

stelling. Een en ander had tot gevolg, dat de grote en langere delen van de pomp-, luchtverserings- en elektrische- en dieselmachine-installaties, vóór het storten, in de totale bekisting van de kamers moesten worden geïnstalleerd.

Stortnaden werden niet toegelaten met gevolg, dat de landhoofden tot een hoogte van plm. 9 m en een inhoud van plm. 8.000 m³ zonder onderbreking moesten worden gestort. De in hun geheel in te storten kamerbekistingen, enz. — inhoudende de reeds genoemde vele installaties en de gasluizen — moesten derhalve vooraf op supporten „hoog in de lucht” uiterst nauwkeurig en stabiel worden afgesteld.

Het geheel werd bom- en scherfvrij ontworpen met gevolg een plafond ter dikte van 3,00 m en gewapend volgens figuur 6. De opgebogen wapening, $\varnothing 35$ mm, werd staafgewijze „opgesloten” in een haarspeldvormige verdeelwapening, figuur 6 links beneden. Het plafond

in de kamers werd bekleed met een aaneengesloten laag U-profielen nr. 30; ze waren bestemd om bij bombardementen het eventueel vallen van kleine brokken puin op de machines tegen te gaan. De U-balken zijn door aangelaste ankers in de bovenliggende betonmassa verankerd. Op het zware dak ligt een laag zand ter dikte van 3,00 m.

De muren (van de landhoofden) zijn aan de vaarzijde voorzien van zakstaven en een kubuswapening van rond $\varnothing 30$ mm, figuur 6.

De vloeren onder de riolen en de pijlers worden zeer zwaar gewapend, het gehele gebouw zou nl. een zodanige gronddrukbelasting veroorzaken, dat — in de bodem van rivierzand — een totale zakking van 0,15 m werd berekend. Tijdens een niet geheel gevuld zijn van de bakken kon reeds een zakking van 66 mm worden gemeten. De vloer van de pijler werd dan ook gewapend met 5 lagen $\varnothing 50$ mm, figuur 7. De wa-



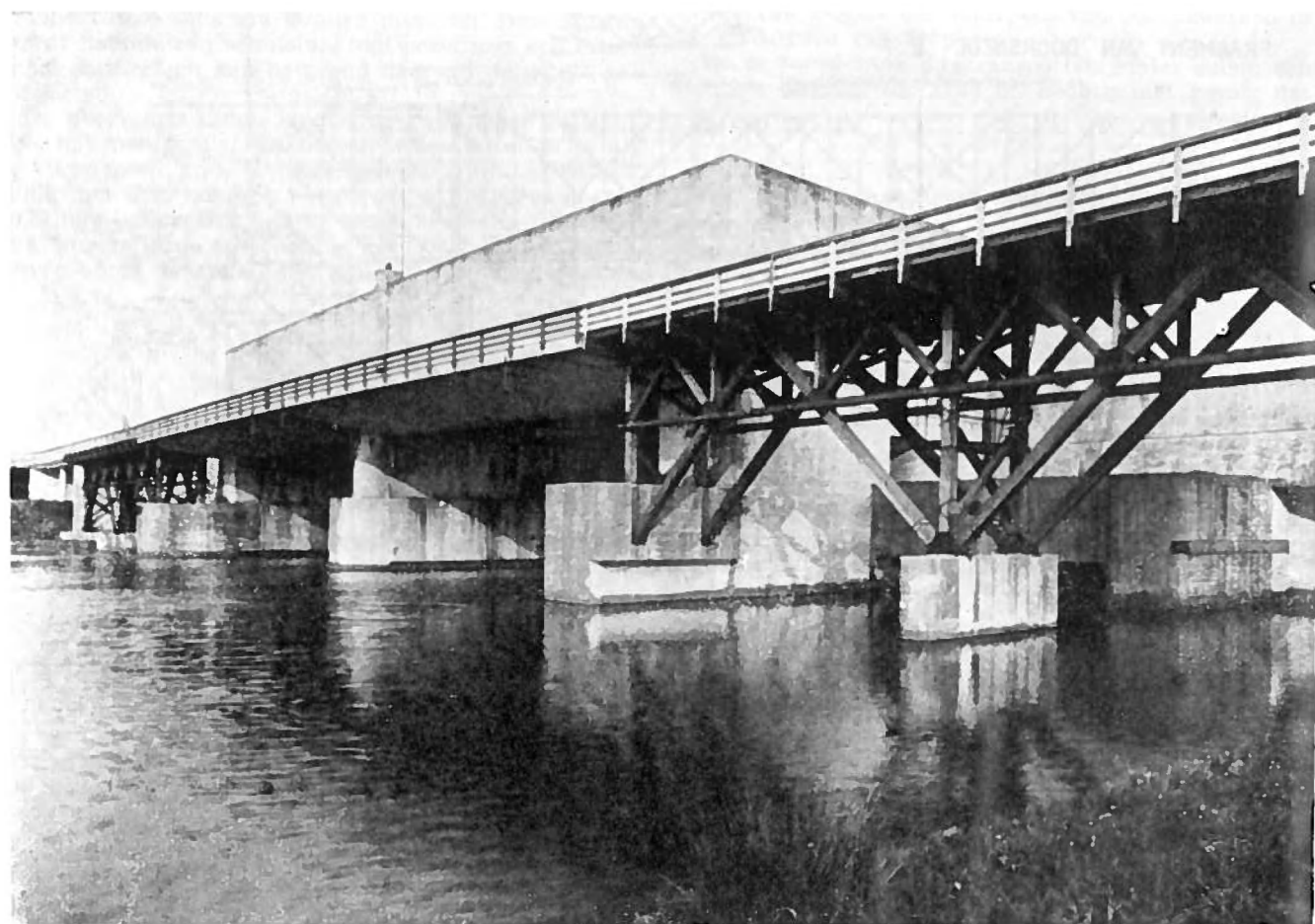
Figuur 7. Onderwapening pijlervloer, staven $\varnothing 50$ mm.

pening van de landhoofd vloeren was dienovereenkomstig.

De drempeldiepte is NAP-4,60 m, zodat ook deze niet met de thans ontworpen kanaalbodemdiepte en de sluisdrempelhoogte overeenkomt.

De sluisingen werden — zoals reeds deels opgemerkt — indertijd niet voorzien van geleidewerken. Zulks kon nl. niet worden toegestaan aangezien bij mogelijk aanhoudend zwaar kanonvuur dergelijke houten geleideconstructies zouden kunnen worden vernield

Figuur 8. Westelijk aanzicht van de bovenbouw met de houten overbruggingen boven de rioolmonden. Geleidewerken zijn niet aanwezig.



of totaal versplinterd met gevolg aan de zuid-oostzijde een versperring van de rioolingangen.

Aan de noord-westzijde waren ze evenmin gewenst daar rekening diende te worden gehouden met het stukschieten van de houten overbruggingen voor de olopelingen, figuur 8, waarna dit hout zich voor de geleidewerken zou kunnen opeenhopen; het zware groenhart zou niet wegdrijven.

De Schelde-Rijnverbinding II

door J. van Rooijen, waterbouwkundige

Tijdens de behandeling van het verdrag voor de Schelde-Rijnverbinding in de Kamers deelde de minister van Verkeer en Waterstaat mee, dat voor de werken tot verbetering van de verbinding tussen de Schelde en de Rijn een speciaal bouwbureau zou worden opgericht. Deze bouwdienst is in april 1964 gestart onder de naam Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding en is gevestigd te Bergen op Zoom.

De uitwerking van het plan voor de Schelde-Rijnverbinding. De inventarisatie van het werkgebied.

Tot een van de eerste werkzaamheden van het bouwbureau behoorde een inventarisatie van het gebied, waarin de nieuwe Schelde-Rijnverbinding zou moeten worden aangelegd.

1. Opmetingen, peilingen en kaarteringen

Het bleek, dat de Meetkundige Dienst van de rijks-waterstaat van vrijwel het gehele gebied, waarin de Schelde-Rijnverbinding moest worden gerealiseerd, luchtfoto's bezat, terwijl in het kader van de oeverkaarteringen door de Studiedienst te Vlissingen van de rijkswaterstaat een groot aantal oeverkaarten waren vervaardigd op schaal 1:5000.

Teneinde snel over voldoende kaartmateriaal te kunnen beschikken werd de Meetkundige Dienst verzocht een serie voorlopige kaartbladen af te leveren op schaal 1:5000 en 1:2000.

Voor de vervaardiging van de definitieve kaartbladen werden nog naverkenningen en bijmetingen in het terrein uitgevoerd.

De Meetkundige Dienst heeft tevens in het terrein de kanaalas uitgezet volgens het tracé, aangegeven op bijlage II van het tractaat.

