

Maandblad

gewijd aan cement en beton

tevens

officieel orgaan

van de

Betonvereniging

# CEMENT

Jaargang XXV nr. 1, januari 1973

## Inhoud

- 3 Leidingtunnel onder Hollandsch Diep  
door ir.H.J.C.Oud en ir.V.L.Molenaar
- 12 Stabiliteitsonderzoek binnen ieders bereik (II)  
door ir.J.Blaauwendraad
- 18 Examen Betonconstructeur BV 1972 (I)
- 20 CUR-nieuws
- 21 Beton in beeld
- 25 Mededelingen van de Betonvereniging
- 26 Kunstharsen bij betonreparatie (I)  
door W.Bassie
- 32 Voorspanstaal; certificering en standaardisering  
door C.D. de Waal, D.C.Binnekamp, ing. en H.J.Verlinden
- 38 Universiteitsgebouw in Haifa  
door Is.Jacobsen, architect
- 41 Verslag van de Betondag, gehouden te Breda, 16 november 1972
- 42 VAN beton - VOOR beton - OVER beton
- 44 Contents - Sommaire - Inhalt

### Redactie

dr. ir. G. F. Janssonius, hoofdredacteur  
ir. J. H. van Loenen, M. G. P. Nelissen,  
P. L. Spits, J. M. L. Trouw, ing.,  
A. A. van der Vlist

### Redactie-adres

Herengracht 507, Amsterdam-C  
tel. (020) 23 85 31

### Uitgave

Verkoopassociatie Nederlands Cement  
Enci-Cemij-Robur B.V., Amsterdam

### Abonnementenadministratie

Verkoopassociatie Nederlands Cement  
Herengracht 507, Postbus 10, Amsterdam  
afd. Publikaties, Postgiro 212950

### Redactieraad

G. P. van Loon, voorz.,  
ir. P. J. Allaart, prof. ir. A. S. G. Bruggeling,  
Th. Cool, ing., prof. ir. D. Dicke,  
ir. H. van Dusschoten, ir. H. J. J. Engel,  
ir. C. van de Fliert, prof. dr. ir. A. M. Haas,  
prof. ir. H. Hertzberger, dr. ir. G. Huyghe (B),  
prof. ir. J. W. Kamerling, ir. W. van Klaveren,  
ir. A. C. Krijn, ir. K. L. A. van der Leeuw,  
ir. F. K. Ligtenberg, ir. C. J. Louw,  
A. C. van Riel, ing., ir. B. J. L. Roelofs,  
dr. ir. G. Scherpbier, ir. W. de Steur,  
prof. drs. E. M. Theissing, ir. J. in 't Veld,  
prof. ir. B. W. van der Vlugt, A. M. Witte, ing.

### Ontwerp omslag

Otto Treumann, GVN, AGI

### Abonnementsprijzen per jaar (excl. B.T.W.)

Nederland, Suriname, Ned. Antillen en  
België: f 34,—  
buitenland: f 49,—  
leden van de Betonvereniging: f 31,50  
studieabonnements voor studenten TH en  
HTS (dagschool) en militairen: f 19,—  
prijs van losse nummers: f 4,—

### Advertenties

Nieuwe Achtergracht 104, Postbus 1198,  
Amsterdam-C., tel. (020) 22 97 21  
Postgiro 28767, Gemeentegiro K 1048  
t.n.v. B.V. 't Koggeschip,  
drukkers- en uitgeversbedrijf  
(afd. Met Couragie)

Overname van artikelen en illustraties alleen  
na schriftelijke toestemming

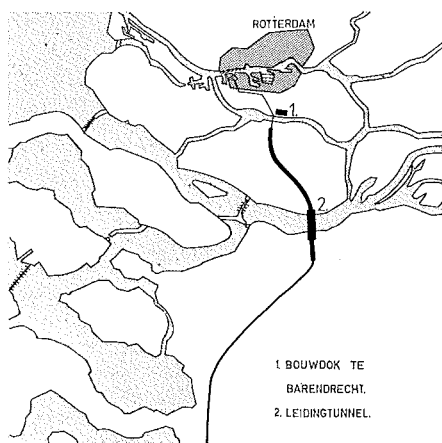


Overnemen van een tunnelement door de spudpontons

foto: Aero-Camera/Rotterdam

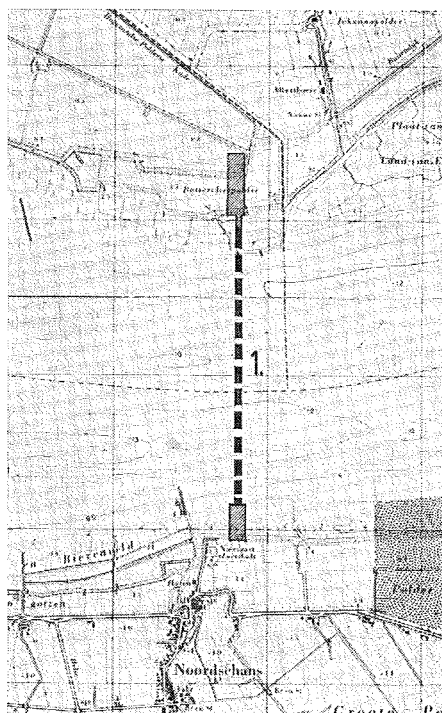
# Leidingtunnel onder Hollandsch Diep

U.D.C. 624.194:693.5.012.43:691.175



1  
Plaats van het bouwdoek en de tunnel  
Situation of building dock and tunnel

2  
Plaats van de tunnel onder het Hollandsch  
Diep  
Place of the tunnel under the river  
Hollandsch Diep



## 1. Algemeen

In juni 1971 werd door de toenmalige Minister van Verkeer en Waterstaat, drs.J.A.Bakker, een wetsontwerp bij de Tweede Kamer ingediend voor de aanleg van een buisleidingstraat. Het initiatief voor deze leidingstraat dateert van augustus 1969 toen Rotterdam en de provinciale staten van Noord-Brabant zich tot de overheid wendden, omdat de Rotterdamse haven- en industriegebieden en de bestaande en geplande haven- en industriegebieden in westelijk Noord-Brabant, Zeeland en Antwerpen dringend behoefte hadden aan tracés voor buisleidingen. Alle nog aan te leggen buisleidingen zullen in de toekomst binnen dit tracé een plaats aangewezen krijgen (fig. 1).

Het ontwerptraac loopt vanaf Pernis bij Rotterdam via Moerdijk naar Noordhoek. Verder komt er een tak in de richting van Zeeland. Tussen Pernis en Moerdijk zal een gedeelte van ca. 13 km worden aangelegd met een breedte van 200 m, in verband met een mogelijke aansluiting in westelijke richting naar de Maasvlakte bij Westmaas. Tussen Moerdijk en Noordhoek zal de breedte eveneens 200 m bedragen. Het overige tracé heeft een breedte van 100 m.

