

DE ZEESLUIS TE KALLO

door

Ir. A. DE JONGHE

wd. Inspecteur-Generaal van Bruggen en Wegen

I. INLEIDING

Sedert enkele jaren zijn op de Linkerscheldeoever, stroomafwaarts van Antwerpen, werken in uitvoering voor de bouw van een nieuwe haven- en industriezone (fig. 1).

Het is genoegzaam bekend dat deze havenuitbreiding noodzakelijk is om tegemoet te komen aan het

nijpend gebrek aan industrieterreinen in de haven op de rechteroever. De algemene inrichting van de zone is reeds in voorgaande publikaties (1) in detail behandeld. Op deze aspecten wordt in deze bijdrage niet verder ingegaan.

De hoofdtoegang vanuit de Schelde is op Nederlands grondgebied gepland: hij bestaat uit een zeesluis te bouwen nabij Baalhoek en een kanaal tussen deze zeesluis en het nieuwe havengebied, beiden opgevat voor de grootste zeeschepen (125.000 - 150.000 tdw) die men er op langere termijn wil ontvangen. Over dit Baalhoekproject wordt momenteel met Nederland onderhandeld.

Op Belgisch grondgebied, ten rechte van de bocht ten noorden van fort St. Marie, is een tweede zeesluis voorzien. Oorspronkelijk bedoeld als binnenvaart- en kustvaartsluis, heeft zij naderhand de afmetingen van een zeesluis gekregen. Haar totale capaciteit wordt er niet alleen door opgedreven, maar tegelijk vormt zij voor de zeescheepvaart een tweede toegang tot het linkeroevergebied en een korte verbinding tussen rechter- en linkeroever. Door daarenboven de bouw ervan met voorrang aan te vatten is een versnelde ontsluiting van de linkeroever mogelijk.

De betonwerken van deze zeesluis te Kallo zijn op dit ogenblik praktisch voltooid, zodat het ons thans mogelijk is in dit artikel niet alleen het ontwerp maar ook de uitvoering grondig te beschrijven. De metalen gedeelten (deuren, schuiven), evenals de beweegbare metalen bruggen, de elektromechanische uitrusting en

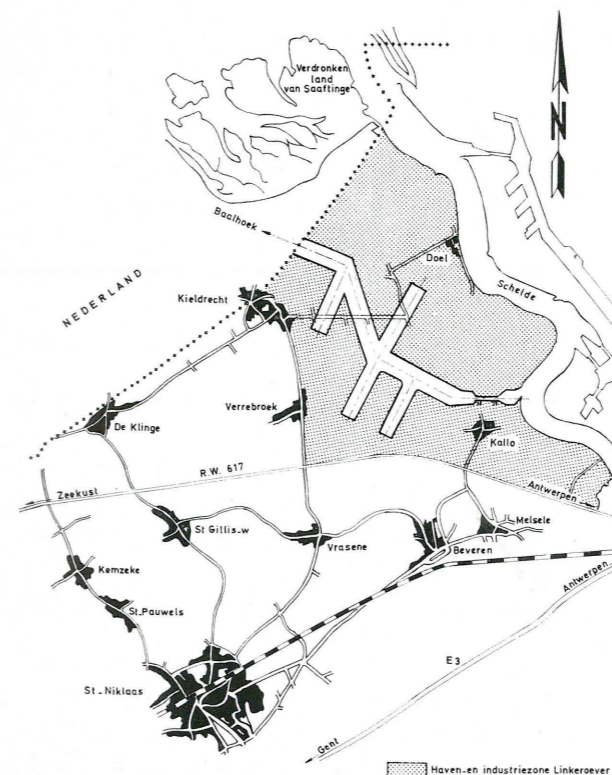


Fig. 1. — Situatie van het linkeroevergebied.

(1) Zie o.m.: « Het Ingenieursblad » — nr. 1-2 van 16 januari 1974: « De infrastructuurwerken op Belgisch grondgebied voor de uitbreiding van de Haven van Antwerpen op de Linkerscheldeoever ».

de dienstgebouwen krijgen enkel een beknopte vermelding.

II. ONTWERP

A. Inplanting (fig. 2)

a) plaats van aansluiting op de rivier:

Teneinde op de Schelde zelf de binnenscheepvaart, die doorheen deze sluis komt van of gaat naar de linkeroever, zoveel mogelijk buiten de vaarweg te houden van de zeeschepen met de rechteroever als bestemming, diende de toegang in eerste instantie stroomopwaarts van de Van Cauwelaertsluis gelegen te zijn. Op dit gedeelte van de rivier kwam hiervoor alleen in aanmerking de holle bocht ten noorden van fort St. Marie, waar de ebvaargeul behoorlijk dicht onder de oever loopt.

Deze ligging biedt daarenboven nog volgende voordelen:

- 1) het nieuwe havengebied komt te liggen tussen twee sluizen, één aan elk uiteinde, wat bevorderlijk is voor het verwezenlijken van de doorspoeling der dokken.
- 2) zij ligt op 6,5 km van de op de rechteroever te bouwen Boerinnesluis, ontworpen voor binnenvaart

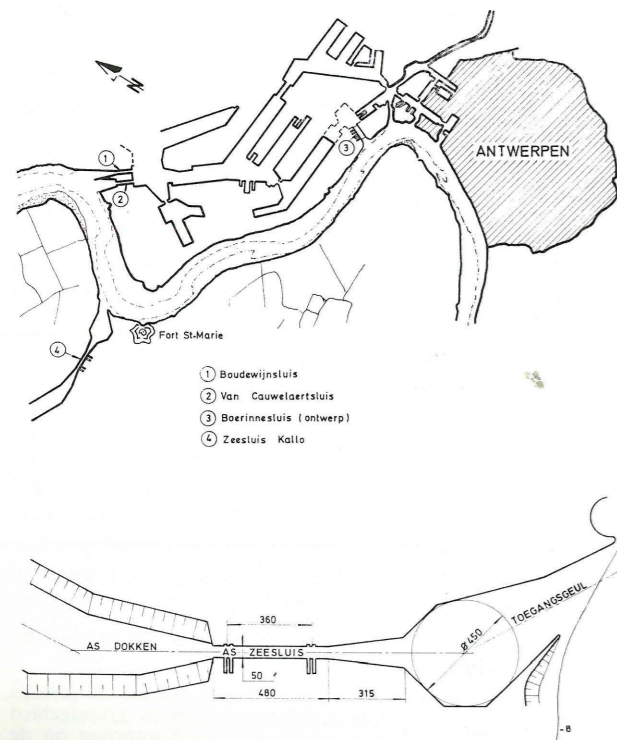


Fig. 2. — Inplanting van de sluis.

en kustvaart; voor de verbinding tussen de beide oevers hoeft de binnenscheepvaart de stroom slechts over deze kleine lengte te bevaren.

De mogelijkheden voor de zeescheepvaart, verbonden aan de ligging op deze plaats, zijn functie van de mogelijkheden die de Schelde biedt tussen de Zandvlietsluis en de Rede te Antwerpen. Deze kunnen zich evenwel grondig wijzigen tijdens de lange periode waarvoor dergelijk kunstwerk gebouwd wordt:

- 1) in de huidige omstandigheden is de sluis bereikbaar voor schepen van 32.000 tdw, en zelfs voor schepen tot 70.000 tdw waarvan de diepgang tot 34' verminderd is.
- 2) de mogelijkheden van de Schelde opwaarts Zandvliet zullen nog vergroot worden in de toekomst door het gedeeltelijk wegbaggeren der platen en het verbreden en verdiepen der vaargeulen, zodat het verantwoord was de afmetingen van de sluis te bepalen voor een maatgevend schip van 250 m × 40 m × 14,50 m, hetzij méér dan 80.000 tdw.

b) eigenlijke inplanting.

- 1) De afstand tussen de sluis en de as van de vaargeul op de stroom bedraagt 1.100 m en is functie van de lengte en de vorm van de toegangseul, die door modelproeven werd bepaald. Deze diende aan volgende vaak onderling tegenstrijdige nautische en hydraulische vereisten te voldoen:

— voor de grote zeeschepen moeten de beste omstandigheden worden geschapen om met sleepbootassistentie de toegangseul in en uit te varen, hetgeen betekent dat de breedte aan de monding zo ruim mogelijk en de hoek tussen de invaarrichting en de as van het vaarwater op de rivier zo klein mogelijk moeten zijn.

— een zwaairom met 450 m diameter moet de zeeschepen met de assisterende sleepboten toelaten in de toegangseul zwaaimanoeuvres uit te voeren.

— daarenboven moet nog ruimte beschikbaar zijn voor een wachtplaats voor de zich aanbiedende schepen.

— de toegangseul sluit aan op de sluis met een smalle geleidelijk vernauwende invaargeul, die de invarende schepen geleidt.

— de breedte en de vorm aan de monding moeten zo bepaald worden dat zij de materiaalafzettingen in de toegangseul in de mate van het mogelijke tot het minimum beperken.

— de onderbreking in de linkeroever mag geen ongunstige weerslag hebben op het behoud van het vaarwater in de rivier ter hoogte van de toegangseul.

- 2) Aan de dokzijde sluit de sluis aan met het kanaaldok, dat in noordwestelijke richting verloopt. De as van de sluis werd in oost-west richting aangelegd zodat zij samen met de toegangseul de vloeiende richtingsverandering vormt tussen de richting van de vaarweg op de rivier en deze in het kanaaldok.

B. Afmetingen - Algemene vormgeving

Nuttige lengte tussen de buitenste deuren: 360 m
Breedte van de kolk: — tussen muren: 50 m
— nuttige breedte: 48 m
Algemeen vloerpeil: (− 12,50) (1)

Deze afmetingen zijn in overeenstemming met het hoger aangegeven maatgevend schip. Bij gemiddeld getij schommelt het waterpeil in de Schelde ter hoogte van de Kallosluis tussen (+ 5.17) en (+ 0.31), zodat de diepteligging van de drempel bij half-tij nog toelaat een schip van 70.000 tdw. te schutten.

Het waterpeil in de dokken is op (+ 3.50) vastgesteld.

Voor het ontwerp en de berekeningen werd ervan uitgegaan dat het waterpeil in de Schelde kan schommelen tussen de uiterste waarden van (+ 8.00) en (− 1.00) (2). Het grootste verval bedraagt dan in beide gevallen 4,50 m.

Om met voldoende zekerheid de hoogste stormvloed te kunnen keren reikt het sluishoofd kant Schelde tot op (+ 11.00), evenals de kruin van de muren van de toegangseul, die aansluiten op de Scheludedijken die eveneens op dit peil zullen gebracht worden. Bij dit extreem geval zal niet meer geschut worden, zodat de kruin van de kolkmuur op (+ 8.00) behouden wordt. Om de konstrukties, kolkmuuren en deuren, niet overmate te belasten zal in deze toestand een zulkdanig waterpeil in de kolk worden gehandhaafd, dat de vervallen aan beide hoofden ongeveer dezelfde waarden hebben.

Ter vergelijking volgen hierna de afmetingen van de zeesluizen die na de eerste wereldoorlog in de haven van Antwerpen gebouwd werden:

- a) De Van Cauwelaertsluis, gebouwd van 1919 tot 1928, is 270 m lang, 35 m breed en de drempel ligt op (− 10.00).

(1) Alle in deze bijdrage voorkomende peilen zijn aangegeven ten opzichte van het vergelijkingsvlak N.K.D. (nul Krijgsdepot).

(2) Volgens de waarnemingen gedaan na 1901 deden zich ter hoogte van fort St. Marie volgende uiterste waterstanden voor:

(− 1.15) op 31/1/'56
(+ 7.99) op 1/2/'53

- b) Voor de Boudewijnsluis, gebouwd van 1951 tot 1955, zijn deze waarden respectievelijk 360 m, 45 m en (− 10.50).
- c) Voor de Zandvlietsluis, gebouwd van 1961 tot 1967, zijn zij respectievelijk 500 m, 57 m en (− 13,50).

De kolkafmetingen en de drempeldiepte zijn derhalve gelegen tussen deze van de Boudewijnsluis en deze van de Zandvlietsluis, waarvan de gedragingen tot nog toe volledige voldoening geven.

Anderzijds is er eveneens een overeenstemming met deze sluizen wat de uitvoeringwijze betreft: de Kallosluis kon eveneens gebouwd worden in een droog gehouden bouwput, los van de rivier. Het lag dus voor de hand een sluis van hetzelfde type te bouwen.

C. Grondmechanische studie

De algemene structuur van de ondergrond in het linkeroevergebied was reeds gekend uit vroeger verrichte grondmechanische en geologische onderzoeken. Men vindt er gewoonlijk opeenvolgend het alluviale dek (polderafzettingen), daaronder een veenlaag, vervolgens dekzanden rustend op mariene, schelpenrijke zanden. Het nog dieper gelegen substraat bestaat uit Rupeliaan, voornamelijk vertegenwoordigd door de zgn. Boomse klei; deze formatie helt af in noord-oostelijke richting.

Daarnaast komen er talrijke oude, al dan niet of gedeeltelijk opgevlude krekken of inbraakgeulen voor, waarin men het hoger beschreven patroon niet terugvindt daar zij slappe en onweerstandbiedende gronden bevatten tot op grote diepte. Uit opzoeken van diverse aard bleken dergelijke geulen niet aanwezig te zijn over de uitgestrektheid van de sluis.

Er werden acht diepsonderingen uitgevoerd; in de onmiddellijke nabijheid van elke sondering werd een boring uitgevoerd. De fig. 3 geeft een diepsondering en een boring die representatief zijn voor het gemiddelde der gevonden resultaten.

De samenstelling der lagen was zodoende met genoeg zekerheid gekend. De van de uitgravingen voor de bouwput vrijkomende grond werd aan de hand hiervan ingedeeld in goede zandspecie die voor heraanvulling achter de sluiswanden en onder de infrastructuurwerken op het sluisplateau bruikbaar was, en andere waarmee aanvullingen tussen en achter de wegen konden uitgevoerd worden.

De bovenkant van de Boomse klei werd aangetroffen op peilen variërend van (− 22,50) tot (− 26.15). De

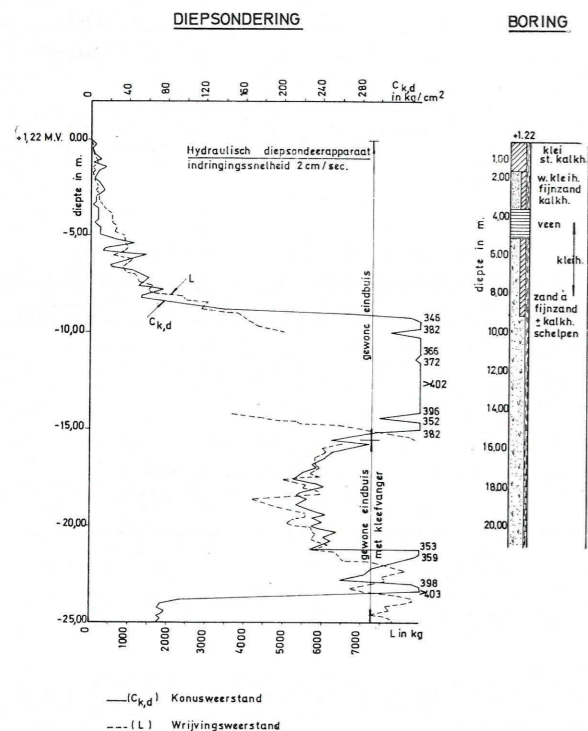


Fig. 3. — Type-boring en -sondering.

diepste uitgravingen reiken tot (–17.00) voor de sluis, plaatselijk tot (–18.00) voor de leidingentunnel en zelfs tot (–19.50) voor de inlaat van de afvoerdijker.