In overleg met de Belgische instanties zijn ter plaatse, waar het kanaaltracé de Nederlands-Belgische grens passeert, waterpassingen verricht teneinde te controleren of het vergelijkingsvlak van het N.A.P. klopt met het Belgische vergelijkingsvlak Staf + 2,40 m, zoals in het verdrag is aangegeven.

Uit deze, door de Meetkundige Dienst verrichtte metingen bleek, dat in werkelijkheid het verschil ter plaatse van de kruising van het tracé met de grens 2,46 m bedraagt t.o.v. „Belgisch peil”.

Hieruit blijkt dus, dat het kanaalpeil op het bovenpand van N.A.P. + 1,60 m volgens het verdrag correspondeert met „Belgisch peil” + 4,06 m.

Ondertussen was van Belgische zijde het verzoek ontvangen rekening te houden met een gemiddelde stand in de Antwerpse havendokken van Staf + 4,25 m, waarbij werd gerekend met een verschil tussen N.A.P. en Staf van 2,46 m of (N.A.P. = Staf 2,46 m).

Uitgaande van deze gegevens zal het kanaalpeil op het bovenpand bedragen Staf + 4,25 m = N.A.P. + 1,79 m = 4,25 m — 2,46 m of afgerond N.A.P. + 1,80 m.

Het grenspeil blijft gehandhaafd op een peil van N.A.P. + 1,95 m.

Bedoelde overbruggingen mochten niet uit gewapend beton bestaan daar bij vernieling dit materiaal eveneens een versperring zou gaan vormen.

Gezien het bovenstaande meen ik, dat van slopen van dit kunstwerk tijdens de scheepvaart inderdaad beslist geen sprake kan zijn. De geprojecteerde kanaalomlegging is daardoor de meest aangewezen oplossing.

Het bleek, dat in plaats van STAF (T.A.W.) werd bedoeld het OW. (Openbare Werken) of T.O.P. (topografie).

Ter verduidelijking zij vermeld, dat thans in België stelselmatig wordt overgeschakeld naar het referentievlak der Tweede Algemene Waterpassing, aangeduid als Staf of T.A.W.

In het Antwerpse havengebied blijft men echter werken met het referentievlak T.O.P. (topografie) of O.W. (Openbare Werken van de stad Antwerpen).

Het in het Belgisch verzoek aangegeven referentievlak Staf moet dus worden vervangen door T.O.P. (O.W.).

Het verschil tussen de beide vlakken blijkt volgens Belgische gegevens te bedragen 0,088 m volgens de vergelijking: Staf (T.A.W.) = T.O.P. (O.W.) + 0,088 m.

De hoogte, aangegeven op de grenspaal 269, ten opzichte van het Nederlandse vergelijkingsvlak, bleek te bedragen bij de controle waterpassing N.A.P. + 3,624 m en te corresponderen met de Belgische hoogte van T.O.P. (O.W.) + 6,083 m.

Hieruit volgt, dat het N.A.P. correspondeert met T.O.P. (O.W.) + 6,083 m — 3,624 m, of N.A.P. = T.O.P. (O.W.) + 2,459 m.

De officiële vergelijking tussen het N.A.P., het Staf (T.A.W.) en het T.O.P. (O.W.) luidt: N.A.P. = Staf (T.A.W.) + 2,323 m = T.O.P. (O.W.) + 2,411 m.

Uit het bovenstaande blijkt dat nabij de kruising van het kanaaltracé met de grens een verschil aanwezig is ten opzichte van de officiële gegevens van ca. 5 cm (2,411 m t.o.v. 2,459 m).

In de praktijk levert dit echter geen bezwaar op omdat het uitgangspunt voor het peil van het bovenpand het gegeven is van de gemiddelde waterstand in de Antwerpse havendokken, nl. het peil T.O.P. (O.W.) + 4,25 m in plaats van Staf (T.A.W.) + 4,25 m.

Met dit peil correspondeert volgens de verrichte waterpassingen een kanaalpeil voor het bovenpand van N.A.P. + 1,79 m (T.O.P. of O.W. + 4,25 m — 2,46 m = N.A.P. + 1,79 m) of afgerond een peil van N.A.P. + 1,80 m.

Naast de controle meting van de referentie vlakken werden, nabij de grens, tevens metingen verricht voor de koppeling van het Nederlandse coördinatenstelsel met het Belgische net. Dit laatste net berust op de projectie methode Lambert terwijl in Nederland de stereografische projectie wordt toegepast.

Voor het verrichten van lodingen werd de afdeling

van de grond in verband met te verwachten kwelverschijnselen rondom de Schelde-Rijnverbinding.

Teneinde meer inzicht te verkrijgen in de bodemgesteldheid in het gebied, waar door het uitschuren en weer dichtslippen van geulen een zeer heterogene opbouw van de ondergrond is ontstaan, werd de Geologische Dienst te Haarlem verzocht een advies van de geologische opbouw van het gebied rond de Kreekrakdam uit te brengen.

In het gebied van het bovenpand, ten zuiden van de Kreekrakdam had de Geologische Dienst in het kader van het onderzoek ten behoeve van de vervaardiging van de nieuwe geologische kaart reeds gegevens verzameld met behulp van de handsteekboor tot in het pleistocene, dat in dit gebied op 7 à 10 m beneden N.A.P. begint, terwijl dit laatste onderzoek werd uitgebreid met een onderzoek naar de aanwezigheid van eventuele zandbanen in de schorren van Ossendrecht, teneinde te kunnen nagaan of rekening zal moeten worden gehouden met kwelstromingen.

Ten behoeve van de nadere bepaling van de meest in aanmerking komende bouwplaats voor het schutsluizencomplex werden een aantal oriënterende grondboringen en sonderingen uitgevoerd tot ca. N.A.P. — 25 m.

Dit onderzoek dat zowel ten noorden als ten zuiden van de Kreekrakpolder plaatsvond, werd gedeeltelijk uitgevoerd met behulp van een boor- en sondeerbak voor zover varen in het schor- en slikkegebied ten noorden van de Kreekrakdam mogelijk was. De overige boringen en sonderingen werden vanaf het land verricht.

Geleidelijk aan werd het grondonderzoek uitgebreid, waarbij speciaal is te vermelden het volledige onderzoek op de plaatsen waar de kunstwerken zullen worden gebouwd met de aansluitende grondwerken.

In figuur 12 is een geologisch lengteprofiel gegeven over de as van de vaarweg.

4. De vaarweg

Zoals in het eerste artikel (zie OTAR nr. 3/1969) is vermeld, moest de vaarweg voor de Schelde-Rijnverbinding worden ontworpen als een zgn. driestrooks-vaarweg, die tevens geschikt is voor de duwvaart.

Op het gebied van de traditionele scheepvaart, waarbij de omstandigheden (scheepstypen, afmetingen, snelheden, gesleepte schepen en zelfvaarders) zich vrij geleidelijk wijzigden is een ruime ervaringskennis aanwezig.

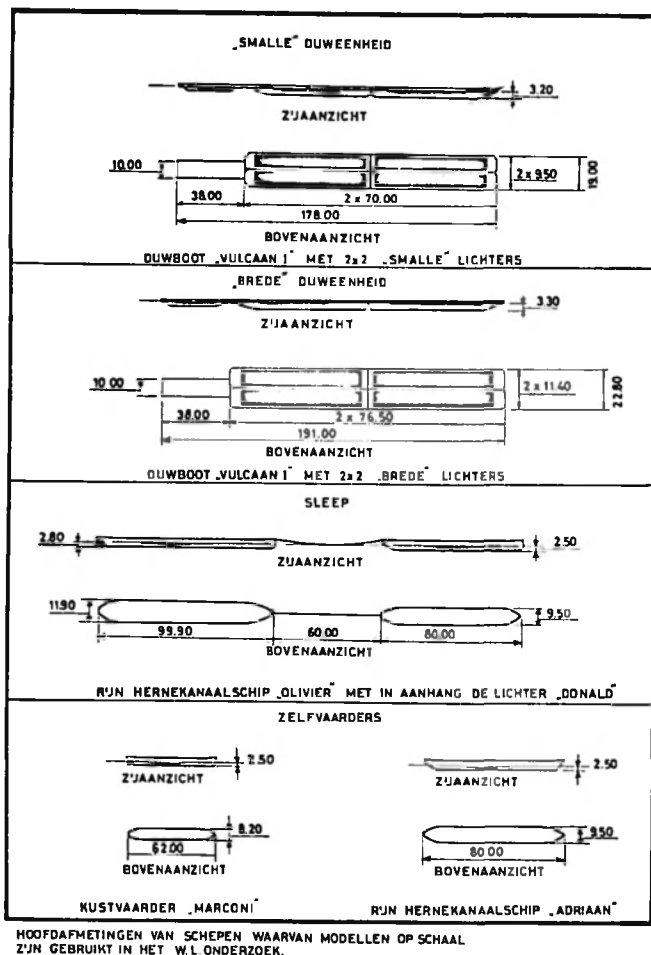
De duwvaart echter is zich eerst in de vijftiger jaren gaan ontwikkelen in West-Europa, zodat hiervoor de ervaringskennis nog ontbreekt.

