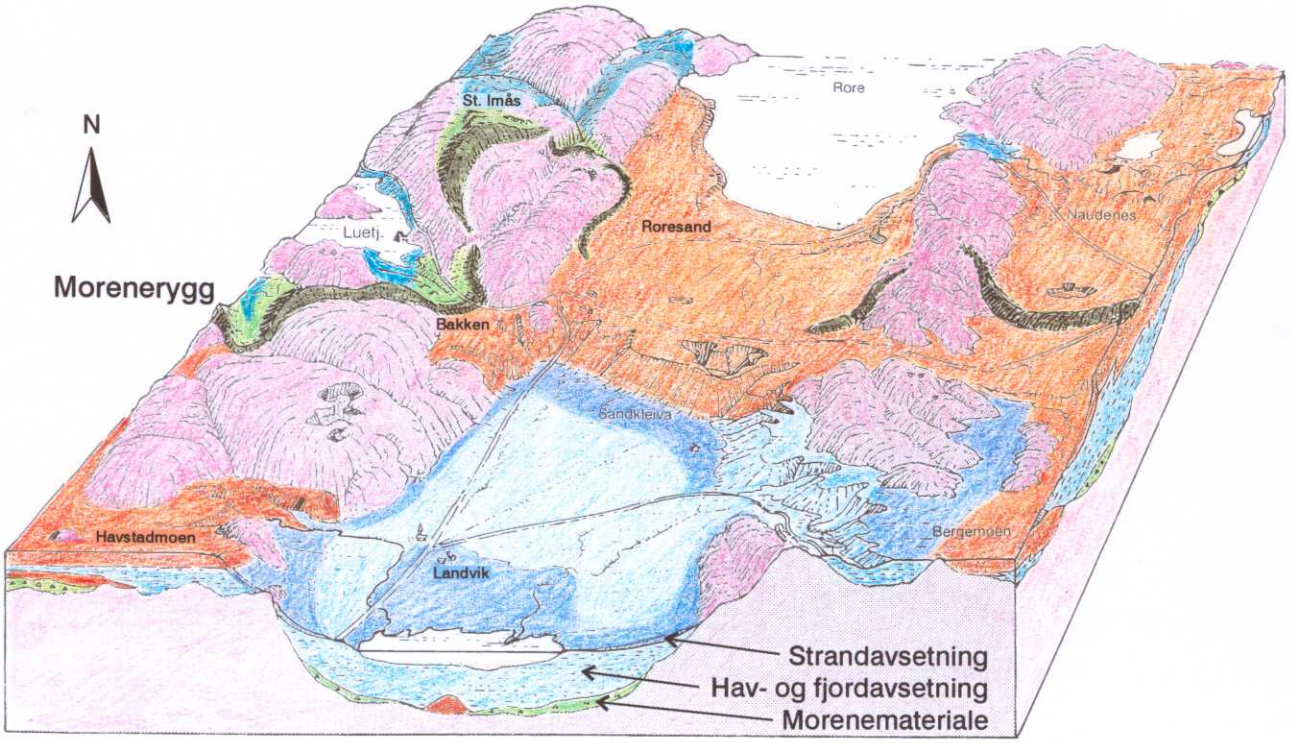


Fig. 12. Snitt i massetak ved Nautenes (741682). Breelvavsetninger av lagdelt sand, grus og stein, avsatt i området bakenfor Ramorenen, er skjøvet sammen og foldet av isbreen under et lokalt fremstøt. "Bulldozereffekten" er tydelig (trykk fra venstre i bildet) og materialet i overflaten er blandet av isen og "morenisert". Foto: Ivar J. Jansen.

Fig. 13. Landvik (720670) og Roresandområdet - i Ratid og nåtid.
Skisser etter Jansen (1988).



a) Under isavsmeltningen i tidlig Yngre Dryas for 11.000-10.600 år siden skjedde det en klimaforverring som førte til at den tilbakesmeltende brefronten stoppet opp og rykket frem mange kilometer. Morenerygger (Ramorenen) ble dannet langs iskanten og ved Rore ble Roresand bygget opp av sand og grus som et isranddelta til datidens havnivå på 55 m o.h. Slam fra breen ble avsatt i fjorden utenfor ("Landvikfjorden"). I strandsonen vasket bølgene, og strandavsetninger ble dannet.

