

Indringdiepte van scheepsankers

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 57TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637

<u>INHOUD.</u>	<u>Blz.</u>
1. <u>Inleiding</u>	2
2. <u>Kwetsbaarheid van zinkers voor</u> <u>scheepsankers</u>	2
2.1. Ankeruitrusting van binnenvaart- schepen	3
2.2. Gebruik van scheepsankers	10
2.3. Indringdiepte van scheepsankers	10
3. <u>Diepteligging van zinkers en duikers</u> <u>in vaarwegen</u>	12
3.1. Kanalen	12
3.2. Rivieren	14
3.3. Samenvatting	15
4. <u>Diepteligging van zinkers en duikers</u> <u>onder de Schelde-Rijnverbinding</u>	16
4.1. Ontwerp	16
4.2. Aanbevelingen	17
<u>Literatuur en inlichtingen</u>	18
Bijlage.	

Ms. C. 42.10. 8DN

1. Inleiding.

Door de herziene uitvoering van het Deltaplan blijft de Schelde-Rijnverbinding voor wat betreft het noordelijke kanaalpand tot 1985 onder invloed van het getij. In het oorspronkelijke plan zou dit kanaalpand in 1978 getijdenvrij zijn, waar ook de aanlegdiepte van het kanaal op gebaseerd was.

In overleg tussen België en Nederland is er besloten de meerdere jaren durende hinder, welke de scheepvaart bij laagwater ondervindt te beperken door dit kanaalpand 0,50 m te verdiepen. Tevens is er tijdens dit overleg besloten om ook het zuidelijk kanaalpand te verdiepen met 0,50 m, dit omdat er momenteel grotere schepen met krachtiger motoren varen dan op het moment waarop het kanaalontwerp werd opgesteld.

Door deze werkzaamheden vermindert de gronddekking op de hier aanwezige zinkers en duikers. De resterende dekking op diverse zinkerbundels bedraagt $\pm 2,00$ m (op één zinkerbundel 1,80 m). Ofschoon de dekking van $\pm 2,00$ m nog juist voldoet aan de minimale gronddekking die in het traktaat geëist wordt, leek het zinvol te overwegen of nadere maatregelen wenselijk zijn.

In deze nota wordt nagegaan welke overwegingen gelden voor het vaststellen van dekking op zinkers in het algemeen en de consequenties voor de Schelde-Rijnverbinding in het bijzonder. Deze nota werd samengesteld door de heer W.M. Polderman.

2. Kwetsbaarheid van zinkers voor scheepsankers.

Door verminderde dekking op zinkers en duikers, neemt de kans op beschadiging door scheepsankers toe. Deze beschadigingsmogelijkheid is onmiddellijk afhankelijk van de grootte, het gewicht en het type van de ankers.

2.1. Ankeruitrusting van binnenvaartschepen.

De ankeruitrusting van schepen die op de Rijn varen moet door middel van het certificaat van onderzoek, voorzien in art. 22 van de herziene Rijnvaartacte van Mannheim van 17 oktober 1868 en vermeld in artikel 1.08 derde lid van het reglement van politie voor de Rijnvaart, voldoen aan de eisen gesteld in het "Reglement betreffende het onderzoek van vaartuigen en vlotten, die de Rijn bevaren".

Op de duwvaart is van toepassing de "Bepalingen met betrekking tot de bouw, uitrusting en bemanning van duwboten en van duwbakken". We zullen ons wat betreft de voorschriften beperken tot de ankeruitrusting van de duwvaart, omdat hier de grootste ankers te verwachten zijn.

Duwboten moeten zijn uitgerust met één of twee hekankers, (art. 10) waarvan het totale gewicht (P) tenminste 4000 kg bedraagt. Duwboten evenwel, die slechts zijn bestemd om duwstellen te duwen, waarvan het oppervlak van de grootste ingedompelde doorsnede (S) kleiner is dan 140 m^2 , behoeven slechts te zijn uitgerust met ankers, waarvan het totale gewicht (P) bedraagt:

$$P = \frac{4000 \times S}{140}$$

Omtrent het oppervlak van de grootste toegelaten ingedompelde doorsnede, die behoort bij het totale gewicht van de ankers, dan wel van ieder anker afzonderlijk, moet dienovereenkomstig een aantekening worden geplaatst in het certificaat van onderzoek.

Sleepboten en motorschepen, die zijn bestemd om in afvaart duwstellen te duwen, waarvan de lengte meer dan 86 m bedraagt, moeten overeenkomstig het eerste lid met hekankers zijn uitgerust.

Duwbakken moeten zijn uitgerust met één of twee boegankers, waarvan het totale gewicht (P) in kg wordt berekend met behulp van de hierna volgende formule:

$$P = C \times B \times T,$$

waarin C = ervaringscoëfficiënt

B = grootste breedte van de duwbak volgens het
certificaat van onderzoek

T = de grootste toegelaten diepgang in meters.

De waarden van de coëfficiënt C zijn, naar gelang van het
laadvermogen van de duwbak de volgende.

Laadvermogen	Coëfficiënt
t/m 400 t	45
401 t/m 650 t	55
meer dan 650 t	60

Zeeschipbakken behoeven geen boeganker te hebben.

Indien het totale voor de boegankers of voor de hek-
ankers voorgeschreven gewicht over twee ankers wordt
verdeeld, mag het gewicht van het lichtste anker niet
minder dan 45% van het totale gewicht (P) bedragen.