Met de voorbereiding en uitvoering van de leidingstraat is het Projectbureau Leidingstraten belast, dat is samengesteld uit functionarissen van de Rijkswaterstaat en de Cultuur Technische Dienst. De exploitatie van de leidingstraat komt in handen van een overheids-N.V., waarin deelnemen de Ministeries van Verkeer en Waterstaat, Financiën, Economische Zaken en Landbouw en Visserij, terwijl de betrokken provincies en de industrie medezeggenschap krijgen.

## 2. Tunnel onder het Hollandsch Diep

Tussen Klundert en Strijen wordt in het Hollandsch Diep een leidingtunnel gebouwd voor het doorvoeren van de toekomstige leidingen in de leidingstraat (fig. 2). Een van de problemen die bij de aanleg van een buisleidingenstraat naar voren komt, is de ruimte die in beslag wordt genomen. De diepte waarop een leiding komt te liggen, bepaalt de breedte van de grondstrook, die daarvoor gereserveerd moet worden. Op plaatsen waar de leidingstraat rivieren en kanalen kruist, zal bij het toepassen van zinkers of zinkerbundels een brede rivierkruising vereist zijn, omdat tussen de zinkers voldoende grote afstanden aangehouden moeten worden. De wens is echter om zo veel mogelijk leidingen op een zo klein mogelijke afstand van elkaar de rivier of het kanaal te laten kruisen.

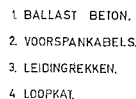
De kosten voor een tunnel waren inclusief bouwrente en investeringen lager dan de kosten voor een groot aantal zinkers, eventueel gecombineerd in groepen. Het ontwerp voor de leidingtunnel is gemaakt door Rijkswaterstaat, directie Sluizen en Stuwen, in opdracht van het Projectbureau Leidingstraten te 's-Gravenhage.

Tussen de twee landhoofden bevindt zich het gezonken tunnelgedeelte dat een lengte bezit van 1620 m. De landhoofden doen dienst als stijgschacht en expansiekelder. De bouw van de tunnel wordt uitgevoerd door de Kombinatie Tunnelbouw die bestaat uit de aannemingsbedrijven Dirk Verstoep Nederland B.V. te 's-Gravenhage en de N.V. tot Aanneming van Werken, voorheen H.J.Nederhorst te Gouda. Met het werk is op 7 oktober 1971 begonnen en is medio december 1972 voltooid. De aannemingssom bedraagt f 12 900 000; hierin is de omzetbelasting niet begrepen.

## 3. Dwarsprofiel

Het dwarsprofiel van de tunnel is een cirkelvormige betondoorsnede met een inwendige diameter van 4 m en een wanddikte van 0,325 m (fig. 3). De afmetingen zijn bepaald door het aantal leidingen dat door de tunnel gevoerd moet worden. Ten behoeve van het te verwachten leidingenpakket moest de nuttige doorsnede 10 m<sup>2</sup> bedragen.

Met de nodige hoeveelheid ballastbeton, ter voorkoming van oprijving van de tunnel, kon aan de eis van vrije ruimte worden voldaan. Het ballastbeton wordt onder in de buis aangebracht; de hoogte ervan bedraagt in het hart van de tunnel 1,25 m. De tunnel krijgt hierdoor onder water een neerwaartse kracht van ca. 400 kgf per strekkende meter. Als gevolg van de aanvulling van de tunnel en de later te plaatsen leidingen zal deze neerwaartse kracht toenemen. In het ballastbeton zijn ter plaatse van de wand goten gespaard om eventueel lekwater af te voeren naar de pompkelders; de goten zijn gedimensioneerd op een afvoer van



ca. 25 m³/uur. De tunnel is voorgespannen volgens het systeem Freyssinet met negen kabels (12½" strengen QP 190). Het voorspannen geschiedde aan één zijde. Voor het plaatsen van de leidingen zijn stalen leidingrekken aangebracht.

#### 4. Lengteprofiel

Het riviergedeelte van de leidingtunnel bestaat uit 27 elementen, elk met een lengte van 60 m, zodat de totale af te zinken lengte ca. 1620 meter bedraagt (fig. 4). Elk zinkelement wordt samengesteld uit 10 geprefabriceerde moten. De bodem van het Hollandsch Diep ligt op het diepste punt op ca. 9 m —NAP. De bovenkant van de tunnel ligt op 11 m —NAP. In de tunnel zijn verticale boogstralen aangebracht van 3000 m zodat de leidingen ongestoord kunnen worden ingetrokken.

Op de beide oevers komen twee landgedeelten. Het zuidelijke landgedeelte bestaat uit een dwars geplatst landhoofd met afmetingen van ca.  $8 \times 30$  meter. Het noordelijke landgedeelte bestaat uit een in de droge gebouwde landtunnel met een lengte van 89 m, waarachter een landhoofd met een kokervormig uiteinde waardoorheen de leidingen de tunnel in worden getrokken. De afmetingen van dit landhoofd zijn  $8 \times 45$  meter. De landhoofden doen dienst als expansieruimte voor de leidingen. In deze ruimte komen de nodige isolatiekoppelingen en worden de leidingen de tunnel uitgevoerd.

## 5. Ontwerp

Tijdens het vooronderzoek zijn verschillende dwarsdoorsneden doorgerekend. Een vierkante doorsnede bleek constructief en uitvoeringstechnisch duurder te zijn dan een cirkelvormige doorsnede. De wapeningsbesparing van een cirkelvormige constructie ten opzichte van een vierkante doorsnede was ca. 40%. Een ronde doorsnede is trouwens ideaal voor een betonconstructie, omdat radiale drukken resulteren in een drukspanning in de ringrichting. De wapening in de radiale richting hangt af van de waterbelasting, grondbelasting, temperatuurspanningen en belastingen vanuit de leidingrekken en de katbaan in de tunnel.

Uitgegaan is van een maximaal temperatuurverschil tussen binnen- en buitenwand van 20°. De temperatuurspanningen bedragen ca. 17 kgf/cm<sup>2</sup>. De ongunstige situatie voor de dwarsdoorsnede doet zich voor als de tunnel juist ondergedompeld is, omdat op dat moment de som van de momenten en de normaalkrachten in de betondoorsnede het ongunstigst werken.

