

MINISTERIE
VAN OPENBARE WERKEN
BESTUUR DER WATERWEGEN
STUDIEDIENST VOOR WATERBOUWWERKEN

55 75

0307 007 0174



DE TOEGANG TOT ZEESLUIZEN.

P. DUURING

e.a. ingenieur van bruggen en wegen

BRUSSEL, JULI 1983.

41 20

Ik ben dank verschuldigd aan alle personen, diensten, besturen en andere instanties die op welke wijze dan ook hebben bijgedragen tot de inhoudelijke en materiële realisatie van deze nota.

Alle verbeteringen of aanvullingen zijn van harte welkom.

P.D.

L I J S T D E R F I G U R E N

- 1 : Haven van Antwerpen: overzicht.
- 2 : Van Cauwelaertsluis en Boudewijnsluis: planzicht.
- 3 : Van Cauwelaertsluis en Boudewijnsluis: details.
- 4 : Zandvlietsluis en Berendrechtsluis: planzicht.
- 5 : Zandvlietsluis: details.
- 6 : Berendrechtsluis: details.
- 7 : Kallosluis: planzicht.
- 7a: Kallosluis: details
- 8 : Haven van Zeebrugge: overzicht.
- 9 : Zeesluis Zeebrugge: planzicht.
- 10 : Zeesluis Zeebrugge: details.
- 11 : Haven van Duinkerke: overzicht.
- 12 : Watiersluis: planzicht.
- 13 : Charles de Gaullesluis: planzicht.
- 14 : Charles de Gaullesluis: pierkonstruktie.
- 14a: Charles de Gaullesluis: details.
- 15 : Charles de Gaullesluis: hoekbeschermingsschild.
- 16 : Charles de Gaullesluis: hoekbeschermingsschild.
- 17 : Haven van Le Havre: overzicht.
- 18 : Le Havre - Sluis François I: planzicht.
- 19 : Le Havre - Sluis François I: saskolkwandbeschermingen.
- 20 : IJmuiden haven: overzicht.
- 21 : IJmuiden - Noordersluis: planzicht.
- 22 : IJmuiden - Noordersluis: details.
- 23 : Terneuzen haven: overzicht.
- 24 : Terneuzen - Westsluis: planzicht.
- 25 : Terneuzen - Westsluis: details.
- 26 : Nord Ostsee kanal - Holtenau (Kiel): overzicht.
- 27 : Emden haven: overzicht.
- 28 : Wilhelmshaven: overzicht.
- 29 : Wilhelmshaven: overzicht vóór bouw 4° invaart.
- 30 : Wilhelmshaven: 3° invaart vóór herbouw - planzicht.
- 31 : Wilhelmshaven: 4° invaart vóór herbouw - planzicht.
- 32 : Wilhelmshaven: 4° invaart - planzicht.
- 33 : Bremen haven: overzicht.
- 34 : Bremen - Oslebshausen sluis: schadevaring.
- 35 : Bremen - Oslebshausen sluis: drijfraam aan aanlegsteiger.

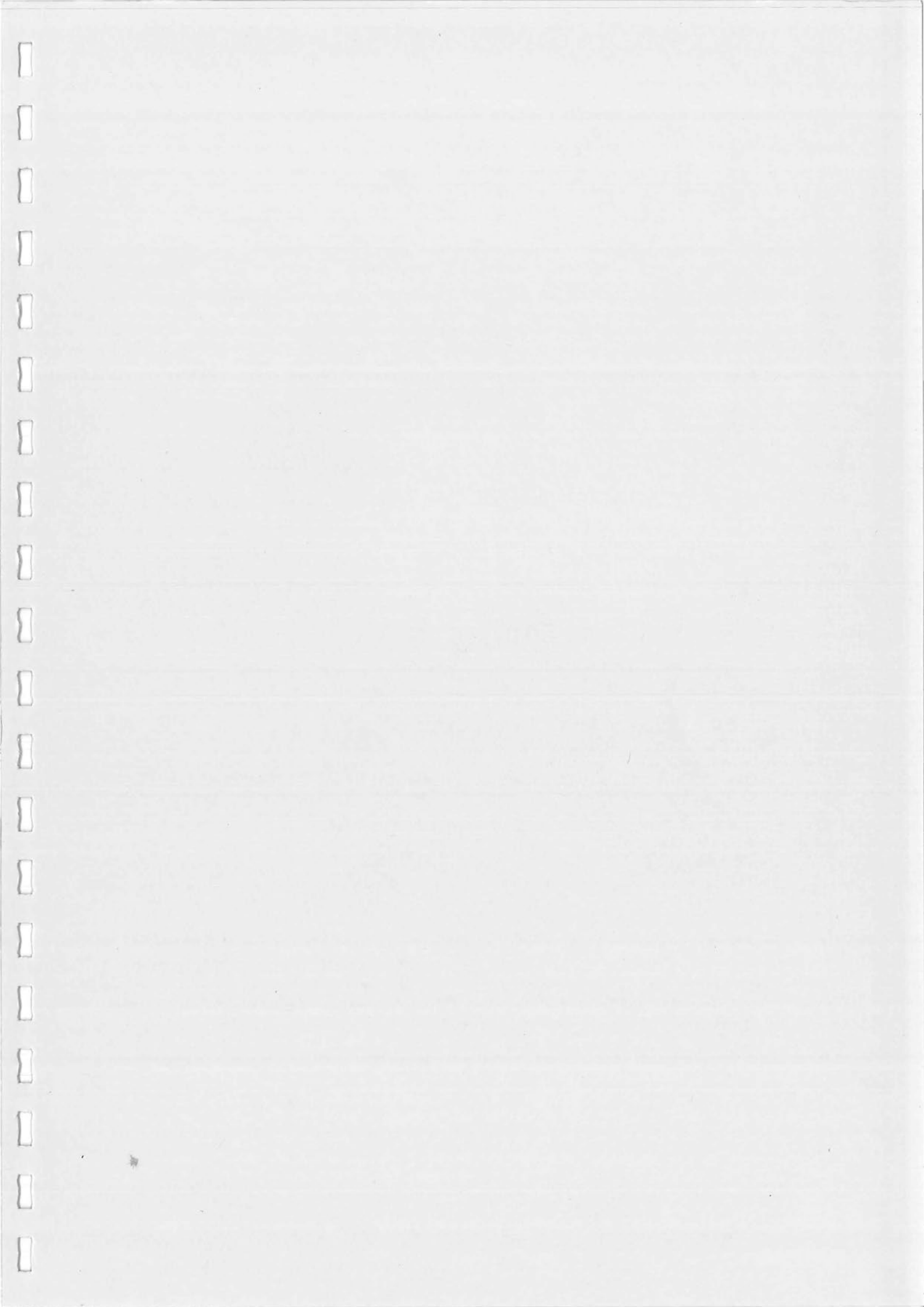
- 36 : Bremen - Oslebshausen sluis: hangende wandbescherming.
- 37 : Bremen - Oslebshausen sluis: planzicht.
- 38 : Bremerhaven: overzicht.
- 39 : Bremerhaven - Nordschleuse: inplanting.
- 40 : Bremerhaven - Nordschleuse: overzicht, met voorzieningen.
- 41 : Bremerhaven - Nordschleuse: pier doorsnede.
- 42 : Bristol - Royal Portbury dock: overzicht.
- 43 : Bristol - Royal Portbury dock sluis: planzicht.
- 43a: Londen - Tilbury Docks: overzicht.
- 43b: Londen - Tilbury sluis: oude toestand.
- 43c: Londen - Tilbury sluis met nieuwe pieren.
- 43d: Liverpool - Langton-Canada sluis: overzicht.
- 44 : Panama: overzicht van het kanaal.
- 45 : Panama: waterstanden.
- 46 : Panama: schema sluisinvaart.
- 47 : St. Nazaire: overzicht.
- 48 : St. Nazaire - sluis: planzicht.
- 49 : St. Nazaire: manoeuvreerdukdalf.

LIJST DER FOTO'S

1. Van Cauwelaertsluis en Boudewijnsluis: overzicht (1955)
2. Van Cauwelaertsluis: toegangsgeul Scheldezijde - noordkant
3. Van Cauwelaertsluis: toegangsgeul Scheldezijde (1955)
4. Van Cauwelaertsluis: geleidewerk Scheldezijde
5. Van Cauwelaertsluis: geleidewerk dokzijde - noordkant
6. Van Cauwelaertsluis: geleidewerk dokzijde - zuidkant
7. Boudewijnsluis: sluiestoegang Scheldezijde - noordkant
8. Boudewijnsluis: sluiestoegang Scheldezijde - noordkant (1964)
9. Boudewijnsluis: sluiestoegang Scheldezijde
10. Boudewijnsluis: sluiestoegang Scheldezijde - noordkant (1959)
11. Boudewijnsluis: sluiestoegang dokzijde (1959)
12. Boudewijnsluis: sluiestoegang dokzijde (1959)
13. Zandvlietsluis: overzicht (1967)
14. Zandvlietsluis: toegangsgeul Scheldezijde - zuidkant
15. Zandvlietsluis: toegangsgeul Scheldezijde - noordkant
16. Zandvlietsluis: sluiestoegang dokzijde
17. Zandvlietsluis: sluiestoegang dokzijde
18. Kallosluis: toegangsgeul Scheldezijde - noordkant
19. Kallosluis: toegangsgeul Scheldezijde
20. Kallosluis: toegangsgeul Scheldezijde - zuidkant
21. Kallosluis: sluiestoegang dokzijde - zuidkant
22. Kallosluis: sluiestoegang dokzijde
23. Zeesluis Zeebrugge: toegangsgeul zeezijde - oostkant (1980)
24. Zeesluis Zeebrugge: sluiestoegang zeezijde - westkant
25. Zeesluis Zeebrugge: sluiestoegang dokzijde - westkant
26. Zeesluis Zeebrugge: sluiestoegang dokzijde - oostkant
27. Zeesluis Zeebrugge: sluiestoegang dokzijde (1981)

28. Watiersluis: zee kant met pier en sluishoek
29. Watiersluis: zee kant met pier en sluishoek
30. Watiersluis: sluishoek dokkant
31. Watiersluis: sas
32. Charles de Gaullesluis: pier en pieraanzet aan zeezijde
33. Charles de Gaullesluis: pier aan zeezijde
34. Charles de Gaullesluis: pier aan zeezijde: fenders
35. Charles de Gaullesluis: sluishoek dokzijde - noordkant
36. Charles de Gaullesluis: sluishoek dokzijde - noordkant
37. Charles de Gaullesluis: pierkop aan zeezijde
38. Charles de Gaullesluis: pierkop aan zeezijde: fenders
39. Charles de Gaullesluis: sluishoek zeezijde - zuidkant
40. Charles de Gaullesluis: sluishoek zeezijde - zuidkant
41. Le Havre. Sluis François I: toegang afwaarts
42. Le Havre. Sluis François I: toegang afwaarts
43. Le Havre. Sluis François I: toegang opwaarts
44. Le Havre. Sluis François I: sas naar opwaarts
- 44A. Le Havre. Sluis François I: sas naar opwaarts (mei 1971)
45. Le Havre. Sluis François I: sas naar afwaarts
46. IJmuiden. Noordersluis: overzicht (1938)
47. IJmuiden. Noordersluis: buitentoeleidingskanaal (1938)
48. IJmuiden. Noordersluis: buitentoeleidingskanaal en geleidewerk zuid
49. IJmuiden. Noordersluis: afwaarts sluishoofd en geleidewerk noord
50. IJmuiden. Noordersluis: opwaarts sluishoofd en geleidewerk noord
51. IJmuiden. Noordersluis: binnentoeleidingskanaal en geleidewerk zuid

52. Terneuzen. Westsluis: overzicht
53. Terneuzen. Westsluis: buitentoeleidingskanaal
54. Terneuzen. Westsluis: toegang Scheldezijde met geleidewerken
55. Terneuzen. Westsluis: toegang kanaalzijde met geleidewerken
56. Terneuzen. Westsluis: toegang kanaalzijde met geleidewerk
west
57. Terneuzen. Westsluis: kanaalzijde - geleidewerk west
58. Nord-Ostsee kanal. Brunsbüttelkoog: overzicht
59. Wilhelmshafen. 4° invaart - sluisingang
60. Bremerhafen. Nordschleuse: overzicht
61. Bremerhafen. Nordschleuse: afwaarts hoofd
62. Bristol: sluis en pier
63. Panama. Miraflores sluizen: overzicht
64. Panama. Gatun sluizen
65. St.-Nazaire: sluis-dok



DEEL I : TEKST

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

Deze nota behandelt het probleem van de in- en uitvaartschikkingen van grote zeesluizen. Gezien het uitvaren meestal in rechte lijn gebeurt en vanuit stilstaand water (de sluis), is het vooral het invaren in de sluis dat hier aandacht zal krijgen. De moeilijkheid bestaat erin een groot zeeschip, met beperkte manoeuvreerbaarheid en dus gewoonlijk met behulp van sleepboten, binnen te brengen in een zeesluis, waarvan de afmetingen over het algemeen niet zo veel speling laten t.o.v. deze van het schip. Herhaalde schadevaringen in zowat alle havens bewijzen het bestaan van de problematiek.

De zaak is complex, want meerdere factoren spelen een rol, gaande van de opvatting der voorhaven tot de bescherming der saskolkwanden, over de plaatselijke ervaringen en gebruiken. Algemene theorieën zijn dan ook niet voorhanden.

Uit de algemene litteratuur volgen de volgende principiële vereisten waaraan de in- en uitvaartschikkingen van grote zeesluizen moeten voldoen:

- algemeen :
- in beide richtingen een zo rechtlijnig mogelijke vaarweg bieden aan de schepen (volgens de aslijn van de sluis)
 - vermijden van water- en windstromingen dwars op de in- en uitvarende schepen
 - een manoeuvreerruimte bieden die voldoende breed is, om de schepen toe te laten alle operaties uit te voeren om zo recht mogelijk de sluis in te varen.

bijzonder: - beschermen van sluisdeuren tegen golfslag.

Het verschil met de toegangsschikkingen voor binnenvaartsluizen ligt vooral in de beperktere manoeuvreerbaarheid der grote zeeschepen en in verband daarmee, in de aanwezigheid van meerdere sleepboten. Ook het wisselend getijde en de golven aan het benedenhoofd spelen een rol.

HOOFDSTUK 2. ALGEMENE OPVATTINGEN (Internationaal Scheepvaart Congres).

Het Internationaal Scheepvaart Congres (Association Internationale Permanente des Congrès de Navigation - AIPCN - Permanent International Association of Navigation Congress - PIANC), stelt in de "Internationale Commissie voor de studie van sluizen, scheepsliften, droogdokken en rivierstuwen" een (voorlopig) rapport "ZEESLUIZEN" voor (rapporteurs Monadier - Fr., Schroeter en Clasmeyer - D., 1-3-1983), waarin gesteld wordt:

Hoofdstuk III: Toegangen tot zeesluizen.

§ 1. Algemeenheden

Het blijkt bijzonder moeilijk te zijn om algemene aanduidingen te geven omtrent de schikkingen van toegangen tot zeesluizen, omdat de toegepaste oplossingen ten zeerste verschillen van sluis tot sluis. De verschillende schikkingen kunnen volgens hun functie als volgt geklasseerd worden:

- schikkingen voor de geleiding van de schepen
- schikkingen die het manoeuvreren der schepen toelaten
- wachtplaatsen voor de schepen
- schikkingen ter bescherming van de sluis tegen golfslag en/of aanzanding.

De weerhouden oplossingen hangen af van:

- de scheepstypes die van de sluis gebruik maken
- de inplanting van de sluis
- de plaatselijke gebruiken, meer bepaald voor wat betreft de kwesties van navigatie.

De verschillende types van oplossingen worden hierna achtereenvolgens besproken volgens hun functionele klassifikatie (zie hierboven). Wel te verstaan kunnen sommige van deze oplossingen meerdere functies terzelfdertijd vervullen.

§ 2. Schikkingen om de schepen te geleiden

Sommige sluizen hebben geen enkel geleidewerk buiten de sluishoofden. Voorbeeld hiervan is de sluis François I^{er} te Le Havre, waarvan de keuze van inplanting zodanig is dat een rechtlijnige vaarweg voor de schepen tussen de getijdedokken en de binnendokken gehandhaafd kon worden.

Andere sluizen zijn voorzien van één geleidewerk aan de afwaartse zijde (zeekant). Het dagvlak van dit geleidewerk ligt in het verlengde van één der kolkwanden, om aan de schepen toe te laten zich in korrekte richting voor het sluishoofd aan te dienen. Zo beschikt de Charles de Gaulle-sluis in Duinkerke over een geleidewerk van + 210 m totale lengte, gelegen aan het afwaarts sluishoofd in het verlengde der noordelijke kolkwand. Dit geleidewerk bestaat uit rechthoekige "aanvaarbare" panelen (...) die voorzien zijn van schokdempers. (...) Men moet vaststellen dat in werkelijkheid dit dispositief weinig gebruikt wordt door de schepen. Soms worden ook enkele dukdalven geplaatst in de nabijheid der opwaartse sluishoofden, om de schepen te helpen in de juiste richting voor de sluis te komen.

Andere sluisen bezitten tenslotte over een volledig geleidingsdispositief, tenminste toch aan het afwaartse sluishoofd. Zo staat de Zandvlietsluis te Antwerpen in verbinding met de rivier via een trechtervorm van + 800 m lang, waarvan de breedte progressief toeneemt vanaf de sasbreedte (57 m) aan de verbinding met het opwaarts sluishoofd, tot + 350 m aan de uitmonding van de rivier. Elke zijde van deze trechter bestaat uit gewapend betonnen kaaimuren van hetzelfde type als de saskolkwanden.

§ 3. Schikkingen voor de scheepsmanoeuvres

In elk geval is het noodzakelijk om aan elke kant van de sluis een zwenkplaats aan te leggen om de scheepsmanoeuvres en meer bepaald het draaien, mogelijk te maken. Deze zwenkplaatsen dienen niet noodzakelijk onmiddellijk bij de sluis gelegen te zijn, (...).

§ 4. Wachtplaatsen voor de schepen

De toegangen van sommige sluisen zijn uitgerust met permanente aanlegposten voor schepen die wachten op hun versassingsbeurt.

Dergelijke posten zijn in 't algemeen aan de afwaartse zijde. Ze kunnen gesitueerd zijn:

- in de onmiddellijke omgeving van het sluishoofd
- op een verderaf gelegen plaats.

Zo zijn te Duinkerke de Trystram- en de Watiersluis voorzien van pierkonstrukties vertrekkend van het benedenhoofd, en waarvan het aanvaarvlak meer naar achter gelegen is dan het verlengde der saskolkwand, teneinde een wachtend schip of sleepboten te kunnen afmeren zonder het in- of uitvaren van andere schepen te hinderen. In de werkelijkheid worden de gemakken die deze kunstwerken bieden praktisch nooit benut (door grote schepen).

Aanlegplaatsen op verdere afstand van de sluis worden soms ook voorzien. (...)

§ 5. Dispositieven die de sluis beschermen tegen golfslag of aanzanding.

(...) De realisatie van specifieke kunstwerken is soms noodzakelijk ter vervollediging van de beveiliging die voortvloeit uit een goede inplantingskeuze, en dit voornamelijk als beveiliging tegen de golfslag.

Twee grote types van technische oplossingen kunnen beschouwd worden: reflektoren en keringen.

- het gebruik van reflektoren/resonatoren werd verschillende malen bestudeerd, meer bepaald voor de afwaartse deuren van de sluisen Watier en Charles de Gaulle te Duinkerke. Maar men stelde vast dat toch voor wat deze gevallen betrof, de geboden bescherming onvoldoende was voor alle periodes van de aanvallende golven en dat de praktische uitvoerbaarheid van dergelijke dispositieven zware problemen zou stellen. Ze werden dan ook nooit uitgevoerd.

- de toepassing van een beschermkering aan het afwaarts sluishoofd werd bestudeerd en gerealiseerd bij de Charles de Gaulle-sluis te Duinkerke. Het geleidewerk beschreven in § 2 heeft inderdaad een dubbele rol: nl. een juiste richting geven aan de schepen die zich voor de sluis aandienen, en de bescherming

der afwaartse sluisdeuren tegen de residuale golven die vanuit de voorhaven doordringen. De inplanting, de lengte en de structuur van dit kunstwerk werden bepaald door middel van modelproeven.

HOOFDSTUK 3. KONKRETE REALISATIES.

1. INLEIDING

De volgende bladzijden geven een korte beschrijving per sluis van de getroffen voorzieningen voor de toegangen. Het achterhalen van deze gegevens is niet steeds gemakkelijk gebleken; meer bepaald wordt enerzijds gewoonlijk geen grote ruchtbaarheid gegeven aan eventuele ongelukkigere ervaringen met bepaalde oplossingen, en anderzijds is de reden waarom bepaalde schikkingen gekozen werden vooral bij oudere zeesluizen soms onder het stof der geschiedenis bedolven. Het hoeft dan ook niet te verwonderen dat de hierna volgende gegevens meer gedetailleerd zullen zijn voor de Belgische zeesluizen en voor de meer recente buitenlandse zeesluizen. Ook voor wat betreft de gebruikservaringen blijven onderstaande beschouwingen soms in gebreke.

Verder beperkt deze nota zich expliciet tot grote zeesluizen, met breedte groter dan 33,5m. Eventuele analoge problemen bij invaart in droogdokken of onderdoorvaart van bruggen (tussen brugpijlers) komen niet aan bod.

2. HAVEN VAN ANTWERPEN

- ligging der sluizen t.o.v. de Schelde en de dokken: zie FIG. 1.

2.1. Van Cauwelaertsluis

- oriëntatie, schikkingen en hoofdafmetingen: zie FIG. 2 en FOTO 1.

De Van Cauwelaertsluis werd reeds voor de Eerste Wereldoorlog ontworpen als een sas van 270 m op 35 m. De sluis werd in 1928 in dienst genomen onder de naam Kruisschanssluis.

De Van Cauwelaertsluis eindigt aan de Scheldezijde met keermuren waarop de (relatief) brede toegangsgedul, voorzien van taluds, aansluit. De eigenlijke vaarweg in de toegangsgedul wordt afgebakend met dukdalven, en in de onmiddellijke omgeving van de sluisingang met een \pm 100 m lang houten geleidingswerk (zie FIG. 2 & 3). Deze

toegangsgeul is NIET voorzien als wachtplaats voor de grotere schepen. Hiertoe is eerder een zone in de Schelde zelf, buiten de toegangsgeul aangewezen (ankerplaats). De dukdalven in de toegangsgeul hebben in de eerste plaats een functie van VISUELE GELEIDING (visuele afbakening van de diepe geul); zie FOTO 2. Deze dukdalven werden tot heden reeds meermaals aangevaren, wat echter gezien hun vrij lichte konstruktie niet leidt tot noemenswaardige schade aan de schepen. Na aanvaring (zie FOTO 3) worden ze in de oorspronkelijke staat hersteld (verzekering). Deze aanvaringen worden veroorzaakt door de inwerking van stromingen op diep liggende schepen. Het houten geleidewerk (zie FOTO 4) wordt minder door aanvaring beschadigd. Wel wordt er door de schepen bij het invaren van de sluis soms tegen "geleund".

Aan de dokzijde eindigt de Van Cauwelaertsluis eveneens op keermuren. De eigenlijke sluistoegang is daar voorzien van een licht geleidewerk van \pm 62 m lang (zie FIG. 2 & 3 en FOTO's 5 & 6). Het betreft hier een zeer lichte konstruktie; de schadevaringen zijn beperkt.

Algemeen kan men stellen dat bij de Van Cauwelaertsluis, zoals ook bij de meeste andere zeesluizen, het invaarmanoeuvreeer gebeurt in rechte lijn, t.t.z. volgens de aslijn der sluis.

Gezien anderzijds de toegang tot de Antwerpse dokken door meerdere sluizen (en grotere) verzekerd wordt, is het slechts hoogst uitzonderlijk dat grote schepen (vb. 33 m breed) van de Van Cauwelaertsluis gebruik maken. Het "geleidewerk" aan de dokzijde moet dan ook meer gezien worden als een "uitstapplaats" die de binnenschippers en de sleepbootbemanning toelaat aan land te gaan, dan als een echt "geleidewerk".

2.2. Boudewijnsluis

De Boudewijnsluis, in dienst sinds 1955 (45 m breed, 360 m lang tussen de buitendeuren), ligt 250 m naast en evenwijdig met de Van Cauwelaertsluis. De Boudewijnsluis heeft als voorbeeld ge- diend voor de later ontworpen Antwerpse sluizen.

De toegangsgeul aan Scheldezijde verschilt van deze van de Van Cauwelaertsluis teneinde het stromingspatroon in de geul te verbeteren (getijden op de Schelde) en zodoende de aanzandingen der geul te verminderen. De vorm der geul is dus voornamelijk ingegeven door beschouwingen van sedimentologie en stromingen (voor deze vorm zie FIG. 2). De noordelijke wand der geul bestaat uit een \pm 210 m lange laag gefundeerde kaaimuur die onder een kleine hoek aansluit met de kolkwand der sluis, en die verder naar de Schelde toe overgaat in een talud. Ter plaatse van dit talud wordt de diepwatargeul afgebakend door een rij meerstoelen (zie FIG. 2 & 3). De zuidelijke wand der geul vertrekt als een laaggefundeerde kaaimuur met een grotere hoek van het sluishoofd (25° t.o.v. de kolkwand), vertoont dan een knik en eindigt aan de Scheldezijde in een pierkonstruktie (zie FIG. 2). Het oorspronkelijk ontwerp voor deze toegangsgeul voorzag in een hooggefundeerde muur, waar- bij aan de sluisingang zelf een symmetrische trechter zou ont- staan van 80 m lang, waarbij de noordwand hetzelfde verloop zou hebben als heden de zuidwand (t.t.z. met knik) (zie FIG. 2). De rivierloodsen achtten het echter volstrekt nodig voor het invaren der sluis dat deze noordwand een rechtlijnige geleiding van \pm 210 m naar de sluis toe zou vormen. Deze wand werd inderdaad beschouwd als aanlegplaats (wachtplaats) ook voor de grotere schepen die dus van hieruit moesten kunnen invaren. De zuiderwand werd veel minder beschouwd als aanlegplaats gezien het aanmeren bij sterke Z.-W. wind hier moeilijkheden zou opleveren. Om de wachtplaats aan de noordkant nog beter te kunnen benutten werd een verlenging der kaaimuur gevraagd. Om financiële redenen werd echter geop- teerd voor een verlenging in de vorm van een rij meerstoelen die dan ook dicht bij elkaar werden geplaatst dan oorsponkelijk voor- zien, en die uitgerust werden met (kleine) rubberen fenders. In praktijk worden deze muren niet meer frekvent gebruikt als wacht- plaats, tenzij voor kleinere schepen en zeker voor sleepboten.

Wel zijn met het oog op het afmeren deze muren voorzien van verticale wrijfhouten. In de onmiddellijk nabijheid der sluisingang zijn deze muren daarenboven van een langs wrijfhout voorzien, dat enkel op te vatten is als een lichte bescherming van de betonwand (zie FOTO's 7 & 8 voor de noordkant, FOTO 9 voor de zuidkant). De toegangsgeul laat toe dat een invarend schip het manoeuvre uitvoert volledig buiten de Scheldestroming.

Toch werd meermaals de meerstoelenrij aangevaren, maar dan voornamelijk bij aanlegmanoeuvres (zie FOTO 10). Aangezien deze meerstoelen nu minder gebruikt worden als aanlegplaats, zijn de schadevaringen verminderd. Grote schepen komen nu binnenvaren, niet vanaf de kaaimuur, maar recht invarend volgens de sluisas. De muren dienen dus ook nog weinig als echte geleidewanden, wel als steun bij een foutief manoeuvre.

Aan de dokzijde eindigt de Boudewijnslus op een rechte keermuur. De sluisopening was hier in het oorspronkelijk ontwerp uitgerust met een houten geleidewerk, op basis van dezelfde schikkingen als de toegang langs de dokzijde bij de Van Cauwelaertsluis, maar over een lengte van 80 m (in trechtersvorm, met rechte wanden die een openingshoek vormen van $1/10$). Later werd dit gewijzigd tot een toegang, gemarkeerd door enkele dukdalven, uitgevoerd in stalen buispalen (zie FIG. 2 & 3). Deze dukdalven zijn meermaals zwaar beschadigd geworden door aanvaringen (zie FOTO's 11 & 12); er werd dan ook besloten ze definitief te verwijderen, zodat sindsdien er geen enkele speciale voorziening tot de sluisopening voorhanden is. Aan deze dokzijde, waar in stil water gemanoeuvreed wordt, dus zonder stromingen en getijden, geeft deze toestand bevrediging. Er zijn dan ook geen plannen om een nieuwe geleiding in welke vorm dan ook aan te brengen, tenzij eventueel wielfenders op de hoeken der sluisopening om aldaar beschadiging te voorkomen.

2.3. Zandvlietsluis

De Zandvlietsluis, in dienst sinds 1967, meet 57 m breed en 500 m kolk lengte tussen de buitendeuren (zie FIG. 4 en FOTO 13).

De sluiestoegang aan de Scheldezijde bestaat uit een 800 m lange trechtervormige geul, gevormd door massieve laag gefundeerde kaaimuren van hetzelfde type als de saskolkwanden. In het oorspronkelijk ontwerp was deze geul opgevat als een symmetrische trechter, vertrekkend van 57 m breedte aan het sluishoofd tot 150 m breedte op 200 m voor de sluis (helling 1/4,3). Op die plaats vertoonden beide wanden een knik om dan assymmetrisch verder te lopen. Op 800 m uit het sluishoofd lag de noordwand dan op 175 m uit de sluisas (helling 1/6), en de zuidwand (kop van de pier) op 125 m (helling 1/12). De totale opening aan Scheldezijde bedroeg aldus 300 m. De zuidkant van de toegangsgeul getuigt dus van een gelijkaardige opvatting als bij de Boudewijnsluis; de noordkant ook, maar hier is de rij meerstoelen vervangen door een verder doorlopende kaaimuur, teneinde de schadevaringen aan de meerstoelen te vermijden. De definitieve vorm van deze toegangsgeul en vooral de uitmonding ervan aan de Schelde, is het resultaat van modelonderzoek naar het stroombeeld. Inderdaad, door de richting der toegangsgeul (de aslijn der toegangsgeul vormt een hoek van $\pm 35^\circ$ met de aslijn der Scheldevaargeul) geeft de uitmonding ervan een onderbreking van grote lengte in de oevergeleiding van de rechter Scheldeoever, met als gevolg een belangrijke invloed hiervan op het behoud van een goede breedte voor het vaarwater in de rivier. Vandaar dat om stroomtechnische redenen gestreefd werd naar een minimale breedte voor de monding der toegangsgeul. Anderzijds werd door de nautici een zo breed mogelijke invaart beoogt. Daarenboven hebben de nautici, zoals bij de Boudewijnsluis, ook hier aangedrongen op het laten wegvallen van de knik in de noordelijke kaaimuur, teneinde een rechtlijnige wand te verkrijgen. Verdere studie van deze tegenstrijdige problematiek heeft dan geleid tot de gerealiseerde vorm der toegangsgeul: de zuidelijke wand is gebleven; de noordelijke kent een rechtlijnig verloop en de uiteindelijke opening (aan het einde der kaaimuren) bedraagt ± 350 m. Deze verlegging der noordelijke wand

heeft tot gevolg dat de symmetrie der beide wanden ook in de eerste 200 m voor het sluishoofd toch nog bij benadering gerealiseerd is. In deze toegangsgeul ligt een schip volledig buiten de Scheldestromingen. Het normaal manoeuvreer voor het invaren bestaat er ook hier in dat het schip (grote schepen met assistentie van vier sleepboten) de sluis zo axiaal mogelijk nadert. De toegangsgeul is voldoende breed om dit manoeuvreer goed te doen verlopen, d.w.z. biedt voldoende plaats aan de sleepboten om te manoeuvreeren. Ondanks dit blijkt het niet te vermijden te zijn dat de muren worden aangevaren, met schade aan de muren en aan het schip als gevolg. Doorgaans worden de kaaimuren der toegangsgeul niet gebruikt als wachtplaats, tenzij voor sleepboten en soms kleinere schepen. Gezien het normale manoeuvreer bestaat in axiaal invaren worden de muren ook niet als echte glij-geleiding gebruikt. In de onmiddellijke nabijheid van het sluishoofd hebben de muren wel een hardhouten bescherming, maar deze bestaat uitsluitend uit verticale balken (zoals in het sas zelf) (zie FOTO 14 voor zuidelijke wand en FOTO 15 voor noordelijke wand). Oorspronkelijk was hier de toegangsgeul, over een lengte van enkele tientallen meters nabij de sluisingang, uitgerust met houten drijframes die kunnen glijden langs de in de kaaimuren ingewerkte verticale houten balken, en die op hun plaats gehouden worden d.m.v. kettingen. Eenzelfde schikking is in het sas zelf aangebracht (zie §2-5,d). Gezien deze houten drijframes in de toegangsgeul zwaar gesolliciteerd worden, niet alleen door rakende schepen maar vooral door de golfwerking (grote fetchlengte) waardoor de kettingen grote schade leden, werd besloten ze te verwijderen. Zodoende zijn hier enkel de verticale balken gebleven aan de kaaimuren. Nabij de sluisingang worden deze muren soms geraakt door invarende schepen, zodat men nu bij de bouw der Berendrechtssluis overweegt om hier wiel- of cilinderfenders te plaatsen. Toch bieden deze muren die door hun uitvoering als massieve kaaimuren een zeer grote sterkte hebben, de mogelijkheid om bij foutieve manoeuvres een stoot van een aanleunend schip op te vangen (maar niet steeds zonder schade).

Aan de dokzijde eindigt de Zandvlietssluis op rechte keermuren. In het oorspronkelijk ontwerp was voorzien deze sluisopening uit te rusten met een symmetrisch trechtervormig kort geleidewerk

(lengte 40 m, helling 1/10), bestaande uit een betonnen bovenbouw voorzien van kleine rubberfenders, staande op stalen buispalen (zie FIG. 5). In een tweede ontwerp werd dit geleidewerk door Mannesmann meer diepgaand bestudeerd, waaruit enkele wijzigingen voortvloeiden, echter zonder de principes te veranderen. Als basishypothese voor deze berekening werd een schip van 60.000 TDW beschouwd (deplacement 80.000 T, l.o. a 240 m, breedte 32 m, diepgang 12,8 m). Het uiteinde van het geleidewerk dat het dichtst bij de sluis gelegen is, kan de stoot opnemen die veroorzaakt wordt wanneer dit type schip het onder een hoek van 20° aanvaart met een voorwaartse snelheid van 0,3 m/sek (energiestoot van 51 Tm bij een kracht van 141 T). Het ander uiteinde van het geleidewerk kan de stoot opnemen van ditzelfde schip, eveneens onder een hoek van 20° , maar bij een voorwaartse snelheid van 0,4 m/sek (energiestoot 100 Tm, bij een kracht van 300 T). Tussen deze uiteinden in kan een stoot worden opgenomen tot maximum 145 Tm, bij 442 T. Bij deze berekening is uitgegaan van een oneindig stijve betonnen bovenbouw van het geleidewerk, van een stoot werkend over een lengte van 1,5 m, en van een meewerken van de rubberen befendering der betonbalk. Alhoewel op deze berekeningswijze kritieken uit te brengen zijn, geeft zij toch een inzicht in de beoogde funktioneringwijze van het ontwerp.

Nochtans werd dit geleidewerk nooit uitgevoerd. Na de schadevaringen met de dukdalven aan de dokzijde der Boudewijnslus en de positieve beoordeling die werd gegeven aan het invaarmanoeuver aldaar na hun verwijdering, werd besloten in Zandvliet eenzelfde schikking aan te nemen, t.t.z. geen speciale invaardispositieven voorzien. De hoeken tussen de kolkwanden en de keermuren zijn wel afgerond en voorzien van enkele horizontale houten bescherm-balken (zie FOTO's 16 & 17).

Er zijn voorlopig geen plannen om deze huidige toestand te wijzigen, tenzij eventueel om de hierbovengenoemde houten hoekbeschermingen aan te vullen met of te vervangen door wiel- of cilinderfenders. Dit zou dan kunnen gebeuren samen met de bouw van de Berendrechtsluis, aangezien men toch af en toe af te rekenen heeft met aanvaringen der sluishoeken aan de dokzijde.

2.4. Berendrechtssluis

De Berendrechtssluis, waarvan de werken der burgerlijke bouwkunde aanbesteed werden op 29 oktober 1981, wordt gebouwd naast en evenwijdig met de Zandvlietsluis. Deze sluis heeft een lengte van 500 m tussen de buitendeuren en is 68 m breed. Ze is ontworpen voor een type schip van 250.000 T (breedte 55 m). De opvatting van de sluis en van de toegangen is analoog als deze van de Zandvlietsluis (zie FIG. 4).

De toegangsgeul aan de Scheldezijde valt gedeeltelijk samen met deze van de Zandvlietsluis, waarvan het grootste deel der zuidelijke kaaimuur zal gesloopt worden. De eigenlijke toegang tot de Berendrechtssluis bestaat dan uit een symmetrische trechter, gevormd door laaggefundeerde kaaimuren, en dit over een lengte van 200 m, waar ze een opening hebben van 161 m breed. Tussen beide sluizen gebeurt de verbinding door een cirkelvormige overgang. Aan de zuidzijde vertoont de muur een knik en loopt over 308 m evenwijdig met de sluisas verder, om dan opnieuw met een knik te eindigen in een 272 m lange pierkonstruktie. Vooral de inplanting en de lengte van deze pier zijn het onderwerp geweest van laboratoriumproeven, teneinde tot een optimale toegang voor beide sluizen te komen en daarbij de stromingspatronen in de Scheldevaargeul niet nadelig te beïnvloeden. Het geheel van deze toegangsgeul is weerom niet in de eerste plaats bedoeld als wachtplaats voor de schepen, wel om bij het (recht) invaren een rustige ligging aan de schepen te bieden. De kaaimuren van deze toegangsgeulen zijn in de onmiddellijke nabijheid van het sluishoofd (zoals in het sas) voorzien van een hardhouten raamwerk (doorgaande horizontale balken met verticale tussenstukken), bekleed met een 7 cm dik kunststof (polyethyleen) glijprofiel (zie FIG. 6). Zodoende kunnen deze muren beter dienst doen als glijgeleiding voor binnenkomende schepen.

Aan de dokzijde gaan de kolkwanden der sluis via afgeronde hoeken over in rechte keermuren. Aan de zuidkant gaat na \pm 65 m deze keermuur over in een \pm 330 m lange kaaimuur die als wachtplaats is opgevat. Aan deze dokzijde is geen geleidewerk naar de

sluistoegang voorzien; wel is er in de aanbestedingsdocumenten voorzien de hoeken der sluistoegang te beschermen met elk twee verticale rolfenders met hoogte 3 m en buitendiameter 1,5 m (zie FIG. 6). Bij 50% indrukking nemen deze fenders een energie op van 46 Tm bij een kracht van 126 T. Heden wordt echter overwogen deze fenders zwaarder op te vatten. Een nieuw ontwerp zal opgemaakt worden, met als hypothese een schip van 125.000 TDW, dat met een voorwaartse snelheid van 1 m/sek de fender aanvaart onder een hoek van 15°. De fenders zullen in vrije stand 1 m uitsteken t.o.v. het betonvlak.

De indienststelling der Berendrechtsluis is voorzien voor 1987; ervaringsgegevens zijn dus uiteraard nog onbestaande. Het is zelfs mogelijk dat aan de hierbovengenoemde schikkingen wijzigingen zullen aangebracht worden. Zo wordt nu overwogen om ook de sluistoegang aan de Scheldezijde te voorzien van dezelfde verticale rolfenders (cilinders) als aan de dokzijde, en wel daar waar de eerste hoeken in de kaaimuren voorkomen én eventueel juist binnen de brugkeldering. Zodoende zou een invarend schip dat de kaaimuur volgt en vervolgens naar de aslijn der sluis moet draaien, bij deze beweging tegen deze fenders kunnen aanleunen, en zou men enigszins de bruggen (in open stand) kunnen beschermen tegen aanvaringen door schepen die door hun geprofileerde boegvorm met hun bovenbouw deze bruggen zouden kunnen raken wanneer ze onder een zekere hoek binnenvaren.

2.5. Antwerpen, rechter Scheldeoever, algemene opmerkingen

a) de vier hierboven besproken sluizen zijn voorzien van bruggen. Bij de Berendrechtsluis worden bruggen voorzien op beide sluishoofden, buiten de sluisdeuren. Bij de drie andere sluizen waren enkel bruggen voorzien aan de dokzijde, ook buiten de sluisdeuren, maar bijkomende bruggen aan de Scheldezijde worden daar heden gebouwd. De Zandvlietsluis was daar reeds van bij de bouw op voorzien, bij de Van Cauwelaert- en Boudewijnsluis komen deze bruggen nog buiten het sluishoofd te liggen.

b) de Antwerpse rechteroever beschikt buiten de hierboven- genoemde sluizen nog over enkele kleinere oudere sluizen, terwijl ook de Boerinnesluis gepland is (250 m X 50 m). Dit brengt mee dat voor elk schip de best overeenstemmende sluis kan gebruikt worden. Dit temeer daar de afmetingen der Zandvlietsluis en later de Berendrechtsluis zodanig groot zijn (de Berendrechtsluis zal de grootste ter wereld zijn) dat eerder de bevaarbaarheid der Zeeschelde dan de sluisafmetingen beperkend zijn voor de te schutten schepen. Wel zijn tot heden schepen met een diepgang van 40 voet uitsluitend aangewezen op de Zandvlietsluis. Het geval dat de oppervlakte van het sas praktisch volledig benut wordt voor één schip doet zich dus uiterst zelden voor (de Zandvlietsluis versast frekvent schepen met lengten van 250 tot 270 m, maar beschikt zelf over 500 m saslengte). Als gevolg van de taakverdeling tussen de riviersleepdiensten en de doksleepdiensten verlaten de sleepboten bij het versassen meestal de sluizen.

c) uit beide voorgaande beschouwingen volgt dat in de overgrote meerderheid der gevallen er een ruime speling bestaat tussen de schipbreedte en de sluisbreedte, waardoor ook de risico's van aanvaren der openstaande bruggen uiterst klein zijn.

d) weze tenslotte ter titel van inlichting nog vermeld dat bij de Van Cauwelaert- en de Boudewijnsluis de saskolkwanden geen houten drijframen voorzien zijn, bij de Zandvlietsluis wel (breedte \pm 1 m). Men overweegt echter deze drijframen definitief te verwijderen, gezien hun herhaaldelijke beschadigingen. Bij de Berendrechtsluis voorziet men in heel het sas dezelfde beschermingsbalken als in de toegang kant Schelde (zie §2-4).

2.6. Kallosluis

De sluis te Kallo (360 m lengte tussen de buitendeuren, 50 m breedte tussen de kolkwanden) (FIG. 7), gelegen op de linker Scheldeoever (ligging zie FIG. 1), is voltooid sinds 1979, maar heden nog niet in "normaal" gebruik gezien de achter de sluis aangelegde dokken nog niet volledig voltooid zijn. Er zijn hier dus nog geen ervaringsgegevens voorhanden. De sluis is ontworpen voor een typeschip 250 m X 40 m X 14,5 m.

$$\begin{array}{r} 12,5 \\ + 3,5 \\ \hline 16. \end{array} \quad \begin{array}{r} 14,5 \\ + 1,45 \\ \hline 16,00 \end{array}$$

De verbinding tussen de Schelde en de sluis bestaat achter-eenvolgens uit een ingang, een zwaairom en/of wachtplaats en de eigenlijke toegangsgeul. Dit geheel heeft het voorwerp uitgemaakt van een doorgedreven modelonderzoek, dat beoogde de meest gunstige ligging en vorm te bepalen, rekening houdend met de scheepvaart-eisen, het onderhoud van de geul en de stromingspatronen in de Schelde. Dit onderzoek werd uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium van Borgerhout in samenspraak met de nautici.