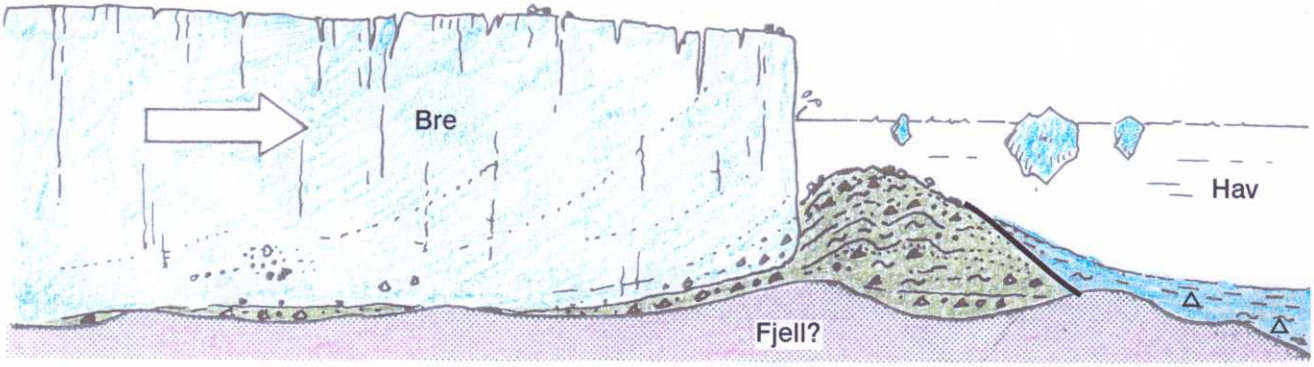


b) I dag har landet hevet seg og hav- og strandavsetninger er blitt tørrlagte. Det mektige isranddeltaet demmer for Rorevatnets naturlige utløp mot sør og Nidelva er blitt tvunget til å finne seg et nytt løp østover mot Nedenes. Randmoreneryggene fra Ratid er fremdeles godt synlige.

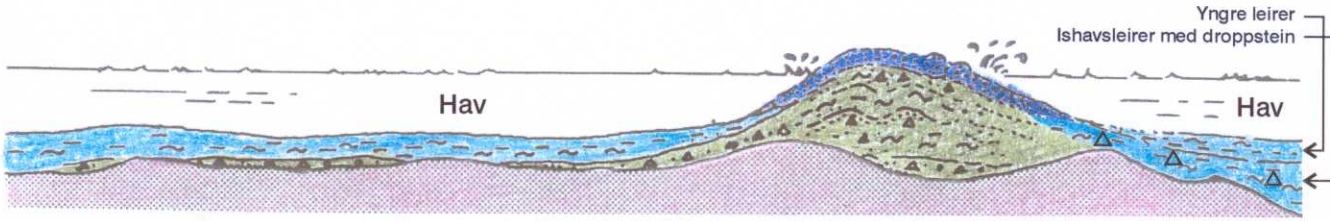
Fig. 14. Roresand, sett mot østsørøst fra St. Imås (723683). Sørenden av Rorevatn kan sees i venstre kant av bildet (se Fig. 13b). Foto: Bjørn Bergstrøm.

Fig. 15. Landvik sett mot sørsørøst fra St. Imås (se Fig. 13b). Foto tatt fra samme sted som Fig. 14. Foto: Bjørn Bergstrøm.

