

Rapport nr.: 97.065		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Fysiske egenskaper til bunnsedimenter i Norskerenna og Nordsjøen mellom Kristiansand og Karmøy				
Forfatter: Reidulv Bøe og Leif Rise		Oppdragsgiver: NGU, HI, NP, OD, SFT, SKSK		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 31	Pris: 51,-	
		Kartbilag: 0		
Feltarbeid utført: 1995/1996	Rapportdato: 1. juni 1997	Prosjektnr.: 2301.39	Ansvarlig:	
<p>Sammendrag: I periodene 17-24. juli 1995 og 9-19. september 1996 utførte NGU, Havforskningsinstituttet og Universitet i Bergen, i samarbeid med andre institusjoner, to maringeologiske prøvetakingstokt (tokt 9506 og 9606) med henholdsvis Michael Sars og M/S Håkon Mosby i Nordsjøen. Prøvetakingsområdet strekker seg 50-130 km ut fra kysten i sørøstlig til nordvestlig retning fra Kristiansand til Karmøy, og er avgrenset av koordinatene 57.35°N, 59.25°N, 3.4°Ø og 7.8°Ø.</p> <p>Formålet med toktene var å ta kjerneprøver til miljøgeologiske, sedimentologiske, kvartærgeologiske og geotekniske/sedimentfysiske studier. Foreliggende rapport gir en oppsummering av de sedimentfysiske egenskapene til de prøvetatte sedimentene i Nordsjøen. Disse omfatter våt og tørr romvekt, vanninnhold, porøsitet og vannmetningsgrad. Dataene er plottet mot hverandre i diagrammer og presentert i kartform for å vise geografiske variasjoner.</p> <p>Innen de dype områdene i Norskerenna ligger verdiene for våt romvekt ved 4-8 cm dyp på rundt 1.4 g/cm³, og ved 20-30 cm dyp i kjernene på ca. 1.5 g/cm³. Innen områdene med grovere sedimenter i sørvest, og vest for Jærens Rev, øker verdiene for våt romvekt til i overkant av 2.0 g/cm³ i begge nivå. Tørr romvekt varierer rundt 0.5 g/cm³ innen leirområdene, og øker til ca. 1.6 g/cm³ lengst i sørvest og vest for Jærens Rev. Verdiene for tørr romvekt øker med ca. 0.1 g/cm³ fra 4-8 cm til 20-30 cm dyp i kjernene innen leirområdene. Vanninnholdet ved 4-8 cm dybde ligger innen leirområdene i Norskerenna på 120-180% (med lokale maksima opp til 227 %), og ved 20-30 cm dyp på 110-140%. I de sandige områdene avtar vanninnholdet til ned mot 20 %. Innen leirområdene varierer porøsiteten generelt fra 75% til 83% ved 4-8 cm dyp, og mellom 66% og 78% ved 20-30 cm dyp. Porøsiteten i sandområdene er ned mot 40%.</p>				
Emneord: Maringeologi	Overflatesediment		Fysiske egenskaper	
Sedimentologi	Kjerne		Prøvetaking	
Porøsitet	Romvekt		Fagrapport	

INNHold

1 INNLEDNING	5
2 PRØVETAKINGS- OG MÅLEMETODER.....	5
3 DEFINISJONER OG FORMLER.....	7
3.1 Vanninnhold	7
3.2 Våt romvekt (wet bulk density).....	7
3.3 Tørr romvekt (dry bulk density).....	8
3.4 Porøsitet.....	8
3.5 Vanmetningsgrad	9
4 VARIASJON I FYSISKE EGENSKAPER GEOGRAFISK OG MOT DYBDEN.....	9
4.1 Generelt	9
4.2 Våt romvekt.....	9
4.3 Tørr romvekt	10
4.4 Vanninnhold	10
4.5 Porøsitet.....	25
4.6 Vanmetningsgrad	25
5 OPPSUMMERING	30
REFERANSER	31

FIGURER

- Fig. 1. Geografisk plassering av prøvetakingstasjoner.
- Fig. 2. Konturert batymetrisk kart med vanddybde plottet på hver prøvestasjon.
- Fig. 3. Våt romvekt-vanninnhold.
- Fig. 4. Tørr romvekt-våt romvekt.
- Fig. 5. Våt romvekt-porøsitet.
- Fig. 6. Porøsitet-vanninnhold.
- Fig. 7. Vannmetningsgrad-vanninnhold.
- Fig. 8. Vanddybde-vanninnhold.
- Fig. 9. Vanddybde-Våt romvekt
- Fig. 10. Geografisk variasjon i våt romvekt ved 4-8 cm dybde.
- Fig. 11. Geografisk variasjon i våt romvekt ved 20-30 cm dybde.
- Fig. 12. Geografisk variasjon i tørr romvekt ved 4-8 cm dybde.
- Fig. 13. Geografisk variasjon i tørr romvekt ved 20-30 cm dybde.
- Fig. 14. Geografisk variasjon i vanninnhold ved 4-8 cm dybde.
- Fig. 15. Geografisk variasjon i vanninnhold ved 20-30 cm dybde.
- Fig. 16. Geografisk variasjon i porøsitet ved 4-8 cm dybde.
- Fig. 17. Geografisk variasjon i porøsitet ved 20-30 cm dybde.
- Fig. 18. Geografisk variasjon i vannmetningsgrad ved 4-8 cm dybde.
- Fig. 19. Geografisk variasjon i vannmetningsgrad ved 20-30 cm dybde.

1 INNLEDNING

I periodene 17-24. juli 1995 og 9-19. september 1996 utførte NGU, Havforskningsinstituttet og Universitet i Bergen, i samarbeid med andre institusjoner, to maringeologiske prøvetakingstokt (tokt 9506 og 9606) med henholdsvis Michael Sars og M/S Håkon Mosby i Nordsjøen. Prøvetakingsområdet strekker seg 50-130 km ut fra kysten i sørøstlig til nordvestlig retning fra Kristiansand til Karmøy, og er avgrenset av koordinatene 57.35°N, 59.25°N, 3.4°Ø og 7.8°Ø (Fig. 1).

Formålet med toktene var å ta kjerneprøver til miljøgeologiske, sedimentologiske, kvartærgeologiske og geotekniske/sedimentfysiske studier. Kjernene ble tatt i på forhånd utplukkede prøvepunkter, plassert i et systematisk nett (Fig. 1), hovedsaklig i krysningen mellom refleksjonsseismiske linjer. Refleksjonsseismiske data ble innsamlet under tokt 9301 i 1993 (Bøe et al. 1993), tokt 9401 i 1994 (Ottesen et al. 1994) og tokt 9503 i 1995 (Ottesen og Lien 1995).

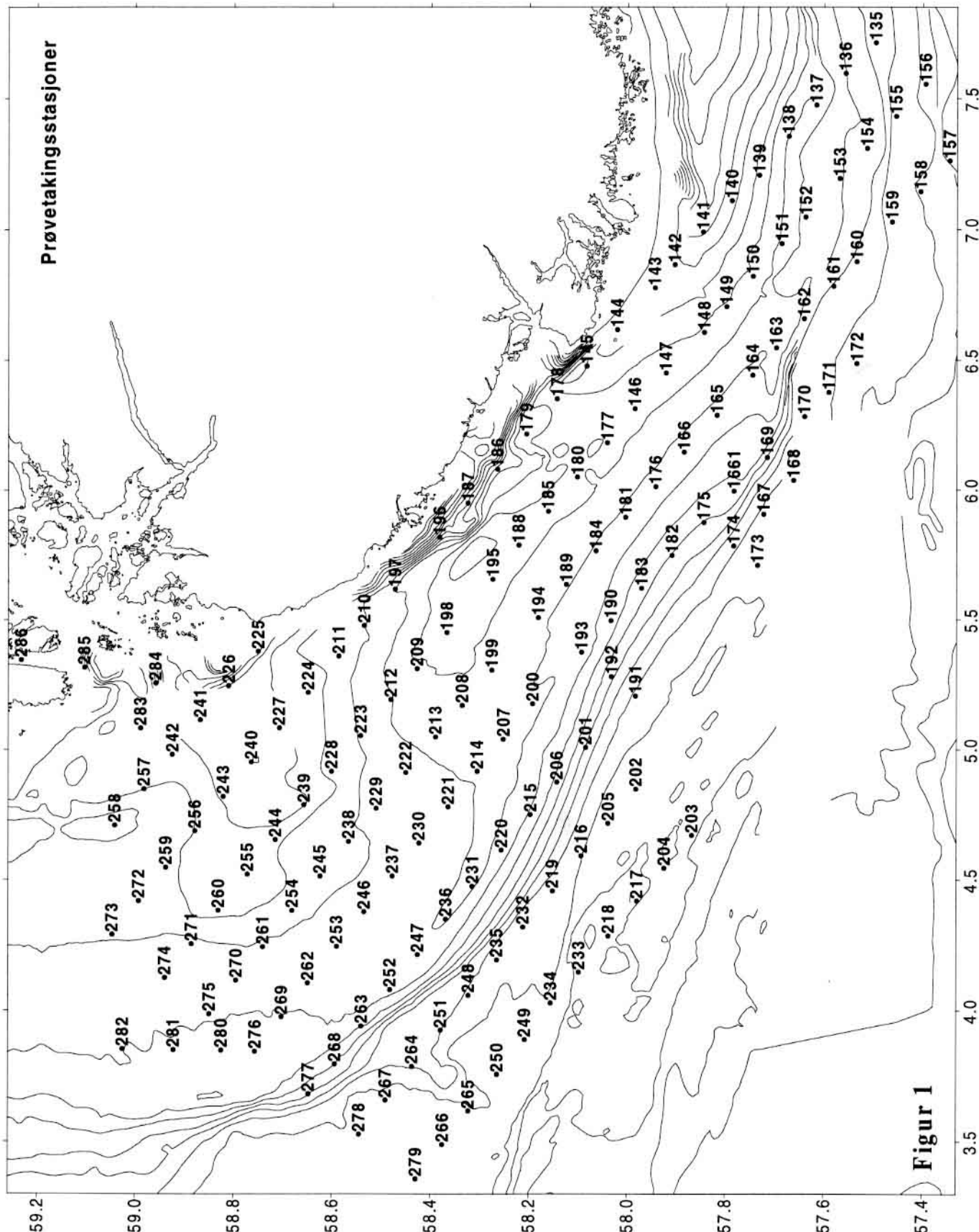
Tilsvarende refleksjonsseismiske data er tidligere samlet inn i Skagerrak (Bøe et al. 1991, Thorsnes et al. 1992, Thorsnes et al. 1993), og resultatene fra de sedimentologiske beskrivelsene og de geotekniske/sedimentfysiske undersøkelsene er presentert i Bøe (1993, 1994, 1995) og Rise og Bøe (1995).

Foreliggende rapport gir en oppsummering av de sedimentfysiske egenskapene til de prøvetatte sedimentene i Nordsjøen. Disse omfatter våt og tørr romvekt, vanninnhold, porøsitet og vannmetningsgrad. Dataene er plottet mot hverandre i diagrammer og presentert i kartform for å vise geografiske variasjoner.

2 PRØVETAKINGS- OG MÅLEMETODER

I prøvetakeren (multicorer) var det plassert plastrør (lengde 61 cm, ytre diameter 63 mm, indre diameter 59 mm), som etter prøvetaking ble lukket i begge ender med gummihetter med slangeklemmer rundt for å hindre vann i kjernen og på toppen av kjernen i å renne ut eller fordampe. Kjernene ble deretter fraktet til NGU i oppreist tilstand og lagret slik inntil de ble åpnet i perioden 30. september til 9. oktober 1996.

Etter å ha fjernet gummihetten på toppen av kjernen ble vannet tappet av ved å bore hull i plastrøret rett over toppen av sedimentet. Liggende i et stativ ble kjernen så delt på langs med sirkelsag ved å sage så vidt gjennom plastrøret på begge sider av kjernen. En tynn streng ble deretter dratt i sagespalten gjennom sedimentet, samtidig som de to halvdelene ble presset ut til hver sin side.



