


NGU Rapport 96.138

Geologisk atlas - Skagerrak. Atlas over kvartære
avsetninger, bunnsedimenter, berggrunn og
batymetri i norsk sektor av Skagerrak.

Rapport nr.: 96.138		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geologisk atlas - Skagerrak. Atlas over kvartære avsetninger, bunnsedimenter, berggrunn og batymetri i norsk sektor av Skagerrak.			
Forfatter: Dag Ottesen, Reidulv Bøe, Oddvar Longva, Heidi A. Olsen, Leif Rise, Jan R. Skilbrei, 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: 55	Pris: 435,-
		Kartbilag: 18	
Feltarbeid utført: 1991-1995	Rapportdato: 20.04.97	Prosjektnr.: 2301.39/ 2301.41	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag: Skagerrak-prosjektet har vært en integrert studie av geologi, hydrografi, miljøkjemi og mikrofossil-økologi. Gjennom samarbeid mellom flere norske og to nordiske institusjoner er det i perioden 1991 til 1995 innsamlet flatedekkende batymetri, grunnseismikk og bunnprøver. De deltagende institusjonene har vært: Norges geologiske undersøkelse, Havforskningsinstituttet, Statens Kartverk- Sjøkartverket, Statens Forurensningstilsyn, Norsk Polarinstitut, Oljedirektoratet, Universitetene i Bergen, Gøteborg og Oslo og Laboratoriet i Risø.</p> <p>Denne rapporten gir en oversikt over tilgjengelig informasjon om kvartære avsetninger, bunnsedimenter, berggrunn og batymetri, sammenstilt i målestokk 1: 1 million (A3-format). Kartmaterialet kan også leveres på digital form (ArcInfo,Sosi-format).</p> <p>Det er utarbeidet en referanseliste over alle publikasjoner og rapporter som er skrevet i løpet av prosjekt-perioden.</p> <p>Følgende kart er framstilt i rapporten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Batymetri 2. Flatedekkende batymetri (skyggerelieff) 3. Seismiske linjer 4. Prøvestasjoner 5. Dyp til berggrunn 6. Berggrunnsgeologi 7. Kvartærgeologi 8. Total mektighet av kvartære sedimenter 9. Mektighet av avsetninger eldre enn Weichsel maksimum 10. Mektighet av bløte sedimenter 11. Mektighet av glasimarine sedimenter 12. Mektighet av Holocene sedimenter 13. Tolkede seismiske profiler 14. Mektighet og morfologi av senglasiere rasavsetninger 15. Sjøbunns morfologi 16. Grunn gass og pockmarks 17. Bunntyper 18. Sedimentasjonshastighet 			
Emneord: Maringeologi	Batymetri	Overflatesediment	
Sedimentologi	Sedimentasjonshastighet	Berggrunnsgeologi	
Morfologi	Stratigrafi	Kvartærgeologi	

INNHold

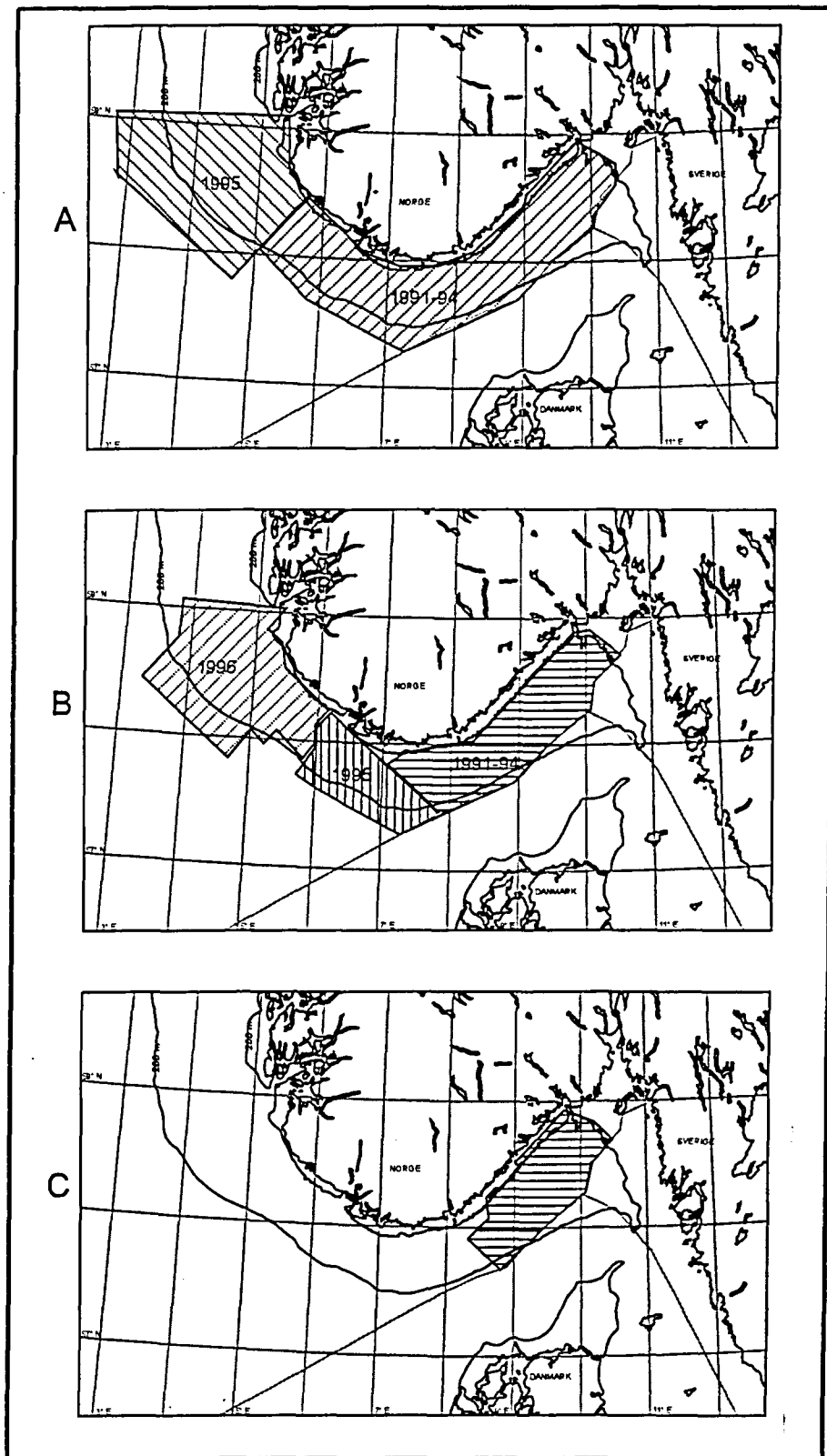
1. INNLEDNING.....	4
2. SUMMARY IN ENGLISH.....	7
3. KART.....	14
1. Batymetri.....	15
2. Flatedekkende batymetri (skyggerelieff)	17
3. Seismiske linjer	19
4. Prøvestasjoner	21
5. Dyp til berggrunn	23
6. Berggrunnsgeologi.....	25
7. Kvartærgeologi.....	27
8. Total mektighet av kvartære sedimenter	29
9. Mektighet av sedimenter eldre enn Weichsel maksimum.....	31
10. Mektighet av bløte/løse sedimenter	33
11. Mektighet av glasimarine sedimenter	35
12. Mektighet av holocene sedimenter.....	37
13. Tolkede seismiske linjer.....	39
14. Rasavsetninger	41
15. Sjøbunns morfologi.....	43
16. Grunn gass og gassutsivingsgroper.....	45
17. Bunntyper.....	47
18. Sedimentasjonshastighet.....	49
4. PUBLIKASJONER - SKAGERRAK-PROSJEKTET	52

1. INNLEDNING

Skagerrak-prosjektet (1991-1995) har vært en integrert studie av geologi, hydrografi, kjemi og mikrofossiløkologi i norsk sektor av havområdet Skagerrak samt området i Norskerenna vest for dette, til ca. 5° øst (utenfor Egersund), se figur 1. Gjennom samarbeid mellom norske og to nordiske institusjoner, er det i perioden 1991 til 1995 innsamlet og bearbeidet flatedekkende batymetri, grunnseismikk og bunnprøver. De deltagende institusjonene har vært: Norges geologiske undersøkelse (NGU), Havforskningsinstituttet (HI), Statens Kartverk-Sjøkartverket (SKSK), Statens Forurensningstilsyn (SFT), Norsk Polarinstitut (NPI), Oljedirektoratet (OD), Universitetene i Bergen, Göteborg og Oslo og Laboratoriet i Risø.

Hovedresultatene fra Skagerrak-prosjektet er beskrevet i hovedrapporten «Skagerrak in the past and at the present - an integrated study of geology, hydrography, chemistry and microfossil ecology» (Longva & Thorsnes, 1997). Rapporten tar for seg berggrunnsgeologi, kvartærgeologi, fra gamle sedimenter til dagens sedimentære miljø på bunnen av Skagerrak; de kjemiske forhold i bunnsedimentene, både innholdet av tungmetaller og organiske miljøgifter og miljøforandringer over tid basert på mikropaleontologi. I hovedrapporten er mange kart presentert i ulike målestokker. For å få en enhetlig presentasjon har vi i denne rapporten til tross for forskjellig datagrunnlag laget kartene i målestokk 1: 1 million (A3-format). I denne rapporten presenterer vi også kart som ikke er tatt med i hovedrapporten. Alle kartene finnes i digital form.

Det er utarbeidet en referanseliste over alle rapporter og publikasjoner som er skrevet i løpet av prosjektperioden. Det er også flere publikasjoner under utarbeidelse basert på de ulike datasettene.



Figur 1. Kart over de ulike datasettene innsamlet i Skagerrak-prosjektet. A) Grunnseismikk. B) Bunnprøver. C) Flatedekkende batymetri.

Map showing the different data sets collected during the Skagerrak-project: A) Shallow seismic B) Sea bed samples C) Swath bathymetry.

2. SUMMARY IN ENGLISH

The Skagerrak Project has been an integrated study of the geology, hydrography, chemistry and ecology of the Norwegian Skagerrak. Over the period 1991 - 1995 shallow seismic, swath bathymetry and sea bed cores were collected and interpreted, with participation from the following institutions: the Geological Survey of Norway, the Institute of Marine Research, the Laboratory of Risø, the Norwegian Hydrographic Service, the State Pollution Control Agency and the Universities of Bergen, Gothenburg and Oslo.

The main results from the Skagerrak Project are presented in Longva & Thorsnes (1997) and Bøe & Thorsnes (1996). To attain a similar presentation of the various maps, we have compiled this atlas with maps in scale 1: 1 million in A3-format; data sources and data density are different from map to map.

A reference list covering all the publications and reports produced during the project period is presented. Several other publications are also in preparation.

Three different data sets constitute the basis for the 18 maps presented in the atlas: 1) Shallow seismic, 2) Swath bathymetry, and 3) Sea bed cores. Integration of the data sets has been an important aspect of the study.

In the following, a short review of the content of the different maps in the atlas is given.

Map 1 Bathymetry

Generally, the depth conditions in the Skagerrak and the surrounding areas have been poorly known. In this map, we have combined the detailed swath bathymetry data with other available bathymetric data sets within the area. The contour interval is 50 m. The map is compiled from various sources with different scales and precision, and must thus be considered an overview map.

Map 2 Swath bathymetry (shaded relief map)

During the project period (1991-95) the Norwegian Hydrographic Service has collected swath bathymetry data in most of the Norwegian part of the Skagerrak. The data cover an area of about 8 000 km² and water depths between 100 m and 700 m. The data have been collected using a multibeam echosounder (Simrad EM-100). The map shows an overview of the sea bottom morphology. Production of the map involved generation of a digital elevation model

and an artificial shaded relief image. The original bathymetric database (50 m grid or better) is held by the Norwegian Hydrographic Service.

Map 3 Seismic lines

During six cruises in the project period (1991-95), about 20 000 km of shallow seismic profiles were collected. The profiles are either located in a regional grid (mostly 10 km spacing between the lines) or were collected simultaneously with the swath bathymetry data acquisition. These profiles are generally oriented parallel to the depth contours. The distance between these lines is between 150 m and 1 km. The energy sources were sleeve guns (5-40 in³); depth coverage up to 1 second twt - two way travel time) and a high resolution Geopulse boomer system covering the upper strata. The data from 1995 in the area between Egersund and Stavanger (Figure 1) have not been utilised during the interpretation and preparation of the maps of the different seismic units and will be reported upon later.

Map 4 Sea bed samples

Undisturbed cores were collected at 268 stations during five cruises between 1991 and 1996 using Niemistø corer (1991-93) or Multicorer (1994-1996). Most of the cores are shorter than 50 cm, and have a core diameter of 59 mm. Various analyses were performed on the sediments, e. g. age determination, organic and inorganic chemical analyses, geotechnical analyses, physical properties, and grain size and microfossil analyses. The data from the 1995 and 1996 cruises were not included in the Skagerrak Project and will be reported upon later.

Map 5 Depth to bedrock

The map presents depth to bedrock in milliseconds twt. The map shows large scale form elements of the bedrock surface, e.g. major glacial trenches. Interpreted seismic cross sections are presented in Map 13. The slope of the bedrock surface is generally steeper towards the Norwegian coast than towards Denmark. In the Norwegian trench, south of Egersund, a ridge of hard crystalline rocks protrudes above the generally deeper sedimentary basal units. The deepest part of the bedrock surface (750 m below sea surface) is located about 50 km southeast of Arendal.

Map 6 Bedrock geology

The map is mainly based on the regional bedrock map of Norway and adjacent ocean areas in scale 1:3 million (Sigmond 1992). Northeast of Kristiansand, the map is, however, modified according to the new seismic and bathymetric data. Precambrian gneisses extend 10-20 km out from the Norwegian coast, except between Egersund and Lista, where a basin of Mesozoic

rocks occurs very close to the coast. The basin is bordered to the southwest by a ridge of crystalline rocks extending about 50 km from the coast in a southerly direction. East of Kristiansand, Palaeozoic sedimentary rocks overlie Precambrian gneisses. The Palaeozoic rocks are overlain by Mesozoic and Cainozoic rocks.

Map 7 Quaternary geology

The map shows the sediments near the sea-floor. Holocene marine clay is deposited over most of the Norwegian Trench and dominates the map. On the upper parts of the southern slope of the Norwegian Trench two areas of sandy sediments occur: the eastern area contains active sand waves, while the westerly area contains relict sandwaves from late Pleistocene/early Holocene. Late Weichselian glaciomarine clays occur in large parts of the area (see map 11), but are mostly covered by Holocene sediments. However, these sediments outcrop in an area where Holocene sediments are absent in the southern slope of the Norwegian Trench. Glaciomarine sediments are also outcropping along the southwestern and northeastern slope of the Norwegian Trench between Mandal and Egersund. The southwestern slope of the Norwegian Trench is covered by acoustic structureless sediments that are possibly till. The proposed till is partly covered with a thin layer of sediments, both fine sand and more fine-grained material. The sediment cover in the northern slope of the Norwegian Trench has considerably variable sediment composition, and the sediments are often located in small depressions.

Map 8 Total thickness of Quaternary sediments

The Quaternary sediments comprise pre-Late Weichselian sediments (till and glaciomarine/marine sediments), Late Weichselian sediments (till and glaciomarine/marine sediments) and Holocene sediments (mainly clay, silt and sand).

Except for in the «Arendal terrace», (for further details see map 9), the thickness of Quaternary sediments is generally less in the eastern part than in the western part of the investigated area.

Thick units of till, both of Weichselian age and older, are present in the western part of the area. The old till units are eroded west of Hidrafjella, where basement rocks protrude in the central part of the Norwegian Trench, south of Egersund-Lista. Above the old sediments, thick layers of glaciomarine/marine sediments occur, with a maximum sediment thickness of more than 300 milliseconds (ms). In the southern part of the Norwegian Trench southwest of Mandal, thick units of till or unspecified sediments are deposited with a maximum thickness of more than 200 ms.

Map 9 Thickness of pre-Late Weichselian sediments

The map shows the location and thickness of pre-Late Weichselian sediments:

1. The «Arendal Terrace» (60 x 15 km²), comprising mainly horizontally layered sediments interpreted as glaciomarine/marine deposits with a maximum thickness of 250-300 ms (250 m). The «Arendal terrace» is interpreted as an erosional remnant of an extensive unit of pre-Late Weichselian sediments that was largely removed during the Weichselian maximum.
2. Two seismic units (maximum thickness 250 m (250 ms)), interpreted as till units, occur on the northern slope of the Norwegian Trench, off Egersund.
3. A large area with older Quaternary deposits is located in the southwestern part of the Norwegian Trench and in the Norwegian trench south of Lista and Mandal. These sediments represent several seismic units with different seismic signatures that reflect different properties and origin. The maximum thickness of these sediments is 200 ms.

Map 10 Thickness of soft sediments

This map shows the thickness of normally-consolidated clays and loosely packed silt/sand interpreted to be normally or poorly consolidated. This includes the sediments overlying till and/or unspecified sediments, old Quaternary deposits and bedrock. In most of the mapped area, the sediments are acoustically layered or acoustically transparent. The sediments in the submarine avalanche deposits (Map 14) are probably also normally consolidated, but these deposits are not included in the presented map.

Southwest of the north-south-trending ridge of crystalline rocks west of Egersund (Hidrafjellene), two seismic units interpreted as glaciomarine sediments are included in the map. Maximum thickness of soft sediments in this area reaches more than 200 ms.

Map 11 Thickness of glaciomarine sediments

A thick unit of glaciomarine sediments were deposited during and after the deglaciation of the Skagerrak basin (ca. 15 000 - 10 000 years B.P.).

The thickness of the glaciomarine sediments is greatest in the southern part of the Norwegian Trench, between 7° E and 9° E, reaching more than 100 ms. South of Egersund the greatest thicknesses (up to 100 ms) are located in the deepest parts of the Trench. In the southern slope

and on the flank of the Norwegian Trench west of 7°30' E, there is a large area without glaciomarine deposits.

Map 12 Thickness of Holocene sediments

The thickest Holocene deposits occur in the eastern part of the Skagerrak. In the central part of the Norwegian Trench east of Lista, the Holocene soft clay is 10-20 ms thick, while further west it is generally less than 10 ms thick. On the northern slope of the trench, east of Mandal, the thickness varies between 20 ms and 40 ms. West of Mandal, on the northern slope, Holocene sediments occur only within local basins.

On the steepest part of the southern and southeastern slope of the Norwegian Trench, and along the northern part of the plateau south of the trench, the Holocene unit is absent. This area of erosion/non-deposition extends east-northeast for about 100 km, and terminates in a narrow trench in the easternmost part. East and northeast of the area of erosion/non-deposition, up to 130 ms of Holocene sediments occur. On the plateau south of the Norwegian Trench the Holocene sediment thickness increases towards the east-southeast to a maximum of 60-70 ms near the median line between Norway and Denmark.

Map 13 Interpreted seismic cross sections

Eight interpreted seismic cross sections (A-H) are presented together with the Quaternary map. The cross sections are aligned perpendicular to the axis of the Norwegian Trench. The Quaternary map (Map 7) is here presented only to locate the profiles.

Map 14 Morphology and thickness of late glacial avalanche deposits

The map shows a complex of submarine fans, formed by sediments flowing downslope from the upper part of the southern slope of the Norwegian Trench. Channels and levee systems can clearly be visible. An isopach map of the fan deposits is shown.

Map 15 Sea floor morphology

Shaded relief image of multibeam echosounder data reveal a number of geological features. Large structural elements in the bedrock are also evident where the Quaternary sediments are not too thick. Eight close-ups of the image focus on different geological features, e. g. flutes, drumlines, pockmarks, sand waves, glaciotectonic hill-holes, crags and tails, plastic forms, iceberg scours and submarine fan complexes.

Map 16 Shallow gas and pockmarks

The distribution of shallow gas has been mapped from seismic profiles, where acoustic blanking on high frequency seismic records may occur. Shallow gas has been mapped in four areas in the Norwegian part of the Skagerrak. Southeast of Langesund and in the southeastern slope of the Norwegian Trench towards Denmark, the acoustic blanking reaches the sea bed or close to it, and gas seems to be evenly distributed in the sediments.

In the southern slope, further to the west, the acoustic blanking becomes less distinct and the distribution of gas seems to be more discontinuous in the upper layers of the sea-bed. The gas is associated with various types of old Quaternary deposits. Pockets of gas in sandy sediments may exist. Acoustic blanking in Mesozoic sedimentary rocks in the Norwegian Trench is presumably caused by petrogenic gas.

Pockmarks are circular or elongate depressions in the bottom sediments formed by seeping of gas or fluids from the underlying sediments or bedrock. In the Skagerrak, we have identified the pockmarks from the swath bathymetric data set. The depressions vary from 50 m up to several hundred meters in diameter, and can reach depths up to 16 m. More than 90 % of the pockmarks occur in sediments above Mesozoic sedimentary rocks.

In the western area, the occurrence of pockmarks has been digitised from two fishery plotting charts (5704-1 and 5804-3), based on side-scan sonar data published by the Norwegian Hydrographic Service. Between 6° 30'E and 8° 20'E, lack of data has precluded mapping of pockmark features.

In addition to the circular pockmarks, an area of very large and deep elongated depressions, approximately half of which coalesces with the gas blanking area, is located in the southeastern slope.

Map 17 Sea-bed sediments

Grain size analyses show that the sea bed sediments over large areas in the Norwegian Trench and along its northern slope consist of homogeneous silty clay (with a clay content of 50-75 % and generally less than 2 % sand). Sediments on the plateau along the Norway-Denmark median line are dominated by fine and very fine sands, which become coarser at shallower water depths towards the southeast; in the southeastern sector fine and very fine sand constitute up to 80 % of the sediments, while silt and clay comprise approximately 10 % each.

Map 18 Sedimentation rates

The map presents sedimentation rates measured by a number of authors and institutions (Bøe et al. 1996 and references therein). The data were combined with the map of Holocene sediment thickness and distribution and with sea-bed sediment descriptions to synthesize a map of sedimentation rates. The majority of the sedimentation rates have been obtained by the ^{210}Pb method.

