

## Navorsingsbriewe

# Draaikolke suid van die Mosambiekkanaal

Ontvang 2 Januarie 1991; aanvaar 7 Maart 1991

### ABSTRACT

#### *Eddies south of the Mozambique Channel*

Data collected during a cruise of the RV Meiring Naudé in September 1985 indicated the existence of two cyclonic eddies situated south of the Mozambique Channel. The western eddy interrupted the layer of Subtropical Surface Water and transported  $17\text{--}25 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (relative to a reference level of 1 000 db). The eastern eddy was not surveyed sufficiently to obtain a realistic impression of its transport.

### INLEIDING

Oseanografie is een van die betreklik duur vakrigtings, hoofsaaklik omdat 'n geskikte, wetenskaplik toegeruste vaartuig daarvoor nodig is. As gevolg van hierdie hoë koste van veral diepsee-opnames en die gepaardgaande tekort aan gepaste skeepstyd is plaaslike oseanograwe altyd op die uitkyk na geleenthede om diepseedata in te samel. Só 'n geleentheid om navorsing tussen Suid-Afrika en die suidpunt van Madagaskar uit te voer, het hom in 1985 voorgedaan; dit is geskep deurdat die NS *Meiring Naudé* as geleivaartuig gehuur is tydens die eerste Mauritius-Durbanseiljagresies en 'n gedeelte van die heenvaart na Mauritius vir navorsingswerk beskikbaar gestel is. Hoewel dit aan tyd ontbreek het om hierdie belangrike sirkulasiegebied oos van die Agulhasstroom oor 'n breë front te verken (slegs 20 uur van die negedaagse heenvaart is hiervoor opsygesit), was daar tog geleentheid om met gereelde tussenposes metings oor 'n kort trajek uit te voer.

Waarom is hierdie gebied van belang?

Oseanografiese inligting wat oor die afgelope jare ingesamel is, het daarin geslaag om baie van die eienskappe van die Agulhasstroomsisteem bloot te lê. Hierdie studies was grootliks die resultaat van klassieke, skeepsgebaseerde ondersoeke en het skaalgewys aspekte vanaf die hele Indiese Oseaan,<sup>1</sup> die sirkulasie in die suidwestelike Indiese Oseaan,<sup>2, 3</sup> tot by lokale eienskappe van die Agulhasstroom<sup>4, 5, 6</sup> omvat. Alhoewel tegnologiese vooruitgang in veral elektronika en rekenaarwese hierdie klassieke metodes aansienlik geoutomatiseer en versnel het, bly hulle nog steeds duur en tydrowende prosesse en verskaf slegs 'n asinoptiese voorstelling van toestande. In die lig van hierdie nadele is dit veral die gebruik van satelliettegnologie in die infrarooi en sigbare spektrum wat kennis oor die Agulhasstroomsisteem aansienlik bevorder het. Dit het hoofsaaklik vir daardie stroomfenomene gegeld waarvoor sinoptisiteit 'n essensiële voorvereiste vir koherente daargestelling is. Aspekte wat hieronder resorteer, is stroomkronkelings,<sup>7</sup> draaikolke,<sup>8</sup> meesleping<sup>9, 10</sup> en andere.