Duwconvoien zijn belangrijk groter dan de overige binnenvaartschepen, terwijl deze convoien, door hun afwijkende vorm van het onderwaterschip, in het bijzonder van de voorkant, afwijkende kenmerken t.o.v. die bij de traditionele vaart bij de door hen opgewekte waterbeweging veroorzaken.

Teneinde aan deze leemte tegemoet te komen werd, in juli 1962, door de directeur generaal van de rijkswaterstaat een studiegroep ingesteld met het doel na te gaan, welke afmetingen een kanaalprofiel moet krijgen teneinde een verkeer zonder moeilijkheden voor de duwvaart naast de traditionele vaart te waarborgen, zonder grotere uitgaven dan strikt noodzakelijk is.

In verband met de vele facetten van het onderzoek werd hieraan deelgenomen door enkele vertegenwoordigers van rechtstreeks bij het vraagstuk betrokken rijkswaterstaatsdiensten, het Nederlands scheepbouwkundig proefstation te Wageningen, het Waterloopkundig Laboratorium te Delft en de afdeling scheepsbouwkunde van de Technische Hogeschool te Delft.

Tevens werden functionarissen uit de praktijk bij het onderzoek betrokken teneinde van die zijde te



Figuur 13.

vernemen of de resultaten van het onderzoek kloppen met praktijkervaringen, waarbij speciaal de passeer-manoeuvres van belang waren.

Het onderzoek had betrekking op:

- bestudering van de gedragingen van de conventionele vaart en de duwvaart op kanalen in het model en in de praktijk;
- het verrichten van prototype metingen en modelproeven ter bepaling van de schaafeffecten en de eigenschappen van kanaalprofielen aan de hand van het nautisch gedrag van een duweenheid;
- de bepaling van de maatgevende verkeerssituatie en de daarbij behorende optimale afmetingen van een kanaal.

Hierbij zijn tevens onderzoekingen verricht voor de taalkwesties, zoals oeverbescherming, bochtverbreding, windeffecten en maatregelen voor de scheepvaart in (tijdelijk) bestaande, nauwe situaties.

Voor het uitvoeren van het onderzoek werd in het Waterloopkundig Laboratorium te De Voorst in de Noord-Oostpolder een hal ter lengte van 200 m gebouwd. Tevens werd een automatische roerganger ontwikkeld voor de bestudering van de proefmodellen; voor de automatische verwerking van de meetgegevens werd een registreer- en uitwerkapparatuur ontworpen en vervaardigd.

In afzonderlijke modellen is een onderzoek ingesteld naar de problemen, die zich voor de scheepvaart voor kunnen doen in de Demka-bocht met $R = 1000$ m in het Amsterdam-Rijn kanaal en de Eendracht-bocht met $R = 3000$ m in het Schelde-Rijnkanaal.

In figuur 13 zijn de schepen met hoofdafmetingen aangegeven, waarvan modellen op schaal 1:25 zijn gebruikt in het onderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium.

De gekozen schaal 1:25 werd vooral ingegeven, omdat bij deze schaal de duweenheid en de sleepschepen dan nog juist groot genoeg zijn om er een stuurman in te kunnen laten plaatsnemen.

Een belangrijk deel van het onderzoek bestond uit het leren kennen van de invloed van de afmetingen van het kanaalprofiel op de gedragingen van een duweenheid. De resultaten van een dergelijk onderzoek moesten immers ten grondslag liggen aan een optimaal ontwerp voor een duwvaartkanaal.

De variabele randvoorwaarden bij het onderzoek waren de diepte, de breedte en oevervorm van het kanaal en het toerental van de schroeven van de duwboot van de duweenheid.

Dit onderzoek leverde de volgende resultaten op:

- de waterdiepte van het kanaal moet niet kleiner zijn dan 1,5 maal de diepgang van het grootste schip of ca. 5 m ($1,5 \times 3,80$ m);
- de vorm van de oever heeft geen aantoonbare invloed op de koersstabiliteit van de duweenheid;
- in bakprofielen wordt de vaarbreedte niet nadelig beïnvloed door steunbermen, mits de waterdiepte, onmiddellijk vóór de oever, niet kleiner is dan 1,1 maal de grootste diepgang van de duweenheid of ca. 3,60 m.

Bij het passeeronderzoek werd ervan uitgegaan dat:

- twee duwconvoien elkaar tegemoet moeten kunnen varen zonder dat zich een gewoon schip naast hen bevindt;
 - naast elkaar, in tegengestelde richting varen van een duwconvooi, een sleep en een groot motorschip (snelvaarder) mogelijk moet zijn.
- Uit onderzoek op een kanaal met gemengd verkeer bleek het grootste gevaar te schuilen in de situatie, waarbij een sleep wordt opgelopen door een duweenheid met 2×2 (brede) bakken, terwijl ander verkeer wordt ontmoet.

Hierbij werden de volgende vaarsnelheden aangehouden:

- voor de sleep 7 km/uur;
- voor de duweenheid 10 km/uur;
- en voor een tegemoetkomend motorschip 15 km/uur.

Uit het onderzoek bleek al spoedig, dat, ter vermindering van abnormale afmetingen voor een dergelijk kanaal, de sleep slechts kan zijn samengesteld uit een sleepboot met maar één sleepeenheid.

De oorzaak hiervan is, dat de hekgolf van de duweenheid het achterste sleepschip een zodanige versnelling geeft, dat de sleeptros slap komt te hangen en het sleepschip onbestuurbaar wordt.

Door de zuigende werking, die de duweenheid op dit sleepschip uitoefent, wordt het schip in de richting van de duweenheid getrokken waardoor het uit de koers kan worden getrokken tot over het midden van het kanaal, terwijl de kans op botsing tussen beide schepen groot is.

Indien de sleep slechts uit één sleepschip bestaat kan de sleepboot corrigerend optreden; indien meerdere eenheden worden gesleept, is dit niet meer mogelijk.

Een ander punt van belang is, dat de tros van het achterste sleepschip kan breken wanneer deze wordt strakgetrokken door het voorste sleepschip, wanneer dat op zijn beurt door de hekgolf van de duweenheid een versnelling krijgt.

In de praktijk blijkt, dat het slepen van schepen steeds afneemt; zo bedroeg dit in 1966 nog maar 10% van het totale verkeer te water, terwijl het aantal slepen met meer dan één eenheid nog sterker terugloopt; zo bedroeg dit in 1963 nog ca. 50% van het totale aantal slepen tegen ca. 30% in 1967.

Bij bovenvermelde vaarsnelheden vindt de oploop-

manoeuvre plaats over een lengte van gemiddeld 2100 m in een tijdsduur van 13 à 14 minuten. Zou er tijdens de oploopmanoeuvre geen ruimte aanwezig zijn voor tegemoet komende vaart, dan zou slechts aan de oploopmanoeuvre kunnen worden begonnen indien de dichtst bijzijnde tegenligger meer dan 5,5 km van de duweenheid is verwijderd.

Deze afstand is te groot om te kunnen worden overzien.

Het is daarom noodzakelijk, dat er tijdens de oploopmanoeuvre nog ruimte aanwezig is voor een tegenligger (zgn. driestrookvaarweg).

Bovengeschetste verkeerssituatie, waarbij een sleep, bestaande uit één sleepboot en één sleepschip, wordt opgelopen door een duweenheid, samengesteld uit een duwboot en 2×2 duwbakken, terwijl gelijktijdig een ander schip wordt ontmoet, is gebruikt om de afmetingen van de duwvaartkanalen te bepalen.

Bij dit onderzoek zijn diverse kanaalprofielen beproefd, zowel rechthoekige als trapeziumvormige, terwijl tevens de breedte en de diepte systematisch werd gevarieerd.

Het bleek, dat tijdens al deze proeven het gedrag van het sleepschip het meest kritiek was, terwijl de eventuele tegenligger en de duweenheid goed koers kunnen houden en vrijwel evenwijdig aan de kanaalas blijven varen.

De oorzaak voor het uit de koers geraken van het sleepschip wordt veroorzaakt door de waterbeweging rond de duweenheid.

In deze situatie zal derhalve erg veel van de bekwaamheid van de roerganger van het sleepschip afhangen.