De bepalingen van dit artikel gelden voor alle vaartui-
gen, waarvan het certificaat van onderzoek op of na
1 april 1973 wordt uitgereikt of vernieuwd.

Tegenwoordig worden steeds meer ankers met een verminderd
gewicht toegepast. Op dit moment zijn hiervoor de volgende
tijdelijke voorschriften van toepassing:

- Van de in onderstaande tabel vermelde soorten van ankers
kan het volgens bijlage E (van het "Reglement betreffende
het onderzoek van vaartuigen en vlotten, die de Rijn
bevaren") berekende gewicht worden verminderd.

Soort van anker	Toegestane verminderingen van het volgens bijlage E berekende gewicht
D'Hone Anker	40%
Heuss Normal	15%
Heuss Spezial	30%
Heuss Kombinierten	
Klippstock Anker	55%
Pool Anker	40%
Ha-Du Anker	40%
Hansa Anker	40%
Danforth Anker	50%

- Voor andere soorten van bijzondere ankers kan een vermindering van het gewicht worden toegestaan binnen de grenzen die in gemeen overleg tussen de Rijnsoeverstaten en België worden bepaald.
- Het gewicht van de ankerkettingen moet volgens bijlage E worden berekend, zonder met de voor het gewicht van de ankers toegestane vermindering rekening te houden.
- De Commissies van Deskundigen voor de Rijnvaart moeten in het certificaat van onderzoek vermelden, dat de vermindering van het gewicht, die voor de in de eerste twee leden bedoelde soorten van ankers wordt toegestaan, slechts voor een bepaalde tijd geldt en zij te allen tijde kan worden ingetrokken.

Voor concrete gegevens van ankertypes en anker gewichten kunnen we ons, gezien de toelatingsprocedure bepalen tot praktijkgegevens.

Rederij: E.W.T. (Europese Waterweg Transporten)
Duwbakken zijn verdeeld in 3 klassen.

Duwbakken		Ankeruitrusting		
Klasse	Grootte	Plaats	Gewicht	Type
Europa I	1600 t	voor	1 x 900 kg	Danforth-anker
		achter	1 x 400 kg	Poolanker
		c.q.achter	1 x 600 kg	Klipanker
Europa II	2200 t	voor	1 x 1125 kg	Danforth-anker
		achter	1 x 1125 kg	Danforth-anker
Europa III	2700 t	voor	1 x 1365 kg	Danforth-anker
		achter	1 x 1000 kg	Poolanker

N.B.: de tonnage geldt per duwbak.

Duwböten	Ankeruitrusting		
	Plaats	Gewicht	Type
Allemaal	voor	geen	Hallanker Spekanter Poolanker
	achter	2 x 1500 kg	

Voor de houdkracht van een anker van 1500 kg bij een gemiddelde bodemgesteldheid houdt de E.W.T. 14 t aan. Door haken in ruggen in de bodem kan dit, voorafgaand aan kettingbreuk, oplopen tot 60 à 70 t.

Voor de houdkracht van een Poolanker van 1000 kg houdt de E.W.T. 10 t aan.

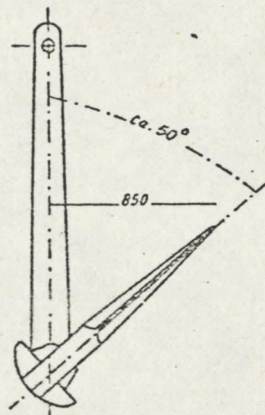
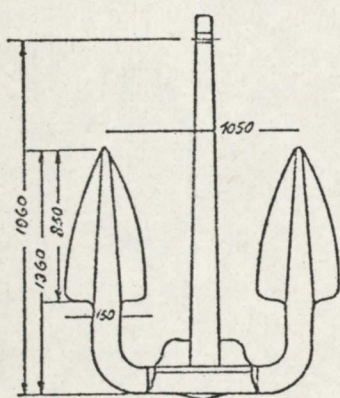
Rederij: Van Ommeren.

Duwbakken	Ankeruitrusting		
	Plaats	Gewicht	Type
1500 t	voor	1 x 1100 kg	Poolanker
	achter	1 x 900 kg	Poolanker
1700 t	voor	1 x 900 kg	Danforth-anker
	achter	geen	
1950 t	voor	1 x 1300 kg	Poolanker
	achter	1 x 1000 kg	Poolanker
2200 t	voor	2 x 1000 kg	Poolanker
	achter	1 x 1000 kg	Poolanker

N.B.: de tonnage geldt per duwbak.