Sedimentation rates in the Norwegian Trench and on the plateau along the Norway-Denmark median line are generally 10-20 cm/100 years and increase to more than 30 cm/100 years in the southeastern parts of the investigated area. Areas of sedimentation rates higher than 50 cm/100 years are located on the southeastern and eastern slope of the Norwegian Trench.

3. KART

Mange av de 18 kartene som er presentert i atlaset har beslektede innhold. Dette har gjort at vi omtaler forhold som er felles for mange av kartene først.

Tre datasett har dannet grunnlag for de fleste kartene i atlaset: **1)** Seismiske profiler (kart 3) samt tolkningen av disse, **2)** Detaljbatymetriske målinger (kart 2) og **3)** Bunnprøver. En begrensning for å få fullgod kjennskap til geologien på sjøbunnen har vært avstanden mellom de regionale seismiske linjene (5-15 km), og tolkning mellom linjene har vært vanskelig i områder med komplisert geologi. Den flatedekkende batymetrien i østlige del av det kartlagte området har både styrket tolkningen av de seismiske dataene og gitt en tredimensjonal forståelse av de geologiske strukturene.

Seismisk tolkning. Ti av kartene baserer seg hovedsaklig på tolkning av grunnseismiske profiler (refleksjonsseismikk). Lyd som sendes ut i pulser fra lydkilder som slepes bak båten, reflekteres fra bunnen og lag/laggrensener under. De reflekterte signalene mottas av en hydrofon (lyttekabel) som slepes bak båten, og registreres på skrivere ombord som viser hvordan lydimpulsen to-veis gangtid varierer med klokka (det vil si posisjonen). En ser dermed hvordan dypet (målt i tid) til forskjellige lagflater under bunnen endrer seg, og hvordan det interne lydmonsteret (den akustiske karakteren) i de forskjellige lagene er. Tolkingen av avsetningsmiljø og geologiske prosesser er basert på disse lydbildene.

En toveis gangtid på 100 millisekund (ms) tilsvarer en mektighet på 100 m når gjennomsnittlig lydshastighet i sedimentene er 2000 m/s, og 75 m når hastigheten er 1500 m/s.

Posisjonen til båten er bestemt med satellittnavigasjon med differensielle korreksjoner fra målestasjoner på land (DGPS).

Penetrasjonsevnen til lydimpulsen (evnen til å trenge ned i løsmasser/bergarter) avhenger av energien, men også av geologiske forhold. Lydimpulsen vil generelt forplante seg lettest gjennom normalkonsoliderte finkornige sedimenter. Hard morene og tett sand/grus er vanskelig å penetrere med en høyfrekvent seismisk kilde som for eksempel *Geopulse*. Det er sjelden at en ser lag dypere enn sjøbunnsmultippelen. Sjøbunnsmultippelen er 2. gangs refleksjon fra havbunnen, og i de grunne områdene i sør kommer denne så høyt at den delvis maskerer nederste del av den kvartære lagpakken.

Den vertikale oppløsningen /detaljeringsgraden avhenger hovedsaklig av type signalkilde, men også hvordan utstyret taues samt værforhold har stor betydning for resultatet. De seismiske signalkildene som ble benyttet i Skagerrak har registreringer med vertikal oppløsning på 5-10 ms.

Mektighet av sedimentene og dyp til lagflater er angitt i millisekund to-veis gangtid på kartene. Ved omregningen til meter antas følgende lydshastigheter å gi noenlunde korrekt mektighet:

Vann	1480 m/s
Marint/glasimarint <100 ms mektighet	1600 m/s
> 100 ms mektighet	1650 m/s
Ras avsetninger	1650 m/s
Morene	1800 m/s
Gamle kvartære avsetninger	2000 m/s

KART 1

BATYMETRI

KART 1 BATYMETRI

Generelt sett har dybdeforholdene i Skagerrak vært dårlig kjent. Ut fra dette faktum ble det framstilt et oversiktlig batymetrisk kart over undersøkelsesområdet med 50 meters dybdekonturer. Kartet er laget på grunnlag av flere kilder med ulike målestokker og følgelig nøyaktighet:

1. *Østre Skagerrak, norsk sektor. Kotene er generalisert manuelt fra Sjøkartverkets detaljbatymetriske datasett (se kart 2).*
2. *Vest for Kristiansand. Sjøkartverkets fiskeriplottkart Egersundbanken (5704-1) og Revet N Indrebanken (5804-3), målestokk 1: 100 000. Utenfor områdene som er dekket av fiskeriplottkartene er konturene trukket etter dybdemålingene gjort langs de seismiske linjene på tokt 9401 og tokt 9503 (se kart 3).*
3. *Langs kysten fra Jæren i vest til Stavern i øst: Hovedkartserien fra Sjøkartverket er benyttet. Dette er karter i M 1: 50 000, som oftest er basert på gamle loddinger, slik at det er få dybdeopplysninger på kartene.*
4. *Dansk/svensk sektor:*
 - a. *Dansk sjøkart 92 - Skagerrak. M 1: 360 000. Kort- og matrikelstyrelsen, Danmark.*
 - b. *Svensk sjøkart 93- Skagerrak, østra delen. M 1: 200 000. Kungl. Sjøkartverket, Stockholm, 1945.*

Det variable datagrunnlaget gjør at kartet må betraktes som et grovt oversiktskart uegnet for navigasjon og det bør ikke brukes i store målestokker.

Den dominerende formen i Skagerrak er Norskerenna. Dette er en iserodert renne/trau som starter i de indre delene av Skagerrak. Den følger kysten av Sør-Norge og videre langsetter Vestlandet i nordlig retning og munner ut i Norskehavet utenfor Nordfjord.

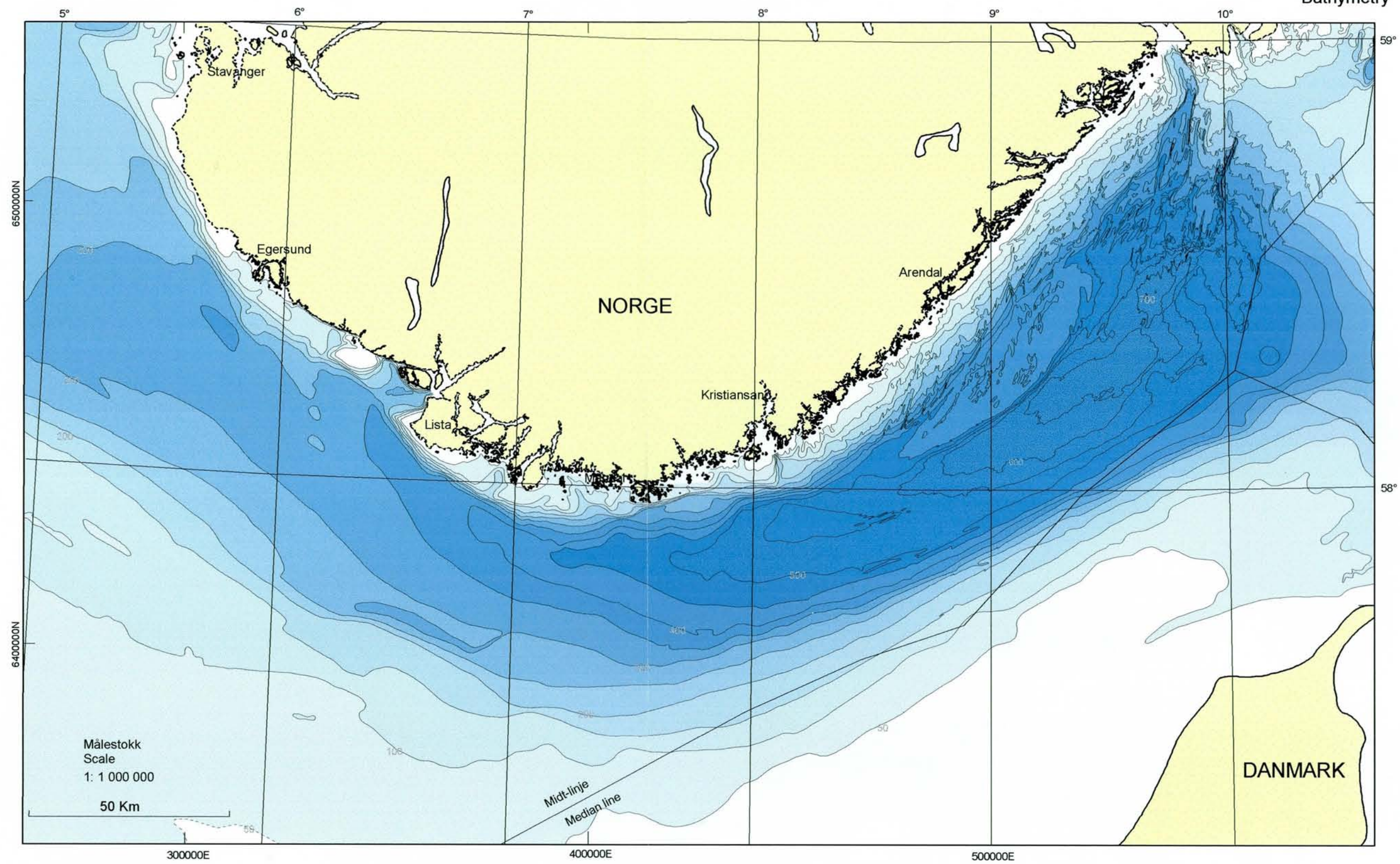
Norskerenna er på sitt breieste (ca. 80 km) i de indre delene av Skagerrak, og når her også sitt største vanddypp på litt over 700 m. Ei grein av Norskerenna strekker seg i sør-østlig retning mot Kattegat. Mot vest smalner Norskerenna, og dypålen nærmer seg kysten, og utenfor Lista ligger den dypeste delen bare 5-10 km fra kysten. Norskerenna er smal mellom Egersund og Stavanger hvor den ligger relativt langt fra kysten og blir på sitt grunneste ca. 280 m utenfor Jæren.

Norskerenna i Skagerrak er et asymmetrisk basseng, med en uregelmessig, «knudrete», bratt nordskråning mot Norskekysten, og en slakere og jevnere sørskråning. Nordskråningen har generelt en helning på 2-3°, og bunnen er oppdelt av mange dype renner. Utenfor Arendal ligger en terrasse på ca. 400 m vanddypp, ca. 15 km fra land. Den er ca. 60 km lang, parallell med kysten, og 15 km bred. Overflata er uregelmessig, og terrassen har en bratt, opptil 150 m høy skråning ned mot de dypeste delene av Norskerenna.

Sørskråninga av Norskerenna har oftest en gradient på ca. 1° under 250-300 m vanddypp, og mindre over. Skråninga har en gradvis overgang til et slakt hellende platå mot danskekysten på ca 250 m vanddypp.

Østskråningen er delvis parallell med svenskekysten, og er oppdelt av flere dype renner. Den største, Langesundrenna, består av flere renner med rygger imellom. Sidene på renna er bratte og kan være over 300 m høye. De dypeste delene av Norskerenna har en nesten flat bunn som stiger slakt i sørvestlig retning.

Ute i Norskerenna, ca. 30 km fra kysten mellom Lista og Egersund, finner vi «Hidrafjellene». Dette er flere topper av hardt fjell som stikker opp over den flate sedimentbunnen i Norskerenna. Mens bunnen av Norskerenna i dette området normalt ligger på 300-350 m vanddypp, stikker «Hidrafjellene» opptil 60 m opp over sedimentbunnen. De høyeste toppene ligger på ca. 260 m vanddypp.



KART 2 FLATEDEKKENDE BATYMETRI
(Skyggerelieff)

KART 2 FLATEDEKKENDE BATYMETRI (Skyggerelieff)

I perioden 1991-1995 utførte Sjøkartverket en detaljbatymetrisk kartlegging i et 8000 km² stort område øst for Kristiansand. Simrads EM-100 multistråleekkolodd ble benyttet ved kartleggingen. Et multistråleekkolodd er et akustisk instrument som kartlegger en relativt bred stripe av sjøbunnen under oppmålingsfartøyet, og hvor overlapp mellom målelinjene sikrer en arealdekkende kartlegging. EM-100 ekkolodd har en frekvens på 95 kHz og en dybderekkevidde på ca. 700 meter.

For at bredden som dekkes av hver profillinje skal være så konstant som mulig, er det fordelaktig at profillinjene legges langs dominerende trekk av sjøbunnen, og ikke på tvers. Under innsamlingstoktene seilte båten parallelt med dybdekontene, for det meste i sørvestlig/nordøstlig retning. I enkelte områder er det et visst stripemønster på skyggerelieffkartene langs denne retningen, noe som indikerer små dataavvik (mangelfull kalibrering) mellom nabolinjjer.

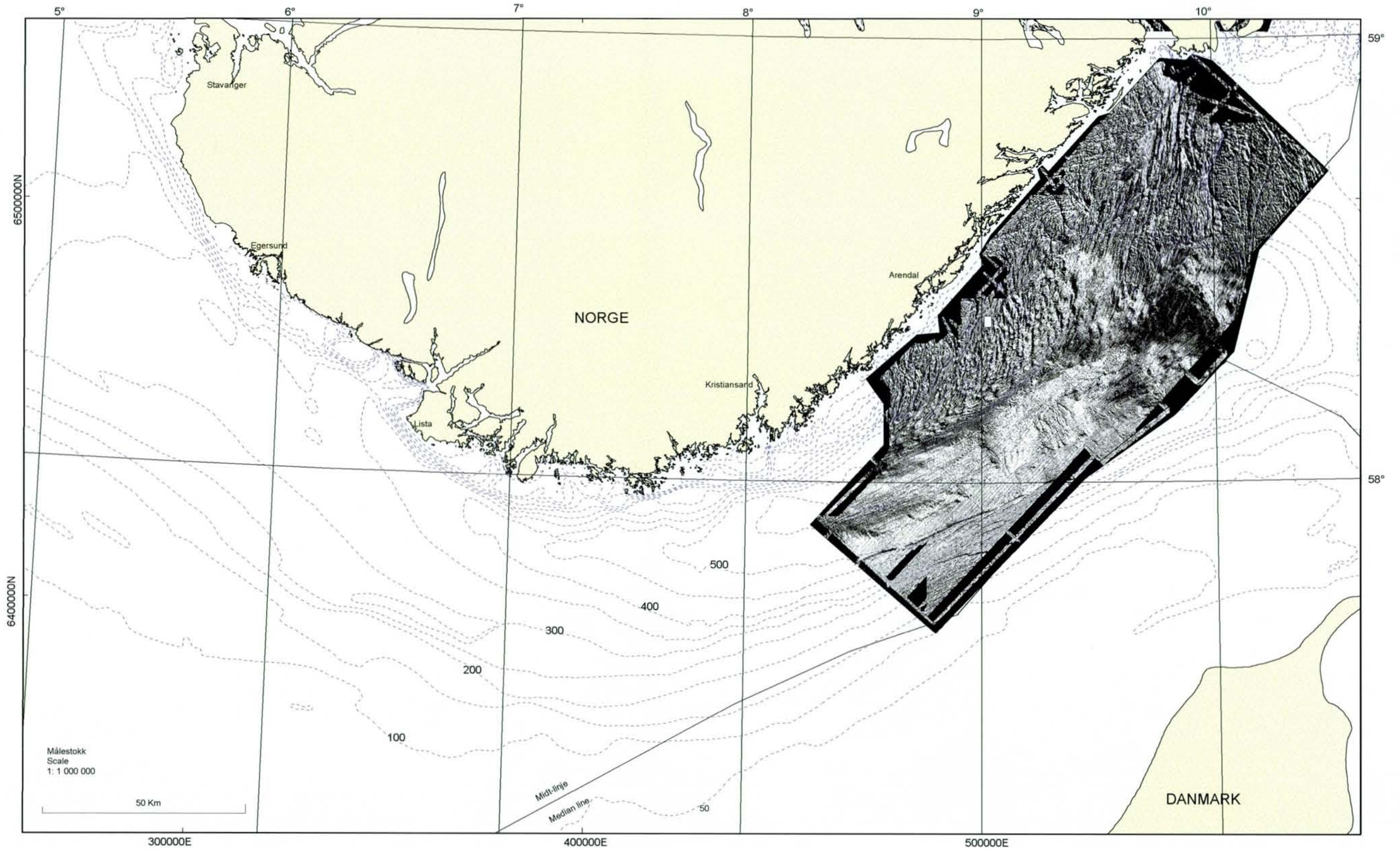
Fra de batymetriske dataene fra Sjøkartverket er det produsert et grid med 50 m avstand mellom punktene over hele området. Fra tre mindre områder med enda større punkttetthet har vi produsert et grid med 10-20 m punktavstand. Fra disse datasettene har vi laget kote- og skyggerelieffkart i ulike målestokker (fra 1: 5 000 til 1: 1 mill.).

For målingene i 1991 ble det benyttet Seafix som posisjoneringssystem. Fra 1992 har Sjøkartverket benyttet et satelittbasert posisjoneringssystem, GPS (Global Positioning System). For å kunne bestemme båtens posisjon svært nøyaktig, mottas i tillegg differensielle korreksjonssignaler fra en landstasjon med kjent posisjon. Dette gjør det mulig å bestemme oppmålingsfartøyet horisontalposisjon til bedre enn 3-5 m. Seafix har omtrent samme nøyaktighet som differensiell GPS.

Skyggerelieffkartene basert på de detaljbatymetriske målingene er laget ved å belyse terrenget fra forskjellige retninger ved hjelp av en lavtstående lyskilde («sol»). Relieffkartet er et gråtonekart hvor de ulike gråtonene representerer endringer i overflateformene på havbunnen. Flate, rolige overflateformer gir lyse gråtoner, mens store og små høydeforskjeller på bunnen gir lys- og skyggeeffekter avhengig av lyskildens plassering. På denne måten får vi tegnet et bilde av bunnen som kan sammenlignes med et flyfoto over land.

En viktig begrensning for å få fullgod kjennskap til geologien på sjøbunnen har vært avstanden mellom de regionale seismiske linjene (5-15 km), og korrelasjon mellom linjene i kompliserte områder har vært vanskelig. Den flatedekkende batymetrien i de indre delene av Skagerrak har både styrket tolkningen av de seismiske dataene i dette området og gitt en tre-dimensjonal forståelse av de geologiske strukturene. Kart 15 viser eksempler på ulike geologiske former og fenomener visualisert gjennom skyggerelieffdataene.

Flatedekkende batymetri,
skyggerelieff
Swath bathymetry,
shaded relief



Kart 2
Map 2

KART 3

SEISMISKE LINJER

KART 3 SEISMISKE LINJER

I løpet av 6 tokt i perioden 1991 til 1995 er det samlet inn 20 000 profilkilometer refleksjonsseismikk. Profilene er enten kjørt i et regionalt profilnett på 10x10 km eller 10x15 km, eller som profiler parallelt med dybdekotene i forbindelse med de detaljbatymetriske målingene. Tre forskjellige seismiske lydkilder er benyttet; luftkanon (1991), 5-40 kubikktommer, Sleevegun, 5-40 kubikktommer (1991-1995) og Geopulse (1991-1995) med analog, en-kanals registrering. På de fleste linjene finnes både Sleevegun (luftkanon) og Geopulse skrevet ut på papir.

Tabell 1. Oversikt over de seismiske tokt i prosjektperioden

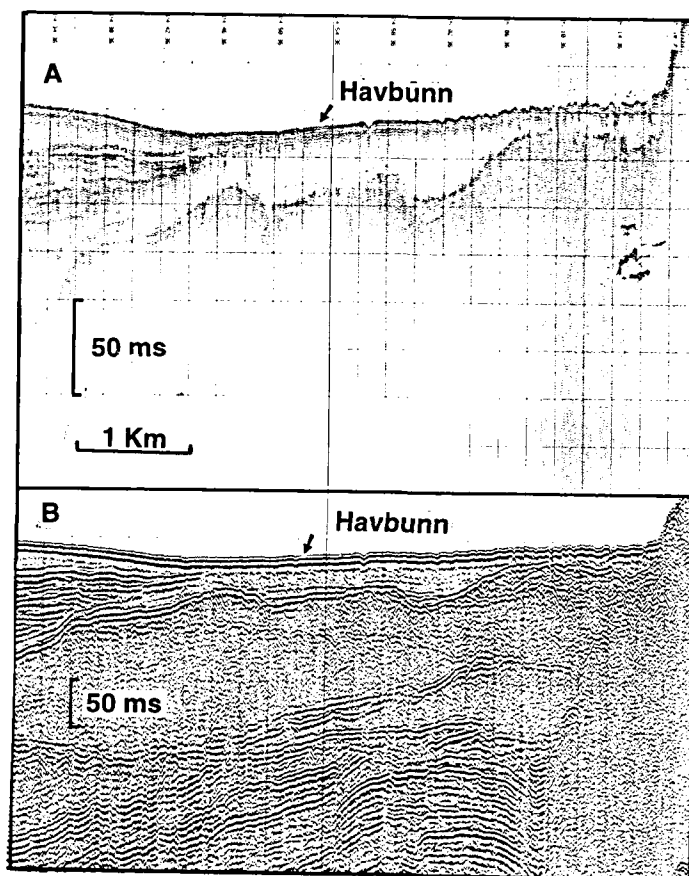
Tokt nr.	År	Ant. km			NGU-rapport nr.	Toktrapport-ref.
		Regionalt nett	Detaljert nett	Totalt		
9101	1991	1225	2025	3250	91. 014	Bøe m. fl. (1991)
9204	1992	1600	1640	3240	92. 287	Thorsnes m. fl. (1992)
9301	1993	110	3440	3550	93. 090	Bøe m. fl. (1993)
9306	1993	910	3180	4090	93. 133	Thorsnes m. fl. (1993)
9401	1994	1680	0	1680	94. 031	Ottesen m.fl. (1994)
9503	1995	2740	1400	4140	95. 099	Ottesen m.fl. (1995)

De seismiske linjene fra tokt 9503 (fra området mellom Egersund og Stavanger) er ikke benyttet under den seismiske tolkningen og sammenstillingen av kartene til kartatlasen. Disse dataene vil bli tolket og rapportert senere.