Uit het onderzoek is gebleken, dat voor rechthoekige of trapeziumvormige kanaalprofielen en variërende waterdiepten tussen 4,20 en 7,00 m, terwijl de som van de minimale speling tussen de schepen, die met een frequentie van 0,2 wordt bereikt of overschreden, tenminste gelijk is aan 20 m, de kans op aanvaringen zeer klein is.

De som van de vaarstrookbreedten van de drie betrokken vaartuigen, de genoemde speling van 20 m en de speling van de tegenligger t.o.v. de oever en de duweenheid, levert de vereiste breedte van het kanaal.

Het is verder gebleken, dat de vereiste breedte enigermate afhankelijk is van de kanaaldiepte.

Het verband kan dan als volgt worden aangegeven:

$$1,1 B_v + 7 D \geq 175 \text{ []}$$

of

$$B_v = 160 - 6 D$$

B_v = de kanaalbreedte, gemeten in het kielvlak van het diepste schip.

D = de kanaaldiepte.

De formule geldt alleen in het onderzochte gebied voor de kanaaldiepten variërend van 4,20 m tot 7,00 m.

Bij inachtneming van de voorschriften van het vaarreglement en bij toepassing van goed zeeman-schap is het gevaar voor ongelukken gering.

Het is bekend, dat kanaaloevers in de omgeving van de waterspiegel (het gebied tussen water en wind) door scheepsgolven worden aangetast, welke aantasting vooral wordt veroorzaakt door de hardvarende ongeladen motorschepen.

Uit de onderzoekingen is gebleken dat de duwconvoien, wat betreft de aantasting van de oevers in het gebied tussen water en wind, geen extra problemen opleveren.

De aantasting van de onderwaterbelopen en de bodem wordt veroorzaakt door de stroomsnelheden van de retourstroom, de schroefstraal en de waterspiegel-daling, waardoor een overspanning in het grondwater kan ontstaan, die de gronddeeltjes of de taludbekleding afdrukt.

Bij het onderzoek van de gedragingen onder invloed van de duwconvoien is gebleken, dat de grootste aan-

tasting van de onderwatertaluds optreedt naast de duwen-
eenheid ter hoogte van de kim.

Tevens is gebleken, dat de schroefstraal van een varen-
duweenheid geen bijzondere moeilijkheden veroorzaakt,
vergeleken met die door de conventionele vaart.

Wat de windgevoeligheid betreft is gebleken, dat een
ongeladen duweenheid, bestaande uit 2x2 bakken, bij
zijwind moeilijk is te besturen.

Op de grote rivieren (de Waal) varen de lege duwen-
eenheden om deze reden in de zgn. zwaluwstaartfor-
matie.

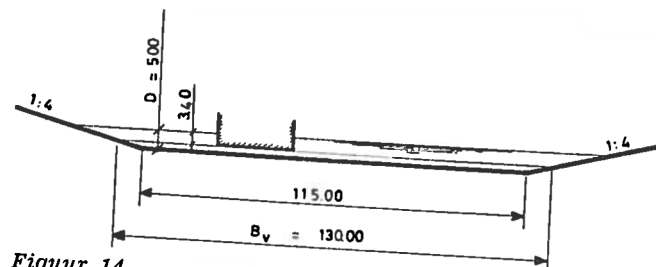
Voor de vaart op kanalen kan een dergelijk breed
convooi echter niet worden toegestaan, tevens zijn de
sluisbreedten op dergelijke formaties niet afgestemd.

Uit de proeven is gebleken, dat een redelijke be-
stuurbaarheid is te bereiken door één van de voorste
bakken van een convoi te belasten.

Dit was in de praktijk ook al reeds bekend.

Het onderzoek heeft zich beperkt tot het varen met
de convoien op kruissnelheid.

Bijzondere omstandigheden (stoppen, wegvaren van

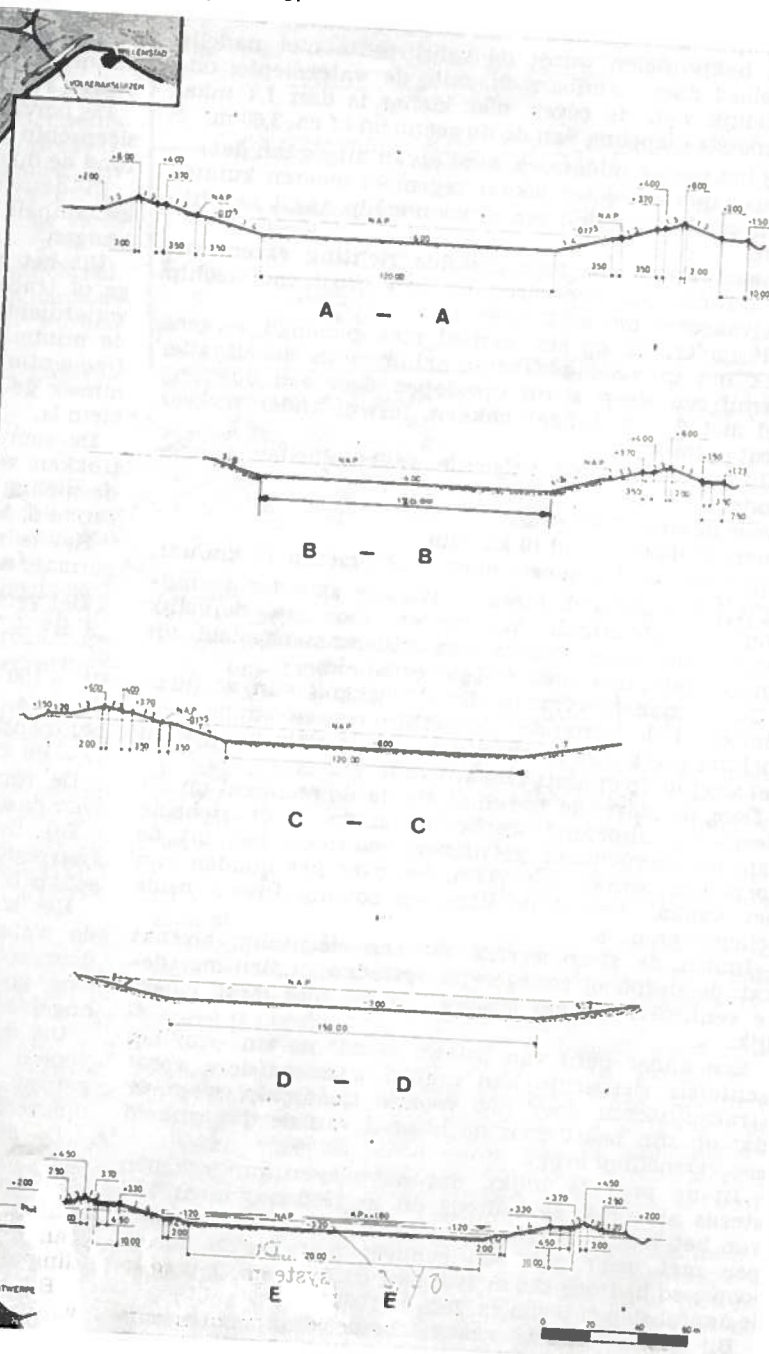


Figuur 14.

lager wal, invloed van opritten en kunstwerken) zul-
len nog nader dienen te worden onderzocht.

In het verdrag voor de Schelde-Rijnverbinding is
bepaald, dat de bochten in de vaarweg moeten worden
uitgevoerd met stralen van ten minste 3000 m. Uit de
proeven is gebleken, dat het gedrag van de duween-
heid vrijwel gelijk is in een dergelijke bocht als in de
rechtstand. Wel bleek de duweenheid iets verder uit
de gewenste koers te liggen dan in het rechte kanaal.

Het rapport beveelt daarom aan om, in bochten met



Figuur 15.

een straal $R = 3000$ m, de waarde $(1.1 B_v + 7 D)$ voor
het dwarsprofiel met 5 m te verhogen t.o.v. de maat in
de rechtstanden.

In het Amsterdam-Rijnkanaal bedraagt de straal
van de Demkabocht 1000 m, terwijl het uitzicht mini-
maal 600 m, bij een kanaalbreedte van slechts 95 m,
bedraagt.

In een dergelijke situatie bleek, dat het ontmoeten
van twee duwconvoien geen moeilijkheden oplevert.

Wanneer een motorschip een sleepschip inhaalt, kan
eveneens een duweenheid worden ontmoet.

Het oplopen van of door een duweenheid, juist voor
of in de bocht, bleek niet acceptabel.

Uit het resultaat van het bovenvermelde onderzoek
blijkt dat een driestrooms vaarweg, geschikt voor duw-
vaart en met taludhelling 1:4, ten minste het volgende
natte profiel moet hebben:

Zie figuur 14

$B_v = 160 - 6 D$

$= 160 - 30 = 130$ m

De bodembreedte B wordt dan $130 \text{ m} - 2 \times 4 \times 1,80 \text{ m}$
 $= 130 \text{ m} - 14,4 \text{ m} = \text{ca. } 115 \text{ m}$.