Het oorspronkelijk ontwerp ging uit van een rechte vaarweg, volgens de aslijn der sluis, geheel of gedeeltelijk begrensd door taluds, waarbij de eigenlijke sluistoegang zelf zou bestaan uit een symmetrische trechter met helling 1/7 over 300 m lengte, gevormd uit kaaimuren of uit geleidewerken. Het daaropvolgende deel dient beschouwd te worden als wachtplaats of als manoeuvreerplaats. Door de nautici werd gevraagd de havenkoppen en de geul in verticale kaaimuren uit te voeren (ter voorkoming van strandingsgevaar en als aanlegplaats), scherpe hoeken in de kaaimuren te vermijden, en geen wachtplaats voor binnenschepen te voorzien. Om de invaart vanuit de Schelde te vergemakkelijken werd verder de voorkeur gegeven aan een meer afwaarts gelegen uitmonding van de toegangsgeul. Vandaar het assymmetrisch patroon, dat tenslotte geheel in kaaimuren gebouwd werd. De beslissing om het geheel in kaaimuren uit te voeren werd mede ingegeven door de wens om een deel der noordelijke wand te gebruiken als aanlegplaats voor een aangrenzende industriële vestiging. Mede hierdoor zou al een belangrijk deel van de geul in kaaimuren voorzien worden, zodat men het raadzamer achtte ook de keermuren aan de sluis " te zwenken" en als kaaimuren voor de eigenlijke toegangsgeul op te vatten. De kaaimuren zijn uitgevoerd met laaggelegen fundering waar ze in

een droge bouwput gerealiseerd konden worden en met een hooggelegen fundering waar de werken in de Scheldeoever moesten gebeuren (zie FIG. 7). De eigenlijke sluistoegang bestaat dus uit een symmetrische trechter met hellingshoeken $1/7$, uit verticale kaaimuren, die zoals de saskolkmuren voorzien zijn van houten drijf-ramen van 1 m breedte, glijdend tegen verticale balken die in de muur verwerkt zijn (zelfde oplossing als saskolkmuren van Zandvlietsluis) (zie FOTO's 18 & 19).

Daar waar in de toegangsgeul der Zandvlietsluis deze drijf-ramen aan een belangrijke golfwerking onderhevig waren, wat heel wat schade opleverde aan de kettingen van hun ophangstelsel, is de ligging van de toegangsgeul van de Kallosluis t.o.v. de heersende windrichtingen zodanig dat golven hier in veel mindere mate voorkomen. Nochtans is het ook hier afwachten wat de ervaringen zullen zijn. De eindhoeken van de eigenlijke toegangsgeul (dus de overgang op 315 m voor de sluis, tot de zwaaihoek) zijn voorzien van telkens twee wielfenders, verwerkt in de kaaimuur (zie FIG. 7 en midden op FOTO 20). De keuze is hier gevallen op de grootste toenmalig in de handel verkrijgbare wielfender. Ieder wiel is zo voorzien voor een energieopname van 83 Tm, dit betekent een kracht van 133 T bij een indrukking van 1,16 m. Dit volstaat voor het opnemen van de stoot veroorzaakt door een schip van 80.000 TDW (259 X 36,6 X 13,2 m), dat bij een voorwaartse snelheid van 1 m/sek (zonder rotatie) de beide wielfenders gelijktijdig raakt onder een aanvaarhoek van 13° , en waarbij de stoot gebeurt op ongeveer 50 m achter de boeg van het schip. Op te merken valt dat een wielfendersysteem voorzien is van allerlei mechanische onderdelen (assen, enz...), waardoor een frekwenter onderhoud zou kunnen vereist zijn.

De Kallosluis eindigt aan de dokzijde op twee rechte keermuren, die een kleine hoek vormen met de loodrechte op de sluisas. Als bescherming van de (afgeronde) hoek van het sluishoofd zijn op het beton enkele boven elkaar geplaatste horizontale houten balken aangebracht (FOTO's 21 & 22). Andere geleidingen zijn hier niet voorzien, alhoewel een zekere afbakening der vaargeul wel overwogen is geworden om te voorkomen dat schepen zouden vastlopen in de taluds. Tenslotte is ook deze sluis uitgerust met

wegbruggen, één op elk sluishoofd, gelegen buiten de sluisdeuren.

Volledigheidshalve kan nog gezegd worden dat er plannen bestaan om de achter de Kallosluis gelegen dokken door te trekken om aldus, op Nederlands grondgebied via de te bouwen Baalhoeksluis, in de Schelde uit te monden. Deze Baalhoeksluis is derhalve slechts in het projektstadium en wordt hier niet verder behandeld.

3. SLUIS VAN ZEEBRUGGE

De zeesluis van Zeebrugge vormt de verbinding tussen de nieuwe voorhaven en de nieuwe achterhaven (zie FIG. 8). Ze heeft een saslengte van 500 m tussen de buitendeuren, en een breedte van 57 m tussen de kolkwanden (met deze maten is ze even groot als de Zandvlietsluis te Antwerpen) (zie FIG. 9). De sluis nadert heden haar voltooiing, zodat nu nog geen ervaringsgegevens beschikbaar zijn.

Aan de zeezijde bestaat er een assymetrische toegangsgeul. De westkant hiervan wordt gevormd door een verticale wand van ± 900 m lang, die nabij de sluis eindigt op een keermuur. Deze westelijke wand geeft dus zelf geen rechtstreekse aansluiting met de sluisingang, omdat hij niet bedoeld is als geleidingswand, wel als wachtplaats en vooral als containeraanlegplaats en ev. Ro Ro terminal. Vandaar dat deze wand bij de sluis ± 110 m achteruit ligt t.o.v. de saskolkwand. De kop van deze wand is bepaald op basis van de lokale omstandigheden: nodige breedte tussen de wand en het aan de andere zijde ervan gelegen dok, verloop van het bodemtalud aan deze kop van de toegangsgeul, enz... De ± 110 m lange keermuur vormt zelf een zekere hoek met de loodlijn op de sluisas, omdat men daarmee de richting van de rijweg (en van de bruggen) over de sluis wilde volgen, en hij heeft deze helling behouden als naderhand de bruggen toch loodrecht op de sluisas uitgevoerd werden. De oostkant van de toegangsgeul vertrekt vanaf de sluis onder een helling van $1/7$, eveneens als een verticale wand van ± 360 m lang. Deze hellingshoek is overgenomen van de Kallosluis. Deze wand is opgevat als invaarafaciliteit en niet zozeer als aanlegplaats. Beide verticale wanden zijn uitgevoerd als brede gewapend betonnen konstrukties tussen de peilen (+ 8.00) en (- 0,90), gefundeerd op cellen uit platte stalen damplanken. Deze betonnen bovenbouwkonstrukties bevatten "woelkamers" teneinde de golfagitatie in de toegangsgeul te verminderen. Derhalve zijn in het dagvlak van deze betonnen wanden openingen aangebracht van 4,30 m hoog op 5,19 m lang, met telkens 4 m ertussen. In deze tussenruimten van 4 m zijn op het dagvlak horizontaal in een d.m.w. kettingen bevestigd raamwerk rubberen cilinderfenders aangebracht (FOTO 23), telkens twee boven elkaar. Deze fenders zijn overal gelijk.

Deze befendering is vooral van nut bij het afmeren van schepen (containeraanlegplaats aan de westelijke wand, en voorlopige aanlegkaai aan de oostelijke wand). Ze is dus aan de oostelijke wand eerder als tijdelijk op te vatten, aangezien ze niet bijzonder geschikt lijkt voor het geleiden van schepen bij een glijdingsmanoeuvre tijdens het binnenvaren. Anderzijds valt het af te wachten of het ophangstelsel met kettingen volledige bevrediging zal schenken, vooral wanneer het frekwent zou gesolliciteerd worden door er-tegenaan-varende schepen.

De oostelijke kaaimuur sluit na ± 360 m aan op een dijkwal dat verder de toegangsecul afbakent en dat ongeveer evenwijdig loopt met de westelijke dam, op ± 300 m afstand.

Het geheel van de toegangsecul is bestudeerd geworden in het Waterbouwkundig Laboratorium. Meer bepaald zijn proeven uitgevoerd op een diffraktiemodel teneinde tot de beste oplossing te komen, die zowel de golfagitatie nabij de sluisdeur, in de ecul en in de voorhaven beperkt houdt, als voor de schepen een voldoende brede invaartopening toelaat. Gezien de oriëntatie van de sluis naar de open zee toe (de sluis was ontworpen vooraleer de definitieve beslissing over de vorm van de uitbouw van de voorhaven gevallen was), is zeker bij winden uit NNW en N-richting de golfagitatie te vrezen. Er werden in het Laboratorium openingen der toegangsecul onderzocht variërend van 125 m tot 615 m (op peil -15.00), om uiteindelijk te komen tot het kompromis van ± 300 m, dat door de nautici als minimum gesteld was voor een goede invaart, rekening houdend met de aanwezigheid van afgemeerde schepen aan de westelijke kaaimuur. Het feit dat de oostelijke kaaimuur overgaat in een dijkwal, en het feit dat in de kaaimuren de woelkamers zijn aangebracht, resulteren beide uit de diffraktieproeven.

Aan de dokzijde eindigt de sluis op rechts keermuren, waarop op assymmetrische wijze het verbindingsdok aansluit (zie FIG. 9). Teneinde aan de dokzijde een symmetrische invaart te verwezenlijken, wordt aan deze sluisopening een geleiding voorzien door dukdalfpalen. Anderzijds, aan de zeezijde bestaat het gevaar dat bij sterke oostenwind een schip bij het binnenvaren van de sluis naar de westelijke kademuur zou afdrijven; daarom achtte men hier ook een dukdalfgeleiding nodig. Deze geleidingen (zie FIG. 9) zijn

opgevat als geïsoleerde buispalen, met tussenafstanden van 50 m, geplaatst op een rechte lijn die een hellingshoek van $1/7$ vormt met de saskolkwanden. Aan de dokzijde zijn aan beide zijden vier palen voorzien, aan de zeezijde zijn het er vijf. De dukdalven bestaan uit cirkelvormige stalen buispalen met uitwendige diameter 2,00 m (2,25 m voor de koppalen) en met trapsgewijze veranderende wanddikte van 18 mm tot 48 mm (elasticiteitsgrens 4700 kg/cm^2 en bovenaan 3600 kg/cm^2). Ze zijn bovenaan voorzien van een star aan de buis verbonden recht scherm van vertikaal geplaatste hardhouten balken (voor de koppalen is dit scherm rond afgebogen in planzicht) tussen de peilen + 6,00 en + 2,50 aan dokzijde en tussen + 8,00 en 0,00 aan zeezijde (zie FIG. 10). Deze dukdalven zijn ontworpen op de stoot te kunnen opvangen van een schip van 125.000 TDW (166.666 T displacement), bij een snelheid loodrecht op de dukdalf-as van 0,12 m/sek, t.t.z. een energiestoot van $\pm 73 \text{ Tm}$. ($C_M \approx 0,5$; $C_S \approx 0,9$). Deze dukdalven waarvan de aanbeveling nog moet plaatsgrijpen, zijn dus enkel ontworpen als geleiding, als invaarfaciliteit, en niet als wachtplaats.

Aan de zeezijde gaat de oostelijke saskolkwand over in kaaimuur met hellingshoek $1/7$. Aan de westelijke kant is de hoek tussen deze saskolkwand en de keermuur eveneens afgeschuind op $1/7$. Aan de dokzijde zijn beide hoeken afgeschuind op $\pm 9^\circ$. Deze vier sluishoeken zijn beschermd d.m.v. Pi-fenders (zie FIG. 10). Aan de zeezijde (FOTO 24) zijn dit telkens twee boven elkaar geplaatste Pi-fenders 1250 H X 2750 L, aan de dokzijde (FOTO's 25 & 26) is er telkens één Pi-fender 1700 H X 2400 L aangebracht; dit verschil wordt ingegeven door de verschillen in waterpeilen. Per sluishoek is bij het ontwerp uitgegaan van eenzelfde berekeningswijze als bij de dukdalfpalen, maar dan met een loodrechte snelheid van 0,17 m/sek, wat leidt tot een energiestoot van $\pm 145 \text{ Tm}$.

Verder kan nog opgemerkt worden dat de saskolkwanden zelf voorzien zijn van vertikaal geplaatste rubberen V-fenders (FOTO 27). Rond de sluishoofden zijn deze opgevat om een energiestoot op te nemen van $\pm 114 \text{ Tm}$ (zelfde berekeningswijze als hierboven bij een loodrechte snelheid van 0,15 m/sek), en in het sas zelf

50 Tm (snelheid 0,1 m/sek). Afhankelijk van de plaats wordt aangenomen dat één of twee fenders deze stoot opnemen.

Tenslotte kan nog opgemerkt worden dat de sluis voorzien is van vier klapbruggen, twee op het bovenhoofd en twee op het benedenhoofd, telkens gelegen buiten de sluisdeuren.

4. HAVEN VAN DUINKERKE

De haven van Duinkerke, en meer bepaald de toegang vanuit de oostelijke voorhaven tot de dokken, wordt bediend door drie sluisen. De kleinere Trystramsluis (breedte 25 m) wordt hieronder niet verder behandeld. Voor de ligging der sluisen in het havengebied en hun oriëntatie zie FIG. 11. Het zeeniveau varieert tussen + 7,15 en + 0,45; het dokniveau tussen + 5,30 en + 6,30.

4.1. Watiersluis

De Watiersluis werd gebouwd tussen 1932 en 1939. Ze werd bij de Duitse terugtocht in 1944 verwoest en onmiddellijk na de Wereldoorlog herbouwd, en in oktober 1947 in dienst gesteld.

De sluis meet 280 m als grootste nuttige lengte; de breedten verschillen, maar de kleinste breedte bedraagt 40 m, en 39 m tussen de beschermingen (zie FIG. 12). Met deze maten is de sluis opgevat voor een schip van 50.000 T (230 m X 34 m X 11 m).

De oriëntatie van de sluis is N-Z, en daarmee is de sluis gericht naar de havenmonding, zodat de zeekant bij wind van NO tot NW rechtstreeks blootgesteld is aan golven vanuit de zee. Daardoor worden de zeewaartse deuren fel gesolliciteerd door golven die een dynamische belasting veroorzaken. Bij een gesloten deur geeft dit aanleiding tot "kloppen" van de deur; om hieraan ter verhelpen werden de deuren in 1958 vernieuwd en voorzien van blokkeringsvijzels. Op de bewegende deur geven de golven grote destabiliserende krachten, zodat de deur niet meer kan bewogen worden bij een solliciterende golf van groter dan 80 cm (overeenkomend met een golf in zee van 2,50 m, periode 5 à 9 sek.). De sluis is dan buiten dienst. Om dit probleem op te lossen werden in het waterbouwkundig laboratorium (Chatou) modelproeven uitgevoerd waarbij men trachtte de golven te amortisseren d.m.v. resonantiekamers of woelkamers, geplaatst zijwaarts naast de sluisingang, en opgevat als een reeks kamers van verschillende afmetingen. Volgens deze proeven kon men aldus golven met periode tussen 6 en 10 sek. voor 80 tot 90% reduceren, maar voor perioden tussen 4 en 6 sek. lukte dit slechts voor 30 à 40%. Vooral deze kleinere periodes leverden problemen op. Deze resonantiekamers werden echter nooit gebouwd,

omdat men na het plannen en uitvoeren van de groter en beter gesitueerde Charles de Gaullesluis, het periodiek buiten-dienststellen van de Watiersluis niet meer als een zo groot euvel er-voer.

Samen met de eerste bouw van de sluis (voor W.O.II) werd de sluis aan de zeezijde voorzien van een 200 m lange pier, die aansluit op de westelijke retourmuur (zie FOTO 28) (op 62 m uit de aslijn van de sluis). Deze pier (6,5 m breed, 2 rijen damplanken met daartussen zand behoudens ter hoogte van de 2 rijen trekkers waar een betonvulling van 5,3 m hoog aangebracht is) werd voorzien om de in- en uitvarende schepen te beschermen tegen de westenwinden. De idee van deze bescherming lijkt te zijn overgenomen van de kaaimuur die ook westelijk de ingang tot de oudere Trystramsluis beschermt. Nu wordt echter opgemerkt dat deze pier geen functie heeft in de golfdemping, noch in het geleiden van binnenvarende schepen, en slechts in zeldzame gevallen als wachtplaats (af en toe een sleepboot) dienst doet.

De Watiersluis eindigt dus zowel aan dok- als aan zeezijde op rechte keermuren. De sluishoeken aldaar zijn afgerond en beschermd d.m.v. aan staalkabels tegen het beton opgehangen rubberen banden (type autobanden) (zie FOTO's 28 & 29, en voor dokzijde FOTO 30). De saskolkwanden zijn vanwege de herbouw op de nog goed gebleven onderste gedeelten der oude damplanken als een speciale konstruktie uitgevoerd. Ze vertonen daardoor aan hun dagvlakzijde een open structuur waardoor de daarachter gelegen uitsparingen als woelkamers fungeren. Op de gesloten verticale spanten en op de horizontale bovenspant van dit "open raamwerk" zijn vast bevestigde wrijfhouten aangebracht, afgewisseld met opgehangen rubberen banden (FOTO 31). De betonstructuur van de saswand is berekend voor een loodrechte schipstoot van 100 Ton (horizontaal), gelijkelijk verdeeld over twee naast elkaar gelegen verticale spanten.

De sluis heeft verder geen enkele speciale toegangsfaculteit. De hierbovengenoemde schikkingen (rubberbanden) geven volledige bevrediging (en zijn goedkoop in onderhoud, alhoewel ze vrij regelmatig moeten vervangen worden).

Tenslotte is de Watiersluis uitgerust met een enkele brug, gelegen aan de binnenzijde van de zeewaartse deuren.

4.2. De Charles de Gaullesluis

Deze zeesluis (364,36 m tussen de buitendeuren, 50 m tussen de kolkwanden) is in dienst sinds december 1970. Ze werd ontworpen voor 125.000 T schepen van 280 m X 44 m X 14,2 m (uitzonderlijk worden schepen tot 300 m lengte toegelaten).

De sluisas ligt bijna 90° gedraaid t.o.v. de Watiersluis, zodanig dat de zeewaartse sluistoegang naar het oosten gericht is. Dit heeft, samen met een veel gunstiger oriëntatie t.o.v. de havenmond, een veel geringere golfagitatie voor de sluis tot gevolg (zie FIG. 11).

De zeewaartse sluistoegang wordt dus beschermd tegen de door de 275 m brede havenmond inlopende golven, uit de richtingen W en NW, door de westelijke havendam, en uit de richtingen N en NO door een pier (zie FIG. 13). Deze pier ("Jetée d'embecquetage") is op modelproeven uitgetest. De konstruktieve schikkingen (zie verder) zijn zodanig opgevat dat - o.a. door een open, niet reflekerende bovenbouw - de grotere golven gereduceerd worden tot gemiddeld 40 cm. Ondanks soms hevige stormen is deze sluis nog nooit omwille van de golfagitatie buiten dienst gesteld.

De pier zelf is 184 m. lang en vormt samen met de aanzet bij het sluishoofd (zie FOTO 32) een wand van 212,15 m. Hij bestaat uit een pierkop ("musoir") en een doorgaand gedeelte. De pierkop wordt gevormd door een inwendige cel in 8-vorm, uit platte damplanken, gevuld met zand, en een uitwendige cel in damplanken Larssen VI. De tussenruimte tussen beide cellen is gevuld met beton tussen de niveau's (-13,50) en (+1,00). Het geheel draagt een betonnen kop tussen (+1,00) en (+9,00). Het doorgaande piergedeelte bestaat uit 7 gewapend betonnen cirkelvormige caissons van 21,43 m buitendiameter, en 1 m dikte, gefundeerd op het niveau (-18,00) à (-20,00). De caissons zijn gevuld met zand en bovenaan afgesloten met een schuin oplopende bitumineuze betonbedekking (zie FIG. 14). Tussen de caissons is een betonvoeg aangebracht.

Deze pier staat in het rechte verlengde der saskolkwand, zodat hij naast de funktie van bescherming tegen golven ook de funktie heeft van geleiding der invarende schepen. Immers, de schepen die de havenmond doorvaren, dienen in de voorhaven ongeveer 90° te zwenken om in de richting der sluisas te liggen.

Deze geleidingsfunctie wordt verwezenlijkt door een aan de pier bevestigd scherm. Op het doorgaande deel van de pier is dit scherm een kontinu schild van 163 m lang, bestaande uit 15 scharnierend met elkaar verbonden horizontale panelen (14 van 11 m lang en 1 van 9 m lang) tussen de niveau's (+7,00) en (+8,50), vervolledigd met 15 vertikale elementen, scharnierend verbonden met de horizontale en dalend tot het niveau (+3,00), telkens geplaatst onder de voegen in het horizontale scherm (zie FIG. 14a en FOTO 33). Aldus zijn alle elementen scharnierend aan elkaar bevestigd. Zij zijn daarenboven elastisch gesteund tegen de pier door middel van rubberen amortisseurs. Deze schikking biedt de volgende voordelen:

- door de korte lengte (11 m) van elk stijf element kunnen gemakkelijk de sollicitaties (buigmomenten) vanwege een schok worden opgenomen;
- er is geen gevaar bij zijdelingse stoot tegen een element, gezien door de scharnierverbindingen de stoot wordt overgedragen op de naburige elementen; hierdoor is er ook geen gevaar dat door dergelijke tangentiële krachten (door de langswrijving van een schip) de amortisseurs zouden beschadigd worden. De tangentiële krachtwerking wordt gezien de continuïteit, opgenomen door alle amortisseurs van het horizontaal scherm. De ontwerper meldt dat dit scherm een langse stijfheid heeft van 4705 T/m. Wanneer een schip van 125.000 T waterverplaatsing het scherm raakt met een loodrechte snelheid van 0,2 m/sek wordt daarbij een energie overgedragen van 245 Tm. Als men veronderstelt dat de stoot zich voordoet over een lengte van 22 m, zal in de betreffende elementen een reactie loodrecht op de pier ter grootte van 305 T optreden. Bij een wrijvingscoëfficiënt element-schip van 0,3 zal dan een tangentiële reactie van 91,5 T optreden, wat een langse verplaatsing van het scherm veroorzaakt van kleiner dan 2 cm.

De vertikale elementen dienen vooral om te beletten dat kleinere schepen (vb. sleepboten) onder het horizontale scherm zouden haken.

De schermen zelf bestaan uit een stalen konstruktie, aan de voorzijde over de gehele oppervlakte bekleed met hout (\pm 40 cm dik). De elastische opleggingen (FOTO 34) worden gevormd door een pakket van rubber/staal "sandwiches" (Kléber-Colombes type DOK). Eén "sandwich" wordt gevormd door een bovenste en een onderste staalplaat (staal E 36, dik 10 mm), met ertussen een 76 mm dikke laag synthetisch neopreen rubber, aan de staalplaten bevestigd d.m.v. kunstharsen. De kopse kanten der staalplaten worden omhuld met een dunne rubberfilm, en de boven- en onderkant wordt beschermd door zinkmetallisatie en epoxyteer. Deze "sandwiches" worden dan in 5 of 6 lagen tot een amortisseur verenigd d.m.v. bouten (zie FIG. 14 en 14a). Voor de pierschermen werden de amortisseurs geplaatst met een hellingshoek van $8^{\circ}30$ t.o.v. de horizontale, telkens 2 amortisseurs per horizontaal element en één per vertikaal element. Door het schuin plaatsen der amortisseurs werken zij niet alleen op afschuiving maar ook op samendrukking. De karakteristieken van de elastische schikkingen worden gegeven in FIG. 14a.

Alhoewel niet alle schepen deze pier gebruiken als geleiding (dit verschilt van loods tot loods), bewijst het uitzicht van de houten bescherming dat de pier toch vrij regelmatig haar geleidingsfunctie vervult, zij het dan dat de stoten beperkt blijven vanwege de kleine aanvaarhoeken.

De pieraanzet vertoont een licht insprong t.o.v. het dagvlak der pier en saskolkwand, en is beschermd d.m.v. rubberen banden (FOTO 32).

De pierkop (FOTO 37 en 38) die gezien zijn ligging in de voorhaven onderhevig kan zijn aan zware aanvaringen, is speciaal beschermd. Deze bescherming bestaat uit twee trappen:

- 1) een vertikaal stalen schild (hoogte 3 m), vooraan bekleed met hout, dat in planzicht verloopt volgens een cirkelboog, en dat aan een horizontaal frame bevestigd wordt met tussenkomst van een eerste reeks van 2X6 amortisseurs (hellingshoek 7° t.o.v. horizontale);

2) het stalen frame dat gesolliciteerd wordt door de hierboven-genoemde amortisseurs, en dat op zijn beurt afsteunt op een onder het frame geplaatste tweede reeks van 13 amortisseurs (horizontaal gemonteerd). De horizontale verplaatsing van dit frame wordt beperkt door stootblokken, en een vrij complex mechanisme (met wielen) belet dat het frame zou kunnen opgelicht worden. Een betonballast van 22 T per amortisseur doet ook deze dispositieven op afschuiving én op druk werken (maar de druk is hier dus konstant en onafhankelijk van de stootkracht).

De elastische karakteristieken van deze bescherming worden gegeven op FIG. 14a.

Bij de bouw van de sluis werden alle sluishoeken, behalve natuurlijk de sluisaansluiting met de pier, beschermd door eenzelfde soort schikking als voorzien bij de pierkop. Bij deze 3 sluishoeken werd een grote uitsparing voorzien, bovenaan in het beton, waarin horizontaal frame en vertikaal schild opgesteld werden (FOTO 35 en 36, en FIG. 15 en 16). Het schild is hier aan het frame bevestigd d.m.v. 2X5 amortisseurs (hellingshoek 7° t.o.v. de horizontale), het frame is aan de infrastructuur verbonden via 13 amortisseurs (horizontaal gemonteerd). De elastische karakteristieken van deze sluishoekbeschermingen worden gegeven op FIG 14a.

Voor heel de sluis werden aldus 945 "sandwiches" geplaatst (op de sluishoek $2X5 + 13 = 23$ amortisseurs van 5 "sandwiches", op het doorgaand deel van de pier $2X45 = 90$ amortisseurs van 5 "sandwiches", en op de pierkop $2X6 + 13 = 25$ amortisseurs van 6 "sandwiches").

Geheel dit systeem was geïnspireerd door gelijkaardige vroeger uitgevoerde konstrukties te St. Nazaire en Genua.

Reeds vanaf de eerste maand na de indienststelling van de sluis, begonnen de sluishoekbeschermingen gebreken te vertonen, meer bepaald scheurvorming in de rubberen "sandwiches", die zwaar op afschuiving belast werden. Deze "sandwiches" werden inderdaad zwaarder belast (en ondanks het vasthoudmechanisme, ook vertikaal belast) dan deze van het pierbeschot. Op dit ogenblik bestaat dit

oude systeem nog enkel op de noordelijke sluishoek aan de dokzijde en op de pierkop. De beide zuidelijke sluishoeken zijn gewijzigd; hier heeft men de betonuitsparingen volgestort met behoud van de hoekafrondingen, en op de aldus onstane dagvlakken horizontale rubberen V-fenders bevestigd. Op het vertikaal gedeelte van het dagvlak zijn aldus twee boven elkaar geplaatste fenders H600 aangebracht, en daarboven op het lichtjes afgeschuind bovendeel van het dagvlak een fender H500 (FOTO's 39 en 40). Rekenend dat deze drie fenders samenwerken over een lengte van $\pm 5,5$ m; kan deze bescherming een stoot opnemen van ± 160 Tm, zij het op een "hardere" manier dan het oude systeem. Omdat de stoot hier inderdaad "harder" is, en ook omdat het uitzicht van deze nieuwe hoekbeschermingen "harder" is (visueel ziet men hier vooral de betonwand, terwijl men bij het oude systeem vooral het los van het beton staande houten scherm zag) worden deze nieuwe schikkingen minder angevaren; ze "schrikken af".

Oorspronkelijk was voorzien om de noordelijke dokzijdehoek en de zuidelijke zeezijdehoek nog te beschermen door een voor deze hoeken geplaatste, geïsoleerde buisduk dalf. Op vraag van de nautici werd hier echter van afgezien, zodat en nu buiten de pier en de hoekbeschermingen geen enkele speciale voorziening aangebracht is bij de sluistoegangen. De sluis eindigt dus op de rechte pier en op drie rechte keermuren. Dit houdt tevens in dat de dokzijde niet speciaal beschermd is tegen golven die hier kunnen ontstaan bij westenwind over het lange Bassin Maritime.

Tenslotte kan nog opgemerkt worden dat de saskolkwanden beschermd zijn d.m.v. rubberen banden afkomstig van werfvoertuigen, opgehangen aan kabels (men prefereert staalkabels boven nylonkabels). Deze beschermingen, waardoor de nuttige kolkbreedte gereduceerd wordt tot 48 m, zijn bedrijfszeker, nemen voldoende de schipstoten op; ze zijn eenvoudig, goedkoop en gemakkelijk hernieuwbaar, maar moeten wel vrij vaak vervangen worden.

Over de sluis is een brug voorzien, type Scherzer, gelegen aan de binnezijde der dokwaartse deuren. De weg over deze brug is zeer verkeersarm.

5. LE HAVRE - Sluis François I.

De François I^{er}-sluis (FIG. 17 en 18) verbindt het nieuwe tijdok met de achterliggende nieuwe dokken (zuid-oost dok) en het kanaaldok. Deze sluis, in dienst sinds december 1971, is met 400,9 m lengte tussen de buitendeuren en met 67 m breedte tussen de kolkwanden, tot heden de breedste ter wereld (tot de indienststelling der Berendrechtssluis te Antwerpen). Ze is ontworpen voor een typeschip van 250.000 TDW (max. toegelaten schip: 350 X 60 X 20 m) bij hoog water en van 65.000 TDW bij laag water.

De inplanting van deze sluis in het havengebied (diep achter de tijdokken) heeft tot gevolg dat ze zeer goed beschermd ligt t.o.v. de zee. Derhalve ondervinden de in- en uitvarende schepen weinig hinder van stromingen of golfagitatie. Anderzijds draagt de enorme sluisbreedte bij tot een gemakkelijke invaart.

De sluis eindigt aan beide zijden op rechte keermuren. De sluishoeken zijn nagenoeg recht (met een geringe afronding) en hebben bij de konstruktie geen enkele ingebouwde bescherming meegekregen. Zowel opwaarts als afwaarts worden de hoeken zelf wel enigszins beschermd door touwtroszakken, horizontaal geplaatst nabij de bovenrand en opgehangen aan kettingen (FOTO's 41, 42 en 43).

De saskolkwanden zelf hebben wel een vrij zware befendering gekregen die doorloopt tot voorbij de sluisdeuren, tzt. tot juist voor de sluishoeken. Deze befendering bestaat uit 3 boven elkaar geplaatste rijen schuin ($\pm 60^\circ$ met de horizontale) opgehangen holle rubberen cilinderfenders (Kléber Colombes), met diameter uitwendig 800 mm, inwendig 400 mm en lengte 3,30 m (FIG. 19 en FOTO's 44, 44A en 45). De ophanging gebeurt met kettingen wat makkelijke plaatsing en vervanging toelaat. De schuine positionering is gekozen als kompromis om te voorkomen aan de nadelen van een horizontale plaatsing (kleinere schepen haken onder de fenders en rukken deze bij opwaartse beweging af), en aan de nadelen van een verticale plaatsing (door de langse wrijving der scheepsrompen rollen de fenders weg en worden ook afgerukt).

De gekozen cilinderfenders hebben bij 100 % indrukking (400 mm) een energieopnamecapaciteit van 8 Tm bij een reactie van 40 T, voor 1 m lengte. Voor hun werkelijke lengte van 3,30 m en rekenend dat de 3 rijen samenwerken, geeft dit derhalve 80 Tm bij 400 T.

Andere schikkingen om in- en uitvaart der schepen te vergemakkelijken zijn niet aangebracht, noch opwaarts, noch afwaarts. Wachtplaatsen, voor zover deze voorhanden zijn, bevinden zich op grotere afstand van de sluis en staan er dus volledig los van.

Bij de bouw van de sluis was voorzien twee bruggen aan te brengen (baskulebrug Scherzer), één afwaarts tussen de sluisdeuren en een opwaarts buiten de deuren. Enkel de afwaartse brug werd toen gerealiseerd. Door de toename van het wegverkeer drong zich later de uitvoering van de afwaartse brug op, waarbij men echter afstand deed van het baskulebrugtype gezien bepaalde moeilijkheden voor onderhoud (schilderwerk) en vooral gezien het optreden van vermoeiingsverschijnselen in de opwaartse brug. De keuze viel op een rolbrug (ook omdat de montage hiervan geen onderbreking meebracht voor de sluisuitbating), bewegend naar de kant der deurnissen. Merkwaardig is nog dat deze brug zodanig opgevat is dat ze bij een stoot van een schip een verdraaiing op het centrale steunpunt kan ondergaan, waarbij dus zonder al te grote schade de stootenergie wordt opgenomen. De brug moet daarna gewoon in de juiste positie teruggeplaatst worden.

6. IJMUIDEN - Noordersluis.

De sluisen van IJmuiden geven toegang tot het Noordzeekanaal naar Amsterdam. De Noordersluis werd ontworpen rond 1911 voor schepen van 300 X 33 X 12,2 m (sluis 360 X 40 X 14 m), maar rond 1913 werd dit ontwerp aangepast voor "een fiktief toekomstschip van 100.000 BRT" van 330 X 40 X 13,5 m, wat leidde tot een sluis van 400 X 50 X 15 m. Nu zijn schepen toegelaten van 330 m lang (met twee sleepboten vooraan en één achteraan) X 43 m breed (en mits bepaalde maatregelen, tot uitzonderlijk 45 m) X 14 m diepgang. De sluis werd gebouwd in de jaren twintig en in april 1930 in dienst gesteld.

De inplanting der Noordersluis werd ingegeven door de beschouwing dat men tussen de sluis en de buitenhaven een zo groot mogelijke oeverlengte wenste, als enig mogelijke wachtplaats voor invarende schepen. Hierdoor moest de sluis zo ver mogelijk naar binnen geplaatst worden (aan de kanaalzijde werd geen speciale wachtplaats voorzien gezien heel het Noordzeekanaal hiervoor kan dienst doen), maar deze mogelijkheid was beperkt door de toenmalig opwaarts gelegen spoorbrug te Velsen, en door de eis dat tussen de Noordersluis en het binnentoeleidingskanaal der Middensluis een voldoende brede strook moest behouden blijven. Om dit op te lossen heeft men de as der Noordersluis lichtjes gewenteld t.o.v. deze der oudere sluisen, waardoor ook de Noordersluis een eigen buitentoeleidingskanaal vergde, ten noorden van het oude fort. Hierdoor werden de bochten in de vaarwegen voldoende ruim gehouden, zodat de waarweg zowel op- als afwaarts in het rechte verlengde der sluisas ligt (zie FIG. 20).

De wachtplaatsen in het buitentoeleidingskanaal waren uitgerust met geïsoleerde meerstoelen, op 100 m van elkaar, symmetrisch geplaatst t.o.v. de sluisas (FOTO 47). Vanaf de buitenhaven te beginnen stonden ze aan weerszijden eerst op een lijn evenwijdig met de sluisas, om dichterbij de sluis op een eerder trechtervormige lijn naar de sluistoegang zelf te konvergeren (hellingshoek 1/10). Deze "trechter" stopt op 275 m voor het

sluishoofd. De meerstoelen bestaan uit holle gewapend betonnen cilinders (binnendiameter 7 m, wanddikte 30 cm, hoogte 17 m, bovenkant op peil +4,00 NAP) met versterkte voet (diameter 10,6 m), die leeg drijvend kunnen getransporteerd worden en dan door water in te laten op hun plaats worden afgezonken, waarna ze gevuld worden met zand. Aan hun bovenzijde zijn de zijwanden over de hele omtrek voorzien van verticale wrijfhouten. Het afmeren der schepen gebeurde tegen een houten scherm, opgehangen aan kettingen en rustend tegen fenders van rottang of cocos, opgesloten tussen de verticale wrijfhouten. Dit scherm was enkel voorzien op de voorzijde, over iets minder dan de halve cirkelomtrek. Het is in de praktijk zeer kwetsbaar gebleken: elke aanvaring door een schip veroorzaakte averij. Bij vernieuwing werd van het verrend element afgezien. Anderzijds was men na verloop van tijd van oordeel dat deze meerstoelen hun functie van wachtplaats niet vervulden, gezien er in de praktijk geen wachttijden zijn, en dat ze dus eerder hinderlijk zijn (als ze er staan kunnen ze aangevaren worden). Op vier na (2 aan noordzijde en 2 aan zuidzijde; het dichtsbij de sluis) zijn heden alle meerstoelen uit het buitentoeleidingskanaal verwijderd (FOTO 48). De vier meerstoelen zijn behouden als aanlegplaats in geval van nood; ze hebben geen functie als geleiding. Zij zijn voorzien van twee horizontaal opgehangen rubberen cilinders tegen de verticale houten (enkel aan hun voorzijde).

Elke meerstoel heeft bij waterpeil + 3,00 NAP een nuttig gewicht van zowat 800 Ton en is berekend om als starre konstruktie een stoot op peil + 2,00 NAP op te nemen van 200 Ton (de maximale teendruk op de bodem is dan 6,5 kg/cm²).

Ook aan de kanaalzijde was de toegangsgeul voorzien van enkele meerstoelen, maar dan uitsluitend aan de noordzijde. Slechts één hiervan, op grote afstand van de sluis, is behouden.

De eigenlijke sluistoegang, zowel aan zeezijde als aan kanaalzijde, is op speciale wijze uitgevoerd. Men wenste van onmiddellijk voorbij het eigenlijke sluishoofd een trechtersvormige verbreding (hellingshoeken 1/10 t.o.v. de sluisas) toe te passen. Het gebruik van damplanken werd hiervoor ongeschikt geacht, zodat een betonkonstruktie voorzien werd. Deze werd tevens ge-

bruikt om de grondbelopen op te vangen zodat vleugelwanden (keermuren) konden worden ontbeerd (zie FIG. 21). Het grondbe- loop van de voorhaven loopt tegen de loodrecht op de sluisas staande buitenwand van de betonkonstruktie aan. Het hogergele- gen gedeelte van dat be- loop, dat niet aldus kon worden opgevan- gen, wordt tegen de achterwand aange-cirkeld. De betonkonstruk- ties zelf zijn uitgevoerd als in holle ruimten ingedeelde beton "dozen" (de holle ruimten zijn tot boven met grond gevuld - ge- draineerd -), die doorlopen tot onder de sluisvloer en daar ge- fundeerd zijn op betonnen palen en damwanden. Behalve als grond- kering dienen deze betonkonstrukties, waarvan de opvatting licht verschilt voor de beide sluishoofden (zie FIG. 21), voor- namelijk:

1. om een royale verwijding van de slusingang te scheppen;
2. om tegen zware scheepstoten bestand te zijn;
3. om schepen, welke bij storm moeite hebben met het binnen- varen, hulp te kunnen bieden, waartoe nabij de royaal afge- ronde buitenhoek een op een troskracht van 200 Ton berekende bolder is geplaatst. (tekst naar Jitta).

Om deze redenen worden deze gewapende betonkonstrukties ook geleidehoofden of aanvaarhoofden genoemd. Ze komen in feite neer op een starre trechtersvormige verlenging van de sluis over onge- veer 36,70 m. De uiterste hoeken van deze betonkonstrukties zijn afgerond, maar niet van een speciale bescherming voorzien.

Vóór deze geleidehoofden, en er met een loopbrugje mee ver- bonden, is op elke sluishoek nog een enigszins verend houten geleidewerk gemaakt (zie FIG. 22 en FOTO's 48 t/m 51). Het ligt in het verlengde van de trechtersvorm der geleidehoofden (dus hel- ling 1/10) en bestaat uit houten heipalen die via een stalen frame een schotwerk dragen in het dagvlak. Het is niet bestand gebleken tegen ernstige aanvaringen; het is hier ook niet voor berekend geworden. Geredeneerd was dat beter het houten geleide- werk ernstig kon worden beschadigd dan het geleidehoofd of het schip dat de aanvaring veroorzaakt (Jitta). Telkens na schade- varingen wordt het geleidewerk gewoon hersteld, wat gezien de aard der konstruktie, op vrij snelle en goedkope manier kan ge- beuren. Toch dient onderstreept dat deze geleidewerken wel weer- staan aan een niet al te zwaar "aanleunen" van een schip.

In het sas zijn tegen de wanden verticale wrijfhouten aangebracht waarlangs houten drijframes kunnen bewegen. Het dagvlak dezer drijframes steekt 1,43 m uit t.o.v. de saskolkwand, zodat de vrije breedte van de sluis 47,14 m bedraagt. Deze drijframes lopen door over de gehele sluislengte, slechts onderbroken ter plaatse van de sluisdeuren; voorbij de eigenlijke sluishoofden volgen ze de geleidehoofden, en lopen door tot op de kop van de houten geleidewerken (FOTO's 49 en 50). Zoals gelijkaardige konstrukties bij andere zeesluizen worden ook hier deze drijframes vrij vaak beschadigd bij aanvaring door de schepen (zoals trouwens ook de dekzerken der saskolkwanden).

Wat de praktijk betreft dient nog gezegd dat het binnenvaren van de sluis geen abnormale moeilijkheden geeft; het tijverschil in de voorhaven is klein en de oost-west oriëntatie van de sluisas is gunstig t.o.v. de heersende westenwinden (geen dwarswinden). Er werd vastgesteld dat de vaarrichting van een invarend schip $\pm 1 \frac{1}{2}^{\circ}$ afwijkt van de sluisas.

Tenslotte kan nog vermeld worden dat er bij de Noordersluis geen bruggen over de sluis liggen: het verkeer dient dus gebruik te maken van de rijweg over de sluisdeuren.

7. TERNEUZEN - Zeevaartsluis of Westsluis.

Sinds december 1968 is te Terneuzen de Westsluis in dienst, die de binnenhaven van Terneuzen en vooral, via het zeekanaal, de haven van Gent toegankelijk maakt voor grote schepen. Het ontwerp was afgestemd op een destijds gebruikelijk schip van 30.000 TDW; incidenteel zou ook een groter schip van de infrastructuur gebruik kunnen maken, te weten een schip van omstreeks 50.000 TDW. Hierbij paste een nuttige sluiscolklengte van 290 m tussen de binnendeuren waarbij de buitendeuren als reserve beschouwd werden. De afstand tussen de buitendeuren bedraagt 355 m; de sluisbreedte 40 m. Herhaalde onderhandelingen tussen de Nederlandse en de Belgische autoriteiten hebben geleid tot een trapsgewijs vergroten van de tot de sluis toegelaten schepen; thans worden bij wijze van proef schepen toegelaten met maximale afmetingen 256 X 34 X 12,25 m (zie FIG. 23 en 24, en FOTO 52).

Door het indienststellen van deze sluis zijn zeevaart en binnenvaart gescheiden. De vormgeving der voorhaven (Scheldezijde) van de Westsluis is het resultaat geweest van laboratoriumonderzoek waarin beoogd werd een kompromis te vinden tussen:

- vlotte in- en uitvaart van de sluis
- zo min mogelijke aanslibbing in de voorhaven
- beperken van de golfbeweging en van de aantasting der havenhoofden.

