

NGU Rapport 97.156

Senglasiale gravitasjonsstrømmer og
vifteutbygging i indre Skagerrak

Rapport nr.: 97.156		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Senglasiale gravitasjonsstrømmer og vifteutbygging i indre Skagerrak				
Forfatter: Heidi A.Olsen, Oddvar Longva, Dag Ottesen, Leif Rise, Jan Reidar Skilbrei og Terje Thorsnes.		Oppdragsgiver: NGU, SKSK, HI, UiB, NP, SFT, OD		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 23	Pris: 55,-	
Feltarbeid utført: 1991, 1992, 1993		Rapportdato: Nov.1997	Prosjektnr.: 2301.39	Ansvarlig: <i>Eliis</i>
Sammendrag: Vifter fra sennglasiale gravitasjonsstrømmer i indre Skagerrak er beskrevet ut fra detaljert batymetri i form av skyggerelieffkart og refleksjonsseismiske data. Viftene går fra dansk side av Skagerrak og ut i de dypeste delene av Norskerenna (ca. 700 m). Viftematerialet dekker et areal på ca 875 km ² , og volumet av massene er beregnet til ca.16 km ³ . De mektigste vifteavsetningene finnes i den sørvestlige del av det kartlagte området hvor tykkelsen er ca. 50 m. Seismikken viser at det er flere separate gravitasjonsstrømmer/vifter. Viftene er trolig bygd opp av både turbiditter og «debris flow» avsetninger. Viftematerialets stratigrafiske beliggenhet over morene og under glasimarine avsetninger, tyder på at viftedannelsen fant sted under og like etter isavsmeltingen i området. Smeltevannselver må på denne tiden ha drenert langs iskanten i Danmark og ut i Skagerrak. Viftene er sannsynligvis dannet av tyngdestrømmer fra disse elvene og fra utglidninger av materiale som ble avsatt langs iskanten og foran munningen av smeltevannselvene.				
Emneord: Maringeologi	Kvartærgeologi		Vifte	
Refleksjonsseismikk	Skred		Massebevegelse	
Havbunnstopografi	Gravitasjonsstrøm			

INNHOOLD

1. INNLEDNING.....	4
2. DATAGRUNNLAG OG TOLKNINGSMETODER	5
3. BATYMETRI OG BUNNFORMER.....	7
4. DEFINISJON OG KLASSIFISERING	9
5. REFLEKSJONSSEISMISK TOLKNING.....	9
5.1 Lagfølge/stratigrafi.....	9
5.2 Viftematerialets utbredelse og mektighet	12
5.3 Volum av viftemateriale.....	14
5.4 Innbyrdes (relative) aldersforhold mellom vifter	15
5.5 Løsneområde / kildeområde for gravitasjonsstrømmer og viftedannelser	15
5.6 Viftemorfologi	15
6. DISKUSJON.....	20
7. SAMMENDRAG / KONKLUSJON	22
8. REFERANSER.....	23

1. INNLEDNING

Dataene som er grunnlaget for denne rapporten ble samlet inn i forbindelse med Skagerrakprosjektet i årene 1991-94. Dette prosjektet ble gjennomført som en integrert studie av geologi, hydrografi, kjemi og økologi i et samarbeid mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU), Statens kartverk, divisjon Sjøkartverket (SKSK), Havforskningsinstituttet (HI), Universitetet i Bergen (UiB), Norsk Polarinstitut (NP), Statens forurensningstilsyn (SFT), og Oljedirektoratet (OD) (Longva, O. og Thorsnes, T. 1997).

Sjøkartverket (SKSK) har foretatt flatedekkende batymetriske målinger i den østlige delen av Skagerrak. Basis-prosesseringen ble også foretatt av SKSK, mens videre prosessering og utkjøring av disse vanddypsdata i form av skyggerelieffkart er utført med assistanse fra Faggruppe for geofysikk ved NGU. Skyggerelieffkartene viser mange interessante geologiske former, blant annet flere store vifteformer i sørskrånningen av Norskerenna mot dansk side av Skagerrak.

Denne rapporten beskriver disse viftene og deres avsetninger ved å sammenholde detaljerte batymetriske data og refleksjonsseismiske data. Rapporten gir en tolkning av utbredelse, mektighet og antatt volum av vifteavsetningene. Innbyrdes alder mellom de forskjellige viftene, samt type gravitasjonsstrømmer som har ført til dannelse og oppbygging av viftene er kort diskutert.

Ved å sammenholde refleksjonsseismiske data og detaljerte batymetriske data, ser vi at vifteformene i skyggerelieffkartet er overlappet av sedimenter. Grunnen til at viftene likevel synes på skyggerelieffkartet er at de yngre sedimentene draperer viftene slik at formen er bevart helt opp til sjøbunnen. Uten gode skyggerelieffkart basert på detaljert, flatedekkende batymetri hadde det ikke vært mulig å plukke ut rasviftene på de refleksjonsseismiske registreringene.

2. DATAGRUNNLAG OG TOLKNINGSMETODER

Datainnsamlingen er utført i et samarbeid mellom NGU og Statens kartverk, Sjøkartverket (SKSK) i årene 1991, 1992 og 1993 (se toktrapporter for refleksjonsseismisk innsamling, Bøe et al. 1991, Thorsnes et al. 1992, Thorsnes et al. 1993). NGU foretok refleksjonsseismiske målinger samtidig med at SKSK kjørte multistråle-ekkolodd for batymetrisk kartlegging.

Tolkningen er basert på begge disse datatypene. Figur 1 viser linjenettet for de refleksjonsseismiske linjene som er kjørt innenfor hele Skagerrakprosjektet, og avgrensningen for de linjene som er tolket i forbindelse med denne undersøkelsen. Linjenettet for multistråle ekkoloddmålingene er tettere enn for det refleksjonsseismiske nettet. Figur 2 viser lokaliseringen av de seismiske profilene (utsnitt) som er vist på ulike figurer.

Som seismisk signalkilde er det benyttet Bolt luftkanon og EG & G Boomer i 1991, mens det for toktene i 1992 og 1993 ble benyttet Sleevegun og Geopulse. Geopulse, og til dels Boomer gir god oppløsning, mellom 1 og 5 millisekund 2-veis gangtid (TWT). Sleevegun og Bolt luftkanon gir god penetrasjon, mens oppløsningen ligger mellom 7 ms og 15 ms TWT. Alle linjene er kjørt med Sleevegun (eller Bolt luftkanon), mens det mangler Geopulse-registreringer for noen linjer i området.

De batymetriske dataene er samlet inn ved hjelp av et Simrad EM-100 multistrålelodd. EM-100 har 32 stråler som gjør det mulig å kartlegge en bred stripe av bunnen på tvers av fartøyets kurs. Ved å kjøre et tett linjenett oppnås arealdekkende kartlegging. De batymetriske dataene gjennomgikk basisprosessering og kvalitetskontroll ved SKSK. Ved NGU ble det foretatt billedprosessering av dataene med ny gridding og utplotting via programsystemet GEOSOFT (GEOSOFT inc.).