Figur 1

Til å ta ut underprøver ble det benyttet metallringer (laget av tynnveggede rør, konet til en skarp egg i den ene enden) med kjent vekt og volum. Ringen (ca. 2 cm diameter) ble presset forsiktig inn i sedimentet (ved 5 cm og 30 cm dyp i kjernen, alternativt ved 5 cm og bunn av kjernen dersom den var kortere enn 30 cm) midt på en av de splittede halvdelene, til ringen var full, og deretter vippet forsiktig ut med en spatel. Endene ble avrettet med trådsag/spatel, og den overskytende leirskiven ble vippet vekk.

Den våte prøven pluss ring ble veid straks etter at leire på utsiden av metallringen var fjernet. Prøven ble så presset ut til en på forhånd veid porselensskål. Så ble vekten av skål pluss våt prøve målt, og vekten av våt prøve funnet. Prøven ble tørket i porselensskål i varmeskap ved 105°C i 24 timer, før prøve pluss skål ble veid på nytt og tørrvekten funnet.

3 DEFINISJONER OG FORMLER

3.1 Vanninnhold

$$\text{Vanninnhold } (w) = \text{Vekt porevann} / \text{Vekt mineralkorn} \quad (\text{NS 8013})$$

Vanninnholdet oppgis vanligvis i prosent. Definisjonen stemmer overens med internasjonal bruk og med de mest benyttede standarder (bl.a. Svensk Standard, British Standard, American Society for Testing and Materials). Vanninnholdet benyttes, sammen med konsistensgrensene, for klassifisering av jordarter og beskrivelse av geotekniske egenskaper. Videre inngår vanninnholdet i beregning av porøsitet og metningsgrad.

For vanlige prøver anbefales tørking ved 110±5°C i minst 12 timer (<30 g prøve). For jordarter som inneholder mineraler med løst bundet vann eller jordarter med betydelige mengder organisk materiale anbefales tørking ved 60°C eller under vakuum. I beregning av vanninnhold er det ikke vanlig å korrigere for vekten av salt i porevannet.

3.2 Våt romvekt (wet bulk density)

$$\text{Våt romvekt } (\rho) = \text{Vekt våt prøve} / \text{Volum våt prøve} \quad (\text{NS 8010/NS 8011})$$

Vi har valgt å beholde den innarbeidete betegnelsen våt romvekt, selv om Norsk Standard nå benytter termen Densitet. Våt romvekt inngår i praktisk talt alle geotekniske beregninger, og feil kan få betydelige konsekvenser ved f. eks. stabilitetsanalyse. Vurdering av av forskjellige feilkilder ved prøvetaking og laboratorieanalyser er derfor viktig. Produktet av våt romvekt

og sedimentets lydshastighet (akustisk impedans) er en nøkkel-parameter ved korrelasjon av seismikk og sedimenter.

For jordarter som i felt kan antas å være fullt vannmettet, kan verdien for våt romvekt sammenholdes med verdien som fås av følgende formel:

$$\text{Våt romvekt} = (1+w)/(w+1/\rho_s) \quad \rho_s = \text{korntetthet eller mineralenes spesifikke vekt} \\ w = \text{vanninnhold}$$

3.3 Tørr romvekt (dry bulk density)

$$\text{Tørr romvekt } (\rho_d) = \text{Vekt tørr prøve} / \text{Volum våt prøve} \quad (\text{NS8010/NS8011})$$

Tørr romvekt er målt på to måter, direkte eller indirekte. Ved direkte måling har en vært omhyggelig med å presse ut og få med alt materialet i romvektsringen før tørking i tørkeskap. Indirekte har en regnet ut tørr romvekt med utgangspunkt i våt romvekt og vanninnhold (tørr romvekt = $\rho/(1+w/100)$).

Verdiene kommer ut som svært like, og en skulle tro det var unødvendig å være omhyggelig med å få alt materialet ut av romvektsringen. Det har imidlertid vist seg at sammenligning av romvektsverdiene er en ypperlig metode for kvalitetskontroll av datasettet, både når det gjelder laboratoriearbeid og punche-feil ved innlegging av data i regneark.

3.4 Porøsitet

$$\text{Porøsitet } (n) = \text{Porevolum} / \text{Totalt volum} \quad (\text{NS8010/NS8014})$$

$$= 1 - \text{Volum mineralkorn} / \text{Volum våt prøve}$$

Porøsitet oppgis i prosent. Vanligvis bestemmes ikke porøsitet direkte, men beregnes ut fra våt romvekt (densitet) ρ , spesifikk vekt (korndensitet) ρ_s og vanninnhold w ved følgende formel som kan avledes fra definisjonene:

$$\text{Porøsitet } n = 1 - \rho / \rho_s (1 + w) = 1 - \rho_d / \rho_s$$

Norsk Standard anbefaler ingen annen framgangsmåte ved rutinemessige undersøkelser av leir og silt. På prøvene fra Nordsjøen ble det benyttet en gjennomsnittlig korndensitet ρ_s på 2.75 g/cm^3 .

3.5 Vannmetningsgrad

$$\text{Vannmetningsgrad } (S_r) = \text{Porevannsvolum} / \text{Porevolum} \quad (\text{NS8010/NS8014})$$

Metningsgraden, som vanligvis oppgis som %, beregnes av følgende formel:

$$\text{Vannmetningsgrad } (S_r) = w \cdot \rho / (1 + w - \rho / \rho_s)$$

På prøvene fra Nordsjøen ble det benyttet en gjennomsnittlig korndensitet ρ_s på 2.75 g/cm^3 .

Metningsgraden viser i hvilken grad porevolumet er fylt med vann. Marine sedimenter er vanligvis fullt vannmettet (d.v.s. 100%), såfremt prøvene ikke inneholder gass eller har vært utsatt for uttørking. Metningsgraden regnes vanligvis ikke ut, men vi har valgt å gjøre det for å lettere kunne vurdere hvorvidt enkelte målinger kan være beheftet med større feilkilder.

4 VARIASJON I FYSISKE EGENSKAPER GEOGRAFISK OG MOT DYBDEN

4.1 Generelt

Med den prøvetakingsmetoden som ble benyttet under disse toktene viste det seg å være vanskelig å få opp prøvemateriale fra de grunne områdene (Fig. 2) med sandige og grusige sedimenter, sørvest for Norskerenna. I områder med leirbunn fikk en derimot prøve på hver stasjon. De lengste prøvene er vanligvis fra områdene med holocen leire (Olsen 1996). I områder med mere sandig, eventuelt hardere bunn, er kjernene kortere enn mere sentralt i Norskerenna, noe som medfører at en ikke har verdier for intervallet 20-30 cm for alle kjerner.

4.2 Våt romvekt

Innen de dypere delene av det undersøkte området ligger verdiene av våt romvekt ved 4-8 cm dyp i kjernene på $1.3\text{-}1.5 \text{ g/cm}^3$ (Fig. 3 og 9). Generelt kan en si at romvekten til holocen leire målt i overflaten ligger på 1.4 g/cm^3 . I de grunnere områdene sørvest for Norskerenna og vest for Jærens Rev er sedimentene sandrike, og våt romvekt øker til 2.0 g/cm^3 . På enkelte stasjoner kan verdien være for lav på grunn av at vann har drenert ut av prøven før måling (jfr. Fig. 7).

Generelt er det en økning i våt romvekt på ca. 0.1 g/cm^3 fra 4-8 cm til 20-30 cm dyp i kjernene fra de leirdominerte områdene (Fig. 9, 10 og 11). Innen områdene med mer grovkornete bunnsedimenter er økningen i våt romvekt mindre systematisk, og i noen tilfeller er det målt lavere romvekt i den dypeste prøven. Dette kan i enkelte tilfeller skyldes unøyaktighet i målingene.

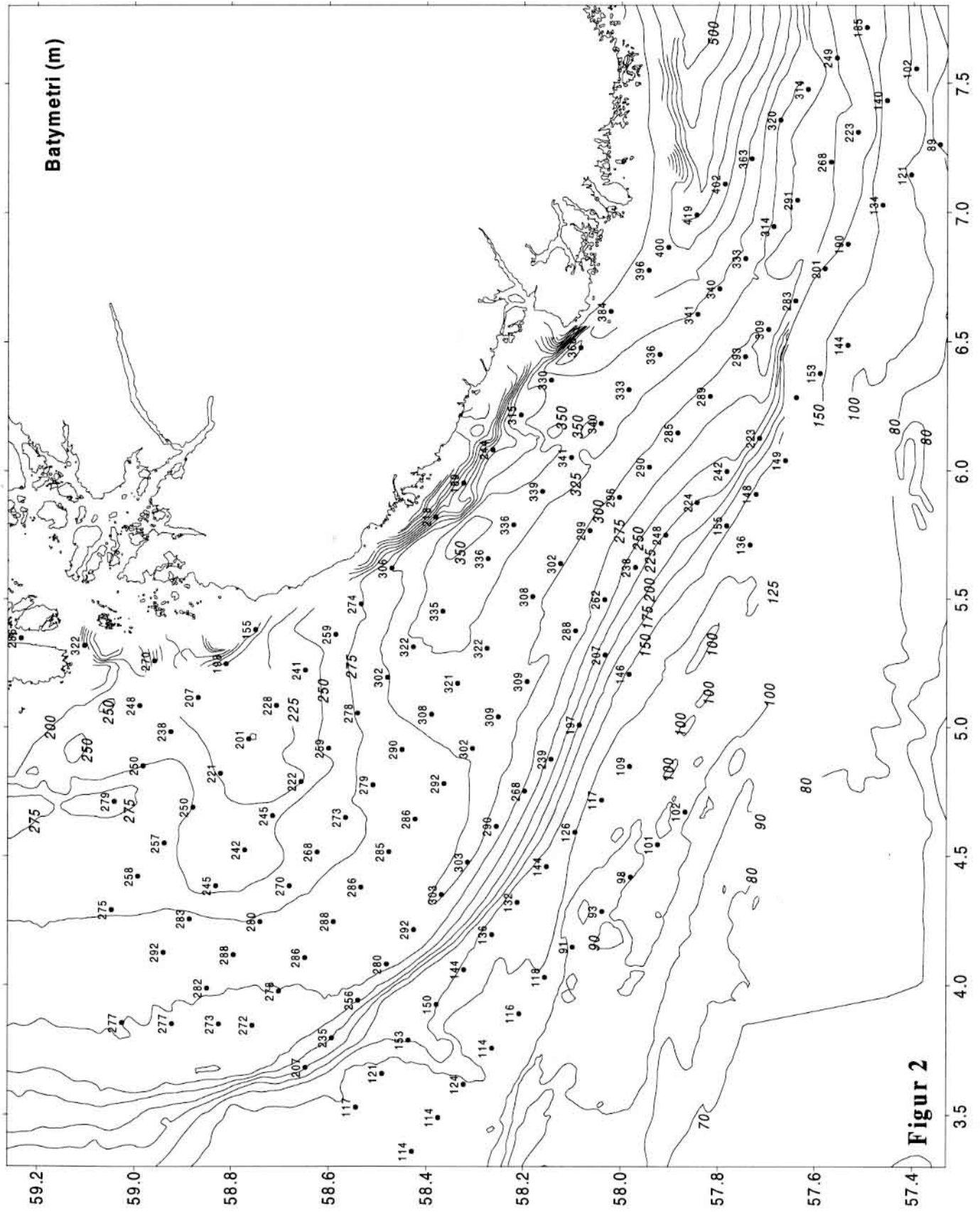
4.3 Tørr romvekt

Innen de dypere områdene av Norskerenna varierer verdiene av tørr romvekt ved 4-8 cm fra $0.4\text{-}0.6 \text{ g/cm}^3$ (Fig. 4 og 12). Lengst i sørvest og vest for Jærens Rev er der en økning til i overkant av 1.6 g/cm^3 . Fra 4-8 cm til 20-30 cm dyp i kjernene er der en økning på $0.1\text{-}0.2 \text{ g/cm}^3$ (Fig. 12 og 13) innen de dypere områdene, mens forholdene innen områdene med grovere sedimenter er mangelfullt dokumentert på grunn av at kjernelengden på flere stasjoner er for liten.