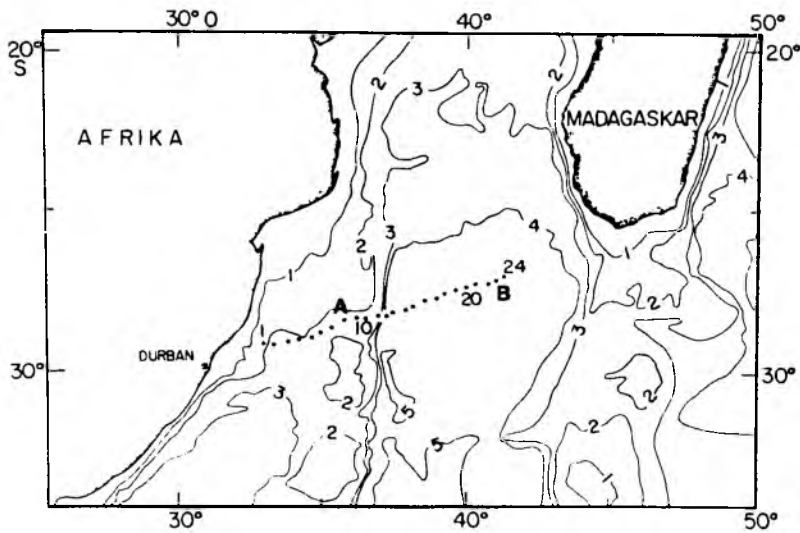
Op 'n ontwikkelingstydskaal selfs meer reserent as satellietkleur en -infrarooi is altimetrie as 'n bruikbare oseanografiese metode om stroomsnelhede te bestudeer, oor die afgelope dekade daargestel. Hiermee is nuwe lig gewerp op die gedrag van die Agulhasstroom<sup>11, 12</sup> en is ook 'n objektiewe vergelyking getref tussen die veranderlikheid van hierdie stroom en ander intensiewe strome van die

wêreldoseaan.<sup>13</sup> Uit laasgenoemde het dit geblyk dat die Agulhasstroom se werwel- en fragmentasiepatrone suid van die kontinent groter veranderlikheid vertoon as enige ander stroom ter wêreld. Hierdeur is vorige bevindinge oor die belangrike rol wat die Agulhasstroom in die warmtebalans van die Indiese Oseaan vervul,<sup>14</sup> indirek bevestig. Dit het ook getoon dat die gebied suid van die Afrikaanse kontinent, waar die warmte en massa van die suidelike Agulhasstroom onttrek en stuksgewys in die suidoos-Atlantiese oseaan ingevoer word, 'n sleutelrol vervul in die globale massa- en warmtebalans.<sup>15, 16</sup>

Die teikengebied van die onderhawige ondersoek val vierkantig binne die breë westelike randstroomgebied van die Indiese Oseaan en is daarom van groot interesse vir oseanograwe wat aspekte van die sirkulasie en warmtetransport van die Agulhasstroomsisteem bestudeer.<sup>14</sup> Eerstens vorm hierdie gebied 'n natuurlike deurgang vir water, afkomstig vanaf die oostelike kant van Madagaskar, wat die Agulhasstroom aan die Suider-Afrikaanse kus voed.<sup>17</sup> Hierdie deurgang word gekenmerk deur 'n geografies uitgestrekte veld waar intense draaikolke algemeen voorkom<sup>18</sup> — draaikolke wat op 'n tot dusver onbekende manier in wisselwerking met die agtergrondstroming van die area tree. Tweedens is die gebied binne die invloedssfeer van 'n ander deurganggebied, naamlik die Mosambiekkanaal. Oor laasgenoemde se posisie in die kwantitatiewe en kwalitatiewe voedingshiërargie van die Agulhas en daarom oor sy rol in die warmte- en massabalans van die suidwes-Indiese Oseaan, word tans bespiegel.<sup>19, 20, 21</sup> Dertens, 'n gebied geleë effens suid van die onderhawige teikengebied is vanaf 1975 intensief nagevors en 'n verskeidenheid draaikolke is opgespoor en bestudeer.<sup>18</sup> Hoewel die kinematiese kennis oor die kolke in 1985 reeds 'n mate van volwassenheid bereik het, het die vaart na Mauritius nogtans 'n geleentheid gebied om addisionele metings te doen en die kennis van die sirkulasie in hierdie gebied te verbeter.

### METINGS

Die heenvaart van die *Meiring Naudé* het van 16 tot 25 September 1985 geduur terwyl die hidrografiese metings wat hier bespreek word, tussen 17 en 20 September ingesamel is. Probleme met die instrumentasie aan boord is by stasies 1-3 ondervind en aangesien geen bruikbare soutgehaltesdata hier ingesamel is nie, word hierdie stasies nie



FIGUUR 1: Bodetopografiese kaart van die suidwestelike Indiese Oseaan (dieptes in km), met die 24 stasieposisies tydens die vaart van die NS Meiring Naudé in September, 1985. A en B dui die posisies van die twee draaikolke, wat tydens die vaart teëgekomp is, aan.