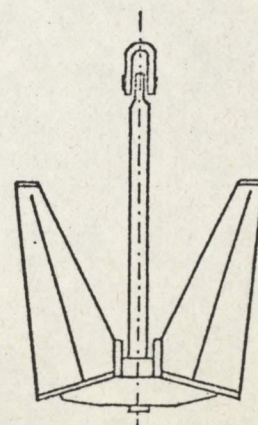
Duwboten	Ankeruitrusting		
	Plaats	Gewicht	Type
Watervogel	voor	1 x 500 kg	Poolanker
	achter	2 x 1350 kg	Poolanker
Stormvogel	voor	1 x 400 kg	Poolanker
	achter	2 x 1400 kg	Poolanker
Duwvogel	voor	1 x 400 kg	Poolanker
	achter	2 x 800 kg	Poolanker
Kraanvogel	voor	geen	
	achter	2 x 900 kg	Poolanker

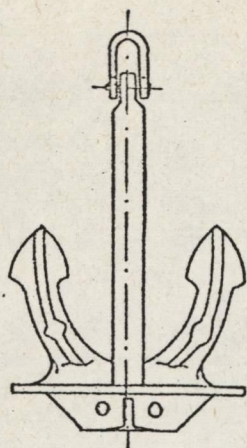
Genoemde ankertypen in beeld



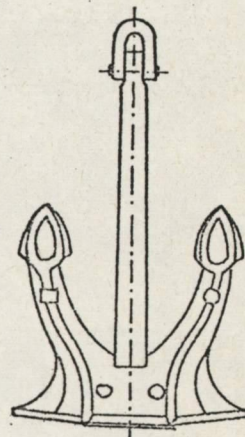
Klipanker
(1100 kg)

Poolanker

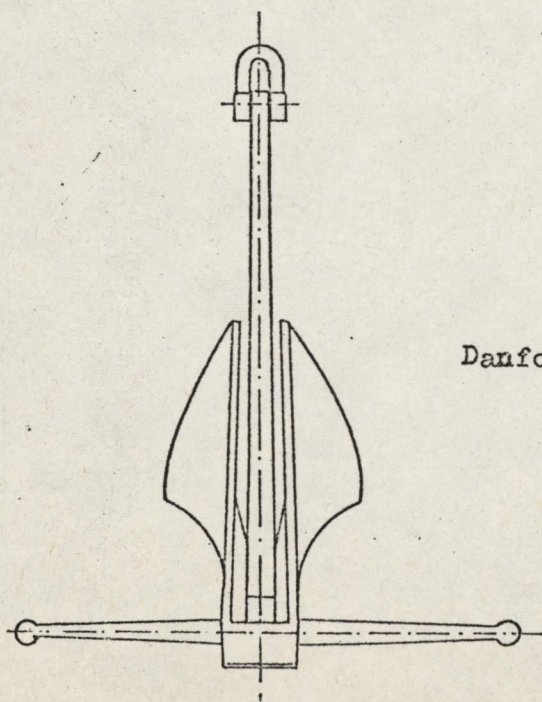




Hallanker



Spekanker



Danforth-anker

2.2. Gebruik van scheepsankers.

In het algemeen worden ankers gebruikt voor de volgende doeleinden:

- a. Het voor anker gaan op plaatsen waar geen afmeervoorziening is, of wanneer hiervan geen gebruik wordt gemaakt.
- b. Om het schip te zwaaien, wanneer geen ducdalf of soortgelijke voorziening aanwezig is.
- c. Als rem of als noodrem.

Het onder a. en b. genoemde ankergebruik op plaatsen waar kabels, zinkers e.d. liggen, kan wanneer hieraan behoefte bestaat, ondervangen worden door de toepassing van zgn. ankerverbodsborden of zgn. "zinkerborden".

Voor het onder c. genoemde ankergebruik is het toepassen van zinkerborden als beschermingsvoorziening onvoldoende. Bij een calamiteit, b.v. een dreigende aanvaring (denk aan schepen met gevaarlijke lading) zal men het primaire gevaar trachten af te wenden en gebruik maken van de "noodrem".

Op de brug van de duwboot is een voorziening aangebracht waarmee alle ankers van een duweenheid tegelijk kunnen worden geworpen. Een kwestie dus van "een druk op de knop".

Duwstellen waarvan de lengte meer dan 86 m bedraagt, moeten zodanig zijn gebouwd dat zij tijdig "kop voor" kunnen stilhouden en tijdens het stilhouden voldoende bestuurbaar blijven.

In het algemeen gebeurt het afremmen door middel van de ankers op de zgn. "korte ketting". Hierdoor voorkomt men dat de ankers diep indringen.

Een garantie dat dit zo gebeurt hebben we evenwel niet.

2.3. Indringdiepte van scheepsankers.

Dr. ir. K.J. Saurwalt van de Vakgroep Werfinrichting en Werfbedrijf van de T.H. Delft, heeft over deze problematiek studie gemaakt.

Uit zijn onderzoekingen is gebleken, dat in het algemeen:

- a. goede ankers gemakkelijk een afstand van tweemaal de schachtlengte in de bodem kunnen dringen;
- b. minder goede ankers een indringingsdiepte gelijk aan de lengte van de schacht halen.

Dit betekent, dat zowel ankers met een schacht van één meter als ankers met een schacht van 2 meter, de zinkerbundels kunnen raken.

Wat betreft de indringingsdiepte moet men volgens ir. Saurwalt voor de grootste ankers die we gevonden hebben de volgende waarden en vuistregels aanhouden.

Poolanker		
Gewicht	Schachtlengte	Indringdiepte
1500 kg	2 m	± 2 m

Voor het poolanker wordt een indringingsdiepte van ± 1 x de schachtlengte aangehouden.

Voor een spekanter van 1500 kg moet eveneens op een indringingsdiepte van ± 2 m worden gerekend.

Hall-, spe- en poolankers worden wel "krabbende ankers" genoemd.

Danforth-anker		
Gewicht	Schachtlengte	Indringdiepte
1360 kg	2,40 m	± 3 m

Voor het Danforth-anker wordt een indringingsdiepte aangehouden van 1,2 à 1,3 x de schachtlengte.