4.4 Vanninnhold

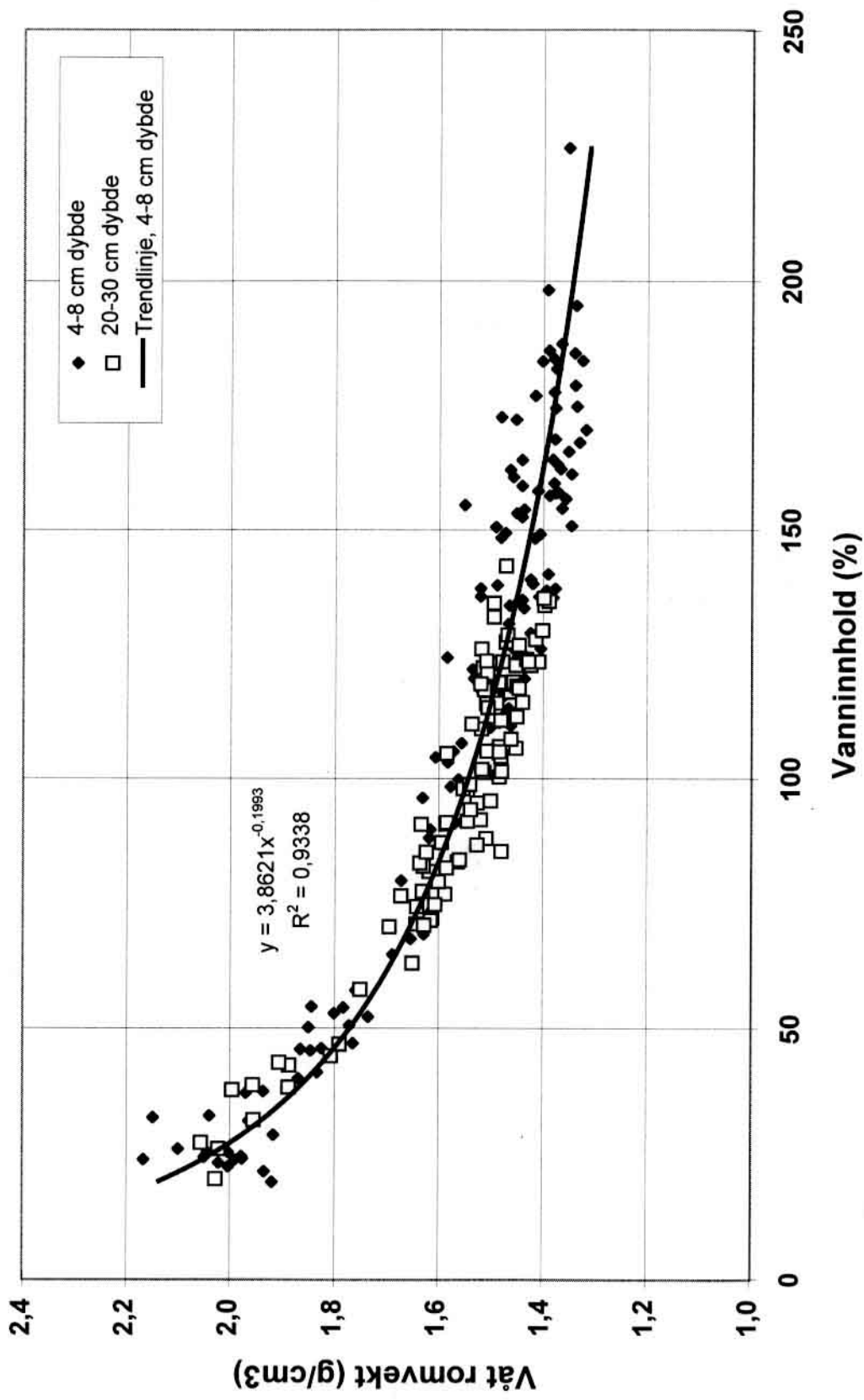
Det er stor variasjon i vanninnhold i de undersøkte kjernene fra Nordsjøen. Innen de dypeste, leirdominerte områdene er der ved 4-8 cm dyp i kjernene i noen tilfeller målt vanninnhold over 180%, den høyeste verdien er på 227% (Fig. 8 og 14). Vanninnholdet i overflatesedimentene i Norskerenna er generelt 120-180%. I områdene med grovere bunn sørvest for Norskerenna og vest for Jærens Rev avtar vanninnholdet gradvis til i overkant av 20%.

Ved 20-30 cm dyp i kjernene ligger vanninnholdet innen de dypere områdene generelt på 110-140% (Fig. 15). Sørvest for Norskerenna og vest for Jærens Rev avtar vanninnholdet gradvis til i overkant av 20%.