De bronbemaling voor het drooghouden van de bouwput zou dus tot op de klei moeten doorgevoerd worden, gelet op de breedte van de bouwput en de hieruit voortvloeiende afstand tussen de rijen diepwelfilters.

De aanwezigheid van de zeer harde zandlaag waarin beschoeiingsdamwanden moeten geheid worden liet veronderstellen dat dit niet zonder moeilijkheden zou kunnen geschieden, zodat men eventueel zijn toevlucht zou dienen te nemen tot voorspuiten. Dit kan niet zonder bezwaar gebeuren omdat door de grote waterdrukken de korrelreacties en dus de wrijvingsweerstand opgeheven worden, waardoor korrels door het uitstromende water kunnen meegesleurd worden. Ten gevolge hiervan wordt de pakkingsdichtheid van de omringende grond geringer. De debieten waarmee wordt voortgespoten dienen hierom beperkt te worden. Aldus werd berekend dat voor korreldiameters van 0,062 mm resp. 0,140 mm het injectiedebiet per damplank moest beperkt worden tot 36 l/min resp. 183 l/min. Daarnaast is er nog het feit dat in een stijgende waterstroom de bezinkingssnelheid kleiner is en de resterende pakkingsdichtheid eveneens kleiner zal zijn. Om dit zoveel mogelijk te vermijden is het

aangewezen dat het overtollige water zo snel mogelijk kan ontwijken nadat het voorspuiten op een bepaalde plaats ophoudt. Met een doorlatendheidscoëfficiënt groter dan 10^{-2} cm/sec. (duinzand bv.) zal het overtollige water wel spoedig ontwijken. Bij het zeer weerstandbiedende zand is deze coëfficiënt gelegen tussen $1,1$ à $1,5 \cdot 10^{-3}$ cm/sec. zodat een snel ontwijken hier dient in de hand gewerkt door bronbemaling naast de in te heien damwand.

Naast deze waardevolle gegevens voor de uitvoering werden uit de karakteristieken van de ondergrond ook de nodige elementen voor de berekening der muren en het nazicht van de algemene stabiliteit geput.

De inwendige wrijvingshoeken van het aanvullingszand overtroffen altijd de waarde van 30° waarmee de berekeningen werden uitgevoerd.

Het evenwichtsdragvermogen onder de kolk muren werd nagegaan. Gelet op de aanwezigheid van de klei in het slechtste geval op (–15.50) – (–22.60) = 7,10 m onder de aanzet speelt zij hierin ook een rol. Naargelang de gevolgde werkwijze voor het bepalen van de veiligheidscoëfficiënt ten overstaan van het grensdragvermogen werden waarden gevonden van 2.21 en 1.83. Hiervoor wordt gewoonlijk een minimumwaarde van 2 vereist. Daar de ingevoerde belastingen en de dikte van de zandlaag onder het aanzetpeil aan de nadelige kant zijn, kunnen de gevonden waarden aanvaard worden.

Tenslotte werden de te verwachten zettingen van de kolk muren becijferd. Vertrekkende van de huidige belasting van de Boomse klei vindt men waarden die over de breedte variëren van 4,46 cm tot 3,59 cm. Indien men aanneemt dat zij geconsolideerd is onder merkkelijk hogere spanningen dan deze die met de huidige terreinbelasting overeenstemmen (volgens de geologen zou deze kleilaag eertijds zijn belast geweest met een ongeveer 40 m dikke zandlaag) worden deze waarden gereduceerd tot 2,56 cm resp. 0,77 cm.

D. Beschrijving van het ontwerp

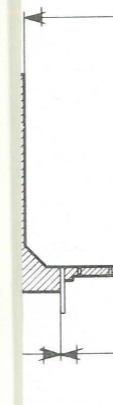
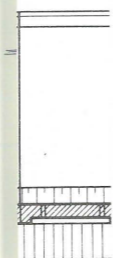
a) De sluis (fig. 4 plaat).

De sluis heeft twee hoofden waartussen de schutkolk ligt. De hoofden zijn onafhankelijke constructies waarin de waterkering, de deurenkamers en het vullings- en ledigingssysteem van de sluis zijn ondergebracht. De deuren rollen in zijdelingse deurenkamers die kunnen drooggelegd worden voor het dokken der deuren.

De kolk muren aan weerszijden van de kolk staan los van elkaar. Ze zijn van het type L-muur met achteraan gelegen zool.

KAL

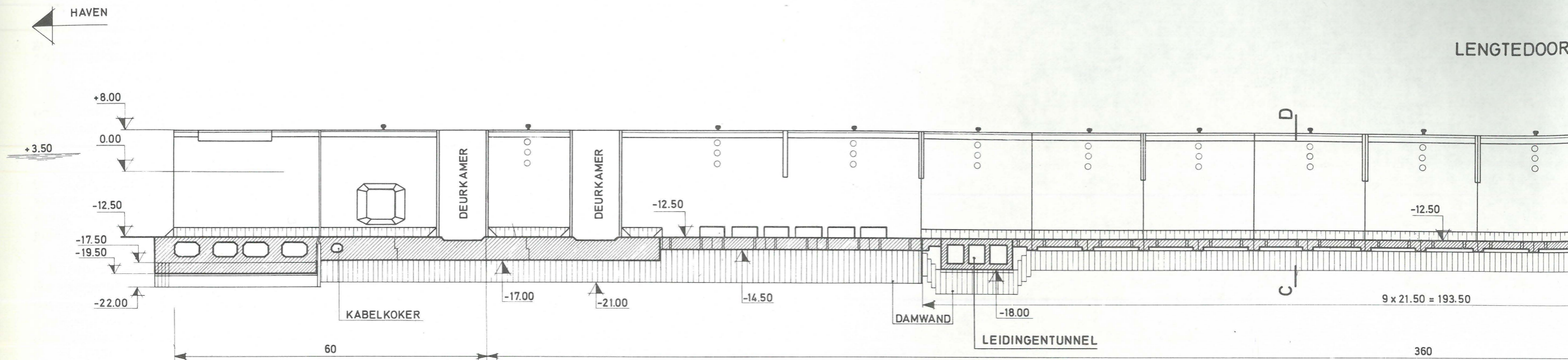
NEDE



uis.

ZEESLUIS

LENGTEDOOR



DOORSNEDE A B

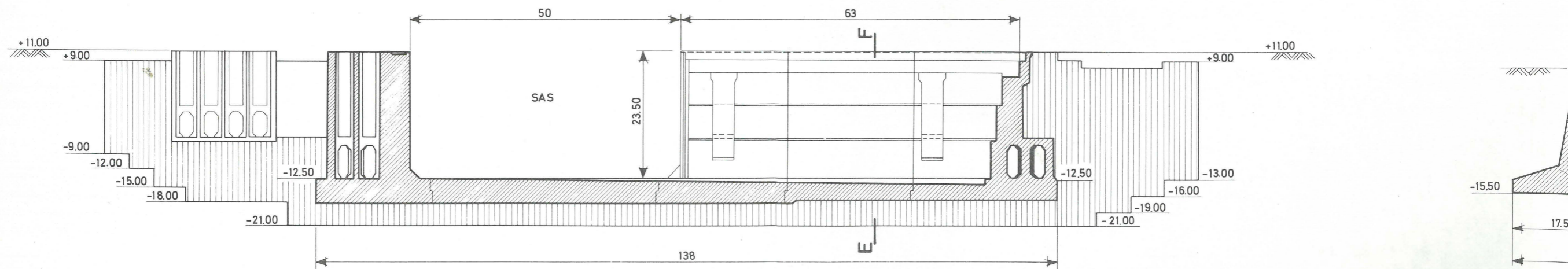
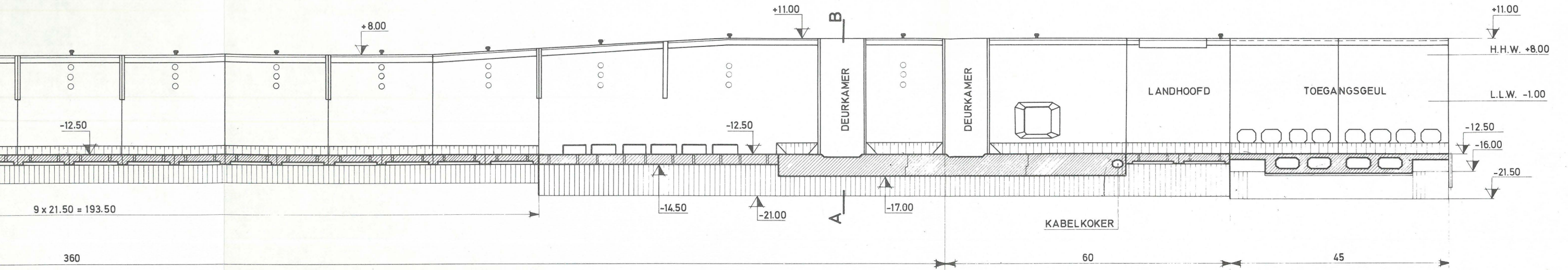


Fig. 4. Algemeen plan van de

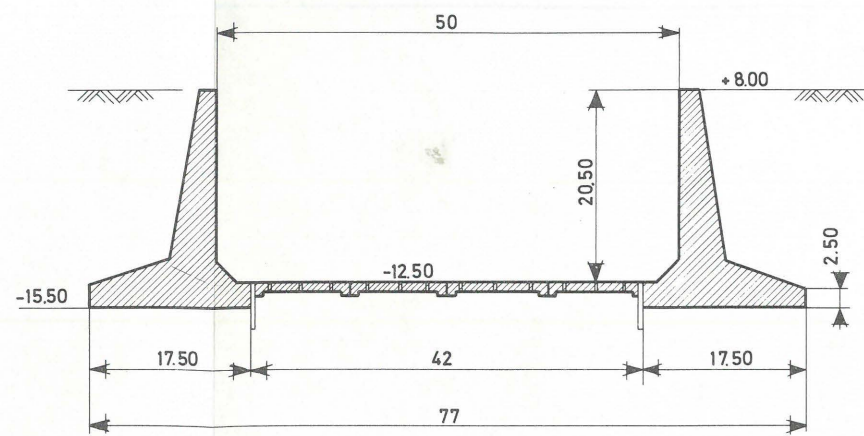
ZEESLUIS KALLO

SCHTELDE 

LENGTEDOORSNEDE



DOORSNEDE C D



DOORSNEDE E F

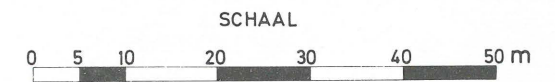
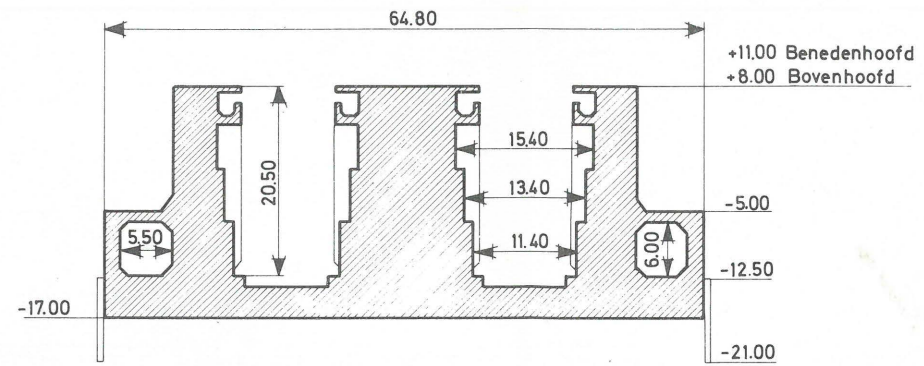


Fig. 4. Algemeen plan van de sluis.

De tussen de kolkmuuren gelegen vloer heeft geen dragende functie; hij beschermt enkel de bodem van de sluis en bestaat uit afzonderlijke betonplaten.

1. Funderingen.

De funderingen der hoofden reiken tot (- 17,00). Op dit peil wordt weinig kalkhoudend fijnzand aangetroffen met een conusweerstand die méér dan 250 kg/cm² bedraagt.

De funderingen der hoofden zijn omringd door een ondergronds scherm in metalen damplanken welke reiken tot (- 21,00).

De aanzet van de kolkmuuren geschiedt op het peil (- 15,50) in dezelfde weerstandbiedende laag. Ze zijn vooraan beschermd door een korte beschoeiingsdamwand, die eveneens medewerkt ten aanzien van het glijdingsevenwicht.

Bij de uitvoering is gebleken dat het voorspuiten der damplanken overbodig was, te wijten aan het feit dat de planken kort zijn in verhouding tot de relatief grote stijfheid van de profielen. Aan het staal der damplanken is 0,35 à 0,45% koper toegevoegd.

2. Deurkamers.

In elk hoofd is in twee roldeuren voorzien, waarvan telkens één als reserve. De deuren rollen dwars op de sluisen in zijdelingse deurkamers. Deze deurkamers zijn 63 m lang. Hun breedte is 9,50 m ter plaatse van de slagstijlen van de deuren. In de eigenlijke kamer vergroot de breedte trapsgewijze van 11,40 m op de vloer tot 15,40 m aan de bovenkant.

De bovenste rolbanen van de 4 deuren bestaan elk uit twee rails Burbach nr. 5, bevestigd op consoles in beton.

De aanslagstijlen van de deuren zijn van graniet. Voor het onderhoud van de deuren en voor het vervangen van de onderste rolwagens moeten de deurkamers kunnen drooggelegd worden. Dit gebeurt door middel van een metalen afsluitcaisson die in verticale stand over de opening van de droog te leggen deurkamer wordt geplaatst, nadat de deur in de kamer door uitpompen van waterballast uit de luchtkist in drijvende toestand is gebracht. Vier konzoles zijn voorzien van opleggingen waarop de deur komt steunen bij dalen van de waterstand in de deurkamer.

Met krachtige, verplaatsbare dompelpompen die in de deurkamer, worden opgesteld, wordt hierin een plotse verlaging van de waterstand verwezenlijkt,

waardoor de afsluitcaisson wordt aangedrukt en de deurkamer verder kan worden leeggepompt.