Tijdens de bouwfase wordt de tunnelmoot op ondersteuning gezet. Als gevolg hiervan ontstaan radiale momenten die niet gering zijn. Ter plaatse van de opleggingen is dan ook de nodige extra wapening bijgelegd. De lengte van de tunnelelementen is voor wat het transport betreft aan een maximum lengte gebonden. Door de temperatuurvariaties ontstaan in de tunnel ten gevolge van de grondwrijving trek- en drukspanningen. Met het oog op de waterdichtheid van de voegen mogen ter plaatse van de voegen nooit trekspanningen optreden. Uit de berekening volgde dat bij een aangenomen temperatuurverschil van 15° C en een voorspankracht van ca. 1050 ton, nergens trekspanningen optreden. De resterende drukspanning bedraagt 4 kgf/cm<sup>2</sup>. Deze voorspanning was tevens voldoende om in de bouwfasen de trekspanningen ten gevolge van de temperatuurvariaties door directe zonbestraling op een element van 60 m op te nemen. De tunnelmooten worden niet geconstrumald, zoals bij de grondduiker te Jutphaas, maar onafhankelijk van elkaar geprefabriceerd. Na het stellen en uitlijnen worden de voegen met een epoxyspecie geïnjecteerd.

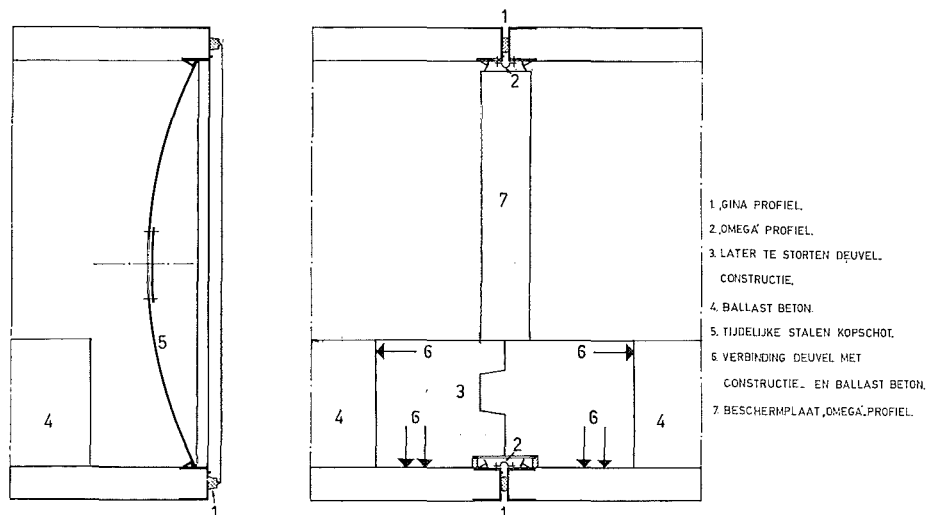
Nadat de voorspanning was aangebracht, moest ongeveer vijf dagen worden gewacht met het injecteren van de kanalen, daar de kruip van de epoxymortel veel groter is dan van de injectiemortel. De epoxymortel heeft echter na ongeveer vijf dagen zijn grootste kruip gehad. Als de kabels direct na het voorspannen waren geïnjecteerd, dan zouden de voorspankabels met de injectiemortel als een soort deuvels in de voegen zijn gaan werken. Bij TNO is een onderzoek ingesteld naar het gedrag van een voegconstructie met de epoxyspecie bij verhitting. Hiertoe werd een brandproef uitgevoerd. Een proefstuk werd opgesteld boven een horizontale oven en aan de onderzijde verhit overeenkomstig het gestelde in NEN 1076, hoofdstuk D. De voegconstructie bleek na verhitting (tot 950 °C) niet bezwaken te zijn.

Ter plaatse van de zinkvoegen wordt een deuvelconstructie aangebracht om een eventuele dwarskracht op te nemen daar het 'Ginaprofiel' tussen de elementen niet in staat mag worden geacht dwarskracht over te brengen (fig. 5). De krachten worden via het ballastbeton in de tunnelconstructie opgenomen.

5

Detail zinkvoeg

Detail of the joint between two elements under water



### 6. Produktie van de zes meter lange moten

De bouw van de leidingtunnel moest binnen zeer korte tijd geschieden. Vanaf het moment van de opdracht tot aan de oplevering was de Kombinatie Tunnelbouw slechts 14 maanden gegund. In deze maanden moesten ca. 1620 m gezonken tunnel, 120 m landtunnel en twee gewapend-betonnen landhoofden met bedieningsgebouwtjes worden gebouwd. Bovendien zou veel tijd besteed moeten worden aan voorbereiding en ontwikkeling en werkzaamheden aan het bouwdok.

Als gevolg van de zeer korte bouwtijd was het noodzakelijk het gehele werk zoveel mogelijk in seriebouw uit te voeren. Deze seriebouw is gevonden in:

- de produktie van 270 moten, lang 6 m, gemaakt in het vroegere bouwdok van de tunnel onder de Oude Maas nabij Barendrecht, voor deze produktie was een tijd van vier maanden beschikbaar;
- de assemblage van deze moten tot 27 elementen van elk 60 m in het zelfde bouwdok, hiervoor waren eveneens vier maanden beschikbaar;
- het afzinken van 27 tunnelelementen in het Hollandsch Diep, dit werk geschiedde in twee maanden.

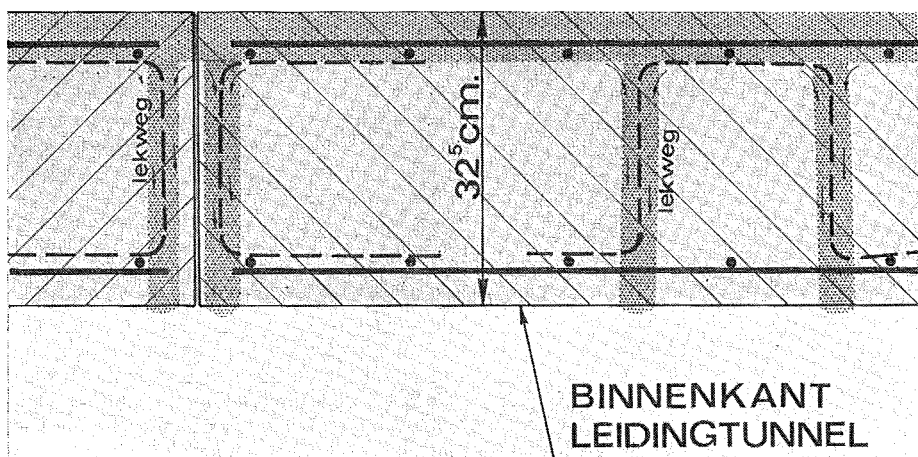
De overige werkzaamheden omvatten het baggeren van de sleuf en deze na het afzinken weer aanvullen, de bouw van de gewapend-betonnen landhoofden en de afbouw in de tunnel na het afzinken.