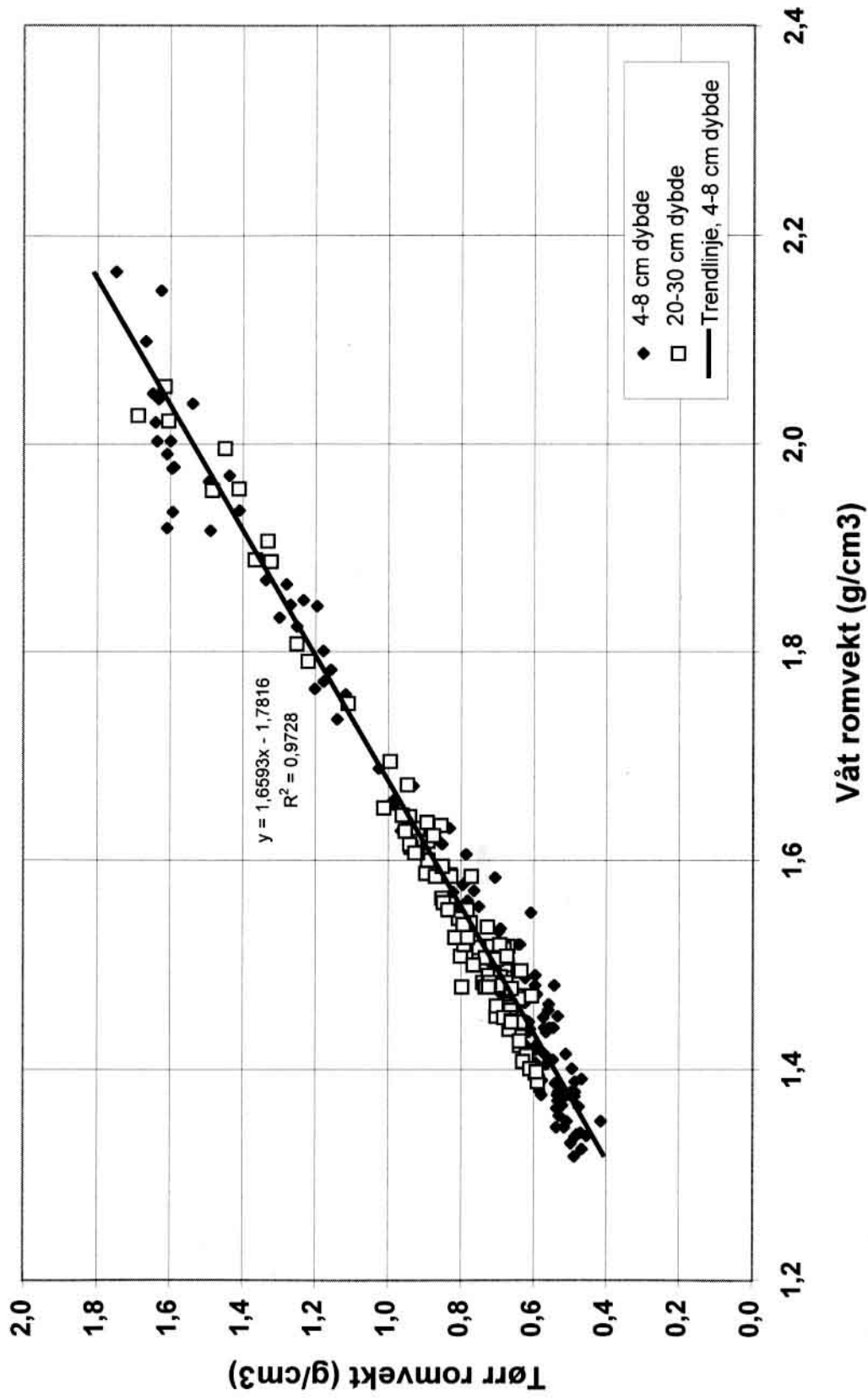
Figur 2

Våt romvekt-vanninnhold



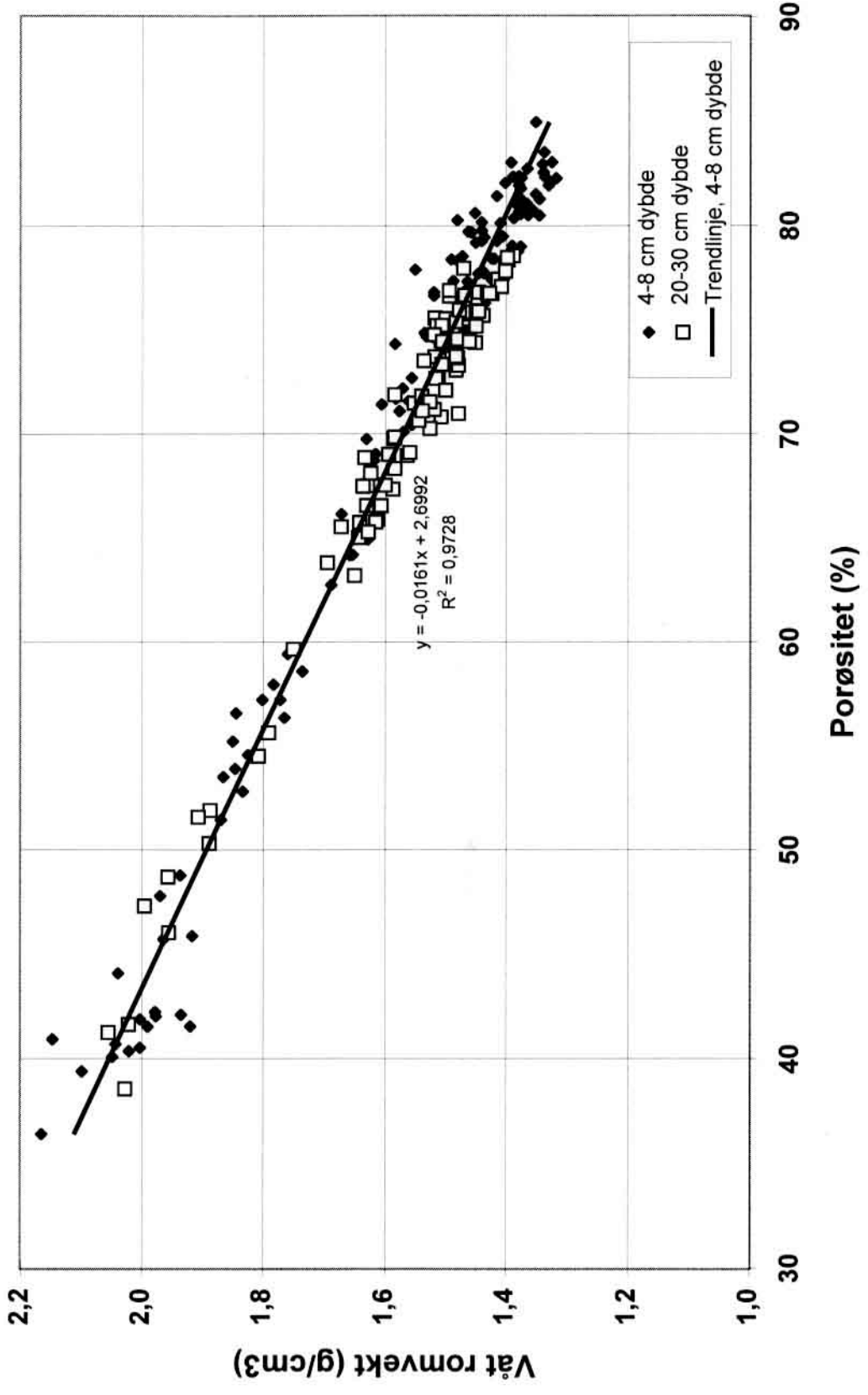
Figur 3

Tørr romvekt-våt romvekt



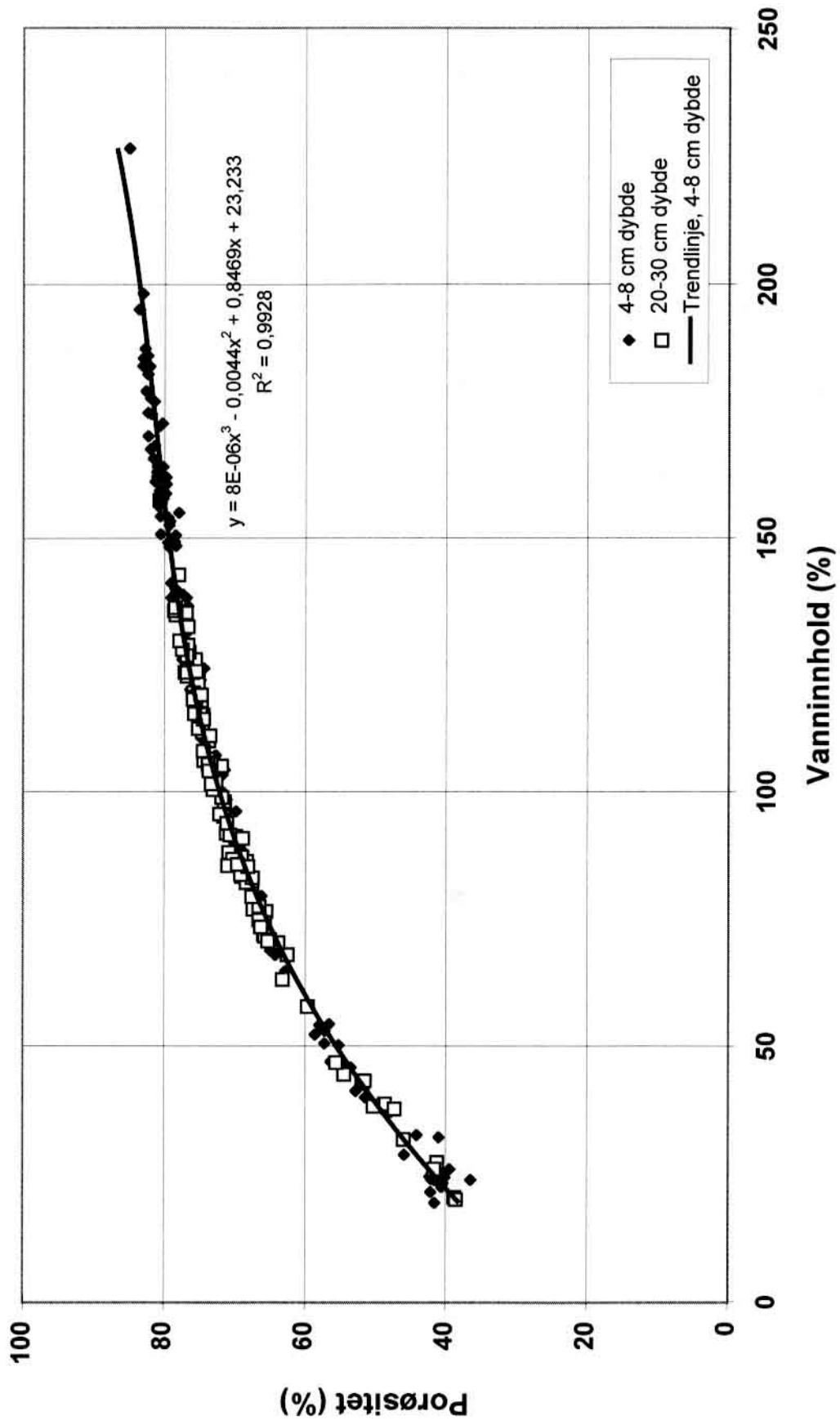
Figur 4

Våt romvekt-porøsitet



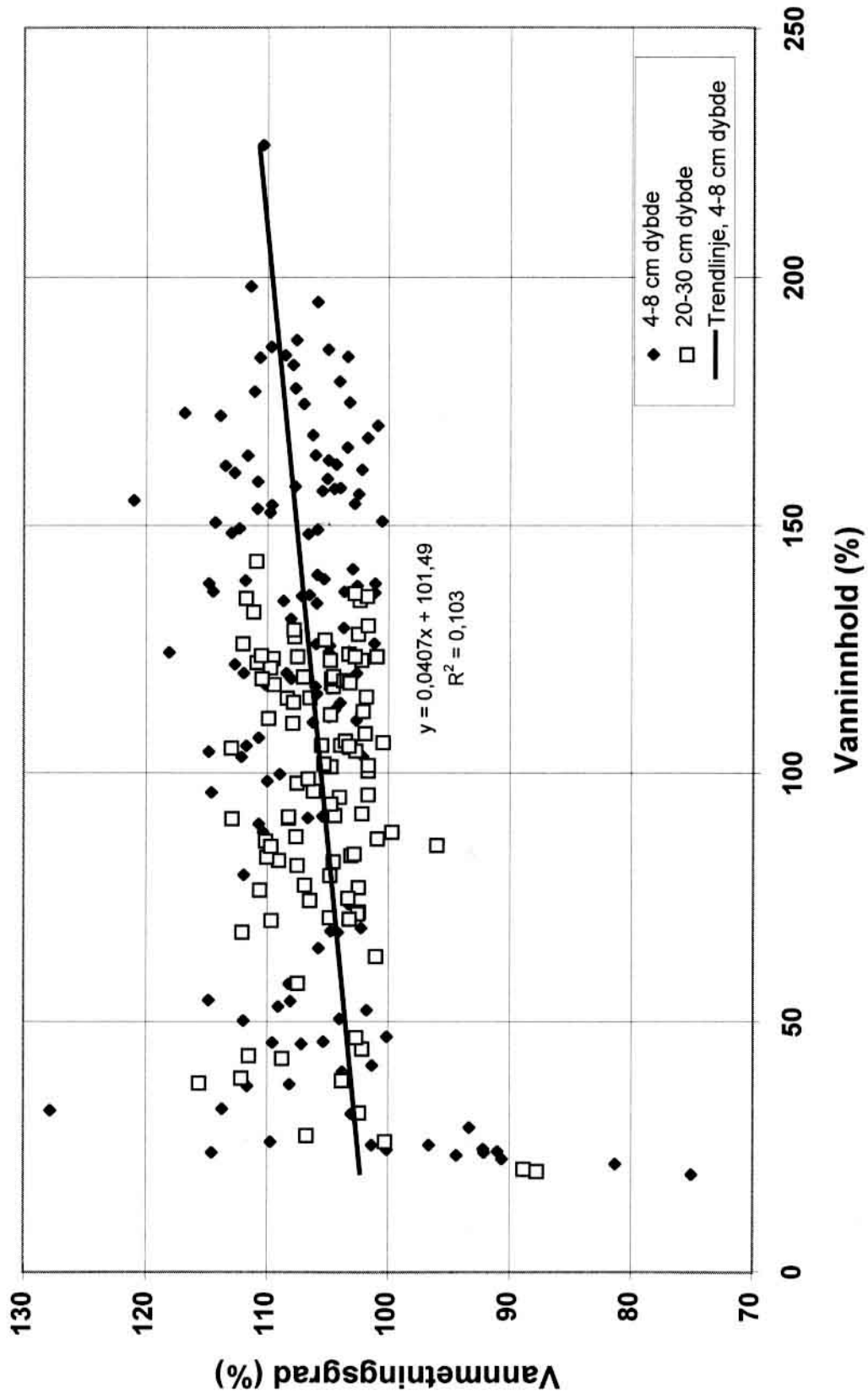
Figur 5

Porøsitet-vanninnhold



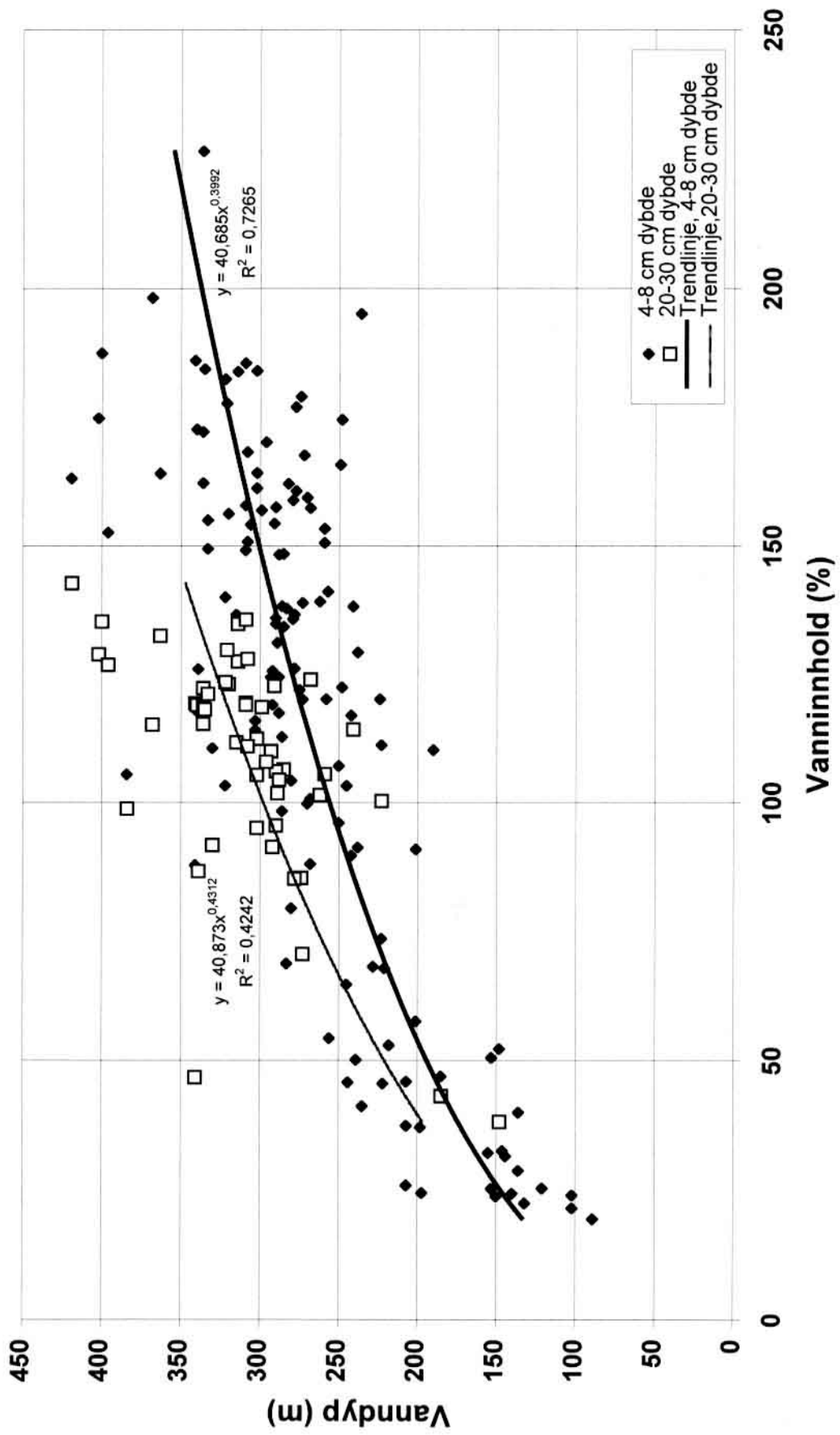
Figur 6

Vannmetningsgrad-vanninnhold



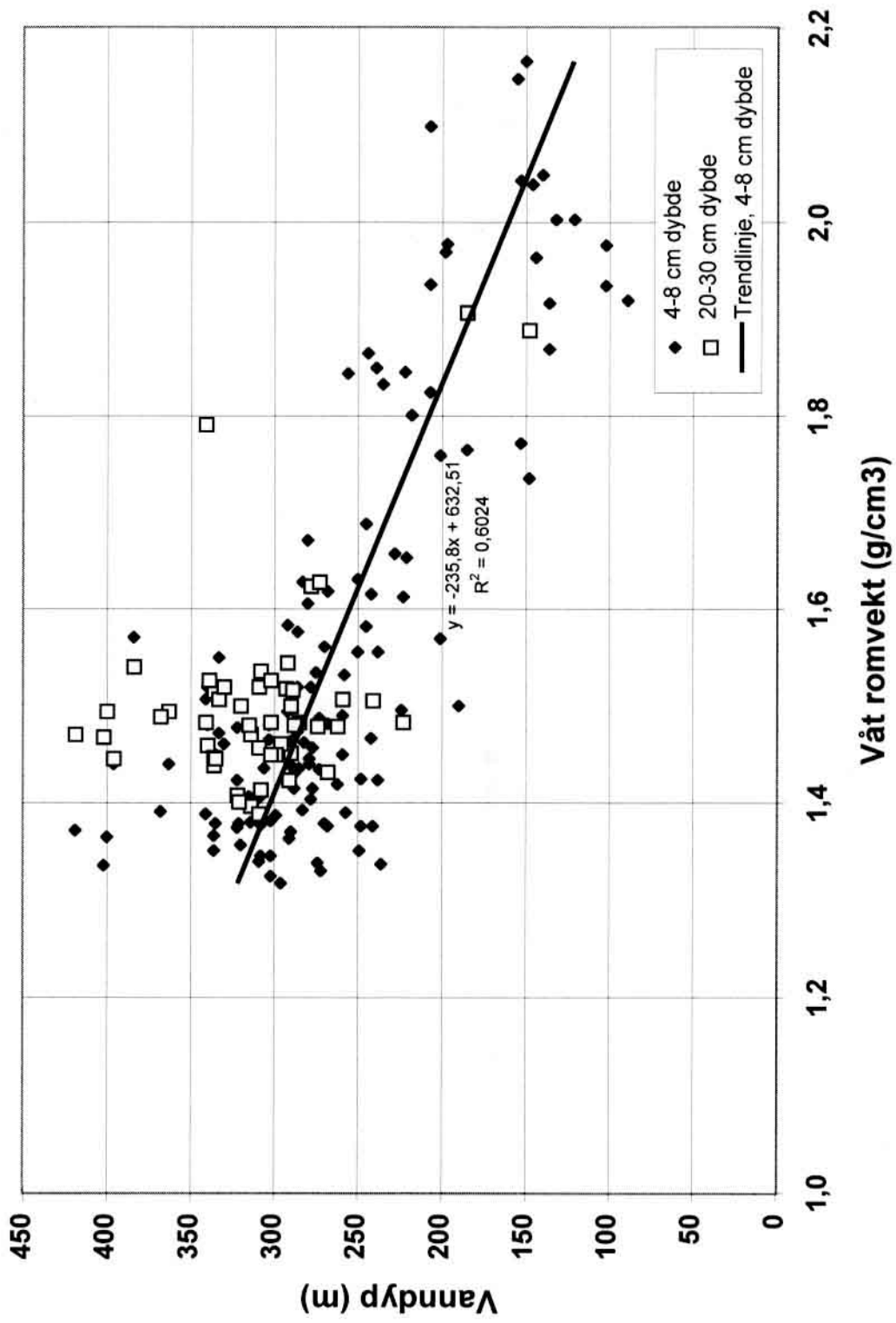
Figur 7

Vanddyp-vanninnhold