Zo kwam een voorhaven tot stand (zie FIG. 23) met lengte ≈ 1500 m en breedte ≈ 225 m, op peil - 11,00 NAP (wat relatief ondiep is). Deze voorhaven wordt echter gekenmerkt door een relatief nauwe mond en een gebogen tracé van de daarbij aansluitende route naar de Westsluis (FOTO 53). Het is gebleken dat deze voorhaven vrij vaak aanleiding heeft gegeven tot een minder gelukkige afloop van het invaarmanoeuver. In bedoelde gevallen wordt door de vloedstroom een zodanige werking op het achterschip uitgeoefend dat de draaiende beweging die het schip daarvoor aanneemt, niet tijdig gecorrigeerd kan worden binnen het havengebied. Het schip loopt dan in de westelijke oever van de voorhaven. Op dit ogenblik is daarom opnieuw een studie aan gang over de eventueel wenselijke rekonstruktie der voorhaven.

Aan beide sluiszijden (Scheldezijde en kanaalzijde) zijn wachtplaatsen voorzien bestaande uit dukdalven van stalen buispalen (diameter 2,25 m of 1,60 m, wanddikte 25 of 16 mm), waaraan op verende wijze een houten beschermingsschot bevestigd is. Bij de zware buispalen (\emptyset 2,25 m) bestaat dit verend element uit twee rubberen Gigant-cilinderfenders \emptyset 800/400, lente 800 mm; bij de lichtere buispalen (\emptyset 1,6 m) uit één zelfde cilinderfender. Aan de Scheldezijde stelt men vast dat een bijkomend nadeel van de minder gelukkige invaarmanoeuvres gevormd wordt door de vernieling van dukdalven die langs de westelijke oever staan. Aan gezien men oordeelde dat deze dukdalven toch niet meer aan hun oorspronkelijk doel beantwoordden (als wachtplaats), heeft men er een 5-tal verwijderd (begin 1983). Aan de kanaalzijde is de toestand merkkelijk beter gezien hier een rechte, brede vaarweg voorhanden is.

De sluis eindigt op rechte keermuren.

De eigenlijke sluistoegangen zijn voorzien van geleidewerken (FIG 25 en FOTO's 54 t/m 57). Het betreft een konstruktie uit stalen buispalen, gekoppeld door een horizontale buisligger, waaraan in de dagvlakzijde houten schotten zijn opgehangen. In planzicht zet dit geleidewerk aan op 6m voor de sluishoek, onder een helling 1/8 met de sluisas, om van daar een cirkelboog te beschrijven met straal 110 m, tot op 40 m voor de sluishoek. Daar is voor het geleidewerk een dukdalf met beschermingschot voorzien. Het gehele geleidewerk is afgewerkt met een looppad en een verbindingsbrugje met het sluisplateau. De vier sluishoeken zijn voorzien van eenzelfde geleidewerk, met dien verstande dat aan de Scheldezijde (getijde) de schotten hoger zijn.

Geheel dit geleidewerk is opgevat als een verende konstruktie waarbij vooral de vertikale buispalen de elasticiteit opleveren. Het is ontworpen om een schipstoot (ontwerpschip voor de sluis) op te nemen van ongeveer 50 Tm (wat resulteert in een kracht van 139 T bij een doorbuiging van 73 cm). Hetzelfde type geleidewerk werd toegepast op meerdere binnenvaartsluizen voor grote duwvaart.

In de periode 1979-81 werden deze geleidewerken een viertal keer door aanvaring licht beschadigd. In november 1973 werd het oostelijk geleidewerk van het binnenhoofd aangevaren; de herstelling ervan kostte 735.000 gulden. De schadevaringen zijn dus slechts gering in aantal, maar toch is het zo dat de geleidewerken in feite te zwak zijn om werkelijk koerscorrigerend te werken bij het binnenvaren van grote schepen (d.w.z.: bij een uit de hand lopend manoeuvre, het schip in de juiste ligging terugbrengen). Anderzijds kunnen zij door hun aanwezigheid een beletsel zijn voor de vrije manoeuvreerruimte der sleepboten. Een en ander heeft, mede met het oog op het optimaal versassen van grote schepen, aanleiding gegeven tot een nieuw onderzoek naar de wenselijkheid en de mogelijkheid om de huidige geleidewerken te wijzigen (lengte, inplanting, sterkte..), te vervangen of weg te laten.

De saskolkmuren der sluis zijn uitgerust met houten drijf-ramen die glijden langs gedeeltelijk in de muren opgenomen verticale hardhouten stijlen. De functie van deze drijfrahmen werd bij het ontwerpen der sluis als volgt omschreven:

1. bescherming geven aan schepen en sluiswanden;
2. geleiding verschaffen aan de schepen voor het gemakkelijk in- en uitvaren;
3. er zorg voor dragen dat naast een binnenvarend schip voldoende ruimte overblijft om het door dit schip uit de kolk te verdringen water te laten wegstromen;
4. voorkomen dat schepen bij het wegvaren uit de kolk tegen de wanden zouden "kleven".

Het drijfraam is 90 cm breed, de verticale balken steken 8 cm uit de kolkwand, zodat de eigenlijke vrije sluisbreedte 38,04 m bedraagt tussen de drijfrahmen. De keuze van dit ontwerp wordt mede verantwoord in een "Nota betreffende het ontwerp voor een Zeesluis te Terneuzen" van de Nederlandse Rijkswaterstaat:

"Smallere konstrukties, zoals bvb. rubberfenders en dergelijke vervallen, omdat ze niet voldoen aan het gestelde onder punt 3 en 4 (zie hierboven). Bovendien zouden rubberfenders direct worden vernield door de grote langskrachten welke een varend schip daar op uitoefent" en nog:

de drijramen "welke volgens opgedane ervaringen in de zeesluis te IJmuiden voor de scheepvaart ideaal zijn te achten, ...".

Nochtans ondervindt men ook hier, zoals ook bij gelijkaardige schikkingen in andere zeesluizen (vb. Zandvliet) veel hinder door beschadigingen van deze (niet elastische) drijramen. Merken we nog op dat de drijramen, die onderling door kettingen gekoppeld zijn, doorlopen tot rond de sluishoeken zelf, waarbij het laatste stuk in planzicht afgeschuind is (helling 1/8) over 3 m. De ingebeelde lijn die de verlenging van deze afschuining vormt, bepaalt de aanzet van het geleidewerk.

Tenslotte dient nog vermeld dat de Westsluis uitgerust is met twee baskulebruggen (voor het drukke landverkeer). Aan de kanaalzijde ligt de brug buiten de twee sluisdeuren, opdat schepen die vanuit de Schelde de sluis invaren, de brug niet zouden kunnen aanvaren. Aan de Scheldezijde ligt de brug tussen de beide sluisdeuren om bij storm de brug tegen golfklappen te beschermen door de gesloten buitendeur en om bij gebruik van de binnendeur de brug te beschermen tegen aanvaring van naar de Schelde uitvarende schepen. De praktijk leert nochtans dat beide bruggen kunnen aangevaren worden, maar dan vooral door auto-carriers die met hun zeer geprononceerde boegvorm en grote bovenbouw over het sluisplateau kunnen uitsteken. Ook met het oog hierop worden momenteel de in- en uitvaartschikkingen van de Westsluis opnieuw ter studie genomen. Deze studie wordt bemoeilijkt vanwege het probleem dat deze autoschepen ondervinden vanwege de overheersende westenwinden (dus loodrecht op de sluisas). Daarenboven is de Westsluis een type-voorbeeld van sluis die wat de afmetingen betreft, maximaal benut wordt; er is dus zeer weinig speling tussen de sluisafmetingen en de maximale scheepsafmetingen, waardoor de manoeuvreerspeelruimte zeer beperkt wordt.

8. DUITSE ZEESLUIZEN (kort overzicht).

8.1. Nord-Ostsee-kanal

Vroeger Kaiser-Wilhelm-Kanal, of Kanaal van Kiel geheten. Aan beide zijden van dit kanaal zijn zeesluizen voorzien: aan de westzijde bij de Elbemonding te Brunsbüttelkoog en aan de oostzijde nabij Kiel te Holtenau. Elk sluizencomplex bestaat uit een oude dubbelsluis (1895) en een grotere dubbelsluis (1914). Deze grotere dubbelsluizen hebben als kolkafmetingen 330 X 45 X 13,8 m (de oude sluizen zijn 25 m breed). Bij de grote sluizen zijn de saskolkwanden beschermd door vlootende drijfrahmen, zodat een nuttige saskolkbreedte van 40 m overblijft.

De toegangen der grote sluizen zijn voorzien van lichte houten lange rechte geleidewerken (zie FOTO 58 en FIG. 26).

8.2. Emden. Grote Zeesluis

Sluisafmetingen 260 X 40 X 13,06 m. In dienst sinds 1913.
Voor inplanting in de haven en toegangen zie FIG. 27.

8.3. Wilhelmshaven (zie FIG. 28)

- a) Bij de uitbouw van deze marinehaven werd oorspronkelijk (1863-1870) een kleine sluis gebouwd, later genoemd de "2° invaart". Deze sluis bood vanwege de korte voorhaven en vanwege de oriëntatie (sluisas loodrecht op de eb- en vloedstroom) een moeilijke invaart. Tot in de eerste wereldoorlog is deze sluis in dienst gebleven.
- b) Reeds in 1875 werd begonnen met een nieuwe sluis, later genoemd "1° invaart". Deze sluis, in dienst genomen in 1886, is nog in gebruik.
- c) Van 1901 tot 1909 werd de "3° invaart" gebouwd: een dubbelsluis: twee sluizen naast elkaar, gescheiden door een 12 m dikke betonmuur, met lengte tussen de deuren 260 m en saskolkbreedte 40 m. Terwijl de noordelijke sluis over de ganse lengte 40 m breed is, is de zuidelijke ter plaatse van de sluishoofden slechts 35 m breed (zie FIG. 30). Oorspronkelijk waren voor de toegang der "3° invaart" lange pieren voorzien die echter om besparingsredenen met \pm 400 m werden ingekort (FIG. 29), zodat niet alleen de lengte van de invaargeul korter gemaakt werd, maar ook de hoek tussen de invaart en de rivierrichting van 33° tot 54° toenam. Dat werkte zo ongunstig op de scheepvaart dat bij storm de invaart niet veilig kon genomen worden. Verder bleken in de invaart neren te ontstaan die opnieuw de scheepvaart bemoeilijkten en ook heel wat aanzanding en aanslibbing veroorzaakten.
- Door de vorm der sluiswanden (de breedten van 40 en 35 m verminderen naar beneden toe) konden de grote schepen slechts bij hoog water geschut worden. Reeds kort na het gereedkomen der sluis traden moeilijkheden op van konstruktieve aard (o.a. zettingen), en andere problemen werden opgemerkt ter gelegenheid van bepaalde herstellingen uitgevoerd tijdens de eerste wereldoorlog. De schade werd in de loop der jaren groter en tussen 1934 en 1939 werd de dubbelsluis grondig hersteld, waarbij sommige delen volledig vernieuwd werden. Zo kregen nu beide sluizen een breedte van 40 m. Aan de onbevredigende toestand der buitentoegangsgeul werd bij deze vernieuwingswerken echter niets gewijzigd.

d) Nadat reeds in 1917 het plan was opgevat voor een grotere haventoeegang, werd o.a. vanwege de gebreken aan de "3° invaart", in 1935 besloten tot het ontwerpen van een "4° invaart". De voorhaven diende zodanig ruim bemeten te zijn dat ook grote schepen bij het invaren vanuit de Jade hun snelheid kunnen behouden die vereist is om een goede stuurvastheid te hebben. De richting der sluisas en de lengte en vorm der havenpier werden op basis van modelproeven bepaald. De invaarrichting in het rechte verlengde der sluisas snijdt de stroom buiten de 175 m brede voorhavenmond onder een hoek van 35°. De sluis kan ook benaderd worden door de havenmond schuin binnen te varen volgens een koers die een hoek maakt van 27° met de stroomrichting, gezien de voorhaven met zijn \pm 650 m breedte en \pm 1400 m lengte de mogelijkheid tot koersaanpassing biedt (FIG. 28).

De werken begonnen in 1936. De sluis was ook hier een dubbel-sluis, met telkens 350 m lengte tussen de binnendeuren en 60 m breedte en met 90 m tussen beide sluisen (as op as 150 m) (zie FIG. 31). De westelijke sluis werd om veiligheidsredenen door een gronddam in 't midden der sluis afgesloten en is in die tijd niet meer in gebruik genomen.

Door de oorlogsverrichtingen werden de werken vertraagd, en delen der voorhaven werden helemaal niet uitgevoerd. Desondanks werd in november 1942 de oostelijke sluis in gebruik genomen.

Nadat de verschillende sluisen van Wilhelmshaven de bombardementen doorstaan hadden, werd op 6 januari 1946 op de konferentie van de ministers van buitenlandse zaken te Moskou besloten de havenuitrustingen en sluisen onbruikbaar te maken (het betrof hier immers een oorlogshaven). Tussen 1947 en 1949 werden de installaties en bouwwerken gedeeltelijk vernield. Als toegang voor de kleine koopvaardijvaart tot de resthaven en het Ems-Jadekanaal bleef enkel de "1° invaart" behouden. De sluishoofden en pieren der "4° invaart" werden grondig verwoest.

Na de ratificatie van het Verdrag van Parijs (tot de Duitse verdedigingsbijdrage) in de zomer van 1954 heeft men het nuttig geoordeeld Wilhelmshaven opnieuw tot een oorlogshaven uit te bouwen (stationering van eenheden der Bundesmarine, bouw van een marinearsenaal, enz...) waardoor ook tot de wederopbouw der sluisen besloten werd. De werken vingen aan in 1956.

De beide sluizen van de "4° invaart" werden herbouwd (FIG. 32). Gezien de saskolken zelf nagenoeg onbeschadigd waren, werden ze behouden; de sluishoofden werden hersteld en door deze herstelling werd hun breedte gereduceerd tot 57 m (en kwam de drempel 2 m hoger te liggen). Zodoende konden ook zonder bezwaar de saskolkwanden aan weerszijden voorzien worden van een 1,5 m breed drijftraam, waardoor over de gehele lengte der sluis een vrije breedte van 57 m voorhanden is (sluisingang zie FOTO 59). De werken aan de sluis zelf duurden van 1959 tot 1 maart 1965. Elk sluishoofd heeft nog slechts één sluisdeur (kolk lengte 390 m), voorzien van een wegdek. Er zijn geen bruggen over deze sluizen. De sluizen zijn bij hoogwater geschikt voor schepen tot 85.000 TDW en bij laagwater tot 25.000 TDW. Ook de voorhaven werd volledig vernieuwd. Ze wordt nu begrensd door loodrechte oevers: de westkaai over 900 m lengte, de oostkaai over 1080 m lengte en het pierhoofd over 330 m lengte. Hierbij komt nog het 260 m lange invaarbouwwerk aan de oostzijde (uitgevoerd in damwand) en enkele zware dukdalven.

8.4. Bremen en Bremerhaven

a) De sluis Oslebshausen te Bremen werd gebouwd tussen 1908 en 1910, met saskolkbreedte \pm 50 m, invaartbreedte der sluishoofden 24 m, lengte tussen de deuren 183 m en lengte van het sas tussen de hoofden \pm 170 m. Het betrof dus een sluis met verbreed sas. In het begin bleven beide sluisdeuren per dag tweemaal 4 1/2 uur openstaan, omdat door de geringe dokoppervlakte achter de sluis de stroomsnelheden doorheen de sluis klein bleven. Men had ook lang gearzeld om deze sluis te bouwen: het verval is relatief klein (3,30 m) en de aanzandingen zijn gering; zo leek een tijhaven ook mogelijk. Pas na het vergroten der dokken werd de sluis echt als dusdanig op permanente wijze gebruikt. Vanuit de bocht van de Weser verlaat een invarend schip (komend vanaf de zee) de rivier volgens de raaklijn aan de bocht. De toegangsecul is door een pier van de Weser gescheiden (zie FIG. 33), waaraan de invarende schepen kunnen aanleggen (de pier is aan de zijde der toegangsecul uitgevoerd met verticale damwanden). Het dagvlak van deze pier ligt in het rechte verlengde der zuidelijke saskolkwand.

Aan de dokzijde zijn er taluds; de zuidelijke oever is uitgerust met een stalen afmeersteiger in het verlengde der saskolkwand. Reeds tijdens de eerste wereldoorlog, maar vooral daarna, trad schade op aan het massabeton der sluishoofden, vnl. ten gevolge van het toegenomen zoutgehalte in het Weserwater. Ook werd de sluis, die in feite te licht gebouwd was, beschadigd door de schepen. En nadat in 1941 de noordelijke saskolkwand gedeeltelijk ingestort was, en, weliswaar hersteld, deze in 1957 opnieuw bezweek, werd het sas grondig hersteld. Opmerkenswaardig is hier ook de aanvaring in 1948 van de deurkamerwand aan het buitenhoofd door een schip van \pm 4.000 BRT (100 m lang, 15 m breed) waardoor deze wand zwaar beschadigd werd (zie FIG. 34).

FIG. 36 en 37 geeft een voorbeeld van de in de sluis en aanlegsteiger aangewende fenders.

Recentelijk (1981) werd de sluis vergroot (zie FIG. 37). Nieuwe sluishoofden werden vóór en buiten de bestaande hoofden opgetrokken uit vlottende betonnen prefabelementen, om het scheepvaartverkeer tijdens de veranderingswerken zo weinig mogelijk te onderbreken. De nieuwe sluishoofden maken terzelfdertijd de ingangen

breder en dieper. De saslengte tussen de deuren bedraagt nu 249 m, de invaartbreedte 35,10 m, terwijl de kolkbreedte zelf nagenoeg behouden bleef (de kolkwanden werden enkel versterkt). Bij hoog water kunnen nu schepen tot 35.000 DWT versast worden, bij laag water tot 7.000 DWT.

De toegangen tot de sluis werden niet gewijzigd.

Er liggen geen afzonderlijke bruggen over de sluis; de binnen-deur is voorzien van een rijweg.

b) Bremerhaven (FIG. 38) was oorspronkelijk voorzien van één sluis, de Kaiserschleuse, die bij de indienststelling in 1897 met een lengte van 200 m tussen de hoofden (223 m tussen de deuren), een sasbreedte van 45 m en een invaartbreedte van 26,80 m, de grootste sluis ter wereld was. Reeds in 1914 werd begonnen met de werken aan een grotere sluis. Nadat de werken ten gevolge van de oorlog waren stilgelegd, werd de eigenlijke bouw van de Nord-schleuse uitgevoerd van 1928 tot 1931. Deze sluis is ook van het type "verbreed sas", met een sasbreedte van 60 m, invaartbreedte 45 m, lengte tussen de deuren 372 m en lengte tussen de hoofden 350 m. Ze is ontworpen voor schepen van 60.000 tot 100.000 BRT (330 m X 41 m X 11,6 m). De sluisopvattingen en de toegangen zijn vergelijkbaar met de Oslebshausen-sluis te Bremen (zie FIG. 39 en 40, en FOTO's 60 en 61).

De sluisas vormt een kleine hoek met de stroomrichting. De toegangsgeul (16 m diep bij GHW) tussen de Weser en het zuidelijke sluishoofd is aan de oostzijde begrensd door een verticale, op palen gefundeerde, hoge kaaimuur, die aansluit op de Columbuskaai langsheen de Weser, en is aan de westzijde begrensd door een rechte, 18 m brede en 350 m lange pier (zie FIG. 41). In planzicht heeft deze geul een licht konvergerende vorm, vanaf de opening nabij de stroom van 120 m breedte tot 80 m breedte nabij het zuidelijk sluishoofd. De westelijke kaaimuur ligt in het verlengde der saskolkwand; de pier komt tot tegen de keermuur. Aan de dokzijde eindigt de sluis op rechte keermuren.

Er liggen geen bruggen over deze Noordsluis; wel zijn de twee deuren voorzien van een rijdek.

Opmerking: de Duitse zeesluizen zijn noch in het sas, noch op de toegangshoeken voorzien van rubberen fenders.

9. BRITSE ZEESLUIZEN (kort overzicht).

9.1. Bristol. Royal Portbury Dock sluis

Gelegen in de nabijheid van de monding van de Avonrivier in het Severn-estuarium, is deze sluis, gebouwd tussen 1972 en 1976, met 366 m lengte tussen de puntdeuren en 42,7 m breedte de grootste van Groot-Brittannië. Met deze maten is de sluis ontworpen voor schepen van ± 70.000 TDW (FIG. 42 en 43; FOTO 62). Het getijdeverschil in het Severn-estuarium is bijzonder groot (meer dan 12 m; GHW + 6,70; GLW - 5,50). Dit brengt mee dat er voor de sluis-toegang grote stroomsnelheden kunnen optreden die het binnen- en buitenvaren van de sluis zouden bemoeilijken. Om aan dit euvel te voorkomen zou een open geleidewerk niet volstaan; er werd derhalve aan de N-O zijde van het afwaarts hoofd een gesloten pier gebouwd. Modelproeven in het waterbouwkundig laboratorium toonden aan dat een rechte pier bijzonder nadelige neren zou veroorzaken voor de ingang tot het nabijgelegen Royal Edward Dock (zie FIG. 42). Een gebogen vorm van de pier leek meer aangewezen. Vanaf het noordelijk sluis-hoofd vertrekt de pier in het rechte verlengde der saskolkwand, buigt na ± 150 m lichtjes af, loopt vervolgens opnieuw in rechte lijn en draait uiteindelijk volledig af naar stroomopwaarts (FOTO 62). De pier bestaat uit cirkelvormige cellen (12 m diameter), met een betonnen dek. Ze is over ± 300 m befenderd om als wachtplaats dienst te doen. De andere zijde van het benedenhoofd is voorzien van een korte gebogen geleidemuur.

Aan het bovenhoofd zijn geen konstruktieve toegangsvoorzieningen aangebracht.

In het sas zijn over de gehele lengte vlottende drijframen geplaatst, die glijden over aan de sluiswand bevestigde verticale balken (vgl. Zandvliet, IJmuiden, enz...). Gezien het zeer grote tijverschil werd hieraan de voorkeur gegeven boven een vaste konstruktie die dan zeer hoog zou moeten zijn.

Er zijn geen bruggen over de sluis.

Op FIG. 42 is in de rechter bovenhoek de reeds vernoemde sluis (267 X 30,5 X 13,5 m) tot het Royal Edward Dock te zien, met de afwaartse toegangen.

9.2. Londen. Tilbury Docks Westinvaart

Om vanuit de Thames een betere toegang tot deze dokken te verkrijgen werd in 1929 de Westinvaart in dienst genomen. Het betreft een sluis met totale nuttige lengte 305 m (1000 ft) en saskolkbreedte 33,5 m (110 ft) (zie FIG. 43a en 43b).

Aan de dokzijde sluit de sluis aan op kaaimuren die schuin verlopen t.o.v. de sluis. De aansluiting gebeurt met sterk afgeronde hoeken.

Aan de afwaartse zijde gaan de beide saskolkmuuren onmiddellijk voorbij het sluishoofd over in een boogvormige houten pier, gevolgd aan de noordzijde door een rechte pier en aan de zuidzijde door een gebogen pier (FIG. 43b). Deze schikking gaf echter geen bevrediging. De vorm der stroom is zodanig dat er nabij de sluisopening zeer verschillende eb- en vloedstromen optreden. Bij vloed is de hoofdstroom gericht naar de andere oever, dus van de sluisopening weg, en laat de sluisopening zelf in vrij rustig water (stroomsnelheden tot 1 knoop). Bij eb daarentegen passeert de hoofdstroom de sluisopening met stroomsnelheden tot 4 knopen. Op basis van modelstudies werd dan getracht de toestand te verbeteren. Vooreerst werd de noordelijke pier over 64 m (210 ft) verlengd, waardoor de ebstroom voor de sluis met 1 knoop in snelheid afnam. Dit werk werd voltooid begin 1963. De zuidpier werd meer diepgaand gewijzigd (FIG. 43c). De kolkwand gaat nu voorbij het sluishoofd na een lichte boog over in een L-vormige pier, waarvan het lange been de ebstroomrichting volgt. Dit werk werd voltooid in december 1965. Deze pierkonstructie is aangeduid op FIG. 43c. De korte zijde nabij de sluis bestaat uit een verende fenderbalk, uit gewapend beton, \pm 60 m lang, 2,44 m breed en 3,05 m hoog, gesteund op zware schuin naar voor (1/8) geheide palen. De elasticiteit wordt bereikt door de doorbuiging van deze palen. De maximum doorbuiging bedraagt 1,12 m. Op de betonbalk zijn horizontale wrijfhouten aangebracht en onder de balk, tot onder de LLW-lijn is een stalen scherm met houtbekleding aangebracht. De rest van de pier, inbegrepen de hoek tussen beide benen der L is befenderd door voor de palen, die de betonnen bovenbouw dragen, een rij houten palen te kloppen, bovenaan verankerd in het beton, waartegen met tussenkomst van rubberen blokken, een scherm van wrijfhouten rust. De afgeronde hoek van de L

is daarenboven zeer sterk uitgevoerd en is voorzien van drie pneumatische rolfenders (diameter \pm 2 m) met een energieabsorbsievermogen van \pm 17 Tm elk.

Verder bevindt zich in het midden van de korte L-zijde der pier een zware dukdalf (steunend op voorgespannen betonpalen).

Beide pieren zijn uitgerust met automatische kaapstanders, bolders, enz...

Op het einde van de lange zijde der zuidelijke pier en inspringend t.o.v. deze, is een wachtplaats voorzien voor kleinere schepen (binnenvaart).

9.3. Liverpool. Langton-Canada dock sluis

In het verbeteringsprogramma 1949-1960 werd de toegang tot deze dokken vergroot. Daartoe werden 3 oude kleinere sluisen afgebroken en vervangen door één nieuwe sluis met saskolkafmetingen 251,5 m (825 ft) op 39,6 m (130 ft) (zie FIG. 43d). De sluis is in dienst sinds 1962.

Opwaarts geven de saskolkwanden met afgeronde hoeken aansluiting op rechte keermuren.

Afwaarts werd de oostwand voorbij het sluishoofd doorgetrokken in een licht gebogen vorm (straal 1600 ft \approx 488 m) tot in een hoek van 14° met de sluisas. Daarna loopt de wand in rechte lijn verder, waar hij langsheen de stroom als wachtplaats kan fungeren. De westwand stopt onmiddellijk voorbij het sluishoofd.

De oriëntatie van de sluis t.o.v. de stroom is ingegeven door de zorg om een goede invaart te verwezenlijken ondanks de zeer hoge stroomsnelheden ($3 \frac{1}{4}$ tot max. 5 knopen) die gepaard gaan met de getijdebeweging (tijverschil 34 ft \approx 10,4 m).

9.4. Liverpool. Gladstone sluis

Deze sluis van 326 m (1070 ft) op 39,6 m (130 ft), is in dienst sinds 1927. Ze ligt een 1200 m noordelijker dan de Langton-Canada sluis. De oriëntatie en de schikkingen zijn gelijkaardig. De Gladstone sluis heeft als voorbeeld gediend voor de meer recente Langton-Canada sluis.

10. ENKELE SPECIALE GEVALLEN.

10.1. Panamakanaalsluizen

Het Panamakanaal vormt de verbinding tussen de Atlantische en de Stille Oceaan, dwars doorheen Midden-Amerika. Om, over de totale vaarweg van \pm 80 km, het niveauverschil te overbruggen zijn drie sluizencomplexen voorzien (zie FIG. 44 en 45). Het betreft telkens dubbeluitgevoerde (naast elkaar gelegen) complexen: a) de Gatunsluizen, drie trappen (dit zijn 3 kolken achter elkaar), met een totaal verval van ca. 26 m (85'); b) de Pedro Miguelsluizen, één trap, met een verval van ca. 9,5 m (31'); c) de Mirafloressluizen, twee trappen, met een totaal verval van ca. 16,5 m (54').

Het kanaal werd onofficieel geopend in 1914 en officieel in 1920. Al de sluizen hebben dezelfde afmetingen: nuttige kolk lengte 304,6 m, bij een kolkbreedte van 33,5 m.

Om technische en strategische redenen (verbinding tussen twee oceanen) wordt er zeer zwaar getild aan de veiligheidsaspecten van het kanaal en de sluizen. Niet alleen zijn, zoals gezegd alle sluizen ontdubbeld, ook zijn alle sluiskolken uitgerust met dubbele stalen puntdeuren, welke in dezelfde richting openen of sluiten, zodat in geval van beschadiging of ander defect gebruik kan worden gemaakt van het tweede stel deuren. Als extra bescherming tegen eventueel doorschietende schepen is aan elk kolkeinde een zware ketting met een hydraulisch buffersysteem aangebracht. Deze kettingen worden in staat geacht om een schip van 10.000 T waterverplaatsing af te remmen bij een snelheid van 2 m/sek. De remweg is daarbij 21 m, de maximale kettingkracht 100 T.

Ook voor wat betreft de maximaal toegelaten scheepsafmetingen gelden strenge reglementeringen. Samengevat kan men zeggen dat voor de eerste doorgang met een bepaald schip probleemloos toelating verleend wordt als de maten kleiner zijn dan 254,51 m op 31,70 m, bij een diepgang van 11,28 m. Op grond van een rapport over de vaareigenschappen gedurende de eerste passage kan voor latere reizen toestemming worden verleend voor de doorvaart met grotere diepgang, tot maximaal 11,73 m.

De maximum toegestane breedte voor koopvaardij-schepen bedraagt 32,31 m; d.i. 2 voet meer dan de bovengenoemde maat van 31,70 m. Voor een overschrijding van de breedtemaat van 31,70 m gelden speciale voorschriften voor de diepgang, terwijl bovendien de kapitein moet verklaren dat in geval van ongelukken de Panama Canal Company niet aansprakelijk zal worden gesteld.

Een overschrijding van de normale maximum breedte van 32,31 m met 1 voet tot 32,61 m is mogelijk indien een speciale vergunning wordt verkregen waarin een passage op experimentele basis wordt toegestaan.

Voor containerschepen en andere grotere schepen met relatief geringe diepgang (max. 11,28 m) kan tot een lengte van 289,6 m vergunning worden verkregen voor de passage van het kanaal.

Verder geldt nog de unieke maatregel dat op het Panamakanaal niet alleen loodsplicht maar ook "loodsdwang" heerst. De loods neemt de bevelvoering met betrekking tot de navigatie op zich en draagt daarvoor tevens de verantwoording. De vaart op het kanaal is streng gereguleerd; er is een uitgebreid signaleringssysteem en de havenmeesters hebben ruime bevoegdheden, om in te grijpen in de gang van zaken.

Ook het binnen- en buitenvaren der sluizen en het vasthouden der schepen in de sluis tijdens de versassing is het onderwerp van zeer speciale en unieke schikkingen. In plaats van met sleepboten, wordt met behulp van zware lokomotieven, de zogenaamde "mules", het schip de sluizen in- en doorgesleept (zie FIG. 46 en FOTO's 63 en 64). Deze "mules", met een eigen gewicht van 55 Ton rijden op rails over de sluiskaden. Hiertoe zijn de kaden tussen de sluizen aan beide zijden verlengd met ongeveer 300 m lange pieren. Met of zonder sleepboothulp, afhankelijk van hun afmetingen, worden de schepen langs zij van deze pieren gemanoeuvreed, aan één zijde met behulp van staaldraadtrossen met de "mules" verbonden en vervolgens naar de sluisingang gesleept.

In het nauwere gedeelte vlak voor de sluiskolk, worden ook aan de andere kant de staaldraadtrossen van de "mules" vastgemaakt. Het aantal gebruikte "mules" is voor een groot zeeschip zes, nl. twee vóór het schip die uitsluitend trekken, twee opzij die afhankelijk van het gewenste manoeuvre trekken of remmen, en twee achteraan die een uitsluitend remmende functie hebben. Elke "mule" kan zijn trekkracht van max. 35 Ton via de spanning op de tros

zo regelen dat zij gezamenlijk het schip, dat zijn eigen schroef niet mag gebruiken, precies op de gewenste plaats in de sluis kunnen manoeuvreren. Door deze manier van binnenbrengen in de sluiskolk kan worden volstaan met een veel kleinere ruimte tussen schip en sluisdeur en tussen schip en sluiswand dan mogelijk is bij de konventionele manier van invaren met behulp van sleepboten. Hierbij dient te worden opgemerkt dat in alle kanaalpanen het waterpeil vrijwel konstant is, dat aan de Atlantische Oceaan-zijde het getijde verwaarloosbaar klein is en dat ook aan de zijde der Stille Oceaan het getijde beperkt is, zodanig dat wat dit betreft de vergelijking met de Europese zeesluizen niet opgaat, die immers juist gebouwd zijn om het getijde te overwinnen.

10.2. St. Nazaire (Fr.)

In 1932 werd de 3° invaart of nieuwe zeesluis in gebruik genomen, later genoemd "Louis Joubert". Met 350 m lengte tussen de deuren en 50 m breedte was dit toen, na IJmuiden, de grootste sluis ter wereld (FIG. 47 en 48, en FOTO 65). Deze sluis werd ontworpen voor de toenmalige grote pakketboten, die op de achter de sluis gelegen scheepswerven gebouwd werden. Vanaf het ontwerp was het dan ook de bedoeling de nieuwe zeesluis ook als groot droogdok ten behoeve van deze scheepswerven te kunnen aanwenden. Van deze dubbele functie (sluis en droogdok) is in de latere jaren vooral de laatste onderstreept geworden. Hierdoor stelt het probleem der sluisoegangen zich dan ook niet op dezelfde manier als bij andere zeesluizen. De algemene konstruktieve schikkingen zijn wel op FIG. 48 te zien.

Merkwaardig is wel de plaatsing in 1967 van een "manoeuvrerduk-dalf" voor de sluisoegang aan de Loire-zijde. De middelste tekening van FIG. 49 geeft de inplanting hiervan en het invaarmanoeuver van een schip dat van stroomopwaarts de Loire de "doksluis" binnenvaart. Ook hier is de bedoeling het schip in een juiste (t.t.z. rechtlijnige) positie voor de sluis te brengen.

Deze dukdalf bestaat uit een cirkelvormige cel uit damplanken (diameter 16 m), met bovenaan een betonkop. Op deze kop rust een beweegbaar horizontaal frame. De elastische verbinding tussen frame en betonkop wordt gerealiseerd d.m.v. 9 rubberen sandwich amortisseurs, elk bestaande uit een boven- en een ondergedeelte gescheiden door een doorgaande "stabilisatieplaat". Het beweegbaar frame wordt met ongewapend beton geballast, waardoor de stabiliteit van het geheel bevorderd wordt en waarvan, gezien de permanente samendrukking van de rubber, een gunstige invloed uitgaat op het goed gedrag van de rubber in de tijd. Het geheel wordt afgewerkt door over 140° het beweegbaar frame te voorzien van een houten schild (zie FIG. 49).

De karakteristieken van deze konstruktie zijn de volgende:
- sandwiches: zelfde als in Duinkerke-Charles de Gaullesluis

DOK M 4054.

gewicht 1 amortisseur van 5 sandwiches: 0,7 T.

gewicht beweegbaar frame + betonlast + houten scherm: 300 T.

gewicht stabilisatieplaat: 8,7 T.

diameter beweegbaar frame: 18,4 m.

koers in de richting van de as der cel:

- normaal statisch 0,40 m.
- normaal dynamisch 0,75 m.
- uitzonderlijk dynamisch 1,20 m.

reaktiekracht bij koers van 1,20 m: 510 T.
d.w.z. de elastische schikking heeft een
afschuivingsstijfheid van 425 T/m.

opgenomen energie = $1/2 k \cdot d^2 \approx 213 d^2$
bij koers 1,20 m: $E = 306 Tm$.

De schikkingen zijn ook voorzien om een rotatie van 0,1 à 0,15 rad. op te nemen, veroorzaakt door horizontale wrijving van schepen tegen het houten schild. Dit gaat gepaard met een tangentiële horizontale kracht op 9,2 m uit de as der dukdalf van 220 T. Daarnaast kunnen op het houten schild verticale krachten optreden tot 300 T.

Op 7 september 1967 werd deze dukdalf voor het eerst gebruikt om een 245.000 TDW tanker (lengte 324 m) het dok in te draaien. Dit manoeuvre werd uitgevoerd met assistentie van 11 sleepboten, waarvan enkele als reserve fungeerden. Een en ander wijst erop dat dit manoeuvre niet zo eenvoudig is, en niet verantwoord is voor gewone versassingen. Zoals gezegd is de droogdok-functie van deze sluis overwegend; de hierboven beschreven schikkingen zijn hiervoor voorzien.

H O O F D S T U K 4 - B E S L U I T .

a) Als overzicht wordt hieronder de lijst gegeven van de in deze nota behandelde zeesluizen, met het jaar van hun afwerking en met hun grootste saskolkmaten :

ANTWERPEN	Van Cauwelaertsluis	1928	270 X 35
"	Boudewijnsluis	1955	360 X 45
"	Zandvlietsluis	1967	500 X 57
"	Berendrechtsluis	in opbouw	500 X 68
"	Kallosluis	1979	360 X 50
ZEEBRUGGE	Zeesluis	1983	500 X 57
DUINKERKE	Watiersluis	1939/1947	280 X 40
"	Charles de Gaullesluis	1970	364 X 50
LE HAVRE	François I sluis	1971	400 X 67
IJMUIDEN	Noordersluis	1930	400 X 50
TERNEUZEN	Westsluis	1968	355 X 40
NORD-OSTSEEKANAAAL	Brunsbüttelkoogsluizen	1914	330 X 45
" "	Holtenausluizen	1914	330 X 45
EMDEN	Grote Zeesluis	1913	260 X 40
WILHELMHAVEN	3° invaart	1909/1939	260 X 40
"	4° invaart	(1942)/1965	390 X 57
BREMEN	Oslebshausensluizen	(1910)/1981	249 X 35
BREMERHAVEN	Noordsluis	1931	372 X 45
BRISTOL	Royal Portbury Dock sluis	1976	366 X 42,7
LONDEN	Tilbury Dock Westinvaart	1929	305 X 33,5
LIVERPOOL	Langton-Canada sluis	1962	251 X 39,6
"	Gladstone sluis	1927	326 X 39,6
PANAMAKANAAL	Gatunsluizen	1914	305 X 33,5
"	Pedro Miguelsluizen	1914	305 X 33,5
"	Mirafloressluizen	1914	305 X 33,5
St. NAZAIRE	Louis Joubert dok-sluis	1932	350 X 50

b) Deze nota behandelt de meeste grote zeesluizen met breedte groter dan of gelijk aan deze van de Panamakanaalsluizen. Uiteraard stelt het probleem van een gemakkelijk en veilige vaart zich ook bij kleinere zeesluizen. Hierbij zijn soms speciale schikkingen voorzien van een gans ander type dan de in deze nota besproken dispositieven. Zo is bv. bij de oude zeesluis te Zeebrugge (sluis met verbreed sas, invaarbreedte 20 m) op het opwaartse sluishoofd een bescherming aangebracht die moet beletten dat uitvarende ferryboten de openstaande baskulebrug zouden aanvaren. Deze bescherming bestaat uit een horizontaal pneumatisch fenderwiel (rolfender), geplaatst op een stalen staketsel op 3,2 m boven het sluisplateau, met het dagvlak gelegen in het vlak van de binnenmuur van het sluishoofd. Deze fender die uitsluitend bedoeld is om te voorkomen dat de hooggelegen ferryboten door de wind tegen de brug zouden geduwd worden bij het uitvaren der sluis, heeft sinds zijn installatie (1974) goede diensten bewezen zolang het type der ferryboten waarvoor de fender voorzien was niet veranderde. Dit is nu wel het geval. Een nieuwe fender wordt niet voorzien, gezien binnenkort de ferryboten deze sluis niet meer zullen aandoen.

Hieruit kunnen twee bedenkingen weerhouden worden :

- bepaalde voorzieningen zijn ontworpen voor bepaalde type schepen, en zijn niet of minder geschikt voor andere schepen;
- bepaalde voorzieningen, ontworpen voor kleinere schepen, zoals ferryboten, zijn niet zonder meer lineair uit te breiden naar de grootste schepen (zie volgende paragraaf).

c) Grote sluizen zijn zeker bedoeld om grote schepen te versassen, maar ook om een groot aantal kleinere schepen terzelfdertijd te schutten.

Zeker voor oude sluizen was dit bij het ontwerp het geval. De Noordersluis te IJmuiden (1930) was de eerste zeesluis met een sasoppervlakte van 20.000 m² (400X50). Bij de eerste planning van deze sluis in 1914 was het grootste in aanbouw zijnde schip 55.000 à 60.000 T, maar in 1920 werd "in het licht der veranderde tijdsomstandigheden een 20.000 T schip als grootste scheepstype voor de toekomst aangenomen".

Toch behield men de kolkafmetingen vanwege:

- de onzekere verwachting inzake scheepsevolutie ("men heeft tot dusverre telkens misgetast"), dus met het oog op grotere schepen;
- de mogelijkheid tot massaschuttingen van kleinere schepen (tussen 1.400 en 20.000 BRT).

In dit licht is het begrijpelijk dat bij de oudere sluizen de bijkomende beschermingen (invaargeleidewerken, saskolkbeschermingen, enz...) niet zozeer gedimensioneerd werden op de voor het sas grootst mogelijke schepen, maar wel op de meest voorkomende (kleinere) schepen. Daarbij speelde voor deze schikkingen ook een zekere traditie mee die dan uiteraard afkomstig was van oudere kleinere zee- of binnenvaartsluizen.

Het is maar in de laatste twintig jaar dat er zich een ongekende schaalvergroting in de scheepsafmetingen heeft voorgedaan, en dat de nieuwe hiervoor gebouwde sluizen daar in hun voorzieningen ook terdege rekening mee houden. Anderzijds is de ontwikkeling van fenders nog van recentere datum, samen met het wetenschappelijk onderzoek naar het vaargedrag van deze grote schepen, de aanlegmanoeuvres, alsook de schokberekeningswijzen, enz...

d) Het binnenvaren van een sluis is, zeker voor grote schepen, een manoeuvre dat beïnvloed wordt door vele factoren. De wind speelt een belangrijke rol, zowel wat betreft de windkracht die gewoonlijk groter is bij sluizen die dicht bij zee liggen dan bij sluizen dieper in het binnenland, als wat betreft de overheersende windrichting. De wind werkt rechtstreeks in op de schepen en is des te nadeliger naarmate hij meer loodrecht op de vaarrichting staat (zie bvb. het verschil tussen Terneuzen en IJmuiden) en dit vooral bij hooggelegen, ongeladen schepen of schepen met bijzonder hoge opbouw. De wind werkt ook onrechtstreeks door het veroorzaken van windgolven. In dit laatste geval speelt uiteraard de hele configuratie van de voorhaven mee (vb. Duinkerke).

Vooraf aan de afwaartse zijde (de aansluiting met de voorhaven of met de tijrivier) wordt deze configuratie bepaald door een veelheid van factoren, die dikwijls tegenstrijdige elementen

bevatten: ruime vaaroppervlakte, beperken der golven, der stromingen (neervormingen), beperken der aanzandingen, zo rechtlijnig mogelijke vaarweg, eventuele wachtplaatsen, enz...

De inplanting van een sluis is globaal genomen eerder funktie van de planning van de havenuitbouw, waarbinnen voor de hierboven genoemde tegenstrijdige factoren - waaronder de invaart - een zo gunstig mogelijk kompromis gezocht wordt.