Volgens het verdrag voor de Schelde-Rijnverbinding
bedraagt de kanaaldiepte voor het bovenpand 5 m,
terwijl de bodembreedte in eerste aanleg 90 m zou be-
dragen.

De bodembreedte voor de vaargeul door de Ooster-
schelde zal, op een niveau van N.A.P. -7 m, 150 m be-
dragen.

De bodembreedte voor de vaargeul door de Een-
dracht zou in eerste aanleg slechts 54 m bedragen op
een niveau van N.A.P. -6 m en in tweede aanleg wor-
den vergroot tot 90 m.

De doorsnijding van Slaak- en Prins Hendrikpolder
zou tenslotte weer 90 m bedragen.

In verband met de bovenvermelde conclusies van
het onderzoek is aan België voorgesteld het dwarspro-
fiel voor de gehele Schelde-Rijnverbinding daaraan
aan te passen, hetgeen betekent dat de vaarweg over
de volle lengte, direct een bodembreedte van tenminste
120 m zal krijgen.

In de bochten met straal $R = 3.000$ m zal dan nog
een bodemverbreding van $20.000 - 20.000 = 7 \text{ m}$ wor-

$R \quad 3.000$

den aangebracht in de binnenbocht, overeenkomstig
het bepaalde in het tractaat. Zie figuur 15.

5. De situering van de kunstwerken

A. Het sluisencomplex nabij de Kreekrakdam

Het grootste en voornaamste kunstwerk, dat in het
kader van de werken voor de Schelde-Rijnverbinding
moet worden gebouwd, is de combinatie van het
schutsluisencomplex in de Kreekrakdam met de over-
bruggingen.

Het schutsluisencomplex moet volgens het verdrag
voor zoveel nodig worden uitgerust met voorzieningen
ter bestrijding van de verzilting van het toekomstige
Zeeuwse meer als gevolg van het schutbedrijf.

Voor de bestrijding van verzilting bij schutsluizen
zijn thans drie systemen bekend n.l.:

a. een systeem door middel van toepassing van lucht-
bellenschermen, waarmee o.a. proeven worden geno-
men bij de sluizen te IJmuiden en Kornwerderzand.

Het nuttig effect van luchtbellenschermen schijnt
ca. 30% te bedragen, zodat op deze wijze de zoutpene-
tratie met 1/3 is te verminderen;

b. een systeem, gebaseerd op de uitwisseling bij ge-
sloten deuren, zowel voor het beperken van het zout-
bezwaar als voor het terugwinnen van zoet water. Dit
systeem staat bekend als het systeem "quinkerken",
waar de sluis van Mardijk met dit systeem is uitgerust;

c. een systeem, gebaseerd op het direct afspuien van

de binnendringende zouttong ter bestrijding van het
zoutwaterbezwaar en op uitwisseling bij gesloten deu-
ren voor het terugwinnen van zoet water. Dit systeem
staat bekend als het systeem "Terneuzen", omdat het
is gebaseerd op de wijze van zoutbestrijding, die is toe-
gepast bij de zeelsluis te Terneuzen.

Het Zeeuwse meer wordt geacht in de toekomst zoet
water te bevatten, terwijl voor het brakke water in
het bovenpand van de vaarweg een dichtheidsverschil
wordt aangenomen, dat kan variëren tussen 3 kg/m^3
en 12 kg/m^3 water t.o.v. het Zeeuwse-meer. (Voor
zeewater bedraagt dit ca. 30 kg/m^3).

Het nuttig effect van luchtbellenschermen schijnt
een vermindering van ca. 30% van de chloride-ionen
concentratie op te leveren.

Dit zou dus voor de Kreekraksluizen betekenen, dat
per m^3 schutwater nog 70% van 3 a 12 kg zout of, bij
een kolkomzetting van ca. 72.000 m^3 , 160.000 a
670.000 kg zout het Zeeuwse meer binnendringt.

Dit systeem biedt derhalve geen voldoende oplossing.

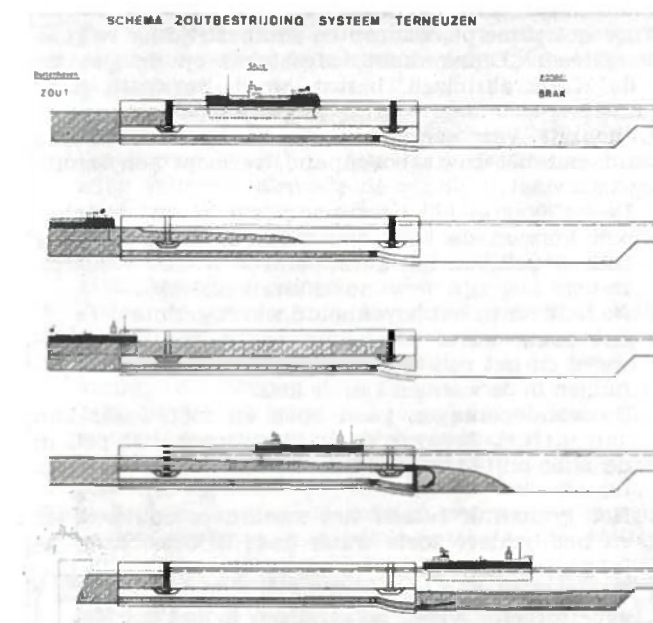
Bij de systemen, onder b en c genoemd, zijn voor
een vergelijkend onderzoek de volgende criteria van
belang:

- het zoutbezwaar;
- het zoetwaterverlies;
- de te verpompen hoeveelheid water;
- de benodigde tijd voor twee maal nivelleren en
uitwisselen, n.l. in de richting van het Zeeuwse
meer en omgekeerd;
- de bedrijfszekerheid van de systemen.

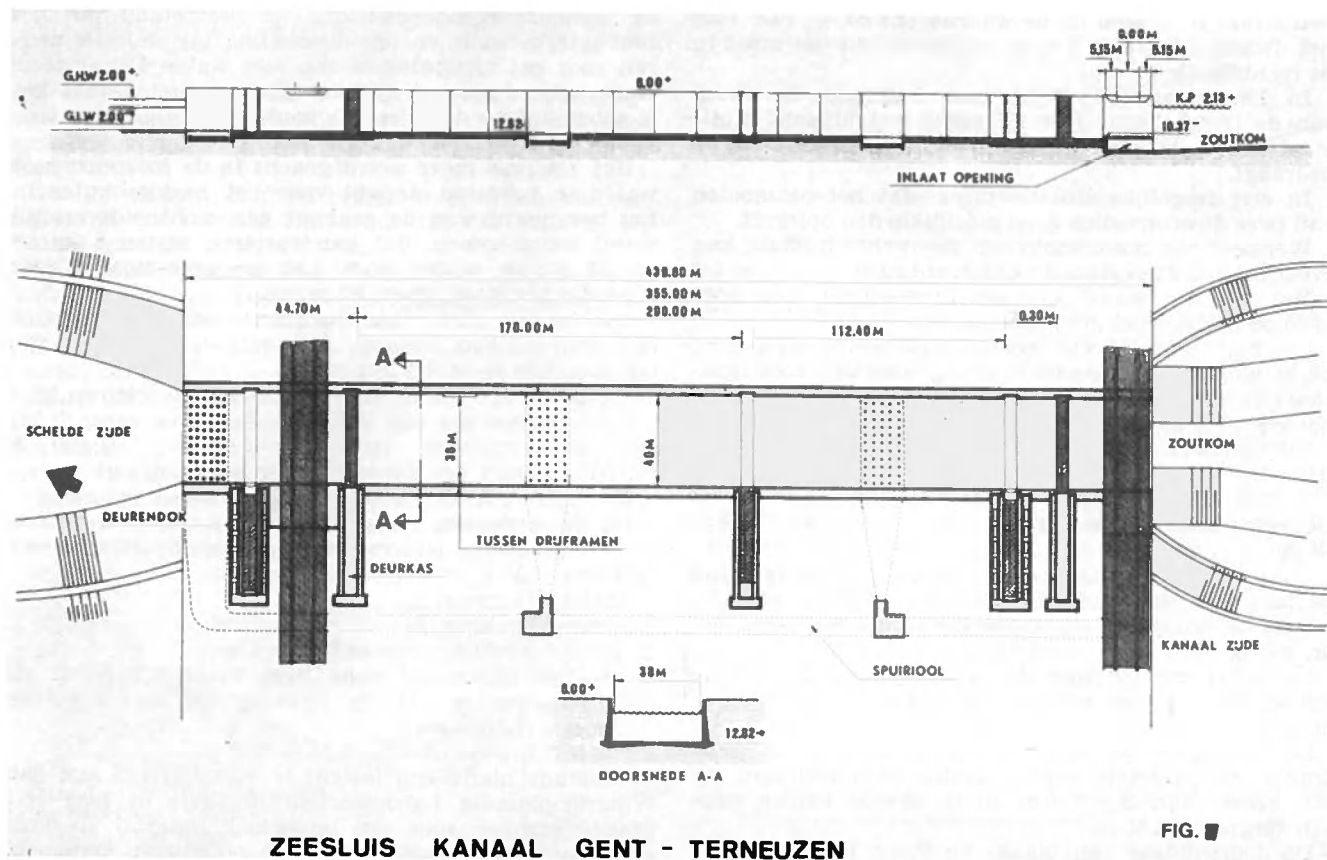
Teneinde hierin een inzicht te verkrijgen is aan het
Waterloopkundig Laboratorium te Delft in 1965 op-
dracht gegeven voor een onderzoek, waarbij als uit-
gangspunt werd gesteld dat de te vergelijken systemen
dienden te voldoen aan de voorwaarde, dat een mini-
maal zoutbezwaar op een achter het sluisencomplex in
het zoete pand (Zeeuwse meer) aangebracht opvang-
bekken wordt verkregen bij een zo klein mogelijk
zoetwaterverlies.