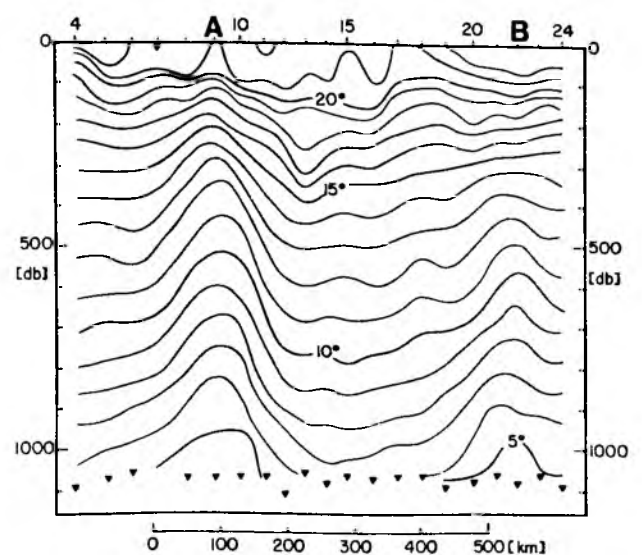
verder bespreek nie. Met die ander stasies is geen verdere probleme ondervind nie en vertikale profiele is by altesaam 20 meetpunte ingesamel. Hierdie posisies was geleë op 'n lyn tussen 29° S, 33° O en 27° 25' S, 41° 13' O (fig. 1). Elke stasie was 1 050 db (ongeveer 1 000 m) diep (behalwe stasie 7 waar slegs oppervlaklesings ingesamel is), en is aangevul deur weerkundige en bodemdieptemetinge.

Om vertikale profiele van temperatuur en soutgehalte te verkry, is 'n Neil Brown Instrument Systems (NBIS) Mk III GTD (geleivermoë-temperatuur-diepte) profileerder aangewend. Met die skip stasionêr op 'n stasie word hierdie instrument teen 'n spoed van ongeveer 1 m/s deur die waterkolom laat sak, terwyl individuele waardes van temperatuur, geleivermoë en druk (in db, waar 1 db = 1 m) teen 'n tempo van 30 Hz versyfer word. Hierdie data word met 'n enkelgeleierkabel na die skip versend waar dit deur 'n rekenaar gereduseer en geberg word. Uit elke drietal waardes word die soutgehalte bereken wat bydraend is tot die berekening van waterdigtheid en afgeleide eienskappe soos geostrofiese strome. Die NBIS GTD is in die laboratorium geyk met behulp van 'n elektroniese termometer wat op sy beurt teen die temperatuurstandaard van die WNNR in Pretoria gekalibreer is. Temperature afkomstig van die NBIS GTD word korrek binne 0,01° C en die soutgehaltes binne  $0,01 \times 10^{-3}$  geag.