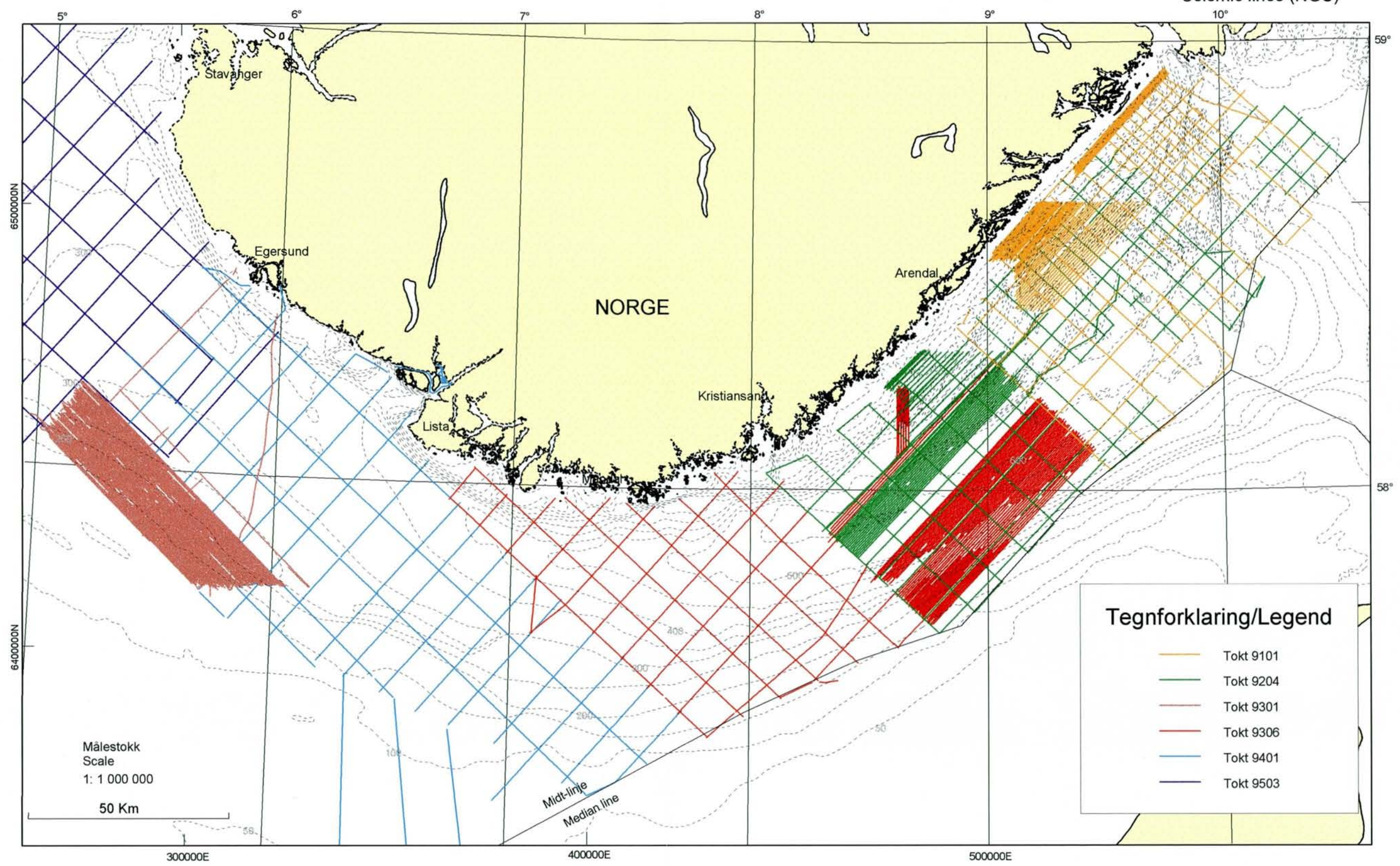
Eksempel på seismisk registrering. Profil 9401007.

A Geopulse.
Papirskala 250 ms.
Filter 600-5000 Hz

B Sleeve gun,
40 kubikktommer.
Papirskala 500 ms.
Filter 120-1200 Hz



Seismiske linjer (NGU)
Seismic lines (NGU)



Tegnforklaring/Legend

- Tokt 9101
- Tokt 9204
- Tokt 9301
- Tokt 9306
- Tokt 9401
- Tokt 9503

Kart 3
Map 3

KART 4

PRØVESTASJONER

KART 4 PRØVESTASJONER

I perioden 1992 til 1996 er det i løpet av fem tokt innsamlet prøver fra 268 stasjoner.

1992	55 prøvestasjoner (stasjon 2-56)
1993	20 prøvestasjoner (stasjon 56-75)
1994	58 prøvestasjoner (stasjon 76-134)
1995	45 prøvestasjoner (stasjon 135-180)
1996	90 prøvestasjoner (stasjon 181-285)

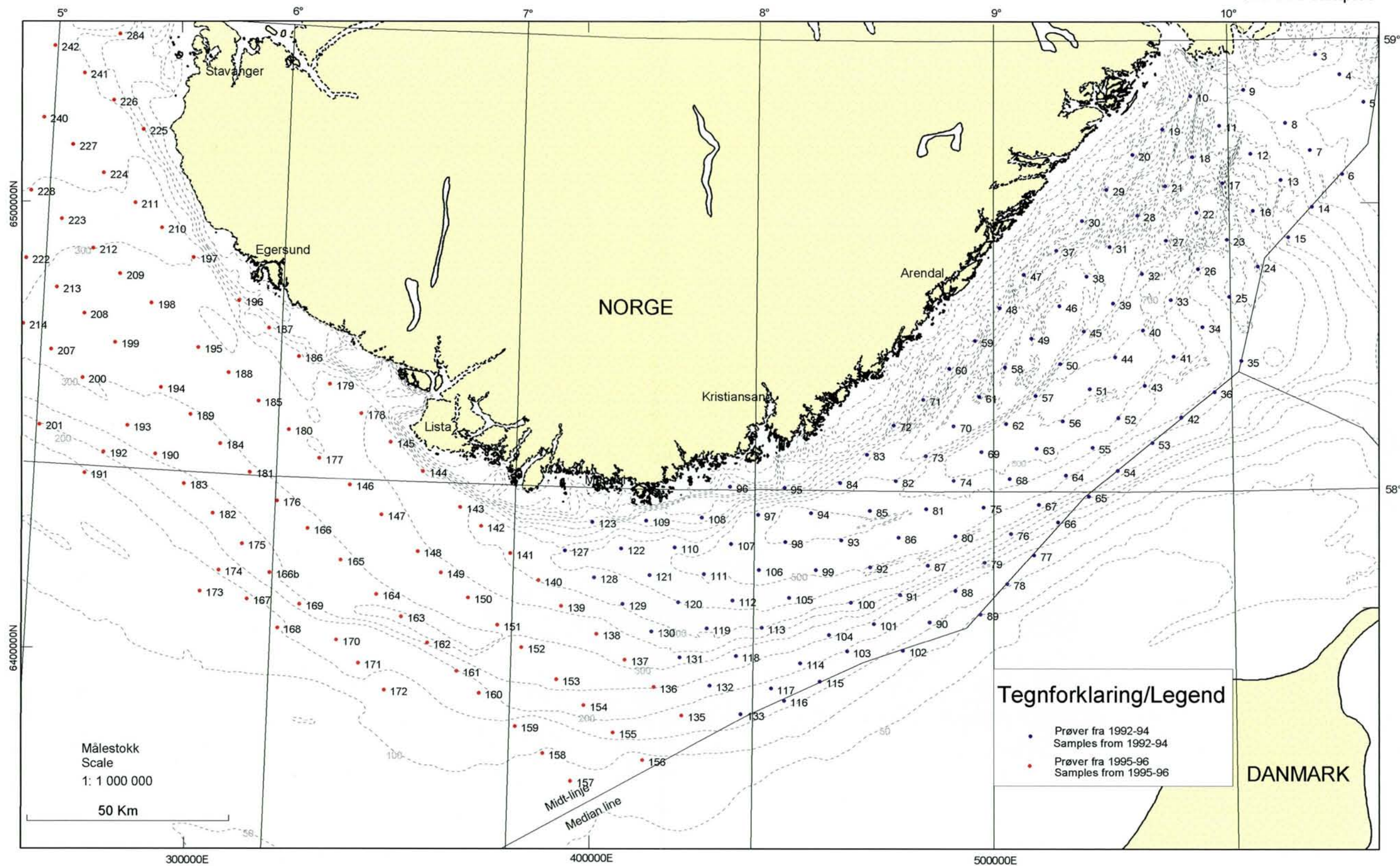
I den østligste del av området (Stasjon 2-75) ble prøvene tatt med Niemistöprøvetaker, mens resten av prøvene ble tatt med en Multicorer. Begge disse prøvetakerne har en indre prøverør diameter på 59 mm. Kjernelengden overstiger vanligvis ikke 50 cm. Disse prøvetakerne tar uforstyrrede sedimentprøver fra sedimentoverflaten og ned i sedimentet.

Prøvestasjonene er lagt i knutepunktene til de regionale seismiske linjene.

Det er utført en rekke undersøkelser på kjernematerialet, blant annet: Dateringer, organisk og uorganisk geokjemi, geoteknikk og fysiske egenskaper, kornfordeling og mikrofossilanalyser.

Prøvene fra 1995 og 1996 er ikke benyttet i hovedrapporten (Longva & Thorsnes, 1997), men vil bli rapportert senere.

Prøvestasjoner
Sea bed samples



Kart 4
Map 4

KART 5

DYP TIL BERGGRUNN

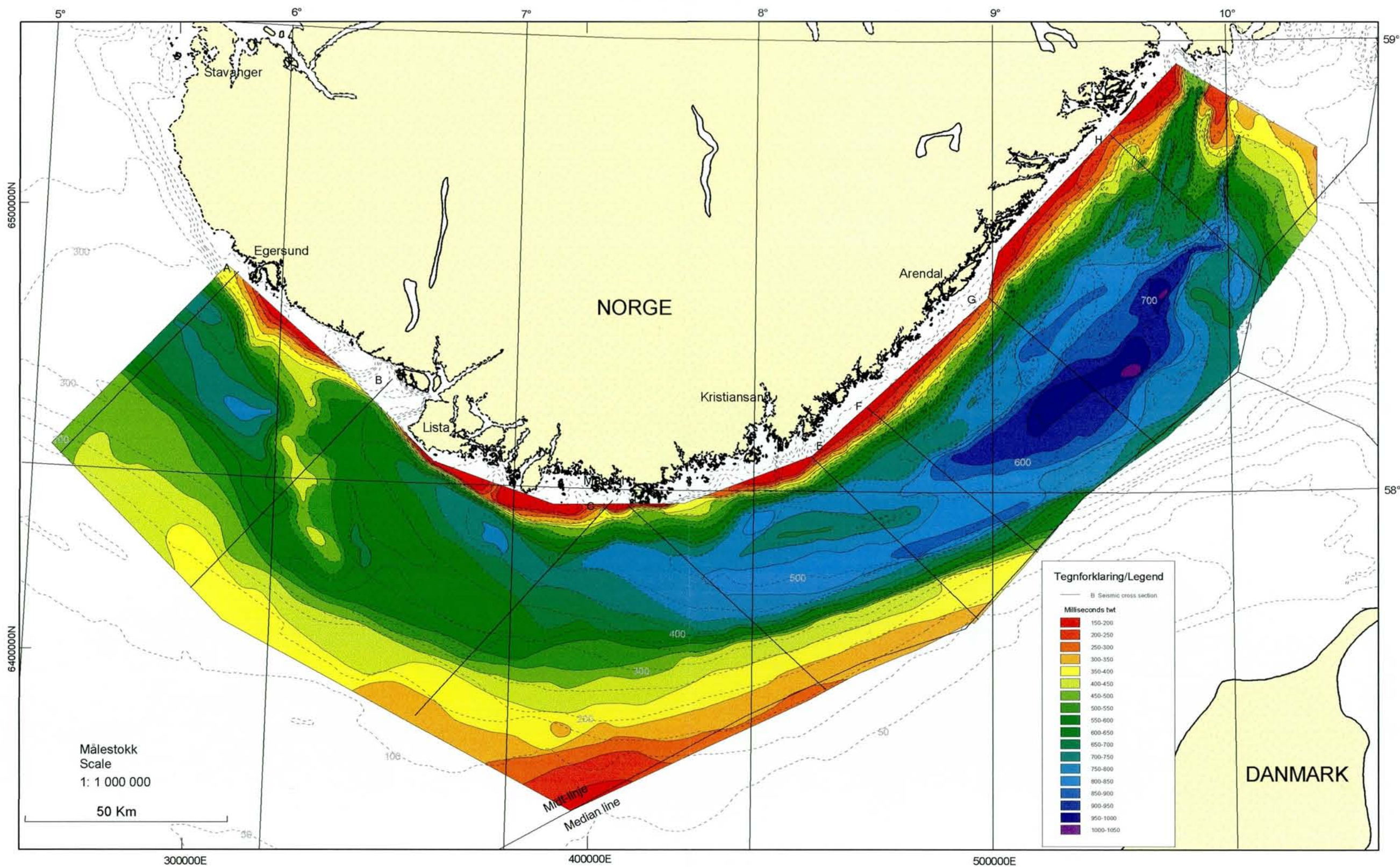
KART 5 DYP TIL BERGGRUNN

Kartet med dyp til berggrunnen i millisekunder gir et inntrykk av formelementene på fjelloverflata. Kartet bør studeres samtidig med vertikal-profilene vist på kart 13.

Grensa mellom kvartære avsetninger og eldre sedimentære bergarter er vanligvis lett identifiserbar ved at skrålag blir kuttet av den glasiale erosjonen med flattliggende kvartære lag avsatt over (vinkeldiskordans). Dyp til berggrunnen er derfor kartlagt entydig i det meste av området. Størst usikkerhet har kartet i den grunne sørvestlige delen, hvor bunnen av kvartæravsetningene av forskjellige grunner ikke er iøynefallende som en vinkeldiskordans, og hvor grensa delvis er dypere enn sjøbunns-multippelen. Dyp til topp berggrunn er kartlagt som millisekunder toveis gangtid (ms twt). Da lydshastighetene i sedimentene varierer mellom 1550 m/s og 2000 m/s, har det ikke vært mulig å lage et nøyaktig kart i meter.

Berggrunnsoverflata ligger dypest i den østlige delen av Skagerrak. Den glasiale erosjonen under Weichsel maksimum har delvis erodert fram to dypprenner med et positivt område imellom (se vertikalsnitt E, kart 13). De to rennene går sammen igjen til ei renne sørvest for Kristiansand og fortsetter relativt nær kysten vestover forbi Lista hvor den etterhvert opphører. De glasialeroderte rennene både under de eldre kvartære sedimentene i «Arendalterassen» (vertikalsnitt G, kart 13), og under de gamle morenene kartlagt sør for Egersund (vertikalsnitt A, kart 13) viser at rennedannelsen er eldre enn disse sedimentene. Den entydige utformingen av hovedrenna i den østlige delen har derimot foregått senere enn det tidsrommet disse sedimentene representerer. Da disse eldre erosjonsflatene glir gradvis over i erosjonsflata dannet av isbreen under Weichsel maksimum, er de ikke lette å legge merke til fra kartet alene. De eldre erosjonsflatene indikerer imidlertid at dyptrauet i Norskerenna tidligere lå lengre nord enn idag. Dypprenna sør og sørvest for den sørgående ryggen av krystalline bergarter som stikker ut i Norskerenna mellom Egersund og Lista viser tydelig at hovedsstrømmen av is i Norskerenna under Weichsel maksimum har flytt sør for ryggen (vertikalsnitt B, kart 13).

Dyp til berggrunn
Depth to bedrock



Kart 5
Map 5

KART 6.

BERGGRUNNSGEOLOGI

KART 6 BERGGRUNNSGEOLOGI

Berggrunnen i Skagerrak er dannet gjennom flere geologiske perioder; i urtiden (for mer enn 540 millioner år siden), i oldtiden (ca. 540 til 250 millioner år), i mellomtiden (ca. 250 til 65 millioner år) og i nytiden (yngre enn ca. 65 millioner år).

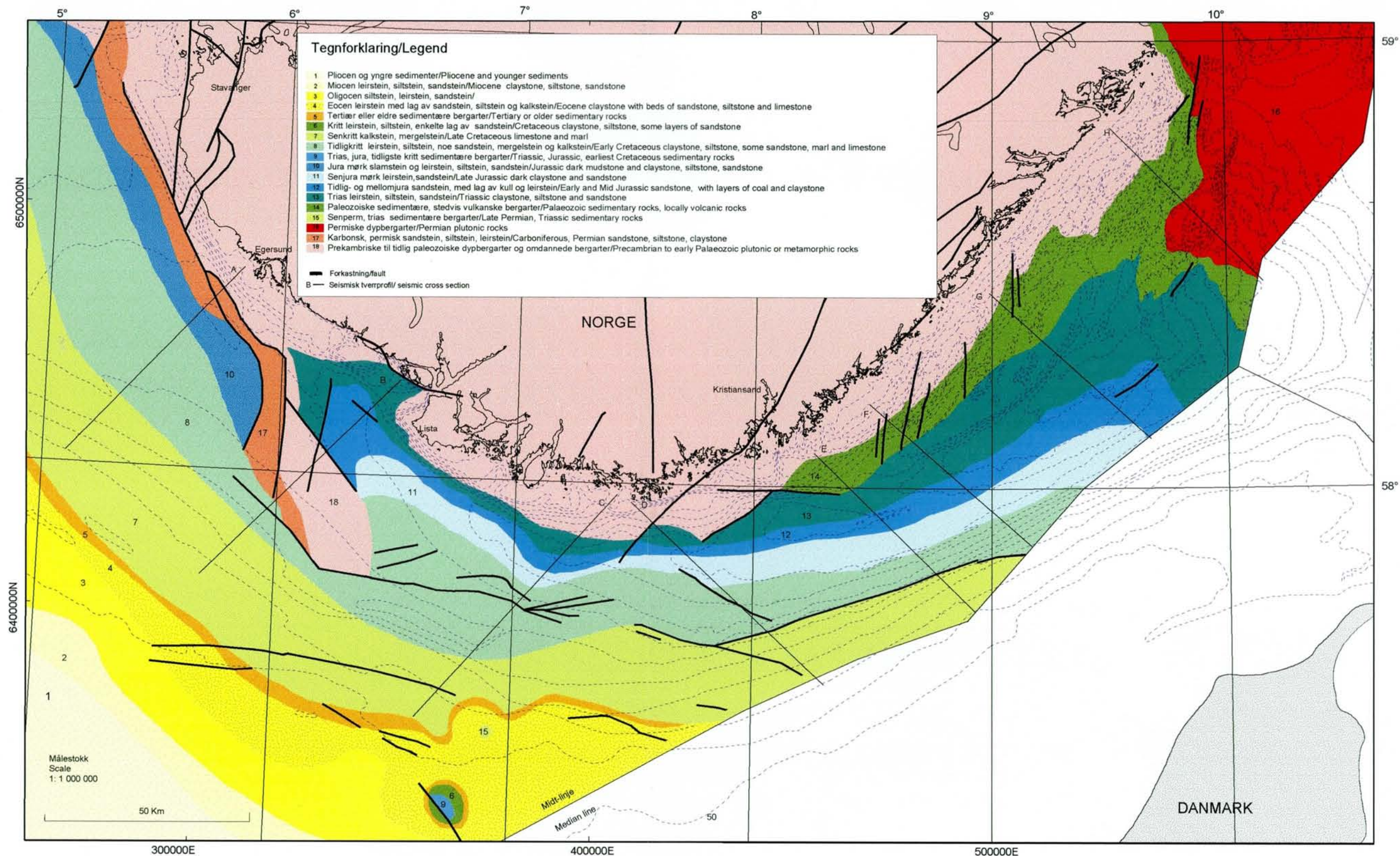
De eldste bergartene er gneiser fra oldtiden, som ble til ved omdanning av sedimentære og intrusive bergarter flere titalls kilometer nede i jordskorpen.

Ved starten på oldtiden hadde disse gneisene blitt hevet og nedslitt, og dannet en jevn overflate. Havavleiringer ble avsatt på denne jevne overflaten i kambrium, ordovicium og silur. Oldtidsbergartene består av konglomerater, skifre, sandsteiner og kalksteiner. Fra land vet vi at disse bergartene kan være fossilrike. Liknende bergarter, avsatt i omtrent samme tidsrom er også funnet på Hardangervidda og i Sverige, og viser at Skagerrak på denne tiden var en del av et grunt hav som strakte seg over store områder. Oldtidsbergartene i Skagerrak representerer en fortsettelse av bergartene i Oslofeltet, hvor innsynkning av jordskorpen i kambro-silurisk tid førte til at det ble dannet tykke avsetninger av sedimenter.

I forbindelse med den kaledonske fjellkjededannelsen mot slutten av silur-tiden, ble disse bergartene hevet, forkastet og delvis nedslitt. Mot slutten av oldtiden (i Perm) trengte store mengder dypbergarter inn i de sedimentære bergartene, i forbindelse med en storskala jordskorpestrekning som påvirket både Oslofeltet og Skagerrak. Endel forkastningsaktivitet skjedde i forbindelse med denne strekningen, og i Skagerrak ble sedimenter og muligens vulkanske bergarter sannsynligvis avsatt i tilknytning til forkastningsskrenter.

En ny fase av heving og erosjon skjedde før de første sedimentene av triassisk alder og senere jurassisk og kritt alder ble avsatt i mellomtiden. Disse bergartene dekket sannsynligvis hele Skagerrak og deler av de tilgrensende landområdene, og er av interesse for fremtidig olje- og gassleting i Skagerrak. Siden tidlig mellomtid har det vært liten forkastningsaktivitet i Skagerrak. Eksempler på lagrekkefølgen og forkastningsstrukturer kan sees på kart 13.