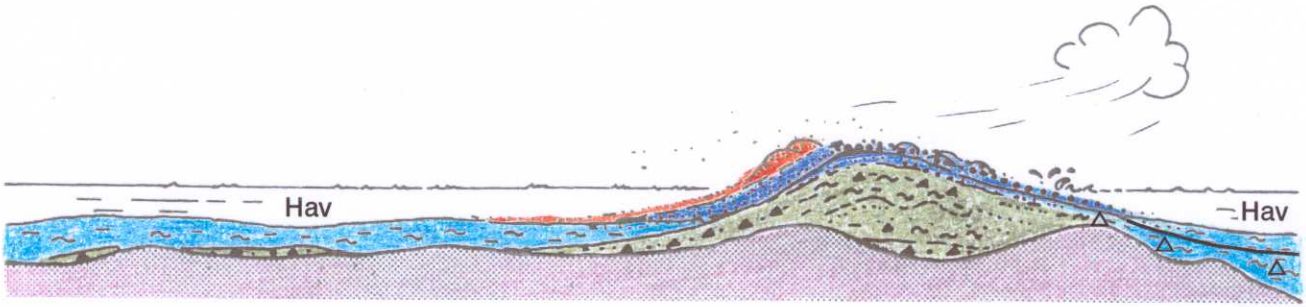
Fig. 16. Dannelse og utforming av Ramorenen på kysten utenfor Arendal.
Skisser etter Jansen (1986).



a) Brefronten rykker frem i begynnelsen av Yngre Dryas (11.000 - 10.600 år før nåtid) og randmorener dannes. Mindre frem- og tilbakerykkinger fører til komplekse avsetningsforhold. Ramoreneryggene består hovedsakelig av leir- og siltrikt morenemateriale med enkelte innslag av sand- og gruslinser som ble avsatt av smeltevann foran fronten. Havnivået var omkring 60 m høyere enn i dag. Drivende isfjell droppet grovt materiale i de finkornige havavsetningene (ishavsleirene) utenfor fronten.



b) Brefronten trekker seg tilbake for ca. 10.600 år siden og landet hever seg. Moreneryggene dukker etter hvert opp av havet og utsettes for kraftig bølgevasking med sortering og omlagring av materialet i overflaten. Strandvoller og -terrasser dannes.



c) Ramorenen slik vi i dag kan se den på Tromlingene, Tromøya, Merdø, Jerkholmen m.fl. Morenematerialet er dekket av en hud av strandavsetninger som på yttersiden mot storhavet består av grov grus, stein og blokk (rullestein). Lesiden er mer sandrik da bølgene her har hatt mindre styrke. Kraftig vind har stedvis dannet sanddyner på innsiden.