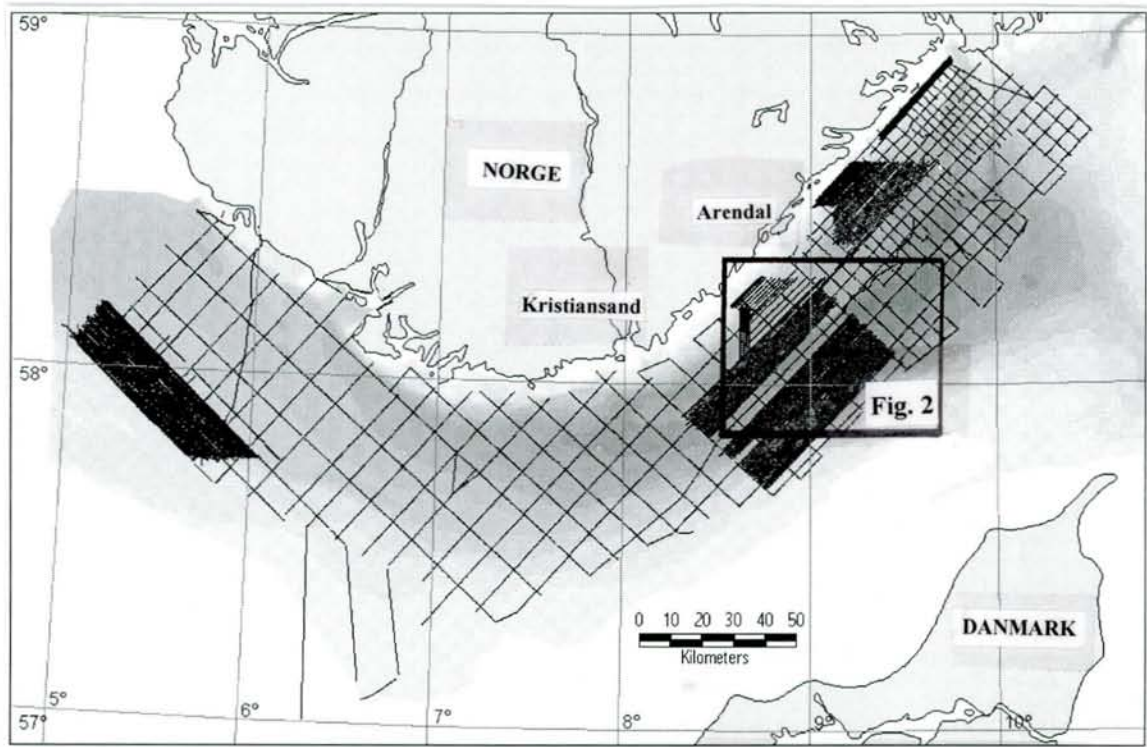


Fig. 1 NGUs grunnseismiske linjenett i Skagerrak (1991-1994).

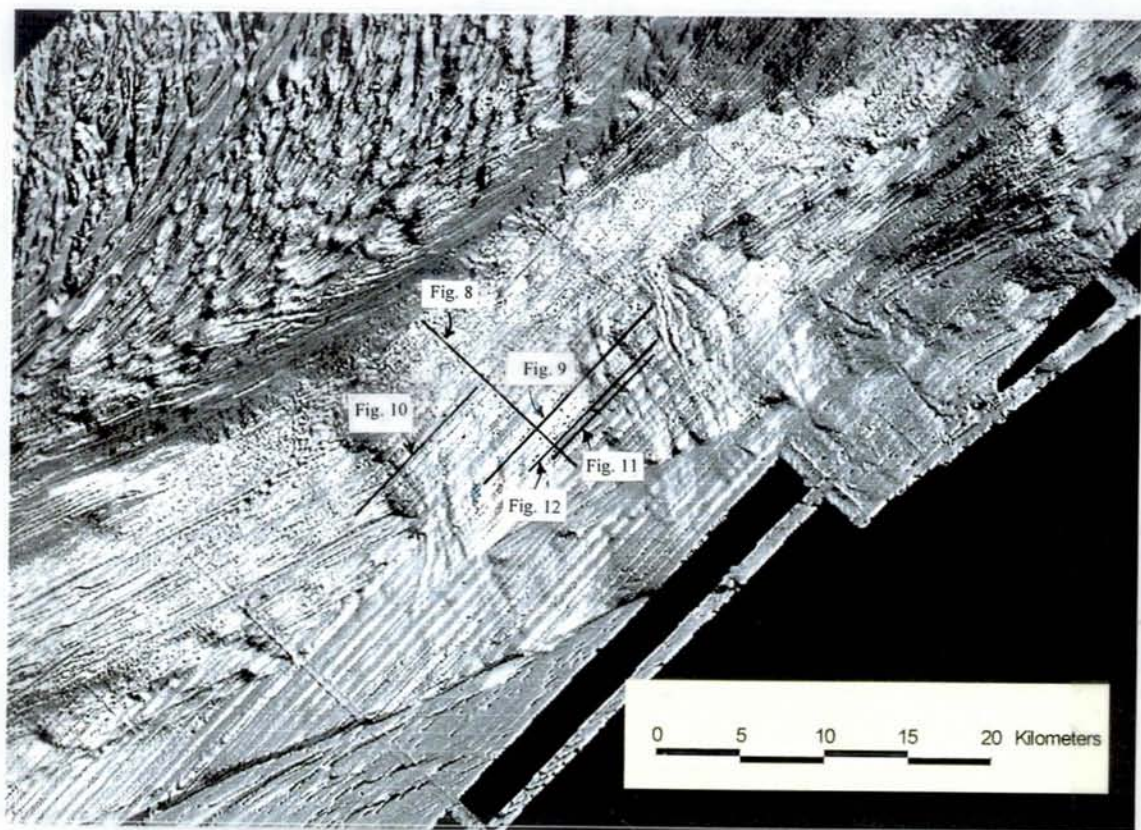


Fig. 2 Lokalisering av refleksjonsseismiske linjer (utsnitt) vist i figurer.

3. BATYMETRI OG BUNNFORMER

En oversikt over vanddypet i det kartlagte området er vist i figur 3. Vanddypskonturene er angitt med 100 meters konturintervall. Figur 4 viser et skyggerelieffkart laget på grunnlag av det samme datasettet. Kartet er plottet med en solhøyde på ca 30° og solvinkel (asimuth) ca. 50° (sol inn fra NØ).

Skyggerelieffkartet viser flere store vifter som går fra SSØ mot NNV i sørskråningen av Norskerenna. De delene av viftene som kommer tydelig fram i skyggerelieffkartet ligger i vanddypsområdet fra ca. 300 m til ca. 600 m, men avsetninger fra viftene finnes ned til bunnen av Norskerenna på nesten 700 m vanddyp. I figur 5 er viftene merket med bokstaver. Vifte A går fra dansk side og omtrent rett mot nordvest. Denne viften har mindre relieff enn viftene C og D, men en del langsgående høyder/forsenkninger kommer klart fram i viftens øvre deler. Viftene C og D har svært tydelig morfologi i skyggerelieffkartet, og begge har utholdende rygger og renner langsetter viftene. Viftene C og D har en noe mer nordlig retning enn vifte A. Den vestligste viften, merket B, synes å være en stor vifte med nord - nordøstlig retning. De langsgående ryggene på viftene representerer sannsynligvis akkumulasjon fra strømmer med materiale, og muligens også erosjon i avsatt viftemateriale. Høyden på disse ryggene er sjelden mer enn 2 til 3 meter. Alle viftene har relativt slak helning, gjennomsnittlig rundt 1 - 2° over hele viften.

I den vestlige delen av det undersøkte området (fra ca. 8°30' til ca. 9°) er det et område med stripemønster i skyggerelieffkartet. Disse VSV-ØNØ gående stripene har en brå avgrensning mot viftematerialets vestbegrensning. Stripemønsteret, som skyldes utholdene parallelle furer/rygger med svært regelmessig retning, er også tydelig i den østlige delen av det kartlagte området.

Den nordvestlige begrensningen av Norskerenna består av et relativt flatt område med vanddyp mellom 400 m og 450 m kalt Arendal-terrassen (uformelt navn). Overflaten på selve terrassen er uregelmessig, med langstrakte forhøyninger skilt av renner. Arendal-terrassen har en bratt skråning ned mot Norskerenna.