Bergartene fra de ulike geologiske tidsperiodene har varierende motstandsstyrke mot breerosjon, og utformingen av Skagerrakbassenget i istidene er delvis styrt av disse bergartsegenskapene. Mellomtidsbergartene er generelt myke, og er derfor gravd mye ut, mens de hardere gneisene finnes i de grunnere delene av Skagerrak. Forkastnings- og sprekkesoner som ble dannet i urtiden og oldtiden har også vært lette å grave ut, og danner derfor mange steder tydelige langstrakte fordypninger på havbunnen, hvor de ikke er dekket av yngre bergarter eller løsmasser.



Kart 6
Map 6

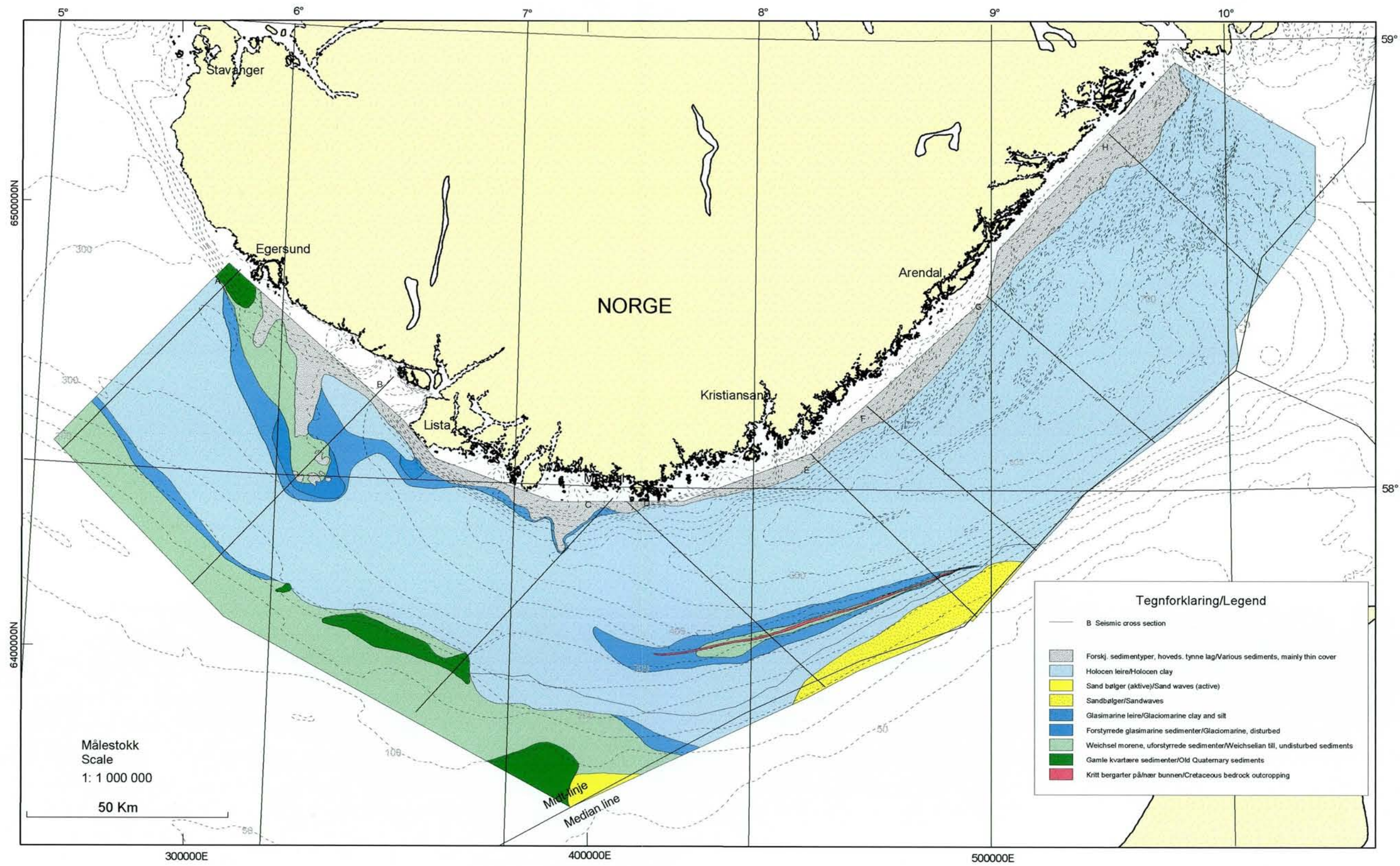
KART 7

KVARTÆRGEOLOGI

KART 7 KVARTÆRGEOLOGI

Det kvartærgeologiske kartet er laget hovedsaklig på grunnlag av tolkede grunnseismiske profiler i Skagerrak (datagrunnlag, se kart 3) og viser sedimentene på sjøbunnen eller nær den. Begrenset oppløsning på seismikken gjør at det enkelte steder kan være et tynt topplag på 2-3 m som ikke er identifisert. De åtte vertikallprofilene (kart 13) gir en oversikt over de forskjellige kvartære enhetene som er tolket (se egen beskrivelse). I tegnforklaringen til kartet er det antatte avsetningsmiljøet hovedsaklig basert på seismisk karakter og den generelle geologiske forståelsen av området.

Marin leire av Holocen alder (de siste 10 000 år) er avsatt i det meste av Norskerenna, og er derfor den dominerende enheten på kartet. På vanddyb grunnere enn ca. 200 m i den sørøstlige delen opptrer siltig finsand, sannsynligvis av Sen-Weichsel eller tidlig Holocen alder. I dette området finnes store relikte sandbølger som viser at sand har blitt transportert mot sørøst, forskjellig fra dagens strømretning i området. Lengst i sør er det et lite område med aktive sandbølger. Den underliggende glasimarine leira ble avsatt mens Skagerrak var en fjord med flytende isfjell og områdene i sør var flatt, tørt land. Enheten er avsatt over store deler av det kartlagte området (Kart 11), men er nesten fullstendig dekket av Holocen leire. Enheten blottlegges på havbunnen lokalt i nord- og sørskråningen av Norskerenna. En eldre glasimarin enhet av Sen-Weichsel alder finnes på havbunnen kun omkring Hidrafjellene, som er oppstikkende grunnfjell sentralt i renna mellom Egersund og Lista. Morene avsatt under isbreen fra siste gang Skagerrak var isdekket kommer ut på havbunnen (eller nær bunnen) hovedsaklig i sørvestskråningen av Norskerenna og på det grunne plataet lengre sør. De eldre kvartæravsetningene (morene eller «uspesifiserte» avsetninger) har utgående sørvest for Egersund og lokalt i sørvestskråningen. Eldre glasimarine og/eller marine avsetninger som bygger opp «Arendalsterrassen» i nordskråningen av renna utenfor Arendal, er fullstendig dekket av yngre sedimenter. Disse sedimentene kommer imidlertid svært nær bunnen i den bratte skråningen ned til det dypeste av Norskerenna (profil G, kart 13).



Kart 7
Map 7

KART 8

**TOTAL MEKTIGHET AV KVARTÆRE
SEDIMENTER**

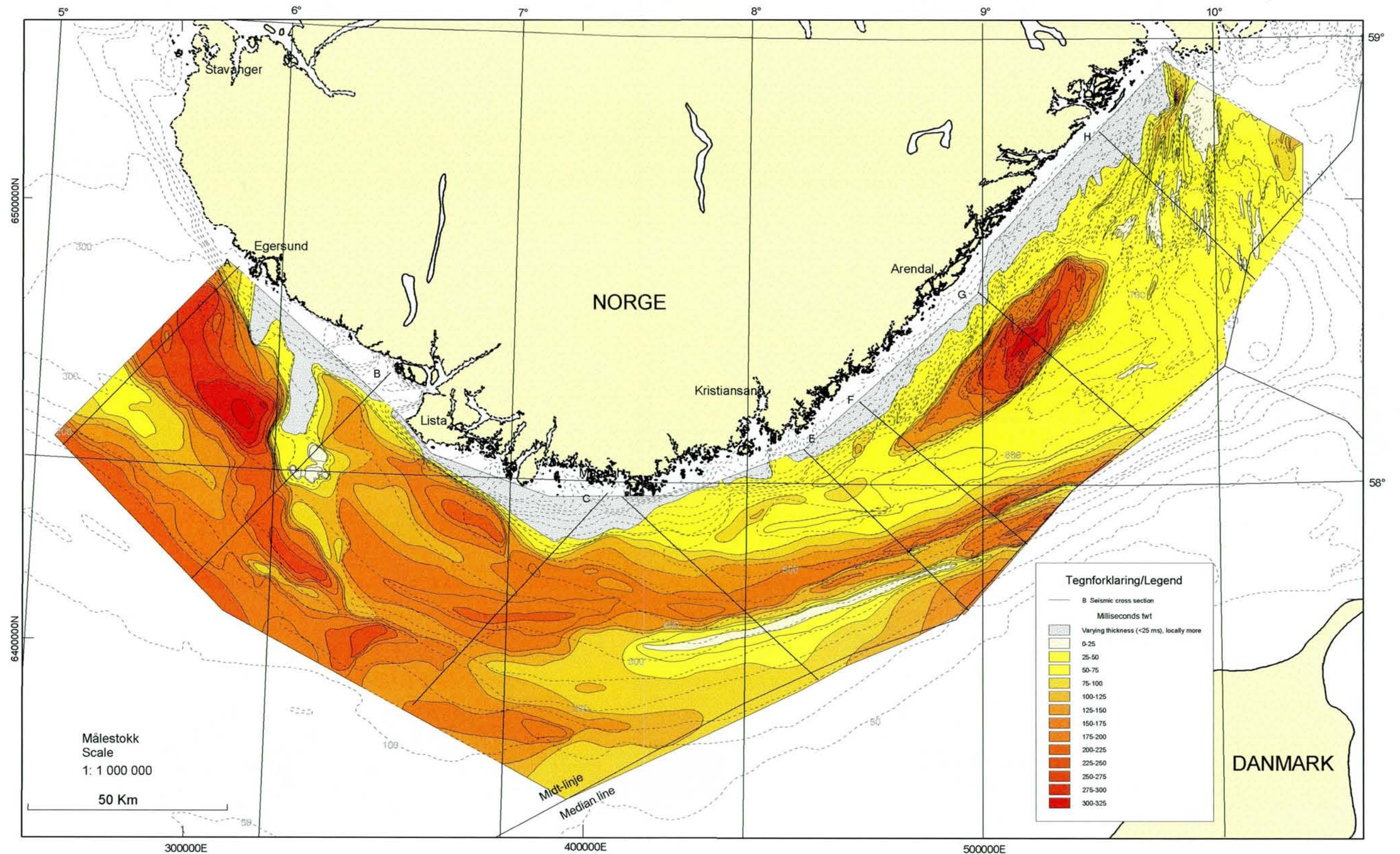
KART 8 TOTAL MEKTIGHET AV KVARTÆRE SEDIMENTER

Kartet viser den totale mektigheten av de forskjellige kvartære lagpakken. Grensa mot de underliggende sedimentære bergartene er vanligvis lett kjennelig på de seismiske linjene som en vinkeldiskordans, og kvartær mektighet er derfor kartlagt entydig i det meste av området. Også i områder med krystalline bergarter er grensa mot kvartære avsetninger lett å tolke. Størst usikkerhet har kartet i den sørvestlige delen, hvor bunn kvartær av forskjellige grunner ikke er iøynefallende, delvis fordi grensa er dypere enn sjøbunns-multippelen. Mektigheten av kvartære sedimenter er kartlagt som millisekunder toveis gangtid (ms twt). Da lydshastighetene i sedimentene varierer mellom 1600 m/s og 2000 m/s, er det ikke mulig å lage et nøyaktig kart i meter. I områdene med tykke eldre kvartære avsetninger (kart 9) antas gjennomsnittlig lydshastighet å være ca. 2000 m/s, og tykkelsen i meter blir omtrent som millisekund-verdiene på kartet. I de fleste andre områdene må ms-verdiene reduseres 10-15% for å få mektigheten i meter. Mektighetskartet bør studeres samtidig med vertikal-profilene på kart 13.

Sør for Arendal er det et større område med tykke løsmasser (100-300 ms) som hovedsakelig er eldre enn siste nedisning (kart 9). Med unntak av dette området er det generelt mindre kvartære løsmasser øst for Kristiansand enn i den vestlige delen av det kartlagte området. I den dypeste delen av Skagerrak (>550 m) er det i hovedsak avsatt mindre enn 50 ms løsmasser. Øst for Kristiansand er det et maksimumsområde (125-175 ms) i sørlige del av Norskerenna / nedre del av sør-skråningen. I øvre del av Norskerennas sørskråning er det et minimumsområde (0-25 ms), hvor benker av kalkstein/mergel fra kritt-perioden kommer ut på havbunnen der det er brattest.

Vest for Kristiansand er tykkelsen av de kvartære lagene for det meste større enn 100 ms. Sørøst for Egersund er det imidlertid en rygg med gamle krystalline bergarter som strekker seg langt sørover ut i Norskerenna, og på denne ryggen er det avsatt lite løsmasser. Vest for ryggen er de sedimentære bergartene erodert til en forsenkning (glasialerodert renne) hvor 200-300 ms tykke sedimenter er avsatt. I den sørlige delen og sentralt i renna er det avsatt glasimarine og marine sedimenter, mens det sør for Egersund er avsatt tykke lag av eldre kvartære sedimenter (se snitt A, kart 13).

Total mektighet av kvartære sedimenter
Total thickness of Quaternary sediments



Kart 8
Map 8

KART 9

**MEKTIGHET AV PRE-
SEN-WEICHSEL-
SEDIMENTER**

KART 9 MEKTIGHET AV PRE-SEN-WEICHSEL-SEDIMENTER

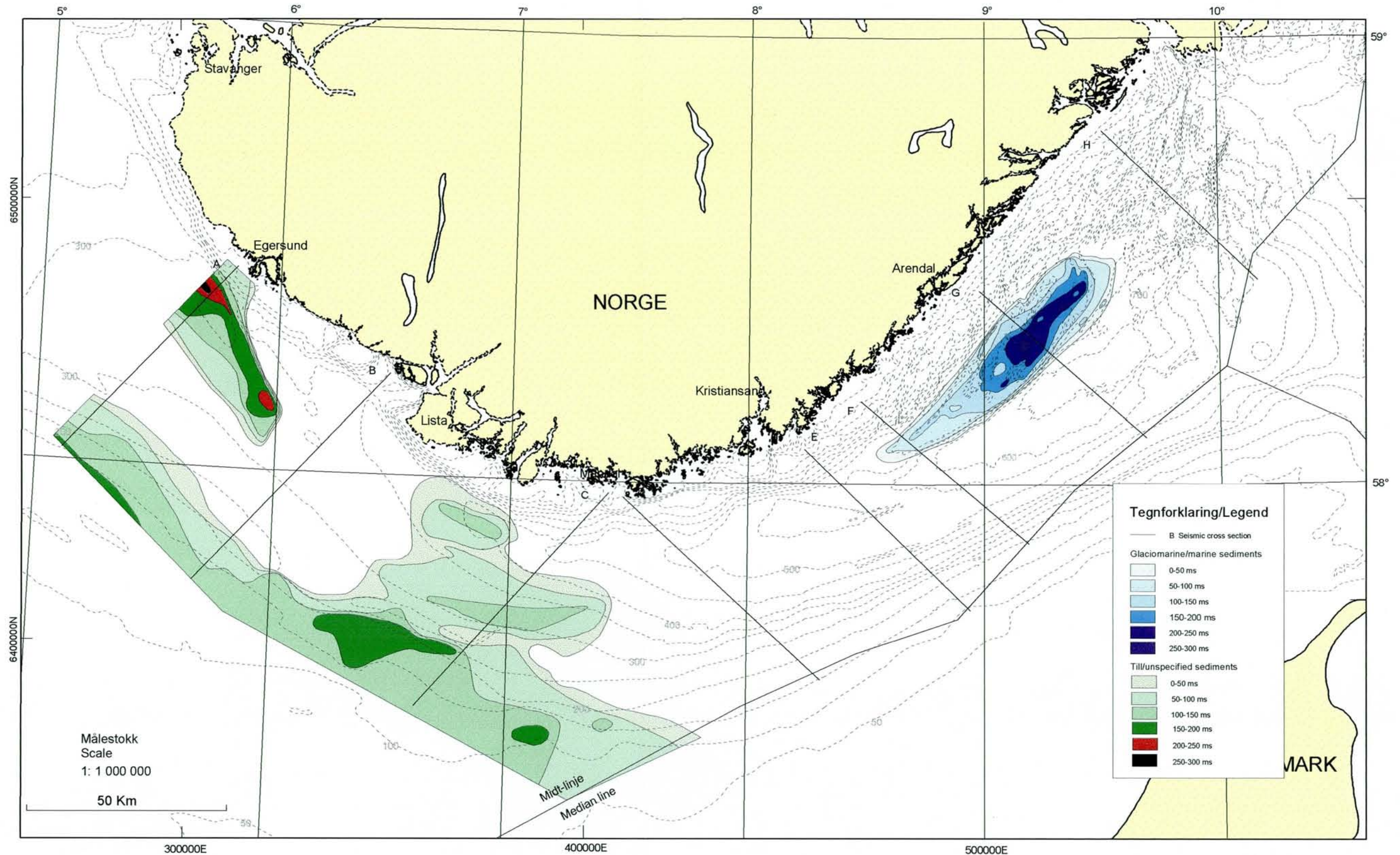
Kartet viser mektigheten av «eldre» kvartære avsetninger som ikke ble fjernet av den glasiale erosjonen under Weichsel maksimum for ca. 20 000 år siden. Det finnes ingen prøver av disse gamle sedimentene, men flere faktorer indikerer at en stor del av dem kan være eldre enn siste istid (>100 000 år). Den seismiske karakteren tyder på at sedimentene er avsatt i forskjellig miljø, og trolig er de også av forskjellig alder. Lydhastigheten i de gamle kvartære lagene antas å være ca. 2000 m/s, og millisekund-verdiene på kartet tilsvarer derfor omtrent tykkelsen i meter.

Sør for Arendal er det i et større område et terrasse-lignende formelement, «Arendalterassen» (Kart 1 og 2). Terrassen består hovedsakelig av nær horisontale, akustisk lagdelte sedimenter tolket som eldre marine eller glasimarine sedimenter. Lagpakken er opptil 250-300 ms mektig. I øvre del er sedimentene delvis forstyrret og omplassert (glasitektonisert) av Weichsel-isen, og grensa til den overliggende morenen er vanskelig å tolke. Den bratte skråningen ned fra «terrassen» til den dypeste delen av Skagerrak skyldes iserosjon i en sen fase da en stor del av innlandsisen drenerte ut Skagerrak («Skagerrak-breen») og videre i nordvestlig og nordlig retning langs Norskekysten. Hvis en tar glasial erosjon og kompaksjon på grunn av islast i betraktning, kan disse sedimentene opprinnelig ha vært 300 m tykke, og ha dekket det meste av Skagerrak.

I nordskråningen av Norskerenna sør og sørvest for Egersund er det et annet område med eldre kvartære sedimenter. Her er det kartlagt to forskjellige enheter med kaotisk seismisk signatur og få interne reflektorer. De kartlagte seismiske enhetene representerer sannsynligvis morener, med samlet mektighet opp til 250 ms. Begge enhetene er «skarpt kuttet» (se snitt A, kart 13), noe som klart demonstrerer den sterke glasiale erosjonen i Norskerenna under siste istids maksimum. Disse avsetningene ligger rett vest for den sørgående ryggen av krystalline bergarter i Norskerenna, og har derfor ligget i en beskyttet posisjon for erosjon av «Skagerrakbreen».

Det største området med eldre kvartære avsetninger ligger i sørvestskråningen av Norskerenna, og i Norskerenna sør for Lista og Mandal (Vertikalsnitt A, B, C, kart 13). Avsetningene sentralt i Norskerenna er tolket som morener og mektigheten er større enn 100 ms i to langstrakte områder omtrent parallelt med renna. I det sørligste området kan en observere flere enheter av eldre kvartære sedimenter. På grunn av variable geologiske forhold og et åpent seismisk nett har det ikke vært gjort noen forsøk på å kartlegge disse separat. Den akustiske karakteren indikerer at de kvartære sedimentene i dette området er av forskjellig opprinnelse, og både litologi, mekaniske egenskaper og alder må forventes å variere hyppig innen området.