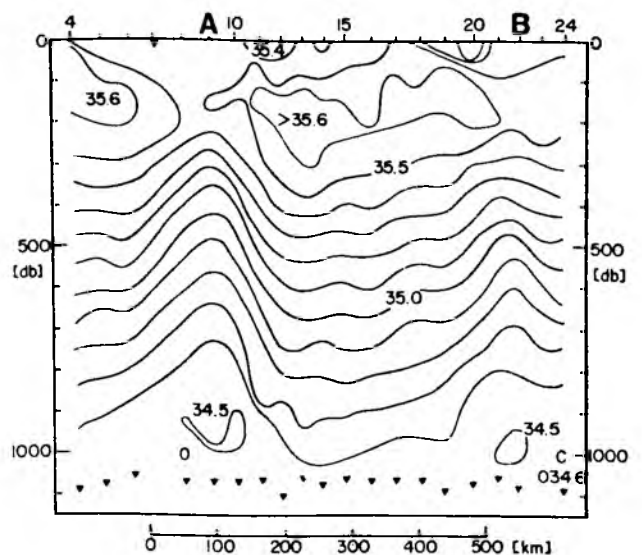
**RESULTATE EN BESPREKING**

**a. Temperatuur en soutgehalte**

Die belangrikste resultate van die vaart lê nie in die agtergrond- of klimatologiese termohalienenstruktuur nie, maar in die klaarblyklike steurings wat in hierdie struktuur voorgekom het. Sowel die isoterme (fig. 2) as die isohaliene (fig. 3) dui op die bestaan van twee anomalieë tydens die vaart. Die eerste en meer intense, was gesentreer om stasie 9 by 28° 28' S, 36° 7' O en is vergestalt deur 'n opstoting van die isoterme en isohaliene tot 'n diepte wat heelwat vlakker as die omgewingsisoplete lê. Uit vorige resultate in hierdie gebied<sup>18</sup> word hierdie verskynsel as 'n sikloniese draaikolk geïdentifiseer, en hier word gerieflikheids-halwe daarna as kolk A verwys. Die soutgehaltesnit (fig. 3) dui daarop dat die kolk 'n diskontinuiteit veroorsaak het in die laag van Subtropiese Oppervlakwater (SOW). Laas-



FIGUUR 2: Temperatuursnit in September 1985 (isoterme in °C). Diepte in db (1 db = 1 m) vir stasies 4 – 24. Twee draaikolke (A en B) word gekenmerk deur die opstoting van die isoterme by stasies 9 en 22. Driehoeke dui die maksimum metingsdiepte by elke stasie aan.



FIGUUR 3: Soutgehaltesnit, in eenhede van  $10^{-3}$ , in September 1985. Vir verdere inligting sien fig. 2.

genoemde word gekenmerk deur 'n kern van hoë soutgehalte, normaalweg groter as  $35,5 \times 10^{-3}$  en wat in 'n diepte van ongeveer 150 – 200 db voorkom.

As visuele maatstaf van die "intensiteit" van die draaikolk is dit gebruikelik dat die dieptesteuring van 'n gekose isotherm binne die hooftermoklien aangewend word. 'n Geskikte isotherm is die  $10^\circ\text{C}$  lyn, en die diepte waartoe hierdie isotherm gelig is (520 db), dui op een van die twee moontlikhede. Eerstens, indien aanvaar word dat die skeepsroete toevallig deur die middel van die draaikolk beweeg het, dan is die diepte van die  $10^\circ\text{C}$  isotherm minder versteur (250 db bo die omgewing) as die gemiddelde steuring (316 db) in 'n hele aantal draaikolke wat voorheen in 'n gebied effens verder suid teëgekome is. Met die aanname hier bo sou afgelei kon word dat die kolk minder intens of ouer was as die ander kolke wat voorheen bestudeer is. Dit is tweedens egter moontlik (en waarskynliker) dat die skeepsroete, wat georiënteer was om slegs die kortste passasie tussen Durban en Mauritius te verseker, **nie** deur die sentrum van die werwel beweeg het nie, in welke geval geen uitspraak oor die relatiewe intensiteit of ouderdom van die kolk gegee kan word nie.

Die tweede draaikolk (B) was ook siklonies van aard en die sentrum was min of meer by stasie 22 ( $27^\circ 33' \text{S}$ ,  $40^\circ 35' \text{O}$ ) geleë. Dit was duidelik kleiner of minder intens as A, maar dit kan waarskynlik daaraan toegeskryf word dat hierdie kolk nog verder van die skeepsroete geleë was as A.

#### b. Termohaliene verhouding

In fig. 4 word die verhouding tussen temperatuur en soutgehalte vir die vaart geïllustreer. Die aangeduide groepering van die stasies is redelik arbitrêr, en is slegs gedoen om die opeenhoping van die profiele te verny. Uit hierdie diagramme is dit nogtans duidelik dat daar by die stasies naby aan die Suider-Afrikaanse kus meer laesoutgehalte-water in die temperatuurbereik bo  $14^\circ\text{C}$  teenwoordig was, en dat dit daartoe gelei het dat die geboëheid van die krommes hier effens afgeplat is en die water meer isosoutig voorkom. Verder van die kus is die geboëheid duideliker merkbaar ('n teken van meer SOW), en so ook die laer soutgehalte by hoër temperature ('n teken van water met 'n sterker tropiese karakter).