Onder gunstige omstandigheden kan de indringingsdiepte zeker de 3 m benaderen. Het Danforth-anker is vermaard om zijn grote houdkracht. Dit type wordt volgens Saurwalt vaak aanbevolen

voor gevallen waar men is aangewezen op een goede houdkracht van de ankers. Een nadeel van het Danforth-anker is, dat het meer moeite kost om het te lichten, dan andere genoemde typen. Ook komt het bij dit type meer voor, dat het anker wordt "verspeeld".

Het is echter niet uitgesloten dat er in bepaalde gevallen grotere ankers of dieper indringende ankertypes worden toegepast. Duwboten kunnen nl. volgens het "reglement" theoretisch zijn uitgerust met één hekanker.

Wat betreft de dieper indringende ankertypes, zie de weergave van het als bijlage toegevoegde 7e artikel in de 42e jaargang nr. 1 van het blad Schip en Werf van ir. Saurwalt aangevuld met figuren uit de voorgaande artikelen.

3. Diepteligging van zinkers en duikers in vaarwegen.

We beperken ons tot die vaarwegen, welke toegankelijk zijn voor de duwvaart of die hiervoor geschikt worden gemaakt.

3.1. Kanalen.

A. Kanaal van Gent naar Terneuzen.

Beheerder : Directie Zeeland.

Specificatie: Bestaande vaarweg.

Gronddekking: Op bestaande zinkers 2,20 m.

Bescherming : Geen beschermende maatregelen.

B. Noordzeekanaal.

Beheerder : Directie Noord-Holland.

Specificatie: Bestaande vaarweg.

Gronddekking: Op bestaande zinkers 2,50 m in de bodem,
2,00 m in het talud.

Bescherming : Geen beschermende maatregelen.

C. Amsterdam-Rijnkanaal.

Beheerder : Directie Utrecht.

Specificatie: Bestaande vaarweg, die wordt aangepast voor
de duwvaart.

a. Noordelijk gedeelte.

Gronddekking: Op nieuw aangelegde zinkers 3 m.

Op bestaande zinkers minder dan 3 m.

Bescherming : Geen bescherming waar de gronddekking 3 m
bedraagt.

Waar de gronddekking minder dan 3 m is,
wordt een bescherming aangebracht, waarvoor
respectievelijk de volgende materialen zijn
gebruikt:

mijnsteen,

gebitumineerd zand,

slakken.

b. Zuidelijk gedeelte.

Gronddekking: Op nieuw aangelegde zinker 2,50 m.

Bescherming : Boven de zinker is een laag mijnsteen, dik
1,50 m aangebracht.

D. Hartelkanaal.

Beheerder : Directie Benedenrivieren.

Specificatie: Bestaande vaarweg, die in open verbinding
wordt gebracht met de Oude Maas. Hierdoor
komt er getijwerking op het kanaal.

Ten behoeve hiervan moet een verdieping

worden uitgevoerd, waardoor de ligging van sommige zinkers kritiek wordt.

Gronddekking: Op de aan te leggen en te verleggen zinkers 3 m. Op zinkers die gehandhaafd blijven, minder dan 3 m.

Bescherming : Geen bescherming, waar de gronddekking 3 m bedraagt.

Waar de gronddekking minder dan 3 m bedraagt, wordt afdekking overwogen.

Mogelijkheden zijn in studie.

3.2. Rivieren.

A. Waal.

Beheerder : Directie Bovenrivieren.

Specificatie: Bestaande vaarweg.

Gronddekking: Op de aan te leggen en recentelijk aangelegde zinkers 3 m.

De volgende regel wordt hier gehanteerd: gronddekking op kabels en zinkers moet minimaal 3 m zijn beneden de omhullende van de diepste punten van de afgelopen 10 jaar.

Men streeft ernaar om het aantal ankerverbodsborden te beperken. Waar de gronddekking 3 m is worden geen ankerverbodsborden geplaatst. Op plaatsen waar bestaande zinkers aan deze dekkingseis voldoen, worden deze borden verwijderd.

De verlichte ankerverbodsborden bemoeilijken nl. de nachtvaart.

Bescherming: In het algemeen geen beschermende maatregelen.

B. Merwede.

Beheerder : Directie Benedenrivieren.

Specificatie: Bestaande vaarweg.

Gronddekking: Afhankelijk van de plaats tussen 2 en 3 m.

Bescherming : In het algemeen geen beschermende maatregelen.

C. Oude Maas-Dordtsche Kil.

Beheerder : Directie Benedenrivieren.

Specificatie: Bestaande vaarwegen, die worden aangepast.

Gronddekking: Op recente zinkers in de vaargeul 3 m.

Bij een gronddekking van 3 m worden geen ankerverbodsborden toegepast.

Bescherming : Geen bescherming waar de gronddekking 3 m bedraagt.

Blijvende zinkers, waarop de gronddekking minder is, zijn incidenteel afgedekt met loodslakken.

3.3. Samenvatting.

Voor de diepteligging van zinkers hanteert iedere Directie zijn eigen normen. In de beschouwde vaarwegen varieert de diepteligging van 2 tot 3 m. De tendens is dat de nieuwe zinkers met minimaal 3 m gronddekking worden aangelegd en dat de ankerverbodsborden of zgn. zinkerborden worden weggelaten met het oog op het scheepvaartbelang.