Het systeem met verplaatsbare pompen is essentieel verschillend met dit van de Zandvlietsluis. Daar is in de massieve middenpijler tussen de twee deurkamers een pompput uitgespaard, waarin vaste pompen zijn opgesteld, met daarboven een pompgebouw.

De ontwikkeling in de bouw van de pompen heeft de hier toegepaste methode mogelijk gemaakt: zij veroorlooft een besparing van ca. 50% op de totale beschikbaar te stellen pompkapaciteit.

3. Vloeren in de hoofden.

De vloeren in de hoofden zijn met doorgaande voegen gescheiden van de muren. Een dergelijke voegkonstruktie is getekend op fig. 5. De onderste rolbanen van de 4 deuren bestaan elk uit twee rails Burbach nr. 5, die op 7,40 m tussenafstand in de vloer zijn bevestigd door middel van stalen profielen.

Voor het onderhoud van de onderste rolbanen was voorzien dat een lage metalen drooglegkuip zou gebouwd worden, die kan aansluiten met de hoger vermelde afsluitcaisson en met een speciale aanslagdrem-

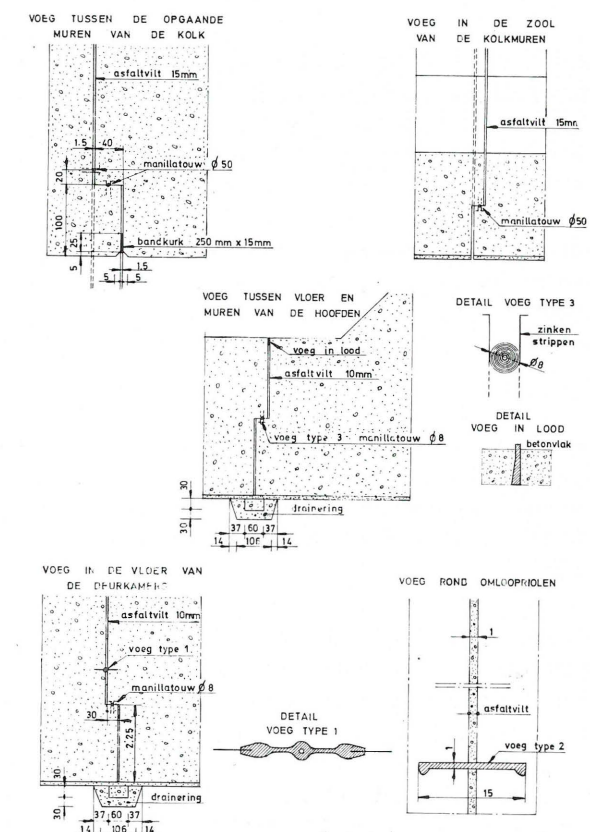


Fig. 5. — Details van de voegen.

pel aan weerszijden van de rails: dit maakt het mogelijk in de drooglegkuip te werken zonder tussenkomst van druklucht, terwijl wegens de beperkte hoogte van deze drooglegkuip de sluis verder in bedrijf kan gehouden worden. In laatste instantie werd afgezien van de bouw van deze dure drooglegkuip. Herstellingen aan de rails of zelfs eenvoudige herstellingen aan de deuren gebeuren thans onder water met aanwending van geperfectioneerde middelen.

In elk hoofd kunnen alleen beide deurkamers en wegens de voorziene drooglegkuip in principe ook de vloerstroken, die onder de rolbanen van de deuren gelegen zijn, drooggelegd worden. Zij zijn berekend om aan deze opwaartse waterdruk te weerstaan. De maximale dikte van de gewapend betonvloer is 4,50 m. Voor de riooluitlaten is de vloer slechts 2 m dik. Om onderdruk te vermijden is in ronde verticale openingen voorzien die gevuld zijn met draineermateriaal.

In de vloer van elk landhoofd is een kabelkoker uitgespaard van 2,40 m × 2,20 m ten behoeve van de kabels van de elektromechanische uitrusting en van de signalizatie. Deze kabelkokers zijn met een waterdichte stalen mantel bekleed. Daarbinnen komt een bekledingsbeton met horizontale kabelrekken.

4. Vullen en ledigen van de schutkolk.

Het systeem voor vullen en ledigen is hetzelfde als hetgeen werd toegepast in de Boudewijnslus en de Zandvlietslus. Het bestaat uit korte omloopriolen met een doorsnede van 5,50 m × 6,00 m die worden afgesloten met wielschuiten in een ontubbelde sectie van 2,50 m op 6,00 m.

De riolen monden uit in het sas door zes lage rechthoekige openingen van 5,00 m × 2,00 m. Alvorens in het sas te vloeien komt het vullingswater in een kamer van 40 m lengte, 6,00 m hoogte en 5,50 m breedte (fig. 6).

In de wand van die kamer zijn bovenaan, kant saskolk, zes rechthoekige openingen, waarlangs het water naar de uitstroomopeningen stroomt. De vorm en de richting van de uitlaten dragen bij tot de energievernietiging.

Deze afmetingen werden bepaald door interpolatie tussen deze van de Boudewijnslus en van de Zandvlietslus, waar de doorsneden van elk der riolen respectievelijk 27,50 m² en 39 m² bedragen, en deze van een stel afgeplatte uitstroomopeningen 48 m² respectievelijk 81 m². Omdat de bestaande sluisen met deze afmetingen voldoende geven bij het vullen en het ledigen, werden op het geïnterpoleerde systeem geen

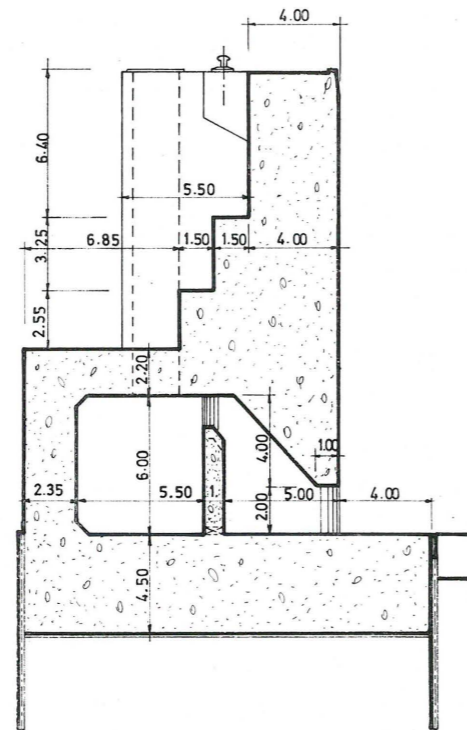


Fig. 6. — Doorsnede van de woelkamer en de uitmondingen der omloopriolen.

modelproeven uitgevoerd. De vul- of ledigingstijd zal in de nadeligste gevallen onder de 15 minuten blijven.

5. Saskolk.

De vloer is onafhankelijk van de kolkmuur en bestaat uit betonplaten van 10,50 m × 10,75 m met een dikte van 1,00 m, op een drainerende laag van 0,60 m dikte.

Onderdruk wordt vermeden door verticale openingen van 0,25 m diameter gevuld met grind.

De kolkmuur hebben een totale lengte van 193,50 m, verdeeld in 9 moten van 21,50 m lengte, gescheiden door uitzettingsvoegen. Elke moot in gewapend beton bestaat uit een brede vloerplaat en een frontmuur. De opstaande muren zijn meestal 20,50 m hoog, behalve deze welke de overgang vormen naar het sluishoofd kant Schelde waarvan de kruin op (+ 11,00) ligt en waarvan de hoogte geleidelijk toeneemt tot 23,50 m.

De normale vloerplaat heeft een breedte van 17,50 m; deze der vloerplaten van de hogere kolkmuur gaat tot 19,11 m. De type-uitzetvoegen in de frontmuren en in de vloerplaten zijn weergegeven in fig. 5.

Het contact tussen de schepen in de kolk en de kolkmuur wordt gerealiseerd door vlotter die geleid

door kettingen op en neer kunnen bewegen langs in het dagvlak van de frontmuur ingebetonnerde verticale wrijfhouten; de vlotter in oregonpine zijn doorlopend en ongeveer 1 m breed, terwijl de wrijfhouten om de 1,36 m in de muren zijn bevestigd. Zij reiken tot de hoogste en de laagste waterstanden, steken 8 cm uit op het dagvlak van de frontmuren en zijn vervaardigd uit azobé (fig. 7).

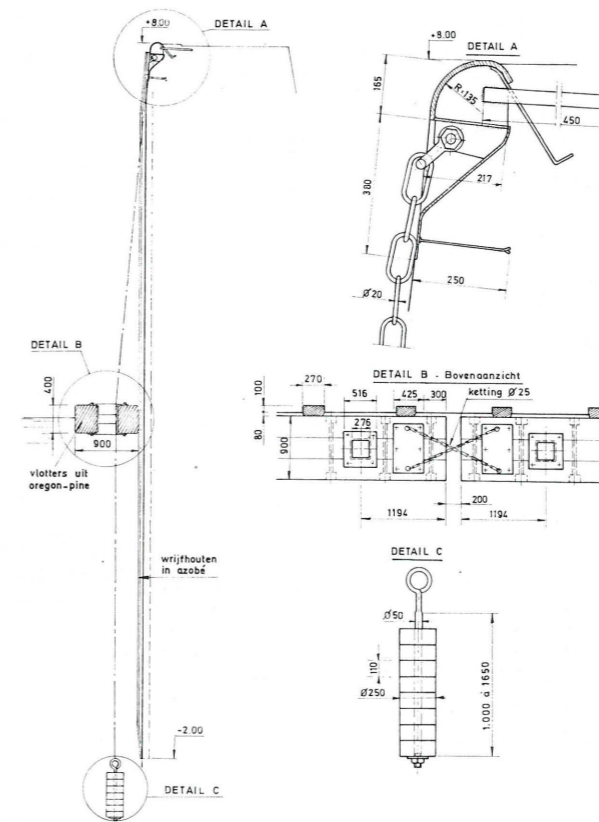


Fig. 7. — Details van het geleidingssysteem op de kolkmuur.

Dit geleidingssysteem werd verbeterd aan de hand van de ervaringen die in de Zandvlietslus werden opgedaan.

6. Roldeuren (fig. 8).

De vier deuren van de zeeslus zijn wegens het verschil in keerhoogte van het benedenhoofd en het bovenhoofd twee aan twee gelijk. Ze zijn in gelast staal.

De gebruikte staalsoorten zijn hoofdzakelijk:

- AE 36D voor de buitenbeplanting en de top en bodem van de luchtkist;
- AE 24D voor de ramen, dwarschotten en de centrale tunnel.

De deuren hebben een lengte van 51,60 m en een hoogte van 21,00 m aan de dokkant en 24,00 m aan de Scheldekant.

De breedte is gemiddeld 9 m. De deuren zijn van het kruiwagentype. Bij de beweging rust de deur onder water aan het vooreinde op een rolwagen. Aan de achterzijde hangt de deur aan een rolwagen die beweegt op de looprails die boven water op de consoles van de deurkamerwanden zijn bevestigd. De deuren worden met kabels bewogen die aangrijpen op de bovenrolwagens. Elke deur moet weerstaan aan de waterdruk in beide richtingen. De belastingen op de deuren zijn berekend met volgende waterstanden:

a) Normaal belastingsgeval

- dokkant (+ 4,00)
- Scheldekant (— 1,00)
- Scheldekant (+ 8,00)
- dokkant (+ 3,50)

De toegelaten materiaalspanningen zijn 1600 kg/cm².

b) Uitzonderlijk belastingsgeval

- Scheldekant (+ 8,00)
- dokkant (+ 2,50)

In dit geval mogen de spanningen tot 2100 kg/cm² oplopen.

De luchtkist is verdeeld in 14 kamers die bereikbaar zijn langs een gang met toegangsschouwen. De afmetingen van de luchtkist zijn zo berekend dat de deur in vlottende toestand kan gebracht worden. Waterballast in de luchtkist waarborgt de stabiliteit van de deur tijdens de beweging.

Het bovendek van de deur maakt licht verkeer mogelijk op de gesloten deuren. Dit bovendek kan echter afgenomen worden als de deur moet geplaatst of uitgedreven worden.

De twee grote deuren wegen elk ca. 1488 ton en de twee kleine elk ca. 1380 ton. De deuren worden tegen corrosie beschermd door een zinkrijke primer van 50 mikron, bedekt met twee lagen koolteerepoxy met een totale dikte van 300 mikron.

Om de doeltreffendheid van deze verflagen te verlengen en om de corrosie van bloot gekomen oppervlakken te beletten worden de deuren bovendien katoedisch beschermd. Alle ondergedompelde delen zullen voorzien worden van reactieve zinkanoden (272 per deur). De totale installatie zal zo geregeld worden dat in ieder punt van de deur, na polarizatie, een katodisch beschermingspotentiaal van ten hoogste — 850 mV bereikt wordt.