In die temperatuurbereik tussen  $9^\circ$  en  $13^\circ\text{C}$  is die eng verband tussen temperatuur en soutgehalte toe te skryf aan die Indiese Sentraalwater, wat 'n vermenging is van SOW

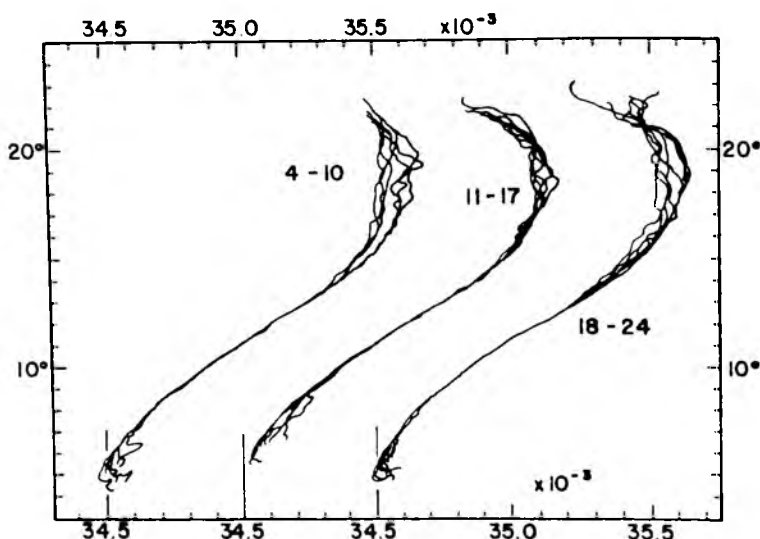
en soutarme Antarktiese Intermediêre Water (AAIW) by die Subtropiese Konvergens (geleë by  $-40^\circ\text{S}$ ).<sup>1,2</sup>

By temperature onder  $10^\circ\text{C}$  bereik die termohaliene verband 'n soutgehalte-minimum wat karakteristiek is van die AAIW. Fynstruktuur op die krommes is te wyte aan 'n onvolledige vermenging tussen AAIW en soutryke water afkomstig van die Rooisee deur die Mosambiëkanaal.<sup>22</sup> Laer temperature in die stasiegroepe 4 – 10 en 18 – 24 is veroorsaak deur die teenwoordigheid van die twee draaikolke by stasies 9 en 22, respektiewelik.