Daarnaast spelen allerlei lokale omstandigheden een rol en ook wordt per haven of per land niet zelden een bepaalde traditie voortgezet. In deze nota werd eerder aandacht besteed aan de konstruktieve schikkingen dan aan de nautische aspekten. Nochtans zijn deze laatste verre van onbelangrijk. Niet enkel de manoeuvreerbaarheid van een schip, o.a. afhankelijk van de waterdiepte en van het type schip, maar ook de beheersmaatregelen (de signalisatie, de intensiteit der versassing, de noodzaak om schepen nog te versassen vanuit de afwaartse wachtplaats vooraleer daar het getijde te laag wordt, enz...) spelen een rol. Zo zou ook het werk van de loodsen en van de ter beschikking gestelde sleepdiensten (aantal, sterkte, manier van werken, enz...) in detail en geval per geval moeten geanalyseerd worden.

Zoals vroeger reeds beklemtoond zijn de in- en uitvaartschikkingen vaak te zien, niet als een isoleerbaar probleem, maar in combinatie van verschillende funkties (zie Hoofdstuk 2). In dit geheel is de kostenfaktor een belangrijk element, die in deze nota te weinig aan bod kwam. Het gaat hier niet enkel over de investeringskosten van nieuwbouwschikkingen (eventueel af te wegen t.o.v. onderhoudskosten bvb. voor baggerwerk); het gaat hier ook over de kosten voor herstellingen bij schadevaringen, over de aanvaardbaar geachte risikofactoren, over de werkwijze der verzekeringen, enz...

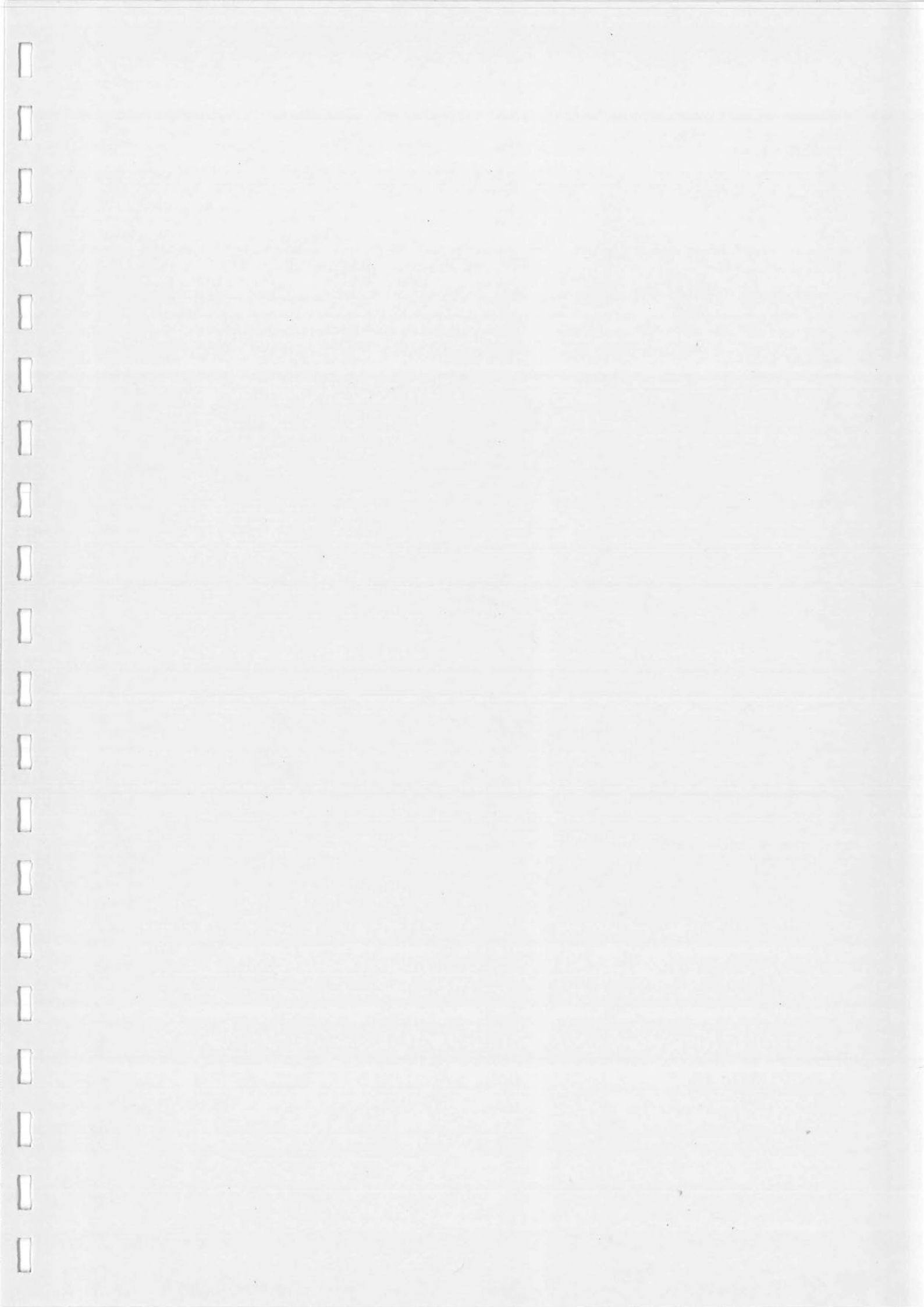
Feit is dat bij alle sluizen schadevaringen voorkomen. Nergens zijn de schikkingen zodanig dat schadevaringen volstrekt vermeden kunnen worden. Wel tracht men overal schade te vermijden in alle "normale" gevallen, maar is men er zich van bewust dat het technisch kwasi onmogelijk en financieel onverantwoord is om in de echte gevallen van ongeluk of ramp elke beschadiging te vermijden. De discussie draait er dan om te bepalen waar de grens ligt tussen normale en abnormale gevallen. Zo wordt er gewoonlijk uitgegaan van een zo rechtlijnig mogelijke in- en invaart (vol-

gens de aslijn der sluis), en wanneer dit manoeuvre "normaal" verloopt worden de geleidewerken, de befendingen of wrijfhouten aan de toeleidingskaaimuren, de dukdalven of de sluishoekbeschermingen niet geraakt. Wanneer anderzijds een invaarmanoeuvre zo foutief verloopt en niet tijdig kan gestopt worden dat bvb. de keermuur loodrecht wordt aangevaren (vb. Bremen), dan kan dit niet zonder schade gebeuren. Het bepalen van een kompromis tussen deze uitersten gebeurt meestal op vrij arbitraire gronden en op basis van financiële overwegingen.

Wanneer een schip een wand aanvaart wordt hierbij een hoeveelheid energie overgedragen die evenredig is met de massa die de stoot veroorzaakt en met het kwadraat van de snelheid (gemeten loodrecht op de wand). Deze energiehoeveelheid wordt omgezet in een reactie en een verplaatsing van het raakpunt (vereenvoudigd $E = 1/2 m.v^2 = 1/2 F.d.$) Een elastisch dispositief dat bij een stoot een grote verplaatsing toelaat, beperkt dus bij gelijke energiestoot de op te nemen reactiekracht. Maar de maximale verplaatsing die men een dispositief kan geven is niet onbeperkt, en de energiestoot van grote zeeschepen die daarbij een zekere snelheid moeten hebben om nog manoeuvreerbaar te zijn, kan zeker in abnormale gevallen enorm groot zijn, zodat de daarbij ontwikkelde reactiekracht ook zeer grote waarden aanneemt. De konstrukties die het best hiertegen bestand zijn (maar ook niet onbeperkt) zijn massieve kaaimuren, gesteund tegen de erachter gelegen grondmassieven. Het zijn ook de duurste konstrukties (investering en eventuele herstellingen). In die optiek lijkt het dus aangewezen de saskolkwanden en zeker de sluishoeken, voorzien van een aangepast elastisch dispositief dat zonder te grote wrijvingskoëfficiënt ook de langse beweging toelaat, de reactiekrachten te laten opnemen (zoals ook de kaaimuren of massieve pieren in de sluistoegang als ze toch voorzien zijn). Elke andere konstruktie in de toegangseul, zoals geleidewerken of dukdalven, is meestal aanzienlijk zwakker, alhoewel hier meer aandacht besteed wordt aan het elastisch aspekt ervan, of vergt een enorme investering die dan uitsluitend op basis van niet van tevoren gekende abnormale aanvaringsgevallen kan verantwoord worden. Daarenboven stelt zich de vraag of het invaarmanoeuvre best begeleid wordt door een geleidewerk waartegen het schip licht kan aanleunen

(wat is "licht"?) of dat het schip het best geleid wordt enkel door de sleepboten. Deze laatste optie vergt een breed open watervlak tot juist voor het sluishoofd, waarin de sleepboten alle ruimte hebben om dwars te trekken.

e) Zoals uit de hoofdstukken 1 & 2 zal gebleken zijn en zoals door het onderzoek der praktijkgevallen bevestigd wordt in hoofdstuk 3, zijn de schikkingen die bij de verschillende zeesluizen toegepast worden zeer uiteenlopend. De hierboven genoemde beschouwingen geven ook een verklaring voor deze diversiteit. Een eenduidige wetenschappelijk verantwoorde oplossing bestaat niet en is denkkelijk ook niet mogelijk, gezien juist de zeer uiteenlopende factoren. Wel is duidelijk dat het probleem zich niet beperkt tot een enkele discipline en dat er steeds een ruim overleg noodzakelijk is tussen alle betrokkenen: de financiële beleidsinstanties, de technici, de nautici, enz... Verder kan de kennis van de ervaringen in andere havens of andere landen van groot nut zijn. Hiertoe hoopt deze nota een beperkte bijdrage geleverd te hebben.



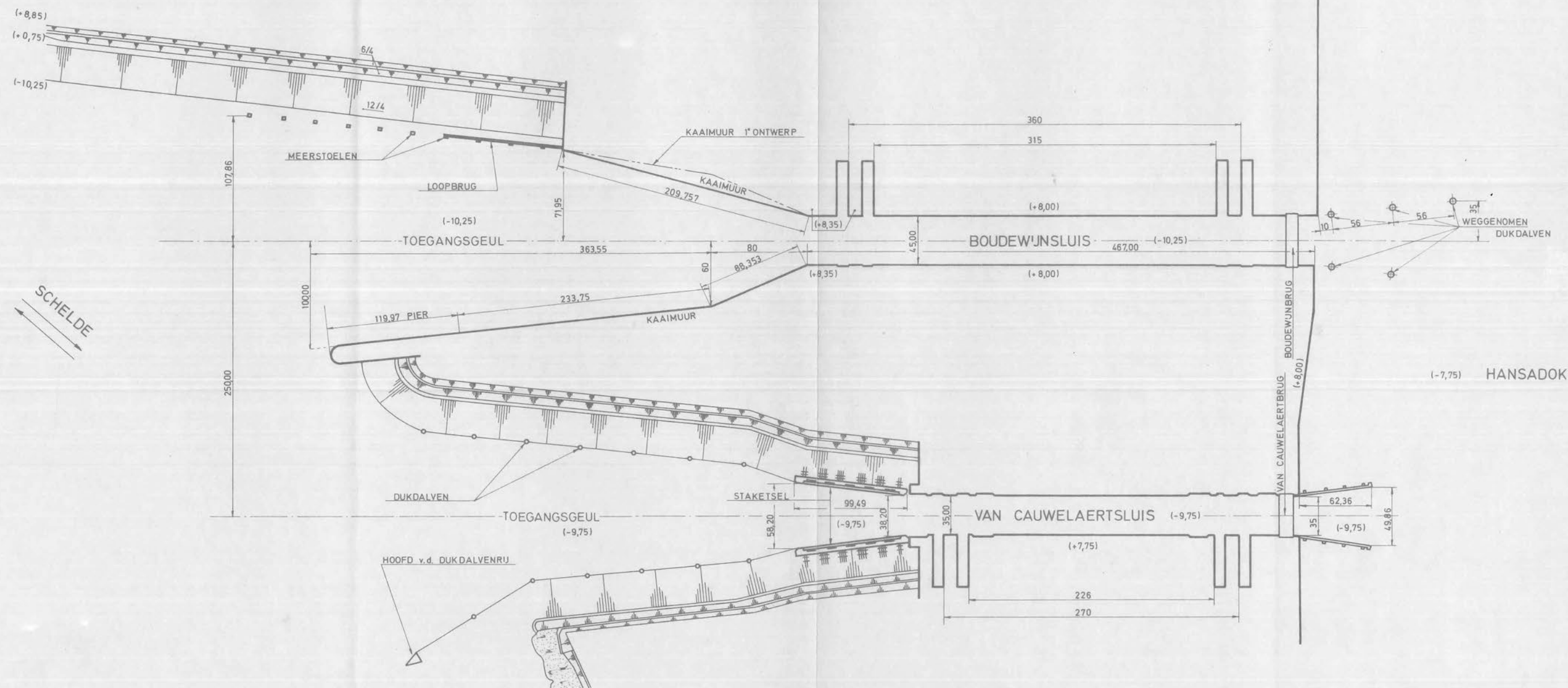
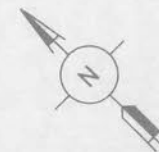
DEEL II: FIGUREN



Fig. 1

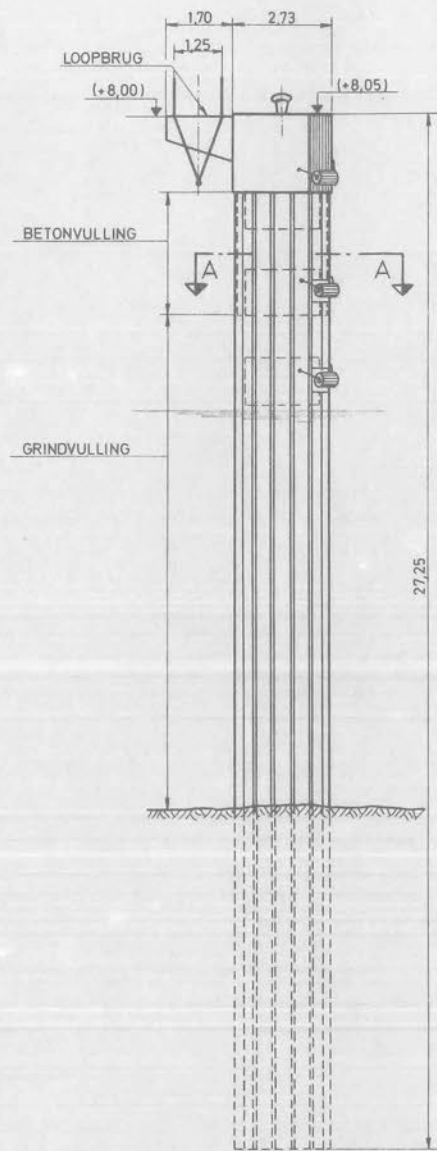
HAVEN VAN ANTWERPEN
 PORT D'ANVERS HAFEN ANTWERPEN PORT OF ANTWERP

FIG. 2

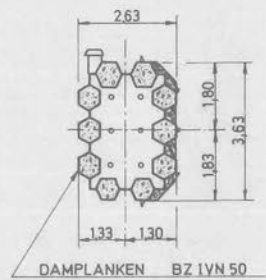


BOUDEVIJNSLUIS

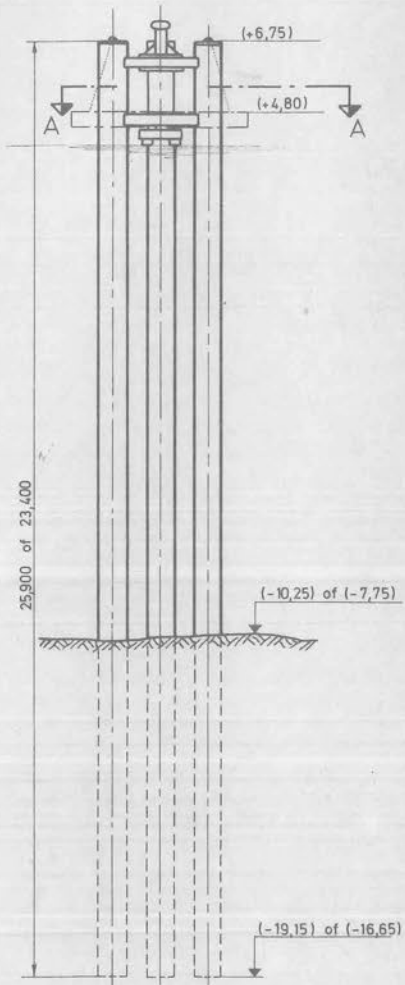
MEERSTOEL SCHELDEKANT



SNEDE A-A



DUKDALVEN DOKKANT



SNEDE A-A

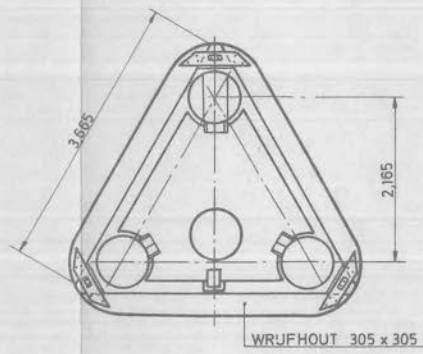
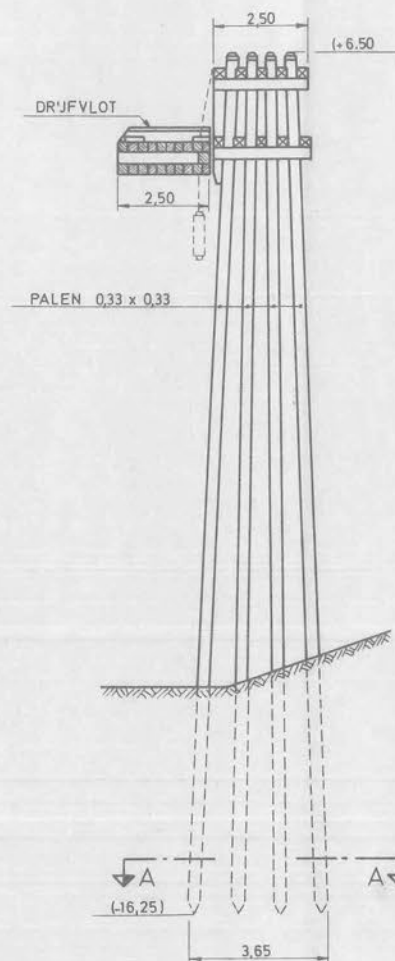


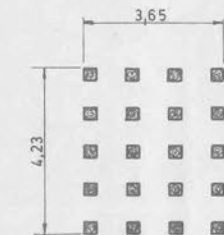
FIG. 3

VAN CAUWELAERTSLUIS

GELEIDEWERK DOKKANT



SNEDE A-A



VAN CAUWELAERTSLUIS

GELEIDEWERK SCHELDEKANT

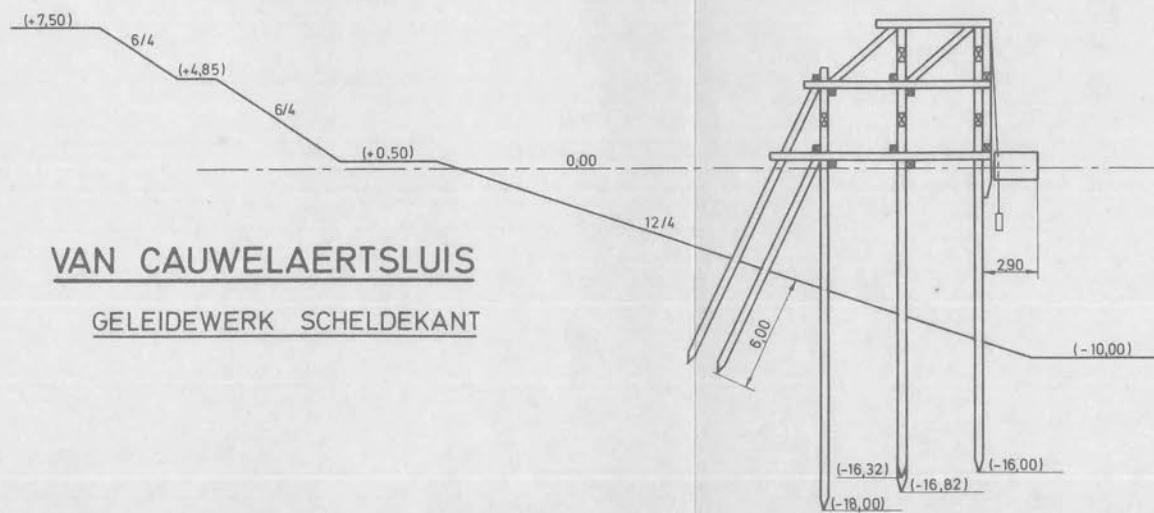
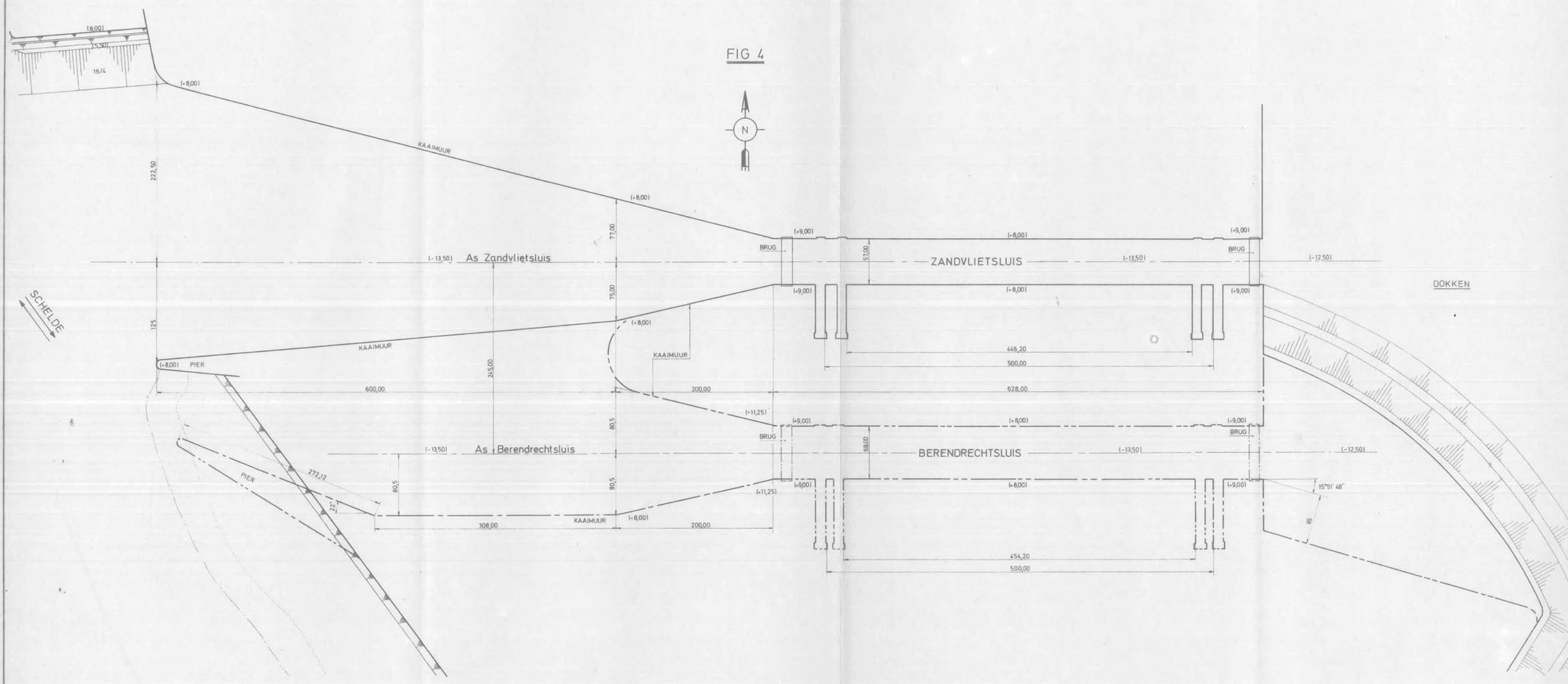
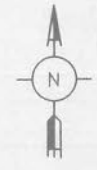


FIG 4



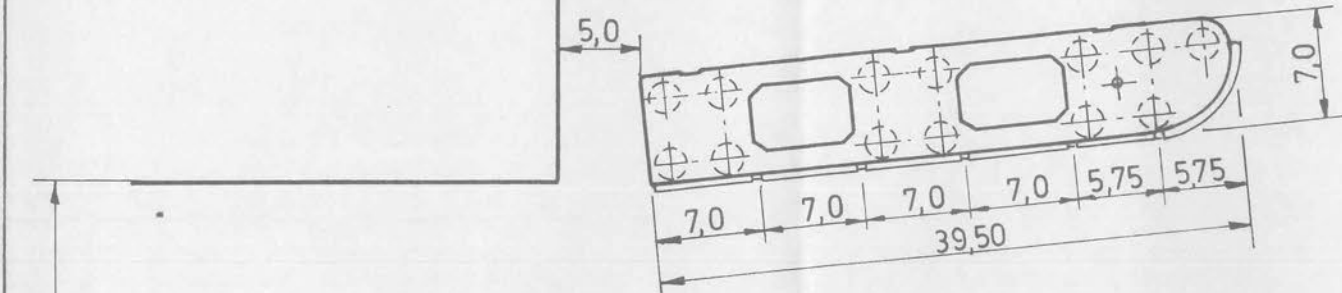
SCHELDE

FIG 4

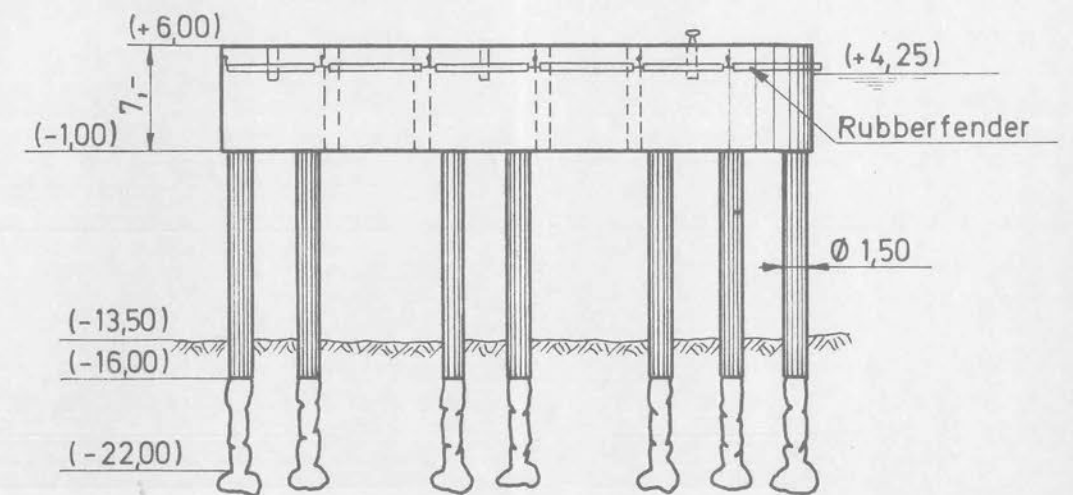
ZANDVLIET DOKKANT

FIG. 5

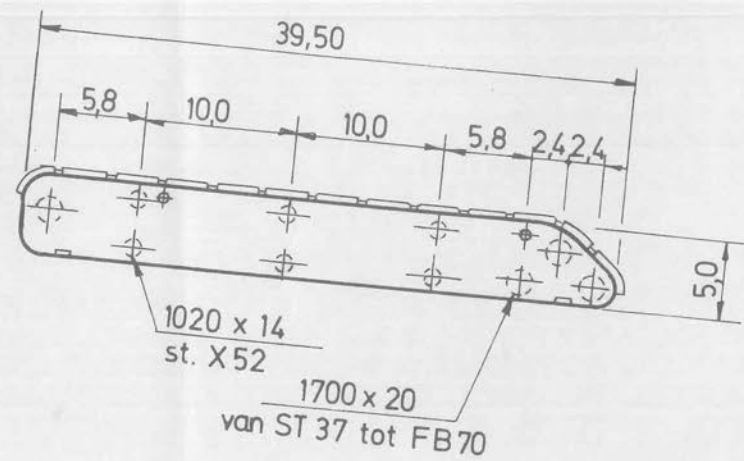
PROJEKT GELEIDEWERK



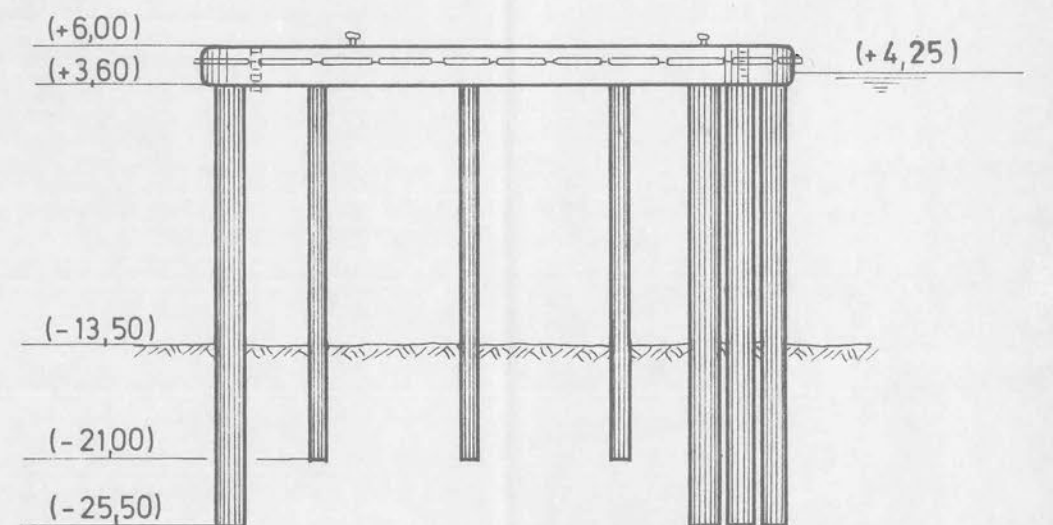
1° ONTWERP



57,00
AS VAN DE SLUIS



2° ONTWERP



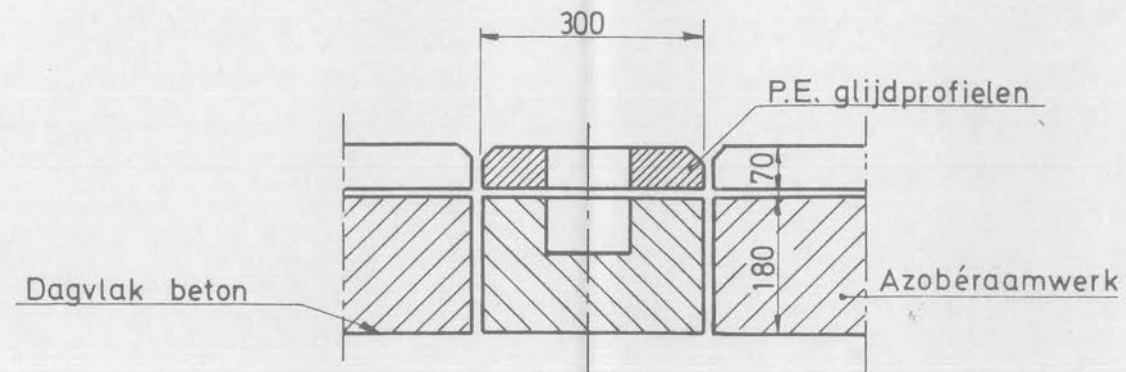
BERENDRECHTSLUIS

DETAILS

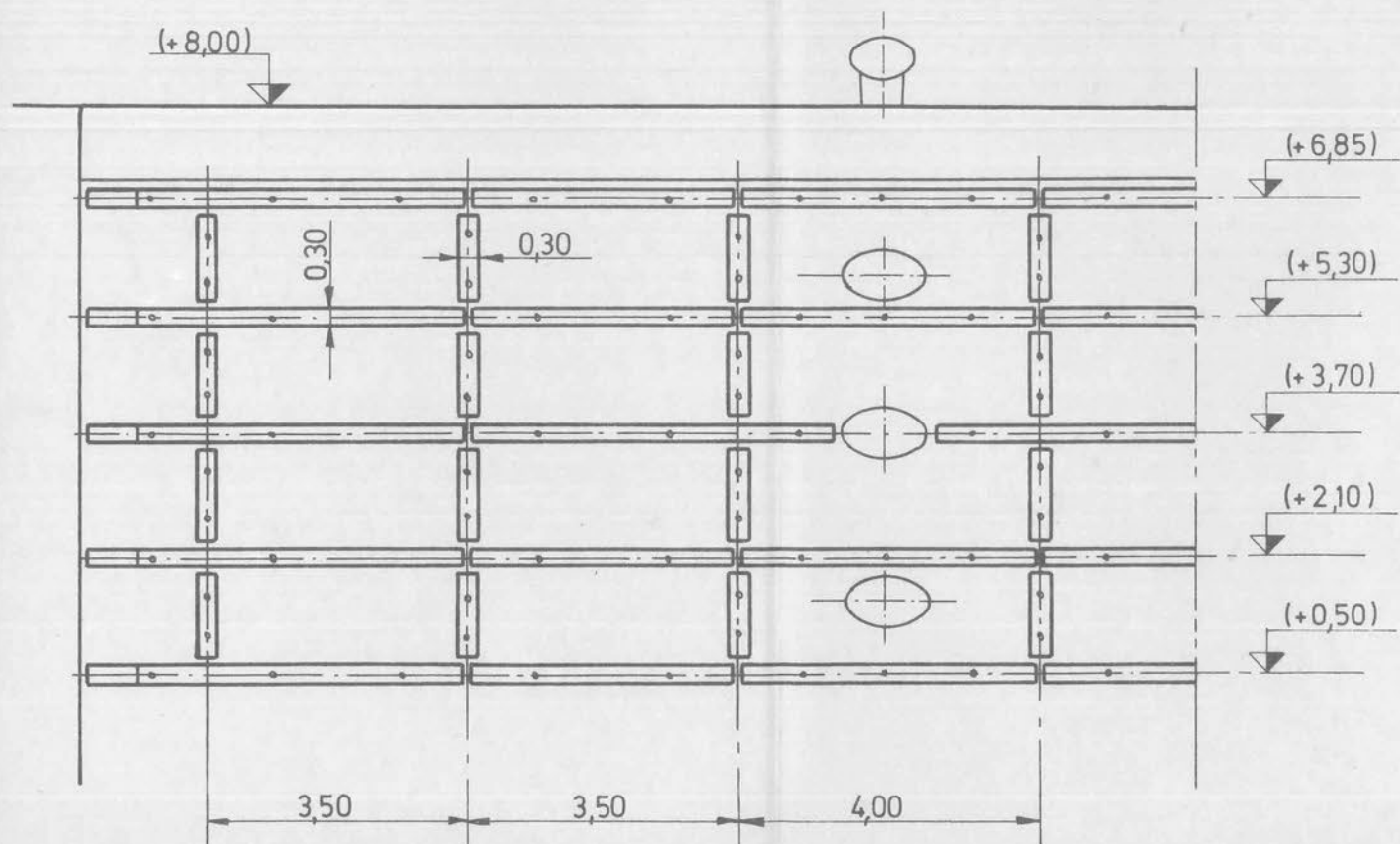
FIG.6

ONTWERP

Detail vasthechting



Scheldekant



(+9,00)

Sas

(-13,50)