Mektighet av pre-Sen-Weichsel-sedimenter
 Thickness of pre-Late Weichselian sediments



Tegnforklaring/Legend

- B Seismic cross section
- Glaciomarine/marine sediments
 - 0-50 ms
 - 50-100 ms
 - 100-150 ms
 - 150-200 ms
 - 200-250 ms
 - 250-300 ms
- Till/unspecified sediments
 - 0-50 ms
 - 50-100 ms
 - 100-150 ms
 - 150-200 ms
 - 200-250 ms
 - 250-300 ms

Målestokk
 Scale
 1: 1 000 000
 50 Km

Kart 9
 Map 9

**KART 10 MEKTIGHET AV BLØTE/LØSE
SEDIMENTER**

KART 10 MEKTIGHET AV BLØTE/LØSE SEDIMENTER

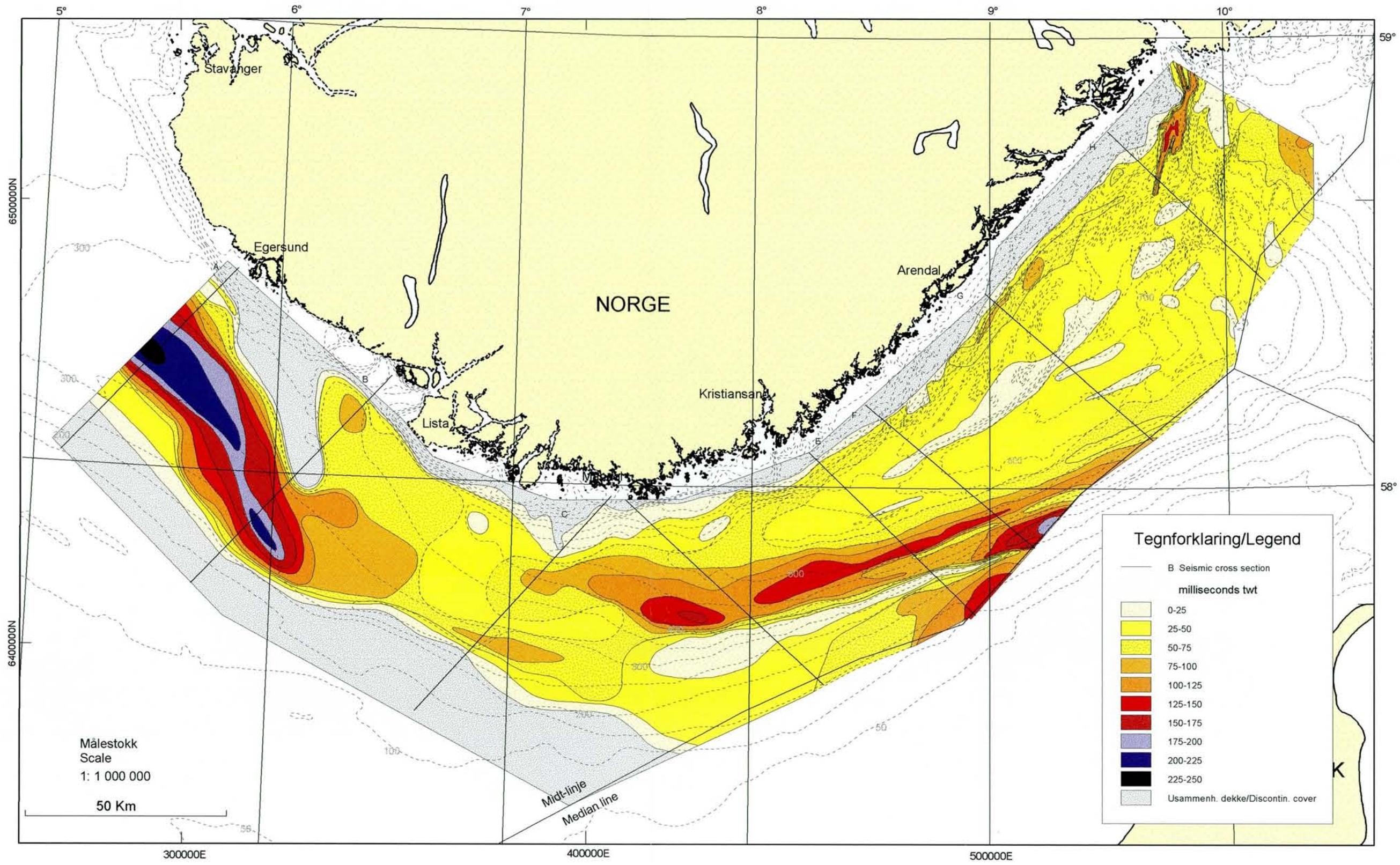
Dette kartet viser mektigheten i millisekunder av antatt normalkonsolidert leire og løst lagret silt/sand; det vil si sedimenter som ligger over morene, eldre kvartære sedimenter eller berggrunnen. Senglasiale rasavsetninger (Kart 14) som muligens også kan være normalkonsoliderte, er ikke inkludert i det presenterte kartet. Det finnes få dype prøver i området, og vurderinger vedrørende litologi og jordartsegenskaper er delvis basert på andre data fra Norskerenna, samt en modell for den geologiske utvikling. I den største delen av det kartlagte området innbefatter kartet akustisk lagdelte og/eller lyse sedimenter karakterisert som «bløte eller løse» sedimenter, dvs. normalkonsoliderte sedimenter, som ikke er kompaktert av islast, tidligere sedimentlast eller andre årsaker. Mektigheten av normal-konsolidert leire og silt/sand er kartlagt som millisekunder toveis gangtid (ms twt). Da lyd-hastighetene i disse sedimentene varierer mellom 1500 m/s og 1750 m/s, er det ikke mulig å lage et nøyaktig kart i meter. I de fleste områdene må ms-verdiene reduseres 10-20 % for å få mektigheten i meter. Mektighetskartet bør studeres samtidig med vertikal-profilene på kart 13.

I de sentrale delene av Norskerenna øst for Lista består sedimentene av en antatt plastisk leire avsatt i et glasimarint miljø for ca. 15 000 til 10 000 år siden (dvs i «Skagerrak-fjorden» med drivende isfjell) eller i et marint miljø de siste ca. 10 000 år, og kartet viser mektigheten av disse normalkonsoliderte sedimentene. I øvre del av skråningen og mot det grunne plataet i sør blir sedimentene gradvis mere siltig og sandig.

I området mellom Lista og den sørgående ryggen av krystalline bergarter utenfor Egersund (kart 6), er det på grunn av de geologiske forhold og dårlig kvalitet på de seismiske linjene en usikker tolkning. Akustisk lyse sedimenter uten tydelig lagdeling er tolket som opprinnelige glasimarine sedimenter delvis forstyrret av en kortvarig framrykking av is (antatt ubetydelig konsolidering av sedimentene). Hvis tolkningen er feil, og sedimentene representerer en morene, er det imidlertid sannsynlig at sedimentene kun har en moderat konsolidering.

Sørvest for den sørgående ryggen av krystalline bergarter er det i kartet inkludert to enheter av glasimarine leirer.

Mektighet av bløte/
løse sedimenter
Thickness of soft/
loose sediments



Tegnforklaring/Legend

- B Seismic cross section

milliseconds twt

0-25
25-50
50-75
75-100
100-125
125-150
150-175
175-200
200-225
225-250

Usammenh. dekke/Discontin. cover

Målestokk
Scale
1: 1 000 000
50 Km

Kart 10
Map 10

KART 11

**MEKTIGHET AV GLASIMARINE
SEDIMENTER**

KART 11 MEKTIGHET AV GLASIMARINE SEDIMENTER

De glasimarine sedimentene i Skagerrak kan være avsatt nær brekanten, men største delen av disse sedimentene er avsatt i et åpent marint miljø med stor avstand til brekanten (med breene grunnstående i kystsonen eller inne på land). Sedimentene er oftest finkornige (leire, silt, finsand), men inneholder grovere klaster transportert med isfjell. Mye smeltevannsmateriale fra den sørlige isranden i Europa har blitt ført med nordgående elver vest for Jylland, og suspendert materiale har blitt redistribuert i Skagerrak-fjorden sammen med glasialeroderte sedimenter fra Skandinavia.

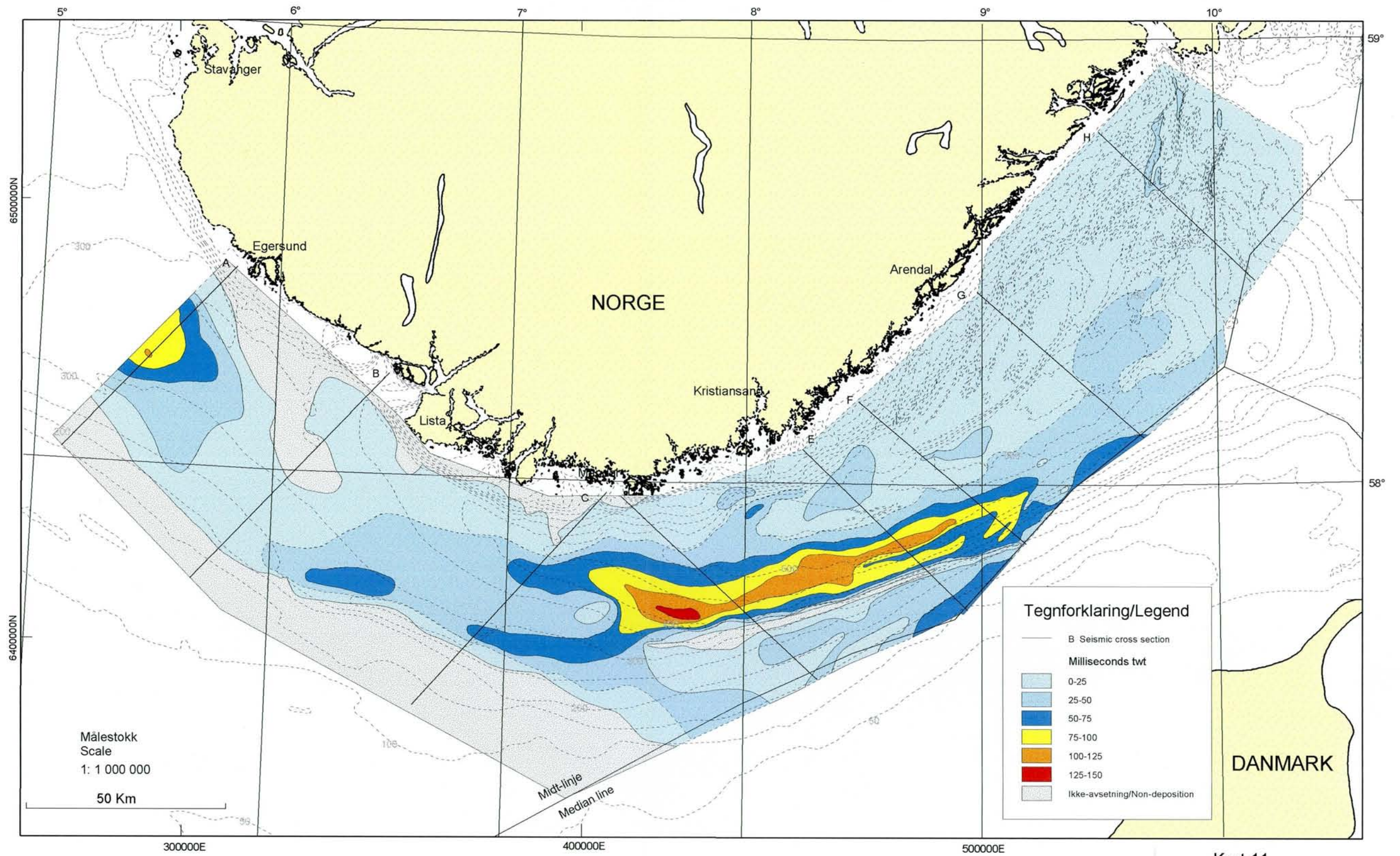
Dette kartet viser mektigheten av de glasimarine sedimentene som ble avsatt etter at isen trakk seg vekk fra Skagerrak og iskanten lå langsetter Sørlandskysten med grunningslinje sør for Langesund / ytre Oslofjord. Sedimentene ble avsatt for ca. 15000 til ca. 10000 år siden. Glasimarine sedimenter ble også avsatt tidligere, sannsynligvis mens isfronten i en periode sto omtrent rett sør for Lista. Disse glasimarine sedimentene, som er over 200 ms tykke mellom Egersund og Lista, er ikke inkludert i den kartlagte glasimarine enheten (de er imidlertid inkludert i kart 10).

De kartlagte glasimarine sedimentene er vanligvis akustisk lagdelt med parallelle reflektorer som kan følges over store avstander.

Mektigheten er kartlagt som millisekunder toveis gangtid (ms twt). Da lyd hastighetene i sedimentene varierer mellom 1550 m/s og 1700 m/s, er det ikke mulig å lage et nøyaktig kart i meter. I de fleste områdene må ms-verdiene reduseres 15-20 % for å få mektigheten i meter. Mektighetskartet bør studeres samtidig med vertikal-profilene (kart 13).

Mektigheten av glasimarine sedimenter er størst (100-150 ms) i den sørlige delen av Norskerenna mellom 7° 30'Ø og 9° Ø. I nordvest er mektigheten størst (ca 100 ms) sentralt i Norskerenna sørvest for Egersund. Mektigheten av glasimarine sedimenter er generelt minst i nordskråningen og den nordlige delen av Norskerenna, særlig iøynefallende er dette i nordøst. Vest for ca. 7° 30' Ø er det i området inn mot kysten, over Hidrafjellene og i det kartlagte områdets sørvestlige del ikke avsatt glasimarine sedimenter, eventuelt kun som et tynt usammenhengende lag. Det langstrakte området i Norskerennas sørskråning uten glasimarine sedimenter er knyttet til en brattere skrent hvor bunnstrømmen har vært for sterk til at materiale har blitt avsatt, evt. at sedimentene senere har blitt erodert.

Mektighet av glasimarine
sedimenter
Thickness of glaciomarine
sediments



Kart 11
Map 11

KART 12 MEKTIGHET AV HOLOCENE SEDIMENTER

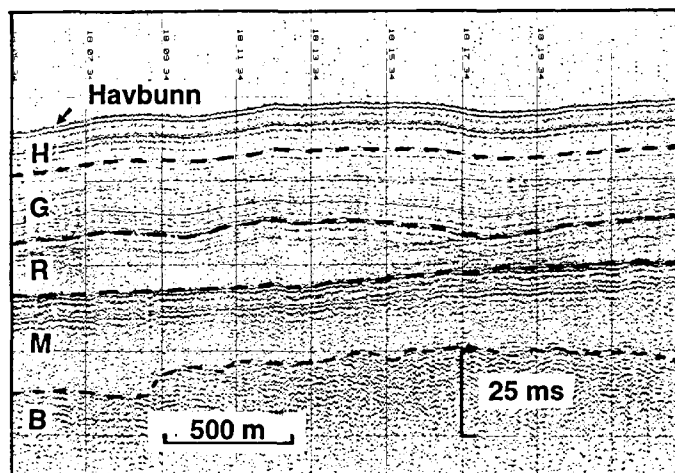
KART 12 MEKTIGHET AV HOLOCENE SEDIMENTER

Til den Holocene tidperioden regnes de siste 10000 år, altså tiden etter at isen forsvant fra området og fram til vår tid. Sedimenter som er avsatt på sjøbunnen i denne perioden er som regel finkornige (leir og silt), men kan være sandige på grunt vann.

Mektigheten av holocene sedimenter er kartlagt som millisekunder toveis gangtid (ms twt). Da lydshastighetene i sedimentene varierer mellom 1500 m/s og 1600 m/s, er det ikke mulig å lage et nøyaktig kart i meter. I de fleste områdene må ms-verdiene reduseres med 15-20 % for å få mektigheten i meter. Mektighetskartet bør studeres samtidig med vertikal-profilene på kart 13.

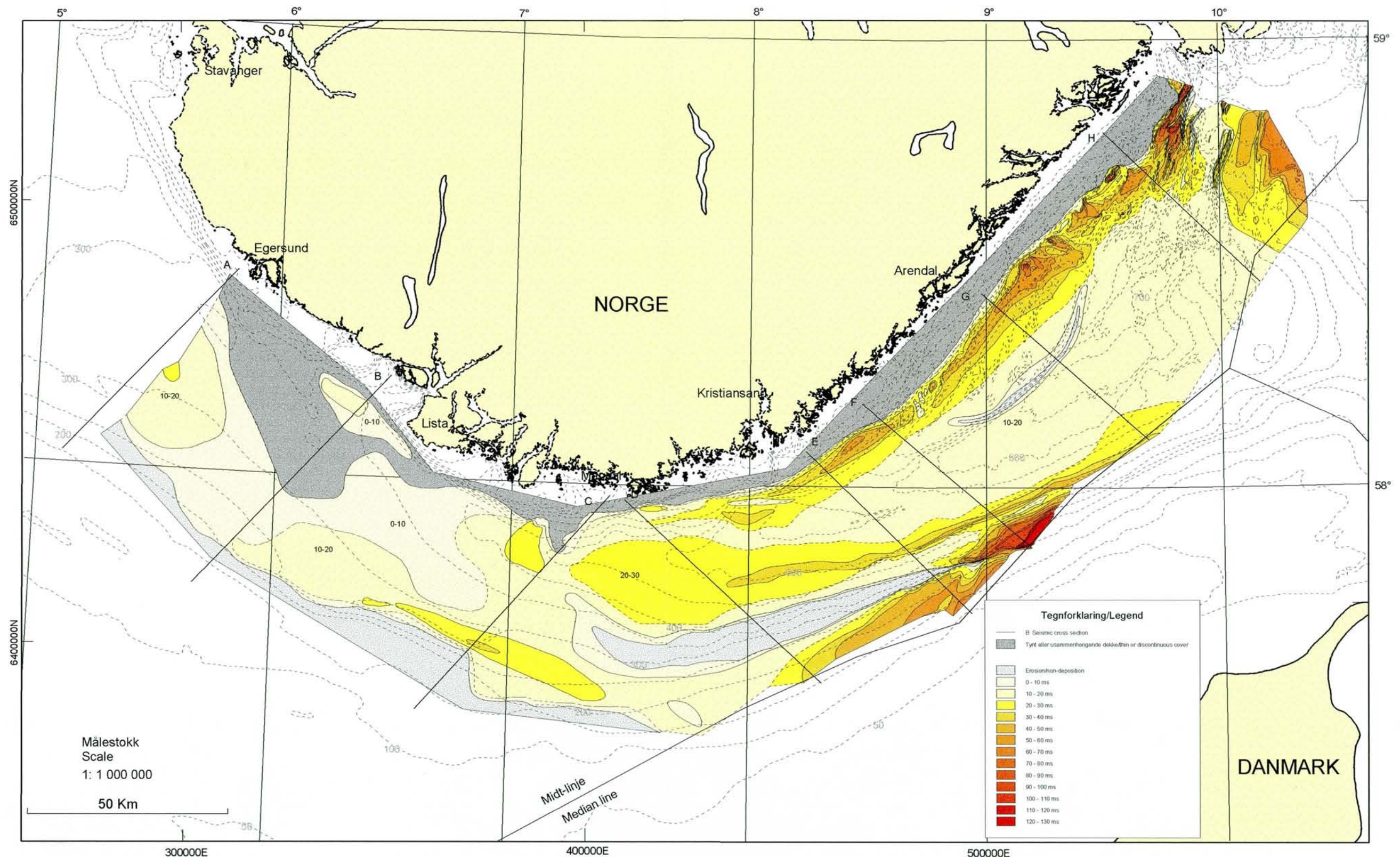
Inn mot norskekysten er utbredelsen av den holocene enheten tynn og usammenhengende, men enkelte lokale avsetningsbasseng forekommer. De største mektighetene av holocene sedimenter er konsentrert til to områder. Det ene området er Langesundrenna i fortsettelsen av Langesundsfjorden hvor mektigheten når opp i 90 ms. Det andre store avsetningsområdet er inn mot dansk side av Skagerrak. Helt inn mot midtlinja ved ca. 9° 15'E er største målte mektighet 130 ms. I den kartlagte delen av Norskerenna varierer mektigheten mellom 5 ms og 20 ms (hovedsaklig mellom 10 ms og 20 ms). Langs kysten er det en generell økning av mektigheten fra sørvest mot nordøst, og sør for Lillesand er holocen mektighet lokalt opp til 60 ms. I sørskråningen av Norskerenna er det i et langstrakt VSV-ØNØ lig område angitt erosjon/ikke avsetning. Dette området er knyttet til en bratt skråning, og det er flere indikasjoner på at de holocene sedimentene er erodert i dette området. Nord for det kartlagte området, i vestskråningen av Norskerenna opp mot det nordlige Nordsjøplatået, er det indikasjoner på kraftig erosjon i løpet av Holocen. Området som er angitt med erosjon/ikke avsetning i nordskråningen av Norskerenna sørøst for Arendal representerer skråningen av «Arendalsterrassen» hvor det sannsynligvis ikke er avsatt sedimenter i Holocen.

Geopulse registrering av lagfølgen fra sjøbunnen og ned til berggrunnen



H - Holocen, G - Glasimarin, R - Ras, M - Morene, B - Berggrunn

Mektighet av Holocene
sedimenter
Thickness of Holocene
sediments



Kart 12
Map 12

KART 13 TOLKEDE SEISMISKE LINJER

KART 13 TOLKEDE SEISMISKE LINJER

For å illustrere lagfølgen gjennom sedimentene, har vi framstilt 8 seismiske tverrprofiler (A-H) sammen med det kvartærgeologiske kartet. Tverrprofilenes beliggenhet er vist på de fleste kartene og bør betraktes sammen med de ulike temakartene. Bergartsgrensens forløp under sedimentene er antydnet på profil D-H.

Nedenfor er hovedtrekkene for hvert av tverrprofilene beskrevet:

A: Profilet strekker seg fra Egersund i sørvestlig retning. Utenfor Egersund er det tykke lag av gamle kvartære avsetninger (morene) som for det meste er dekket av overliggende sedimenter, hovedsaklig glasimarine leirer. De gamle sedimentene er erodert av senere glacial erosjon, og sør i renna er materialet totalt fjernet. Sentralt i Norskerenna ligger minst to enheter med glasimarine sedimenter, tilsynelatende uten underliggende morene. Maksimal Holocen sedimenttykkelse er ca. 25 ms.

B: Profilet går ut fra land i sørvestlig retning vest for Lista. To relativt store sedimentbasseng er skilt av oppstående krystalline bergarter (Hydra-fjellene, se kart 6) som rager opptil 60 m over omkringliggende finkornige sedimenter i bunnen av Norskerenna. I sørskråningen av Norskerenna samt på flanken er det tykke lag av morenemasser. Over disse morenemassene sentralt i Norskerenna, ligger opptil tre enheter med akustisk «forstyrrede» sedimenter, sannsynligvis på grunn av at is har beveget seg over glasimarine sedimenter. Overliggende glasimarine sedimenter har en maksimal tykkelse på 25 ms. Holocene sedimenter mangler over store deler av profilet (kart 11), og maksimal Holocen tykkelse er på ca. 10 ms.

C: Profilet strekker seg i sørvestlig retning fra kysten utenfor Mandal. Den dypeste delen av berggrunnsflata i Norskerenna (ca. 560 m dyp) ligger ca. 20 km fra kysten. Lengre mot sør, 40 km fra kysten, ligger et mindre traue på ca. 430 m dyp. Sentralt i norskerenna, samt i sørskråningen ligger det både eldre og yngre morenelag. De uforstyrrede glasimarine sedimentene har en maksimal mektighet på ca. 50 ms. Maksimal Holocen mektighet er ca 35 ms.