Het bouwdok in de Jan Gerritsenpolder bleek door zijn afmetingen bij uitstek geschikt voor het vervaardigen van de tunnelelementen. De lengte van het dok was ruim voldoende om alle elementen op een oppervlakte van 400 X 30 m te assembleren.

Voor de in totaal 270 moten waren vier stalen bekistingen nodig waarin per dag per bekisting één moot geproduceerd moest worden. Deze bekistingen werden geplaatst op een gewapend-

Wapeningsdetail; met het oog op de waterdichtheid is er geen verbindingswapening tussen binnen- en buitennet

Detail of the reinforcement; regarding the watertightness there is no connection between the inner- and outer reinforcement

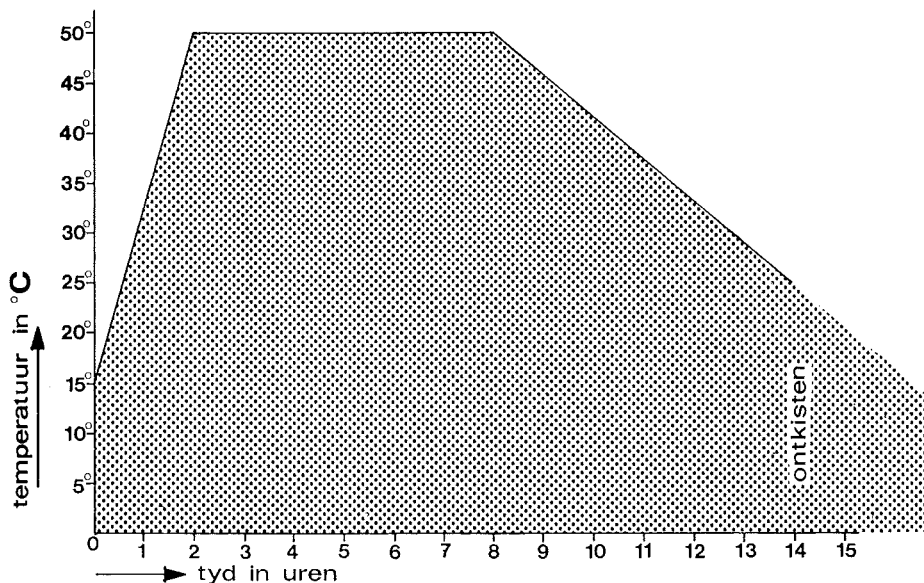


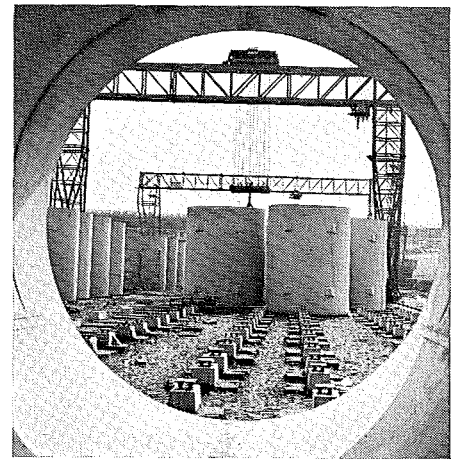
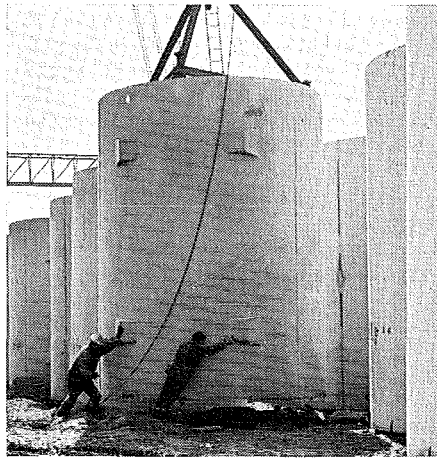
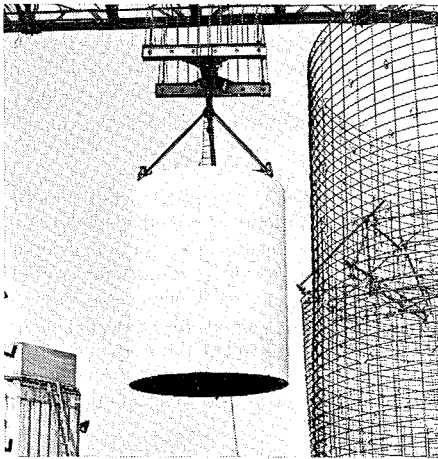
betonfundering en wel zodanig dat het nastellen van de bekisting bij eventuele zettingen van de fundatie mogelijk bleef. Extra aandacht kreeg de verbinding van de bekisting met de fundatie. Voor een goede verdichting van de betonspecie moest ook de bodem van de bekisting door de bekistingstrilliers in trilling worden gebracht.

De bekisting zelf bestond uit zes losse schalen, verstijfd door vakwerken. De drie schalen die de binnenbekisting vormden, werden gesloten door lange verticale spieën. De buitenbekisting bestond eveneens uit drie schalen, die over een rail reden en met behulp van lieren in- en uitgedraaid konden worden. Omdat de slechts 32,5 cm dikke betonwand niet van een waterdichte bekleding is voorzien, moesten bijzondere eisen aan de wapening worden gesteld. In vergelijking met een normaal wapeningsnet dat is opgebouwd uit hoofd- en verdeelwapening met de nodige supporten en haarspelden, moest hier elke verbinding tussen binnen- en buitennet achterwege blijven met het oog op de waterdichtheid (fig. 6). Haarspelden en supporten veroorzaken vrijwel zeker lekkage, doordat ten gevolge van het nazakken van het beton direct onder de haarspeld of support, kanaaltjes ontstaan. Door deze kleine kanaaltjes wordt een lekweg gecreëerd.

Ten behoeve van een eenvoudige en snelle fabricage en een vormvaste wapeningskorf, werd besloten geprefabriceerde rondgewalste gepuntlaste wapeningsnetten QR 48 te gebruiken. Binnen- en buitennet werden onafhankelijk van elkaar rond zeer nauwkeurige vlechtmallen opgebouwd tot volledige korven. Na fabricage werden de korven uit de mal gehaald en opgeslagen.