De beschikbare tijd voor nivelleren en voor, in ver-
band met de zoutbestrijding bij gesloten deuren vereis-
te handelingen, werd in overeenstemming met de be-
nodigde tijd voor het nivelleren bij de Volkeraksluizen
gesteld op 2x12 minuten per schutcyclus.

Bij het sluisencomplex nabij de Kreekrakdam heb-
ben we in de toekomst te maken met een zout boven-
pand met een K.P. van N.A.P. + 1,80 m en een zoet
Zeeuwse meer met een peil, schommelend rond N.A.P.



Figuur 16.



ZEESLUIS KANAAL GENT - TERNEUZEN

Figuur 17.

Het is dus niet mogelijk om door middel van de zwaartekracht zout water terug te spuien vanuit het Zeeuwse meer naar het bovenpand, zonder toepassing van kunstmatige ingrepen.

Bij het kanaal Terneuzen-Gent is de situatie veel gunstiger, omdat het kanaalpeil daar bedraagt N.A.P. + 2,13 m, terwijl de gemiddelde laagwaterstand op de Westerschelde bij Terneuzen N.A.P. -2,00 m is en de gemiddelde hoogwaterstand N.A.P. + 2,00 m, zodat hier gedurende het grootste gedeelte van het getij via natuurlijke weg kan worden gespuid.

De, over de bodem van de sluis, kolk binnentrekkende zoutong wordt in een verdiept gedeelte achter de sluis opgevangen en van daaruit teruggespuid naar de Westerschelde, zie de figuren 16 t/m 18.

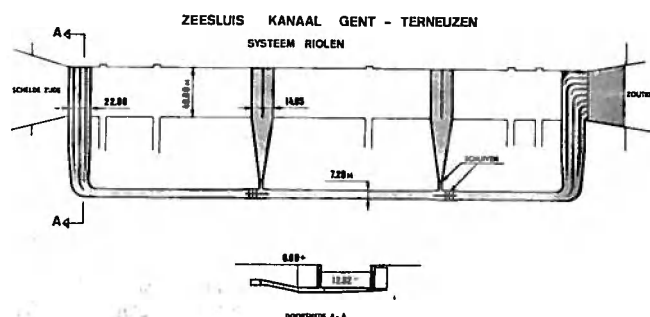
Voor het principe, waarop de zoutbestrijding volgens het systeem „Duinkerken”, afgestemd op de situatie bij de Kreekraksluizen, berust, wordt verwezen naar figuur 19.

Uitgaande van een schutkolk in open verbinding staand met het zoute bovenpand, verloopt een schutcyclus als volgt.

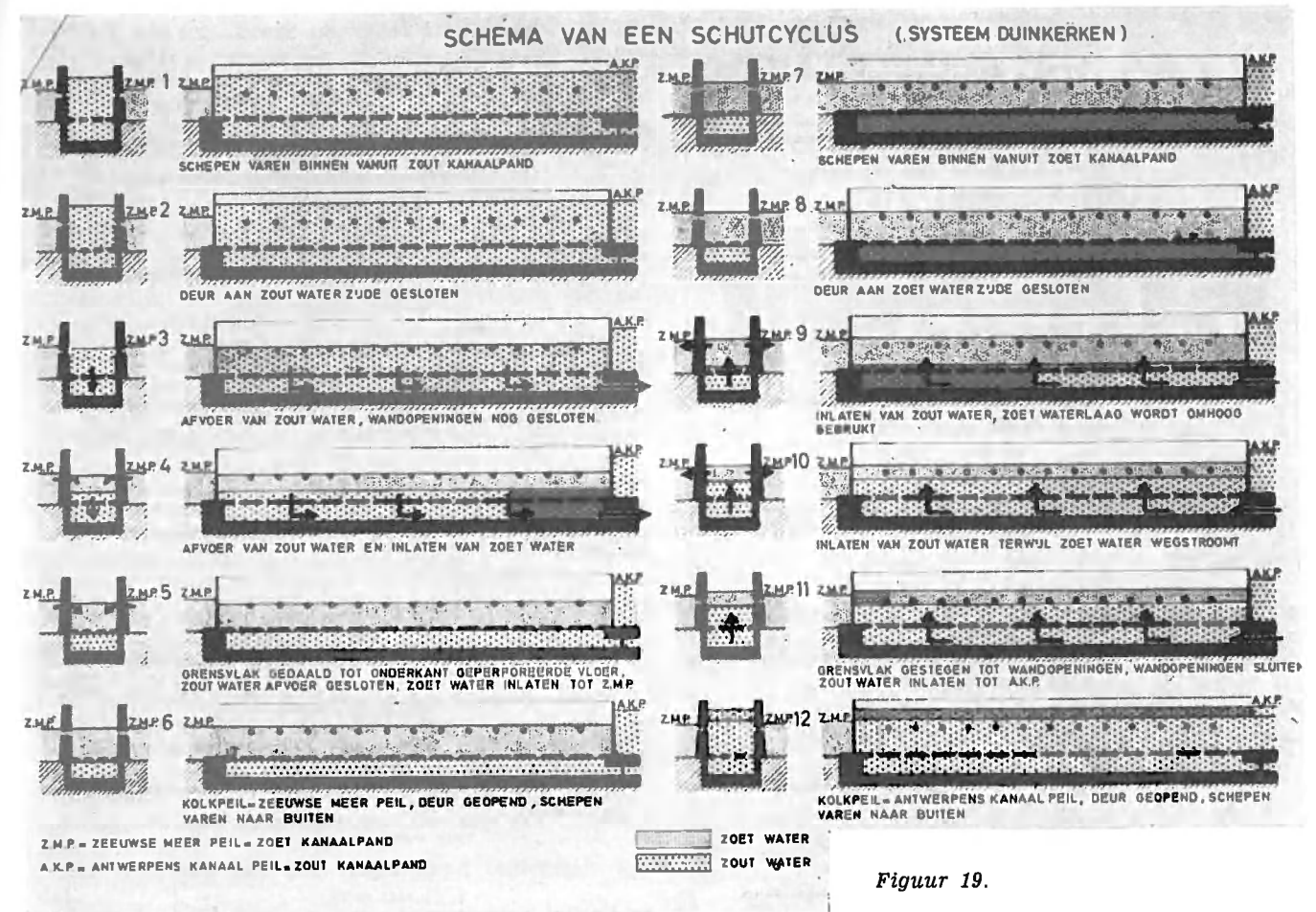
1. De hefdeur in het bovenpand is geheven, de schepen kunnen de kolk binnenvaren, het peil in de kolk = peil van het bovenpand = N.A.P. + 1,80 m. In deze fase zijn de wandschuiven gesloten;
2. De hefdeur in het bovenpand wordt gesloten.
3. Het zoute water wordt via het bodemriool afgevoerd en het peil in de kolk zakt tot onder de openingen in de wanden van de kolk.
4. De wandopeningen gaan open en zoet water kan dan uit het Zeeuwse meer toestromen, het peil in de kolk blijft iets onder het peil van het Zeeuwse meer.
Het grensvlak tussen het zwaardere zoute water en het lichtere zoete water gaat in deze fase omhoog.
5. Het grensvlak is gedaald tot de onderkant van de geperforeerde vloer, de schuiven in het afvoerriool voor zoutwater worden gesloten.

Het toevoeren van zoet water gaat door tot dat in de kolk het peil gelijk is geworden aan dat van het Zeeuwse meer.