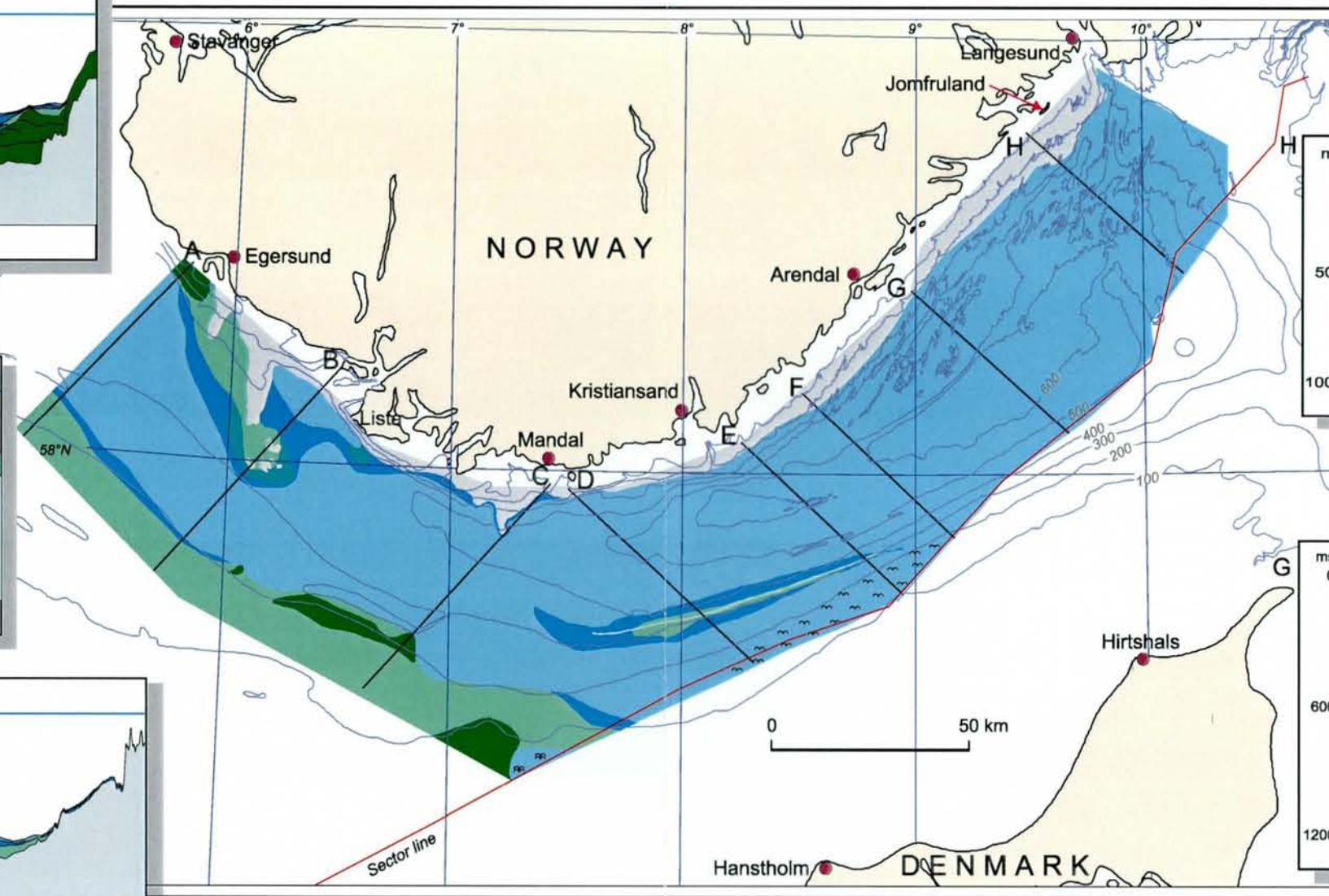
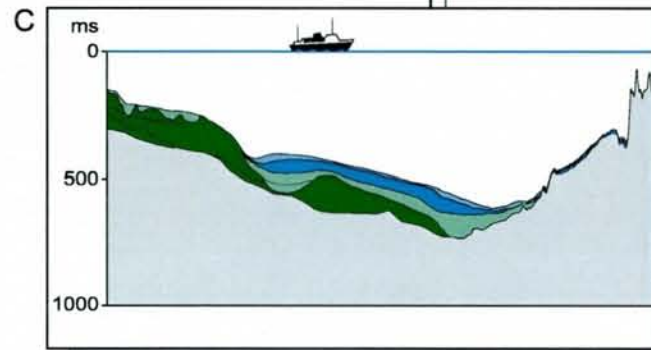
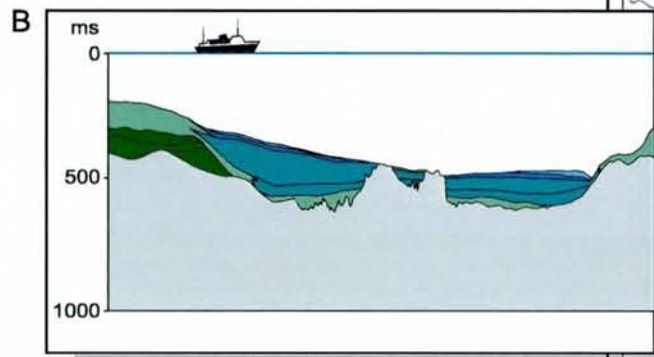
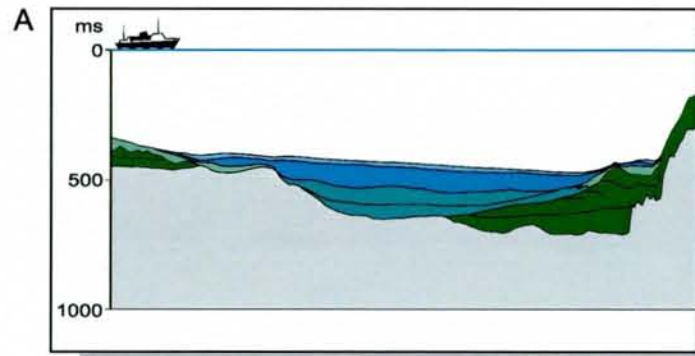
D: Profilet strekker seg fra øst for Mandal i sørøstlig retning. Norskerenna har her sitt største dyp (til fjell) på ca. 610 m, ca. 30 km fra kysten. De glasimarine sedimentene (kart 12) ligger asymmetrisk i renna, med størst mektighet (ca. 100 ms) mot foten av sørskråningen. De Holocene sedimentenes mektighet når opp i ca. 25 ms midt i Norskerenna. Langs den bratteste skrenten i sørskråningen stikker krittbergarter ut på havbunnen. Legg merke til at glasimarine/holocene sedimenter ikke er avsatt på grunn av sterke bunnstrømmer i dette området.

E: Profilet strekker seg fra kysten utenfor Kristiansand i sørøstlig retning. Langs dette tverrprofilet er det to forsenkninger i berggrunnsflata. Den grunneste ligger 20 km fra kysten og når ned til ca. 590 m dyp, mens den dypeste renna når sitt største dyp (670 m) like ved foten av sørskråningen, 40 km fra kysten. De glasimarine sedimentene er mektigst (ca. 100 ms) i den sørlige renna og i nedre del av sørskråninga. De Holocene avsetningene er mektigst (40 ms) på sørflanken av Norskerenna, ovenfor den bratte delen av sørskråningen. I likhet med profil D er det her et område med erosjon/ikkeavsetning av holocene/glasimarine sedimenter hvor sedimentære bergarter stikker ut.

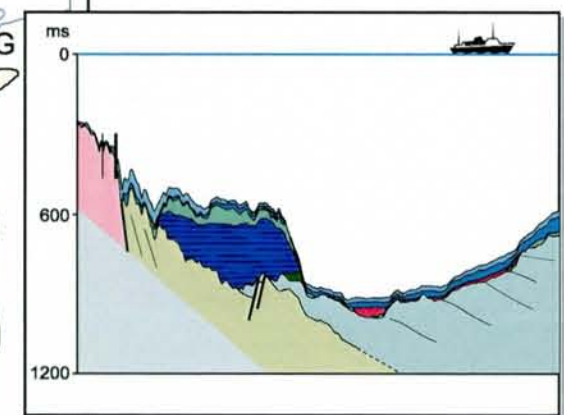
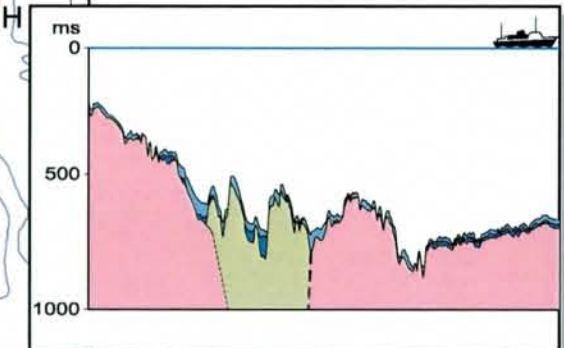
F: Profilet strekker seg i sørøstlig retning og starter utenfor kysten omtrent midtveis mellom Kristiansand og Arendal. Berggrunnsflata i dypet av Norskerenna er delt i to traue, det nordligste ca. 30 km fra land (650 m dypt), mens det andre ligger ved foten av sørskråningen, 45 km fra land (640 m dypt). Ved foten av sørskråningen ligger skredavsetninger over Weichsel morenelag (kart 13). Disse er dekket av senglasiale og Holocene glasimarine/marine avsetninger. De glasimarine avsetningene ligger asymmetrisk med størst mektighet (100 ms) ved foten av sørskråningen. De Holocene sedimentene har 10-20 ms mektighet i de dype, sentrale delene av Norskerenna, men kan lokalt ha større mektighet i mindre basseng i nordskråningen inn mot Norskekysten. Mektigheten av de Holocene sedimentene øker mot sør, oppover langs sørskråningen, og når en maksimal mektighet på ca. 100 ms. På nordsiden av Norskerenna ligger eldre glasimarine og/eller marine avsetninger. Disse sedimentene bygger opp «Arendalsterrassen», som er en rest av sedimenter som tidligere fylte opp det meste av Norskerenna, og som delvis er fjernet ved iserosjon under siste istid for ca. 20 000 år siden.

G: Dette profilet starter utenfor Arendal og går i sørøstlig retning. Berggrunnsflata langs profilet består av to renner, den ene under Arendalsterrassen, ca. 25 km fra kysten (850 ms dyp), og den andre i den dypeste delen av Norskerenna, ca. 40 km fra kysten, (knapt 1000 ms dyp). Langs dette profilet er det lite morene. Berggrunnsflata i de dypeste delene og opp langs deler av sørskråningen er dekket av senglasiale skredavsetninger (kart 13). Tykkelsen på disse kan nå opp i ca. 35 m. Over ligger en pakke med glasimarine sedimenter som gradvis blir tynnere mot nord og Holocene sedimenter som blir tykkere mot nord over «Arendalsterrassen». De eldre lagdelte sedimentene i Arendalsterrassen har en mektighet på opptil 300 ms langs dette profilet.

H: Profilet starter utenfor Jomfruland og går i sørøstlig retning. Største dyp til berggrunnsflata er ca. 660 m. Profilet krysser de ytre delene av Langesundsrenna, som består av flere glacialeroderte renner med opptil 300 m relieff. Generelt er det lite løsmasser i dette området. Den største mektigheten opptrer i bunnen av Langesundsrenna, og enkelte andre lokale basseng eller renner.



Tolkede seismiske linjer
Interpreted seismic cross sections

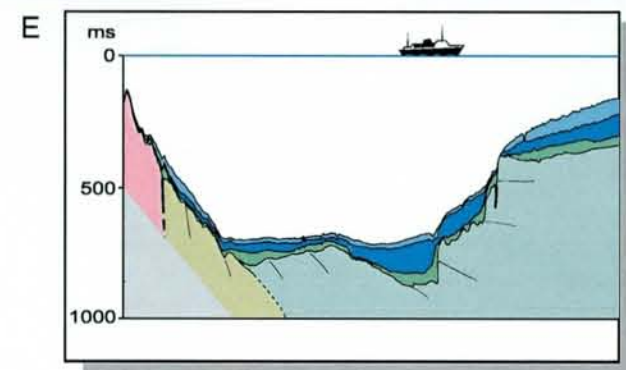
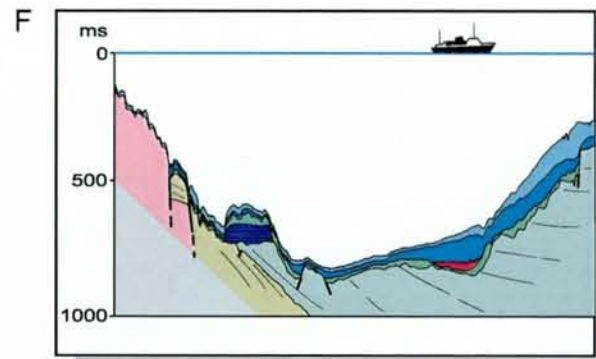
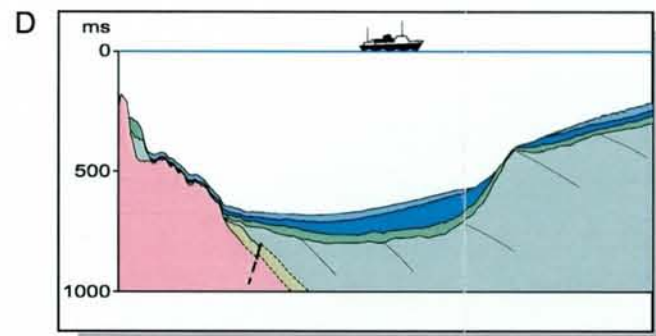


TEGNFORKLARING

- Enhetsgrenser og intern lagdeling
- Tynt eller usammenhengende sedimentdekke over berggrunn. Holocen til Sen-Weichsel alder
- Holocen**
- Marine sedimenter (leir, silt, sand)
- Sandbølgeområder, aktive/reilte
- Sen-Weichsel**
- Glasimarine sedimenter
- Rasavsetninger
- Glasimarine sedimenter lokalt forstyrret av is
- Morene
- Pre Sen-Weichsel**
- Glasimarine/marine sedimenter
- Morene; uspesifiserte sedimenter
- Berggrunn**
- Mesozoiske bergarter
- Paleozoiske bergarter
- Krystalline bergarter
- Uspesifisert
- Forkastninger

LEGEND

- Unit boundaries and internal bedding
- Thin or discontinuous sediment cover over bedrock. Holocene to late Weichselian age
- Holocene**
- Marine sediments (clay, silt, sand)
- Sandwave area, active / relict
- Late Weichselian**
- Glacial marine sediments
- Avalanche deposits
- Glacial marine sediments, locally glacially disturbed
- Till
- Pre Late Weichselian**
- Glacial marine / marine sediments
- Till; unspecified sediments
- Bedrock**
- Mesozoic bedrock
- Paleozoic bedrock
- Crystalline rocks
- Unspecified bedrock
- Faults



KART 13
MAP 13

KART 14

RASAVSETNINGER

KART 14 RASAVSETNINGER

Ved å sammenholde refleksjonsseismiske data med detaljerte batymetriske data, har vi kartlagt flere skredvifter i sørskråningen av Norskerenna. Viftene har sin opprinnelse i de øvre delene av skråningen på dansk side, og strekker seg ut i de dypeste delene av Norskerenna. Viftene som sees på skyggerelieffkartet er overlagret av opptil 20 m mektige, yngre sedimenter. Grunnen til at de likevel synes på overflaten, er at de yngre sedimentene draperer jevnt oppå overflata av viftene slik at formen bevares helt opp til sjøbunnen.

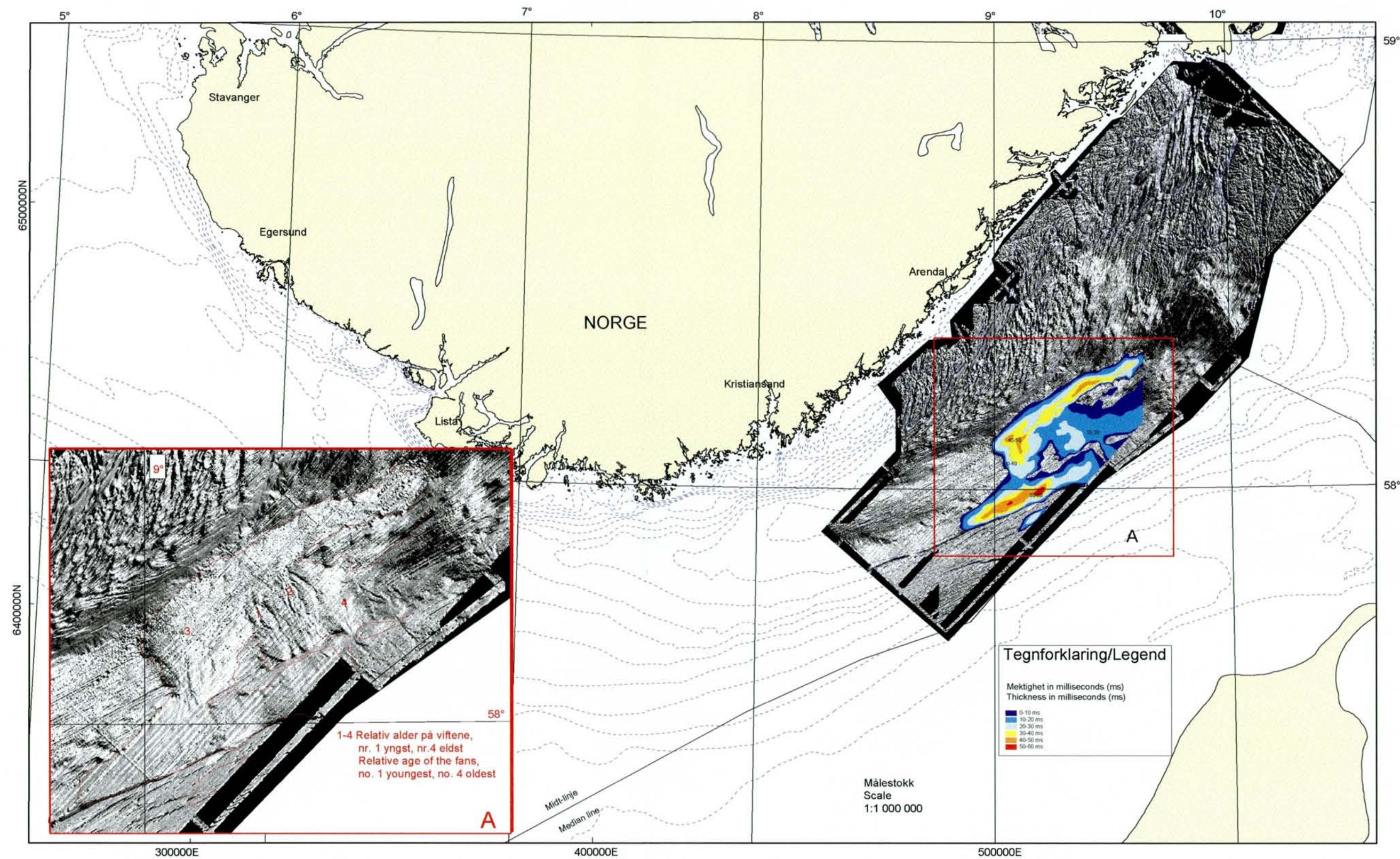
Flere store viftesystemer går fra SSØ mot NNV, og ut i de dypeste delene av Norskerenna. Viftene er merket med romertall som viser deres antatte relative alder, I er yngst, og IV er eldst. Ved IV er det to vifter som går fra dansk side og omtrent rett mot nordvest. Disse har mindre relieff enn viftene I og II som har en noe mere nordlig retning. Viftene I og II vises svært tydelig i skyggerelieffkartet, med utholdende rygger og renner langsetter viftene. De langsgående ryggene representerer leveer som sjelden er mer enn 2 til 3 meter høye. Den vestligste viften, merket III, er en stor massestrømsvifte orientert omtrent nord-sør. Alle viftene har relativt slak helning, gjennomsnittlig mindre enn 1-2 °.

De største mektighetene av massestrømmene finner vi i sørsørvest, hvor et langstrakt basseng er oppfylt. I dette bassenget som går i vestsørvestlig - østnordøstlig retning er mektigheten lokalt over 50 ms. I de dypeste delene av Norskerenna er mektigheten av massestrømmene opptil 50 ms. I den østlige og sørøstlige del av det undersøkte området ligger skredmassenes mektighet mellom 10 ms og 40 ms, og to områder er angitt å være uten rasmasser. Det ene området er knyttet til en nokså markert skråning i underliggende berggrunn, mens «mellomområdet» i øst skyldes at en positiv form/svak ryggform i berggrunnen som har skjermet for massestrømmene.

Utrast materiale er kartlagt innen et areal på omlag 800 km², og figur A viser et mektighetskart for det samme området. Dette kartet danner grunnlaget for beregningene som viser at volumet av vifteavsetninger er ca. 15 km³. Ved volumberegningen er det brukt en lydshastighet på 1650 m/s i skredmassene.

Viftene ligger stratigrafisk mellom morene og glasimarine avsetninger og er dannet under og like etter deglasiasjonen av området, ca. 15 000 år før nåtid. På denne tiden må det ha blitt avsatt store sedimentmengder på dansk sokkelområde. Havnivået var omlag 100 m lavere enn i dag, og store elver drenerte smeltevann i nordlig retning fra det store isdekket lengre sør. Hurtig avsetning av store sedimentmengder kan ha ført til ustabile sedimenter og glidninger som bredte seg i form av massestrømmer fra dansk side og ut i Norskerenna. Lignende avsetninger kan ligge videre vestover langs sørskråningen av Skagerrak og Norskerenna hvor detaljbatymetri fra multistråleekkoloddata foreløpig ikke er samlet inn.

Rasavsetninger
Avalanche deposits



1-4 Relativ alder på viftene,
nr. 1 yngst, nr.4 eldst
Relative age of the fans,
no. 1 youngest, no. 4 oldest

Kart 14
Map 14

KART 15

SJØBUNNSMORFOLOGI

KART 15 SJØBUNNSMORFOLOGI

Den sentrale hovedfiguren viser et skyggerelieffbilde basert på detaljbatymetridata fra Skagerrak. Utsnittene er forstørret og skyggerelieffvirkningen er variert for å framheve morfologien som er skapt av ulike geologiske prosesser. Bokstavene viser beliggenheten av utsnittene på hovedfiguren. De fleste av formene som opptrer på skyggerelieffkartet er resultat av prosesser som fant sted under og like etter siste istid. Disse formene er drapert av senere avsatt leire som kan være flere ti-talls meter tykk.