Dokkant

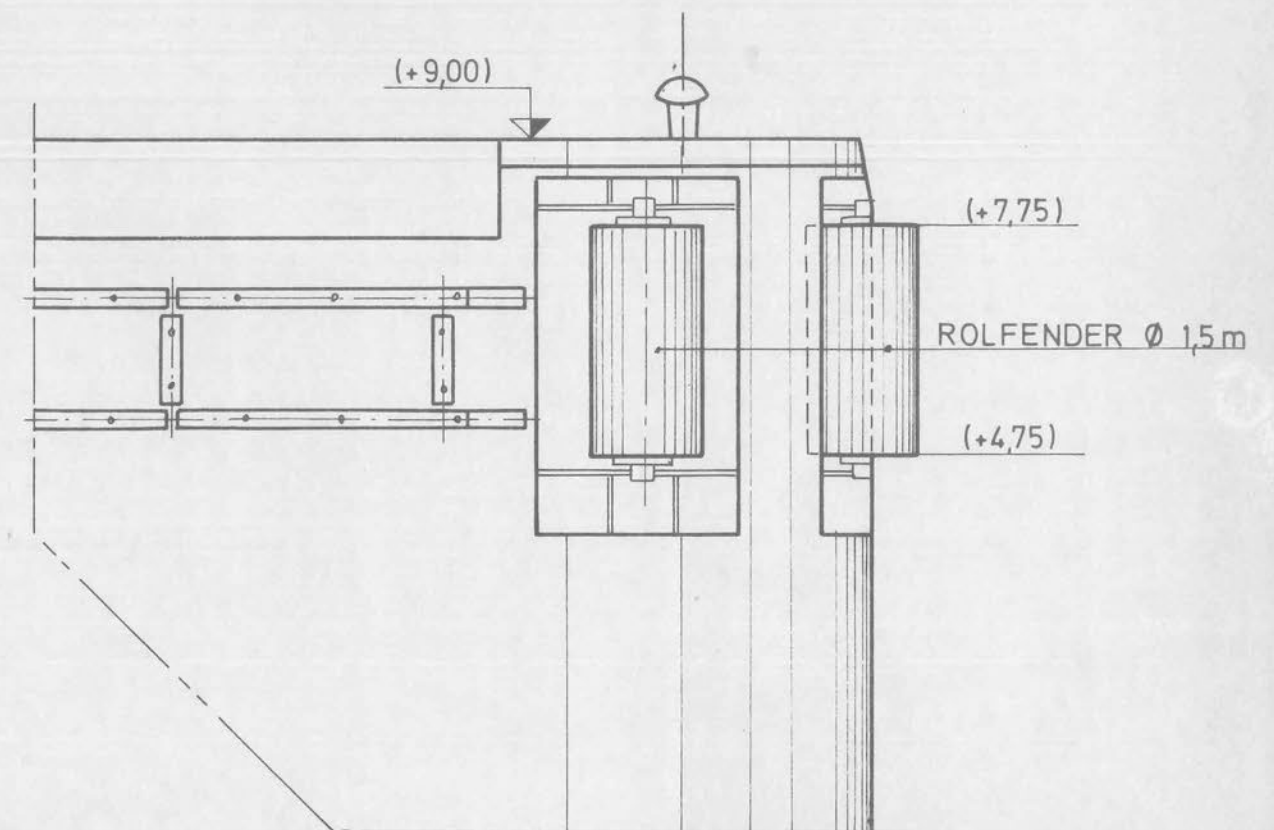


FIG. 7

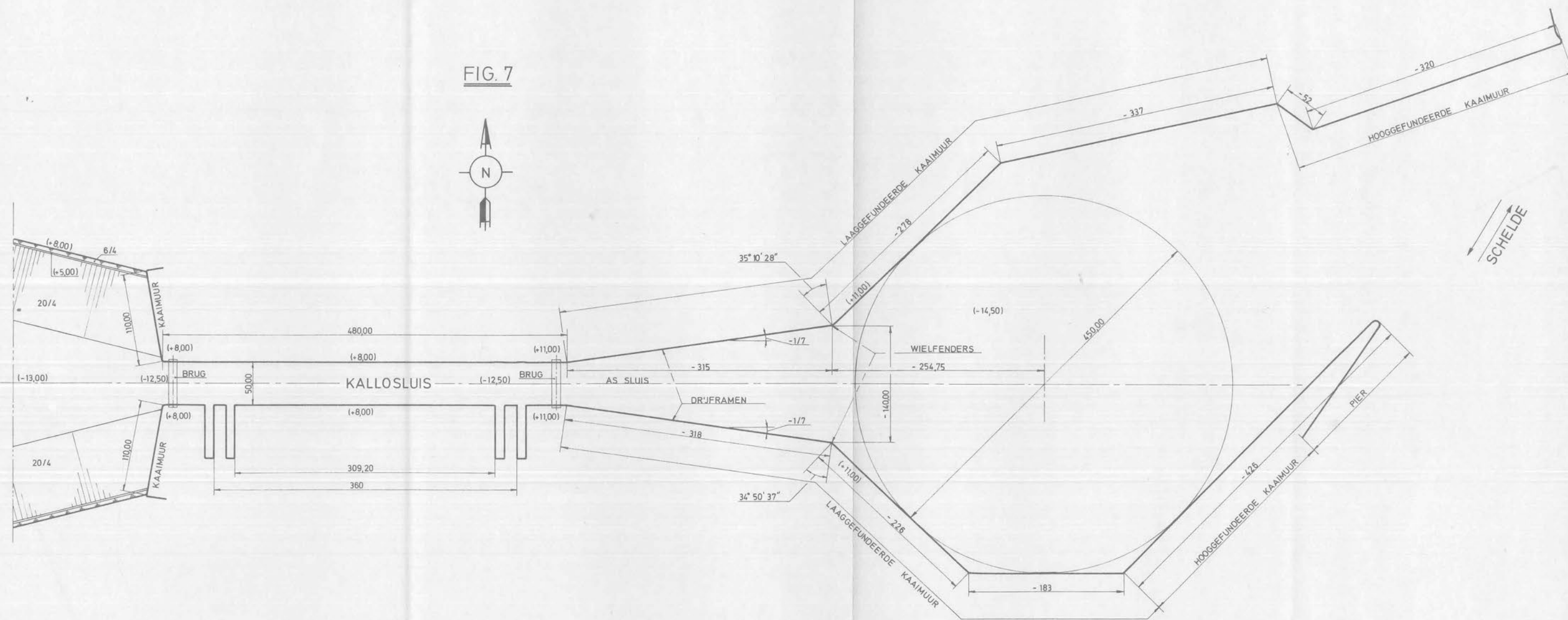
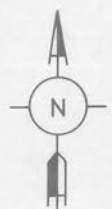
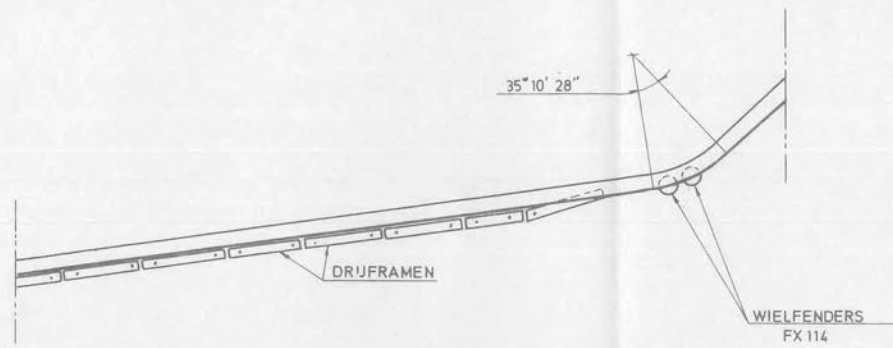
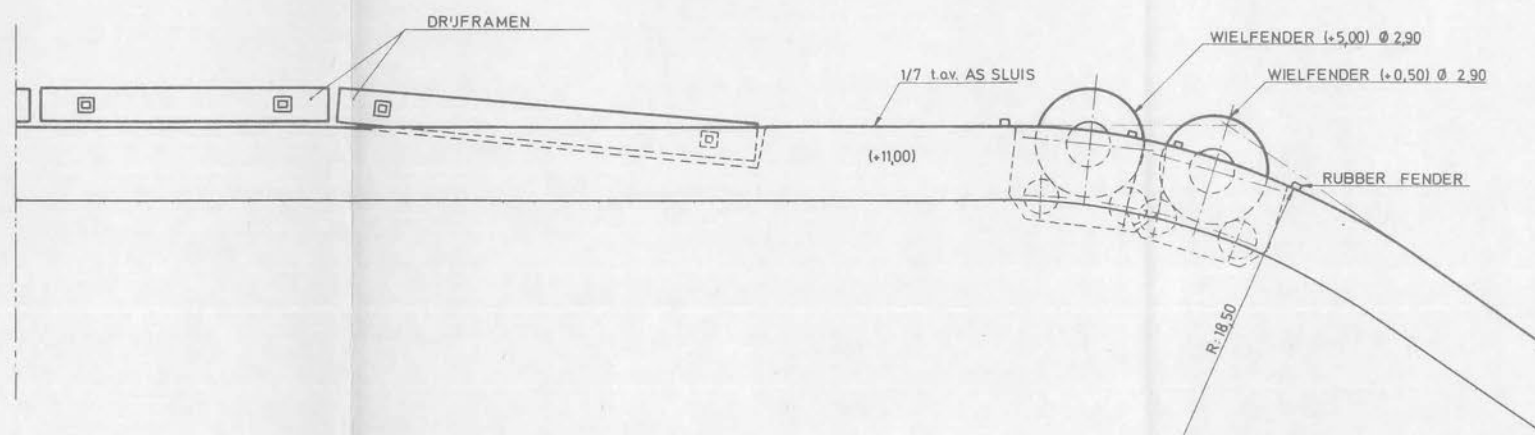
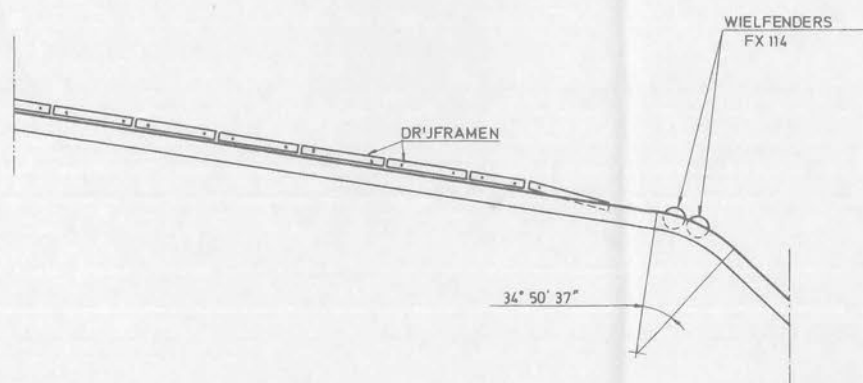
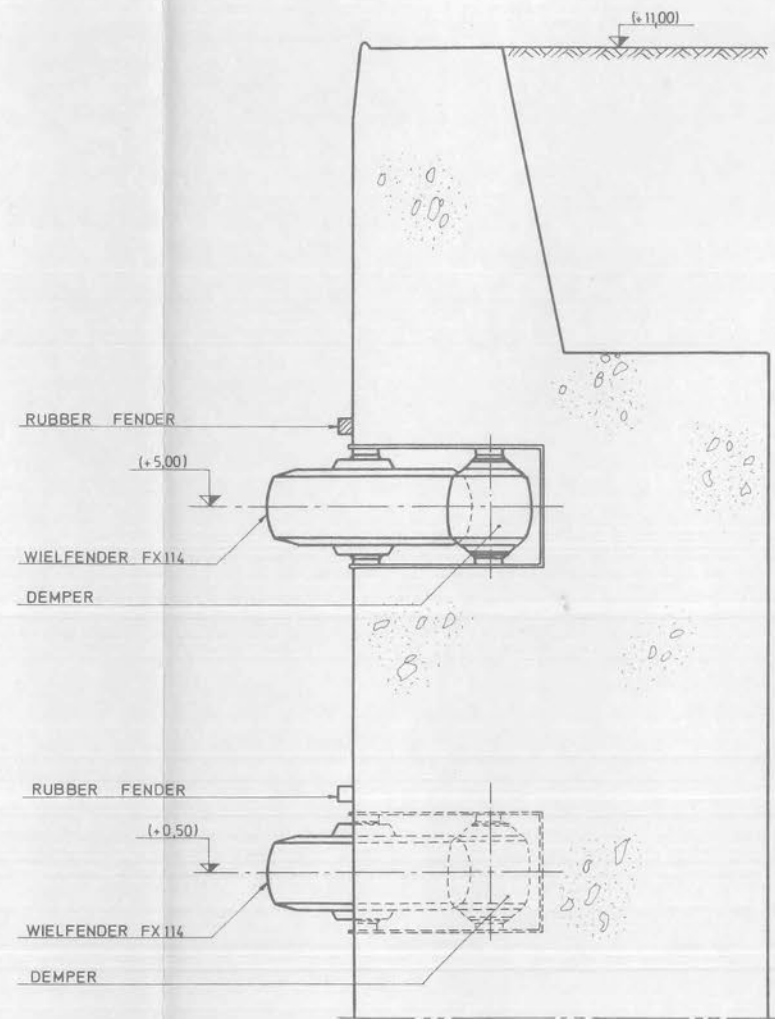
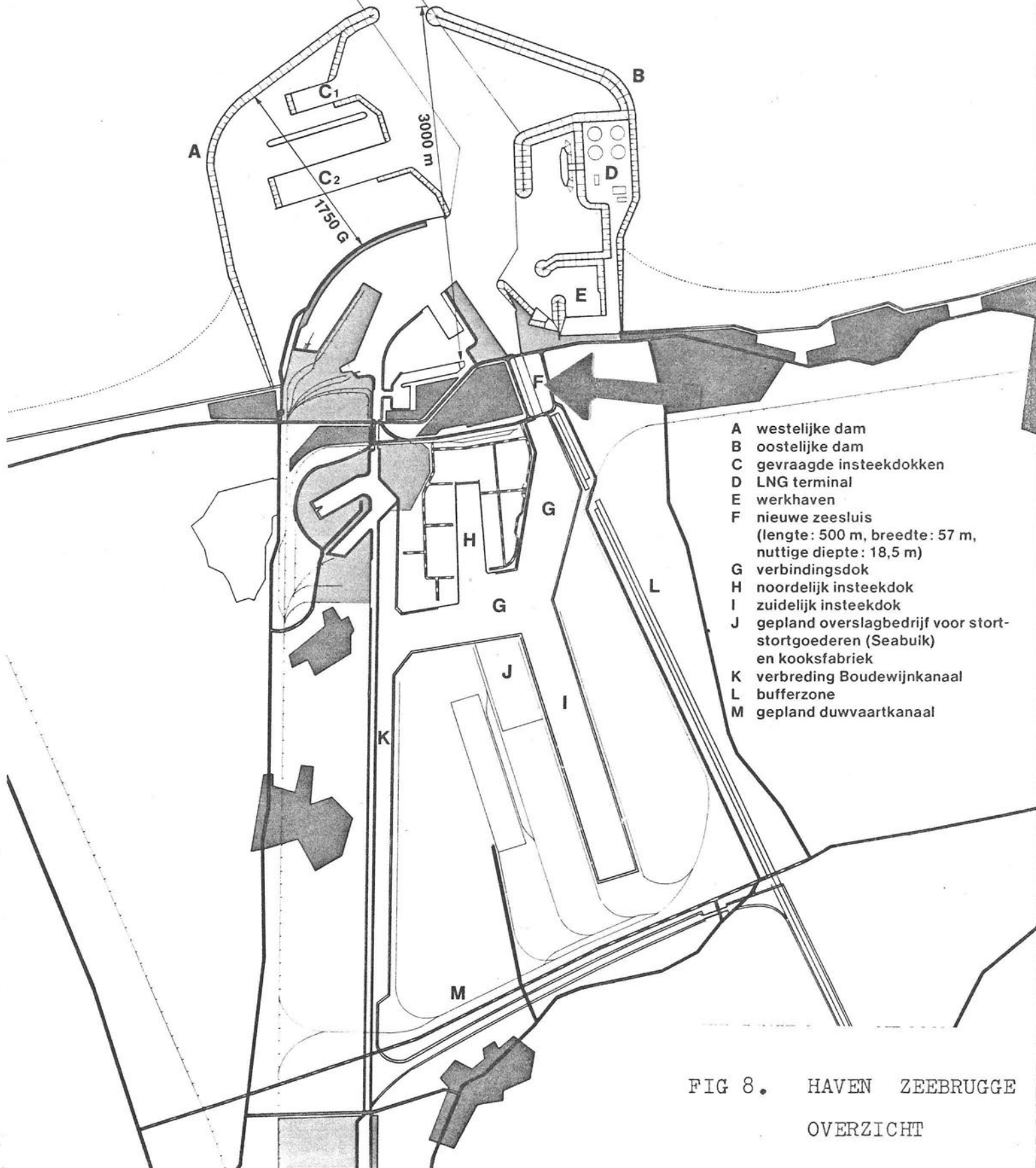
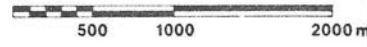


FIG. 7a
 SLUIS KALLO



TOEGANGSGEUL



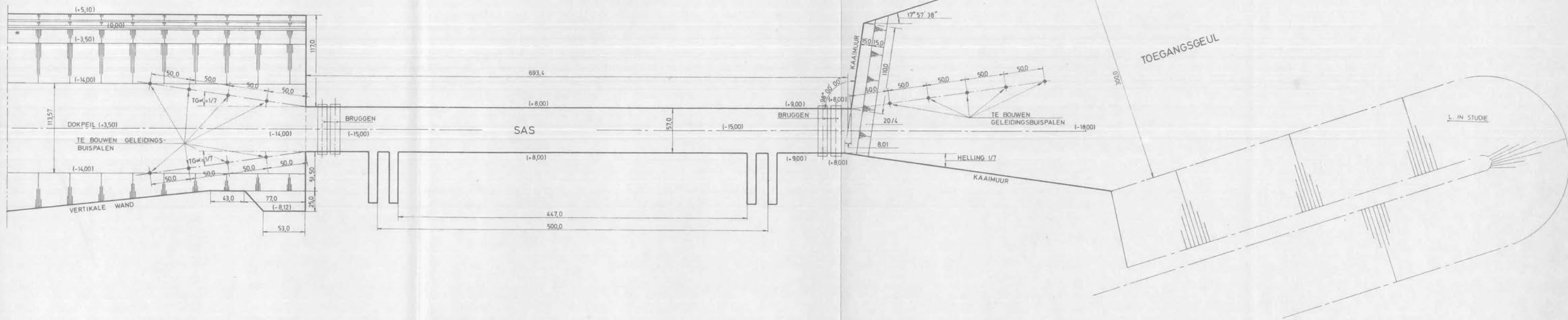


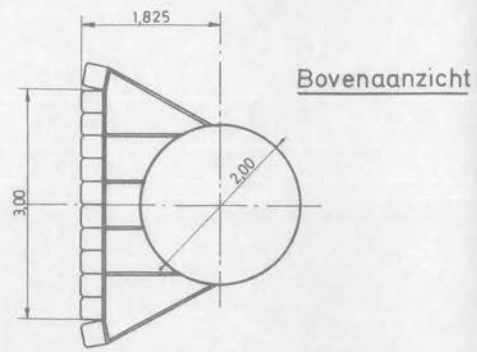
- A westelijke dam
- B oostelijke dam
- C gevraagde insteedokken
- D LNG terminal
- E werkhaven
- F nieuwe zeesluis
(lengte: 500 m, breedte: 57 m,
nuttige diepte: 18,5 m)
- G verbindingsdok
- H noordelijk insteedok
- I zuidelijk insteedok
- J gepland overslagbedrijf voor stort-
stortgoederen (Seabuik)
en kooksfabriek
- K verbreding Boudewijnkanaal
- L bufferzone
- M gepland duwvaartkanaal

FIG 8. HAVEN ZEEBRUGGE
OVERZICHT

ZEESLUIS ZEEBRUGGE

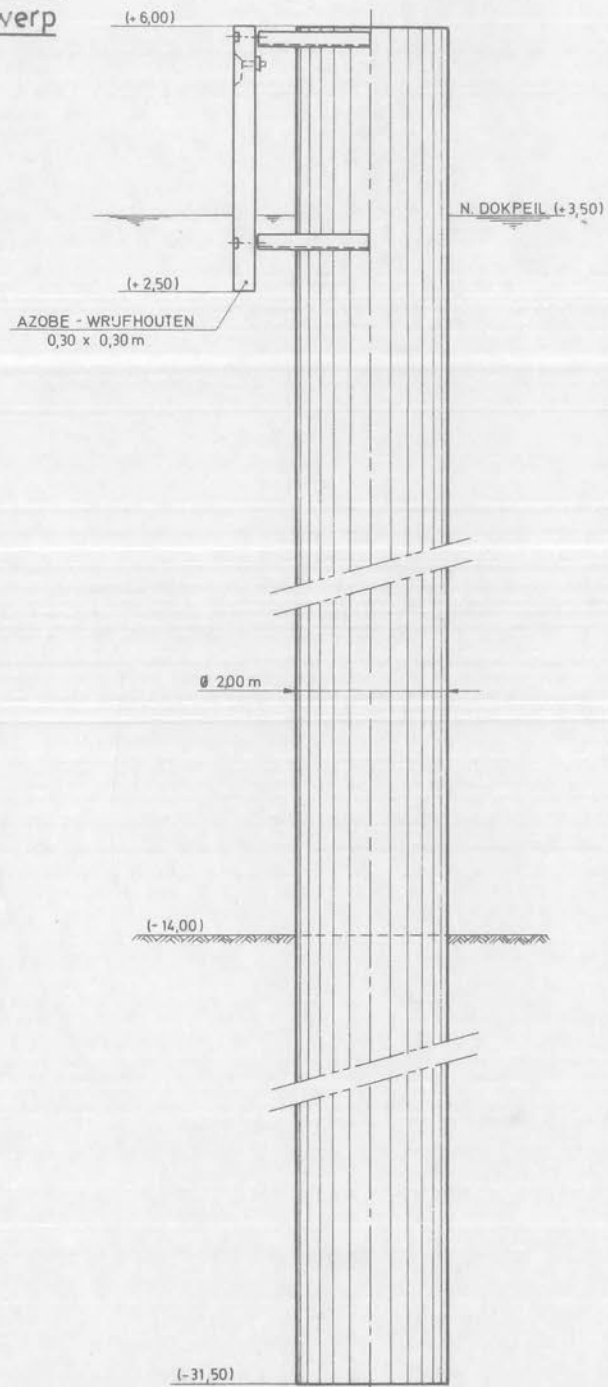
FIG 9





DUKDALF
ontwerp

Zijaanzicht



ZEE SLUIS ZEEBRUGGE

DETAILS

FIG. 10

SLUISHOEKEN

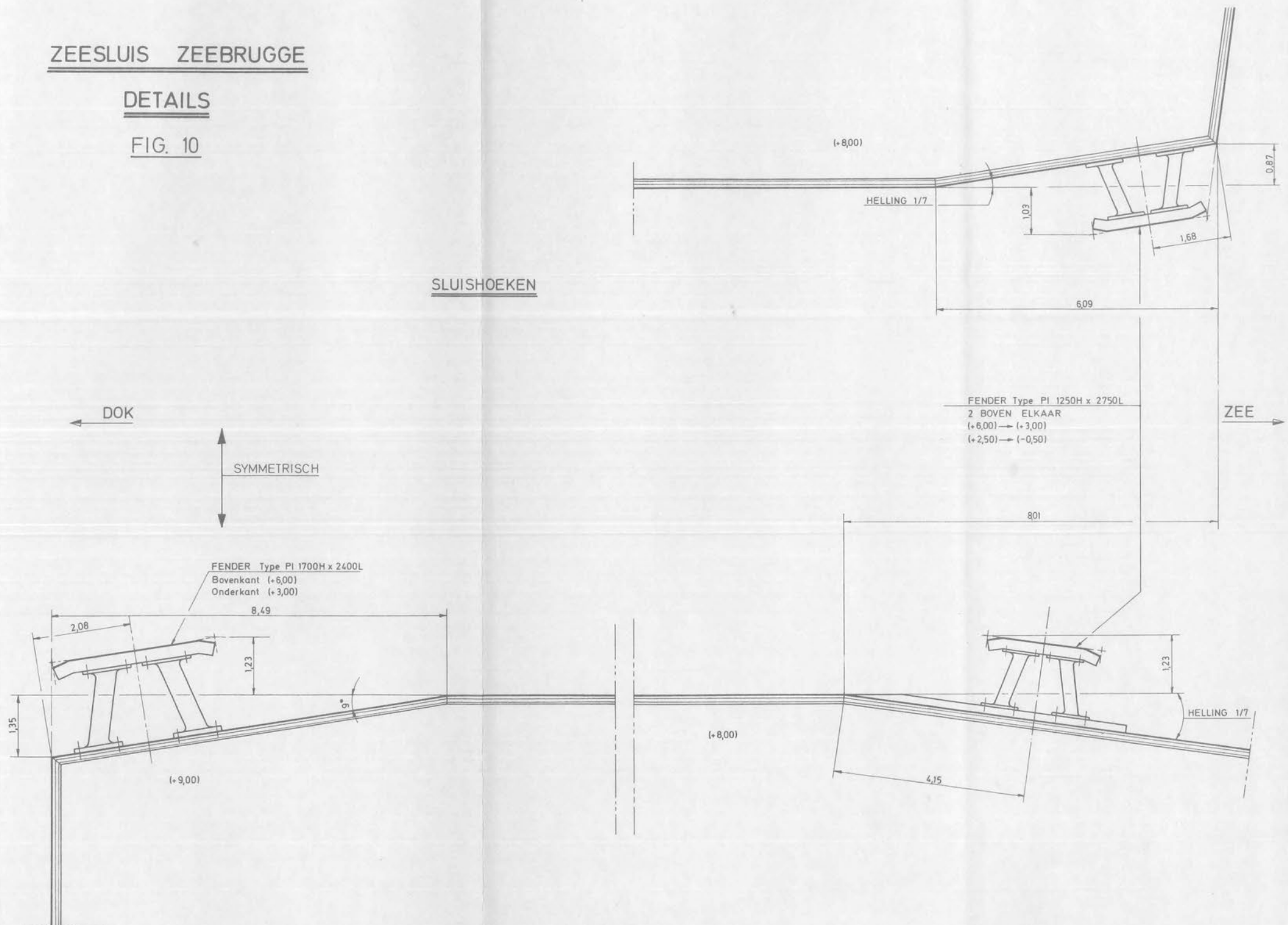
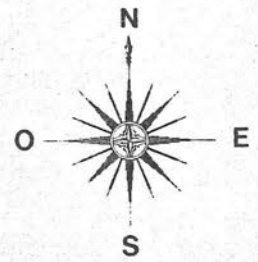


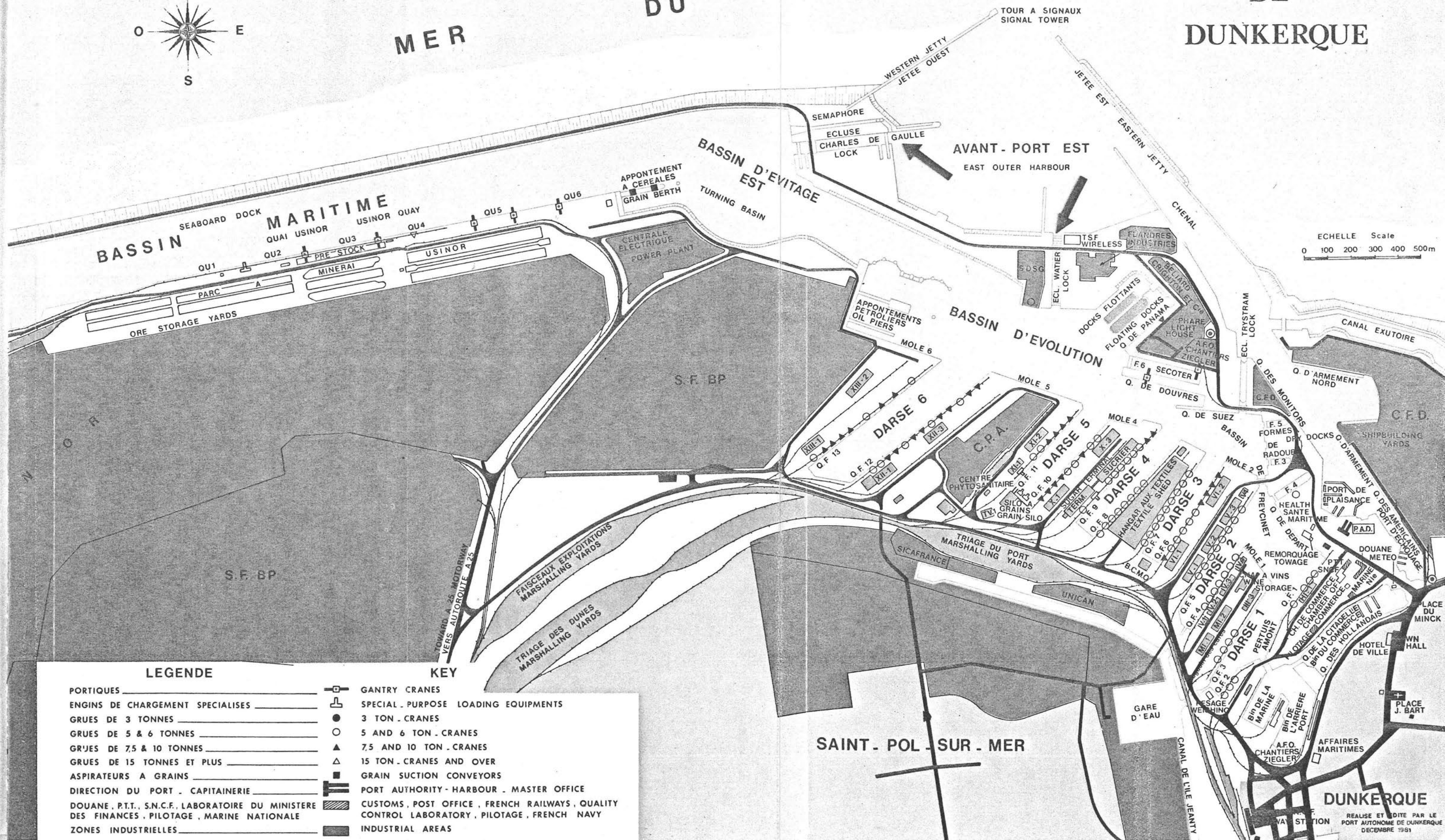
FIG. 11

PORT AUTONOME
DE
DUNKERQUE



MER DU NORD

NORD



ECHELLE Scale
0 100 200 300 400 500m

LEGENDE

LEGENDE	KEY
PORTIQUES	GANTRY CRANES
ENGINS DE CHARGEMENT SPECIALISES	SPECIAL PURPOSE LOADING EQUIPMENTS
GRUES DE 3 TONNES	3 TON . CRANES
GRUES DE 5 & 6 TONNES	5 AND 6 TON . CRANES
GRUES DE 7.5 & 10 TONNES	7.5 AND 10 TON . CRANES
GRUES DE 15 TONNES ET PLUS	15 TON . CRANES AND OVER
ASPIREURS A GRAINS	GRAIN SUCTION CONVEYORS
DIRECTION DU PORT - CAPITAINERIE	PORT AUTHORITY - HARBOUR . MASTER OFFICE
DOUANE, P.T.T., S.N.C.F., LABORATOIRE DU MINISTERE DES FINANCES, PILOTAGE, MARINE NATIONALE	CUSTOMS, POST OFFICE, FRENCH RAILWAYS, QUALITY CONTROL LABORATORY, PILOTAGE, FRENCH NAVY
ZONES INDUSTRIELLES	INDUSTRIAL AREAS

SAINT - POL - SUR - MER

DUNKERQUE
REALISE ET EDITE PAR LE
PORT AUTONOME DE DUNKERQUE
DECEMBRE 1961

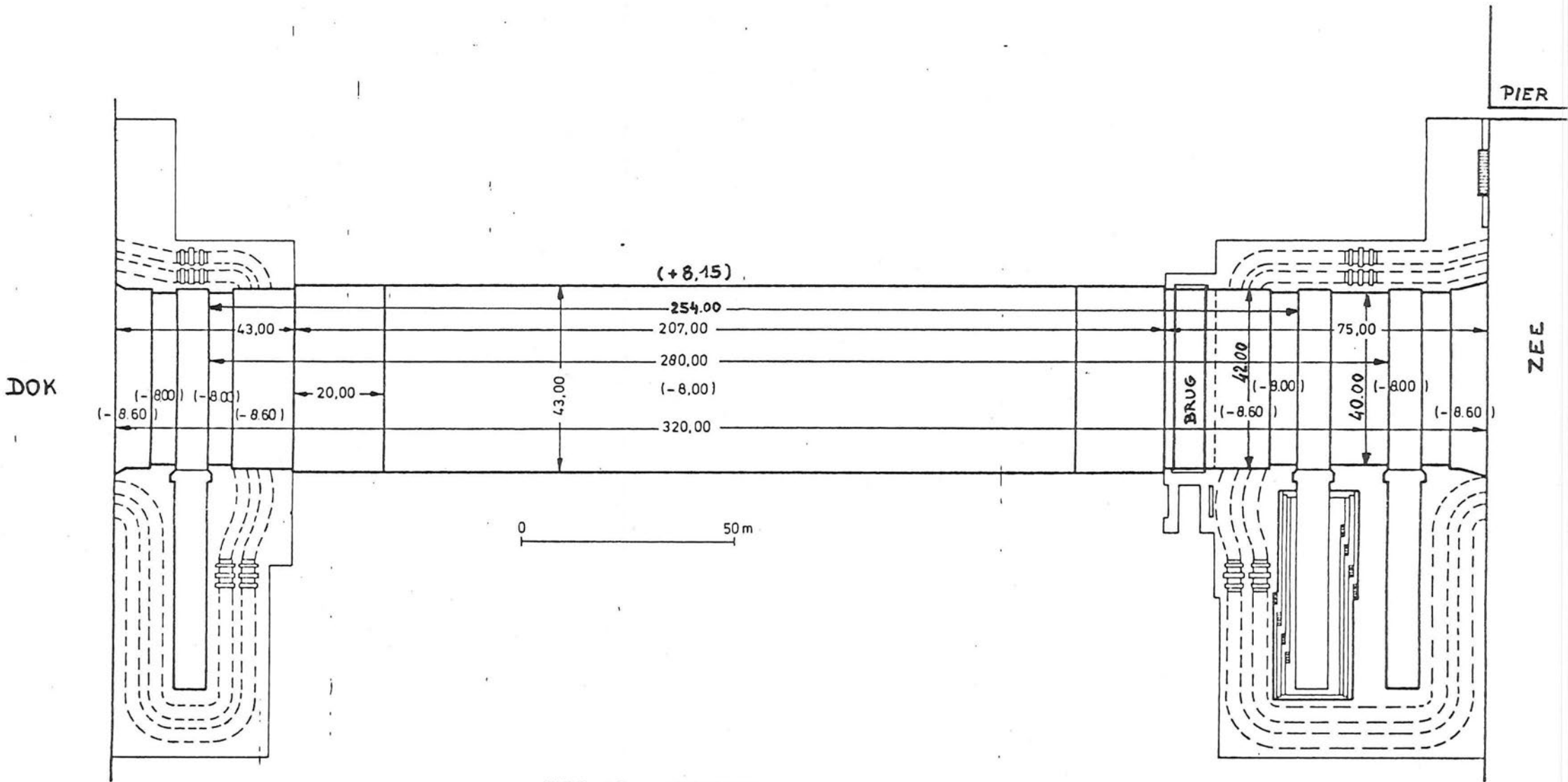


FIG 12. DUINKERKE
 WATIER SLUIS

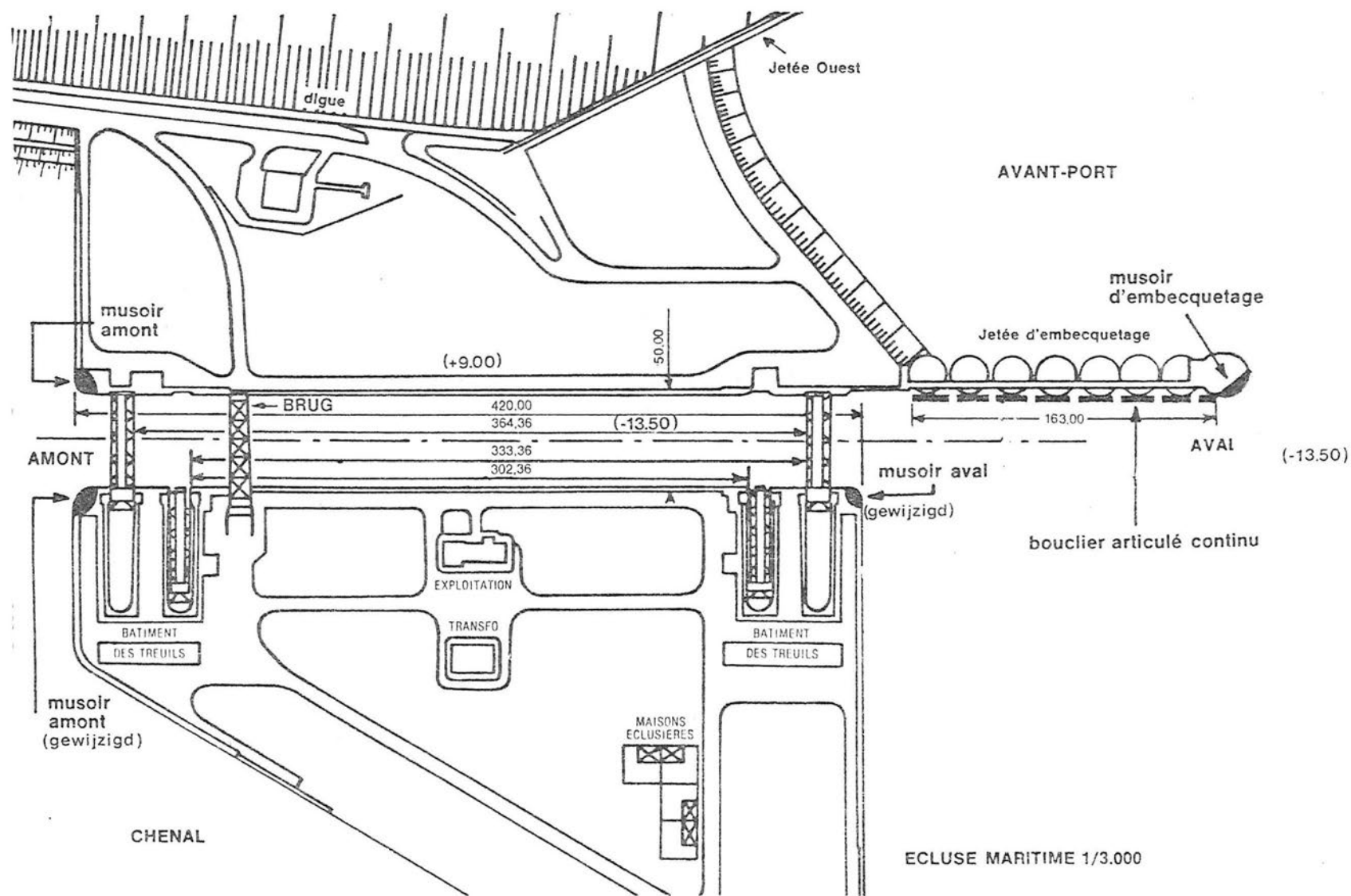


FIG 13 DUINKERKE CHARLES DE GAULLESLUIS

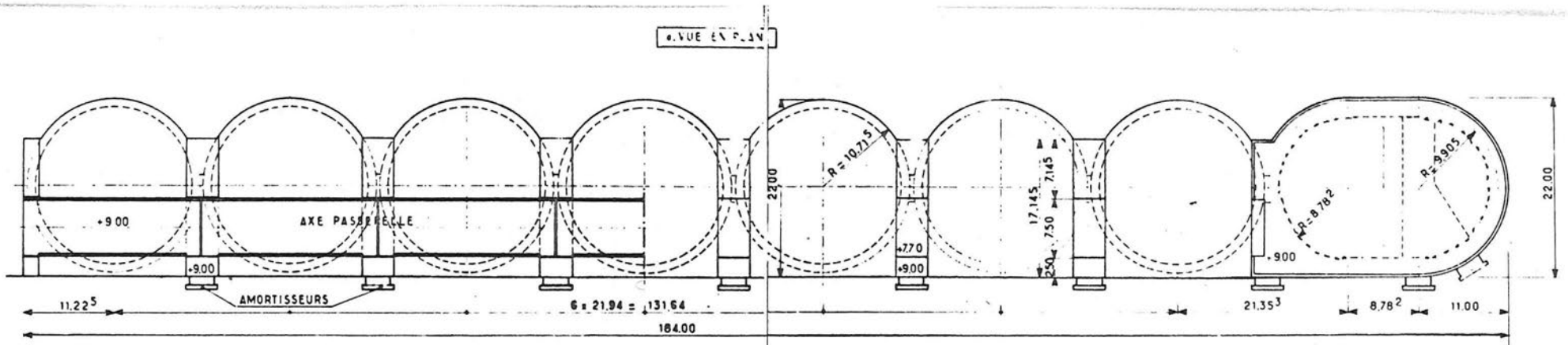
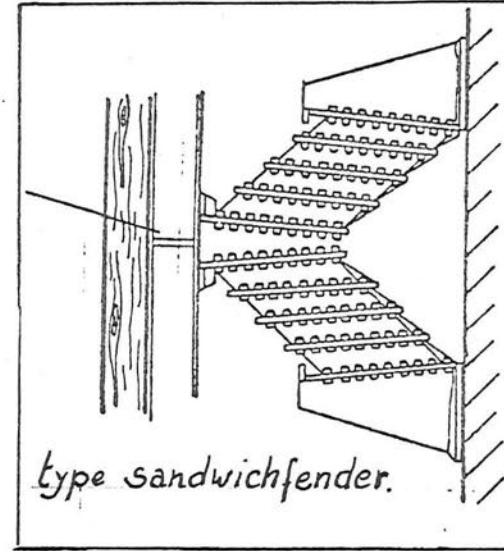
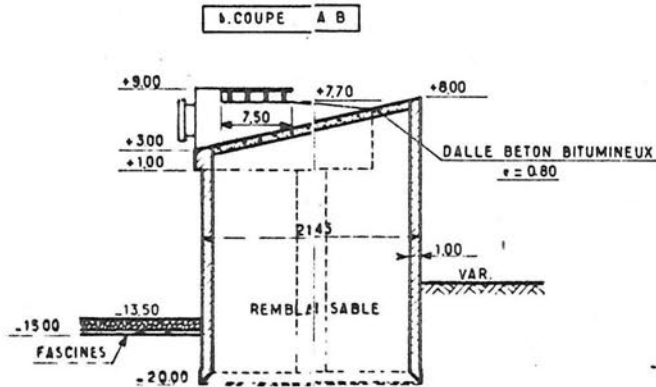


FIG 14.

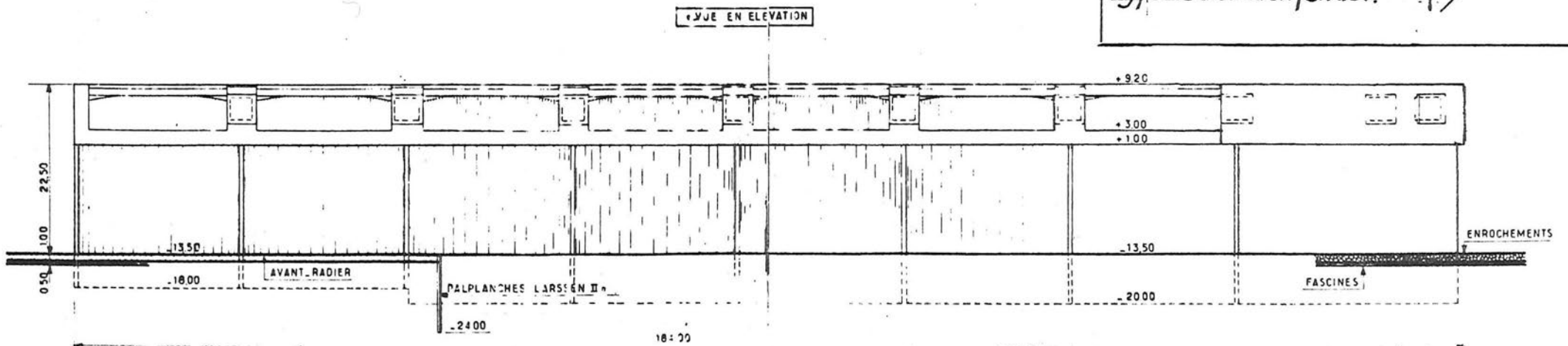
DUINKERKE Charles de Gaullesluis

Pierkonstruktie

(de fenderpanelen zijn gewijzigd → zie foto's).

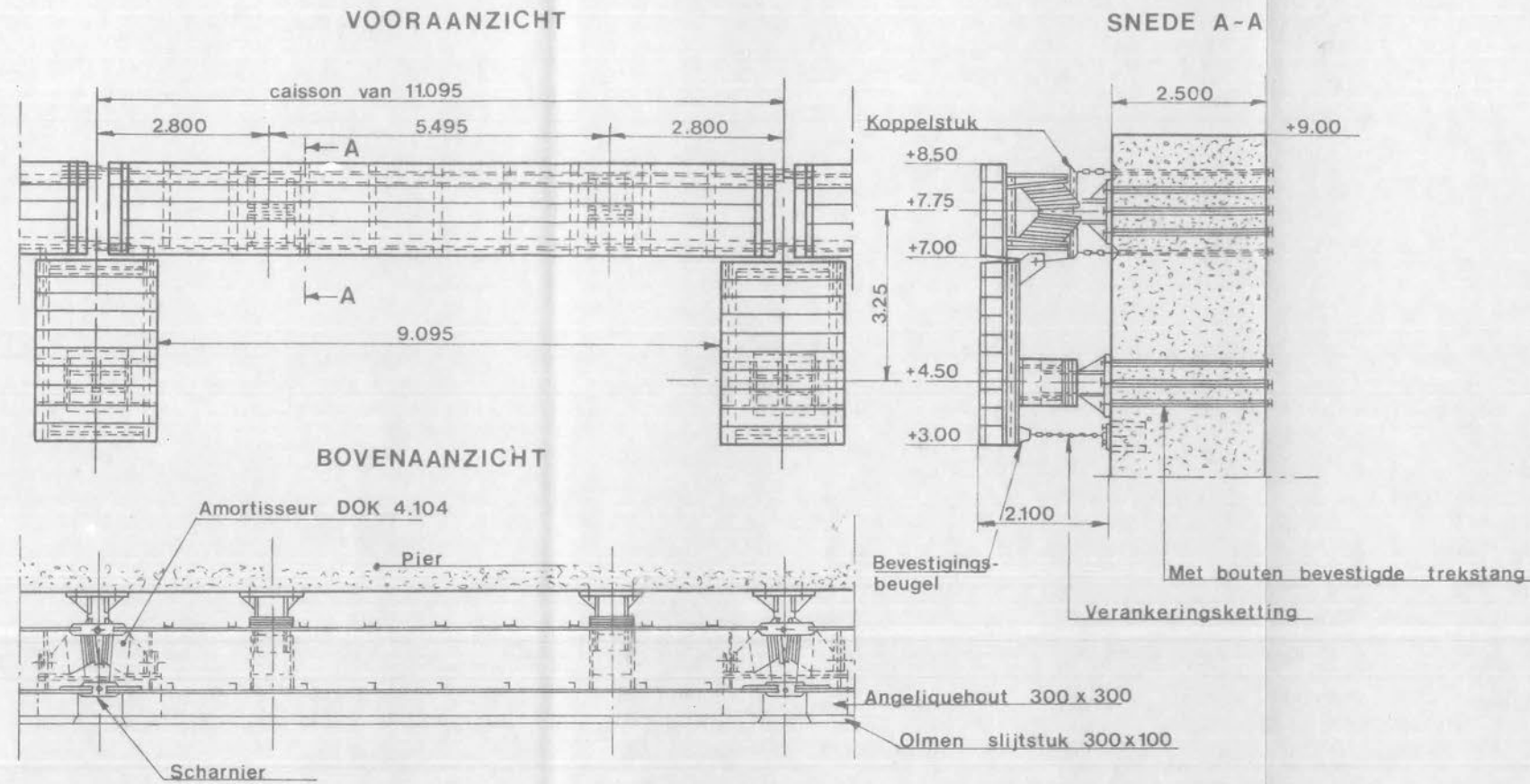


type sandwichfender.