6. Het kolkpeil = Zeeuwse meer peil.
7. De hefdeur van de Zeeuwse meer zijde kan worden geheven en de schepen kunnen de kolk verlaten.
Vervolgens kan het schutten in de richting van het havenpand (Antwerpen) aanvangen en varen de schepen de kolk binnen.
8. Nadat de kolk met schepen is gevuld wordt de hefdeur in het Zeeuwse meerhoofd gesloten.
9. De schuiven in het riool, dat in verbinding staat met het inlaatwerk naar het bovenpand, worden geheven, zodat via de bodemriolen en de geperforeerde vloer het zoute water onder de overdruk van het kanaalpeil binnenstroomt en het grensvlak tussen zout en zoet water omhoog drukt.
10. In deze fase komt het kolkpeil iets boven het peil van het Zeeuwse meer te staan. Het zoete water loopt via de nog steeds geopende wandschuiven terug naar het Zeeuwse meer.



Figuur 18.



Figuur 19.

11. Zodra het grensvlak is gestegen tot bijna aan de onderkant van de wandopeningen worden de schuiven in de wanden gesloten, zodat er geen zoutwater naar het Zeeuwse meer kan afvloeien. Het peil in de kolk wordt nu opgedrukt tot het peil van het bovenpand.
12. De schuiven in het inlaatwerk worden gesloten en gelijktijdig de hefdeur in het bovenpand geheven. De schepen kunnen de kolk in de richting van het bovenpand verlaten.

In de praktijk is het grensvlak niet scherp doch bestaat het uit een schijf mengwater.

Deze schijf moet dus eveneens worden teruggevoerd naar het bovenpand.

Zoals boven vermeld mogen de fasen 3 t/m 6 en 9 t/m 11 elk slechts 12 minuten in beslag nemen.

In deze 12 minuten moet dus de volledige kolkinhoud tussen het peil van het bovenpand (N.A.P. + 1,80 m) en de geperforeerde vloer (N.A.P. - 6,25 m) zijnde ca. 72.000 m³ worden afgevoerd naar het bovenpand, hetgeen per schutsluis een debiet betreft van 100 m³/sec.

Op deze afvoer moeten de afvoerriolen onder de bodem worden gedimensioneerd.

Door het opnemen van een bufferbekken in het terugpompcircuit wordt de te installeren pompcapaciteit kleiner bij een continu pompbedrijf en een continu afname van de vereiste energie.

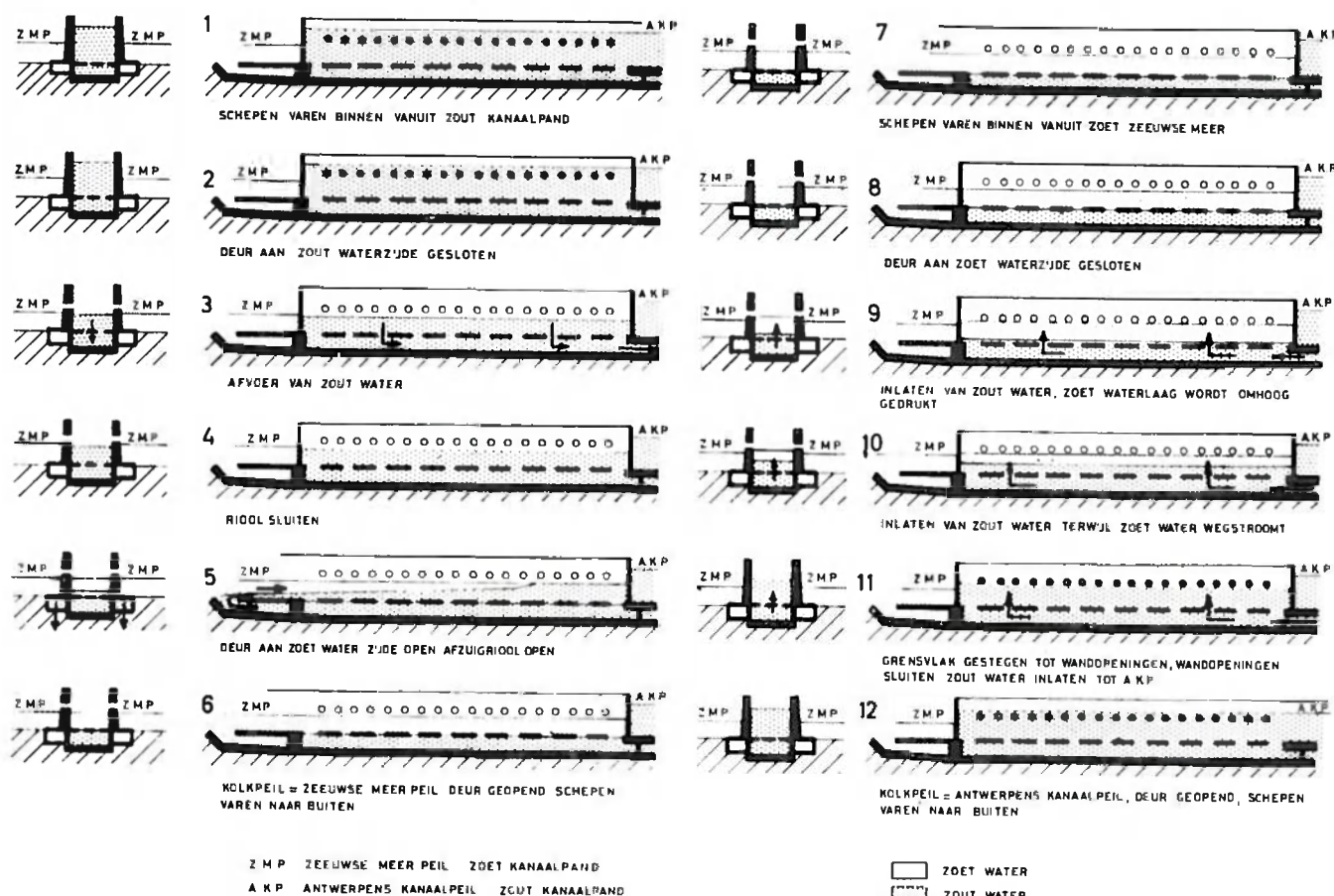
Tevens wordt het debiet, waarmee het water wordt teruggebracht op het bovenpand, veel kleiner en daardoor de hinder, aan de scheepvaart toegebracht, veel geringer en regelmatig, hetgeen met het oog op de navigatie een groot voordeel is.

Het bufferbekken zal een peilvariatie krijgen tussen N.A.P. -0,50 m en N.A.P. -2,80 m en een oppervlakte van ca. 40 ha.

Bij dit systeem zal kunnen worden volstaan met een capaciteit voor het gemaal van 50 à 60 m³/sec., te verdelen over 4 à 5 pompen.

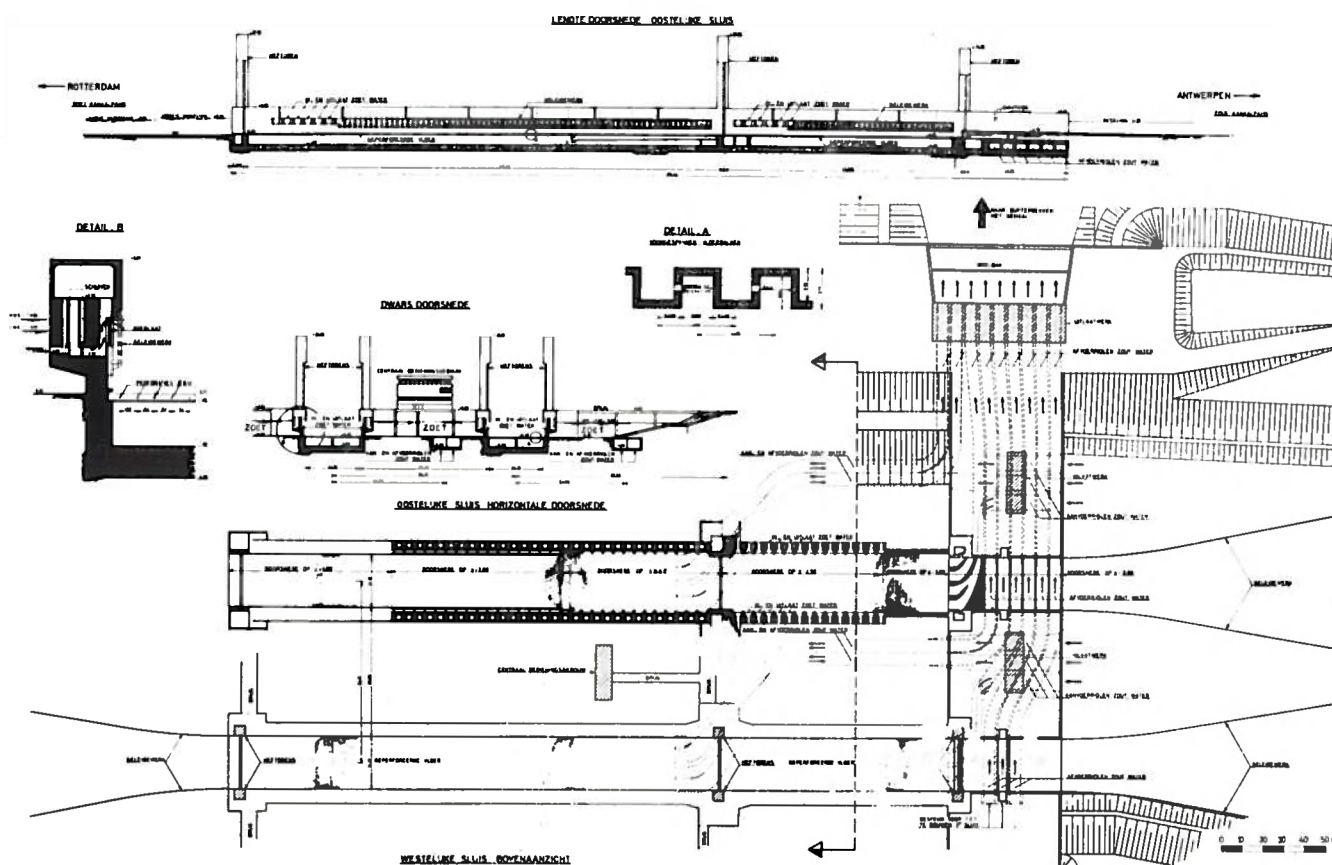
Bij toepassing van het systeem Terneuzen zal de schutcyclus als volgt verlopen, figuur 20.