Grunnlaget for skyggerelieffkartene er beskrevet under kart 2. Utsnitt A, D,E,F,G og H er produsert fra databasen med 50 m cellestørrelse, mens utsnitt B og C er produsert fra data med 15 m cellestørrelse.

a) Furet overflate og drumliner

Overflata av Arendalsterrassen er utformet av breis som har passert over. På terrasseoverflata vises dette som furer (fluted surface) og drumliner. Det er flere retninger på overflateformene, noe som gjenspeiler endringer i bevegelsesretningen til isen.

b) Furet overflate og gassutstrømningsgroper

Den furete overflata (fluted surface) består av langstrakte rygger (oftest lavere enn 7 m) og forsenkninger dannet i morene-materiale. Furene dannes under isbreer og kan strekke seg over mange kilometer og er parallelle med siste isbevegelsesretning over området. Et par av furene skifter retning, noe som kan indikere at de er forårsaket av drivende isfjell. Prikkene representerer runde groper (pockmarks) antatt dannet ved gass-lekkasje fra underliggende sedimentære bergarter. Gropene kan ha en diameter på opptil 200 m og en dybde på opptil 15 m.

c) Isfjellpløyemerke og furet overflate

Pløyemerket ble sannsynligvis dannet av et isfjell som berørte og pløyet bunnsedimentene. Pløyesporet kutter den furete overflata og ble sannsynligvis dannet idet isen i de indre delene av Skagerrak brøt opp. De runde fordypningene representerer pockmarks (se utsnitt B)

d) Sandbølger og erosjonsgroper

Sandbølgene med akse ØNØ-VSV, var aktive i Yngre Dryas/tidlig Holocen, da havnivået var

lavere og havstrømmene forskjellige fra idag. Gropene orientert i NØ-SV-lig retning er dannet ved gass-lekkasje og strømerosjon. Gropene har lengdeaksen i den dominerende strømretningen, og kan være opptil 40 m dype, 1200 m lange og 400 meter breie.

e) Skredavsetninger

Dette er rasvifter i sørskråningen av Norskerenna som stammer fra grunnområdene på dansk sokkel under og like etter isavsmeltningen for 15 000 år siden. Legg merke til de nord-sør-gående formene som er kanaler og leveer på overflata av viftene.

f) Glasitektoniske erosjons-/avsetningsformer

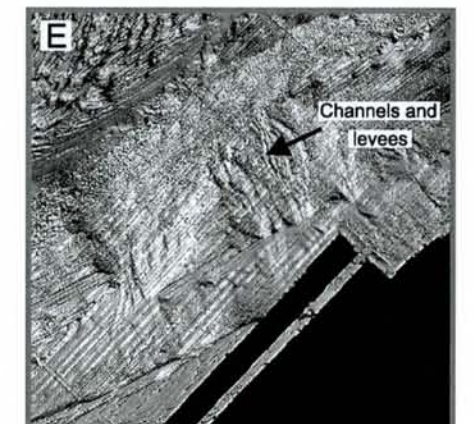
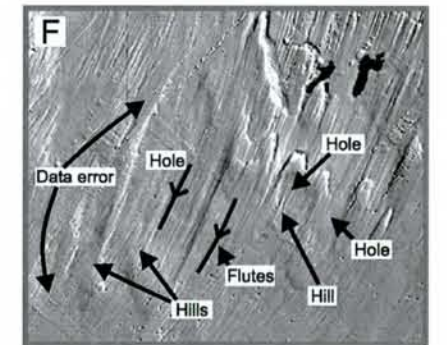
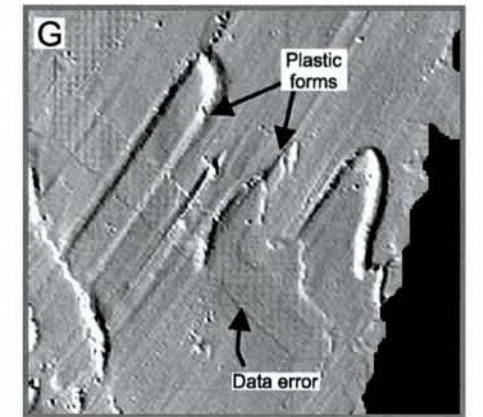
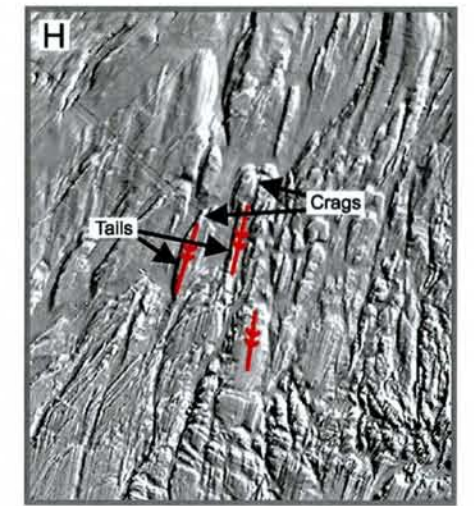
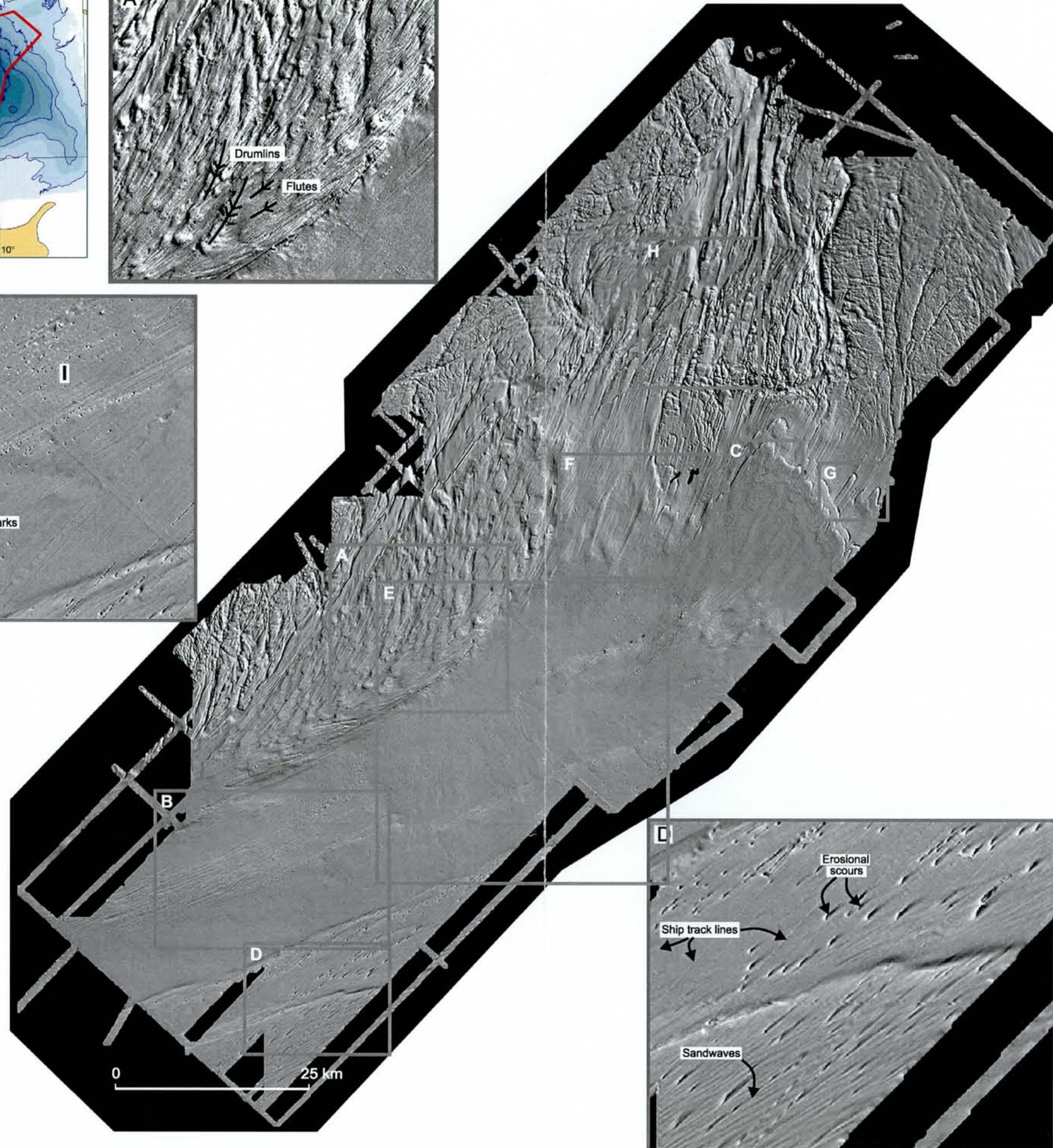
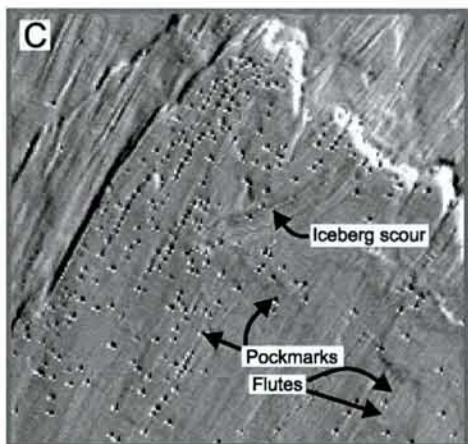
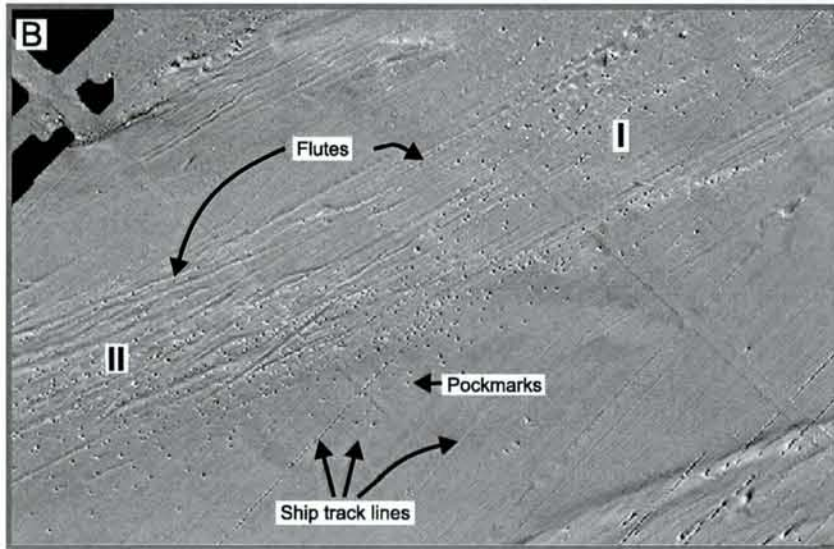
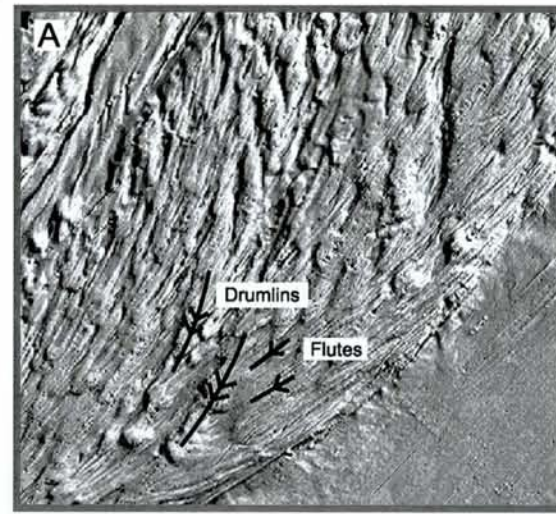
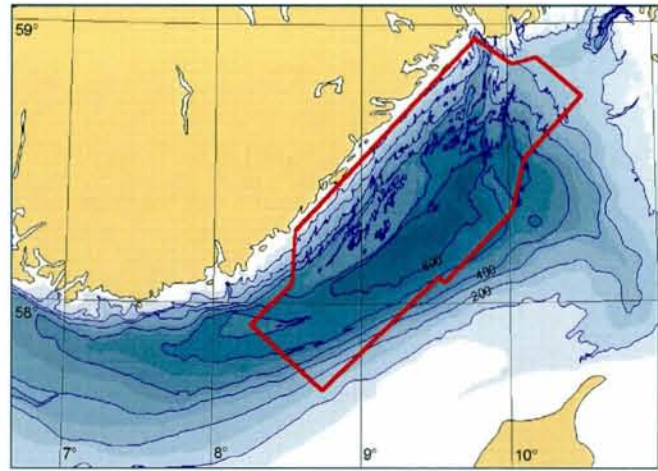
Breen i Skagerrak var i en sen fase svært erosiv. Store blokker (opptil 3x 6 km²) ble revet løs fra den sedimentære berggrunnen (hole) og ført framover i isbevegelsesretningen. De ble enten ført bort, eller avsatt et stykke foran stedet hvor de ble erodert (hill).

g) Plastiske former

De plastiske formene (p-former) er opptil 20 m dype furer (smale renner) erodert i berggrunnen av sedimentmettet vann under høyt trykk under isen.

h) «Crag» and «tails»

Crag and tails er langstrakte, strømlinjeformede strukturer i fjell og/eller løsmasser, og slike ble dannet av isbre som drenerte ut Langesundsrenna i sørvestlig retning.



KART 16 GRUNN GASS OG GASSUTSIVINGSGROPER

KART 16 GRUNN GASS OG GASSUTSIVINGSGROPER

Begrepet *Grunn gass* omfatter gass som befinner seg i de øvre 1000 m av lagfølgen under havbunnen. Grunn gass består for det meste av metan, ofte med mindre mengder av tunge alkener og karbondioksyd, og opptrer i alle typer sedimenter. Gassen kan enten være petrogen (termogen), det vil si dannet av termisk nedbrytning av organisk materiale eller biogen, produsert av bakterier. Hvis gassen er fanget i reservoarer med en viss størrelse og permeabilitet, kan den representere en fare for ved boring etter olje og gass (ukontrollert utblåsning - «blow-out»). Slike reservoarer er ofte knyttet til sandlag og sandlommer. Opptreden av gass i sedimentene og berggrunnen fører ofte til akustisk blanking (svekking av det seismiske signalet) på høyfrekvente seismiske registreringer, og dette har blitt brukt for å kartlegge opptreden av grunn gass.

Opptreden av gass i sedimentene og berggrunnen.

Grunn gass i sedimentene er lokalisert i fire områder i den norske delen av Skagerrak. Disse undersøkelsene bekrefter tidligere undersøkelser, men viser også nye områder med grunn gass. Sørøst for Langesund og i sørøstskråninga av Norskerenna mot Danmark når den akustiske blankinga havbunnen, og gassen ser ut til å være jevnt fordelt i sedimentene. Gassen opptrer i områder med rask sedimentasjon og er sannsynligvis biogen.

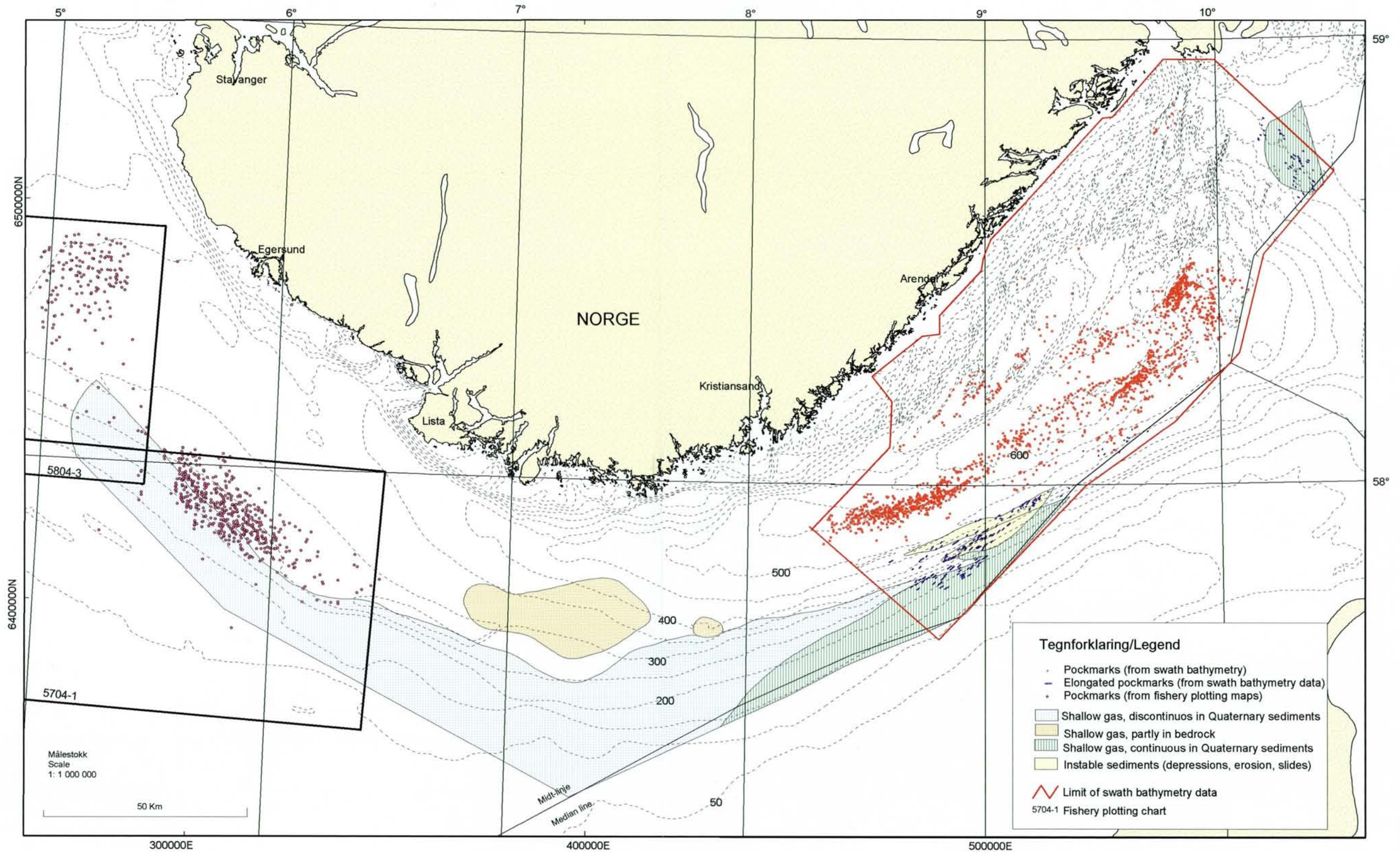
I sørskråninga av Norskerenna, lengre vest, blir sporene av gass mindre tydelige, og fordelingen mindre sammenhengende i de øvre lagene av sjøbunnen. Gassen opptrer sammen med flere typer eldre kvartære sedimenter. Lommer av gass kan opptre i sandige sedimenter. Akustisk blanking i mesosoiske sedimentære bergarter og overliggende kvartære sedimenter i Norskerenna skyldes sannsynligvis petrogen gass. Dette området mellom Lista og Kristiansand ligger i den sentrale delen av Farsund-bassenget.

Gassutsivingsgroper dannes hvor gass og/eller porevæsker som stammer fra underliggende sediment (eller bergarter) strømmer ut på sjøbunnen. Disse gropene (pockmarks) er oftest nokså sirkulære groper med en diameter mellom 50 og 70 m, vanligvis mellom 3 og 8 m dyp og opptrer i finkornige sedimenter (leir, silt og sand). Kartlegging av gassutsivingsgroper er i området øst for Kristiansand gjort på skyggerelieffkartet (kart 2), mens gropene sør og vest for Egersund er hentet fra to fiskeriplottkart fra Norges Sjøkartverk. Utenfor disse områdene kan det opptre gassutsivingsgroper uten at vi har kunnet kartlegge dem. Konsentrasjonen av sirkulære gassutsivingsgroper opptrer langs tre hovedbelter som stort sett faller sammen med opptreden av sedimentære bergarter av triassisk til kritt alder (kart 6). Konsentrasjonen av gassutsivingsgroper (opptil 10 pr. km²) i den sentrale, dype delen av Norskerenna sammenfaller med en sekvens av mesozoiske bergarter, muligens jurassiske sandsteiner. Over Farsund-bassenget (kart 6) er det indikasjoner på at petrogen gass opptrer i bergarter av tilsvarende alder.

De avlange strømgropene i sørskråningen er sannsynligvis dannet gjennom en kombinasjon av havstrømmer og utsiving av gass på havbunnen. Gropene ser ut til å opptre langs strøket av underliggende kritt-bergarter, noe som indikerer en petrogen opprinnelse også for disse gropene.