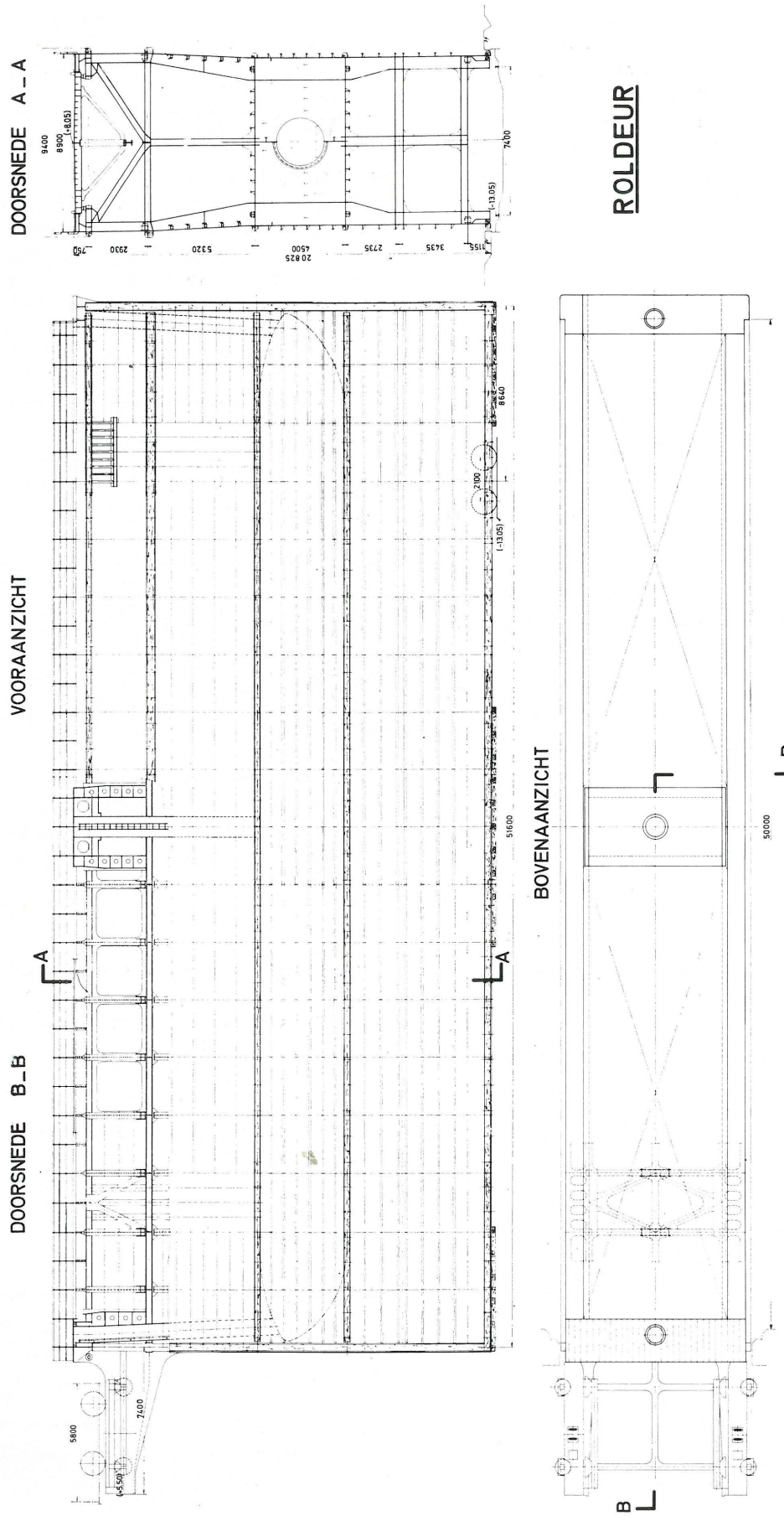
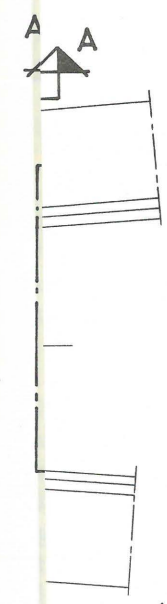
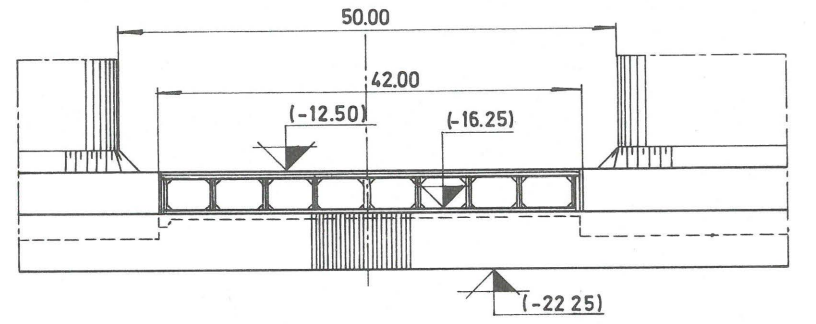


Fig. 8. — Roldeur.

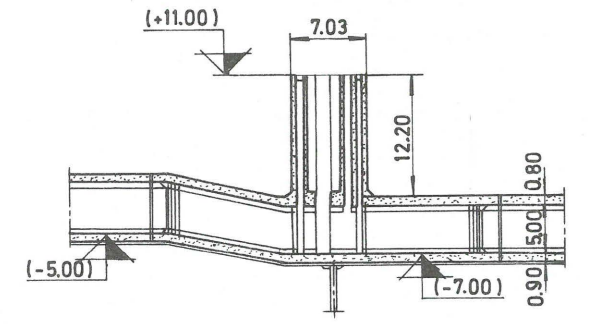
(+)
(-12)



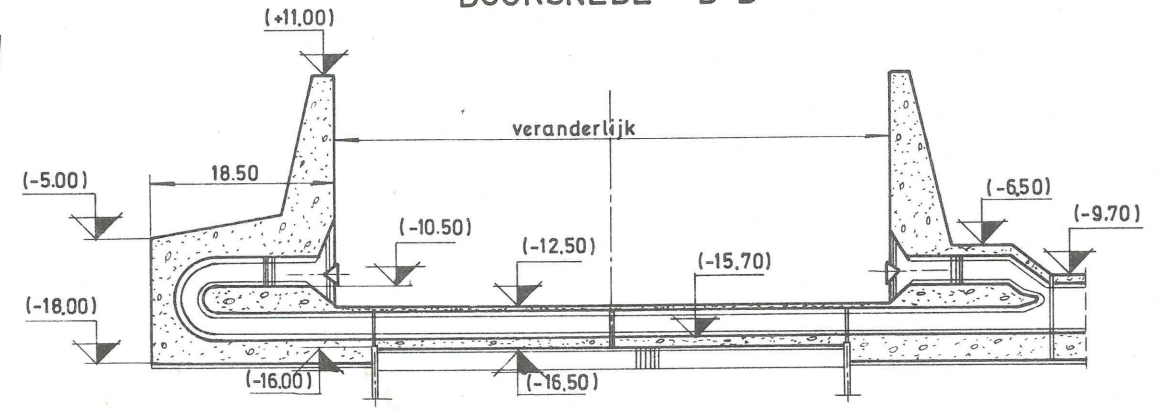
DOORSNEDE B-B



DOORSNEDE C-C



DOORSNEDE D-D



DOORSNEDE A-A

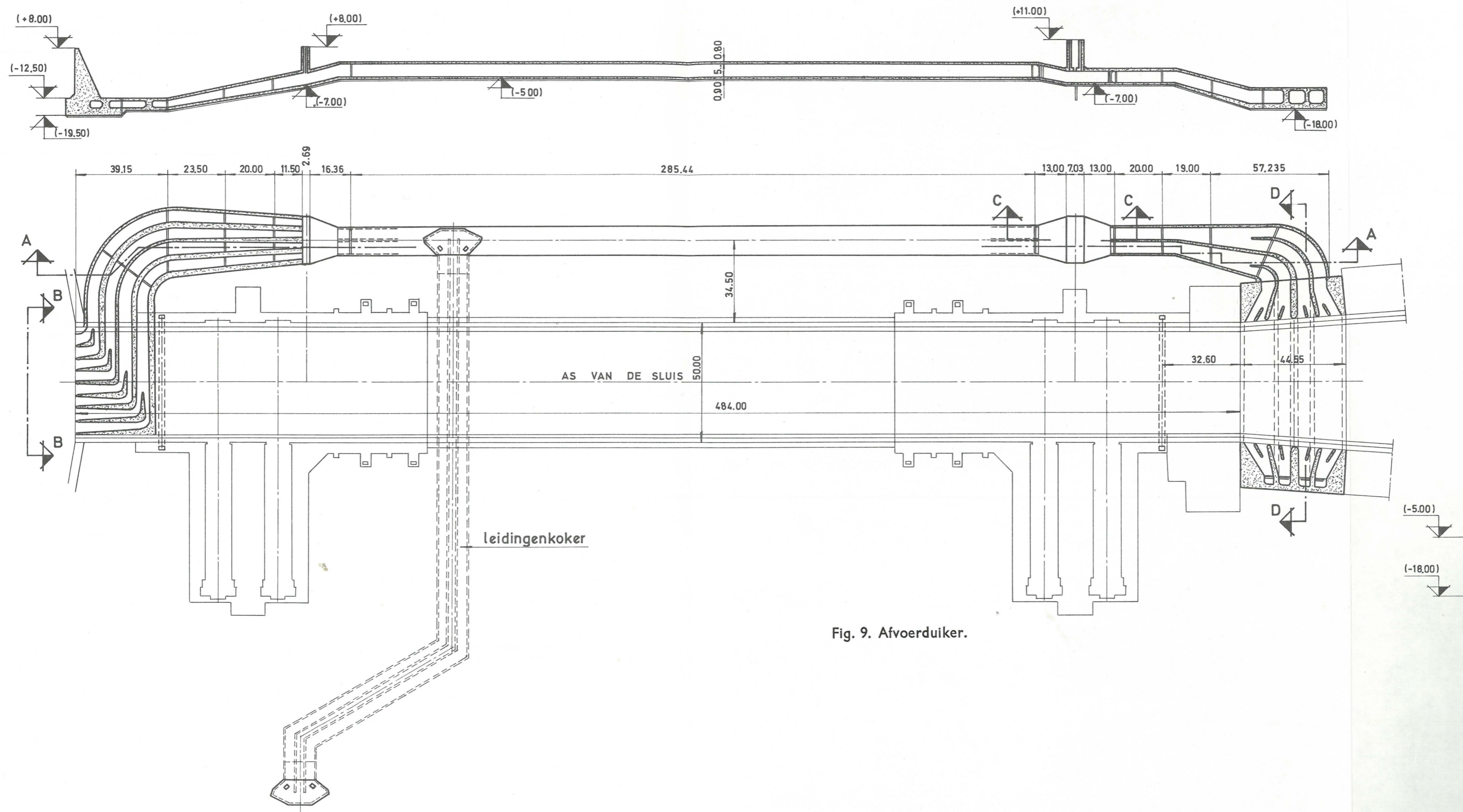
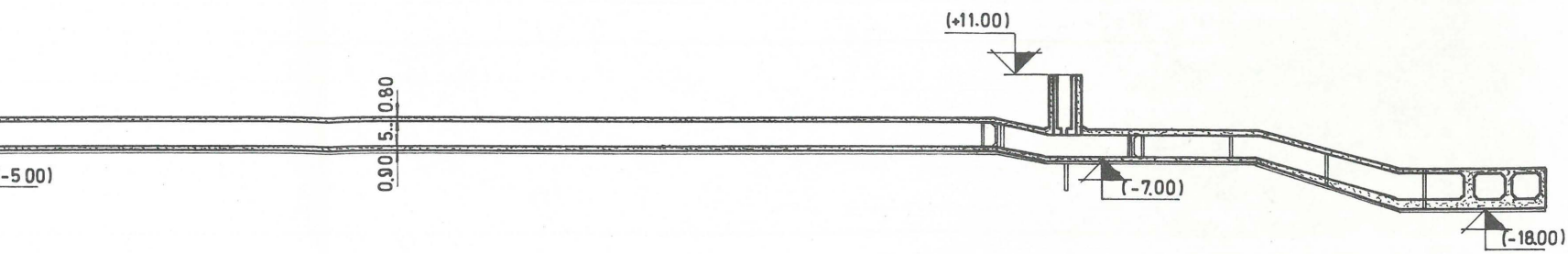
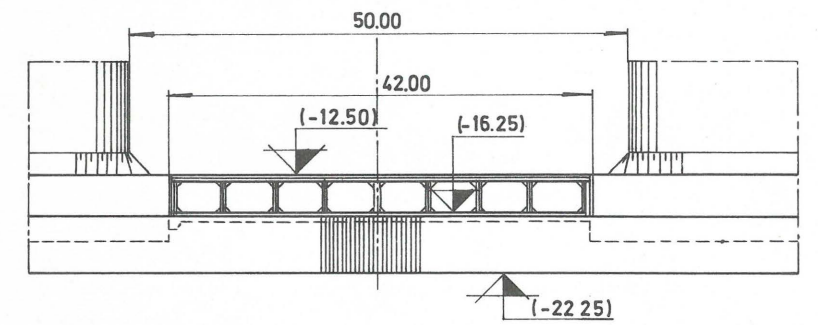


Fig. 9. Afvoerduiker.

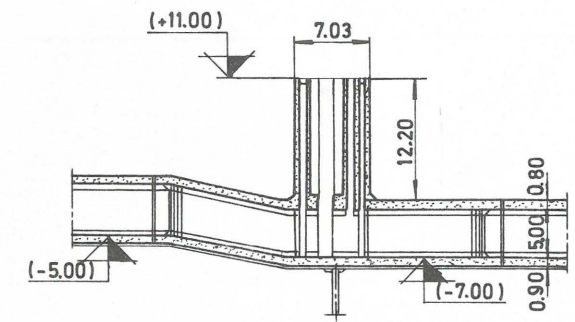
DOORSNEDE A-A



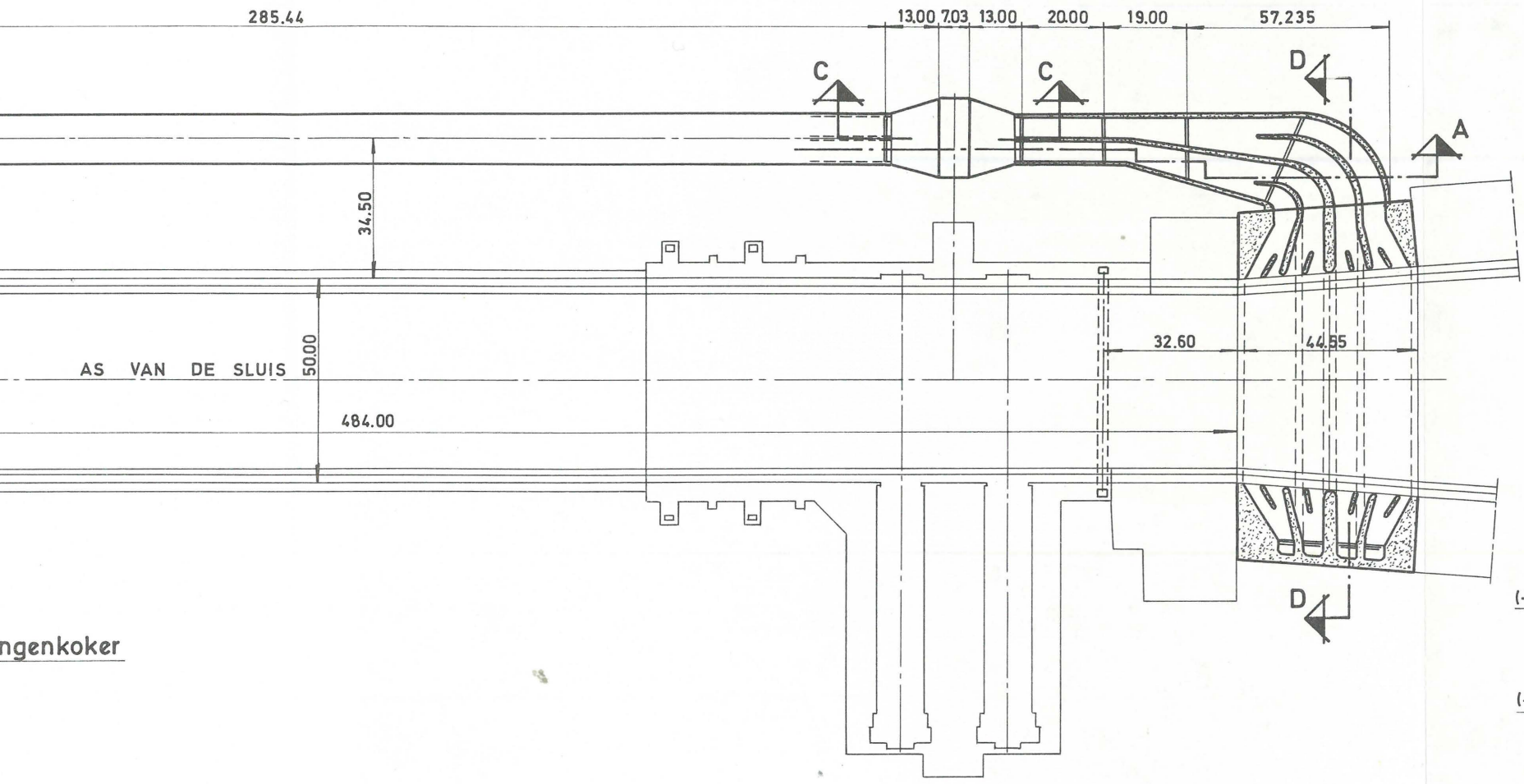
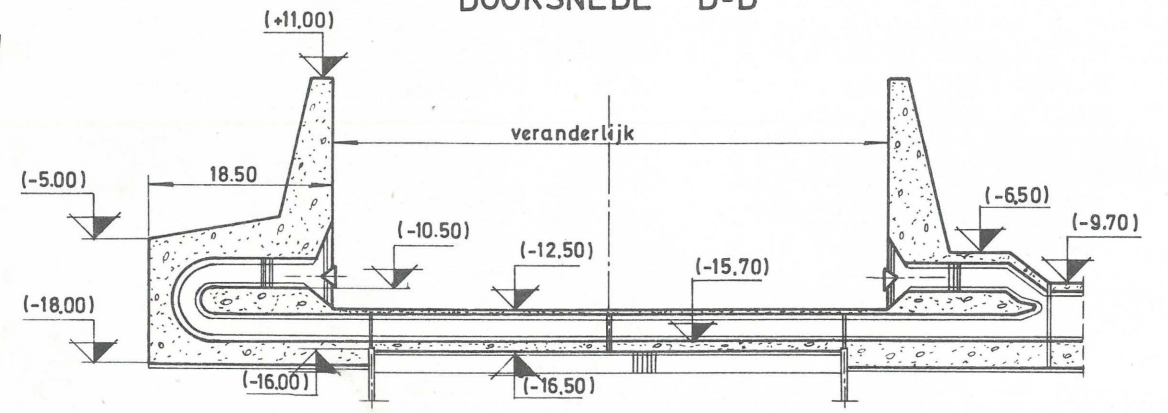
DOORSNEDE B-B