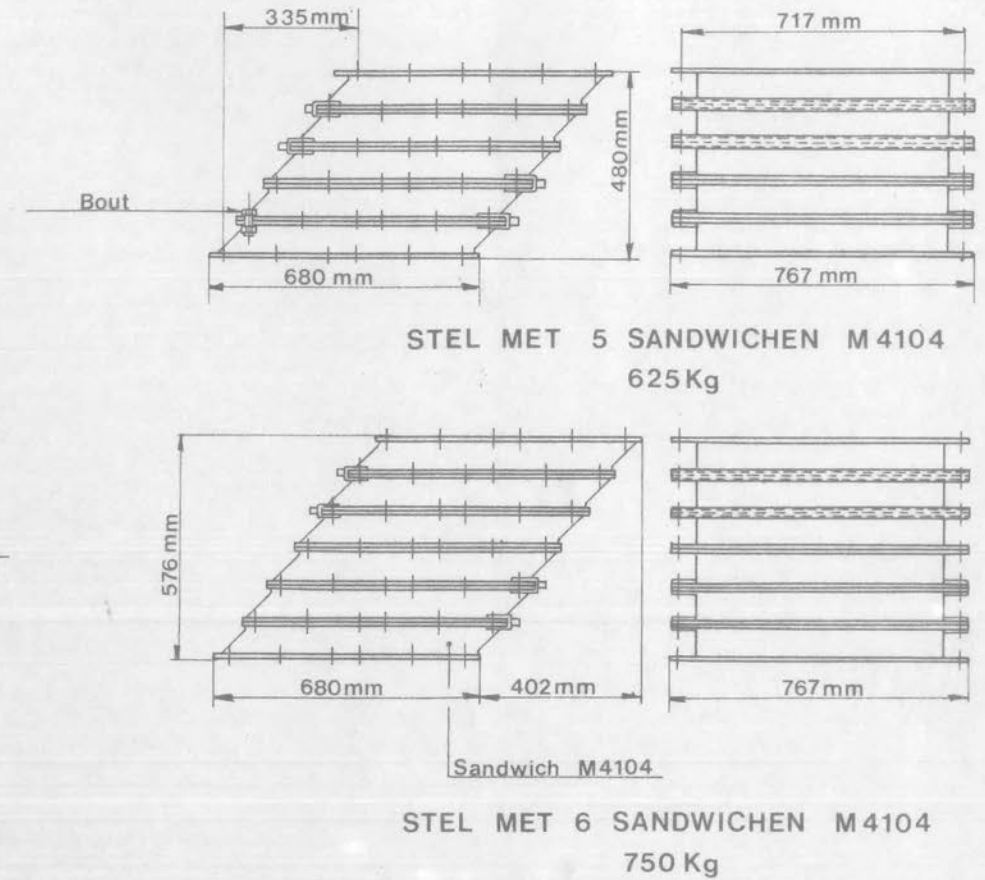


DUINKERKE
CHARLES DE GAULLESLUIS
DETAILS
FIG 14 a

PRINCIPESHEMA PIER



AMORTISSEURS



PIER

	Werking	Door- buig. m	Energie t x m	Reactie t
1 Amortisseur DOK E55 $\alpha : 8^{\circ}30'$ N : 10 kg/cm ²	Normaal	0,38	20,35	101,5
	Buitengew.	0,57	40,9	152,6
1 Horizontaal schild van 11m lang en 1vertikaal schild (of 1 horizontale bescherming van 11m.)	Normaal	0,38	61,05	304,5
	Buitengew.	0,57	122,7	457,8
Volledige pier 15 horizontale schilden	Normaal	0,38	915,75	4567,5
15 verticale schilden (of een bescherming v. 163m	Buitengew.	0,57	1840,5	6867
Per strekkende meter pier	Normaal	0,38	5,62	28,02
	Buitengew.	0,57	11,30	42,13

SLUSHOEKEN

	Werking	Door- buig. m	Energie t x m	Reactie t
1 Amortisseur E 55 $\alpha : 7^{\circ}$ N : 12,5 kg/cm ²	Normaal	0,38	22,2	110,4
	Buitengew.	0,57	44,2	165,0
1 stel met 5 sandwichen	Normaal	0,40	8,3	39,8
	Buitengew.	0,60	16,7	58,7
Eerste trap (I) Schild 5 E 55	Normaal	0,38	111,0	552
	Buitengew.	0,57	221,0	825
Tweede trap (II) Frame	Normaal	0,40	108	518
	Buitengew.	0,60	217	765
Elastische sluishoek (I) + (II)	Normaal	0,78	219	552
	Buitengew.	1,17	438	825

PIERKOP

	Werking	Door- buig. m	Energie t x m	Reactie t
1 Amortisseur E 66 $\alpha : 7^{\circ}$ N : 12,5 kg/cm ²	Normaal	0,456	25,2	104,4
	Buitengew.	0,680	51	156,4
1 Stel met 6 sandwichen	Normaal	0,480	9,6	37,23
	Buitengew.	0,720	19,24	55,85
Eerste trap (I) Schild 6 E 66	Normaal	0,456	151,2	626,4
	Buitengew.	0,684	306	938,4
Tweede trap (II) Frame	Normaal	0,480	124,8	484
	Buitengew.	0,720	250,1	726
Elastische pierkop (I) + (II)	Normaal	0,936	276	626,4
	Buitengew.	1,404	556,1	938,4

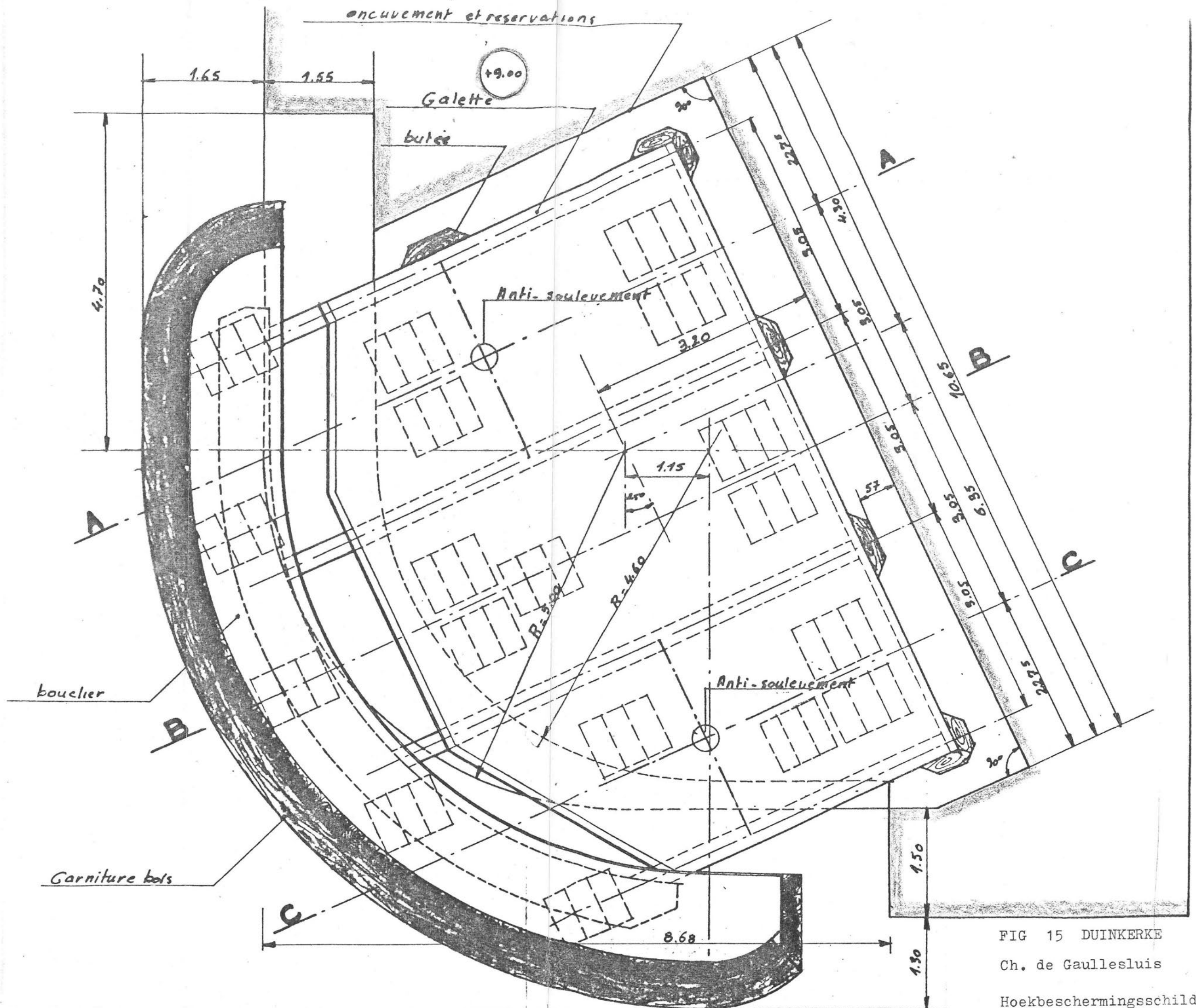
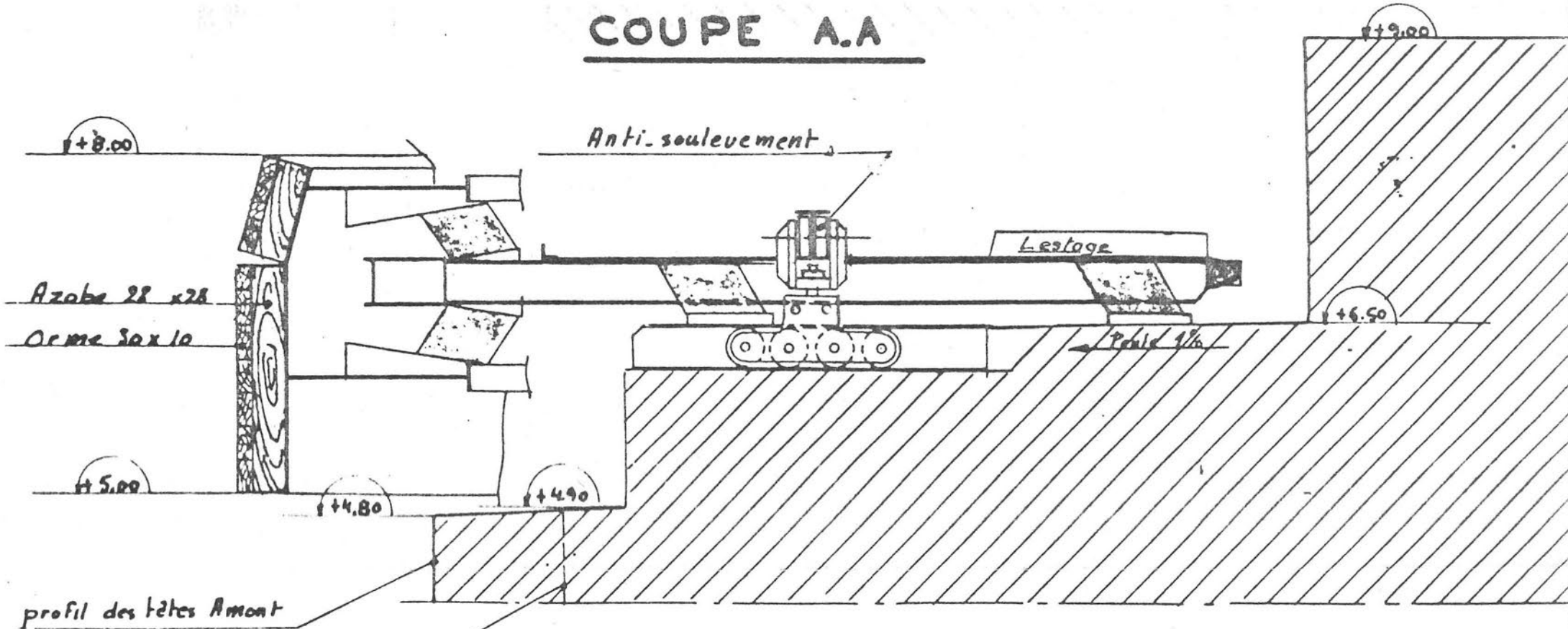
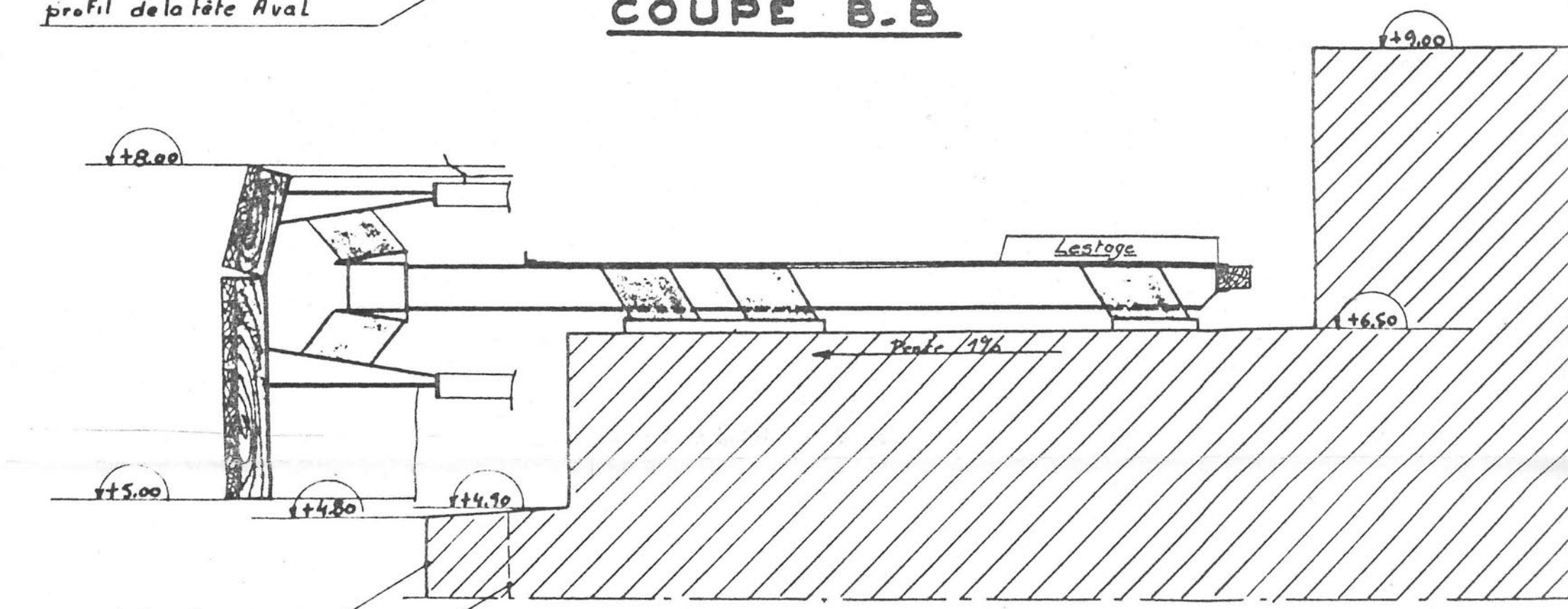


FIG 15 DUINKERKE
 Ch. de Gaullesluis
 Hoekbeschermingsschild

COUPE A.A



COUPE B.B



COUPE C.C

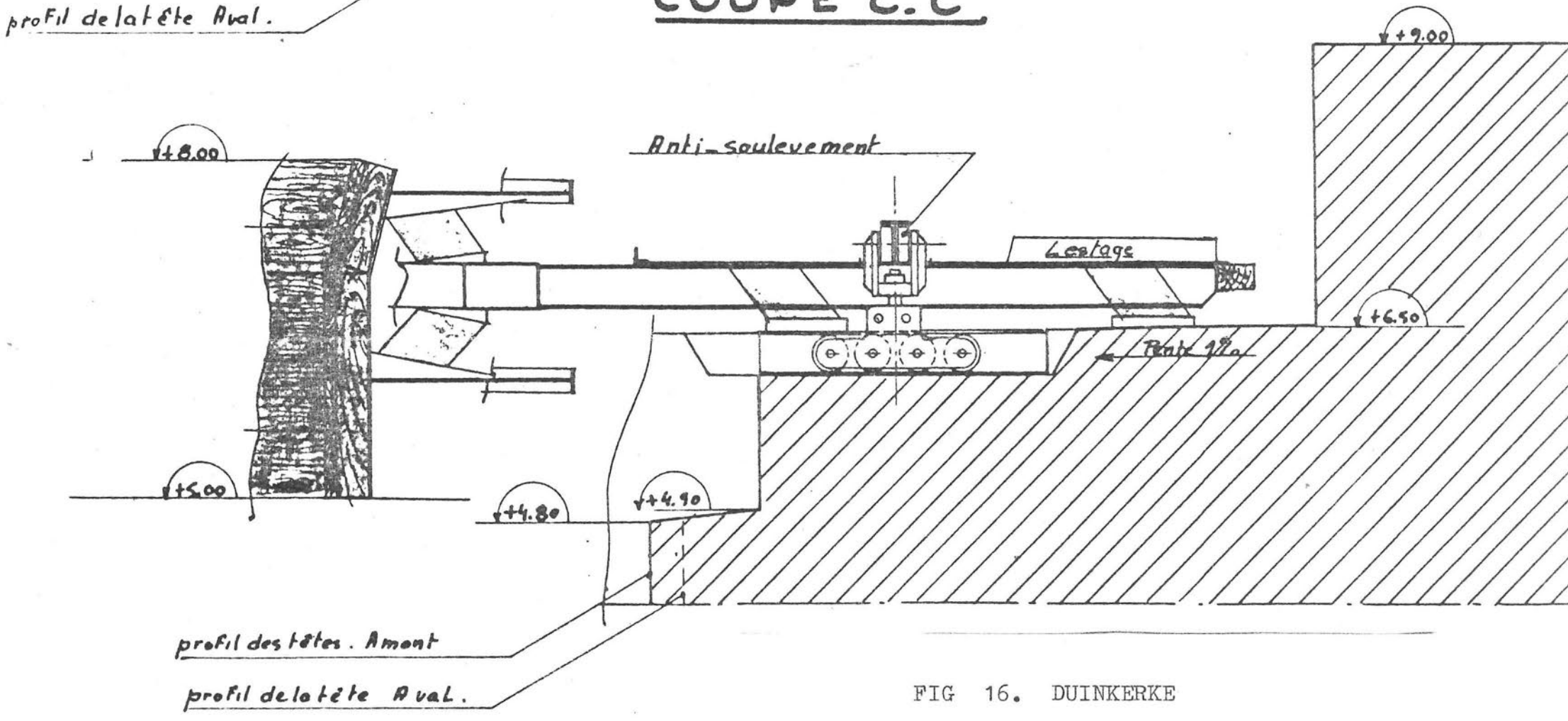


FIG 16. DUINKERKE
CHARLES DE GAULLE SLUIS
HOEKBESCHERMINGSSCHILD

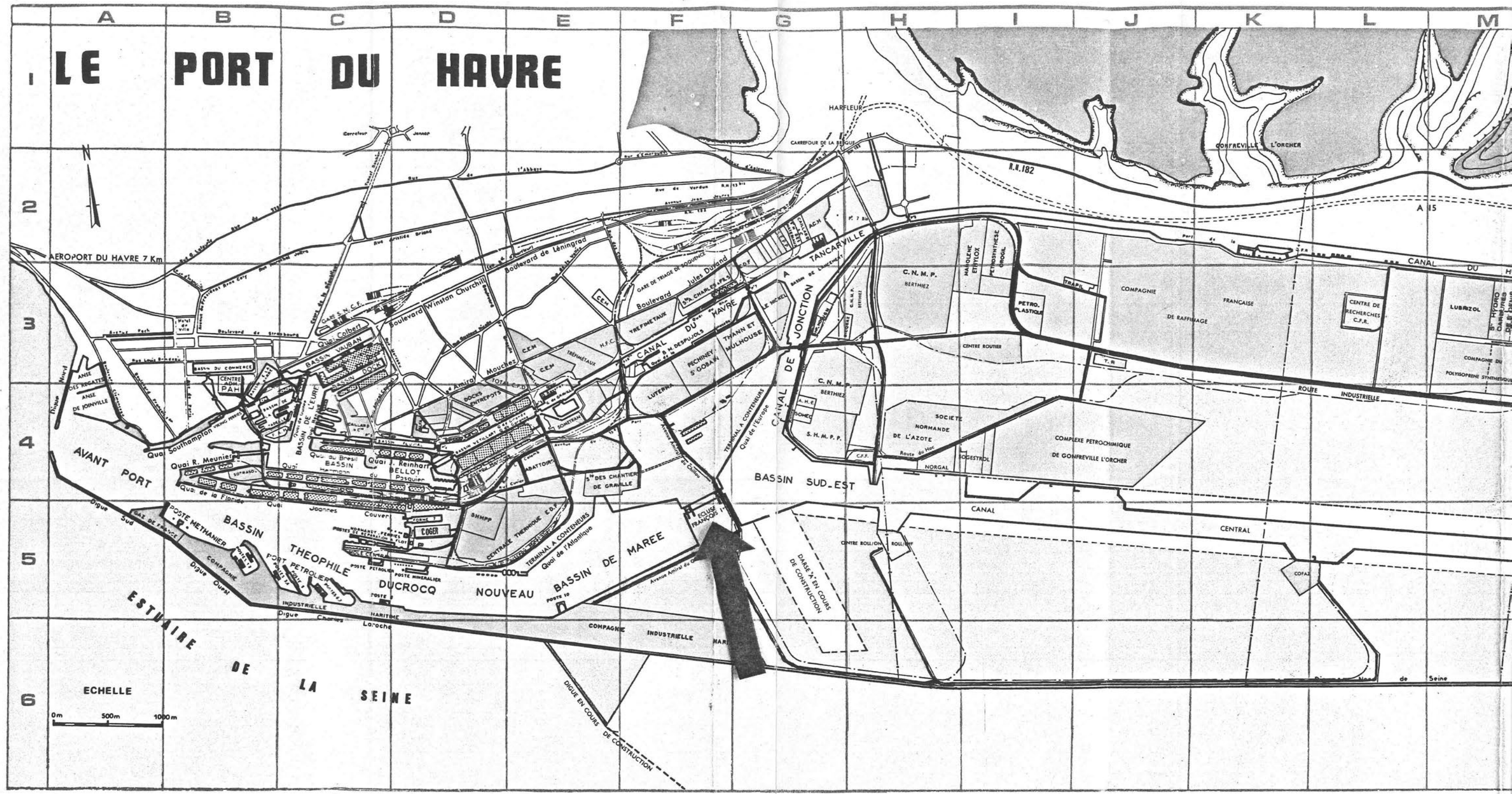


FIG 17. LE HAVRE
OVERZICHT

GETÛDE HAVEN

GHW + 8.30

GLW + 0.30

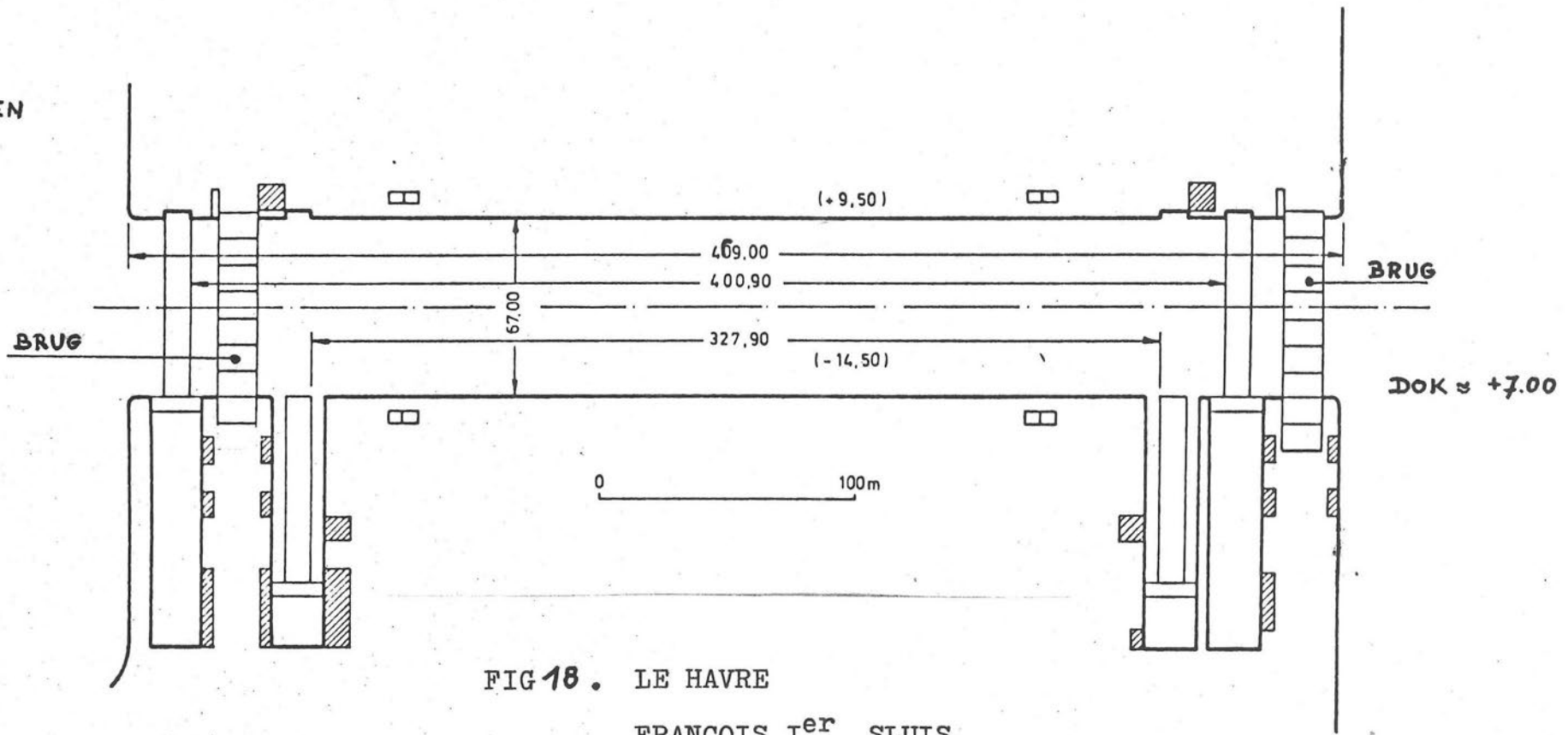


FIG 18. LE HAVRE
FRANCOIS I^{er} SLUIS

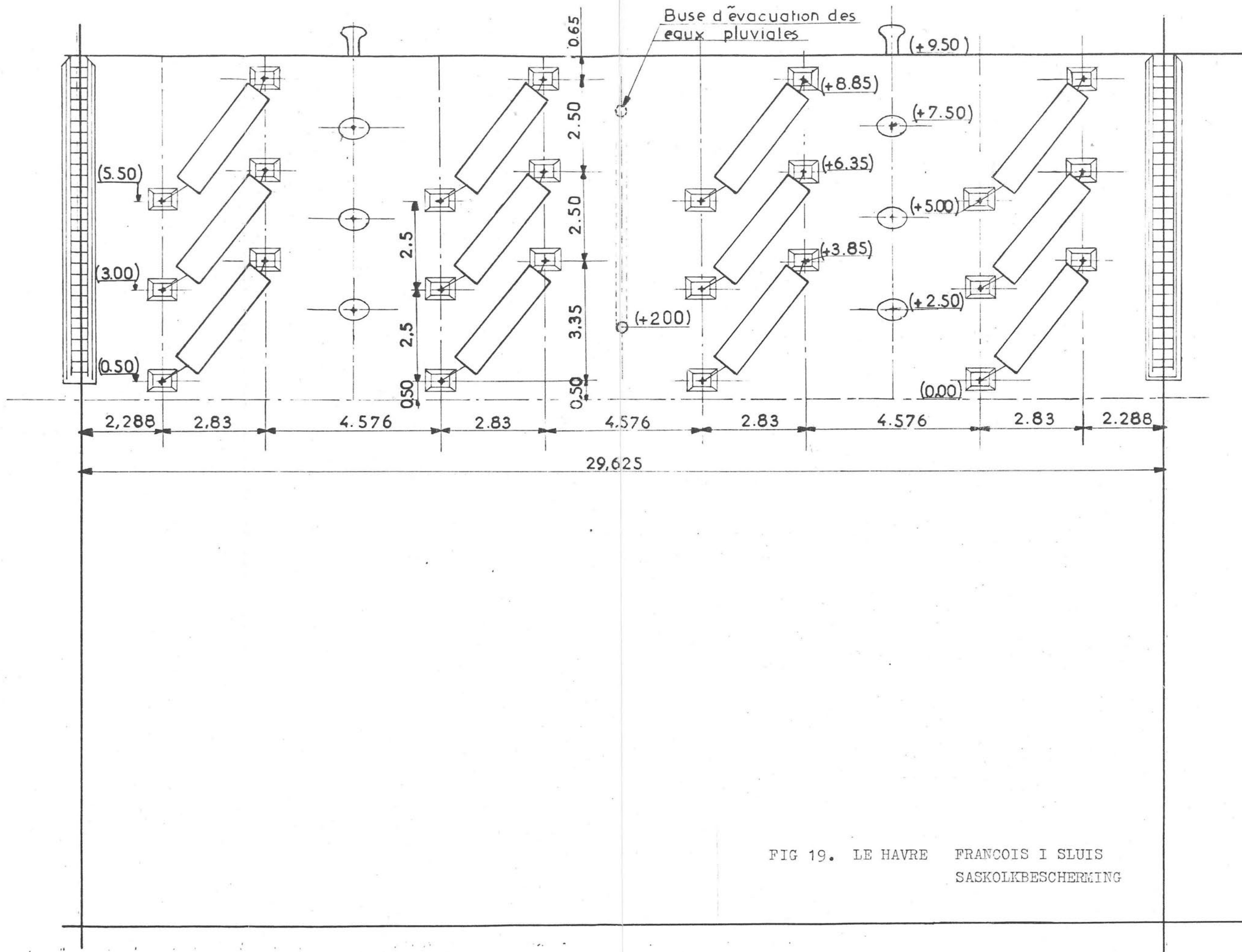
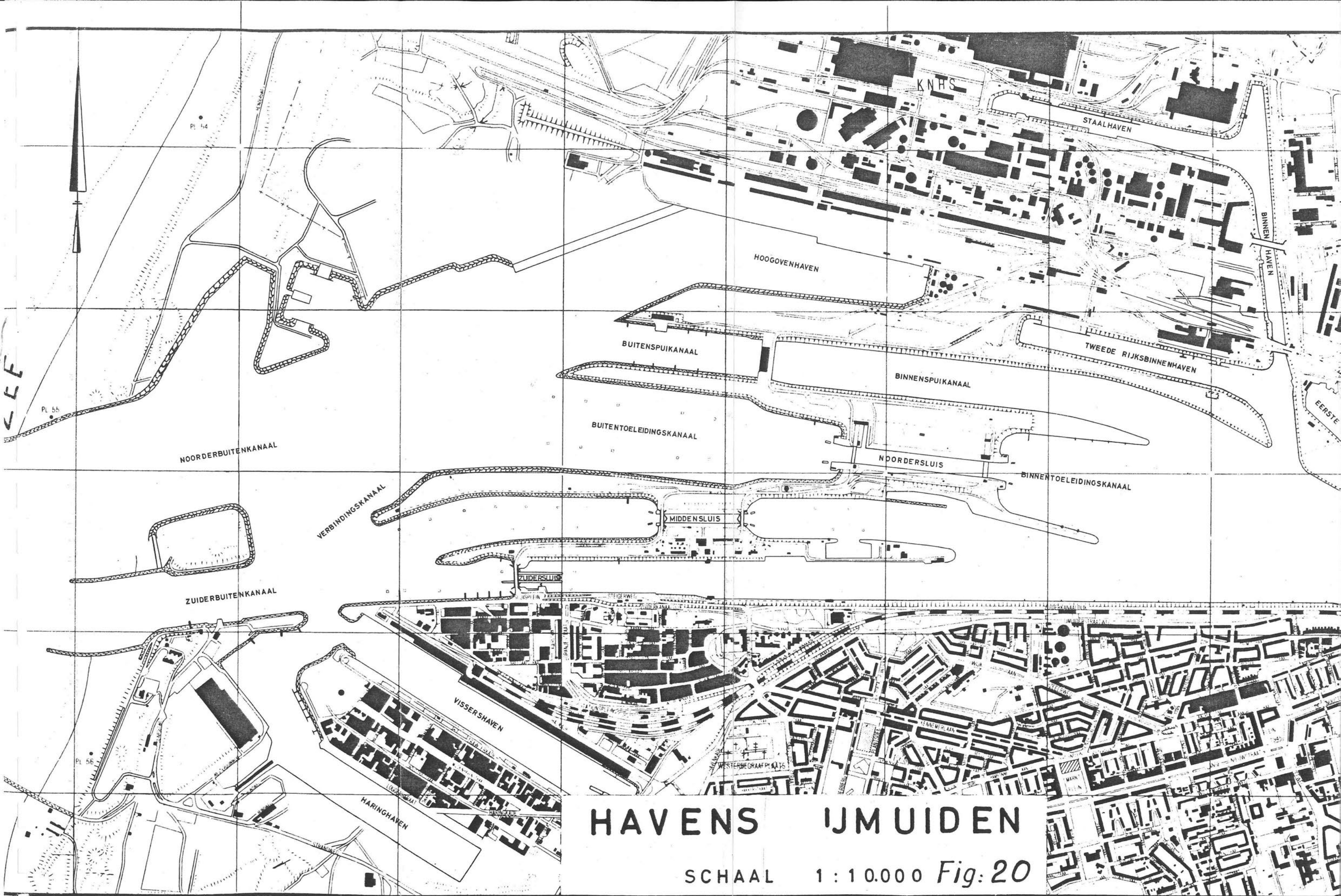


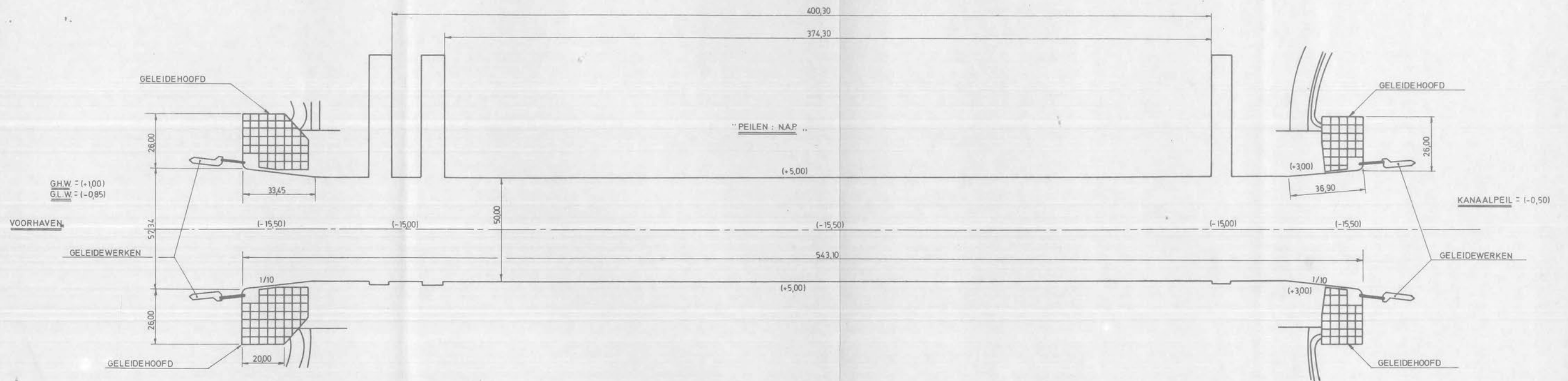
FIG 19. LE HAVRE FRANCOIS I SLUIS
SASKOLKBESCHERMING