Dype, avlange strømgroper i det indre av Skagerrak er tolket som gassutsivingsgroper modifisert av havstrømmer. Disse gropene har som regel en sø-nv-lig retning, i motsetning til gropene i sørskråningen som har en sv-nø-lig retning. Gropene i det indre Skagerrak opptrer i akustisk blankede sedimenter over krystalline bergarter, og er sannsynligvis dannet av utsiving av biogen

Grunn gass og gassutsivingsgroper
Shallow gas and pockmarks



Kart 16
Map 16

KART 17

BUNNTYPER

KART 17 BUNNTYPER

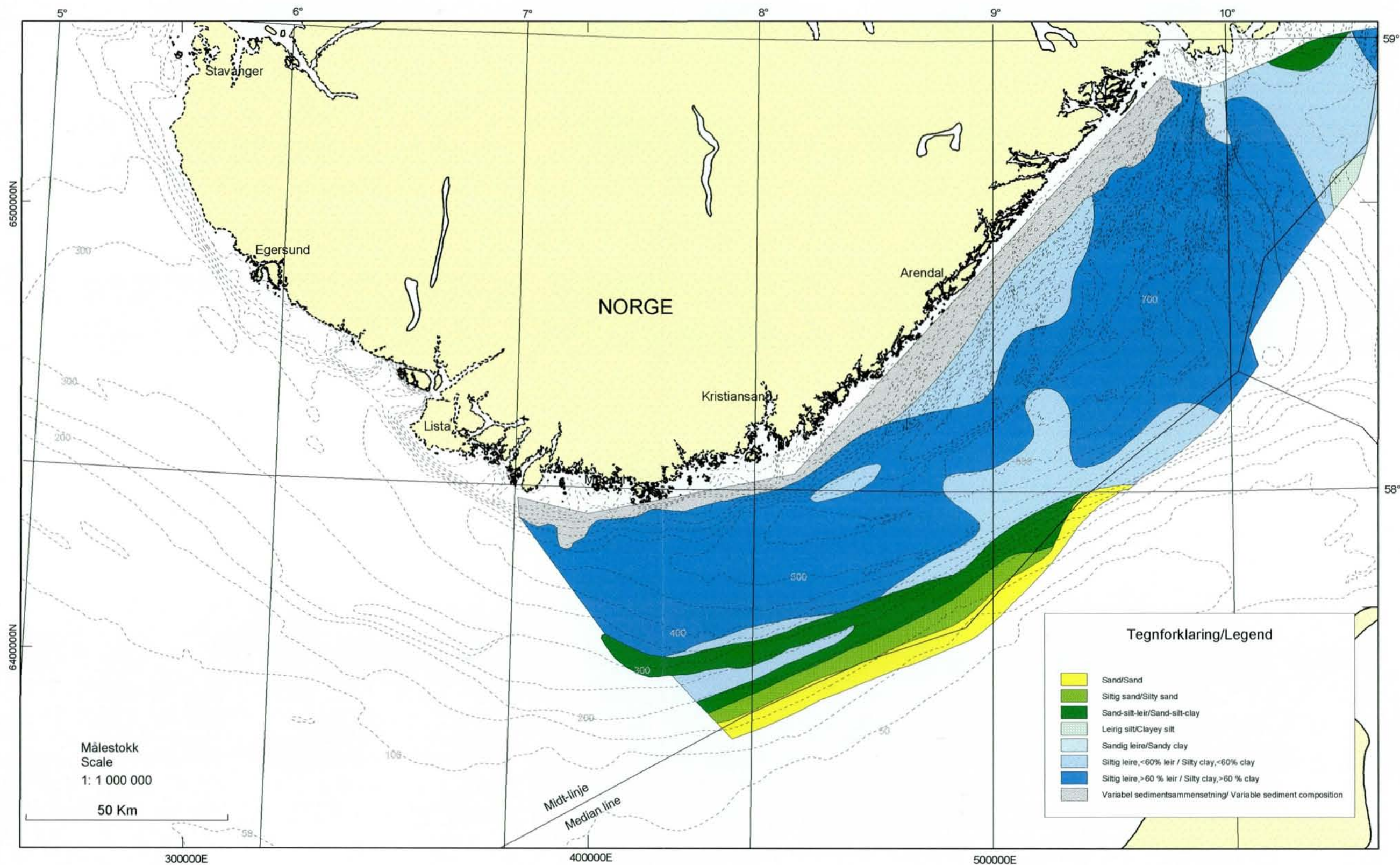
Fra sedimentkjernene (se kart 4) ble de øverste 5 cm med prøvemateriale tatt ut til kornfordelingsanalyse. Prøvene ble først siktet, og mengden av materiale i de forskjellige sand- og grusfraksjonene ble bestemt. Fraksjonen mindre enn 63 μm , som inkluderer silt og leir, ble analysert ved hjelp av Sedigraph. Analyseteknikkene er beskrevet i større detalj av Bøe (1993, 1994, 1995).

Kartet viser at sedimentene innen den norske delen av Skagerrak, med vanndyp større enn ca. 350 m, er dominert av siltig leire, med et leirinnhold på 50-70%. Innen disse områdene er sandinnholdet generelt mindre enn 2%. Skjell og skjellmateriale i sand- og grusfraksjonene utgjør vanligvis mindre enn 1%, mens karbonat og organisk karbon kan nå verdier på henholdsvis 10% og 2.4%.

Sedimentene i sørskråningen av Norskerenna blir gradvis grovere med avtagende vanndyp. Mellom 350 m og 200 m vanndyp består de av en blanding av sand, silt og leir. Mellom ca. 200 m og 150 m kan sedimentene klassifiseres som siltig sand, mens de på vanndyp mindre enn 150 m består av veldig fin og fin sand. I de aller grunneste områdene når sandinnholdet ca. 80%, mens leir og silt utgjør omtrent 10% hver. Innholdet av karbonat og organisk karbon avtar ettersom sedimentene blir grovere. Skjell og skjellmateriale i grov sand og grusfraksjonen utgjør vanligvis mindre enn 1%. I disse områdene av Skagerrak foregår sedimenttransporten vanligvis langs bunnen.

I en ca. 10 km bred sone langs Norskekysten er der stor veksling i sedimenttyper, med finkornige sedimenter avsatt i forsenkninger, og grovere sedimenter på topografiske høyder, der det i enkelte tilfeller også kan være erosjon. Også i et område langs sørskråningen av Norskerenna (mellom ca. 6°30'Ø og 9°Ø), og langs den bratte sørskråningen av Arendalsterrassen (mellom ca. 8°E og 9°20'Ø), har der vært erosjon, og glasimarine, dårlig sorterte sedimenter er eksponert på havbunnen.

Bunntype
Sea-bed sediments



Kart 17
Map 17

KART 18

SEDIMENTASJONSHASTIGHET

KART 18 SEDIMENTASJONSHASTIGHET

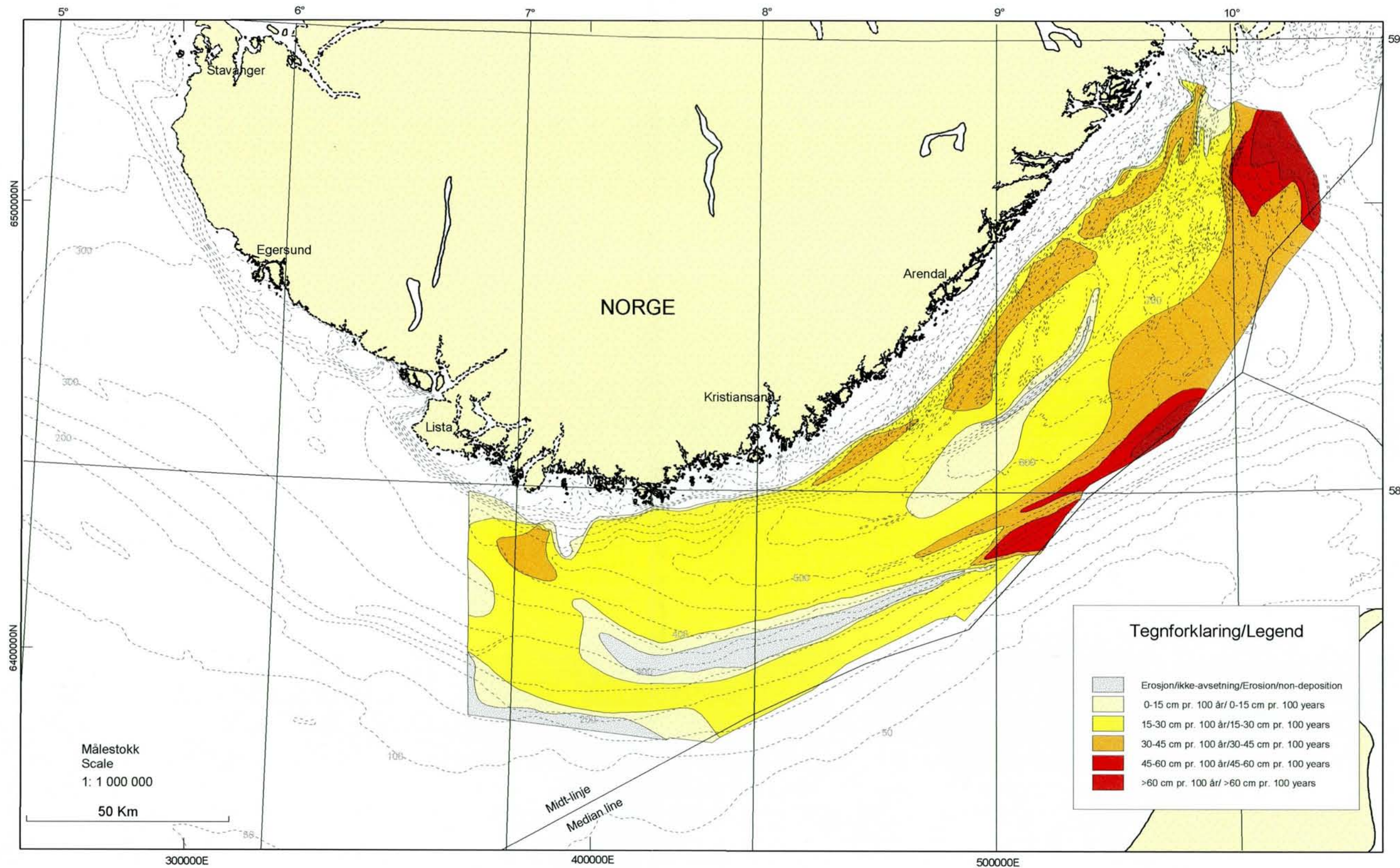
Innen den norske delen av Skagerrak har forskjellige forfattere og institusjoner utført målinger av sedimentasjonshastigheter i mange år (Bøe et al. 1996). De fleste av disse målingene er utført ved å studere innholdet av den radioaktive blyisotopen ^{210}Pb (som har en halveringstid på 22,3 år) i sedimentene.

Under sammenstilling av kartet har vi kun benyttet sedimentasjonshastigheter framkommet ved ^{210}Pb -datering, da disse dataene virker mest nøyaktige og pålitelige. Disse dataene ble kombinert med kartet over holocene sedimenters utbredelse og mektighet (se kart 12), (Rise et al. 1996) og beskrivelsene av sedimentene på havbunnen (kart 17) (Bøe 1993, 1994, 1995) til å sette sammen et kart over hele den norske delen av Skagerrak.

I sørskråningen av Norskerenna og langs sørøstskrenten av Arendalsterrassen viser kartet to erosjonsområder/ikke-avsetningsområder. De laveste sedimentasjonshastighetene opptrer ellers i djupålen av Norskerenna, der det er målt 10-15 cm/100 år. På plataet langs midtlinja mellom Norge og Danmark er det målt sedimentasjonsrater opp til 21 cm/100 år, men i dette området er det store variasjoner på grunn av lokal erosjon. De høyeste sedimentasjonsratene innen den norske delen av Skagerrak er målt nordøst for erosjonsområdet på sørskråningen, og lengst i nordøst, med avsetningshastigheter over 100 cm på hundre år. Områdene med høye sedimentasjonshastigheter sammenfaller ganske godt med områdene der det er målt tykke Holocene avsetninger.

Langs norskekysten er det store variasjoner i sedimentasjonshastighet på grunn av vekslende topografi. Flere områder med avsetningshastigheter i overkant av 30 cm/100 år er indikert fra Langesundsfjorden i nordøst, over Arendalsterrassen og ned til sørvest for Mandal. Kun en måling sør for Mandal bekrefter denne tolkningen, som hovedsaklig er basert på tykkelsen av Holocene sedimenter. Det er mulig at mesteparten av disse sedimentene ble avsatt tidlig i Holocen tid, og at avsetningshastighetene er lavere nå.

Sedimentasjonshastighet
Sedimentation rates



Kart 18
Map 18

4.

PUBLIKASJONER - SKAGERRAK-PROSJEKTET

- Alve, E. 1996: Benthic foraminiferal evidence of environmental change in the Skagerrak over the past six decades. *Nor. geol. unders. Bull.* 430, 85-93.
- Alve, E. & Murray, J.W. 1995: Benthic foraminiferal distribution and abundance changes in Skagerrak surface sediments; 1937 (Höglund) and 1992/93 data compared. *Mar. Micropaleontol.* 25;4, 269-288.
- Bengtsson, H. & Stevens, R. L. 1996: Heavy-mineral provinces in southern Skagerrak and northern Kattegat. *Nor.geol. unders. Bull.* 430, 47-55.
- Bøe, R. & Thorsnes, T. 1996 (editors): Marine geology in the Skagerrak and Kattegat. Proceedings of the 5th MARSKAT meeting in Trondheim, 1994. *Nor. geol. unders. Bull.* 430, 144 pp.
- Bøe, R., Rise, L. Thorsnes, T., de Haas, H., Sæther, O.M. & Kunzendorf, H. 1996: Sea-bed sediments and sediment accumulation rates in the Norwegian part of the Skagerrak. *Nor. geol. unders. Bull.* 430, 75-84.
- Christensen, H. 1995: Evaluering av blyinnhold i sedimenter fra Skagerrak. Diplomoppgave NTH, Institutt for geologi og bergteknikk.
- Hellesund, E. 1994: Evolution of the "modern" Skagerrak since the late Weichselian: A sedimentological study. Cand . Scient. thesis in marine geology. *Geological Institute, University of Bergen.*
- Kunzendorf, H., Longva, O. & Paetzel, M. 1996: Recent sedimentation rates across the Norwegian Trough. *Nor. geol. unders. Bull.* 430, 67-74.
- Lepland, A. & Stevens, R. L. 1996: Suspension sedimentation of coarse silt and sand in northern Skagerrak: textural and mineralogical trends. *Nor. geol. unders. Bull.* 430, 35-46.
- Lepland, A. & Stevens, R. L. 1996: Mineral magnetic and textural interpretations of sedimentation in the Skagerrak, eastern North Sea. *Marine Geology* 135; 1-4, 51-64.
- Longva, O. & Thorsnes, T. 1997 (editors): Skagerrak in the past and at the present - an integrated study of geology, chemistry, hydrography, and microfossil ecology. *Nor. geol. unders. Spec. Publ.* 8, 100 pp.
- Ottesen, D., Rise, L., Bøe, R., Hansen, M.: Batymetri - en revolusjon innen undersjøisk geologisk kartlegging. *Kart og Plan, Vol.* 56, 171-176.
- Paetzel, M., Schrader, H. & Bjerkli, K. 1994: Do decreased trace metal concentrations in surficial Skagerrak sediments over the last 15-30 years indicate decreased pollution. *Environmental Pollution* 84, 213-226.

- Rise, L., Olsen, H. A., Bøe, R. & Ottesen, D. 1996: Thickness, distribution and depositional environment of Holocene sediments in the Norwegian part of the Skagerrak. *Nor. geol. unders. Bull.* 430, 5-16.
- Sæther, O.M., Faye, G., Thorsnes, T., Rise, L., Longva, O., & Bøe, R. 1996: Regional distribution of manganese, phosphorous, heavy metals, barium, and carbon in sea bed sediments (0-2 cm) from the northern part of the Norwegian Skagerrak. *Nor. geol. unders. Bull.* 430, 103-112.
- Schrader, H. & Longva, O, 1995: Overvåkning av miljøendringer i Skagerrak - beskrivelse av et felles maringeologisk kartleggingprogram. NGU Årsrapport 1994, 12-13.
- Thorsnes, T. 1997: Skagerrak - fra oldtidshav til avfallsplass. NGU Årsrapport 1996, 12-13.

RAPPORTER - SKAGERRAK-PROSJEKTET

- Alve, E. 1994: Indisier på miljøendringer i den nordvestre del av Skagerrak over de siste 50 til 60 år basert på bentiske foraminiferanalyser av overflatesedimenter (0-2 cm) fra 1992/1993 og Høglunds foraminiferdata fra 1937. NGU Rapport 94.100, 50 s.
- Alve, E. 1995: Miljøstratigrafiske undersøkelser i den nordvestre del av Skagerrak over de siste 200 år belyst ved foraminiferinnholdet i utvalgte sedimentkjerner. NGU rapport 95.075, 21 s.
- Bjerkli, K. 1992: Prøvetakingstokt nr. 9102 i Skagerrak 1991. F/F "Seisma". Toktrapport. NGU Intern Rapport 92.005, 77 s.
- Bøe, R. 1993: Sedimentologi og geotekniske undersøkelser på Niemistökjerneprøver fra Skagerrak. NGU Rapport 93.050, 78 s.
- Bøe, R. 1993: Sedimentologi og geotekniske undersøkelser på sedimenter tatt med gravitasjonsprøvetaker i området Homborsund-Arendal. NGU Rapport 93.051, 67 s.
- Bøe, R. 1994: Sedimentologi og geotekniske undersøkelser på sedimentkjerner tatt under tokt 9307 i Skagerrak. NGU Rapport 94.017, 41 s.
- Bøe, R. 1995: Sedimentologi og geotekniske undersøkelser på sedimentkjerner tatt under tokt 9404 i Skagerrak, med oppsummering av resultater 1992-1995. NGU Rapport 95.020, 102 s.
- Bøe, R., Olsen, H.A., Thorsnes, T., Torsvik, T. & Øverby, L.T. 1991: Maringeologisk/geofysisk tokt nr. 9101 i Skagerrak 1991, toktrapport. NGU Intern Rapport 91.014, 32 s.
- Bøe, R. & Ottesen, D. 1992: Skjellsandundersøkelser i området Flekkerøy - Skjernøy, Vest-Agder. NGU Rapport 92.312, 23 s.
- Bøe, R., Thorsnes, T., Ottesen, D., Olsen, H.A. & Øverby, L.T. 1993: Maringeologisk tokt nr. 9301 i området Egersundbanken-Norskerenna 1993, toktrapport. NGU Rapport 93.090, 24 s.
- Faye, G. 1994: Geokjemiske undersøkelser i Skagerrak 1992 og 1993. Tokt 9205 og 9307. NGU Intern Rapport 94.014, 72 s.
- Faye, G. 1996: Marin geokjemi i området mellom Larvik og Arendal. NGU Intern Rapport 96.010.
- Grøsfjeld, K. 1994: Smørepreparatanalyse av sedimenter i nordøstre del av Skagerrak. NGU Rapport 94.076, 64 s.
- Grøsfjeld, K. 1996: Dinocysts in Late Holocene sediments in the Skagerrak. NGU Report 96.122. 17 s.

- Olsen, H. A. 1992: Kvartærgeologi, Skagerrak. Foreløpig tolkning av refleksjonsseismiske data fra den nordøstlige del av Skagerrak basert på data innsamlet i 1991. NGU Rapport 92.220, 22 s.
- Ottesen, D. & Bøe, R. 1993: Skjellsandundersøkelser i området Tromøy - Risør, Aust-Agder. NGU Rapport 93.024, 18 s.
- Ottesen, D., Thorsnes, T., Olsen, H.A. & Rise, L. 1994: Lettseismisk tokt nr. 9401 i vestlige Skagerrak 1994, toktrapport. NGU Rapport 94.031, 37 s.
- Ottesen, D. & Lien, R. 1995: Regional seismikk i Norskerenna/Nordsjøen vest for Stavanger - Egersund. Lettseismisk tokt 9503 i 1995, toktrapport. NGU Rapport 95.099, 51s.
- Ottesen, D., & Paetzel, M. 1995: Core sampling cruise 9307 in the Skagerrak, 1993. Cruise report. NGU Rapport 95.080, 16 s.
- Paetzel, M. 1992: Prøvetakingstokt nr. 9103 i Skagerrak 1991. M/S "Håkon Mosby". Toktrapport. NGU Intern Rapport 92.006, 70 s.
- Paetzel, M. 1992: Prøvetakingstokt 9106 i Skagerrak 1991. M/S "Håkon Mosby". Toktrapport. NGU Intern Rapport 92.007, 114 s.
- Paetzel, M. 1992: Prøvetakingstokt nr. 9205 i Skagerrak 1992. M/S "Håkon Mosby". NGU Rapport 92.282, 129 s.
- Rise, L. & Olsen, H. A. 1994: Evaluation of seabed conditions between Norway and Germany. Result of a prestudy of available information and interpretation of seismic data in Skagerrak. NGU Rapport 94.060. Restricted. 33 pp.
- Rise, L. & Bøe, R. 1995: Fysiske egenskaper til bunnsedimenter i den norske delen av Skagerrak. NGU Rapport 95.054, 31s.
- Sindre, A. 1992: Regional tolkning av geofysiske data, kartblad Arendal, M 1:250.000. NGU Rapport 92.213, 30 s.
- Sindre, A. 1993: Tolkning av magnetometri og gravimetri i Skagerrak, kartblad Arendal, M 1:250.000. NGU Rapport 93.114, 11 s.
- Sæther, O. M. 1996: Geokjemiske undersøkelser i Skagerrak 1994. Tokt 9404. Datarapport. NGU Intern Rapport 96.012, 38 s.
- Thorsnes, T. 1992: Berggrunnsgeologi Skagerrak. Foreløpig tolkning av refleksjonsseismiske data fra den nordøstlige del av Skagerrak basert på data innsamlet i 1991. NGU Rapport 92.222, 33 s.
- Thorsnes, T. 1993: Berggrunnsgeologi Skagerrak. Foreløpig tolkning av refleksjonsseismiske data fra Skagerrak (Arendal-Kristiansand), basert på data innsamlet i 1992 (tokt 9204). NGU Rapport 93.060, 19 s.

Thorsnes, T., Bøe, R. Ottesen, D., Larsen, E., Moen, P.T., Olsen, H.A., Totland O. & Øverby, L.T. 1992: Maringeologisk/ geofysisk tokt nr. 9204 i Skagerrak 1992, toktrappport. NGU Rapport 92.287, 42 s.

Thorsnes, T., Bøe, R., Grøsfjeld, K., Olsen, H.A., Ottesen, D. & Øverby, L.T. 1993: Maringeologisk tokt nr. 9306 i Skagerrak 1993, toktrappport. NGU Rapport 93.133, 40 s.