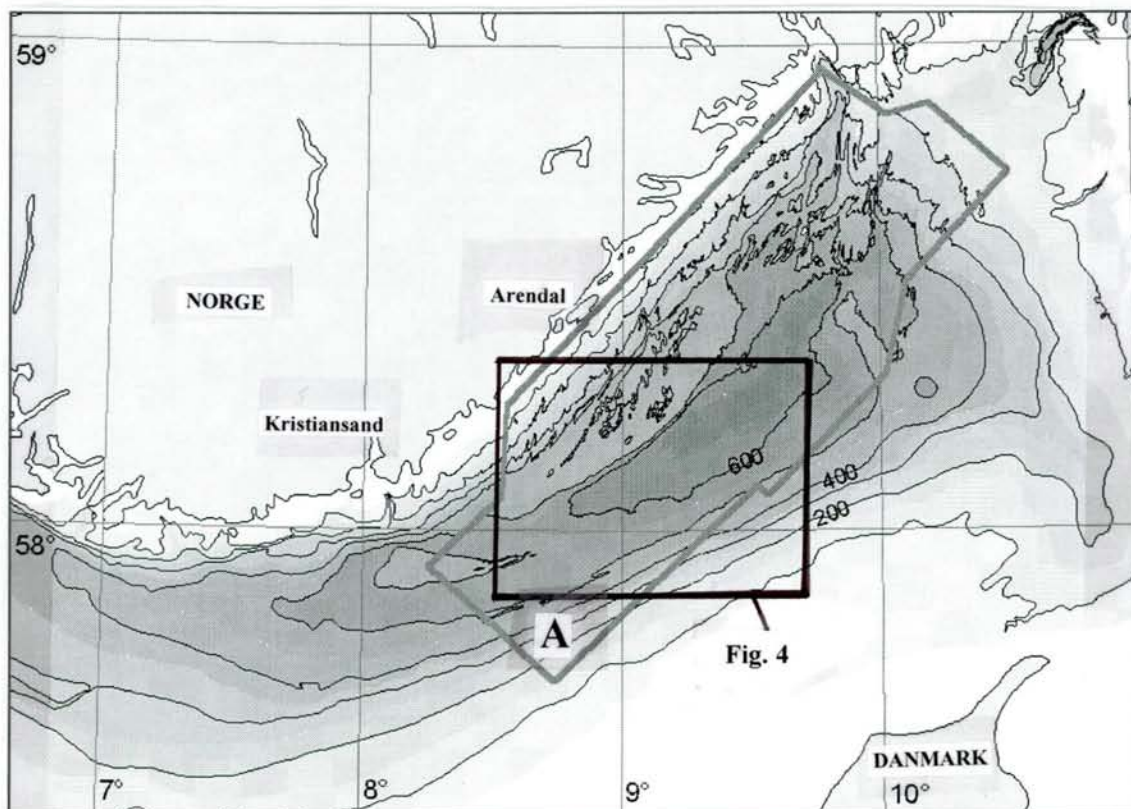


Fig. 3 Batymetrisk kart Skagerrak, ekvidistanse 100 m. A viser område med flatedekkende batymetriske målinger.

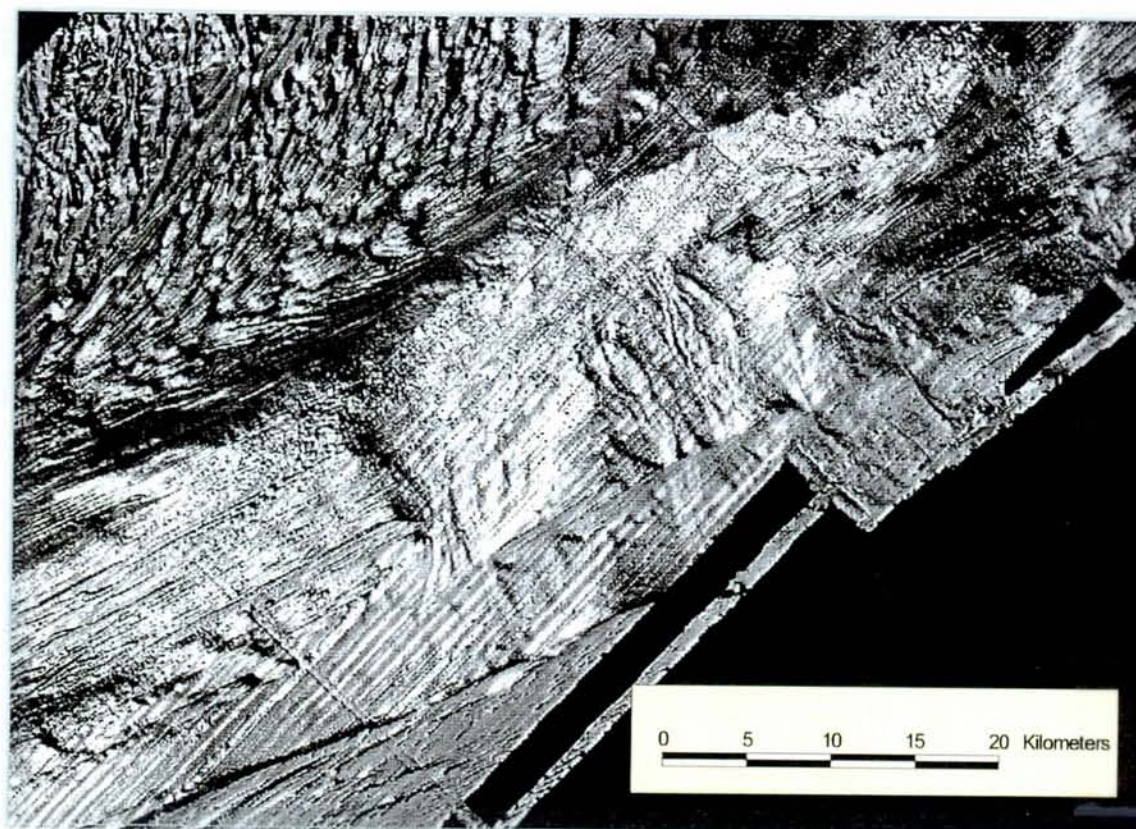


Fig. 4 Skyggerelieffkart som viser morfologien av de kartlagte vifter og vifteavsetninger. Viftene ligger under marine og glasimarine avsetninger.

4. DEFINISJON OG KLASSIFISERING

Ut fra de tilgjengelige data (skyggerelieffdata og refleksjonsseismikk) synes viftene å være bygd opp av både «debris flow avsetninger» og turbidittstrøm avsetninger. Både «debris flows» og turbidittstrømmer er gravitasjonsstrømmer (figur 7).

Debris flow er en vanlig type plastisk strøm, hvor bevegelsen i strømmen opprettholdes av matriks styrke, til forskjell fra massestrømmer hvor enten væske og sediment er i blanding eller hvor sedimentet «flyter» i væske. Debris flow har ingen god norsk oversettelse, og den engelske betegnelsen er derfor brukt i denne rapporten. Mens laminære strømforhold er dominerende i debris flows, er turbulent strøm den dominerende strømningstypen i turbidittstrømmer. En enkel klassifisering av gravitasjonsstrømmer er modifisert etter Mulder og Cochonat, 1996 (figur 7). I denne rapporten omtales materialet som utgjør viftene som «viftemateriale», og dette omfatter alt materiale transportert av gravitasjonsstrømmer.

5. REFLEKSJONSSEISMISK TOLKNING

5.1 Lagfølge/stratigrafi

Figurene 11 og 12 viser eksempler på stratigrafien i det kartlagte området. I mesteparten av området ligger vifteavsetningene over morene. Morenen er i enkelte områder (spesielt i de dypere delene av Norskerenna, figur 8) akustisk nokså lik vifteavsetningene, men vanligvis er morenen mindre transparent og med noen interne reflektorer. I den østlige delen av Norskerenna antas viftematerialet å ligge direkte på berggrunnen.

Vifteavsetningene er akustisk lyse og uten intern parallell lagdeling. Interne seismiske reflektorer i enheten med viftemateriale er observert, og antas å representere grenseflater mellom pakker av viftemateriale hvor avsetninger fra en vifte ligger over avsetninger fra en annen (f.eks. figur 12). Interne seismiske reflektorer kan også enkelte steder representere grenseflater mellom strømmer eller pulser i en strøm.