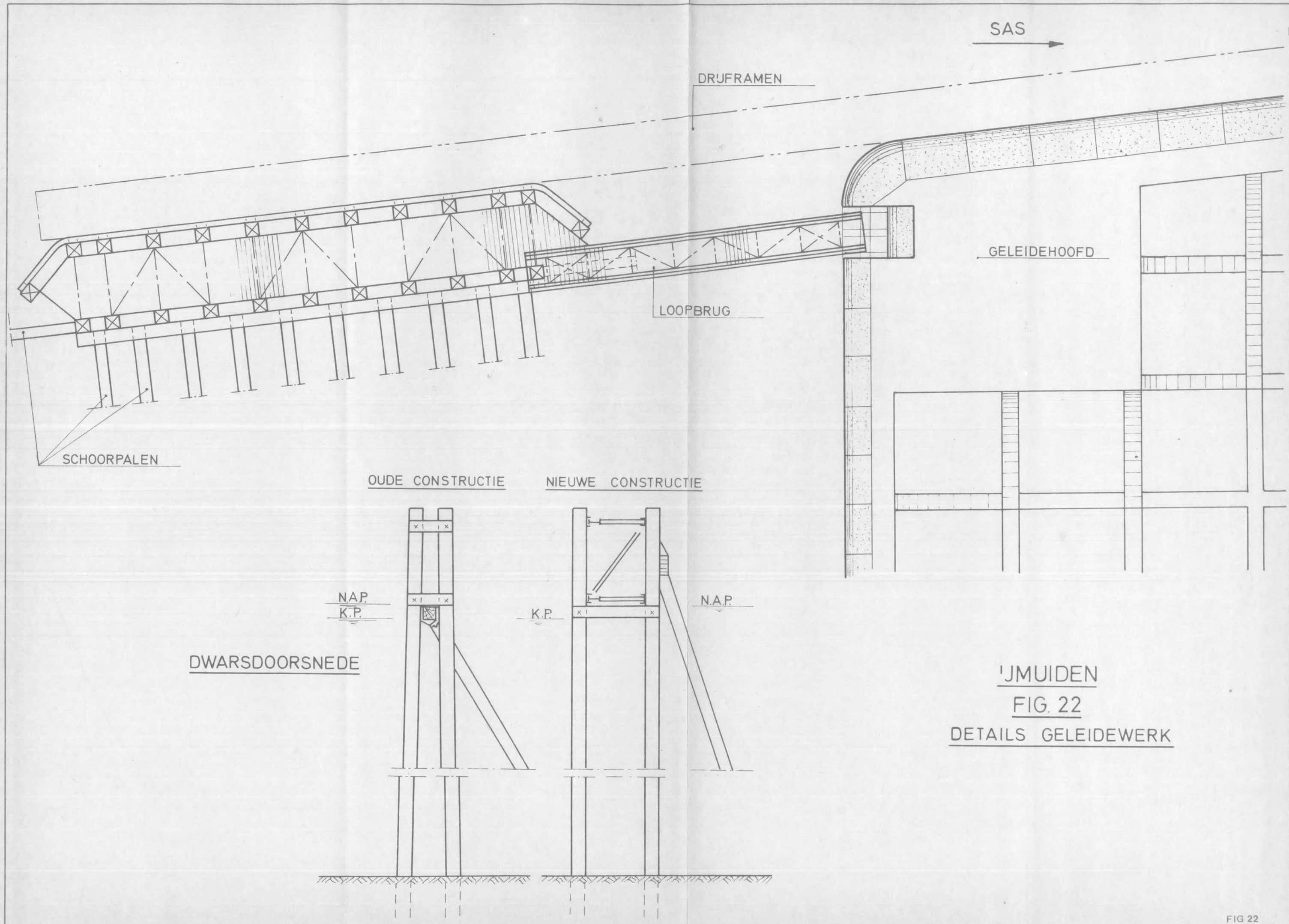


HAVENS IJMUIDEN

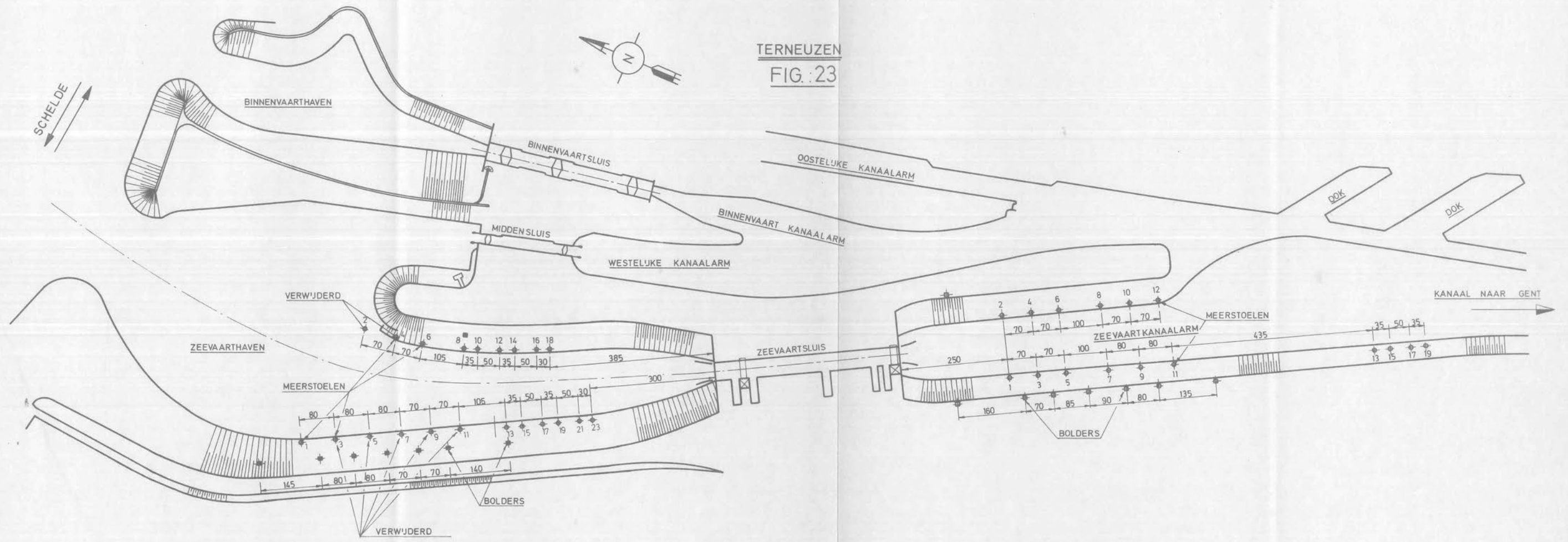
SCHAAL 1 : 10.000 Fig: 20

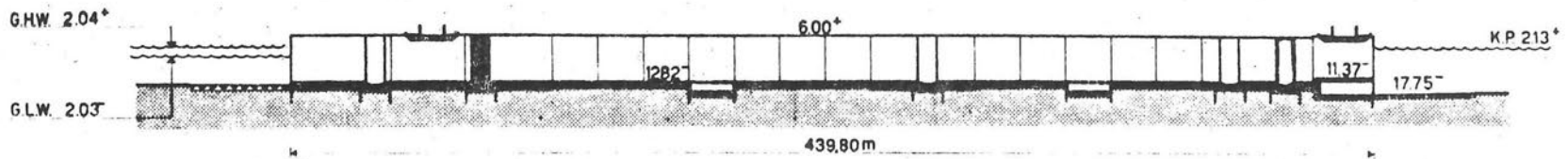
'JMUIDEN
NOORDERSLUIS
FIG : 21





TERNEUZEN
FIG. 23





ZEEVAARTSLUIS TE TERNEUZEN

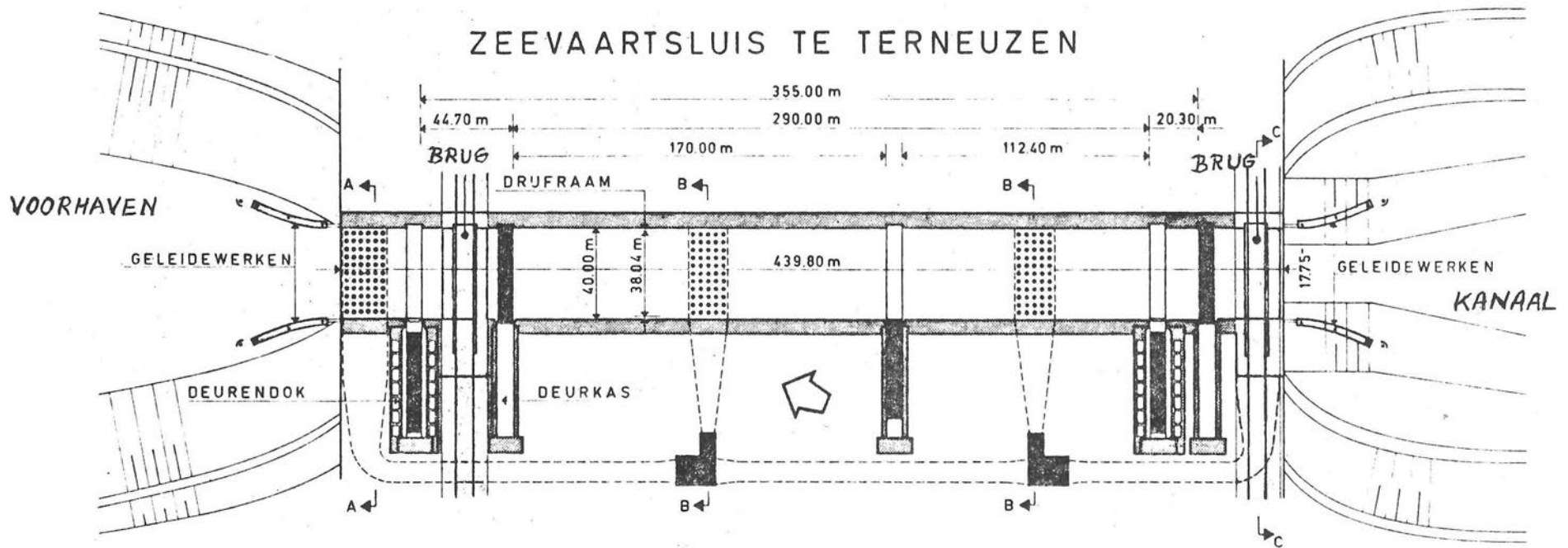


Fig 24

WESTSLUIS TERNEUZEN
GELEIDEWERK SCHELDEKANT

FIG. 25

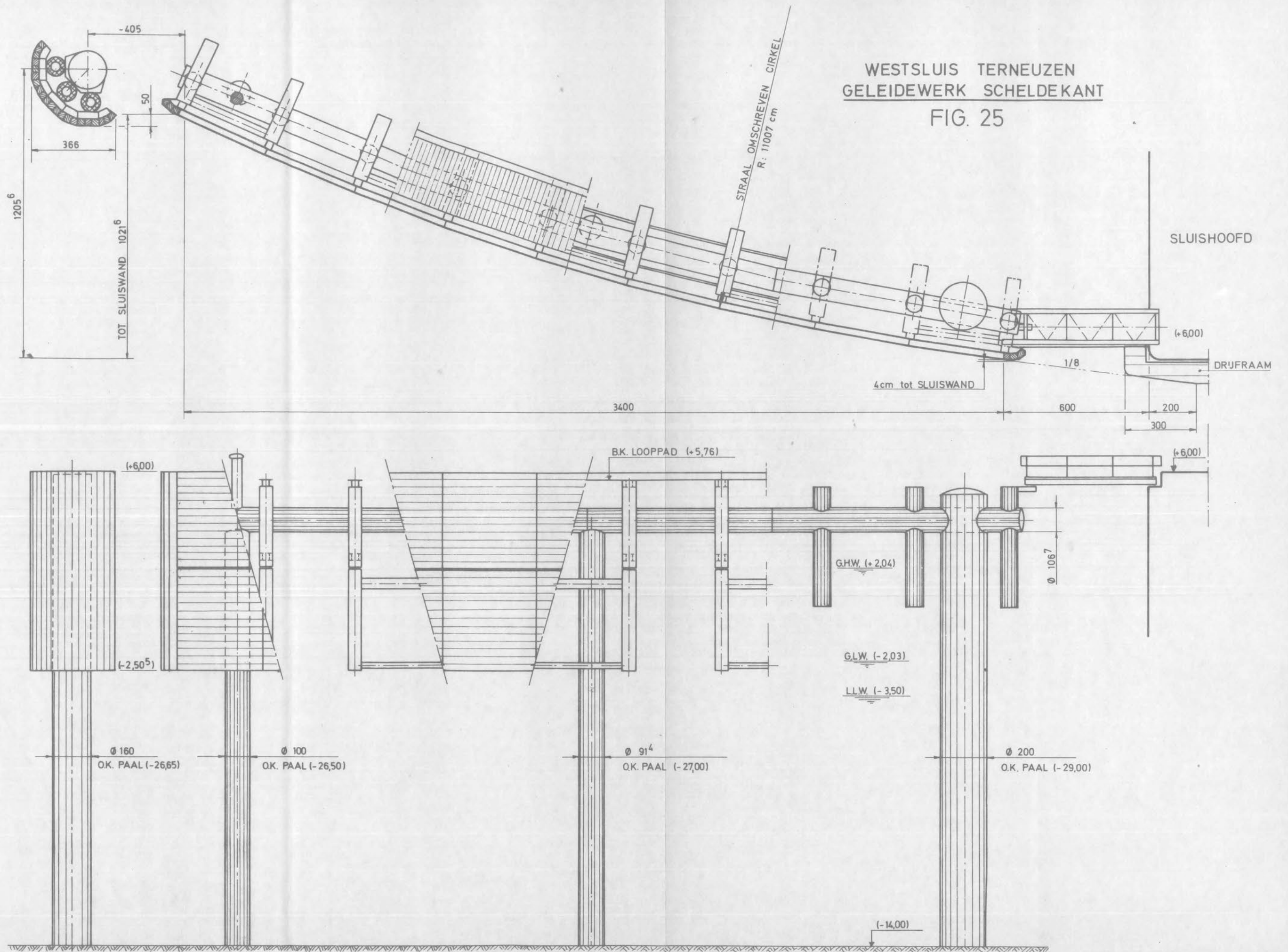


FIG 25

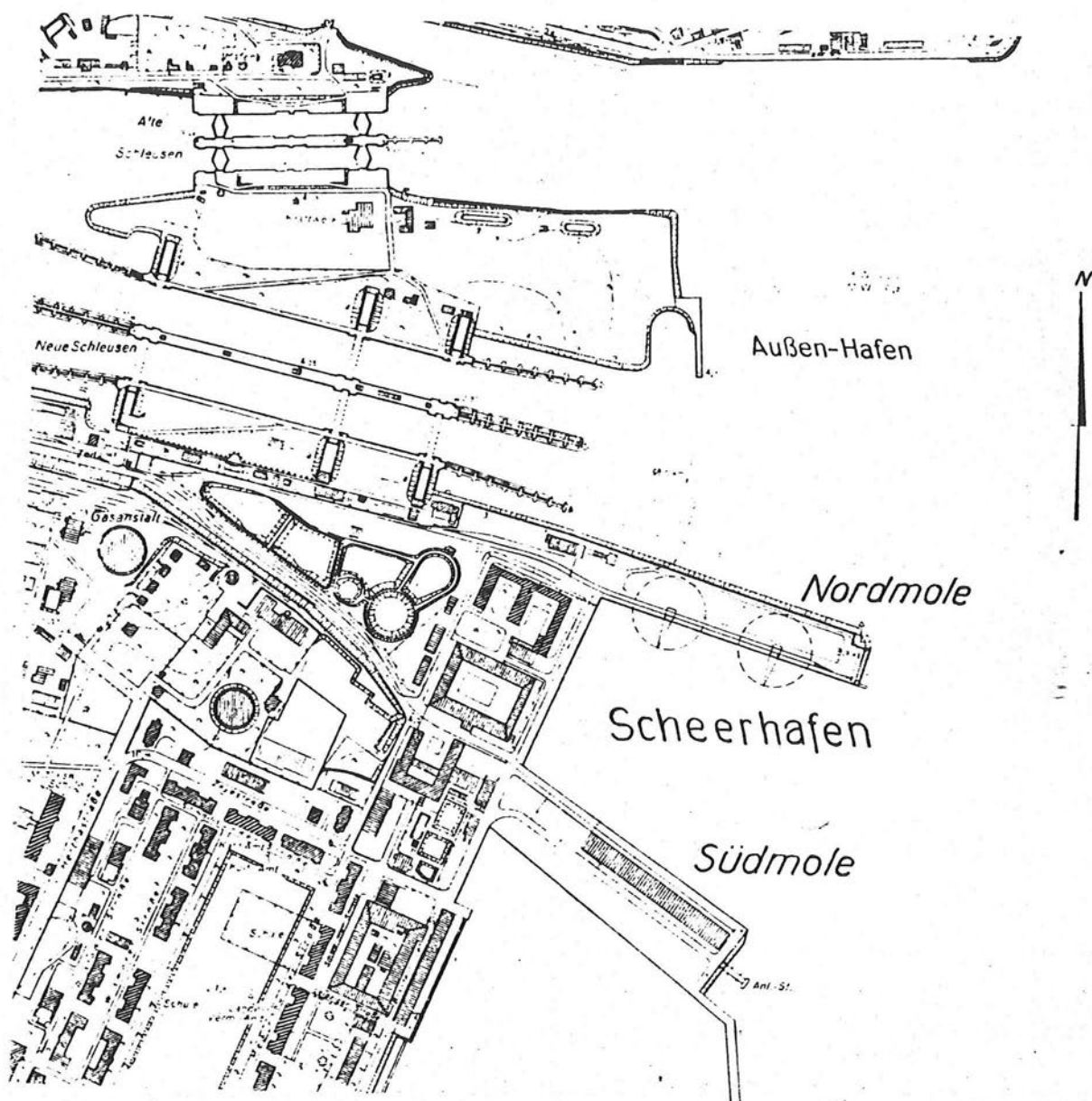


FIG 26. NORD-OSTSEE KANAL
SLUIZEN HOLTENAU (KIEL).

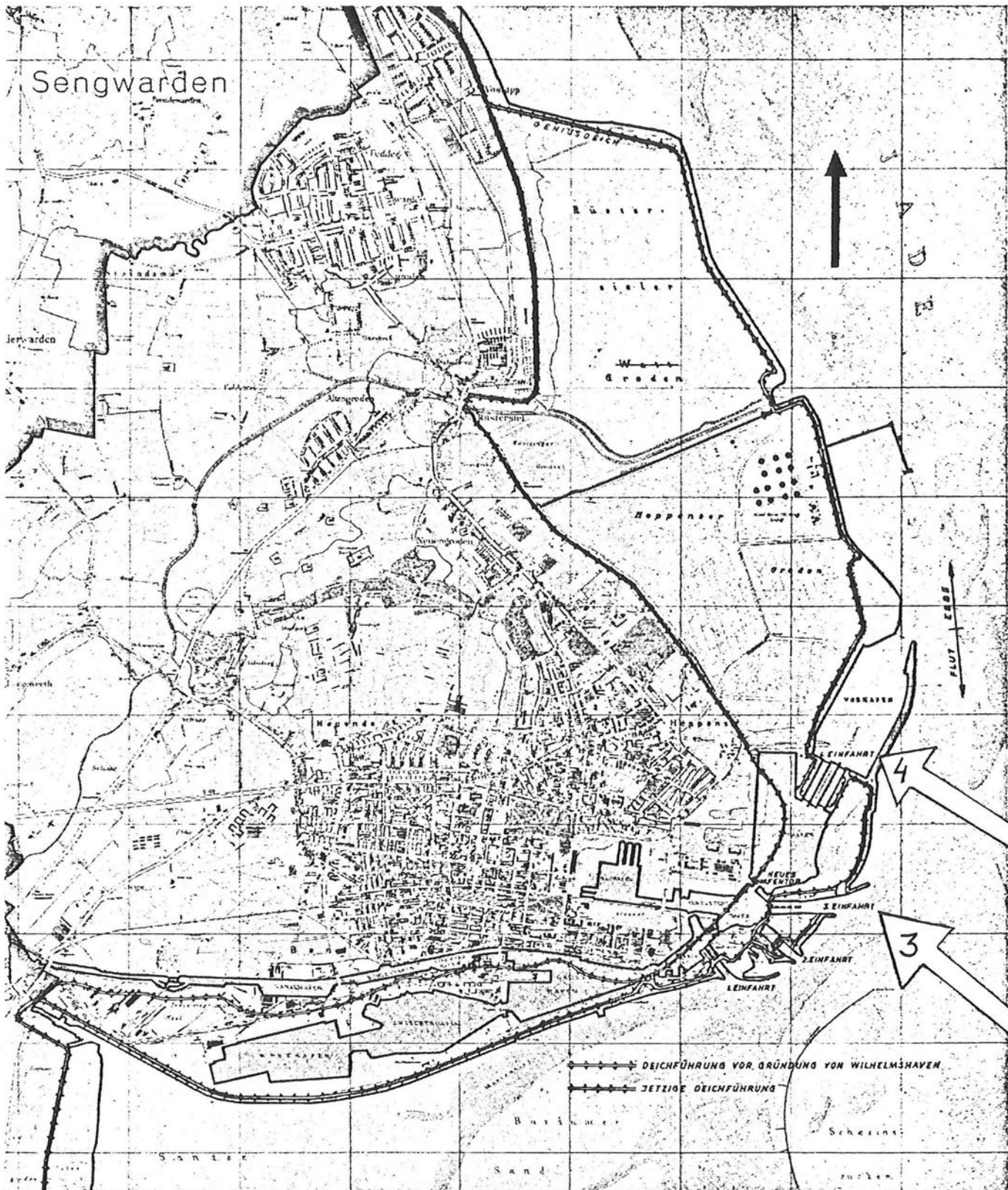


FIG 28. WILHELMSHAVEN
OVERZICHT



FIG 29. WILHELMSHAFEN
OVERZICHT OUDE HAVEN
(voor bouw 4^e invaart)

binnen-
haven

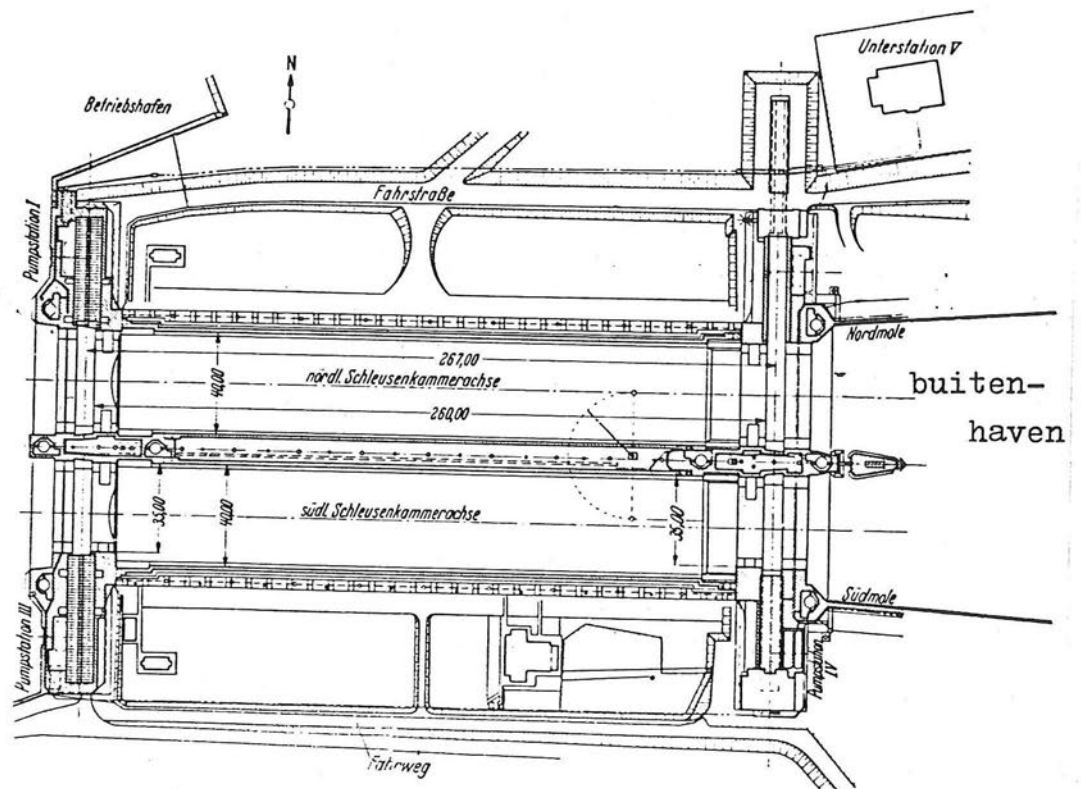


FIG 30. WILHELMSHAFEN 3^e INVAART
(voor de herbouw).

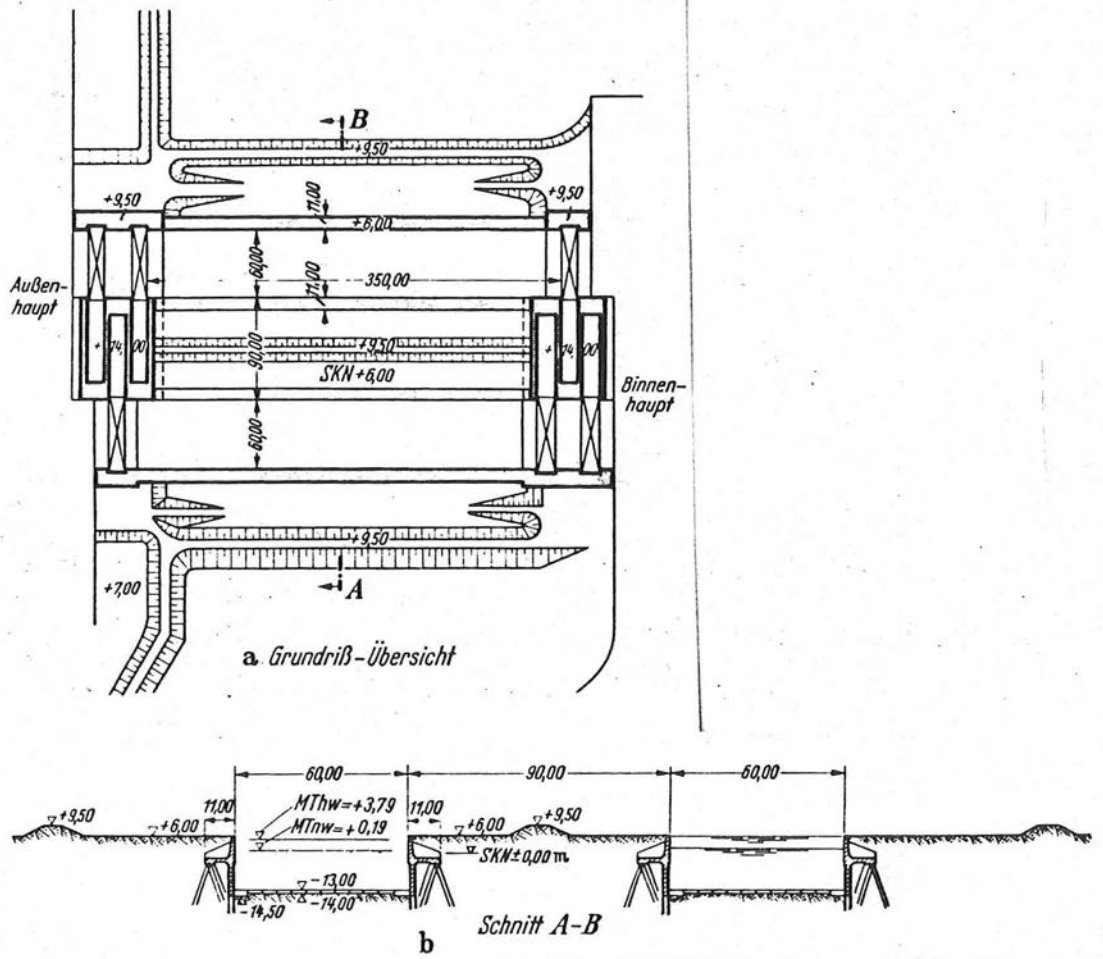


FIG 31. WILHELMSHAFEN
4^e INVAART VOOR DE HERBOUW.

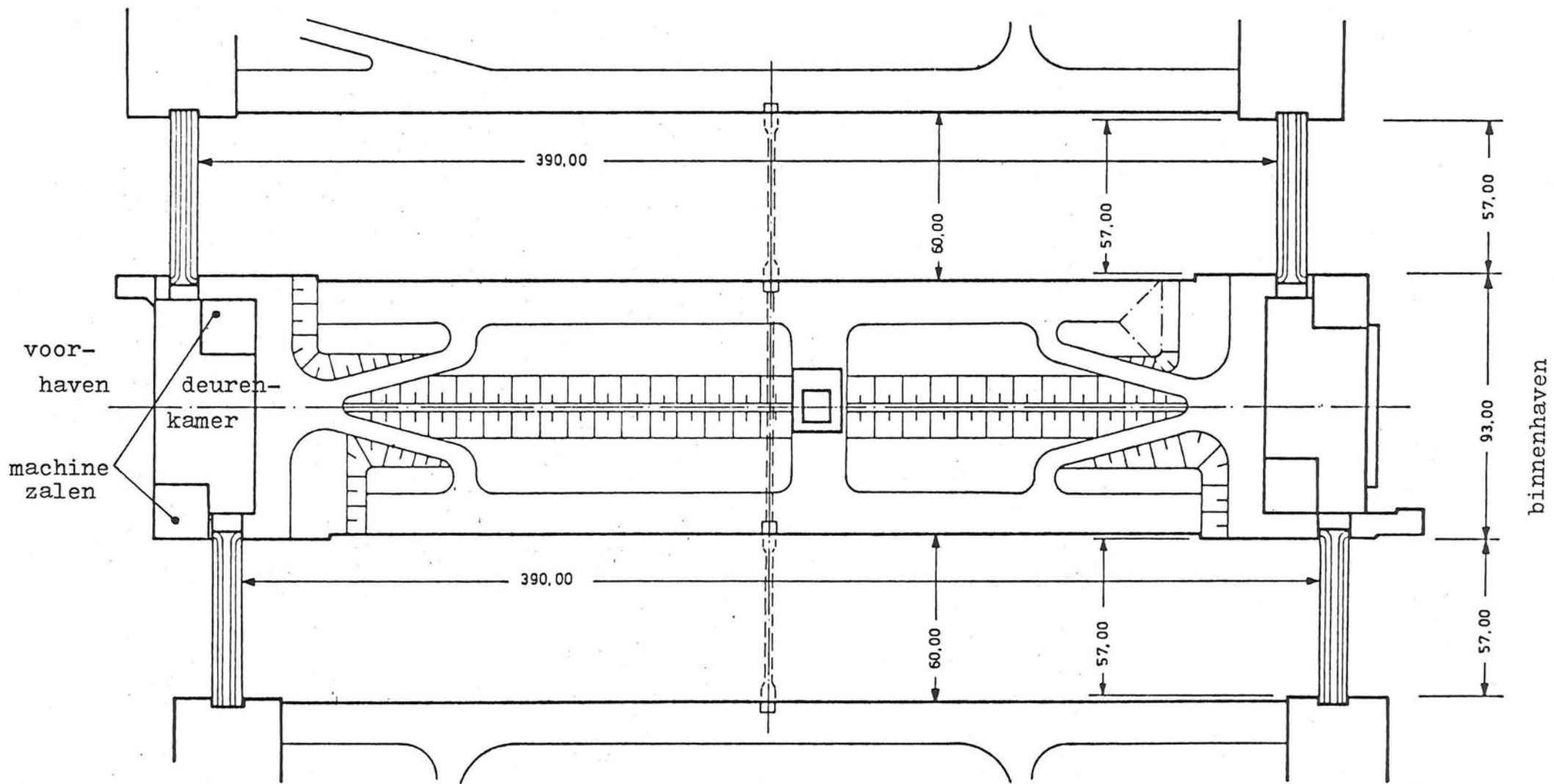


FIG 32. WILHELMSHAFEN
 4^e INVAART
 PLANZICHT.

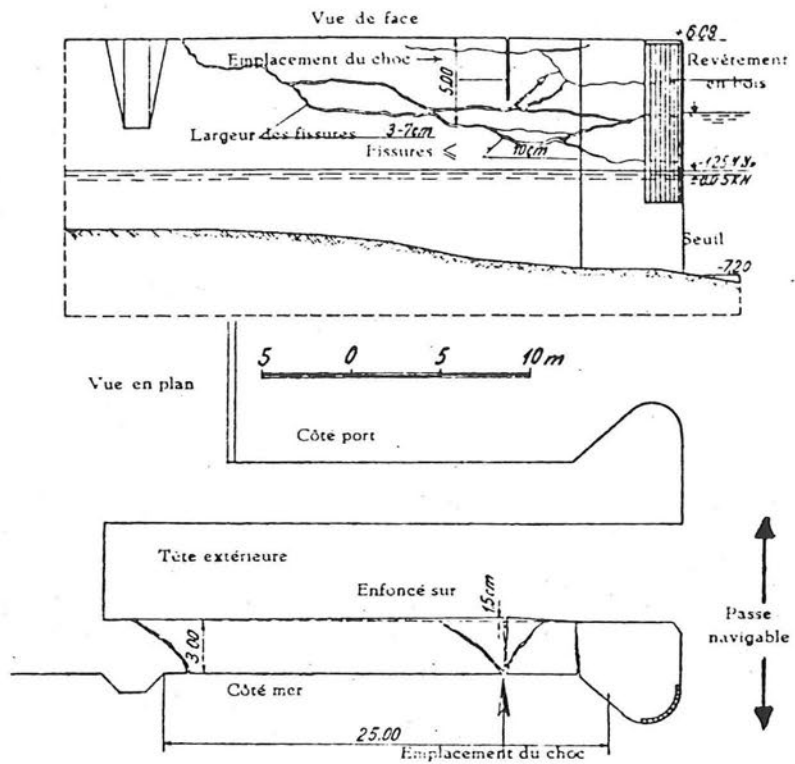


FIG 34 . BREMEN OSLEBSHAUSEN SLUIS

Schade na aanvaring afwaarts sluishoofd
(1948)

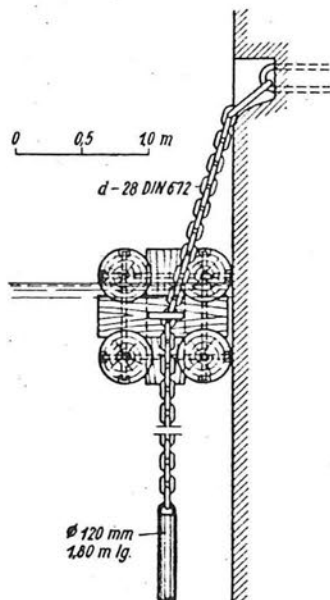


FIG 35 . BREMEN OSLEBSHAUSEN
DRIJFRAAM AANLEGSTEIGER

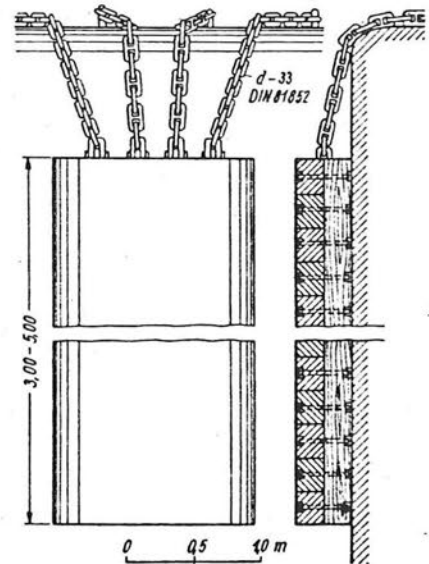


FIG 36 . BREMEN OSLEBSHAUSEN
HANGENDE WANDBESCHERMING.

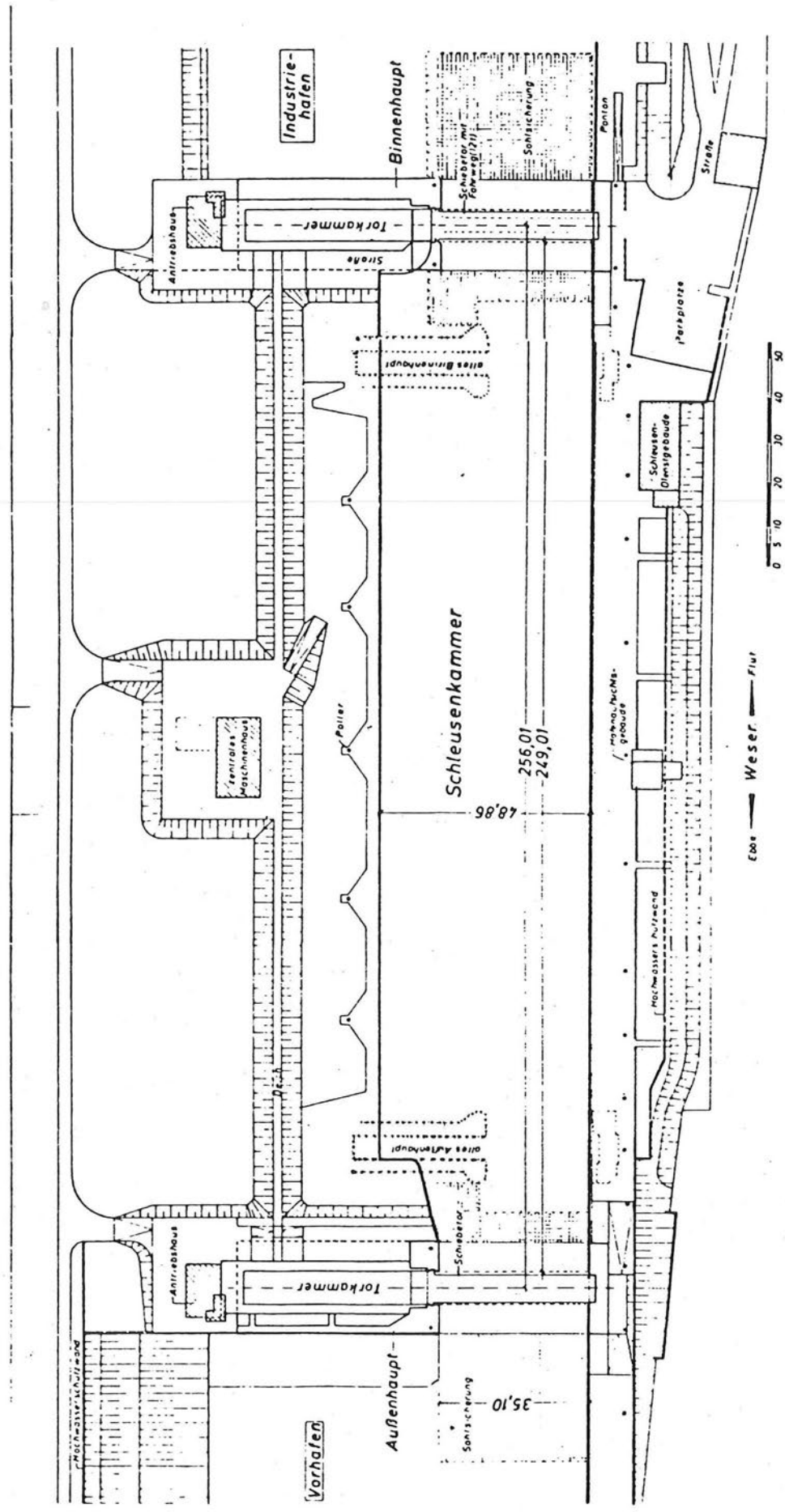


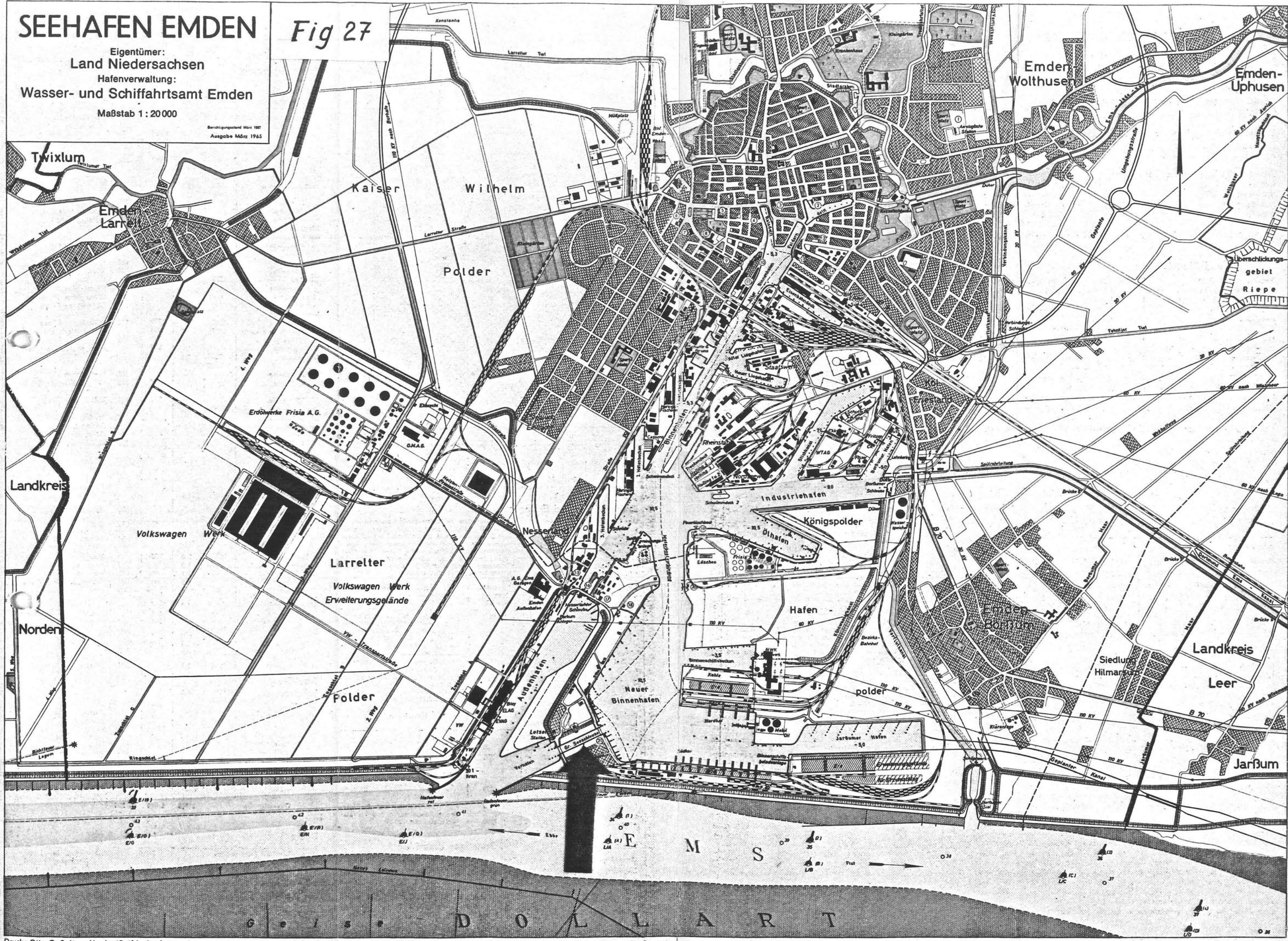
FIG 37. BREMEN
OSLEBSHAUSEN SLUIS
planzicht.

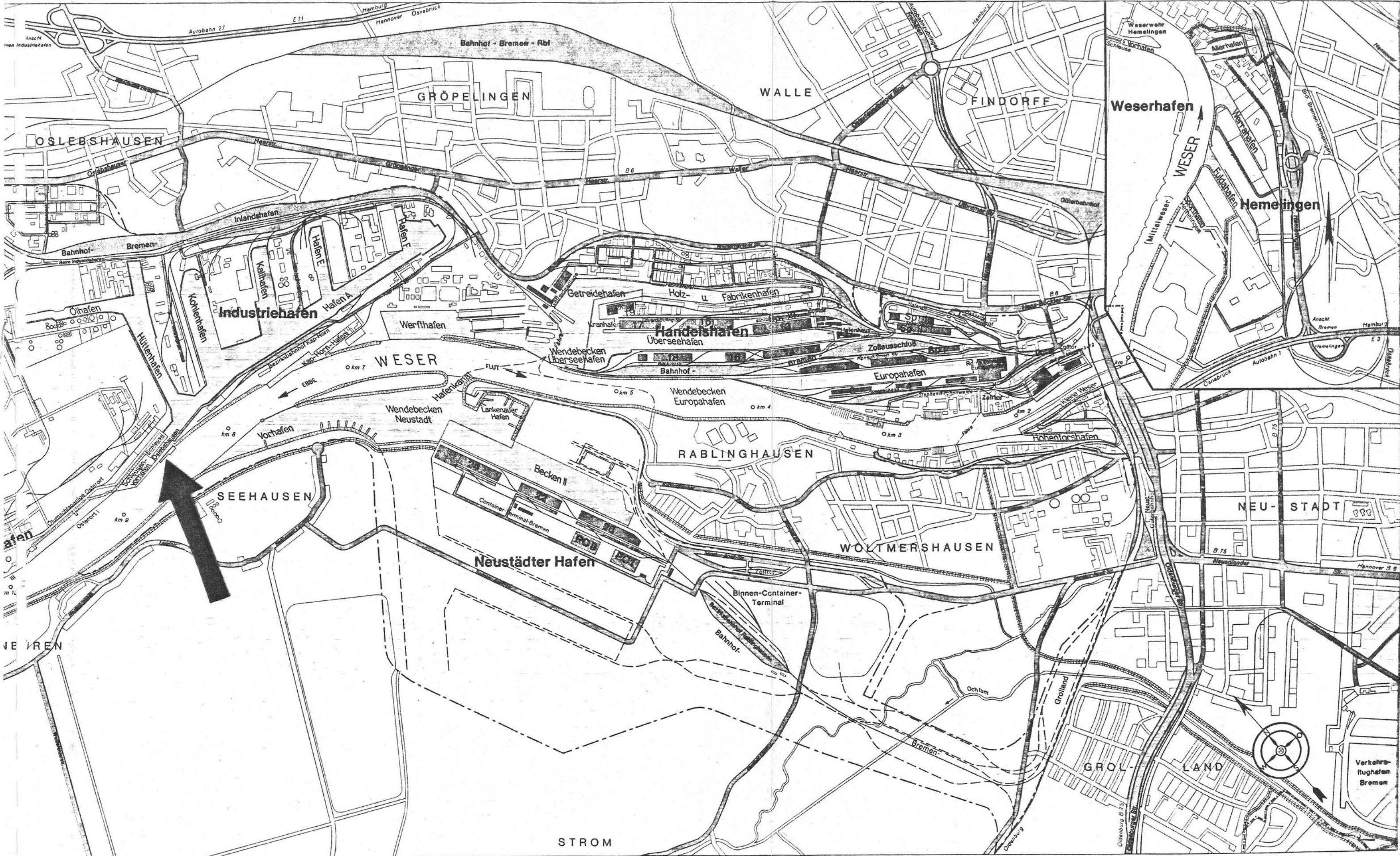
SEEHAFEN EMDEN

Fig 27

Eigentümer:
Land Niedersachsen
Hafenverwaltung:
Wasser- und Schiffsamt Emden
Maßstab 1 : 20 000

Berichtungsstand März 1957
Ausgabe März 1965





was. } + 4,50 m NN

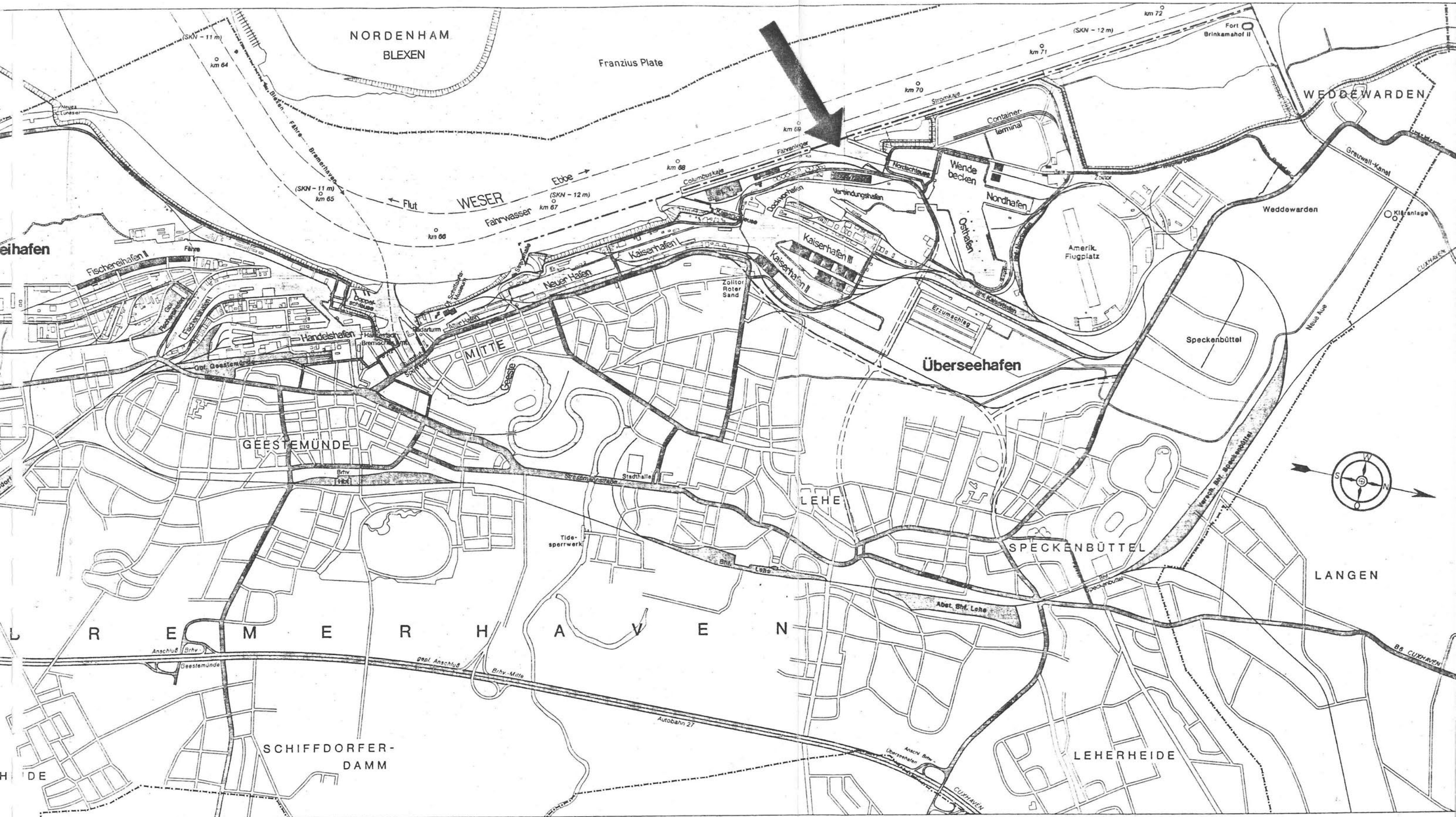
- Landesgrenze Bremen - Niedersachsen
- Freihafengrenze
- geplante Anlagen

- STROM
- Hafengewässer
 - Sonstige Gewässer
 - Haf-, Industrieflächen

- Hauptzufahrtsstraßen
- Eisenbahnanlagen
- Gebäude für Hafenbetrieb

Freie Hansestadt Bremen
HAFENANLAGEN IN BREMEN
 Stand 1977

Fig 33



N) liegt 1,95 m unter NN
 + 1,70 m = SKN + 3,65 m (1966/75)
 - 34 m = SKN + 0,11 m (1966/75)
 + 1,05 m = SKN + 3,00 m
 + 1,30 m = SKN + 3,25 m

- Landesgrenze Bremen-Niedersachsen
- Grenze des Stadtbremischen Überseehafengebietes Bremerhaven
- Freihafengrenze
- Landesschutzdeich
- geplante Anlagen

- Hafengewässer
- sonstige Gewässer
- Wattgebiet
- Hafen-, Industrieflächen
- Hauptzufahrtsstraßen
- Eisenbahnanlagen
- Gebäude für Hafenbetrieb



Freie Hansestadt Bremen

HAFENANLAGEN IN BREMERHAVEN

Stand 1977

Fig 38

3.000m

FIG 39 . BREMERHAVEN
NORDSCHLEUSE
INPLANTING
(voor vergroting
der dokken).