DOORSNEDE C-C



DOORSNEDE D-D



ingenkoker

Fig. 9. Afvoerduiker.

7. Schuiven.

— *Schuiven van de omloopriolen*

Ter plaatse van de schuifputten is elke omloopriool door een tussenwand onderverdeeld in twee openingen van 2,50 m × 6,00 m. Aldus is de breedte van de wiel-schuiven beperkt en kan bij defekt aan een schuif met de andere, zij het met verminderd rendement worden voortgewerkt.

Elke schuif kan met een noodschuif op- en afwaarts worden afgezonderd. De wielschuiven zijn in gelast staal AE24D met dubbele beplating en afdichting met rubberstroken.

De noodschuiven zijn glijschuiven in gelast staal AE24D met enkele beplating.

— *Schuiven van de afvoerder*

De vier schuiven van de afvoerder zijn op dezelfde wijze opgevat en hebben dezelfde afmetingen als deze van de omloopriolen.

b) *De afvoerder* (fig. 9 plaat).

Gekoppeld aan de zeesluis te Kallo wordt een afvoerder gebouwd, die tot doel heeft de peilbeheersing te verzekeren en het verversingswater van het dokkencomplex op de linkeroever naar de Schelde af te voeren.

De doorspoeling geschiedt vanuit Baalhoek, waar het water gedurende een bepaalde periode rond hoogwater kan ingelaten worden, naar Kallo, waar de lozing over een langere periode bij laagwater kan plaatshebben. Deze doorspoelingsmogelijkheid is ruim opgevat om aan alle eventualiteiten het hoofd te kunnen bieden; daarom werden twee aaneengebouwde afvoerkokers van 5 m × 5 m aangebracht. Indien nodig kan hiermede gemiddeld 10 miljoen m³ per etmaal afgevoerd worden.

1) *Ontwerp. Modelproeven.*

Men is uitgegaan van een ontwerp van afvoerder met een eenvoudige inlaat in de retourmuur kant dokken, en een afgeplatte uitlaat onder en over de volle breedte van de sluisvloer kant toegangseul, waarbij erop gerekend werd dat de spuiende werking hiervan het vernauwde gedeelte van de toegangseul slibvrij zou houden. Modelproeven in het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout wezen uit dat de stroming langs de bodem zich geleidelijk verheft en ombuigt, waardoor een neer met horizontale as ont-

staat, die hinderend werkt op de in- en uitvarende schepen doordat zij beurtelings aan remmende en voortstuwende stromingen worden blootgesteld.

De schurende werking was eveneens te groot en zou ofwel een dure bodembekleding gevegd hebben, ofwel zou het uitgeschuurd materiaal zich op een bepaalde plaats tot een drempel ophopen en de diepgang op die plaats verminderen.

Een uitmonding in verticale zin, doorheen een zeefbodem, werd eveneens overwogen en, alhoewel hydraulisch verantwoord, toch verworpen omdat de openingen door aanslibbing zouden verstoppelen, als deze afvoerder, zolang het Baalhoekkanaal en derhalve de doorspoeling niet functioneren, alleen dient voor de regeling der peilbeheersing.

Men beschikt in die omstandigheden niet over de grote doorspoelingsdebieten om de uitlaat slibvrij te houden.

Ten slotte werd de op figuur 9 afgebeelde oplossing uitgewerkt, uitgaande van een elementair ontwerp dat eveneens in modelproeven werd onderzocht en geleidelijk verbeterd.

Bij dit alles werd ernaar gestreefd de uitstroomenergie te beperken en een symmetrische aanzuiging en uitstroming te verkrijgen.

De inlaat geschiedt a priori gelijkmatig over de gehele breedte van de aansluiting van het dok met de sluis en vergde geen bijzonder nazicht wat zijn invloed op de scheepvaart betreft.

Op de uitlaat werden modelproeven uitgevoerd met een tweeledig doel:

— de lokale ladingsverliezen bepalen en hieruit, samen met de berekende ladingsverliezen van de andere gedeelten, de debietcoëfficiënt van de afvoerder bepalen;

— het stroombeeld bij de uitlaten zo gunstig mogelijk maken, en bij verschillende waterpeilen en debieten de invloed op voorbijvarende schepen bepalen. Hiermede werd er naar gestreefd ook te kunnen spuien terwijl schepen in- en uitvaren.

Door opeenvolgende verbeteringen werd de debietcoëfficiënt zo hoog mogelijk gesteld, werd een gelijkmatige uitstroming over de verscheidene openingen verkregen en bekwam men aanvaardbare uitlaatsnelheden, zelfs bij debieten (natuur) van 250 m³/s. Een V-vormige balk op oordeelkundige wijze vóór de uitlaatopeningen geplaatst veroorzaakt een centerende werking op de voorbijvarende schepen.

De woelingen bij de uitstromingen gaan praktisch niet verder dan de zone van 45 m die overeenstemt met de uitlaatopeningen.

2) Beschrijving van de afvoerduiker

De aanzuiging in de dokken geschiedt horizontaal in 8 openingen met een totale aanzuigoppervlakte van 117 m², waarvan de bodem op (-16,25) ligt.

Door verschillende ombuigingen, peil- en sektieovergangen wordt de normale sektie bereikt van de kokers evenwijdig met de as van de sluis en waarvan de bodem op (-7,00) gelegen is.

Een eerste schuifput bevat de afsluitschuiten, geen bedieningsschuiten.

Verder ligt de bodem van het grootste gedeelte van de kokers op (-5,00).

Aan het andere uiteinde daalt deze opnieuw tot (-7,00).

De schuifput aan deze zijde bevat de bedieningsschuiten en de sponningen voor de noodschuiten, die het mogelijk maken een schuif droog te leggen en te herstellen terwijl de andere in dienst blijven.

De kokers veranderen hier van sektie en dalen en wentelen naar een richting loodrecht op de as van de sluis.

Het noordelijke gedeelte mondt rechtstreeks uit in het dagvlak van de kaaimuren in deelsekties waarvoor de V-balk is geplaatst.

De zuidelijke uitmonding is met de langsdruiker verbonden door een kanaal met 4 deelsekties dat onder de bodem van de toegangseul doorloopt. Zijn uitmondingen zijn analoog met de noordelijke. De sektie van dit kanaal is derwijze bepaald dat de debieten aan weerszijden gelijk zijn.

De totale ontwikkelde lengte van de afvoerduiker bedraagt ongeveer 600 m.

c) Leidingentunnel.

1) Verantwoording.

Door het kanaaldok worden de noordelijke industrieterreinen van de zuidelijke gescheiden, zodat een probleem rijst voor de verbinding tussen deze twee gebieden met kabels en leidingen.

Wat de luchtleidingen betreft wordt de oplossing gevonden in een vrije hoogte van 75 m boven de waterspiegel; voor de ondergrondse leidingen zou dit kunnen gebeuren met zinkers. Deze laatste werken zijn, indien zij naderhand worden uitgevoerd, zeer duur, zodat op vraag van de vergunninghoudende maatschappijen en in gezamenlijk overleg met het Ministerie van Economische Zaken — Dienst voor Energie — een leidingentunnel onder de zeesluis te Kallo werd gebouwd.

Daar deze werken in het droge kunnen uitgevoerd worden door gebruik te maken van een reeds bestaande bouwput, worden de kosten per doorgang gevoelig gedrukt.

2) Beschrijving.

De leidingenkoker onder de sluis bestaat uit drie gescheiden parallelle gangen van 3,5 m bij 3,5 m, welke onder het sas horizontaal verlopen en onder 45° naar boven komen. Deze hellende gedeelten worden verankerd op de kolkmuur.

Op het zuidelijke sluisplateau loopt deze koker dan ondergronds verder tot voorbij de installaties van het sluisplateau.

De leidingentunnel heeft aldus een lengte van ca. 250 m.

In overleg met terzake bevoegde studiebureaus werden de akkomodaties derwijze aangepast dat de leidingen met standardelementen kunnen worden aangelegd.

Er is o.a. in een laskamer voorzien in de zaal van de zuidelijke kolkmuur, in metalen strippen om de leidingen vast te maken, in een looprail voor transport van materialen, in trappen in de opgaande gedeelten e.d.

3) Veiligheidsvoorschriften leidingentunnel.

Deze leidingentunnel is bestemd zowel voor industriële leidingen als nutsleidingen. Het gebruik van eenzelfde koker voor leidingen met verschillende al dan niet gevaarlijke produkten geeft aanleiding tot problemen in verband met de veiligheid van het kunstwerk.

In samenwerking met de Administratie voor Energie van het Ministerie van Economische Zaken en de vertegenwoordigers van maatschappijen, studiebureaus en controleorganismen, die betrokken zijn bij de aanleg en de exploitatie van leidingen, werden « De Voorschriften voor het gebruik van het kunstwerk ge-

noemd: Doorgangstunnel voor leidingen onder de Sluis te Kallo » opgesteld.

Deze voorschriften behandelen zowel de administratieve als technische aspecten van de veiligheidsmaatregelen die moeten genomen worden bij de aanleg en de exploitatie van een leiding in deze tunnel.

d) Landhoofden voor beweegbare bruggen.

In elk hoofd worden de landhoofden gebouwd voor de beweegbare metalen bruggen (basculebruggen).

Aan de zijde van de deurkamers worden dit kelderlandhoofden waarin de beweging van het tegengewicht kan gebeuren; aan de andere zijde zijn dit landhoofden met een eenvoudige oplegging.

e) Bedieningsgebouwen — Sluisplateau (fig. 10)

Ten zuiden van de zeesluis wordt een complex gebouwd voor de huisvesting van de verschillende diensten die aan de sluis en de havendokken een specifieke taak te verrichten hebben.

Dit gebouwencomplex kan worden ingedeeld in:

1. administratie: gegroepeerd in een administratief centrum.

2. techniek: ondergebracht in mechanismegebouwen en bedieningsgebouwen.

Op het sluisplateau worden bedieningswegen aangelegd, die toelaten alle onderdelen van de sluis te bereiken, alsmede een ruime parking. De verbinding met de omgeving is verzekerd door de doorlopende wegenis over de bruggen.

E. Berekening der Constructies

a) Algemeen evenwicht.

1) Ingevoerde waarden:

$$\begin{aligned} \text{Grond: } \pi \text{ droog} &= 1,8 \text{ t/m}^3, \\ \pi \text{ nat} &= 1,1 \text{ t/m}^3, \\ \text{inwendige wrijvingshoek: } \varphi &= 30^\circ. \end{aligned}$$

Wrijving grond op beton (actieve belasting):

$$\begin{aligned} \psi \text{ droog} &= \frac{\varphi}{4} = 7^\circ 30', \\ \psi \text{ nat} &= 0^\circ. \end{aligned}$$

Wrijvingscoëfficiënt grond-beton (weerstand tegen glijden): $f = 0,5$.

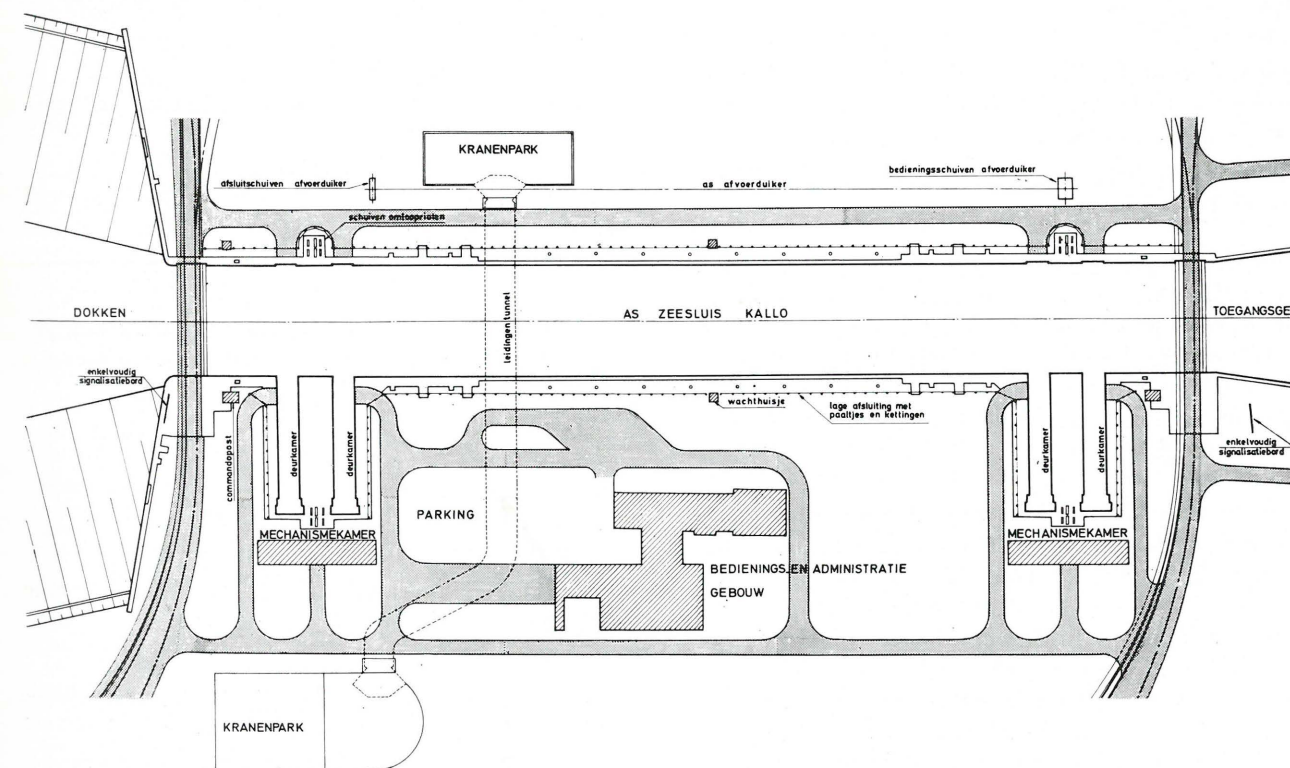


Fig. 10. — Sluisplateau.