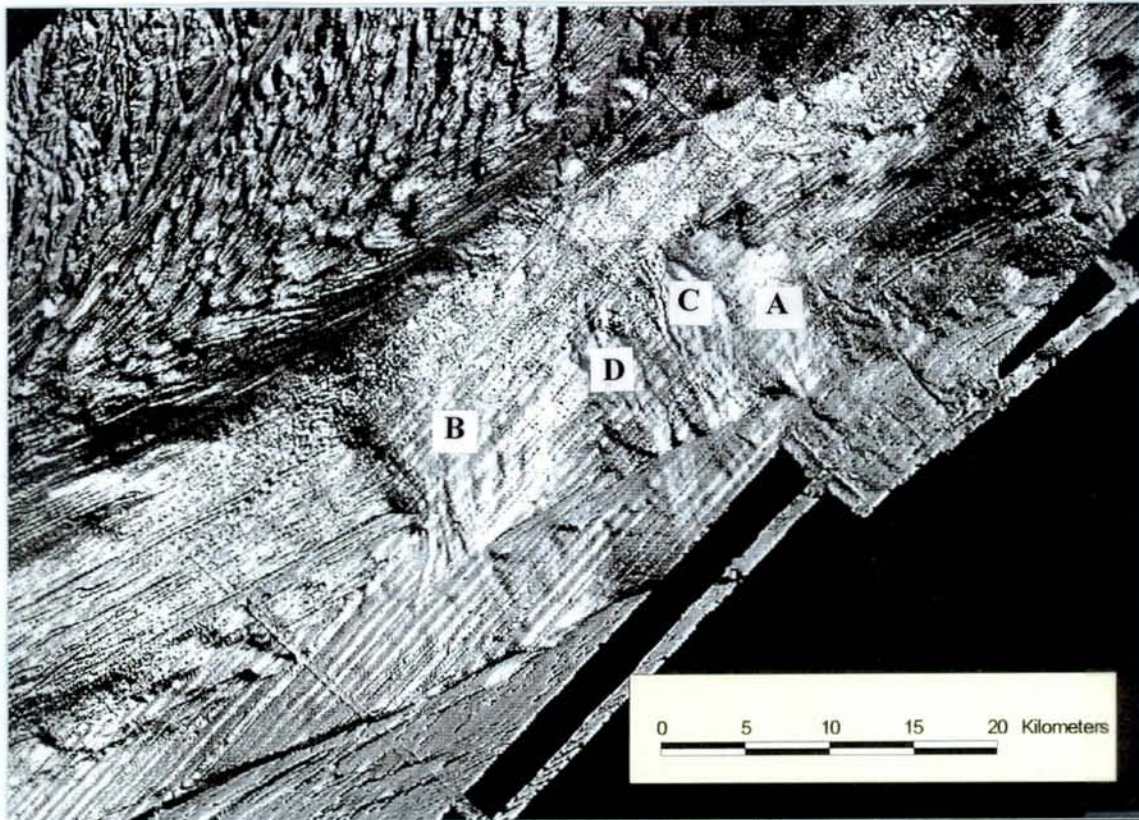


Fig. 5 Skyggerelieffkart. Viftenes antatte innbyrdes alder er angitt med bokstaver, A er eldst og D er yngst.

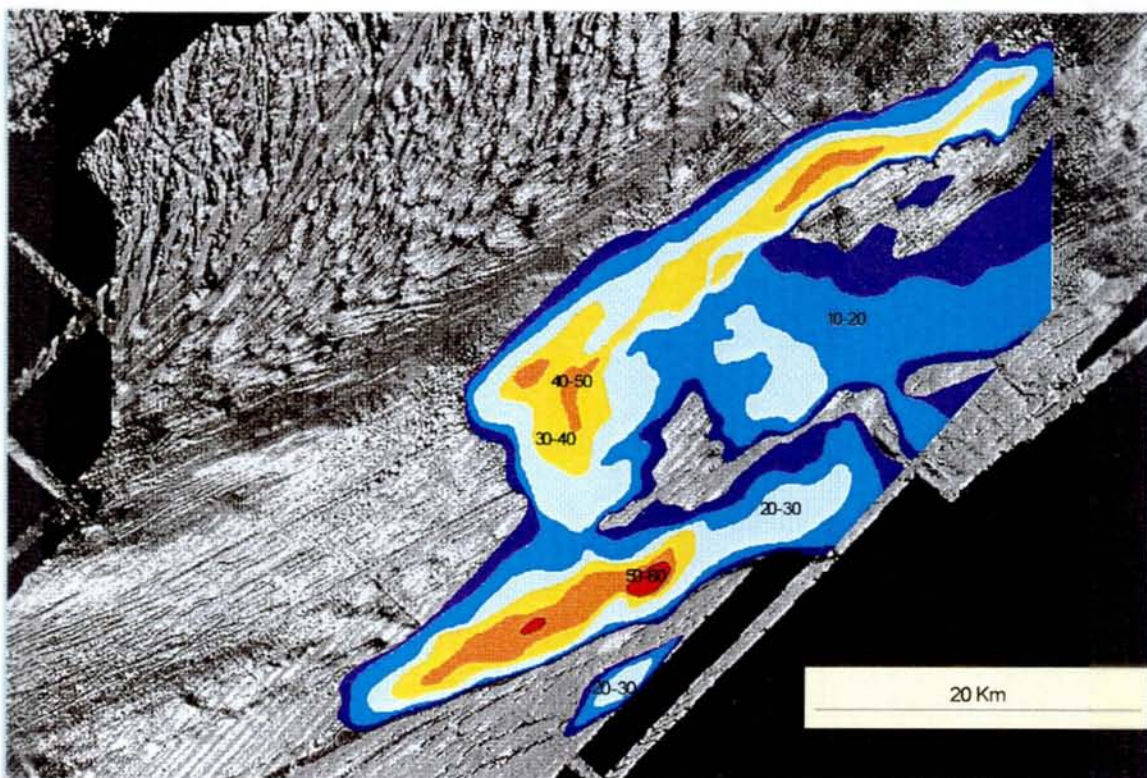


Fig. 6 Mektighet av viftematerialet konturert med 10 millisekund konturintervall. Den brå avgrensningen av viftematerialet i øst skyldes manglende seismiske data i dette området.

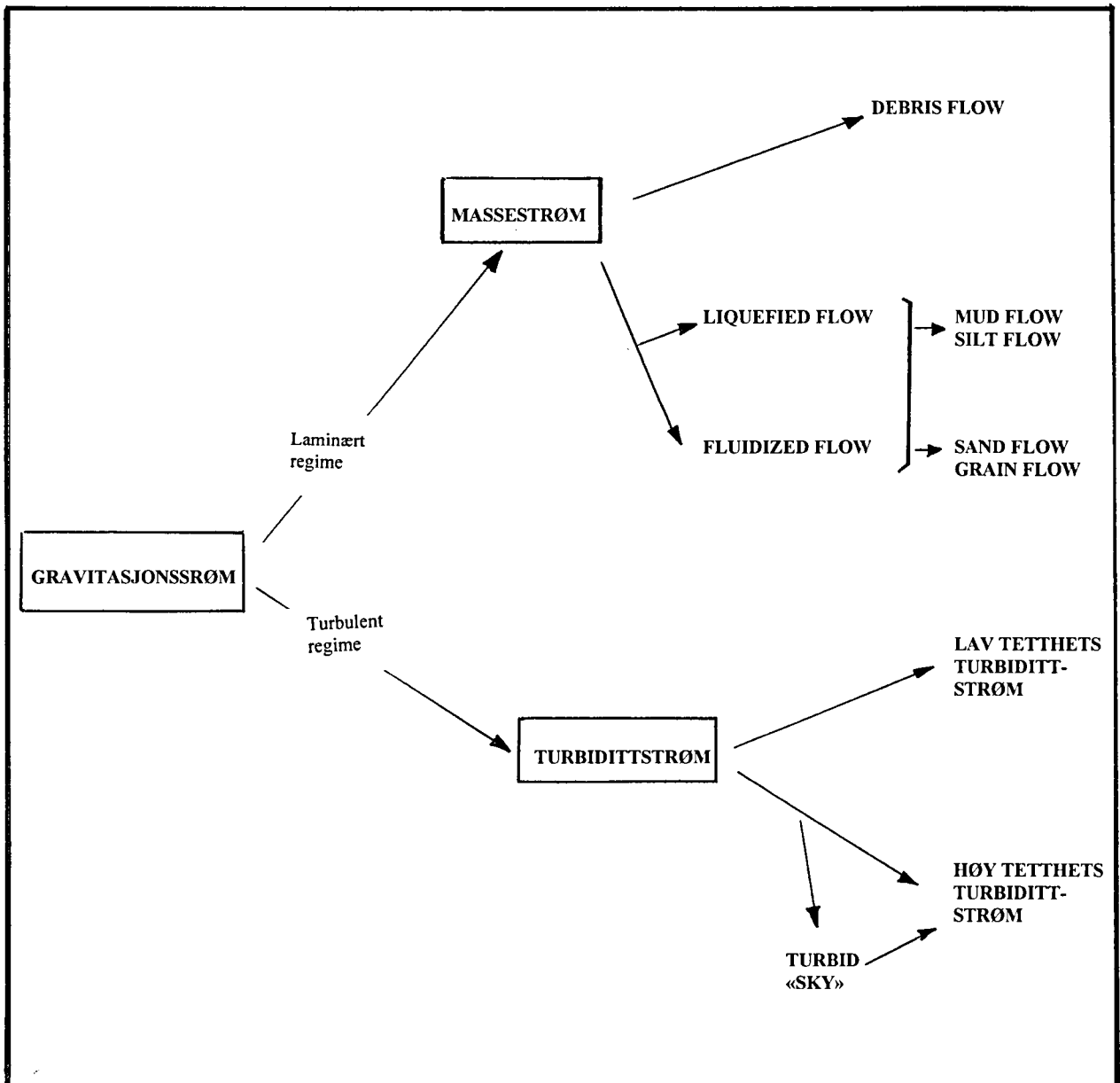


Fig. 7 Klassifikasjon av gravitasjonsstrømmer. Modifisert etter Mulder & Cochnant, 1996.