1. De hefdeur in het bovenpand is geheven, de schepen varen de kolk binnen. In deze fase zijn de wandschuiven, die nu zijn aangebracht, juist onder het peil van het bovenpand (N.A.P. + 1,80 m) gesloten.
2. De hefdeur in het bovenpand wordt gesloten.
3. De schuiven in de bodemriolen worden geopend, zodat het peil in de schutkolk zakt tot het Zeeuwse meer peil.
4. Is het zeeuwse meer peil bereikt, dan worden de schuiven in de bodemriolen gesloten.
5. Vervolgens wordt de deur aan de Zeeuwse meer zijde geheven, alsmede de schuif in het afzuigkanaal aan de Zeeuwse meer zijde van het hoofd. De zoutwatertong trekt over de bodem van de kolk naar buiten en wordt, via de zuigmond van het afzuigkanaal, afgezogen.
6. Zodra de gehele kolk is gevuld met zoet water worden de schuiven in het afzuigkanaal gesloten en verlaten de schepen de kolk. In de periode 5 kunnen de schepen de kolk gaan verlaten. Het zal echter voor het mengvlak tussen het zoete en zoute water beter zijn eerst toestemming tot het verlaten van de kolk te geven nadat de kolk geheel zoet is geworden.
7. Nadat de schepen de kolk in noordelijke richting hebben verlaten, kan het schutten in de richting Antwerpen beginnen.
8. Zodra de kolk met schepen is gevuld, wordt de hefdeur in het Zeeuwse meerhoofd gesloten.
9. De schuiven in het riool, dat in verbinding staat



Figuur 20.

KREEKRAKSLUIZEN (SYSTEEM DUINKERKEN)



Figuur 21.

met het inlaatwerk naar het bovenhoofd, worden nu geheven, zodat via de bodemriolen en de geperforeerde bodem het zoute water onder de invloed van de overdruk van het peil van het bovenpand de kolk binnenstroomt en het grensvlak tussen zoet en zout water omhoog drukt. Tevens worden de wandschuiven geopend.

10. Het zoet water boven het grensvlak vloeit door de wandopeningen terug naar het Zeeuwse meer.
 11. Zodra het grensvlak is gestegen tot even onder de wandopeningen worden de wandschuiven gesloten en stijgt het peil in de kolk tot het peil van het bovenpand N.A.P. + 1,80 m.
 12. De hefdeur in het bovenhoofd kan worden geheven en de schepen kunnen de kolk in de richting Antwerpen verlaten.
- In deze fase worden de schuiven in de inlaatwerken gesloten. Ook bij dit systeem is een bufferbekken noodzakelijk.

Bij het systeem „Duinkerken”, waarbij ernaar wordt gestreefd zoveel mogelijk zout water uit de schutkolk te verwijderen, voordat de hefdeur aan de Zeeuwse meerzijde wordt geopend en zoveel mogelijk zoet water uit de schutkolk terug te voeren naar het Zeeuwse meer voordat de deuren aan de bovenpandzijde worden geopend, kan zowel het zoutbezwaar als het zoetwaterverlies in belangrijke mate worden beperkt.

Bij het systeem Terneuzen wordt er naar gestreefd al het zoute water, dat bij geheven deur aan de Zeeuwse meer zijde als een over de bodem voortkruipende zouttong, het Zeeuwse meer binnendringt, te verwijderen, terwijl het zoetwaterverlies op overeenkomstige wijze wordt beperkt als bij het systeem Duinkerken.

Het resultaat van het vergelijkend onderzoek was dat:

- a. voor de benadering van de volledige opheffing van het zoutbezwaar bij het systeem „Duinkerken”, bij gelijke bedrijfszekerheid, een kleinere hoeveelheid zoet water is vereist dan bij het systeem „Terneuzen”;
- b. de totale hoeveelheid te verpompen water bij toepassing van het systeem „Duinkerken” kleiner is dan bij het systeem „Terneuzen”;
- c. bij het systeem „Terneuzen”, tengevolge van het in- en uitvaren van de schepen, een sterke menging van zoet en zout water zal ontstaan, zodat de mogelijkheid van terugwinnen van zoet water hier zeer beperkt is.
- d. in verband met het, onder punt 7 voor het systeem „Terneuzen” gestelde bij invoering van een wachttijd vóór het invaren de totaal benodigde schut-tijd bij het systeem „Terneuzen” langer zal zijn dan bij het systeem „Duinkerken”.

Uit het bovenstaande blijkt, dat het schutsluizen-complex een ingewikkeld project is dat mede als gevolg van de noodzakelijkheid van het bufferbekken veel ruimte opeist, figuur 21.

Wordt vervolgd in het april-nummer.

Vacature-advertenties

in de sector weg- en waterbouw
komen in

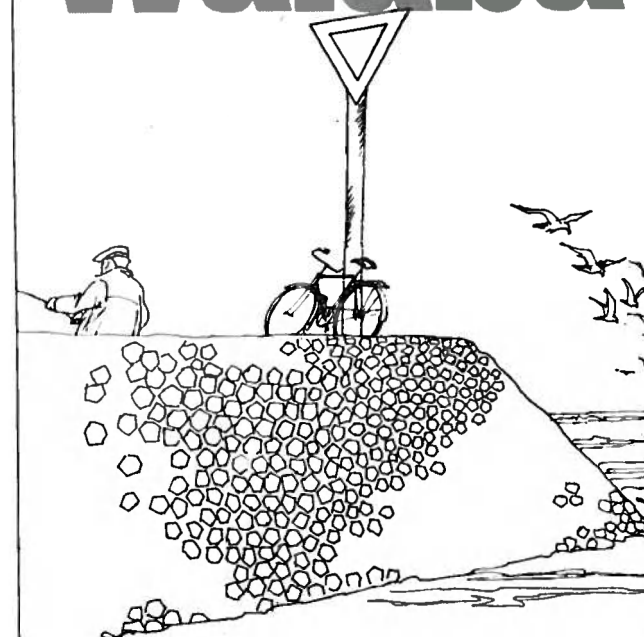
OTAR (2500 ex.)

onder ogen van nagenoeg iedereen,
die op dit gebied werkzaam is.

POSTBUS 23 IDEN
TEL. 01710 - 23024

HOUT EN WATER

walaba



We leverden Walaba voor het Watersportcentrum Delta Marina in Kortgene. Omdat het erg sterk is. Zich makkelijk aanpast aan elke vochtigheidsgraad. Niet rot. Kortom omdat het tientallen jaren meegaat. Zonder vervorming of slijtage. Om al die redenen leveren we Walaba ook voor radar-bekanking. Want kleine projecten krijgen bij Fynhout nu eenmaal vanouds evenveel aandacht en service als de hele grote. Wie het kleine niet eert...



FYNHOUT



Fynhout Zagerij N.V. Afd. Waterbouw,
Nieuwe Hemweg 1-6, Postbus 1119, Amsterdam.
Tel. 020-62781, telex 12093.