Men beschouwt 3 m gronddekking als een ankervrije ligging. Bij veel vaarwegen worden bij verdiepingswerkzaamheden boven de zinkers, waar de gronddekking duidelijk minder is dan 3 m, beschermingen aangebracht.

Voor de herkomst van de maat van 3 m is geen verklaring gevonden, vermoedelijk is deze maat, evenals de vroeger gehanteerde norm van 2 m gegroeid in de praktijk.

Het blijkt dat wat betreft de ankeruitrusting van de duwvaart een gronddekking van 3 m, wel voldoende is, hoewel er soms ankers voorkomen, die onder gunstige omstandigheden

een indringingsdiepte hebben, die de 3 m zou kunnen benaderen.

Uit de bijlage blijkt dat er ankertypen zijn, van overeenkomstige gewichtsklasse als de beschouwde ankers, die meer dan 3 m in de bodem kunnen dringen. Het is echter niet gebleken dat deze typen op de duwvaart worden toegepast.

Het nadeel van de diepgaande ankers is voor de duwvaart, dat zij bij het maken van een noodstop aanleiding geven tot het breken van de ankerketting. Het voordeel van de grotere houdkracht weegt tegen dit nadeel niet op. Bovendien kost het lichten van deze ankers meer moeite en kracht.

Het bovenstaande neemt niet weg, dat het gebruik van diepgaande ankers in de betrokken vaarwegen is uitgesloten.

Men kan ze wel verwachten op vaartuigen, waarbij de houdkracht van het anker primair staat, zoals b.v. kraan- en heipontons, meerpontons, werkschepen, cutterzuigers, baggermolens etc.

4. Diepteligging van zinkers en duikers onder de Schelde-Rijnverbinding.

4.1. Ontwerp.

Volgens het tractaat van de Schelde-Rijnverbinding, daterend van mei 1963, moeten de onder de vaarweg aan te leggen kabels, leidingen en duikers een minimale gronddekking verkrijgen van tenminste 2,00 m.

Verder zijn op verzoek van Direktie Benedenrivieren (april 1968) door de Inspekteur der Domeinen te Goes voorwaarden opgenomen in de privaatrechtelijke regelingen met de N.V. Nederlandse Gasunie te 's-Gravenhage, N.V. Dow Chemical (Nederland) te Terneuzen en de Stichting "Defensie Olie Centrale" te 's-Gravenhage, voor het kruisen van de Schelde-Rijnverbinding met zinkers t.p.v. de Kreekrakpolder.

Een belangrijke voorwaarde hierin is, dat de zinkers over de bodembreedte van 120,00 m van het kanaal met de bovenkant niet hoger mogen komen te liggen dan N.A.P. - 6,00 m, terwijl de gronddekking boven de zinkers onder het natte profiel tenminste 2,00 m moet bedragen.

Dit betekent, dat in het zuidelijk kanaalpand, de zinkerbundels, de syphon en de leidingentunnel ten noorden van de Kreekrakbruggen, een gronddekking kregen van 2,80 m ten opzichte van de theoretisch aangelegde bodemdiepte van N.A.P. - 3,20 m, behoudens 2 zinkerbundels nabij de Nederlands-Belgische grens. De gronddekking op de laatstgenoemde 2 zinkerbundels bedraagt respectievelijk 2,30 m en 2,60 m ten opzichte van de bodemdiepte van N.A.P. - 3,20 m. Deze zinkerbundels zijn vóór 1968 gerealiseerd.

4.2. Aanbevelingen.

Na de verdieping van het bovenpand van de Schelde-Rijnverbinding resteert een dusdanige dekking op de zinkers en de duikers, dat deze door scheepsankers kunnen worden geraakt.

Mede gezien de ontwikkeling bij andere diensten lijkt bescherming van de zinkers en de duikers wenselijk, terwijl de zinkerborden dienen te worden gehandhaafd.

Omdat de syphon, in tegenstelling tot de leidingentunnel, niet is voorzien van een gewapend betonnen beschermklaag op het dak, is het nuttig ook daar zgn. zinkerborden te plaatsen.

De eis van 2 m gronddekking, die in het traktaat is opgenomen is gering, gezien de indringingsdiepte van scheepsankers.

Meerdere direkties zijn inmiddels overgegaan op een gronddekking van 3 m.

Literatuur en inlichtingen.

Literatuur.

1. Reglement betreffende het onderzoek van vaartuigen en vlotten, die de Rijn bevaren.
2. De ontwikkeling van het anker.
Schip en Werf, nr. 7-1974 Ir. K.J. Saurwalt.
3. Movements and equilibrium of anchors holding on an impervious planar sea bed. Schip en Werf nr. 25-1971 Ir. K.J. Saurwalt.
4. Movements and stability of anchors holding on an impervious inclined uneven sea bed.
Schip en Werf nr. 9-1972 Ir. K.J. Saurwalt.
5. Stocked anchors holding on an impervious sea bed.
Schip en Werf nr. 26-1972 Ir. K.J. Saurwalt.
6. Anchors penetrating and holding on a soft planar sea bed.
Schip en Werf nr. 16-1973 Ir. K.J. Saurwalt.
7. Exploratory anchor experiments.
Schip en Werf nr. 26-1974 Ir. K.J. Saurwalt.
8. Anchors digging in and holding in a soft planar sea bed.
Schip en Werf nr. 25-1974 Ir. K.J. Saurwalt.
9. Application of the developped theories in respect to model and full scale anchor tests.
Schip en Werf nr. 1-1975 Ir. K.J. Saurwalt.