Vifteavsetningene er innen hele det kartlagte området overlagret med 20 - 50 ms (ca. 15 - 40 m) sedimenter. Direkte på vifteavsetningene ligger en akustisk tydelig lagdelt enhet som består av finkornig glasimarin leire med noe innhold av isfjelldroppet materiale (sand, grus, stein). Over den glasimarine lagpakken ligger den øvre seismiske enheten i Skagerrak. Denne akustisk transparente enheten er tolket til å være Holocen og består av finkornige marine avsetninger (Rise et al., 1996).

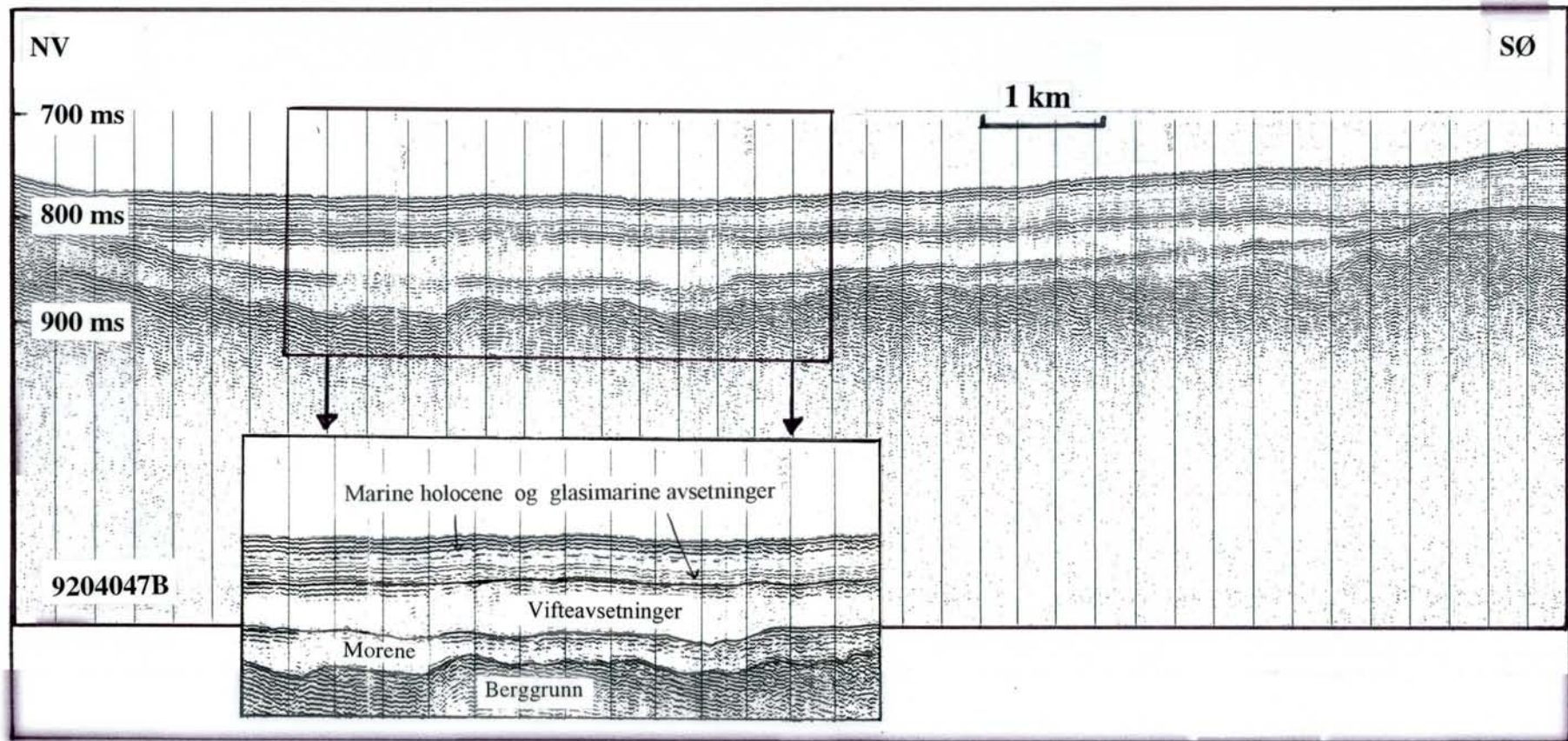
Viftematerialet gir relieff og fyller opp/jevner ut topografiske ujevnheter ved avsetning, mens lagpakken som består av glasimarine og Holocene sedimenter draperer over og bevarer vifteavsetningenes morfologi.

5.2 Viftematerialets utbredelse og mektighet

Utbredelse og mektighet av vifteavsetninger er vist i figur 6. Utbredelsen av vifteavsetningene innenfor det undersøkte området er beregnet til ca. 875 km². Kartet viser avgrensningen for vifteavsetningene mot nord og vest, mens datagrunnlaget i sør, og til dels i øst ikke gjør det mulig å avgrense utbredelsen.

Mektigheter og vertikal skala på refleksjonsseismiske profiler er angitt i millisekund 2-veis gangtid. For å kunne regne om fra millisekund til meter må lyd hastigheten i sedimentene være kjent. Det er ikke målt lyd hastigheter i viftesedimentene som er omtalt i denne rapporten, og det opereres derfor med en antatt lyd hastighet på 1700 meter pr. sekund. Eksempel på omregning fra millisekund til meter når mektigheten er målt til f.eks. 20 millisekund (0.02 sek.) 2-veis gangtid: $1700 \text{ m/s} * 0.02 \text{ s} / 2 = 17 \text{ m}$.

Enheten som danner viftene i indre Skagerrak skiller seg vanligvis klart ut på de refleksjonsseismiske registreringene, og det har vært få problemer knyttet til tolkningen av utbredelse og mektighet. I den østlige delen av sørskråningen er vifteavsetningene relativt tynne og enkelte steder vanskelig å skille fra morene. Sparsomme seismiske data i det samme området har gjort tolkningen usikker her.



Figur 8

Utsnitt av profil 9204047 B som går fra NV mot SØ, viser pakken med viftemateriale slik den fremkommer i dypålen i Norskerenna. Profilet er lokalisert i figur 2.

Utbredelse og mektighet av viftematerialet er i stor grad betinget av paleotopografien (topografien slik den var før viftematerialet ble avsatt) i området. Generelt er vifteavsetningene tynne eller mangler helt i skråninger og over ryggformer, men er akkumulert i forsenkninger.

Mektighetskartet i figur 6 viser at de største mektighetene finnes i SSV, i et oppfylt langstrakt basseng med maksimumsmektighet 55-60 ms (ca. 50 m). I de dypeste delene av Norskerenna er maksimumsmektigheten av vifteavsetninger ca. 45 ms (ca. 35 m). Et område med mellom 20 og 30 ms tykke vifteavsetninger, omtrent midt på kartet, antas å bestå hovedsaklig av masser fra viftesystemene C og D.

Innenfor det kartlagte området, er det skilt ut to arealer hvor viftemateriale mangler helt eller er for tynt til å oppdages på seismikken. Det ene området er i skråningen mellom viftene B og D. Mektighet av viftematerialet over skråningen ved viften A er usikker, men tykkelsen ser ut til å være maksimum 10 ms.

Det andre området uten vifteavsetninger ligger i kartets nordøstlige del, og utgjøres av en svak ryggform med stripemønster. Dette stripemønsteret, som også er tydelig i den vestlige del av det kartlagte området, er langstrakte rygger («flutes») med mer eller mindre konstant høyde (2-7 m) over store områder. Ryggene er løsmasseformer (morene) dannet under is, og ryggenes akser er parallelle med isens bevegelsesretning, som her har vært i sørvestlig retning. I områder med vifteavsetninger blir vanligvis underliggende topografi jevnet ut/kamouflert, og tydelige «flutes» er derfor tegn på at vifteavsetninger mangler. Figur 10 viser «flutes» som er bevart som strukturer på sjøbunnen.

5.3 Volum av viftemateriale

Viftematerialet er kartlagt innen et areal på 875 km², og det er laget et mektighetskart for det samme området (figur 6). Disse målingene danner grunnlaget for volumberegningene av vifteavsetningene. Ved beregning av volum er det brukt en lydshastighet på 1800 meter pr.

sekund for viftematerialet. Innenfor det kartlagte området viser de anslagsvise beregningene at volumet av vifteavsetninger er 16 km³.