Beton: $\pi = 2,35 \text{ t/m}^3$.

Overlast achter de muren: 1 t/m^2 .

Horizontale kracht normaal aangrijpend op de kruin van de muren: 5 t/m , zowel trek (troskracht) als druk (stoot).

2) Berekeningen: De algemene evenwichtsberekeningen werden vooral voor de kolkmuur zeer uitvoerig gedaan; de zool en de muur werden hierbij elk op zichzelf oneindig stijf verondersteld en onderling volledig ingeklemd. Voor de hoofden werden nazichtsberekeningen gedaan op enkele karakteristieke secties. Over 't algemeen is de stabiliteit van de hoofden a priori groter dan deze der kolkmuur.

Volgende belastingsgevallen werden vooraf als bepalend genomen en uitgewerkt:

Belastingsgeval 1: Muren aangevuld, waterstand achter de muren op (+ 4.00), water vóór op (- 1.00), troskracht wordt uitgeoefend, met en zonder overlast.

Belastingsgeval 2: Muren aangevuld, kolkvloer niet geplaatst, geen water achter noch vóór de muren, met en zonder overlast.

Belastingsgeval 3: Muren aangevuld, waterstand achter de muren op (+ 4.00), water vóór op (+ 8.00), stoot door schip op de muur wordt uitgeoefend, met en zonder overlast.

De belastingsgevallen 1 en 3 hebben betrekking op toestanden met de sluis in bedrijf, belastingsgeval 2 laat toe na te gaan in hoever de kolkmuur na voltooiing droog mogen aangevuld worden vooraleer de vloer is geplaatst.

Het belastingsgeval 1 is bepalend voor de zekerheid tegen glijden en kantelen naar vóór, en voor de zekerheid wat het grensdragvermogen, onder de teen van de zool betreft. Voor dit laatste werden veiliger waarden gevonden dan deze welke tijdens de voorafgaande grondmechanische studie werden gevonden (maximum korreldruk $52,9 \text{ t/m}^2$).

Het nazicht naar de glijdings- en kantelingsstabiliteit gebeurde in de veronderstelling dat de kolkmuur vrij bovenop het funderingsvlak staat, en gaf als zekerheden resp. 0,73 (vereiste waarde = 1,50) en 1,90 (vereiste waarde = 2). Er werd dus geen rekening gehouden met de aanwezigheid van de vloer die de zolen als het ware op elkaar afstempelt, noch van de in de grond ingeklemd beschoeiingsdamwanden. Het volstaat dat deze samen een horizontale weerstandbiedende kracht van 250 t/m leveren opdat de vereiste

zekerheidscoëfficiënten bekomen worden. Voor een vloer van 1 m dik betekent dit een druk van slechts 25 kg/cm^2 , terwijl uitknikken in een vertikaal vlak uitgesloten is.

Dezelfde zekerheidscoëfficiënten bedroegen voor belastingsgeval 2 respectievelijk 1,65 en 6,40.

Het belastingsgeval 3 gaf voor de achterzijde van de zool nog ruimere zekerheid tegenover het grensdragvermogen (maximum korreldruk $22,9 \text{ t/m}^2$).

b) *Organieke berekeningen.*

1) *Betonsamenstellingen — Beton — en staalspanningen:*

De samenstelling van de verschillende betonsoorten voor de muren, de hoofden, de kelderlandhoofden en de afvoerduiker, werd aan de aannemer overgelaten. Er werd hem daarbij in hoofdzaak opgelegd de te gebruiken cementsoort (overgesulfateerd cement of hoogovencement of permetaalcement met hoogstens 35% Portlandcementklinker), het minimumgehalte aan cement per m^3 beton en de vereiste druksterkte σ'_{br} na 28 dagen gemeten op kubussen van 20 cm zijde.

Deze waarden bedroegen respectievelijk:

- voor muren en hoofden: $350 \text{ kg cement per m}^3$ en $\sigma'_{br} = 200 \text{ kg/cm}^2$
- voor de kelderlandhoofden: $350 \text{ kg cement per m}^3$ en $\sigma'_{br} = 300 \text{ kg/cm}^2$
- voor de afvoerduiker: $400 \text{ kg cement per m}^3$ en $\sigma'_{br} = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Daarenboven moest het specifiek gewicht vastgesteld door wegen van de proefkubussen minstens $2,4 \text{ kg/dm}^3$ bedragen.

Uiteindelijk werd één en dezelfde samenstelling gebruikt op het vereiste cementgehalte na, en wel als volgt:

grind 4/32	483 l
zand 0/5	230 l
cement HL 300	350 of 400 kg
water	166 l

De bekomen kubusweerstand schommelden in alle gevallen rond 400 kg/cm^2 .

Vermits de constructies onderworpen zijn aan enkelvoudige buiging of excentrische druk werd voor de toelaatbare betonspanning gerekend met $\frac{\sigma_{br}}{3,5}$.

Het aangewende staal is in hoofdzaak van de klasse TP IV, in mindere mate van de klasse TP I, gerekend met 2.400 kg/cm^2 resp. 1.400 kg/cm^2 .

2) *Enkele bijzondere berekeningsgevallen:*

— *Leidingentunnel onder de sluis.*

De leidingentunnel bestaat uit 3 kokers. Voor het gedeelte tussen de kolkmuur werd aangenomen dat hij volledig droog kan zijn, ofwel dat één of meerdere kokers afzonderlijk of te samen onder water kunnen staan met een waterdruk welke overeenstemt met het grondwaterpeil (+ 4.00).

— *Afvoerduiker.*

Hoewel de afvoerduiker steeds in verbinding staat met de Schelde, werd voorzien dat een drukverschil van 3 t/m^2 kan bestaan tussen binnen en buitenzijde van de koker, dit om rekening te houden met mogelijke overbelasting door de hoogte der golven, en onderdruk door de snelheid van het water.

— *Beneden- en Bovenhoofd: Deurkamers.*

Achterste gedeelte:

De berekening van de vloerplaat werd uitgevoerd in de onderstelling met 1 deurkamer ledig en de andere vol. (hoogste waterpeil + 8.00). Het geval geen water in deurkamers en geen grondwater is minder nadelig. Ten einde een goede benadering voor de gronddrukken te vinden werd de vloerplaat gerekend als een ligger op elastische grond.

De belastingen der opgaande gedeelten, evenals deze van het water werden ingebracht onder vorm van puntlasten, de momenten werden omgerekend tot 2 puntlasten $\left(\pm \frac{M}{l}\right)$.

De berekeningen werden oorspronkelijk uitgevoerd met een waarde van de beddingsconstante $K = 10 \text{ kg/cm}^3$.

Achteraf tijdens de uitvoering, ingevolge een ter plaatse uitgevoerde plaatproef werden de berekeningen gecontroleerd voor $K = 7 \text{ kg/cm}^3$. De verschillen in bekomen grondspanningen waren zeer klein (5% in de nadeligste punten). De voorziene wapening kon behouden blijven.

— *Voorste gedeelte (kant kolk).*

Hier zijn ook de zijkanten zeer massief zodat de vloerplaat als volledig ingeklemd in zijkant en midden-

massief gerekend werd. De gronddrukken werden wederom gerekend voor een ligger op elastische grond. Bij de berekening van de momenten zelf werd zowel de gronddruk als het verschil in zetting en de hoekverdraaiingen van de zij- en middenmassieven in acht genomen.

— *Berekeningen der vloeren van beneden- en bovenhoofd in sluis gelegen.*

Zij werden eveneens gerekend als een ligger op elastische grond. Hier werd enkel gerekend met een beddingsconstante $K = 7 \text{ kg/cm}^3$ uitslag bekomen met de plaatproef.

— *Kelderlandhoofden.*

Er werd rekening gehouden met de belastingsgevallen van de beweegbare bruggen, die werden vastgesteld door het Bruggenbureau.

F. Uitvoering

De aanbesteding van al de werken onder D vermeld, uitgenomen de leidingentunnel die er naderhand aan toegevoegd werd, had plaats op 29 oktober 1970. De werken werden toegewezen aan de laagste inschrijver, de P.V.B.A. Algemene Aannemingen Van Laere, voor een bedrag van 1 miljard 265.867.124 BF. Hierin zijn de metalen gedeelten (deuren en schuiven) begrepen voor een bedrag van 387.984.330 BF. De werken werden aangevat op 1 april 1971. Aan de aanneming is een uitvoeringstermijn verbonden van 48 kalendermaanden, die ondertussen reeds met verscheidene maanden is verlengd omwille van de bijkomende werken, o.a. de leidingentunnel.

a) *Inrichting van de bouwplaats: (fig. 11).*

Deze omvatte:

- 1) een losplaats gebouwd aan de Schelde, voor het aanvoeren van zand en grind (foto 1). Hiertoe werd een gedeelte der schorren opgehoogd en aan de Scheldekant gestut met korte damplanken. In de Schelde werd een 75 m lange steiger op houten palen gebouwd. Het lossen der hier aanleggende schepen gebeurde met een portaalkraan met een overspanning van 65 m en een hefvermogen van 7 ton , waarvan één loopbaan op de opgehoogde oever en de andere op de steiger is geplaatst. Vanaf deze portaalkraan vertrekt een transportband met een capaciteit van 300 ton/u , waardoor de inerte materialen naar de stockeerplaatsen gebracht werden. De ontwikkelde lengte van de transportband is ongeveer 1 km . Het laatste gedeelte van de

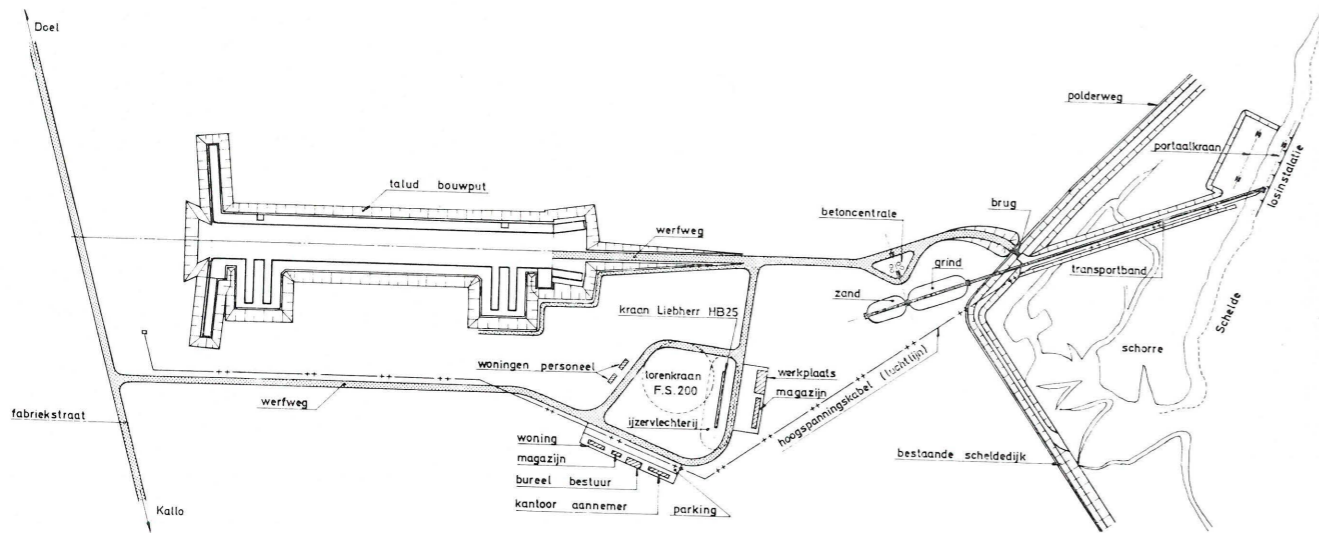


Fig. 11. — Werfinstallatie.

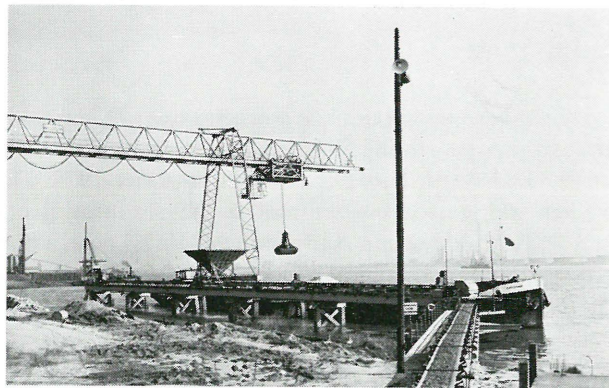


Foto 1. — Losinstallatie voor zand en grind aan de Schelde.

transportband loopt over een lengte van ca. 200 m op 20 m boven de begane grond, om de grind- en zandhopen te kunnen aanleggen.

- 2) stockerplaatsen voor zand en grind van elkaar gescheiden door een damplankenwand (foto 2). Ongeveer 85.000 ton materialen konden hier gestockeerd worden. Dergelijke voorraden waren nodig om perioden met aanvoermoeilijkheden, vooral 's winters, zonder werkonderbreking te kunnen overbruggen.