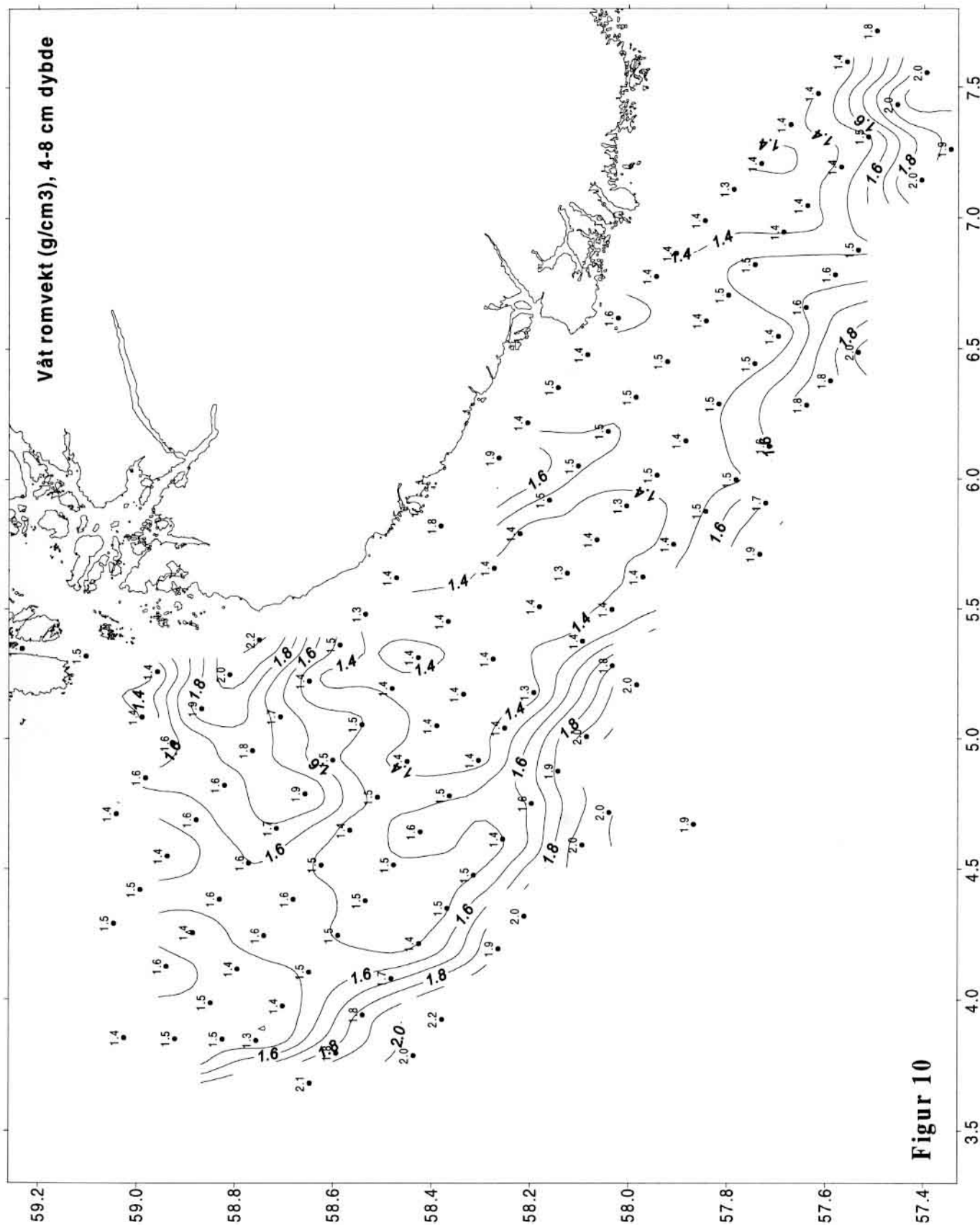


Figur 8

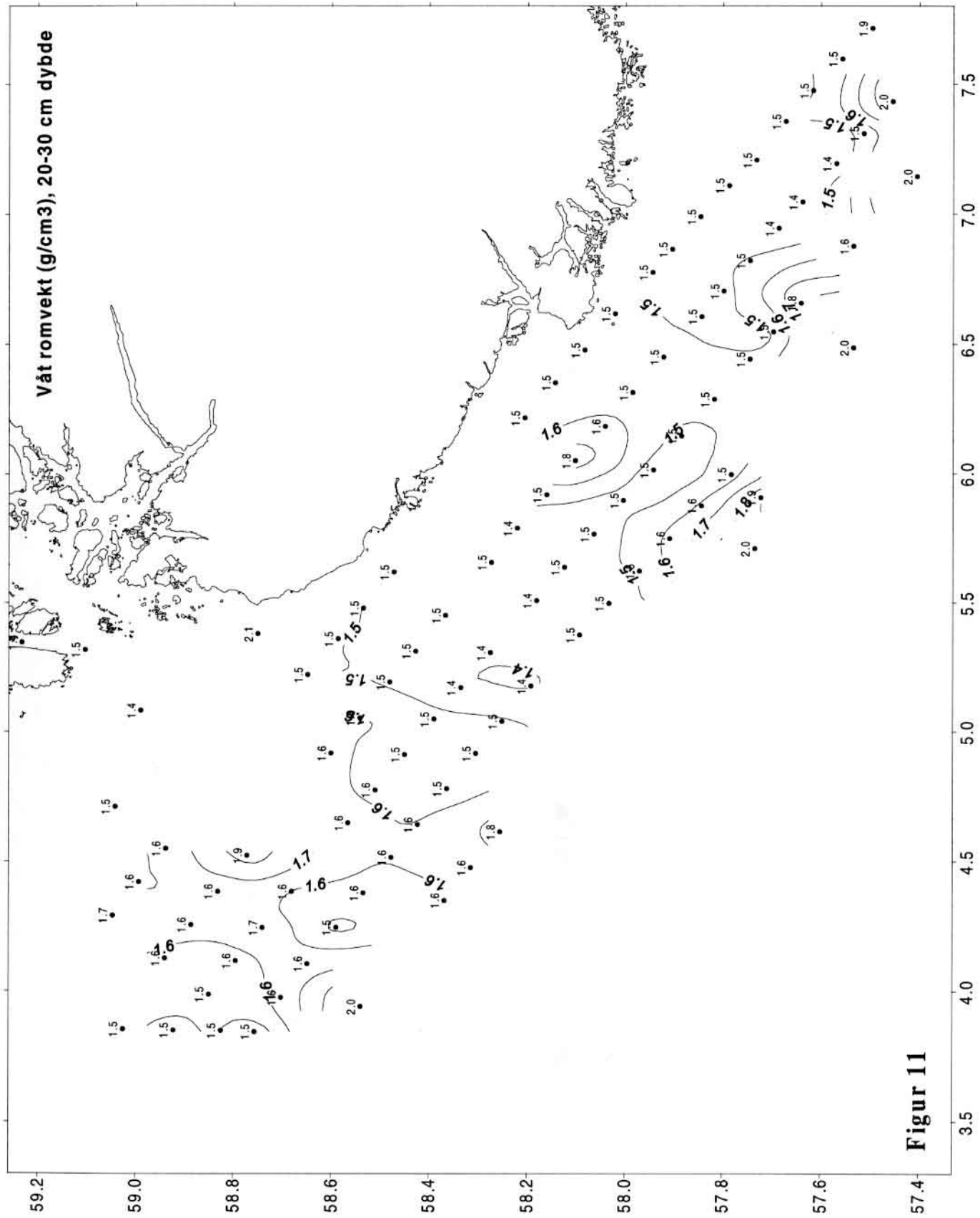
Vanddyp-våt romvekt



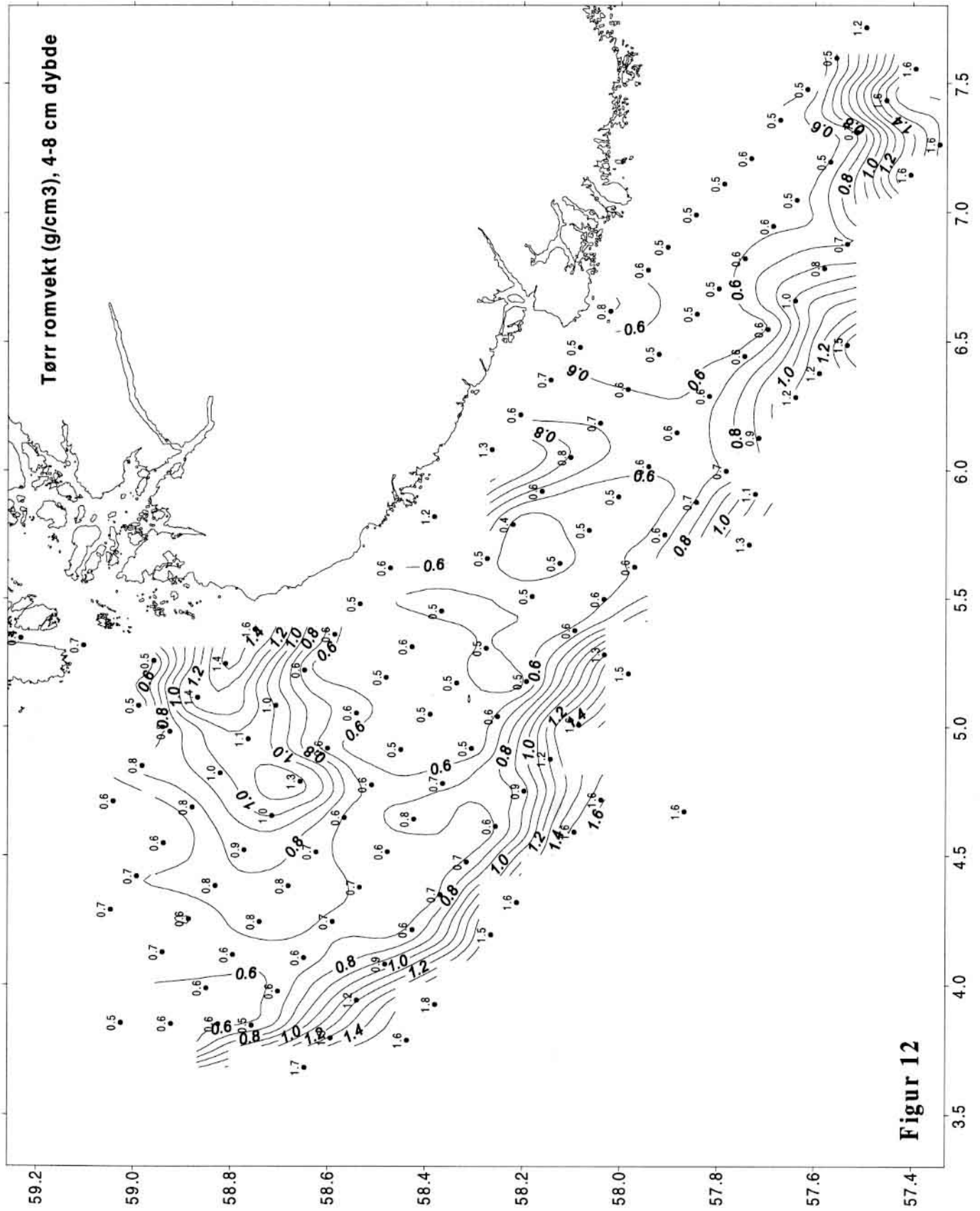
Figur 9



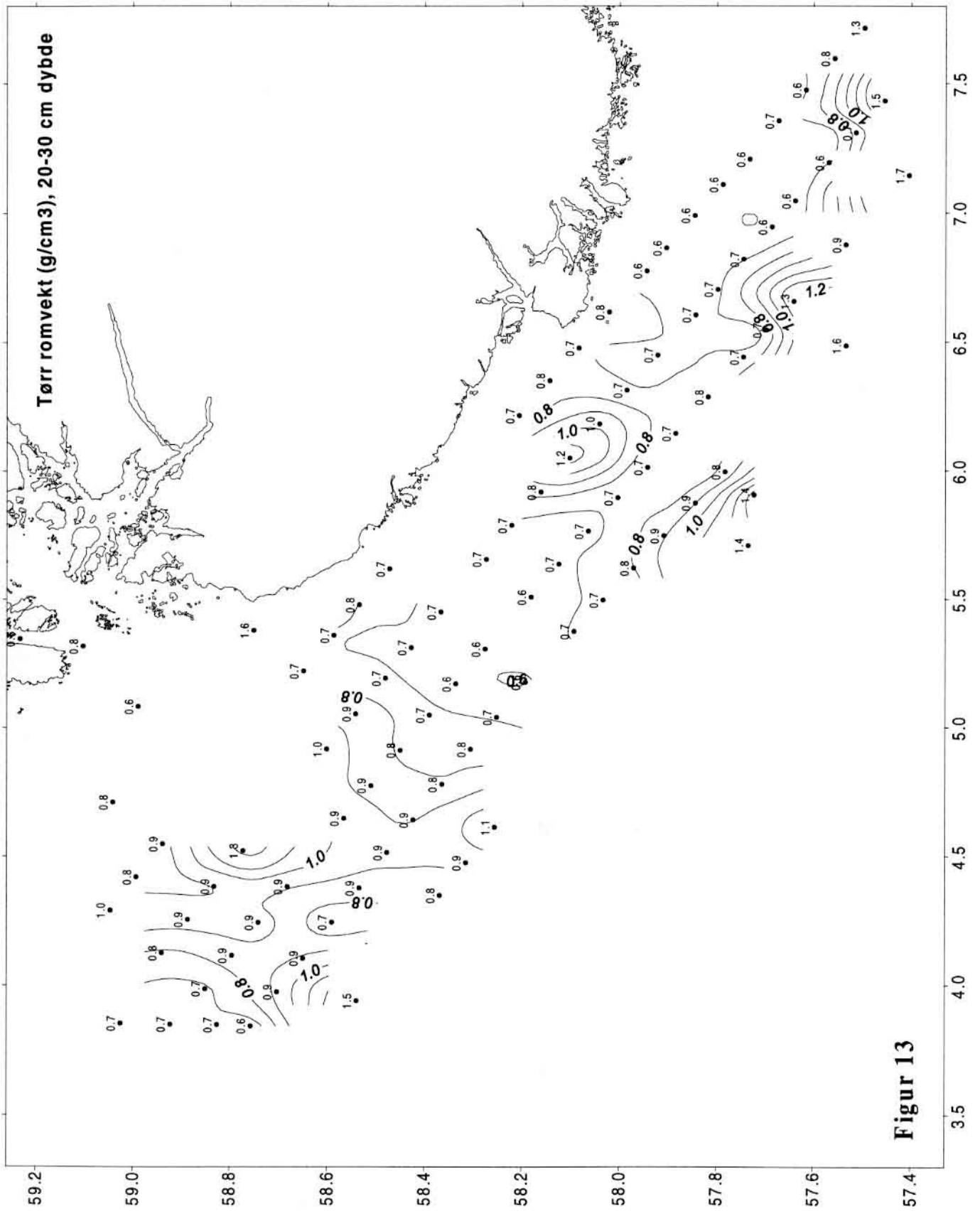
Figur 10



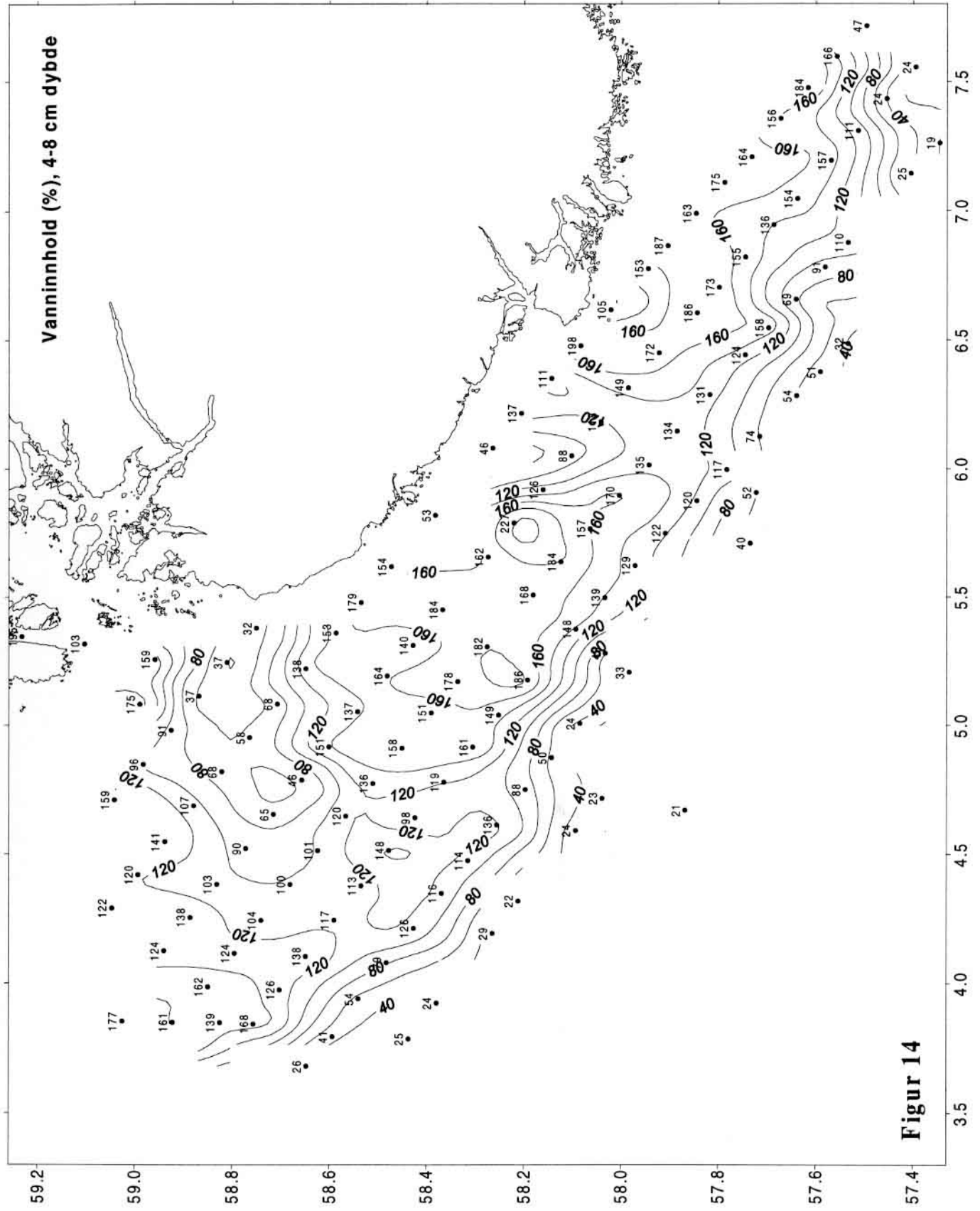
Figur 11



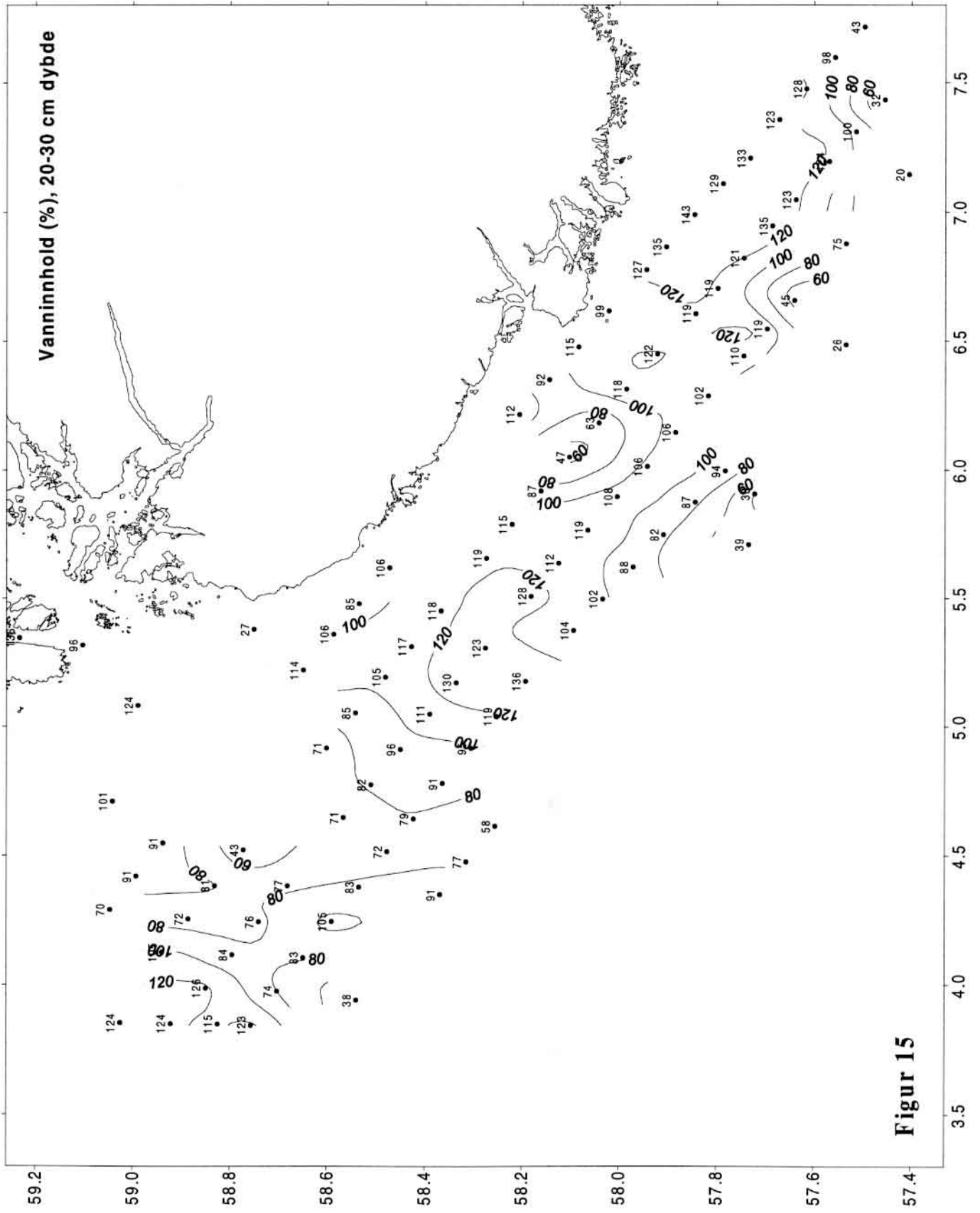
Figur 12



Figur 13



Figur 14



Figur 15

Sammenligning av trendlinjer på 4-8 cm og 20-30 cm prøvedyp viser at kompaksjon av sedimentene har