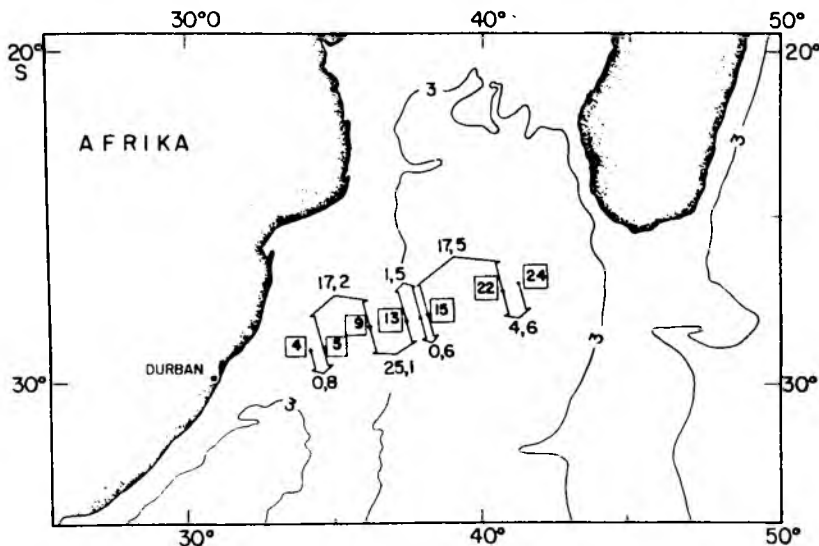
#### c. Volumetransport

Die berekening van transport in die osean berus grootliks op die horisontale digtheidsverdeling in die water (waaruit 'n snelheidsgradiënt bepaal word) en die keuse van 'n geskikte verwysingsdiepte om die snelheidsprofiel te anker. Die digtheidsberekening is grotendeels onproblematies, maar aansienlike onakkuraathede kan ontstaan uit die keuse van 'n verwysingsdiepte. Die normale gebruik is om 'n uniforme verwysingsvlak vir 'n hele snit te kies (gewoonlik die grootste gemeenskaplike diepte van alle stasies), maar die aanvaarding van hierdie beginsel is nie sonder slaggate nie. Om die geldigheid van die verankeringsproses te toets, word onafhanklike snelheidsmetings vereis. Laasgenoemde kan bv. afkomstig wees van stroommeters wat strome direk meet, of van boeie met neutrale dryfvermoë wat op 'n geskikte diepte ontplooi is en die Lagrange-voorstelling van die waterspoed verskaf. Geeneen van hierdie metodes was beskikbaar vir die vaart nie, en is eintlik uiters seldsaam vir spoedeisende skeepsmetings van hierdie aard.

In die verwerking van die onderhawige waarnemings is ook nie die effek van die middelpuntvlietende krag (die sg. gradiëntbenadering) in aanmerking geneem nie. By kleiner draaikolke is dit nodig om hierdie hidrae in berekening te bring,<sup>18</sup> wat vereis dat die waarnemingsposisies dienooreenkomstig georden word: die stasies moet naamlik radiaal ten opsigte van die middelpunt van die draaikolk georiënteer word en die posisie van die middelpunt self moet ook noukeurig bepaal word. Die huidige datastel het aan geeneen van hierdie twee vereistes voldoen nie, met die gevolg dat slegs die geostrofiese benadering en nie die gradiëntbenadering nie, gevolg is. Die berekening van geostrofiese strome kan daarom grotendeels slegs as 'n *aanduiding* of benadering van die werklike transport beskou word.



FIGUUR 4: Profiele van temperatuur (in  $^\circ\text{C}$ ) teen soutgehalte, saamgestel uit die data van fig. 2 en 3.



FIGUUR 5: Volumetransport, relatief tot 1 000 db, tydens die vaart in September 1985. Die transporteenhede is  $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , en die stasies waartussen die transport bereken is, word aangedui.

'n Voorstelling van die transport word in figuur 5 gegee. Aan die westelike flank van draaikolk A is ongeveer 17 eenhede (van  $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) in 'n noordelike rigting gevoer, terwyl 25 eenhede aan die oostelike flank suidwaarts gestroom het. Terwyl die grootte van die transport 'n aanduiding van die "volwassenheid" van die kolk is, dui die wanbalans die mate aan waarin die kolk water met sy omgewing uitwissel.<sup>18, 23</sup>

Draaikolk B was swakker, of is (soos hier bo aangevoer) skramser deur die skeepstrajek getref. Hoewel die noordwaartse stroming in totaal ongeveer 17 eenhede behels het (soortgelyk aan draaikolk A), is hierdie transport oor 'n heelwat groter gebied versprei. Die transport wat direk met die westelike flank van draaikolk B verband hou, skyn tentatief tot stasies 18 – 22 beperk te gewees het, en het slegs ongeveer 10 eenhede beloop. Die totaal vir draaikolk B se oostelike flank was 5 eenhede, maar die snit is klaarblyklik beëindig voordat die oostelike "rand" van die kolk oorgesteek is.

## SAMEVATTENDE BESPREKING

Dit was uitermate toevallig dat twee draaikolke teëgekomp is, veral omdat die oriëntasie en lengte van die snit deur hoofsaaklik nuwetenskaplike omstandighede bepaal is. Na aanleiding van die vorm van die temperatuurstruktuur en die grootte van die volumetransport van draaikolk A word geskat dat die hidrografiese snit nie deur die kern van die draaikolk beweeg het nie, maar dat die posisie van die middelpunt binne 'n radius van ongeveer een of hoogstens twee stasie-intervalle vanaf stasie 9 geleë was (ongeveer 40 – 80 km). 'n Vergelyking van die temperatuur- en transport-eienskappe van die kolke het daarop gedui dat kolk B óf ouer was óf (waarskynlik) nóg skramser deur die snit getref is.