10. Ankerversuche zur Ermittlung der Notwendigen Schutzschicht
über der Dichtung von Schiffahrtskanälen Schiff und Hafen
Heft 8-1962, Dr. Ing. E. Schäle.
11. Binnenschiffs-Anker im Groszversuch Zeitschrift für die
Binnenschiffahrt Heft 3-1962 Dr. Ing. E. Schäle.

Inlichtingen.

1. T.H. Delft: Vakgroep Werfinrichting en Werfbedrijf.
Ir. K.J. Saurwalt, wnd. voorzitter.
2. Koninklijke Schippers Vereniging "Schuttevaer":
Dhr. W. van de Klippe, hoofdbestuurslid.
3. Rederij: Europese Waterweg Transporten N.V.
Dhr. Hofman. technisch inspekteur.
4. Ankerfabriek: Nederlandse Grofsmederij.
Dhr. Segaar, chef tekenkamer.
5. Rijkswaterstaat
 - a. Bestaande vaarwegen.
Dienstkring hoofden c.q. hun assistenten.
 - b. Vaarwegen in aanpassing.
Chefs van de Afdeling Voorbereiding.

Bijlage.

Beschadigingsmogelijkheid van zinkers en duikers door scheepsankers.

Weergave van het 7e artikel in de 42e jaargang nr. 1 van het blad Schip en Werf van ir. K.J. Saurwalt aangevuld met afbeeldingen uit de voorgaande artikelen.

Toepassing van de ontwikkelde theorieën op proeven met ankers en schaalmodelankers.

1. Inleiding.

Het testen van ankers op zee is moeilijk en duur. De vraag rijst, biedt de combinatie van schaalmodelproeven (om correctie coëfficiënten af te leiden) met een schatting van de houdkracht (geholpen door nieuw ontwikkelde specifieke anker-, sleep- en herhalingssimulatie programma's) een representatief en toepasselijk alternatief? Het is voor de hand liggend, dat de aangegeven methode van testen een uitstekend beeld geeft van de stabiliteit van de ankertypes, geldend voor ankers werkend in een niet cohesieve en niet adhesieve bedding.

De afgeleide correctie coëfficiënten houden verband met volumetrische invloeden en zijn daarom alleen van toepassing op niet cohesieve en niet adhesieve beddingen. Wanneer de coëfficiënten onveranderd kunnen worden gebruikt in een computerprogramma, is invoeren van adhesie en cohesie twijfelachtig. Alleen met moeilijke en dure proeven met ankers en ankerschaalmodellen in adhesieve en cohesieve beddingen kunnen zulke indicaties gegeven worden.

Om de bovenaangegeven methode na te gaan werden enige bijkomende computerberekeningen en simulaties gemaakt met nieuw ontwikkelde herhalingsprogramma's betreffende de anker- en ankerschaalmodelproeven.

2. Simulatie van het ankerschaalmodel gedrag.

De optimale standen van anker 4 (fig. 1) in relatie tot de werkingshoek zijn berekend in fig. 4, met ingevoerde waarden $f_c = 3,8$, $f_{cp} = f_{cs} = 0,8$ en $f_{csh} = 2,6$ in een nieuw ontwikkeld ankersleepprogramma. Verder wijzen de curves er op, verband te houden met waarden opgetekend tijdens de proefnemingen.

De verlengingen van deze laatstgenoemde curves kruisen de berekende curves bij $\psi = 16^\circ$. Dit is te verwachten omdat dit programma van simulaties, slechts het correctie coëfficiënt berekeningsprogramma van de computer is, in tegengestelde richting. De gestreepte verlengde lijnen zijn geschat, omdat het voorkwam, dat de beschikbare sleeplengte in de tank tekort was, om dit gebied van de sleepposities te bereiken.

Niettemin laat fig. 4 de mogelijkheid zien, om de optimale houdkracht en positie van schaalmodelankers vast te stellen en derhalve zeer nauwkeurig de correctie coëfficiënten, slepend in een in wezen verlengde tank met verschillende ankerdraadlengtes.