Zodra de bekisting beschikbaar was, werden binnen- en buitenkorf los van elkaar in de bekisting geplaatst. Daarna werden ten behoeve van de voorspanning aalhuiden aangebracht die van boven en van onderen door de bekisting werden vastgehouden. Ook hier werd een fixatie vermeden, ter voorkoming van een mogelijke lekweg. Gebleken is dat onder meer door het toepassen van de bovenomschreven werkwijze, geen enkele lekkage is geconstateerd. Het beton bevatte 325 kg hoogovencement, klasse A per m<sup>3</sup>; voor de korrelverdeling werd de Fuller-kromme aangehouden. Het betonmengsel had een zetmaat van 4 cm. Gestort werd met behulp van een centrale trechter waaronder zich een transportbandje bevond. Deze unit draaide rond over de bekisting en wel zodanig dat het uiteinde van het bandje boven alle stortkokers kon komen. Deze kokers hadden een variërende lengte en dienden tevens als





8

*Transport tunnelmoot van productieplaats naar tijdelijk opslagveld*  
*Transport of a tunnel piece from the production place to the temporary store*

9-10

*Zorgvuldig neerzetten van tunnelement*  
*A tunnel element is carefully placed*

tijdelijke afstandhouder tussen binnen- en buitenkorf. Het verdichten van de betonspecie geschiedde door middel van hoogfrequente bekistingtrillers die volgens een vast patroon over de bekisting waren verdeeld. Het verwerken en verdichten van het beton verliep uitstekend. Met het oog op de bedrijfszekerheid werden hoge eisen gesteld aan de trillers. Controle en onderhoud bleven noodzakelijk vanwege het inwerken van de stoom. Het uitvalen van een der motoren zou onherroepelijk grindnesten veroorzaken met alle nare gevolgen hiervan voor de waterdichtheid.

Per dag moest per bekistingsunit één element worden afgeleverd. De nacht werd dan gebruikt voor het stomen van de elementen (fig. 7). Door dit stomen werd een versnelde verharding verkregen. De toegepaste en hierbij aangegeven stoomcyclus bestond uit drie delen, te weten: de opwarming, de eigenlijke temperatuurbehandeling en de afkoeling.

Ten einde de volgende morgen voldoende druksterkte te hebben, was het noodzakelijk uit te gaan van een begintemperatuur van het beton van 15 °C. Derhalve moest in de winter gewerkt worden met verwarmd beton (maximum temperatuur ca. 20 °C). Ongeveer twee uur na het storten werd de temperatuur van het beton op ca. 50 °C gebracht. Gedurende ca. 6 uur werd het element op deze temperatuur gehouden, waarna een langzame afkoeling werd ingezet. Deze afkoeling moest vooral langzaam gebeuren om geen scheuren door temperatuurspanningen in het beton te krijgen. Na deze stoomcyclus bezat het beton een druksterkte van ca. 180 kgf/cm<sup>2</sup>; dit was voldoende om de moot uit de bekisting te tillen en naar een tijdelijke opslag te transporteren (foto 8, 9 en 10). De moot moest enige dagen in deze opslag doorharden voordat hij in de 'kantelstoel' van de verticale in de horizontale stand gewenteld kon worden (foto 11).

#### 7. Assemblage van de elementen, lang 60 m

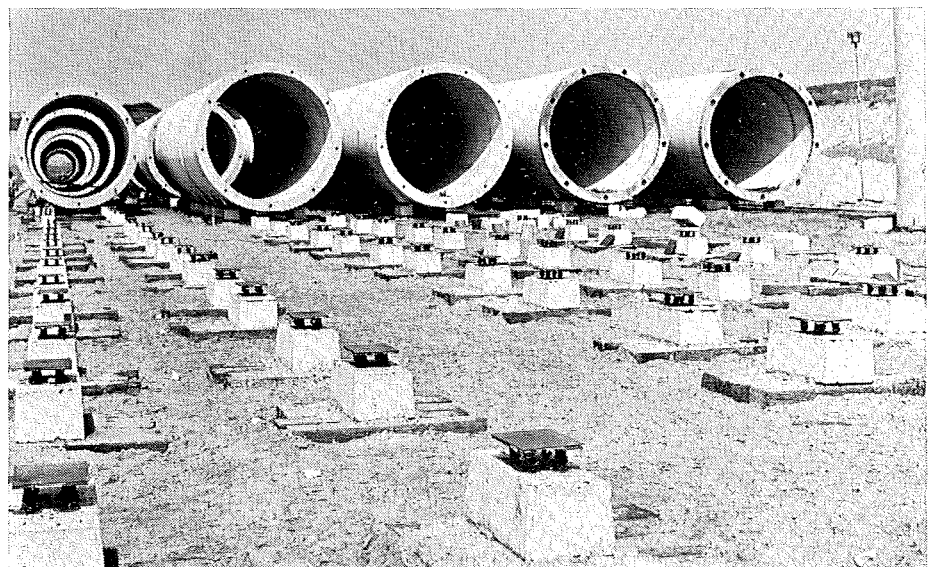
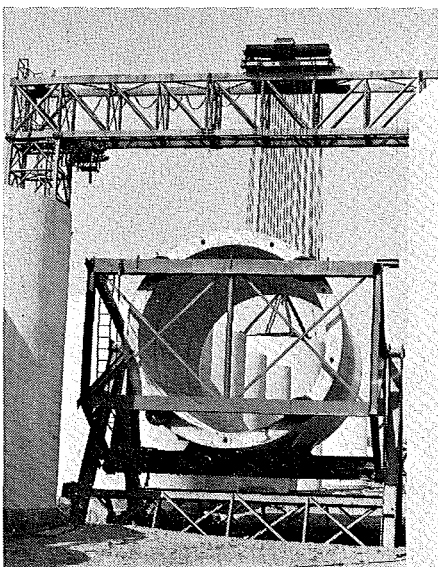
Nadat de moten op verstelbare opleggingen waren geplaatst, werden ze nauwkeurig uitgelijnd en achter elkaar in de as gesteld (foto 12), zodat tussen de moten voegen ontstonden van 1 tot 2 cm. Voor het stellen werden de voegvlakken gestraald. Ten einde een goede aanhechting van de epoxymortel aan het beton te verzekeren, was het noodzakelijk de cementhuid te verwijderen. Hierna werden de voegen tussen de moten gevuld met epoxymortel. Deze bestond uit een twee componenten epoxyhars met een toeslagmateriaal van een zeer fijne gradering. De druk- en treksterkten van deze epoxymortel zijn zeer groot en overtreffen die van beton.

11

*Kantelstoel*  
*Element in the tilting construction*

12

*Assemblageveld*  
*Assembling site*



De aanhechting van de epoxymortel op het beton is zo goed, dat bij alle beproevingen de breuk in het beton optrad en niet in de epoxymortel of langs het aanhechtingsvlak. De epoxymortel is bovendien zeer slijtvast en bestand tegen bijna alle chemicaliën. De verharding van deze epoxymortel gaat zeer snel en is onder meer sterk afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Hoe hoger de temperatuur, des te sneller is de mortel uitgehard. De verwerking moest binnen één uur na het aanmaken plaatshebben.