5.4 Innbyrdes (relative) aldersforhold mellom vifter

Som nevnt under kapittelet om lagfølge er det observert interne reflektorer i vifteavsetningene som gjør det mulig å tolke et innbyrdes aldersforhold mellom de forskjellige viftene. Figur 4 viser et skyggerelieffkart der bokstaver på viftene viser det relative aldersforholdet.

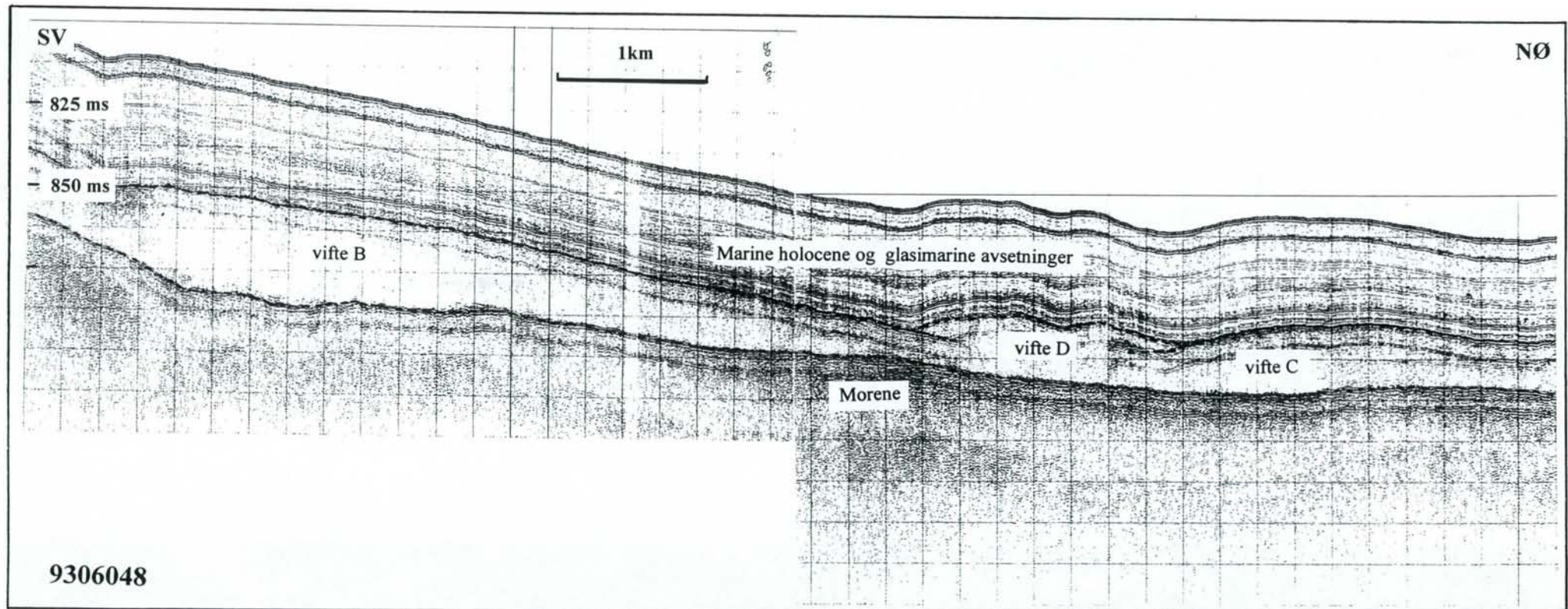
Viftesystemet ved A antas å være eldst, mens vifte D er den yngste. A er antatt å være eldst ut fra morfologi, utbredelse/utseende i skyggerelieffkartet og seismisk tolkning. Figur 9 viser det relative aldersforholdet mellom vifte B og vifte D. Forholdet mellom vifte C og vifte D kommer tydelig fram i figur 12, som viser at avsetninger fra vifte D (den vestligste av de to viftene) ligger over avsetninger fra vifte C.

5.5 Kildeområde for gravitasjonsstrømmer og viftedannelser

Manglende data på dansk side av sørskråningen av Norskerenna og på dansk sokkel gjør at det er vanskelig å tolke kilde/opprinnelse til gravitasjonsstrømmene og viftedannelsen. Dette gjelder både hvilke typer avsetninger som har gitt opphav til gravitasjonsstrømmene, og hvilke typer gravitasjonsstrømmer som har transportert materialet og dannet viftene.

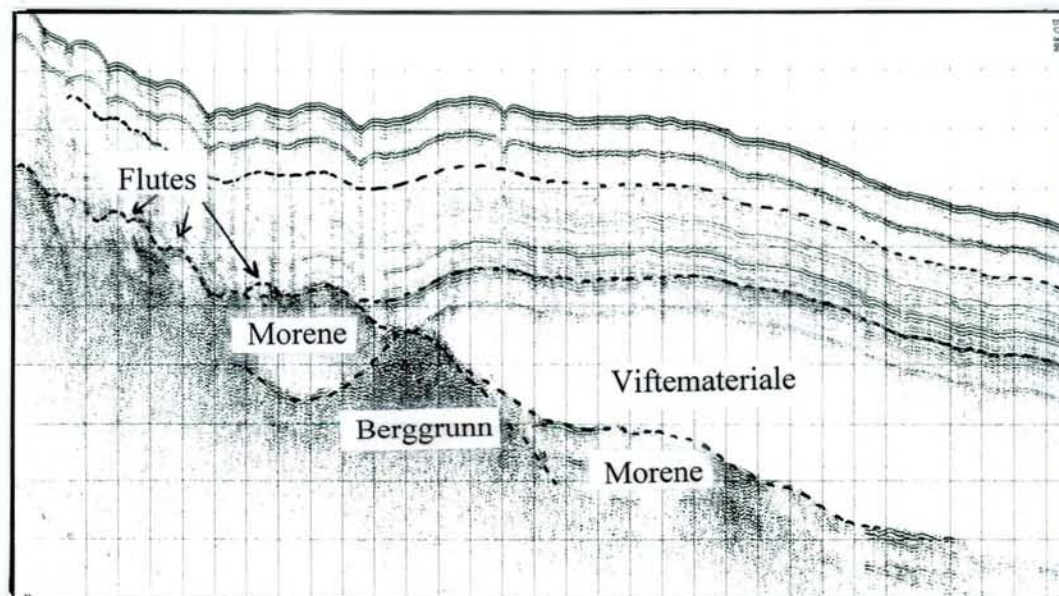
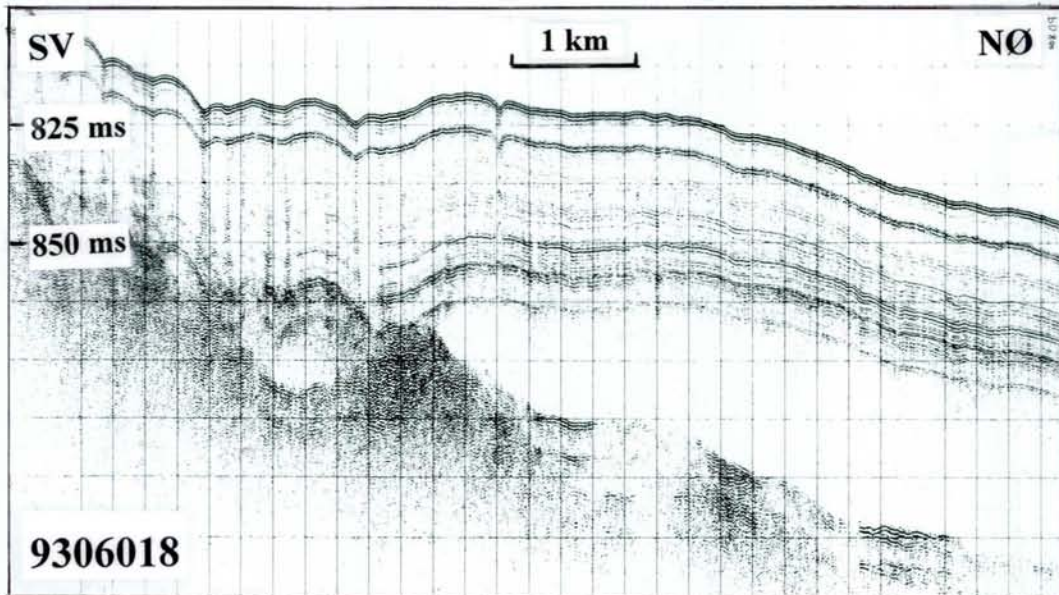
5.6 Viftemorfologi