redusert gjennomsnittlig vanninnhold på 200 m vanddyb fra 55% til 40% og på 300 m vanddyb fra 150% til 100% (Fig. 8).

4.5 Porøsitet

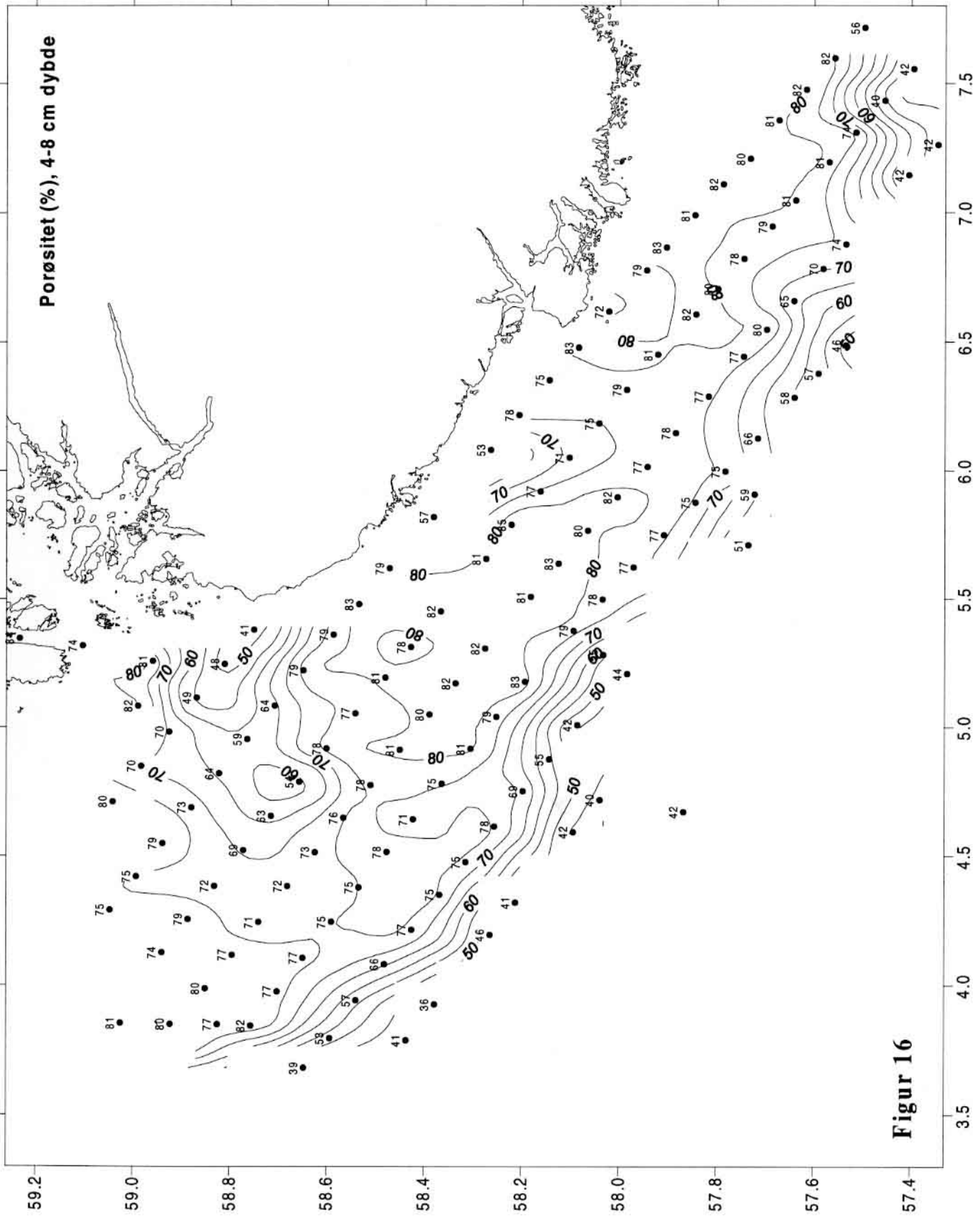
Porøsiteten ved 4-8 cm kjernedyb, i de dypere delene av undersøkelsesområdet, varierer mellom 75% og 83% (Fig. 5 og 16). Sørvest for Norskerenna og vest for Jærens Rev, i områder med grovere sedimenter, avtar porøsiteten til ned mot 40%.