Vooraf werd onder de stockerplaats een tunnel gebouwd, gevormd door een armco-buis waarin zich eveneens een transportband bevindt. Onder elke stapel zijn in de armco-duiker schuiven aangebracht, waardoor men vanuit de commandopost van de betoncentrale zand resp. grind op deze transportband kon laten vallen, die het op een andere, hellende transportband brengt; deze laatste

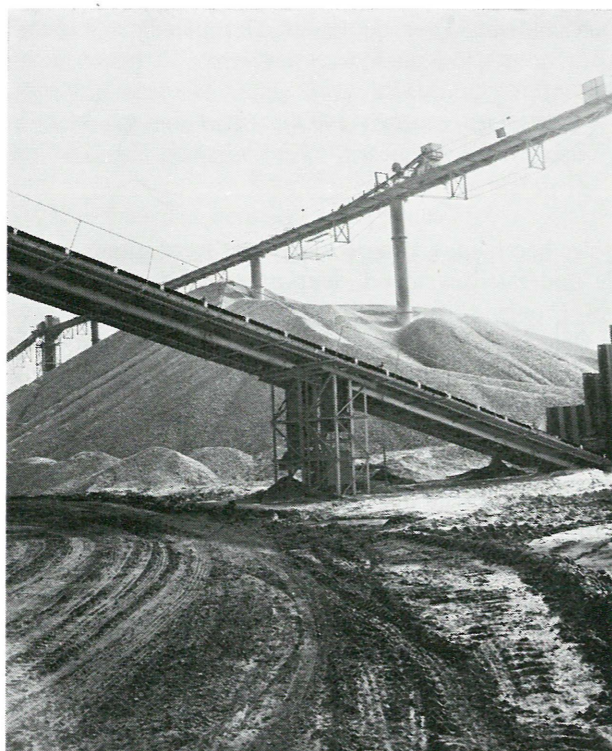


Foto 2. — Zand- en grindopslag met op de voorgrond zijdelingse hellende transportband naar de betoncentral.

vervoert de materialen naar de wachtsilos van de betonmolen.

- 3) een betoncentrale, met een theoretische capaciteit van 320 m³/u, waarmee in de praktijk maximaal tot 260 m³/u gedraaid werd. Zij bestaat uit 2 verticaal draaiende molens met een vermogen van 4,5 m³ elk. De bediening geschiedt vanuit een

centrale commandopost, waar de dosering in gewicht geschiedt met 3 materiaalbalansen kunnende wegen tot 4.500 kg elk en één cementbalans tot 2.000 kg. Benevens de wachtsilos voor zand en grind zijn er 4 silos van 100 ton. De aanvoer van cement geschiedt in bulk per vrachtwagen. Alle trechters zijn met trillers uitgerust.

- 4) een centrale ijzervlechterij voor de wapeningen. Het wapeningsstaal werd aangevoerd met vrachtwagen. De grootste diameter die verwerkt is geworden was 40 mm. Deze staven werden op de vereiste lengte besteld om de afval tot het minimum te beperken. Op sommige dagen werd tot 60 à 80 ton staal verwerkt.

- 5) een centrale werkplaats voor onderhoud van vrachtwagens en mechanische tuigen.

- 6) een net van werfwegen.

- 7) administratieve burelen voor het Bestuur en voor de aannemer.

- 8) verblijfplaatsen voor personeel van de aannemer wiens bestendige aanwezigheid op de werf vereist was.

b) Grondwerken — Bemaling.

Voor het graven van de bouwput diende ruim 1.350.000 m³ grond te worden verzet; de uitgegraven grond moest geschift worden in zandachtige en niet-zandachtige specie. Met de eerste soort werden de uitgravingen achter de muren opnieuw aangevuld en werden de aanvullingen van het sluisplateau verwezenlijkt op de plaatsen waar wegen en andere konstrukties zullen gebouwd worden; de hiertussen liggende terreinen werden met het saldo van de uitgegraven grond opgehoogd.

De aannemer startte eerst met graven in het droge. Na verloop van enkele maanden werd dit werk stopgezet omdat men teveel goed zand verspeelde door de achtereenvolgende ophopingslagen van niet-zandachtige specie met goed zand te bedekken ten einde ze voor het zware vervoermateriaal berijdbaar te houden.

De graafwerken werden vervolgens voortgezet door middel van een over het land aangevoerde demontabele cutterzuiger (foto 3).

De eigenlijke profilering van de bouwput geschiedde na het droogzetten van de uitcutterde put.

Het verlagen van de grondwaterstand geschiedde d.m.v. een honderdtal bronnen die tot 3 m in de

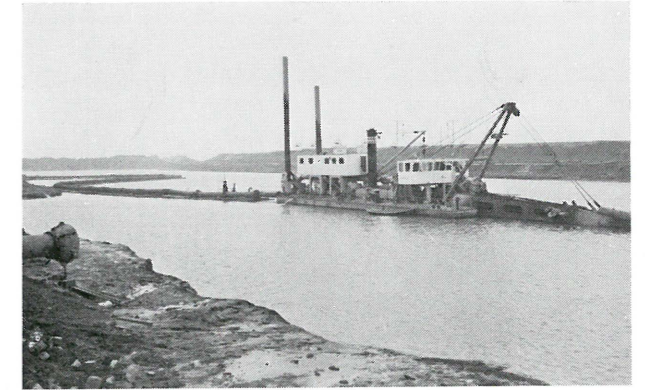


Foto 3. — Bouwput tijdens het cutteren.

Boomse klei doordringen. Hierin waren dompelpompen geplaatst die in roestvrij staal zijn gemaakt omwille van de agressiviteit van het grondwater. Het nazicht van deze dompelpompen moest maandelijks gebeuren wegens het hoog ijzergehalte van het uitgepompte water met als gevolg het aankleven van een roestmassa op de waaiers.

Elke pomp heeft een debiet van 10 m³/h bij een opvoerhoogte van 30 m. Het debiet van de pompen werd op het werkelijk regime ingesteld door aanpassing van de diameter der waaiers. Op sommige dieper gelegen gedeelten werd tijdelijk een bijkomende vacuumbemaling ingeschakeld.

c) Uitvoering van het gewapend beton.

In totaal werden zeer benaderd 450.000 m³ beton en 17.000 ton wapening staal verwerkt.

1) Wapeningen.

Het grootste gedeelte wapeningsstaal was van de klasse TP IV, het overige van de klasse TP I.

De bovenwapening in de zolen der muren rustte tijdens het betonstorten op zeer stevige steunstoelen.

Het plaatsen der wapeningen in de overige gedeelten gebeurde:

- ofwel vóór het plaatsen der bekistingen, vb. bij de kolk muren.
- ofwel nadat de binnenwand van de bekisting kant kolk geplaatst was, vb. bij de bovenste faze van de kolk muren.
- ofwel nadat alle bekisting volledig geplaatst was, vb. opgaande gedeelten van de middenpijler tussen de deurkamers.

2) Bekisting.

Een groot gedeelte van de bekisting werd zodanig opgevat dat zij meermaals herbruikt kon worden, en dat zij in zekere gevallen hiervoor enkel moest verplaatst worden. Dit was mogelijk doordat men in het betonwerk van de sluis in hoofdzaak twee type-vormen kon terugvinden:

- de kolkmuur, met funderingszool en verticale muur, waarbij ook de kaaimuurtoten in de toegangseul dienen gerekend; mits enkele aanpassingen konden de hier aangewende bekistingspanelen ook dienen voor de frontvlakken van de kelderlandhoofden en de deurkamers.
- de kokerconstructies (omloopriolen, afvoerduiker, leidingentunnel en kabelkokers).

De bekisting en het betonstorten van de kolkmuur geschiedde in 5 fasen: (fig. 12)

- faze 1: bekisting bestaande uit voor- en achterpanelen, en uit zijpanelen of beton van reeds gestorte aanpalende moten.
- faze 2: het onder 45° hellend voorvlak werd met een metalen bekisting uitgevoerd.
- fasen 3, 4 en 5: aanwending van bekistingspanelen 7 m hoog en 3,75 breed, samengesteld uit een roosterwerk gevormd door horizontaal geplaatste metalen liggers, waarop op hun kant gezette verticale houten gordingen 3" × 9", bekleed met Bruynzeelplaten om een verzorgd betonoppervlak te bekomen. Voor de faze 3 werden deze panelen gesteund

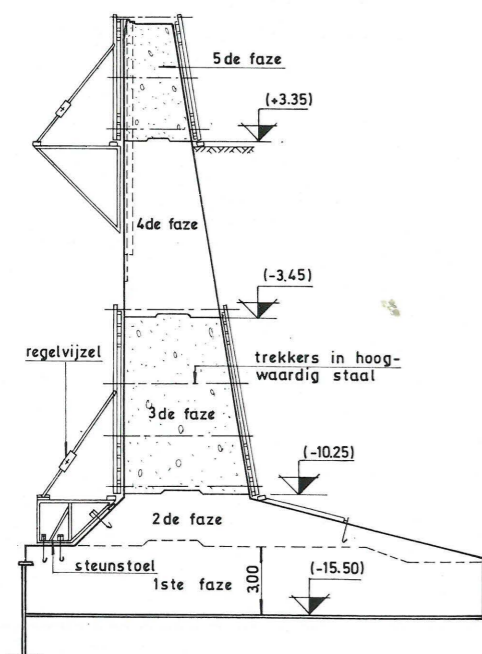


Fig. 12. — Bekisting der kolkmuur.

op stoelen die op het reeds gestorte beton van de zool werden geplaatst, voor de fasen 4 en 5 steunden de voorpanelen op konzolen bevestigd op in de vorige fasen ingebetonnerde schroefhulzen. De regeling van de bekisting geschiedde door een schroefvijzel die van de schuine steker deel uitmaakte. De achterpanelen werden geplaatst op de inmiddels uitgevoerde aanvulling achter de muren. Voor de verankering van voor- en achterpanelen werden speciale trekkers met 16 mm diameter van hoogwaardig staal gebruikt, waardoor de bekistingen praktisch onvervormbaar waren. Voor de plafonds van het rechte gedeelte van de afvoerduiker met een lengte van 285,44 m werden verrijdbare bekistingen gebruikt. De in de vloer der hoofden uitgespaarde kabelkoker (fig. 13) is bekleed met een waterdichte stalen mantel, waarbinnen een betonbekleding met kabelrekken is voorzien. Op voorstel van de aannemer werd de ter plaatse gestorte binnenbekleding vervangen door geprefabriceerde elementen, die aangebracht werden nadat de bodem en de opstaande wanden van de stalen mantel in het beton van de zool waren verwerkt; alle voegen tussen de prefab-elementen onderling en tussen deze en de mantel werden zorgvuldig gedicht om corrosie te voorkomen. Op het prefab-dakelement werd een chape aangebracht, waarop de bovenplaat van de stalen mantel werd geplaatst en waterdicht gelast aan de zijwanden. Werden eveneens geprefabriceerd de in de vloer der hoofden te verwerken speciale betonstenen voor de aanslagen der drooglekkuip zoals door het bestek was opgelegd, alsmede het plafond van de leidingkoker en alle trappen.

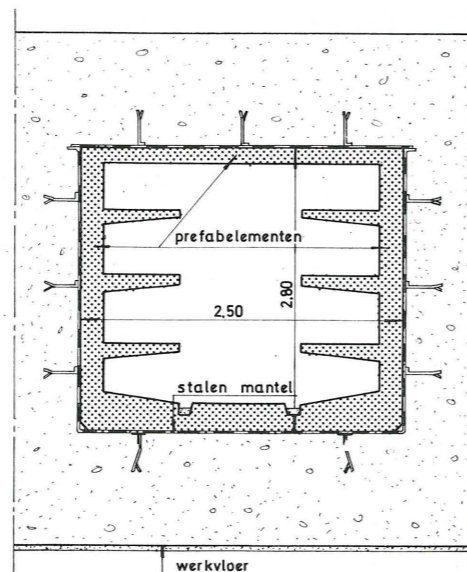


Fig. 13. — Dwarsdoorsnede kabelkoker.

3) Vervoer en verwerken van het beton.

Dit gebeurde:

- met bijzonder voor dit werk gebouwde dumpers die een inhoud hebben van 9 m³ beton, d.i. een gezamenlijke produktie van 2 betonmolens, dat meestal met grijperkranen verwerkt werd bij een massale aanwending van beton.
- met agitators, die een inhoud van 6 m³ hebben, waarin de betonmassa in beweging werd gehouden door een schroef, meestal gebruikt waar het beton met torenkranen werd verwerkt of op plaatsen waar het verwerken van het beton meer tijd in beslag nam. Het beton werd in de massa getrild met hoogfrequenttrillers van het type Wacker. Tijdens de uitvoering werden verschillende dagen geteld waarop de betonproduktie 2000 m³ heeft overtroffen. Het beton voor de elementen die op de werf werden geprefabriceerd kwam van een te Burcht, op de zetel van de aannemer, gelegen betoninstallatie en werd aangevoerd met betonmixers. De fotos 4 tot en met 9 geven een beeld van het betonwerk tijdens de uitvoering en na voltooiing.

d) Personeel van de aanneming.

De degelijke organisatie van de werf en de doorgedreven rationalisatie van de werkmethoden hebben ertoe geleid dat het op de bouwplaats tewerkgestelde personeel tot een minimum werd beperkt.

Voor de uitvoering van de hier besproken werken was de maximale vastgestelde bezetting 180 bouw arbeiders, waarvan het grootste deel geschoolden, en een twintigtal leden van het kaderpersoneel. Behalve voor het cutteren van de bouwput werden geen onderaannemers ingeschakeld.

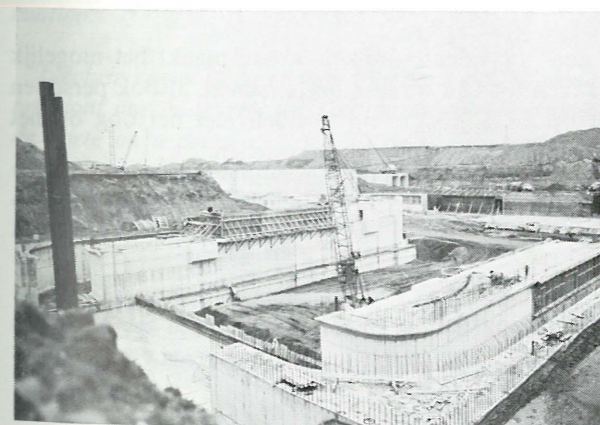


Foto 4. — Deurkamers kant Schelde tijdens de uitvoering. De middenpijl is nog niet aangevat.

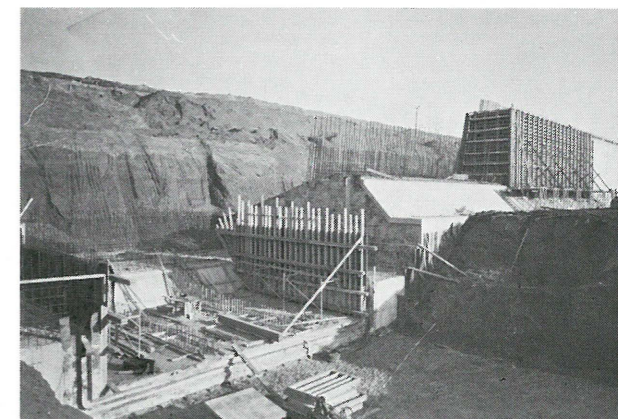


Foto 5. — Kolkmuur tijdens de uitvoering. Op de voorgrond aanvang van de leidingentunnel.