De 'bekisting' van de voeg werd gevormd door twee rubberslabs. Eén ervan werd aan de buitenzijde om de tunnelmolen gespannen en één werd aan de binnenzijde tegen de tunnelmolen aangedrukt. Het afdichten van de voerspankanalen geschiedde door er een rubber prop in aan te brengen, die in elkaar werd gedrukt. Als gevolg van deze verkorting nam de omtrek van de rubber prop toe, totdat hij rondom volledig tegen het sparingskanaal was aangedrukt. Door de grote aanhechtingskracht van de epoxymortel moesten elke slab en dichtingsprop telkens worden behandeld met een anti-hechtvlak. Na het dichtzetten van de voeg werd de epoxymortel van onder af ingeperst; op deze wijze werden luchtinsluitingen voorkomen. De grote drukken die bij het injecteren van de epoxymortel optraden, stelden hoge eisen aan de afdichtingen.

Na het verharden van de epoxymortel werd de definitieve voerspanning aangebracht. In verband met de kruip van de epoxymortel werden de voerspankanalen eerst na vijf dagen met injectiespecie geïnjecteerd.

Bij het afzinken van de leidingtunnel moest de totale hoeveelheid ballastbeton reeds aangebracht zijn. Door zijn afmetingen en vorm was het gemakkelijk het totale gewicht en de waterverplaatsing te bepalen. Vervolgens werd berekend hoeveel ballastbeton in het element gepompt moest worden, zodat een zinkgewicht werd overgehouden, dat lag tussen de 24 en 60 t. Het minimum gewicht werd bepaald door de opwaartse druk, die tijdens het onderspoelen zou optreden. Het maximum gewicht werd bepaald door de capaciteit van de zinkunit. Het ballastbeton werd op de montageplaats in het element gepompt.

Voor het onder water zetten van de elementen in het bouwdoek moesten de nodige afzinkvoorzieningen worden aangebracht (foto 13). Elk element werd aan weerszijden afgesloten met een kopschot. Elk kopschot werd als rondgewalste stalen tankbodem op een ingestorte stalen kopring gelast. Holle ruimten die tussen de stalen ring en het beton ontstonden, werden geïnjecteerd met epoxyhars.

Als de kopschotten in het element waren aangebracht, werd er lucht ingepompt tot een overdruk ontstond van een halve atmosfeer om het element op lekkages te controleren. De weinige lekkages die toch optraden, werden door injecteren verholpen. Bovendien werden in de

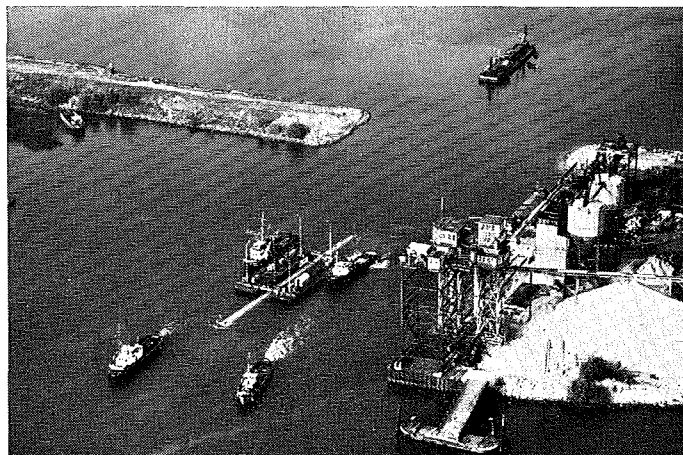
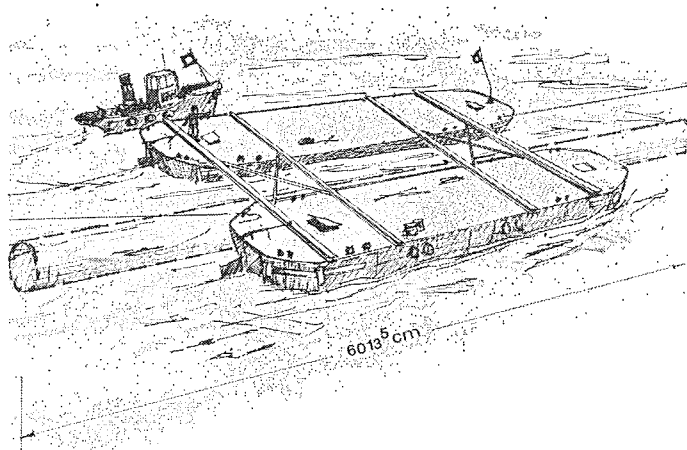
13

Bouwdoek wordt onder water gezet  
Immerging the building dock



14-15

Transport van 60 m lang tunnelelement met de transportset uit het bouwdoek te Barendrecht naar Hollandsch Diep  
foto: Aero-Camera/Rotterdam  
A 60 m long tunnel section is transported to its destination



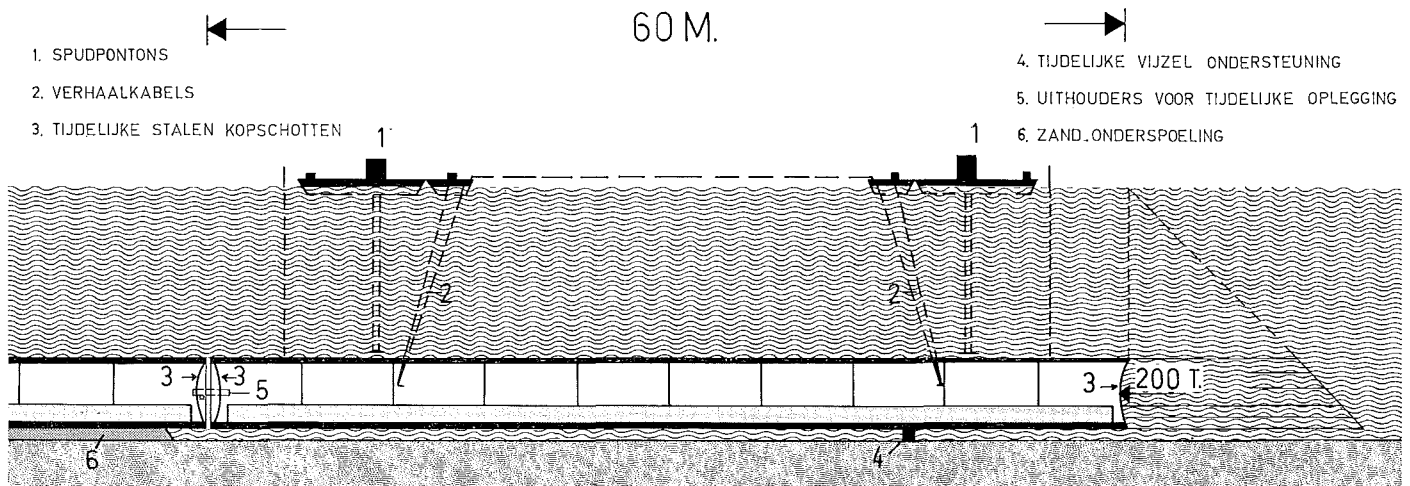
kopschotten afsluiters en veiligheden aangebracht die nodig waren bij het afzinken. Op de stalen kopring werd het rubber 'Ginaprofiel' verlijmd. In het dok werden de nodige afzinkvoorzieningen aangebracht zoals tijdelijke opleggingen, ankers en dergelijke. De tijdelijke oplegging bestond uit een staalconstructie die na het afzinken via vijzels de tunnel tijdelijk draagt tot het ogenblik dat het element onderspoeld is.