Dit is opmerklik dat, na soveel ekspedisies<sup>18</sup> waartydens draaikolke van hierdie aard opgespoor en vermeet is, daar nog geen een-eenduidige uitspraak oor die herkoms en uiteinde van die verskynsel is nie. Die gebied waar die kolke waargeneem word, lê in die sameloop van die Mosambiekstroom en die weswaartse stroom suid van Madagaskar, 'n gebied wat daarom baie dinamies is, maar tot dusver te groot was om voldoende deur seeopnames afgetas te word. Data afkomstig van altimetriese satelliete skyn in hierdie hoedanigheid egter 'n positiewe bydrae te lewer. Hierdie

data gee 'n aanduiding van die veranderlikheid van die seeoppervlak in 'n golflengtegebied van verskeie kilometer en groter. Onlangse analyses,<sup>13, 23</sup> waar die groter, gelokaliseerde veranderlikheid van die onderhawige gebied duidelik na vore tree, wys op 'n sterker koherensie sonaal tussen hierdie gebied en die stroming vanaf Madagaskar as meridionaal met die Mosambiekstroom. Dit skyn die teorie te bevestig dat die draaikolke wel deur die stroom vanaf Madagaskar geskep word, hoogs waarskynlik deur middel van induksie deur die Mosambiekriif.

Wat uiteindelik van die kolke word, is 'n groot bron van interessante spekulasie. Die altimetriese veranderlikheidspatrone<sup>13, 23</sup> van die gebied is grootliks geïntegreer met dié van die naasliggende Agulhasstroom, wat daarop dui dat die werwels hoofsaaklik weswaarts migreer. Hulle adsorpsie deur die Agulhasstroom sal sekerlik nie ongemerk verbygaan nie, en kan noemenswaardige steurings in die stroom veroorsaak. Trouens, daar is gespekuleer dat sommige van die groot meanders wat die Agulhasstroom ondergaan, hieraan te wyte kan wees.<sup>7, 24</sup> Hierdeur word die tydelike onderbreking, wat die skepping van draaikolke teweegbring, uiteindelik 'n steuring in die vloei van die Agulhasstroom wat ver stroomaf 'n uitwerking kan hê.

Die bevindinge van die eksperiment is daarom om twee redes beduidend: eerstens lê die gebied binne die voedingsarea van die Agulhasstroom, en dra die waargenome anomalieë daarom sekerlik direk en indirek tot veranderinge in die stroom by. Op sy beurt vorm die Agulhasstroom die belangrikste kanaal waarlangs warmte en massa in die suidelike Indiese Oseaan poolwaarts vervoer word,<sup>14</sup> en is die gedrag van die Agulhas daarom belangrik in terme van die grootskaalse en selfs globale warmtebalans. Ten tweede het die oseanografiese gemeenskap reeds die intensiewe periode van WOCE (die Wêreldoseaan Sirkulasie-eksperiment)<sup>16</sup> betree; tydens WOCE sal waarnemings gemaak word waarmee eventueel so effektief moontlik 'n bydrae tot klimaatvoorspelling gelewer sal word. Dit is daarom belangrik dat tydens WOCE alle beskikbare inligting ten opsigte van die klimatologiese belangrike verskynsels en prosesse ter tafel is. Kundigheid oor die teenwoordigheid van sirkulasiepatrone en draaikolke in die nabyheid van een van die belangrikste westelike randstrome in die wêreld val vierkantig in hierdie kader.