Ved 20-30 cm kjernedyb varierer porøsiteten innen de dypere områdene fra ca. 66% til ca. 78% (Fig. 17). Porøsiteten avtar gradvis mot de grunnere områdene i sørvest og vest for Jærens Rev.

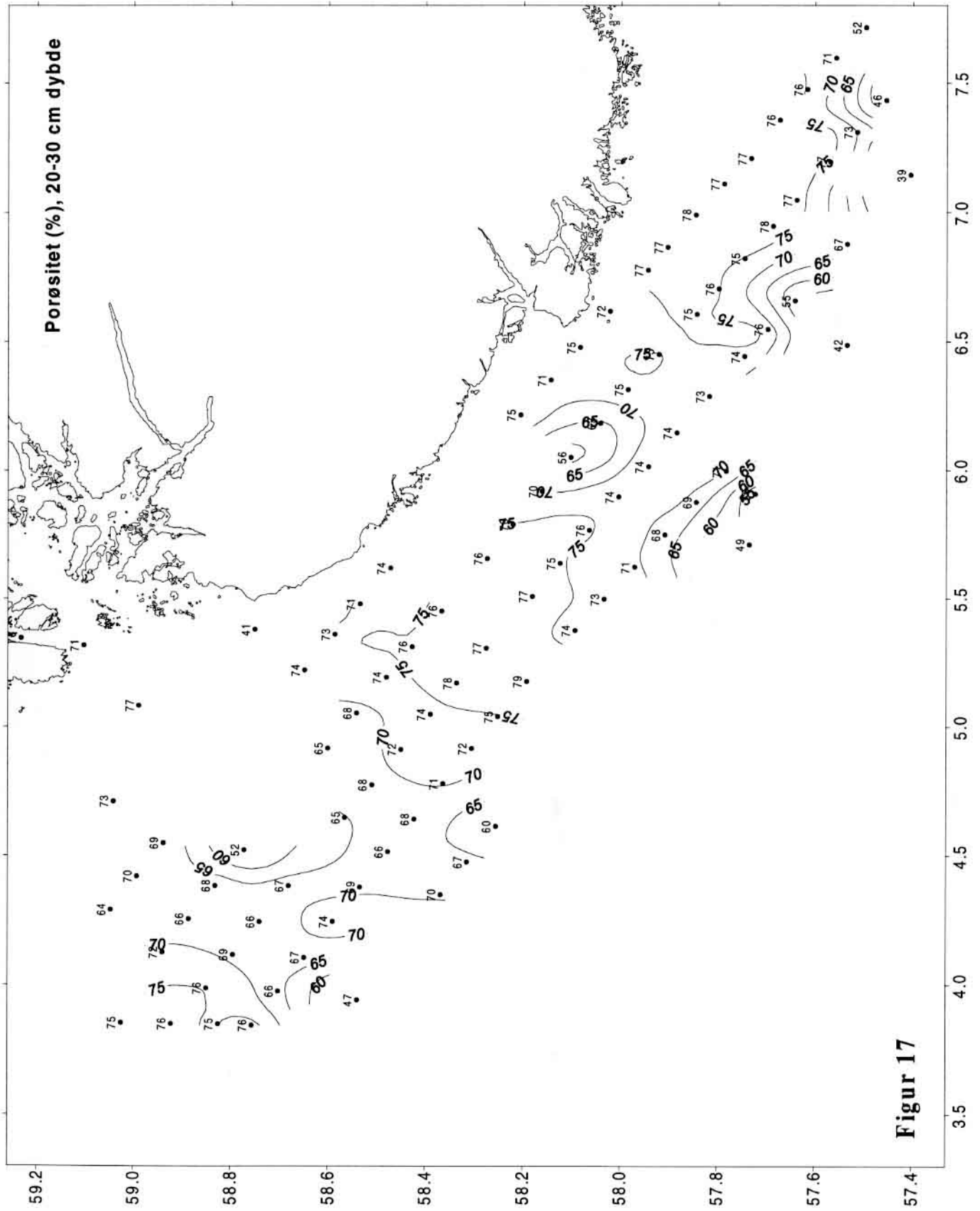
4.6 Vannmetningsgrad

Vannmetningsgraden ved 4-8 cm dybde i kjernene varierer generelt mellom 100% og 120% (Fig. 18). Verdier under 100% opptrer på plataet sørvest for Norskerenna. Ved 20-30 cm dybde i kjernene varierer vannmetningsgraden generelt mellom 100-110% (Fig. 19).