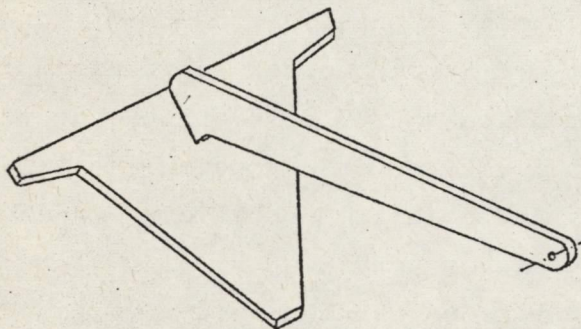
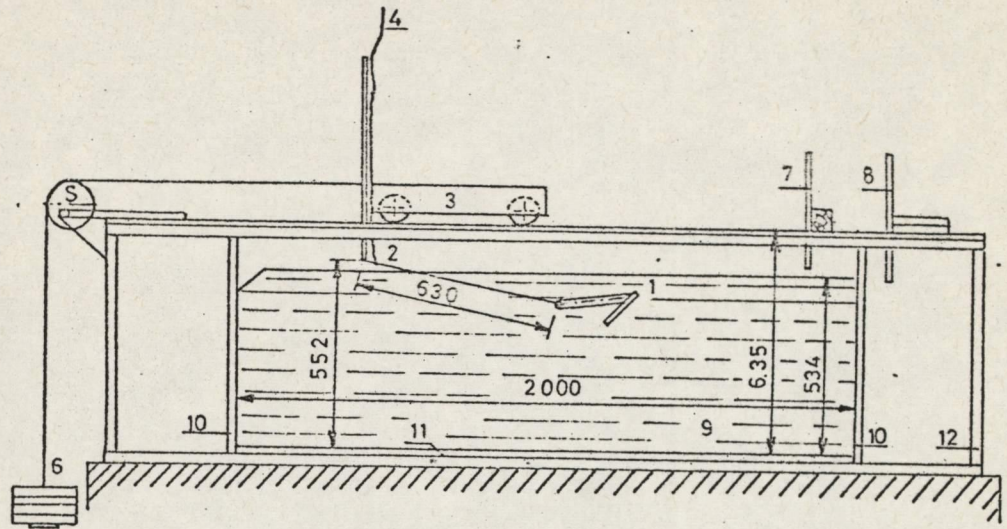


Fig. 1.
Enkelbladig
Schaalmodel anker
nummer 4.

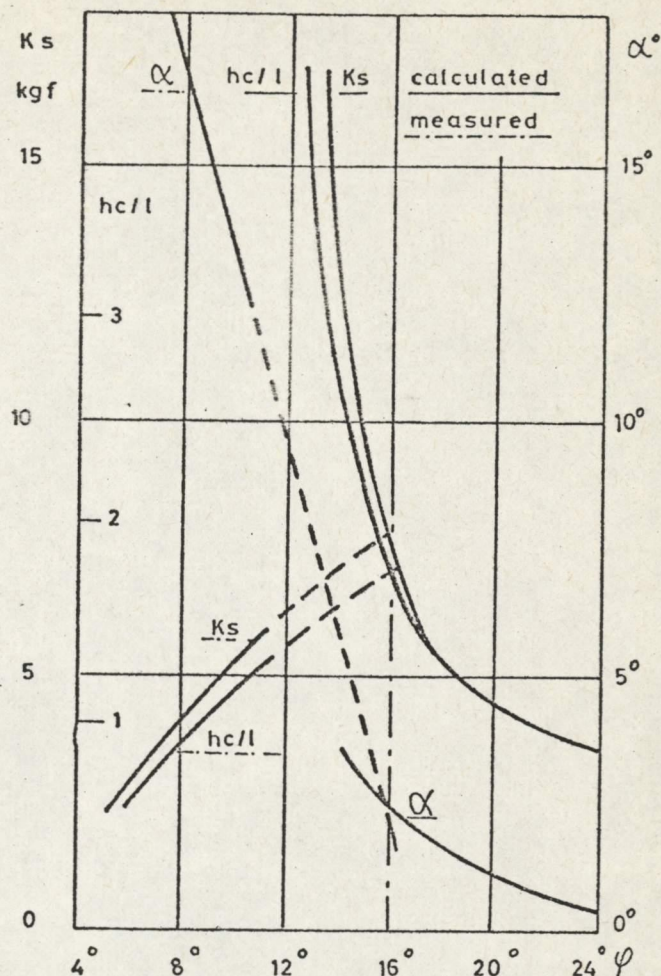
Fig. 3. Schets van de ankertank en apparatuur.



1. Schaalmodel
2. Trekkkracht dynamometer
3. Wagen
4. Vertikale verbinding met elektrische
uitrusting
5. Katrol of lier
6. Gewichten
7. Schuifbare schaal
8. Afrei voorziening
9. P.V.C. bedding materiaal
10. Houten einden
11. Houten bodem
12. Stalen frame

Fig. 4.

Berekende optimale
houdkrachten en de
gemeten sleepkrachten
van anker 4 afhanke-
lijk van de werkings-
hoek.



3. Gedragssimulatie van twee geteste ankers.

In februari 1973 testte de Deltadienst van de Rijkswater-
staat in het Westgat van de Oosterschelde een 1,084 tons
Delta-anker $l = 2,65$, $A_{fc} = 1,4 \text{ m}^2$ en een Stevin-anker
0,95 t, $l = 1,717 \text{ m}$, $A_{fc} = 1,9 \text{ m}^2$.

Beide ankers werden gesleept op een diepte van 4,5 m, met
een 85 m lange draad $\varnothing 32 \text{ mm}$, in een bedding van erg fijn
zand γ_s s onderwater $0,5 \text{ t/m}^3$ $\rho_s = 40^\circ$.

Daarom kan de ρ_a worden aangenomen op ongeveer 27° .

Na een sleep van 12 meter bereikte het Delta-anker een
sleeptrekkkracht van 23 ton, $C_{da} = 13,9 \text{ t/m}^3$ en het Stevin-
anker na een sleep van 12,25 m, 32 ton, $C_{da} = 12,2 \text{ t/m}^3$.



Fig. 5.
Delta-anker.