Ut fra viftemorfologien slik den kommer fram i skyggerelieffkartet (figur 4 og figur 5), er det tydelige forskjeller mellom vifte A og B på den ene siden, og vifte C og D på den andre siden. Viftene A og B har en relativt jevn overflate med langsgående rygger bare i de øvre delene av

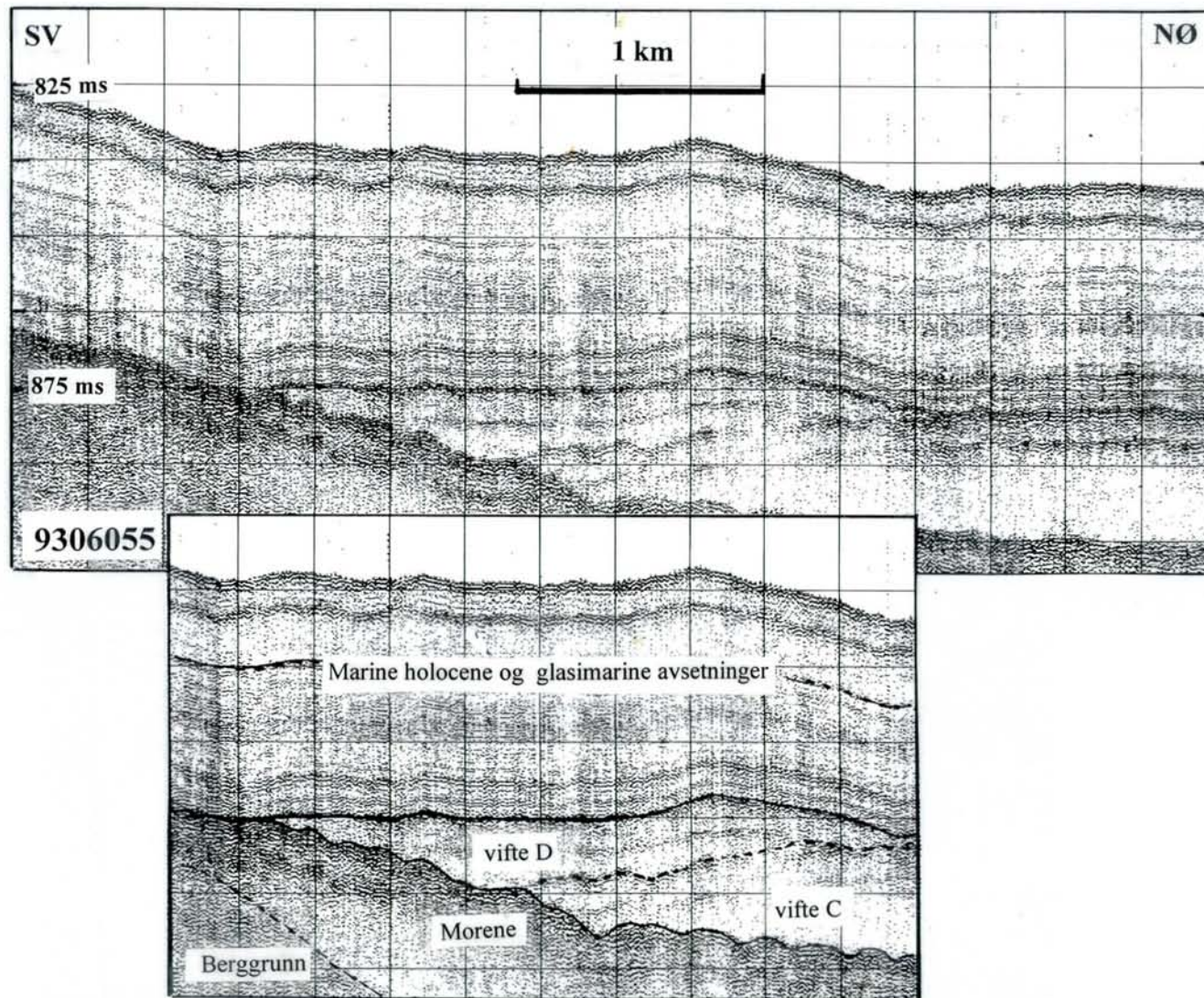


Figur 9

Utsnitt profil 9306048 som går parallelt med sørskråningen i Norskerenna (fra SV mot NØ). Her har viftematerialet positive former, noe som også gjenspeiles på sjøbunnen. Profilet er lokalisert i figur 2.

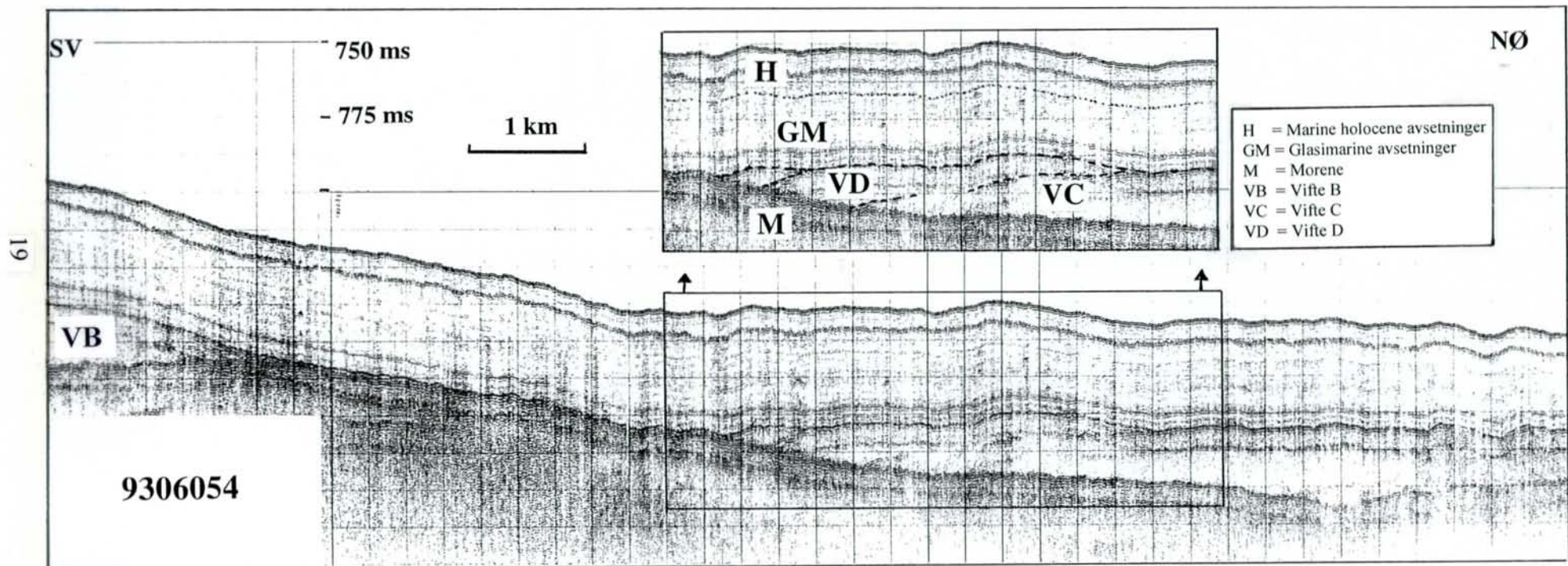


Figur 10
 Utsnitt av profil 9306018 (fra SV mot NØ) viser hvordan viftematerialet kamuflerer og «jevner ut» topografien under. Marine og glasimarine sedimenter draperer over vifteavsetningene. Flutet overflate i den sørvestlige del av profilet gjenspeiles tydelig på sjøbunnen. Profilet er lokalisert i figur 2.



Figur 11

Utsnitt av profil 9306055 (fra SV mot VØ) viser at avsetninger fra vifte D ligger over avsetninger fra vifte C. Profilet viser også hvordan viftematerialet maskerer topografiske ujevnheter, mens pakken med marine og glasimarine avsetninger draperer over slik at viftenes topografi kan gjenkjennes på sjøbunnen. Profilet er lokalisert i figur 2.



Figur 12

Utsnitt av profil 9306054 (går fra SV mot NØ) viser at vifte B i denne delen av området tynner mot NØ, og at vifte D ligger over vifte C. Profilet er lokalisert i figur 2.

viftene. Både vifte A og vifte B har tydelig vifteform i kartbildet. Viftene C og D mangler denne utpregede vifteformen ved at de smalner nederst på viftene. Viftene C og D viser begge nokså kraftig relieff i skyggerelieffkartet. Viftene er generelt slake, med gradienter rundt 1-2°.