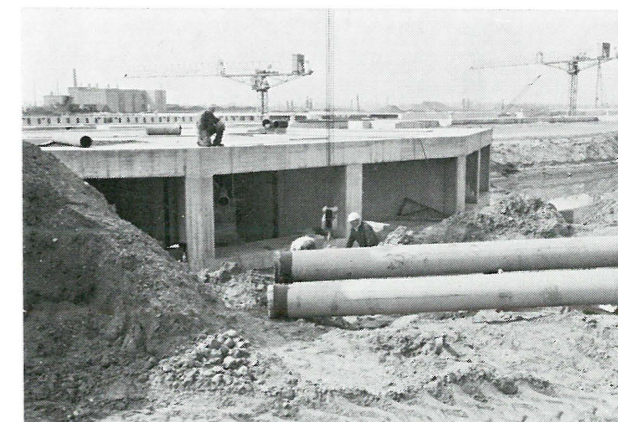


Foto 6. — Uitmondung van de leidingentunnel op het sluisplateau.

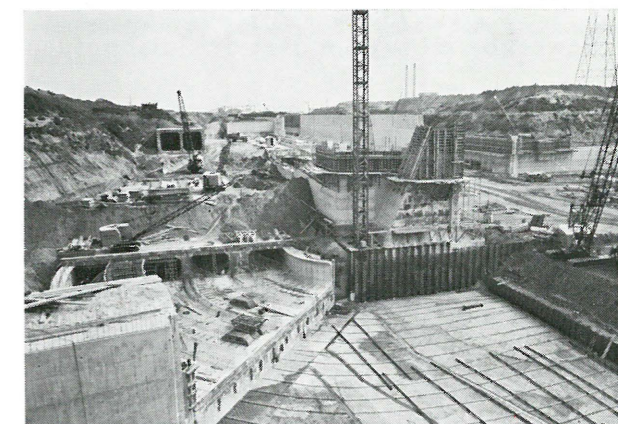


Foto 7. — Uitvoering van de afvoerduiker, gedeelte tussen inlaat aan de dokkant en de normale sectie (links boven).

G. Werken ten behoeve van de sluis, behorende tot andere aan gang zijnde aannemingen

Deze worden volledigheidshalve zeer bondig en enkel ten titel van inlichting vermeld.

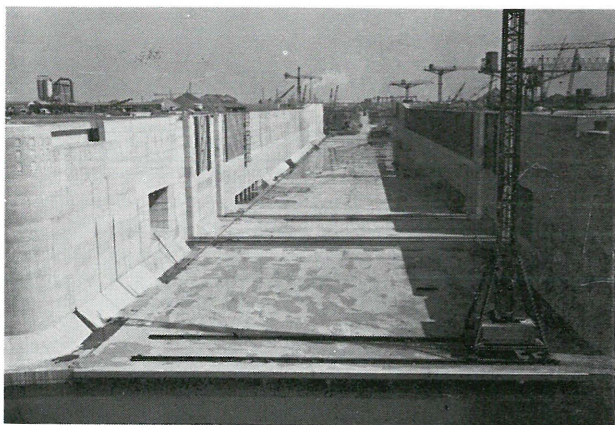


Foto 8. — Algemeen zicht op voltooid betonwerk van de sluis.



Foto 9. — Zicht op de deurkamers.

a) Beweegbare bruggen over de sluishoofden.

Over elk sluishoofd wordt een beweegbare brug gebouwd. Deze bruggen zullen de enige weg- en spoorverbinding zijn tussen de aan weerszijden van het kanaaldok gelegen industrieën, zolang de tunnel onder het kanaaldok hiervoor niet in aanmerking komt. Nadien zullen zij een ontlasting vormen van de tunnel voor het niet doorgaande verkeer en de lokale verbindingen.

b) Elektromechanische uitrusting.

1) Bewegingsmechanismen.

— *Sluisdeuren:* De beweging gebeurt door middel van lierwerk en kabels; dit lierwerk bevindt zich in gebouwen achter de deurkamers. De normale aandrijving van het lierwerk gebeurt door gelijkstroommotoren die gevoed worden door tyristorgelijkrichters. De normale openings- of sluitingssnelheid bedraagt 25 cm/s.

Een kleine, asynchrone hulpmotor, gevoed door een dieselgeneratoraggregaat, zorgt voor de noodbediening. Hij kan de deur verplaatsen met verminderde snelheid (10% van de snelheid met hoofdmotor).

— *Schuiven:* Zowel de omlooprioolschuiven als de afvoerduikerschuiven worden hydraulisch aangedreven. De vijzels zijn rechtstreeks in open lucht op het sluisplateau opgesteld; zij worden gevoed door hydraulische pompgroepen die in de onmiddellijke nabijheid van de vijzels worden opgesteld. Het openen van de omlooprioolschuiven gebeurt in vier stappen om een gelijkmatige niveauverandering in de sluiscolk te bekomen; het sluiten gebeurt in één stap.

— *Bruggen:* Elke brug wordt hydraulisch bewogen door twee vijzels opgesteld in het kelderlandhoofd, waar zich ook de hydraulische voedingsgroepen bevinden. Het geheel is zo opgevat dat de brug ook door één enkele zuiger kan geopend of gesloten worden. In geval van nood is een kleine hulpgroep ter beschikking. De normale openings- of sluitingstijd is 120 s. Met de noodgroep is dit mogelijk in max. 30 min. Er is een automatische vergrendeling bij open en gesloten stand.

2) Pompen.

Voor het leegpompen van de deurkamers is in dompelpompen met ingebouwde motor voorzien, twee met een debiet van elk 15.000 l/min en twee met een debiet van elk 4000 l/min; deze laatste zijn speciaal geschikt voor het uitpompen van slijk.

De uitrusting omvat eveneens twee mobiele hogedrukpompen en twee mobiele kompressorgroepen.

3) Hijswerktuigen.

Een polyvalente mobiele kraan maakt het mogelijk stukken tot 13 t op 3 m op te nemen, alsook personen tot op 16 m hoogte op te tillen met het oog op het vervangen van verlichtingstoestellen.

4) Elektrische uitrusting.

Hierin zijn begrepen:

- a) een hoogspanningskabine;
- b) een laagspanningskabine;
- c) een diesel-noodgroep;
- d) de uitrusting van de gebouwen; o.a. verlichting, verwarming, branddetectie, liften, telefooncentrale;

- e) de uitrusting van het sluisplateau met openbare verlichting, scheepvaart- en wegsignalisatie, luidsprekers.
- f) de elektrische uitrusting van de deuren (hogedruk-

- g) de bedieningsapparatuur, opgesteld in het bedieningsgebouw, en de controletoestellen, o.a. peilmeters, standaardwijzers van deuren en schuiven.

RESUMÉ:

L'ECLUSE MARITIME DE KALLO

Dans le cadre des travaux d'infrastructure pour une nouvelle zone portuaire et industrielle sur la rive gauche de l'Escaut, une écluse maritime est en voie d'achèvement à environ 9 km en aval d'Anvers, sur le territoire de la commune de Kallo.

Son implantation a été judicieusement choisie, tant au point de vue de la navigation qu'à celui du renouvellement de l'eau des bassins du nouveau port

L'écluse est du même type que les écluses Baudouin et de Zandvliet; les dimensions et le niveau du seuil ont été conçus pour des bateaux de 80.000 tdw.

Une étude géotechnique préalable a fourni tous les renseignements utiles concernant la fondation de cet ouvrage d'art et les précautions à prendre pendant son exécution.

Les deux têtes, qui enferment le sas, sont conçues comme deux constructions indépendantes dans lesquelles sont aménagés: le dispositif de retenue d'eau, les chambres des portes et les systèmes de remplissage et d'évacuation.

L'écluse comporte à chaque tête deux portes roulantes, dont une de réserve. A l'entrée de chaque chambre de porte on a prévu des battées verticales contre lesquelles peut s'appuyer un batardeau métallique, en vue de transformer la chambre de porte en cale sèche où la porte pourra être radoubée.

Le dispositif de remplissage et de vidange du sas comporte des aqueducs contournant les portes et commandés par vannes roulantes.

Le radier du sas se compose de dalles en béton qui sont indépendantes des bajoyers. Les bajoyers en béton

armé sont du type en équerre, comprenant une large semelle et un mur à paroi verticale.

La protection des bajoyers est assurée par des corps flottants en bois coulissant le long de poutres verticales en bois dur, encastrées dans le béton.

Par suite de la différence de retenue entre les deux têtes, les quatre portes métalliques sont identiques deux par deux. Chaque porte doit pouvoir résister à la pression d'eau dans les deux sens. Lors des mouvements en service la porte repose sur un chariot inférieur à son extrémité avant, et sur un chariot supérieur du côté de la chambre de porte.

Les vannes de service sont des vannes roulantes en acier soudé. Les vannes de secours sont des vannes glissantes.

Comme ouvrages divers, dont la construction est liée à celle de l'écluse proprement dite, il y a lieu de citer:

- à côté de l'écluse, un aqueduc d'évacuation, qui doit assurer un courant de renouvellement d'eau dans les bassins ainsi que le maintien de la flottaison au niveau voulu, et dont la forme définitive a été déterminée au laboratoire hydraulique de Borgerhout.
- sous l'écluse, un tunnel pour conduites, qui assurera la liaison entre les terrains industriels situés de part et d'autre du bassin-canal.
- à chaque tête, les culées pour un pont basculant.
- au sud de l'écluse, un complexe de bâtiments qui abritera les services administratifs et techniques.
- l'aménagement du terre-plein de l'écluse, comprenant des chemins de service et un vaste parking.

Les calculs de stabilité ont été faits d'une façon très détaillée pour les bajoyers, où on a examiné trois cas

de sollicitation. La stabilité des têtes est à priori plus grande que celle des bajoyers.

En ce qui concerne les calculs organiques, à part les calculs ordinaires, quelques cas spéciaux ont été examinés, notamment pour le tunnel des conduites, l'aqueduc d'évacuation, les chambres des portes, les radiers des têtes et les culées des ponts mobiles.

L'exécution des travaux a été confiée à la S.P.R.L. Algemene Aannemingen Van Laere, de Burcht, pour un montant de 1 milliard 265.867.124 F, y compris les parties métalliques. Les travaux furent entamés le 1 avril 1971.

L'installation du chantier comporte un quai de déchargement, un dépôt de sable et de gravier, une centrale à béton, un atelier central pour le ferrailage, un atelier central pour l'entretien des engins mécaniques ainsi qu'un réseau de routes et des locaux administratifs.

Le cube total des déblais s'élève à 1.350.000 m³. L'excavation et le transport des terres a été entamé à sec, puis continué au moyen d'une suceuse, suivi de la mise à sec de la fouille. Le rabattement de la nappe

aquifère a été réalisé au moyen d'une centaine de filtres qui vont jusque dans l'argile.

Environ 17.000 t d'acier, de la classe TPI et TPIV, ont été mises en œuvre.

La plus grande partie du coffrage fut réutilisée plusieurs fois, puisqu'on retrouve dans la construction principalement deux types de formes:

- les bajoyers, comportant une large semelle et un mur vertical.
- les constructions en forme de caisson (aqueducs, tunnel pour conduites).

La centrale à béton avait une capacité théorique de 320 m³/h; la production journalière a fréquemment dépassé 2000 m³. Le volume de béton mis en œuvre est d'environ 450.000 m³. Le béton fut amené sur place par camions, munis d'une benne basculante spécialement étudiée pour ce genre de travail, ou par camions munis d'un agitateur. Quelques parties en béton furent pré-fabriquées.

Le nombre d'ouvriers et d'employés a été réduit au minimum suite à une rationalisation poussée des méthodes de travail.

LES MECANISMES DE MELANGE DES EAUX DANS L'ESTUAIRE DE L'ESCAUT

par

ir. J. J. PETERS

Ingénieur Principal des Ponts et Chaussées
Laboratoire de Recherches Hydrauliques - Borgerhout
Docent aan de Vrije Universiteit te Brussel
Chef de travaux à l'Université Libre de Bruxelles

1. INTRODUCTION

Les estuaires ont de tout temps constitué des pôles d'attraction pour l'homme. Lors du développement de la navigation maritime, des ports y furent établis parfois loin à l'intérieur des terres car l'accès était aisé même pour les grands navires de l'époque. Les accostages pouvaient se faire à l'abri des tempêtes, l'accessibilité à la navigation intérieure garantissait un transit rapide et facile des marchandises vers l'intérieur du pays.

Le développement du trafic maritime et la construction de navires de tonnage croissant ainsi que les risques d'inondation des zones riveraines des estuaires ont nécessité des travaux d'aménagement tels que construction de digues, dragages, rectification du tracé du fleuve etc...

Le mélange des eaux de surface (douces) et de l'eau de mer (salée) crée dans les estuaires des milieux variés et complexes tant du point de vue physique que chimique ou biologique.

Au cours des dernières décennies, les estuaires ont été de plus en plus utilisés pour le rejet de polluants, d'autant plus que les zones industrielles et les villes se sont développées près des ports. Les dimensions, souvent impressionnantes des estuaires, ont facilement fait oublier qu'ils ne sont dans certains cas que de petites rivières, comme par exemple l'Escaut.

Alors que les études spécifiques d'amélioration de la navigabilité ou de protection contre les inondations ne font pas intervenir les mécanismes de mélange des eaux, ceux-ci ne peuvent plus être ignorés dans l'analyse des processus physiques, chimiques et biologiques de la pollution.

Les mécanismes de mélange des eaux de l'estuaire de l'Escaut et leur influence sur les processus de la pollution décrits dans ce texte sont les conclusions provisoires des recherches menées au Laboratoire de Recherches Hydrauliques sous la conduite de Monsieur A. Sterling, Directeur du Laboratoire.

La plupart des données proviennent de mesures effectuées, depuis 1965, par l'équipe de mesures sur terrain du Laboratoire, certaines en collaboration avec le Service d'Océanographie Chimique de l'Université Libre de Bruxelles, dirigé par Monsieur le Professeur R. Wollast, d'une part dans le cadre de l'étude de l'origine et des mécanismes de l'envasement de l'estuaire de l'Escaut dirigée par le Laboratoire de Recherches Hydrauliques, d'autre part dans le cadre du modèle mathématique de pollution de l'Escaut dont l'étude est dirigée par la Commission Interministérielle de la Politique Scientifique. Les autres sources de données sont le Laboratoire de Recherches Hydrauliques, les Services Maritimes d'Anvers, Messieurs N. De Pauw (Laboratorium voor Biologisch Onderzoek en Milieuverontreiniging — Rijksuniversiteit Gent) et S.B. Tijssen (Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel, Nederland).