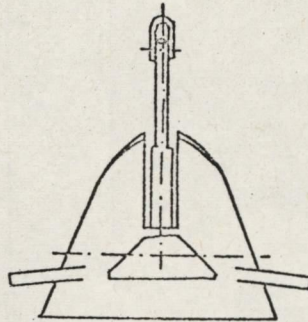


Fig. 6.
Stevin-anker.

Figuur 7.

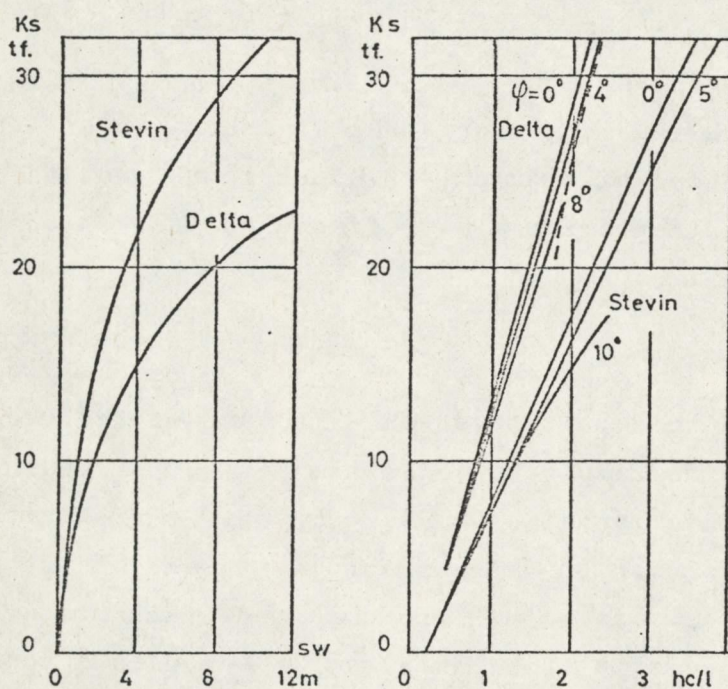
In dit figuur is ook aangegeven de berekende waarden van de sleeptrekkkracht in relatie tot hc/l en de werkingshoek α aannemend voor het Delta-anker $fc = 3,8$, f_{cp} & $f_{cs} = 0,8$ en $f_{csh} = 2,1$ en voor het Stevin-anker $fc = 3,8$, f_{cp} & $f_{cs} = 0,0$ en $f_{csh} = 2,6$.

De gebroken lijn van het Delta-anker geeft aan de berekende verhouding tussen de optimale houdkracht en de werkingshoek. Van het Stevin-anker ligt deze curve buiten de figuur. Het verloop van de sleepcurve van het Delta-anker in aanmerking genomen en de werkingshoek van 4° nabij de bodem oppervlakte, kan

de optimale trekkraft ongeveer 26 ton zijn, met een wer-
kingshoek van 6° op het schachtshoofd en een indringings-
diepte van ongeveer 2l.

Het Stevin-anker dringt dieper in, misschien over 4l.

fig. 7.



Testresultaten van een Delta- en een Stevin-anker. De weer-
geven sleeptrekkraft afhankelijk van de afstand waarop de
ankers gesleept worden en de sleeptrekkraft en de optimale
trekkraft afhankelijk van de werkingshoek en de berekende
indringingsdiepte.

4. Conclusies.

Met behulp van verkregen correctie coëfficiënten, kunnen de resultaten van ankerproeven verder worden geanalyseerd en de optimale houdkracht in relatie tot de werkingshoek op het schachthoofd worden bepaald.

Het zou kunnen lijken dat er een nuttige correlatie bestaat tussen ankerproef resultaten en het ankergedrag bepaald met een ankersleepnabootsingsprogramma.

Dit is alleen van toepassing op niet cohesieve en niet adhesieve beddingen.

Verdere beproeving van ankergedrag in cohesieve en adhesieve beddingen is noodzakelijk om een uitbreiding vast te stellen van het simulatieprogramma betreffende adhesie en cohesie.

5. Resumé.

Wanneer de testresultaten van ankerproeven worden vergeleken met de berekende resultaten (gemaakt met het nieuw ontwikkelde ankersleepsimulatieprogramma) gebaseerd op de aannamen en formules aangegeven in de voorgaande stukken, blijkt dat er overeenkomst is. Daarom zullen schaalmodel ankerproeven gevolgd door sleeps simulatie berekeningen een nieuwe vereenvoudigde methode voor ankertests geven.

Verklaring van enige symbolen.

- fc = correctie factor betreffende het profiel van de
verbroken bodemmassa.
- fcp = correctie factor betreffende het profiel van de
punten.
- fcs = correctie factor betreffende het profiel van de
zijanten.
- fcsh = correctie factor verbandhoudend met de doorsnede
van de schacht.
- hs = verticale afstand van de punt van het ankerblad
tot de bovenkant van de grond.
- l = lengte van de schacht.
- Afc = oppervlakte van de buitenkant van ankerbladen en
kroon, die de bedding samendrukt.
- Cda = constante betreffende de optimale trekhoudvast.
- γ_s = soortelijk gewicht van de grond.
- Q_s = hoek van interne wrijving van de grond.
- Q_a = wrijvingshoek tussen anker en grond.
- φ = werkingshoek van de ankerdraad nabij het bevesti-
gingssoog van de schacht.
- K_B = kettingtrek.
- Sw = sleeplengte.