6. DISKUSJON

Viftenes morfologi kom svært tydelig fram etter at de batymetriske dataene ble prosessert og kjørt ut som skyggerelieffkart. Haugwitz og Wong (1993) har kalt enheten som tilsvarer vifteavsetningene i Norskerenna for «P3», og tolker enheten til å være en sediment - innfyllingsfasies (sediment fill facies) som består av basal morene dannet i forbindelse med en oppgrunnet is. De tydelige viftene i skyggerelieffkartet viser imidlertid at den seismiske enheten knyttet til disse, er avsetningsformer forårsaket av gravitasjonsstrømmer.

Vifteavsetningenes akustisk lyse og transparente karakter kan tyde på at avsetningene inneholder relativt mye finkornet materiale, men uten prøver er det ikke mulig å karakterisere sedimentet nærmere.

Vifteavsetningenes stratigrafiske beliggenhet over morene og under suspensjonsavsatte glasimarine og marine Holocene avsetninger, tyder på at viftene ble dannet like etter isavsmeltingen i området. Det er ikke observert reflektorer mellom morenen og vifteavsetningene som kan tyde på avsetning av glasimarint materiale før viftene ble dannet. Strukturer i skyggerelieffkartet i den østligste delen av dypålen i Norskerenna tyder på at viftematerialet i dette området er forstyrret. Disse forstyrrelsene skyldes mest sannsynlig is, noe som indikerer at isen lå nær på den tiden viftene ble avsatt.

Ut fra retningen på viftene er det tydelig at kildeområdet for dannelsen må ligge på dansk sokkelområde. En direkte kobling mellom viftene og avsetninger på dansk sokkel er ikke mulig på grunn av at vi mangler data på dansk side av Skagerrak. Haugwitz og Wong (1993), har tolket avsetningene på dansk sokkel i dette området til å bestå av glasigene avsetninger (morene og glasifluviale sedimenter). Det foregikk en tynning av isdekket og en hurtig tilbaketrekking av isen i fra denne delen av Skagerrak for omlag 15000 år siden. Havnivået i

kildeområdet var på denne tiden lavere enn i dag, og store elver drenerte smeltevann i nordlig retning fra det store isdekket i sør. Smeltevannselver førte sannsynligvis store mengder sedimenter ut på sokkelen og skråningen, og tetthetsstrømmer (tyngdestrømmer) dannet direkte fra breelver kan ha gitt opphav til turbiditter og turbidittavsetninger.

Turbidittstrømmer dannet fra hyperpyknale strømmer (tetthetsstrømmer) i elvemunninger er beskrevet av Normark & Piper (1991) og Mulder & Syvitsky (1995). Hyperpyknal strøm er en turbulent sediment-«plume» i en elvemunning som strømmer langs bunnen fordi tettheten i «plumen», på grunn av suspenderte sedimenter, er større enn tettheten i vannmassene den strømmer ut i. Dette er en mulig tolkning når det gjelder dannelsen av viftene A og B. Både morfologien, med relativt jevn overflate og typisk viftefasong, og den store utbredelsen (særlig av vifte B) kan tyde på dominans av turbidittstrømmer. En annen dannelsesmåte for turbidittstrømmer er gjennom transformering av et undersjøisk skred til en tetthetsstrøm. På seismiske registreringer er denne type turbiditter generelt karakterisert av flere, kontinuerlige sterke reflektorer som indikerer lagdelte sandige og slamholdige turbiditter (Mulder & Cochonat, 1996). Denne typen seismisk karakter er ikke observert innen enheten med vifteavsetninger, noe som kan indikere at turbidittavsetningene i området hovedsakelig skyldes stor sedimenttransport via smeltevann og generering av turbiditter fra hyperpyknale strømmer.

I forbindelse med nedsmeltingen og tilbaketrekkingen av isen ble det avsatt store sedimentmengder relativt raskt, noe som sannsynligvis førte til ustabilitet og utglidninger i sedimentene. Viftene C og D tolkes til å være avsatt hovedsakelig fra debris flows. Denne tolkningen er gjort først og fremst ut fra viftenes morfologi, begge har et markert relieff og mangler den typiske viftefasongen som viftene A og B har, og i tillegg synes de å ha en mer begrenset utbredelse, altså en mindre spredning av materiale. Refleksjonsseismiske profiler som går parallelt med skråningen, viser en klar positiv form (linselignende) på debris flow avsetningene (figur 9 og figur 11). Denne typiske linseformen (som fremkommer på tvers av strømretningen) på «debris flow» avsetninger, er rapportert fra Baffin Bay og fra nord-øst Newfoundland skråningen (Aksu & Hiskott, 1989; 1992).

Klassifisering av massebevegelser (i typer utglidninger og typer gravitasjonsstrømmer) er vanskelig av flere grunner, men hovedproblemene er knyttet til alt det som kan skje fra opprinnelsesområdet og triggering av massebevegelse, til avsetningsområdet og avsetning av

materiale. En utglidning i et sediment kan utvikles på mange forskjellige måter. Massene kan transporteres i form av en debris flow, i form av en kornstrøm eller i form av en turbidittstrøm. Sedimenttype (kornstørrelse, konsolideringsgrad m.m) sammen med helningsvinkler, er noen faktorer som bestemmer transportformen. Gravitasjonsstrømmer kan gå over i fra en type til en annen, f.eks. kan en debris flow, under visse forhold, utvikles til en turbidittstrøm (Mulder & Cochnat, 1996). Tolkningen av type gravitasjonsstrømmer og vifteutvikling i indre Skagerrak er gjort ut fra det som synes å være de dominerende prosesser, og viftene kan ha en mer kompleks oppbygging og utvikling enn det som er foreslått ut fra de data som er tilgjengelig.

7. SAMMENDRAG / KONKLUSJON

Vifter dannet fra senglasielle gravitasjonsstrømmer i indre Skagerrak er beskrevet ut fra detaljert batymetri og refleksjonsseismiske data. Viftene går fra dansk side av Skagerrak nord for Hirtshals og ut i de dypeste delene av Norskerenna (ca. 700 m vanddyb). Viftematerialet dekker et areal på ca 875 km², og volum av massene er beregnet til ca. 16 mill m³. Viftene ligger under glasimarine og holocene sedimenter av varierende tykkelse (opp til 50 m), men en svært konform sedimentasjon (fra suspensjon) av disse overliggende sedimentene gjør at viftenes morfologi kommer tydelig fram i skyggerelieffkartet. Seismikken viser at det er flere separate gravitasjonsstrømmer og vifter. Viftene antas å være bygd opp både av turbiditter og debris flow avsetninger. Viftematerialets stratigrafiske beliggenhet over morene og under glasimarine avsetninger, tyder på at viftedannelsen fant sted under og like etter isavsmeltingen i området (for omlag 15000 år siden). Smeltevannselver må på denne tiden ha drenert langs iskanten i Danmark og ut i Skagerrak. Viftene er sannsynligvis dannet av tyngdestrømmer fra disse elvene og fra utglidninger av materiale som ble avsatt langs iskanten og foran munningen av elvene. Den detaljerte morfologiske oversikten sammen med seismostratigrafien gir et godt bilde på utbyggingen av glasielle submarine vifter.

8. REFERANSER

Bøe, R. et al. 1991: Maringeologisk / geofysisk tokt nr. 9101 i Skagerrak 1991, toktrapport.

NGU Intern Rapport 91.014, 9 s.

Haugwitz, W.R. von & Wong, H.K. 1993: Multiple Pleistocene ice advances into the

Skagerrak: A detailed seismic stratigraphy from high resolution seismic profiles. *Marine Geology 111*, 189-207.

Mulder, T. & Syvitski, P.M. 1995: Turbidity currents generated at river mouths during

exceptional discharges to the world oceans. *The Journal of Geology 103*, 285-299.

Mulder, T. & Cochonat, P. 1996: Classification of offshore mass movements. *Journal of*

Sedimentary Research 66, 43-57.

Normark, W.R. & Piper, D.J.W. 1991: Initiation processes and flow evolution of turbidity

currents: Implications for the depositional record. *SEMP Special Publication 46*, 207-230.

Longva, O. & Thorsnes, T. (eds.) 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.

Rise, L. et al. 1996: Thickness, distribution and depositional environment of Holocen

sediments in the Norwegian part of the Skagerrak. *Norges geologiske undersøkelse Bull. 430*, 5-16.

Thorsnes, T. et. al. 1992: Maringeologisk / geofysisk tokt nr. 9204 i Skagerrak 1991,

toktrapport. *NGU Rapport 92.287, 9 s.*