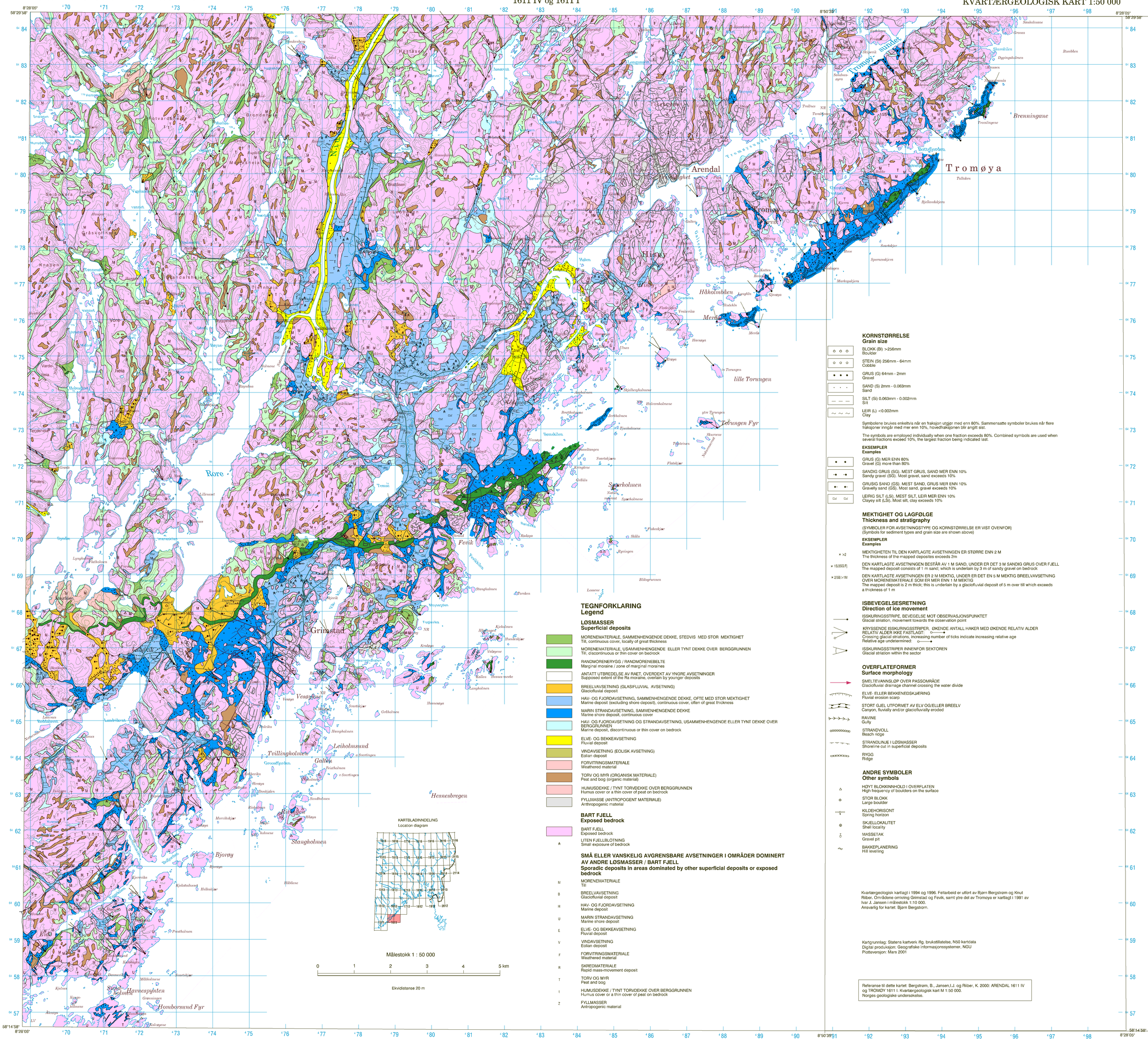
Fig. 17. Gjesøya (893771). Strandavsetninger av godt sortert sand avsettes i leposisjon på innsiden av øya. Foto: Ivar J. Jansen.

ARENDAL OG TROMØY

1611 IV og 1611 I

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

KVARTÆRGEOLOGISK KART 1:50 000


Arendal
Tromøy
Tromøya
Hisøy
Merdø
Håholmbåen
lille Torungen
Torungen Fyr
Brenningane
Tromøysundet
Rore
Grimstad
Fevik
Vesterøya
Tvillingholmen
Galten
Leiholmsund
Hesnesbregen
Stangholmen
Bjorøy
Eide
Havnespynten
Hommersund Fyr
Sandholmen
Spurholmen
Gjeslingen
Gjesøya
Katten
Hæsøya
Kalsøyene
Lossene
Blikkgrunnen
Ryeingen
Skåla
Fakeskjær
Rødøya
Randøya
Stangholmen
Torsken
Kjøkkenholmen
Hundeskjær
Valøyene
Kallen
Hesnes verke
Langholmen
Hesneøya
Grøtholmen
Hasnholmen
Svartskjær
Svertingen
Teistholmen
Sandholmen
Høøya
Marøkskjær
Sultøya
Kjerreika
Kjekstadnesset
Hellesskjær
Håbkese
Priestholmen
Mikkolmesne
Grønningen
Kalsøyene
Kjetlen
Kjøkkenholmen
Kjøkkenholmen
Dranesskjær
Svartskjær
Ålesøya
Kjøkkenholmen
Kjøkkenholmen
Kjøkkenholmen