#### 8. De landhoofden

Het noordelijke landhoofd is in een open bouwput gebouwd. Deze put werd drooggehouden door een diep-welbemaling gecombineerd met een vacuumbemaling.

Het zuidelijke landhoofd is gemaakt binnen een damwandkuip. Na het ontgraven van deze kuip is er onder water een betonvloer gestort. Deze diende als stempeling van de damwand en als fundatie van het landhoofd. De onder-watervloer is in een kuip van 35 X 12 m gestort volgens de hydroventiëlmethode. De dikte van de vloer bedraagt ca. 50 cm. Bij de hydroventiëlmethode wordt het beton door een flexibele dunne slang gestort. De waterdruk drukt de slang dicht. Het eigen gewicht van het beton moest deze waterdruk overwinnen. Ontmenging kan op deze wijze niet optreden. Aan de onderzijde komt het beton via een omgekeerde trechter uit de slang. Doordat de hele stortinstallatie over een vaste constructie op de kuip glijdt kan de bovenzijde van het beton, met een afrijconstructie op de trechter, vlak afgewerkt worden.

De betonspecie bevatte 325 kg hoogovencement, klasse A per m<sup>3</sup> en had een zetmaat van ca. 10 cm. Door TNO is een onderzoek verricht naar de kwaliteit. Uit het onderzoek van deze onder-waterbetonvloer bleek dat op deze wijze een homogene betonsamenstelling werd verkregen zonder luchtinsluitingen en grindnesten. De gemiddelde druksterkte bedroeg 322 kgf/cm<sup>2</sup> met een standaardafwijking van slechts 25 kgf/cm<sup>2</sup>.



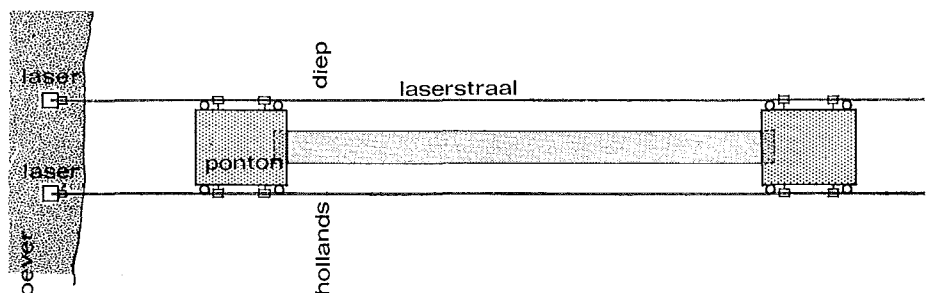
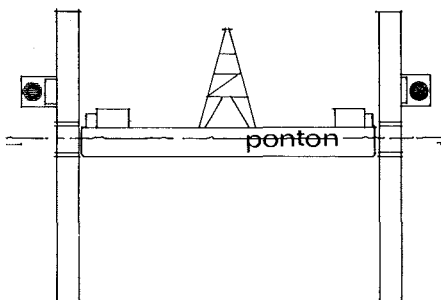
16  
Zinkmanoeuvre  
Sinking an element

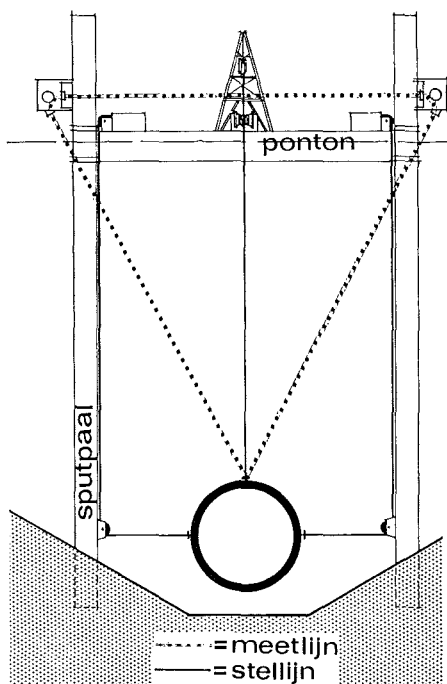
#### 9. Afzinken

Een gedegen studie omtrent de wijze van afzinken heeft geresulteerd in een eenvoudige en efficiënte oplossing. Gebruik werd gemaakt van twee Spud-pontons, de Streckker en de Drukker. Deze worden normaal gebruikt voor het afzinken van zinkstukken. De twee pontons zijn elk uitgerust met vier spud-palen en de nodige lieren. Het af te zinken tunnel-element werd door de twee pontons overgenomen van de transportset. De pontons werden opgesteld boven de uiteinden van het af te zinken tunnelelement. Tussen de spud-palen werd het element aan de lieren neergelaten (fig. 16). Het element kon zijwaarts worden bewogen door middel van draden die via blokken aan de onderzijden van de spuds met lieren op het dek, verbonden waren met de zijkanalen van het element. Ter plaatse van de oplegging op het voorgaande element bevonden zich aan de zijkanalen van het af te zinken tunnelelement stalen tasters die om het voorgaande element schoven tot ze op de stalen nokken van dat voorgaande element kwamen te rusten. Aan deze zijde was het element dan volledig gesteld en opgelegd.