M.L. Gründlingh

WNNR, Posbus 320, Stellenbosch 7600

## LITERATUURVERWYSINGS

1. Wyrтки, K. (1971). Oceanographic atlas of the International Indian Ocean Expedition. National science Foundation, Washington, DC., 531 pp.
2. Duncan, C.P. (1970). The Agulhas Current, Ph. D. thesis, Univ. Hawaii, 76 pp.
3. Lutjeharms, J.R.E. (1976). The Agulhas Current system during the northeast Monsoon season, *J. phys. Oceanogr.*, 6, 665-670.
4. Bang, N.D. (1970). Dynamic interpretations of a detailed surface temperature chart of the Agulhas Current retroflection and fragmentation area. *S. Afr. geogr. J.*, 52, 67-76.
5. Gründlingh, M.L. (1983). On the course of the Agulhas Current, *S. Afr. geogr. J.*, 65, 49-57.
6. Gordon, A.L., Lutjeharms, J.R.E. & Gründlingh, M.L. (1987). Stratification and circulation at the Agulhas retroflection, *Deep-Sea Res.*, 34, 565-600.
7. Lutjeharms, J.R.E. & Roberts, H.R. (1988). The Natal pulse; an extreme transient on the Agulhas Current, *J. geophys. Res.*, 93, 631-645.
8. Lutjeharms, J.R.E. & Van Ballegooyen, R.C. (1988). The retroflection of the Agulhas Current, *J. phys. Oceanogr.*, 18, 1570-1583.
9. Gründlingh, M.L., Slinger, J.H., & Agenbag, J.J. (1989). The usefulness of NIMBUS CZCS imagery in the southwestern Indian Ocean, *S. Afr. J. mar. res.*, 8, 261-269.
10. Malan, O.G. & Schumann, E.H. (1979). Natal shelf circulation revealed by Landsat imagery, *S. Afr. J. Sci.*, 75, 136-137.
11. Wakker, K.F., Zandbergen, R.C.A., Naije, M.C. & Ambrosius, B.A.C. (1990). Geosat altimeter analysis for the oceans around South Africa, *J. geophys. Res.*, 95, 2991-3006.
12. Gründlingh, M.L. (1988). Altimetry in the southwest Indian Ocean, *S. Afr. J. Sci.*, 84, 568-573.
13. Zlotniki, V., Fu, I.-L. & Patzert, W. (1989). Seasonal variability in global sea level observed with Geosat altimetry, *J. geophys. Res.*, 94, 17959-17969.
14. Toole J.M. & Raymer, M.E. (1985). Heat and freshwater budgets of the Indian Ocean, revisited, *Deep-Sea Res.*, 32, 917-928.
15. Gordon, A.L. & Haxby, W.F. (1990). Agulhas Eddies invade the South Atlantic: Evidence from Geosat altimeter and shipboard conductivity-temperature-depth survey, *J. geophys. Res.*, 95, 3117-3125.
16. Lutjeharms, J.R.E. & Gründlingh, M.L. (1987). Die Wêreld Oseaansirkulasie-eksperiment (WOCE), *S. Afr. Tydskr. Nat. Tegn.*, 6, 64-71.
17. Lutjeharms, J.R.E., Bang, N.D. & Duncan, C.P. (1981). Characteristics of the currents east and south of Madagascar, *Deep-Sea Res.*, 28A, 879-899.
18. Gründlingh, M.L. (1988). Review of cyclonic eddies of the Mozambique Ridge Current, *S. Afr. J. mar. Sci.*, 6, 193-206.
19. Saetre, R. & Jorge da Silva, A. (1984). The circulation of the Mozambique Channel, *Deep-Sea Res.*, 31, 485-508.
20. Zahn, W. (1984). Eine Abschätzung des Volumentransportes im Kanal von Mozambique während des Zeitraumes Oktober – November, 1957, *Beiträge zur Meereskunde*, 51, 67-74.
21. Nehring, D., Hagen, E., Jorge da Silva, A., Schemainda, R., Wolf, G., Michelchen, N., Kaiser, W., Postel, L., Gosselck, F., Brenning, U., Kühner, E., Arlt, E., Siegel, H., Gohs, L., & Bublitz, G. (1987). Results of oceanological studies in the Mozambique Channel in February – March 1980, *Beitr. Meeresk. Berlin*, 56, 51-63.
22. Gründlingh, M.L. (1985). Occurrence of Red Sea Water in the southwest Indian Ocean, 1981, *J. phys. Oceanogr.*, 15, 207-212.
23. Gründlingh, M.L., Carter, R.A., & Stanton, R.C. (1991). Circulation and water properties of the southwest Indian Ocean, Spring 1987, (*voorgelê vir publikasie*).
24. Gründlingh, M.L. (1991). Agulhas Current meanders: Review and case study (*voorgelê vir publikasie*).