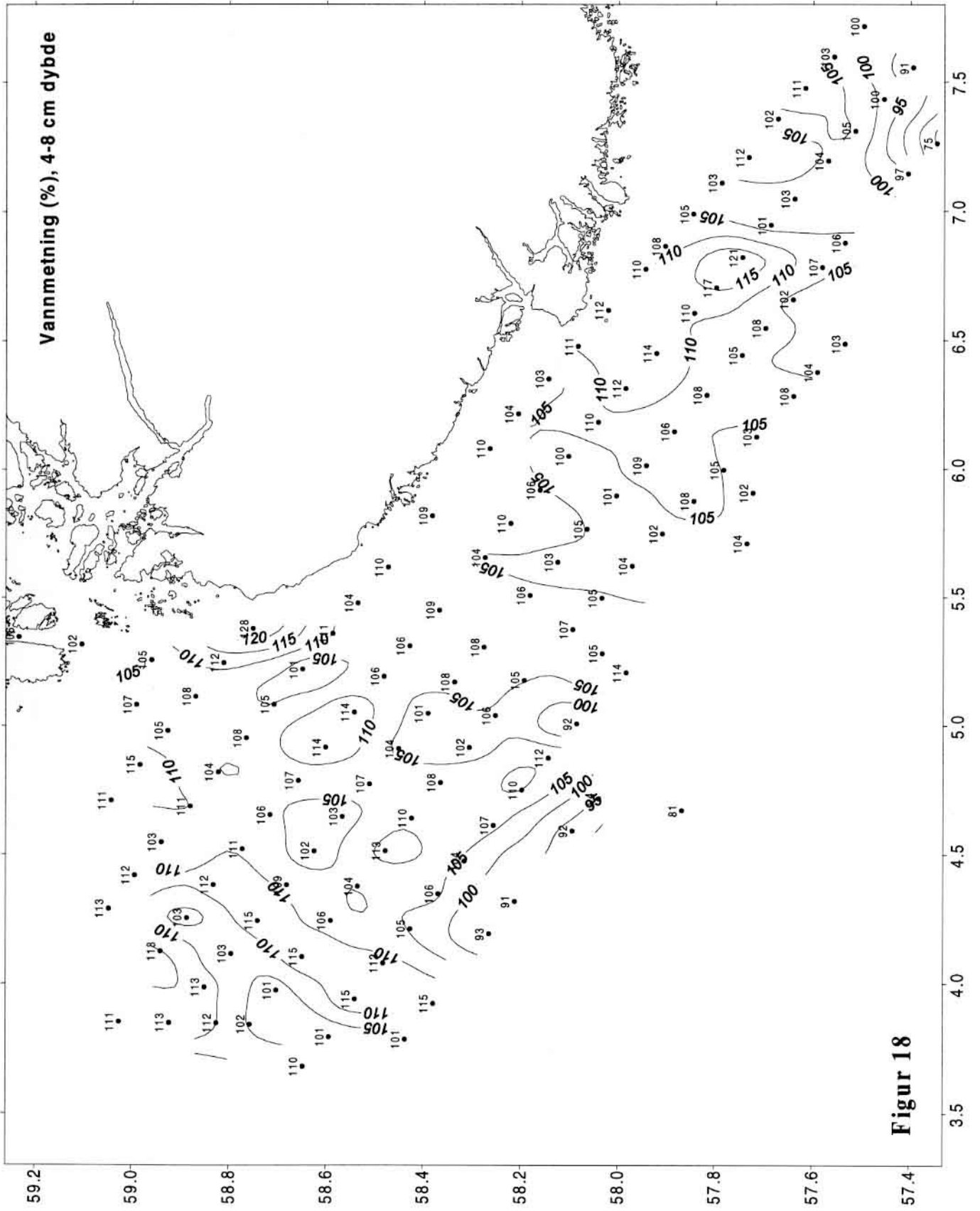
Vannmetningsgraden er i gjennomsnitt 3-5 prosentpoeng høyere enn hva som ble målt på prøvene innsamlet i 1994 (Rise og Bøe 1995). Noen sikker forklaring på dette har en ikke funnet, men det kan gjenspeile forskjellig prøvetakingsmetodikk.



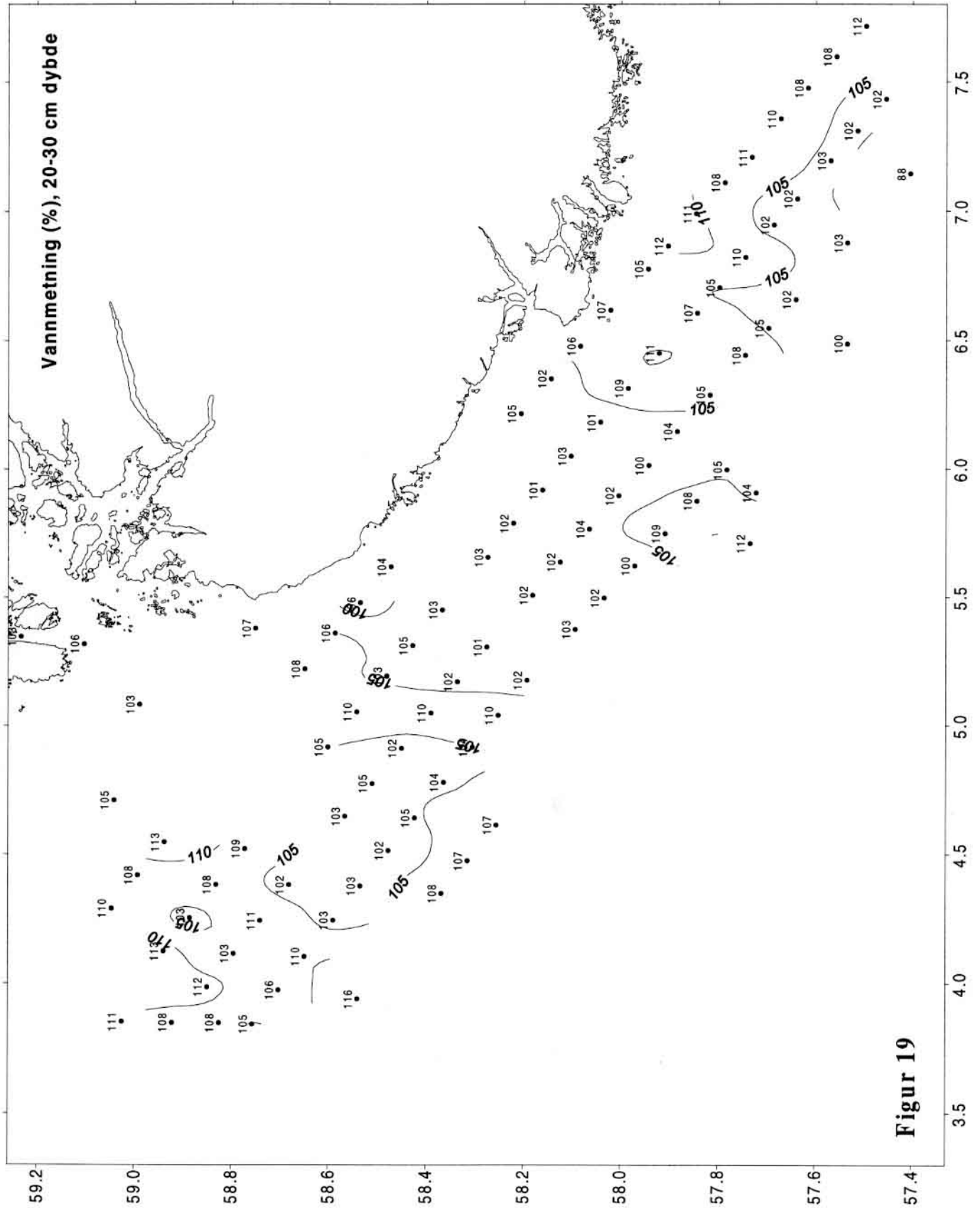
Figur 16



Figur 17



Figur 18



Figur 19

5 OPPSUMMERING

Innen de dype områdene i Norskerenna ligger verdiene for våt romvekt ved 4-8 cm dyp på rundt 1.4 g/cm^3 , og ved 20-30 cm dyp i kjernene på ca. 1.5 g/cm^3 . Innen områdene med grovere sedimenter i sørvest, og vest for Jærens Rev, øker verdiene for våt romvekt til i overkant av 2.0 g/cm^3 i begge nivå. Tørr romvekt varierer rundt 0.5 g/cm^3 innen leirområdene, og øker til ca. 1.6 g/cm^3 lengst i sørvest og vest for Jærens Rev. Verdiene for tørr romvekt øker med ca. 0.1 g/cm^3 fra 4-8 cm til 20-30 cm dyp i kjernene innen leirområdene.

Vanninnholdet ved 4-8 cm dybde er innen leirområdene i Norskerenna på 120-180% (med lokale maksima opp til 227%), og ved 20-30 cm dyp på 110-140%. I de sandige områdene avtar vanninnholdet til ned mot 20%. Innen leirområdene varierer porøsiteten generelt fra 75% til 83% ved 4-8 cm dyp, og mellom 66% og 78% ved 20-30 cm dyp. Porøsiteten i sandområdene er ned mot 40%.

Vannmetningsgraden i sedimentene prøvetatt i 1995 og 1996 er generelt noe høyere enn i sedimentene prøvetatt i 1994. Dette kan gjenspeile forskjellig prøvetakingsmetodikk.

REFERANSER

- Bøe, R. 1993: Sedimentologi og geotekniske undersøkelser på Niemistökjerneprøver fra Skagerrak. *NGU Rapport 93.050*, 78 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. 1991: Maringeologisk/geofysisk tokt nr. 9101 i Skagerrak 1991, toktrapport. *NGU Intern Rapport 91.014*, 32 s.
- Bøe, R., Thorsnes, T., Ottesen, D., Olsen, H.A. & Øverby, L. 1993. Maringeologisk tokt nr. 9301 i området Egersundbanken-Norskerenna 1993, toktrapport. *NGU Rapport 93.090*, 24 s.
- Olsen, H.A. 1996: Mektighet av holocene sedimenter i Norskerenna/Nordsjøen vest for Egersund-Stavanger. *NGU Rapport 96.102*, 12 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. og Lien R. 1995: Regional seismikk i Norskerenna/Nordsjøen vest for Stavanger-Egersund. Lettseismisk tokt 9503 i 1995, toktrapport. *NGU Rapport 95.099*, 51 s.
- Paetzel, M. 1992: Prøvetakingstokt nr. 9205 i Skagerrak 1992. M/S «Håkon Mosby». Toktrapport. *NGU Rapport 92.282*, 129 s.
- Rise, L. og Bøe, R. 1995: Fysiske egenskaper til bunnsedimenter i den norske delen av Skagerrak. *NGU Rapport 95.054*, 31 s.
- Thorsnes, T., Bøe, R., Ottesen, D., Larsen, E., Moen, P.T., Olsen, H.A., Totland, O. & Øverby, L. 1992: Maringeologisk/geofysisk tokt nr. 9204 i Skagerak 1992, toktrapport. *NGU Rapport 92.287*, 42 s.
- Thorsnes, T., Bøe, R., Grøsfjeld, K., Olsen, H.A., Ottesen, D. & Øverby, L. 1993: Maringeologisk tokt nr. 9306 i Skagerrak 1993, toktrapport. *NGU Rapport 93.133*, 40 s.