Aan het vrije einde vond het inmeten plaats met behulp van laserstralen (fig. 17), die een rechte lijn over het Hollandsch Diep beschreven. De afstand van het vaste meetpunt op de

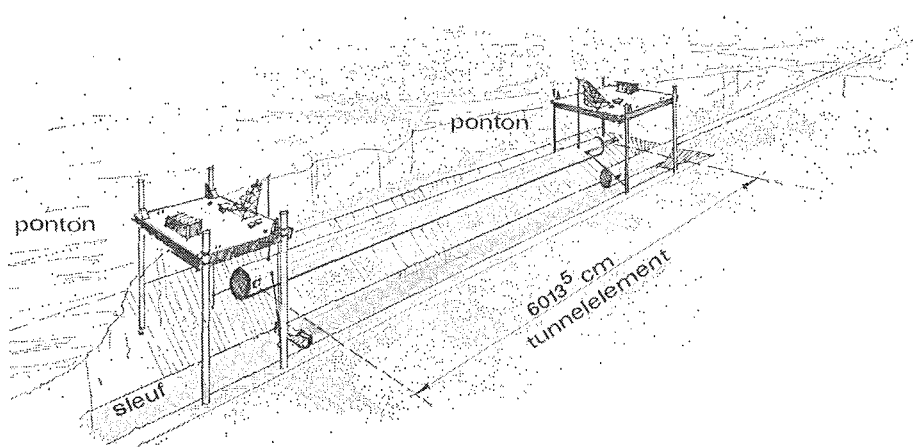
17  
De laserstralen leggen een rechte lijn over het Hollandsch Diep  
Laser rays make a straight line over the river





18

De afstand van het vaste meetpunt op de tunnel en het projectiepunt van de laserstralen op perspex schermen maakte een juiste ligging van het element mogelijk  
The distance between the point of measurement and the point of projection of the laser rays on perspex screens made a right position of the tunnel section possible

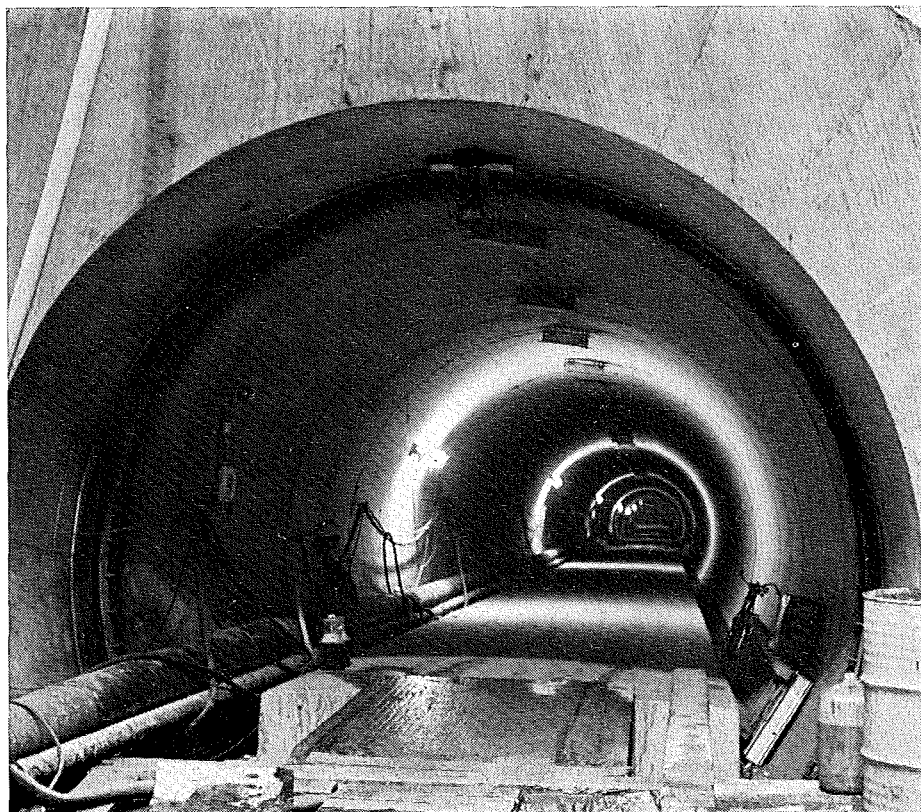
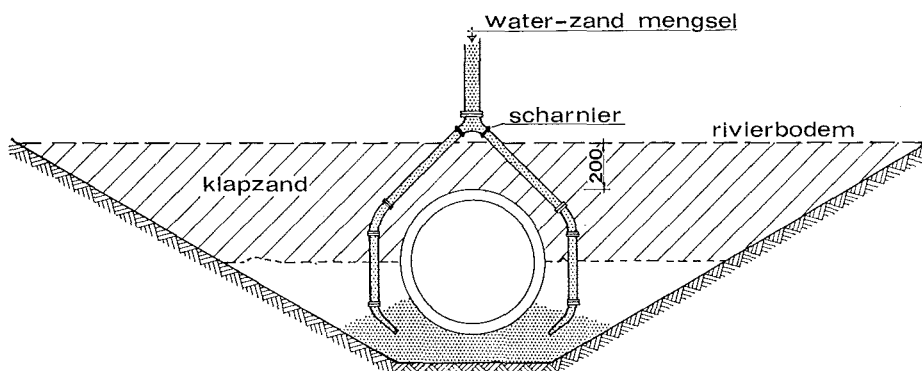


19

Het tunnelement wordt neergelaten tussen de spud-palen  
The tunnel section is sunk between the spud piles

20

Na afzinken wordt de tunnel met zand onderspoeld en aangevuld  
After sinking the tunnel is scoured and filled up with sand



22

Tunnelingang aan de zuidelijke oever  
Entrance of the tunnel on the southern bank

tunnel en het projectiepunt van de laserstralen op perspex schermen was van tevoren berekend. Deze afstand werd vastgelegd op meetdraden, die bevestigd waren op het meetpunt (fig. 18). Met de hijsdraad en de steldraden opzij van het tunnelement werd zo lang gemanoeuvreerd tot de punten op de meetdraden samenvielen met de projectiepunten van de laserstralen. Nadat het element op deze wijze zuiver was opgesteld (fig. 19), werd de ruimte tussen de twee kopschotten geleegd. Daartoe werd het af te zinken element tegen het voorgaande aangedrukt. Het water liep dan langs het Ginaprofiel weg, totdat dit profiel tegen het reeds afgezonken element aankwam. De aldus ontstane gesloten kamer moest van binnen uit door het kopschot van het voorgaande element worden ontwaterd. Hierna werden de vijzels in de tijdelijke oplegpoten aan het vrije einde uitgedrukt en werd de tijdelijke ondersteuning in werking gesteld tot het tunnelement volledig onderspoeld was (fig. 20, foto 21). Vervolgens werden de vijzels afgelaten en kwam het element volledig op het onderspoelzand te rusten. Systeem en uitvoering maakten een dagcyclus voor het volledige afzinkwerk mogelijk.

Per week werd 240 m tunnel afgezonken. De uitvoering van dit zinkwerk lag in handen van Bos en Kalis. Na het afzinken werden in de tunnel de nodige afbouwwerkzaamheden verricht zoals het maken van deuvelconstructies, katbanen, elektro-mechanische voorzieningen enz. (foto 22, onderaan blz. 10).

21

*Op de voorgrond de Jokra, voorzien van onderspoelarmen; op de oever is het Noordelijke landhoofd te zien*  
*In front the Jokra, equipped with scouring arms; on the bank one can see the northern abutment*