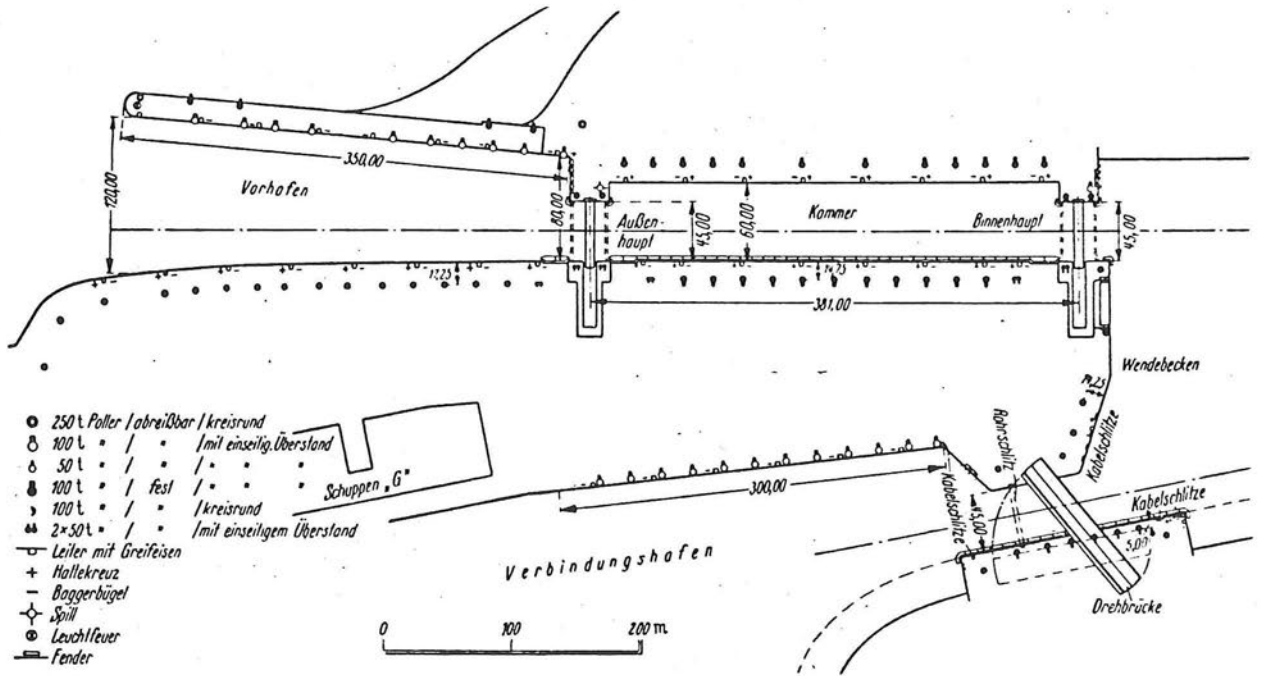
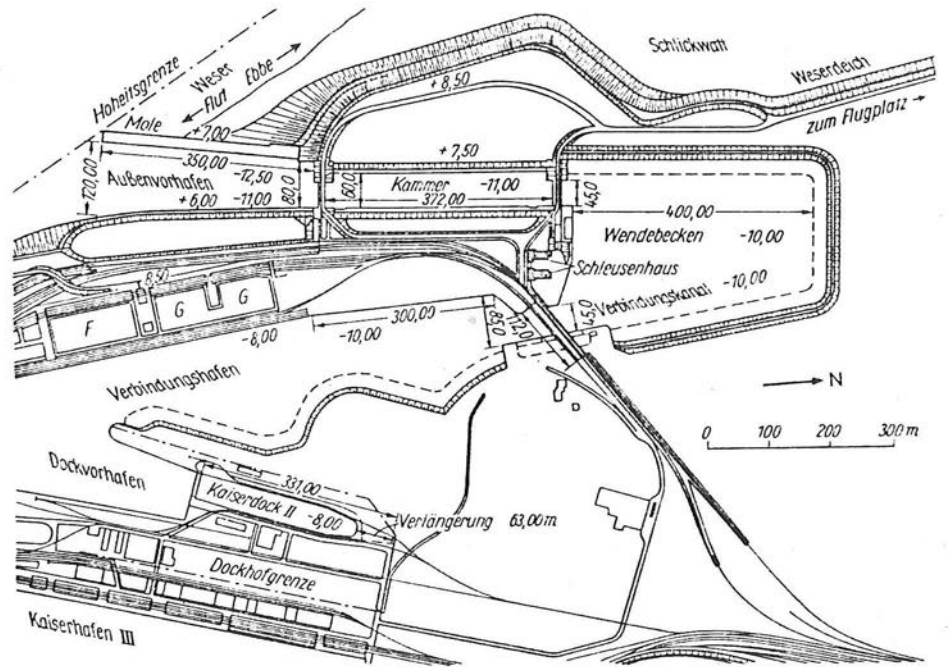
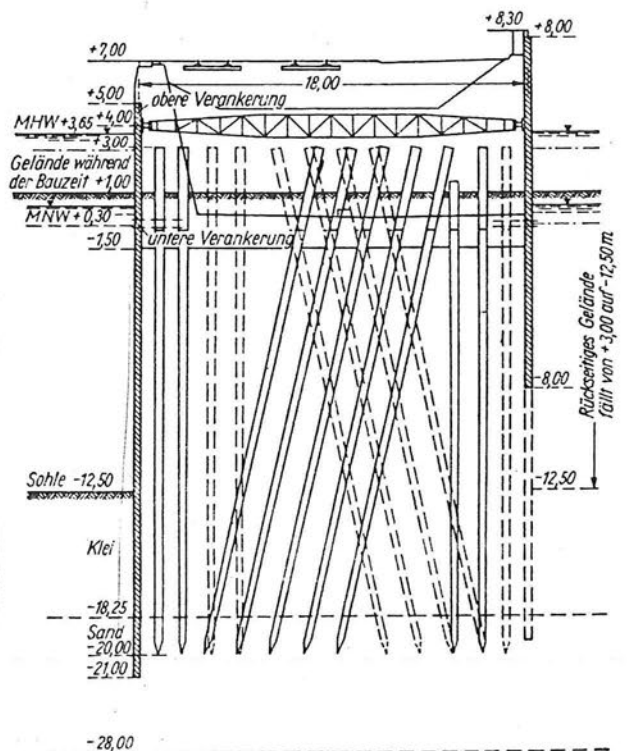


FIG 40 . BREMERHAVEN NORDSCHLEUSE
OVERZICHT (met de voorzieningen)

FIG 41 . BREMERHAVEN
NORDSCHLEUSE
PIER doorsnede



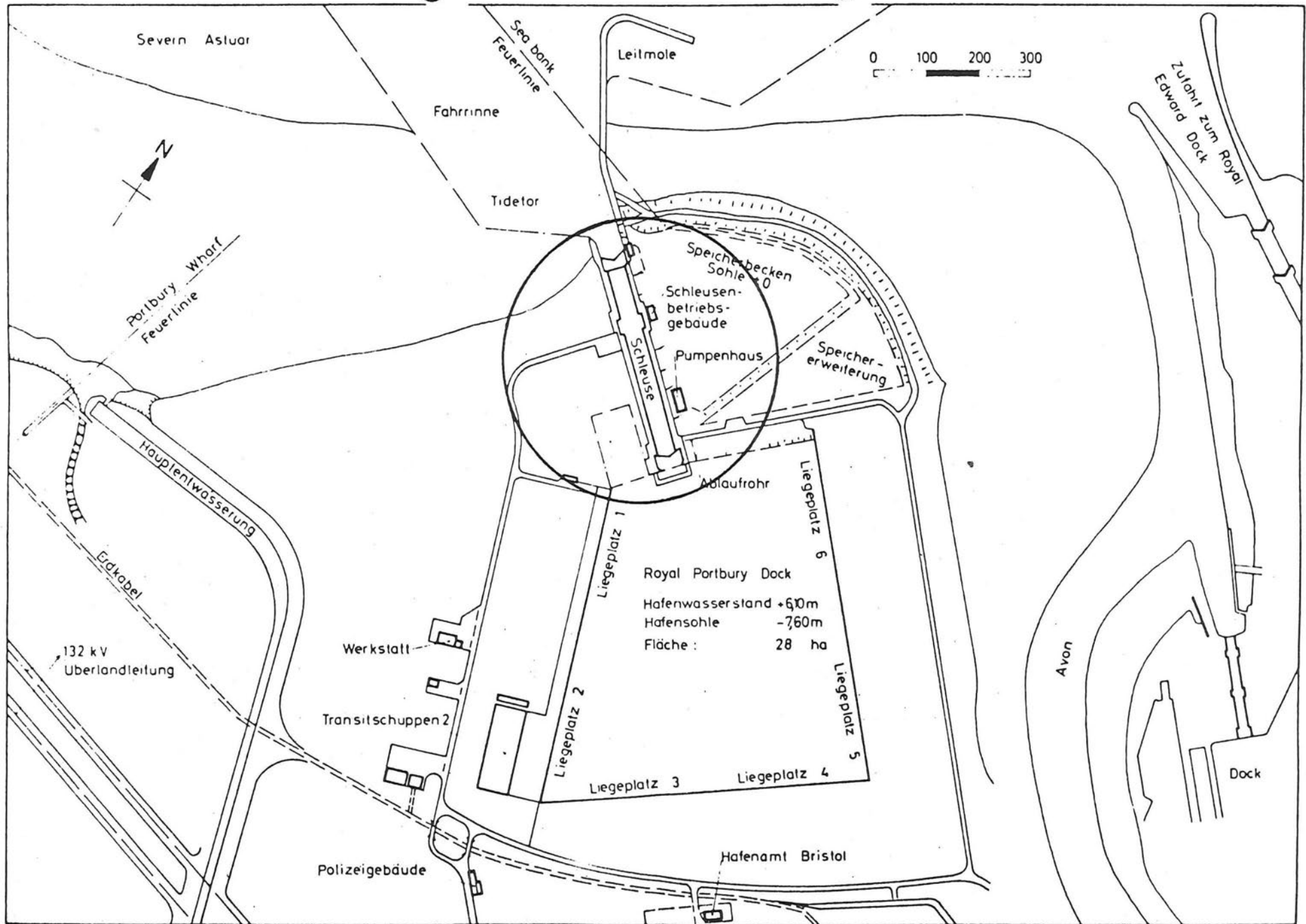


FIG 42

LOCK AT THE ROYAL PORTBURY DOCK IN BRISTOL

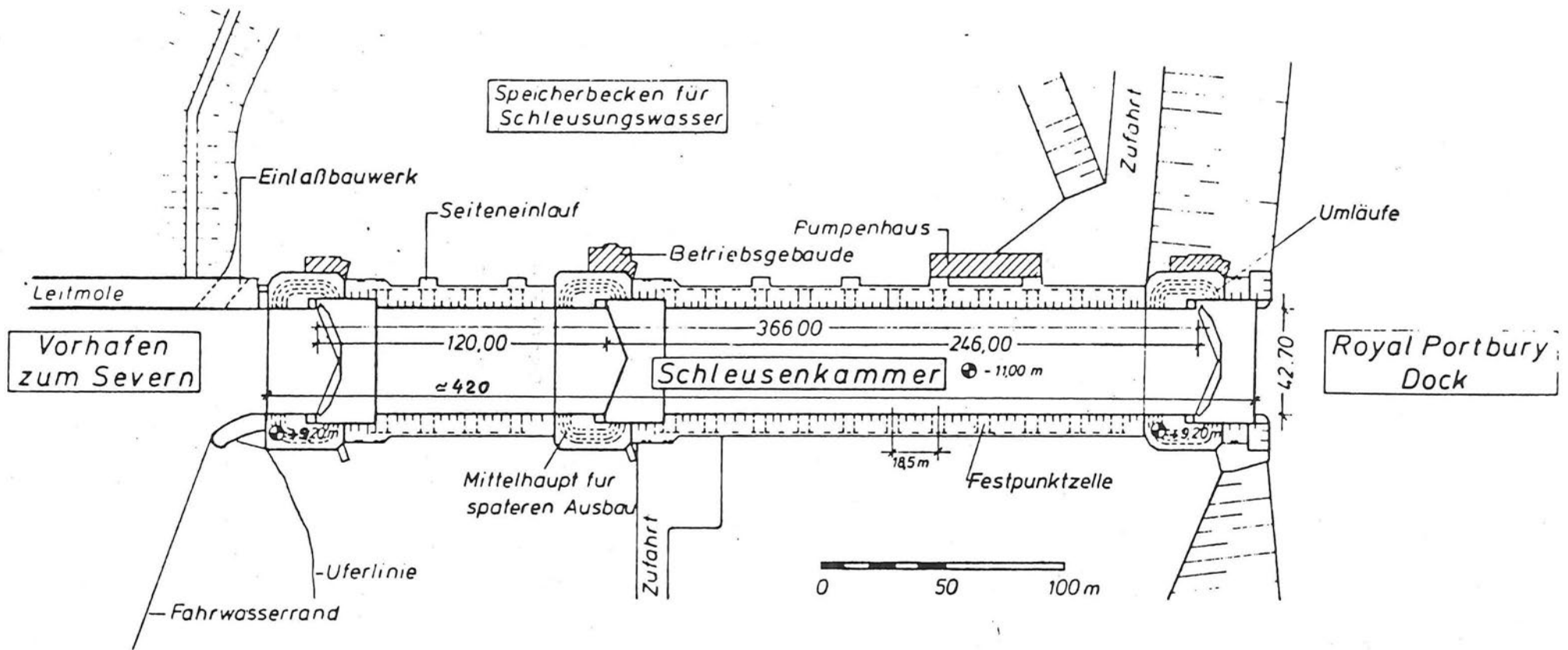


FIG 43 . LOCK AT THE ROYAL PORTBURY DOCK IN BRISTOL

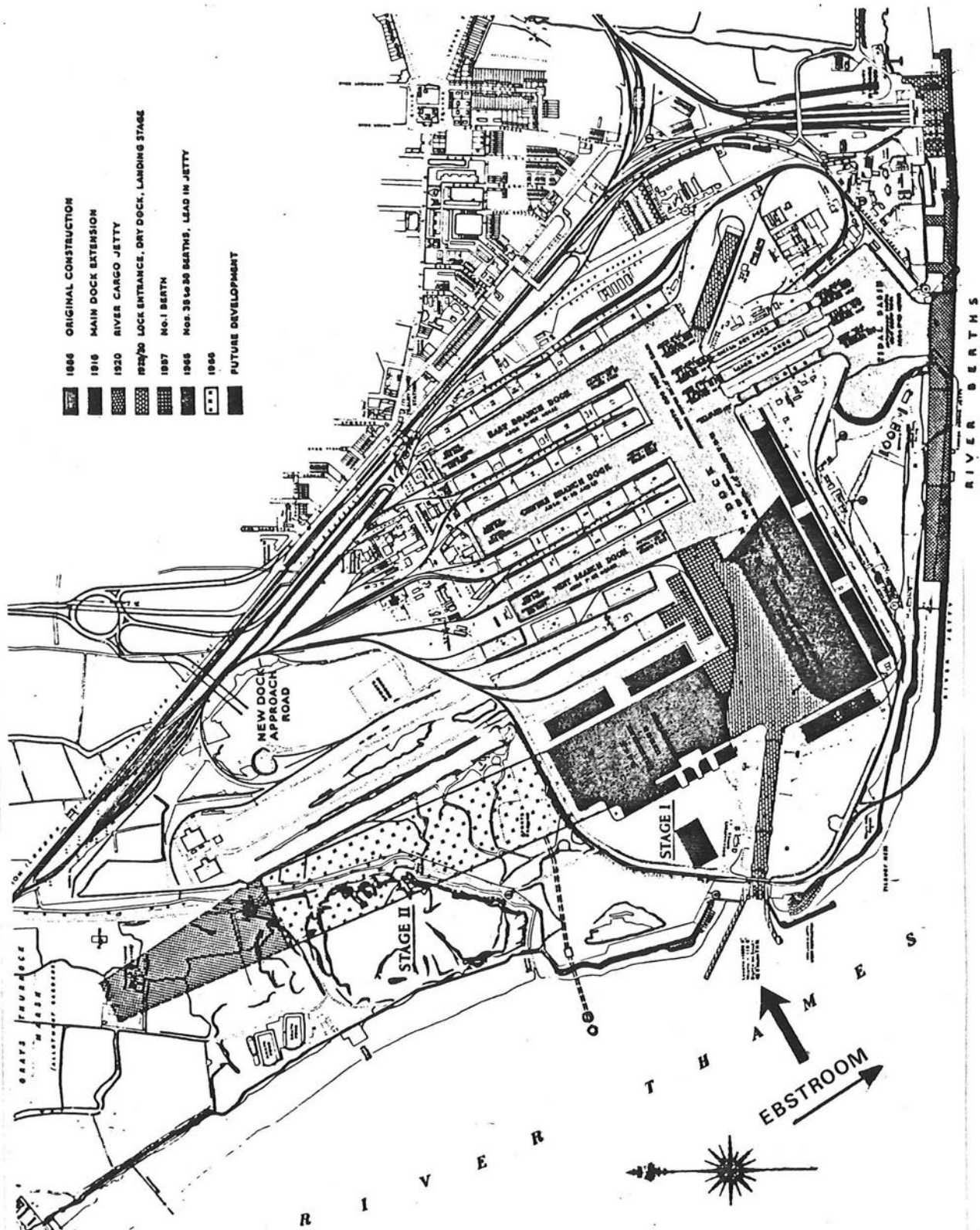


FIG 43a LONDEN TILBURY DOCKS

overzicht

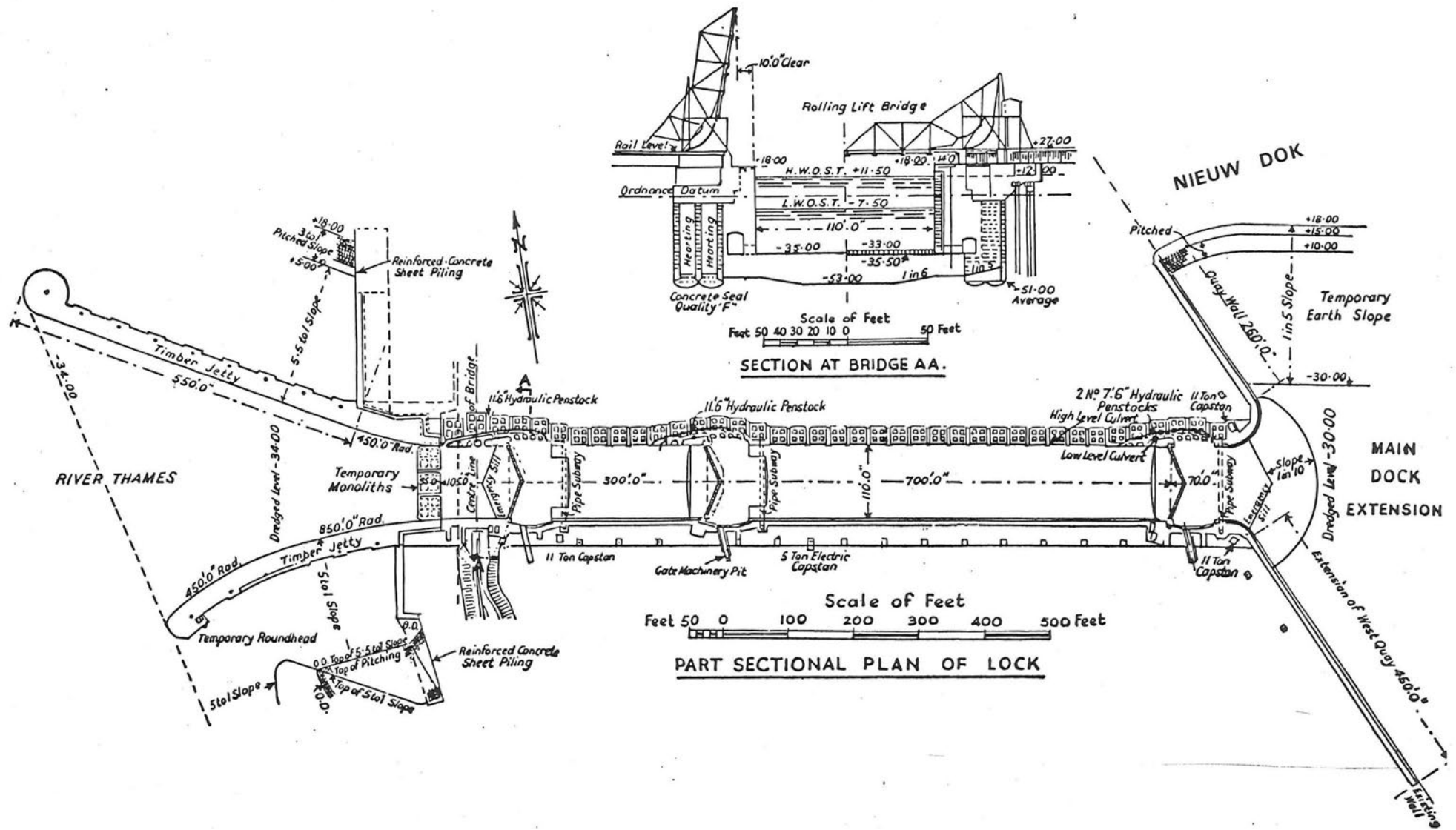


FIG 43b LONDEN TILBURY SLUIS

met oude toestand der afwaartse pieren

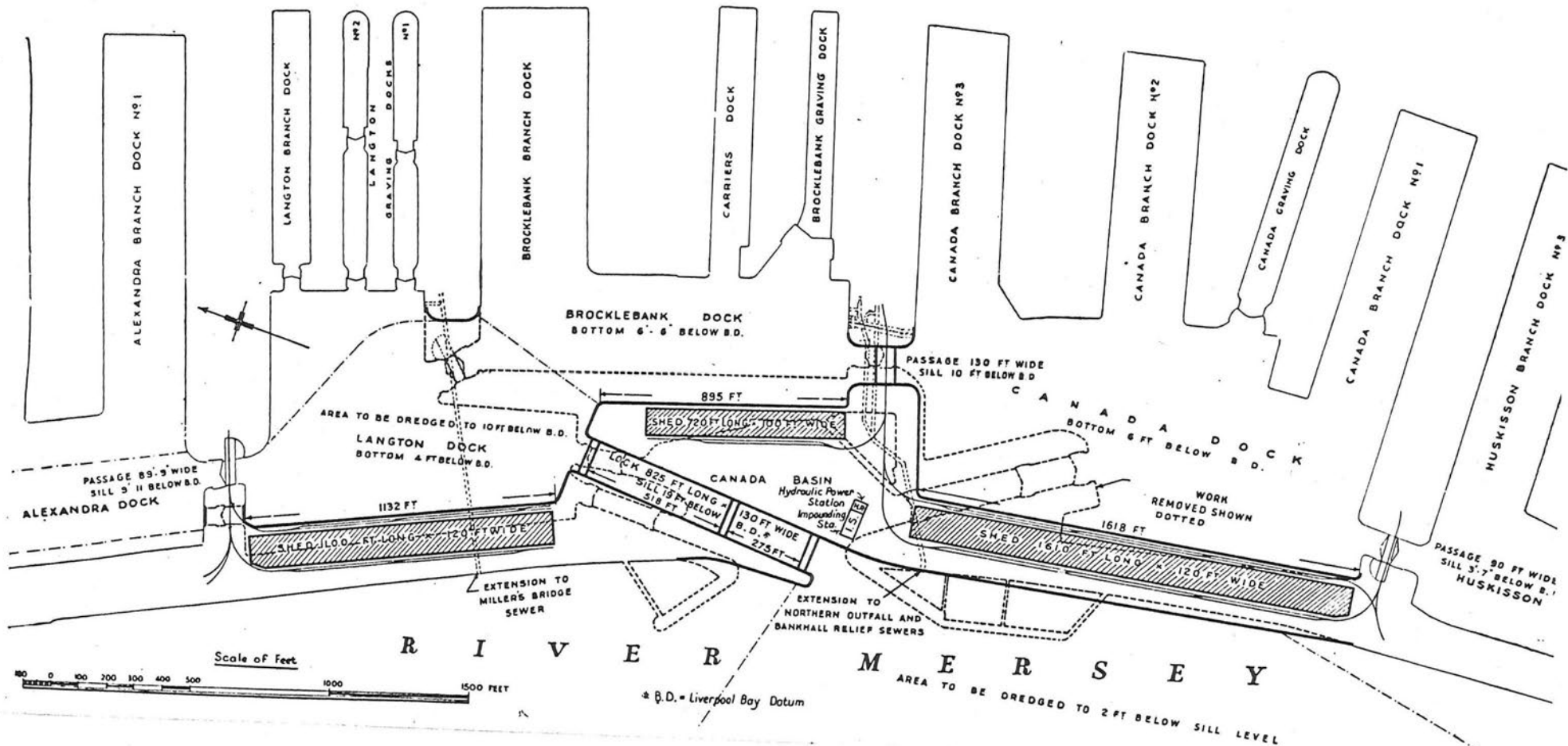


FIG 43d LIVERPOOL - LANGTON - CANADA SLUIS
 overzicht
 (in stippellijn de oude toestand)

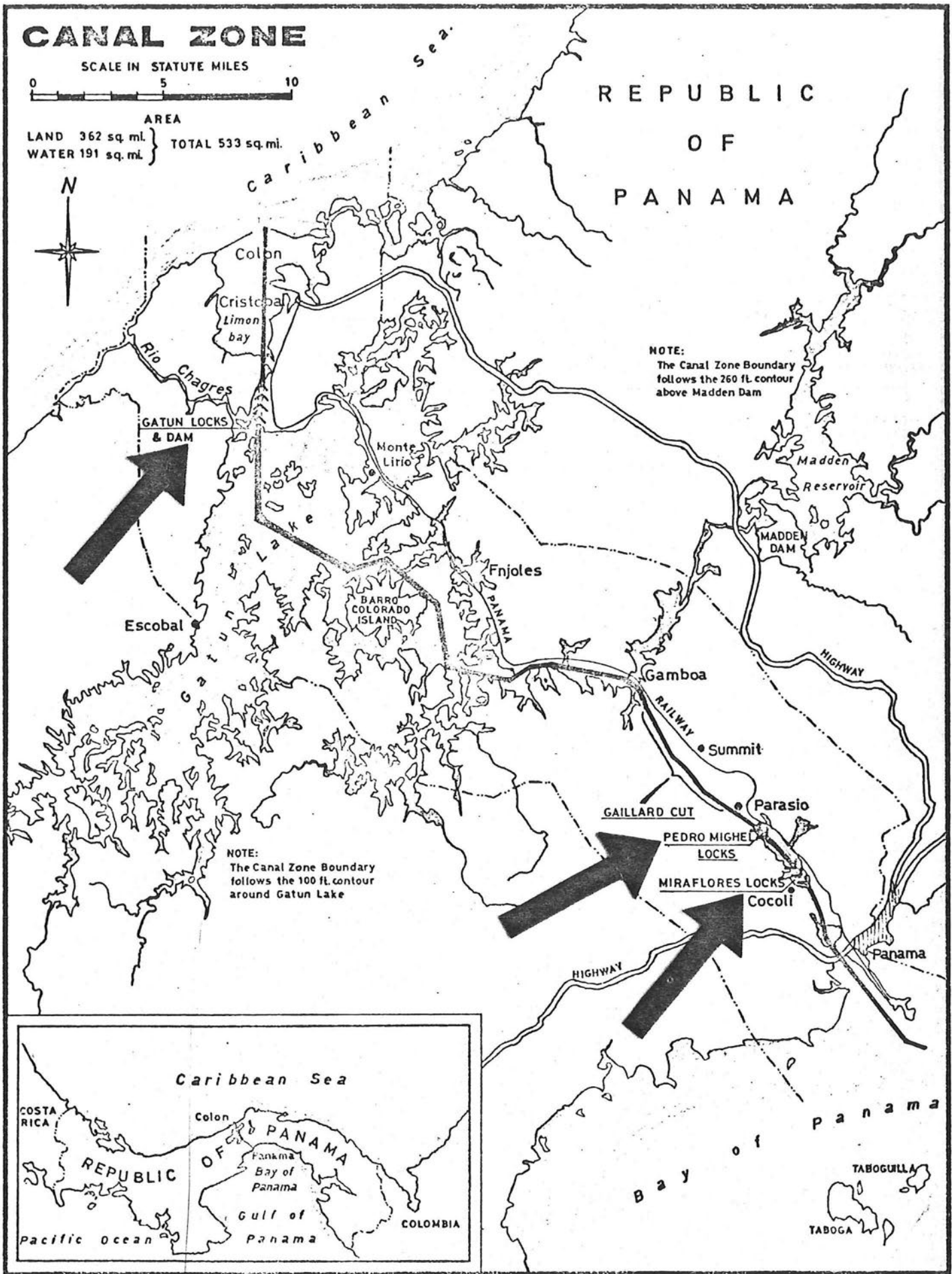


FIG 44. PANAMAKANAAL
OVERZICHT

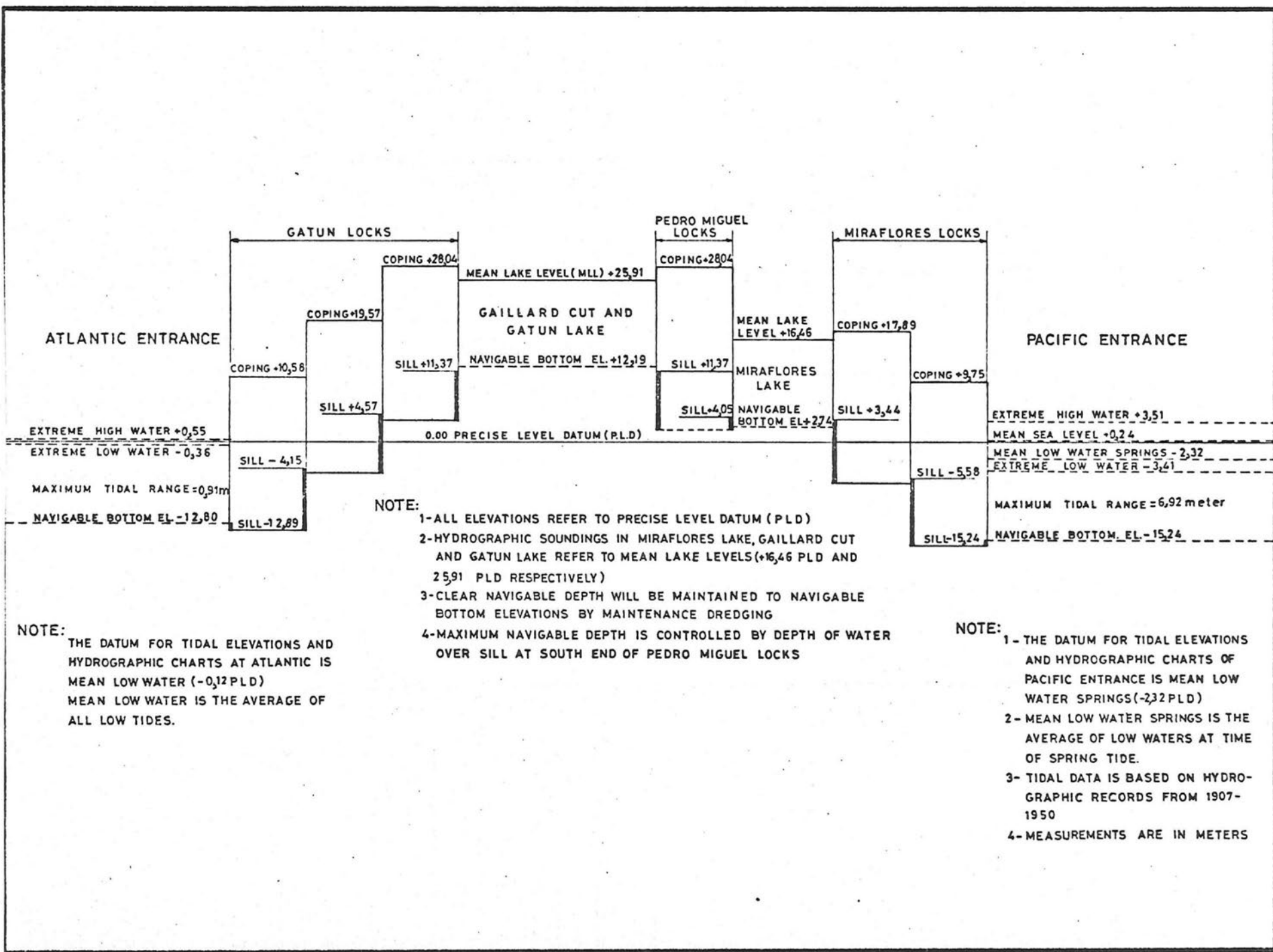


FIG 45 • PANAMAKANAL
 WAFERSTANDEN

NOTE:
 THE DATUM FOR TIDAL ELEVATIONS AND HYDROGRAPHIC CHARTS AT ATLANTIC IS MEAN LOW WATER (-0,12 PLD) MEAN LOW WATER IS THE AVERAGE OF ALL LOW TIDES.

NOTE:
 1- ALL ELEVATIONS REFER TO PRECISE LEVEL DATUM (PLD)
 2- HYDROGRAPHIC SOUNDINGS IN MIRAFLORES LAKE, GAILLARD CUT AND GATUN LAKE REFER TO MEAN LAKE LEVELS (+16,46 PLD AND 25,91 PLD RESPECTIVELY)
 3- CLEAR NAVIGABLE DEPTH WILL BE MAINTAINED TO NAVIGABLE BOTTOM ELEVATIONS BY MAINTENANCE DREDGING
 4- MAXIMUM NAVIGABLE DEPTH IS CONTROLLED BY DEPTH OF WATER OVER SILL AT SOUTH END OF PEDRO MIGUEL LOCKS

NOTE:
 1- THE DATUM FOR TIDAL ELEVATIONS AND HYDROGRAPHIC CHARTS OF PACIFIC ENTRANCE IS MEAN LOW WATER SPRINGS (-2,32 PLD)
 2- MEAN LOW WATER SPRINGS IS THE AVERAGE OF LOW WATERS AT TIME OF SPRING TIDE.
 3- TIDAL DATA IS BASED ON HYDROGRAPHIC RECORDS FROM 1907-1950
 4- MEASUREMENTS ARE IN METERS

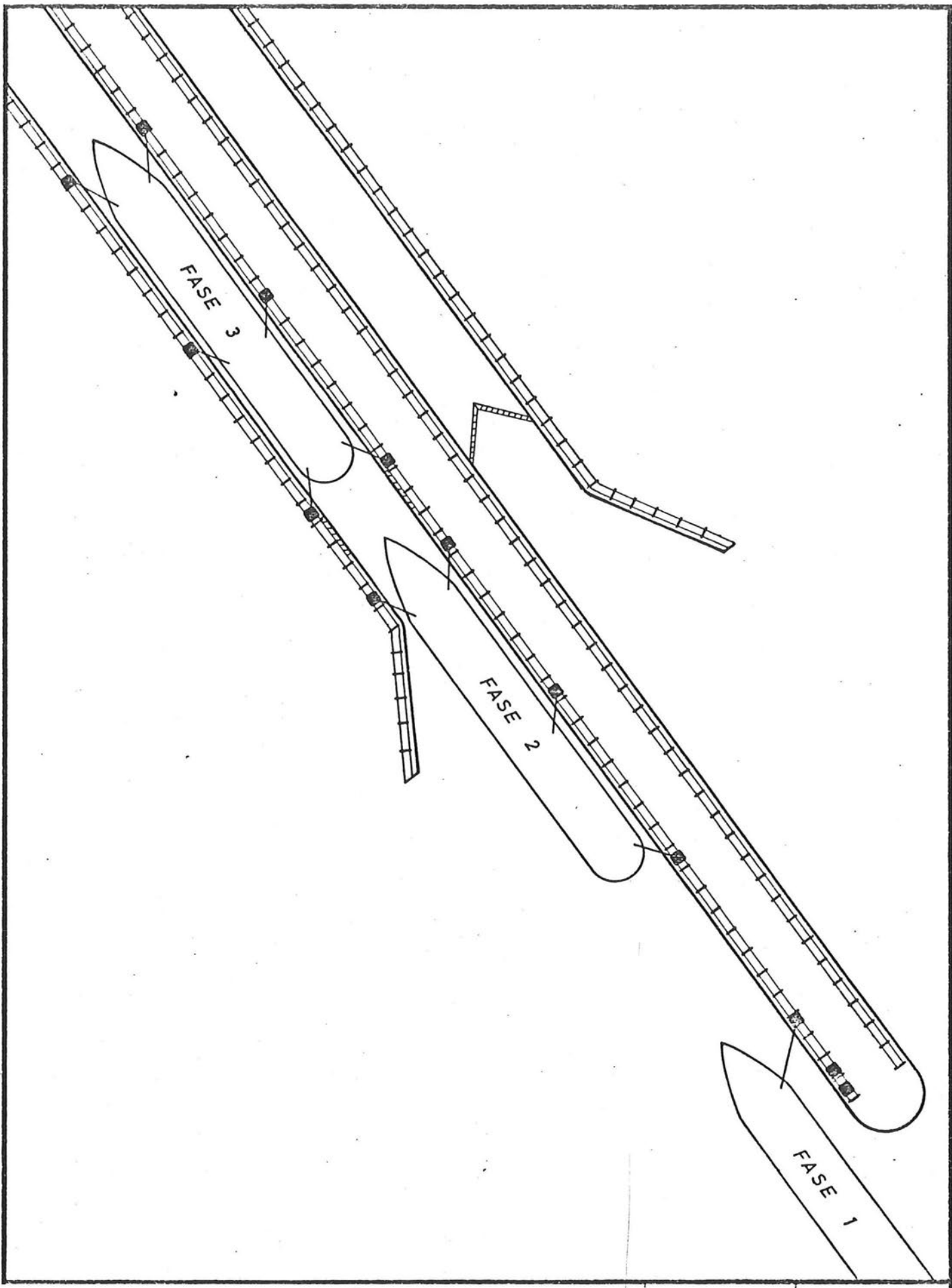


FIG 46. PANAMAKANAAL
SCHEMA SLUISINVAART

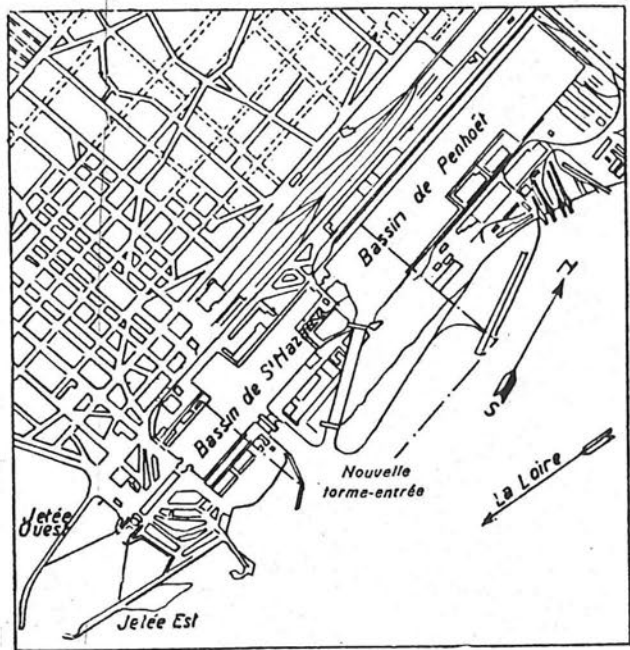


FIG 47 . St NAZAIRE OVERZICHT

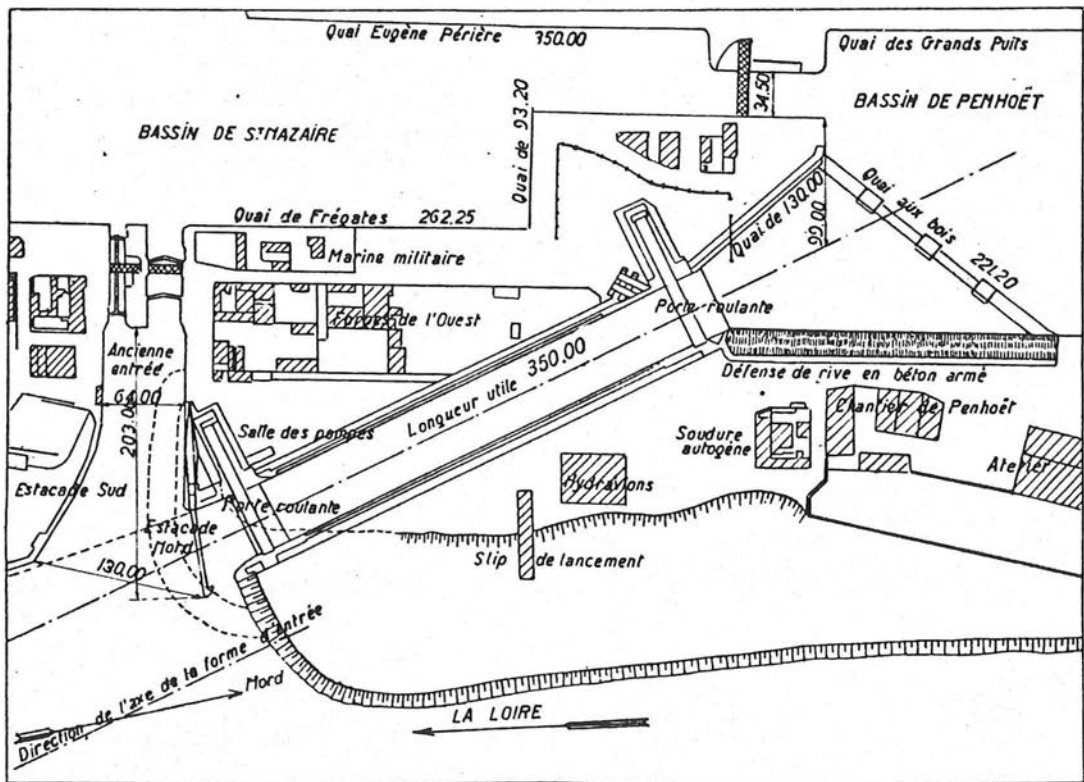


FIG 48 . St NAZAIRE SLUIS planzicht

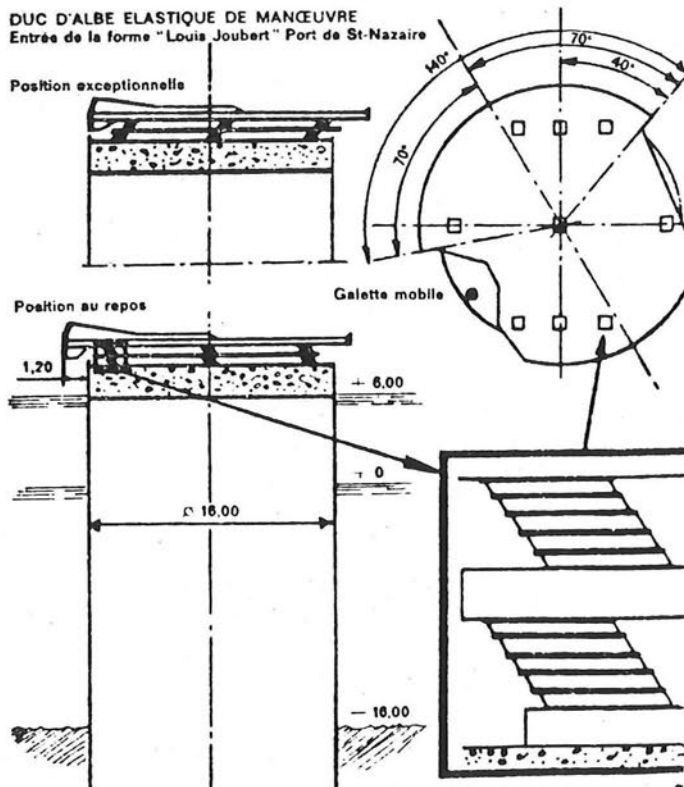
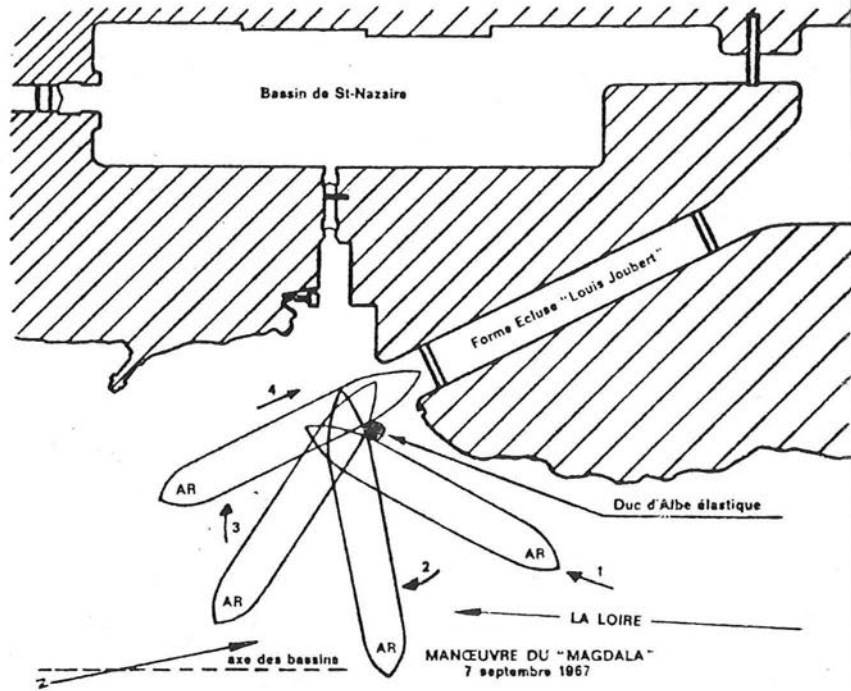
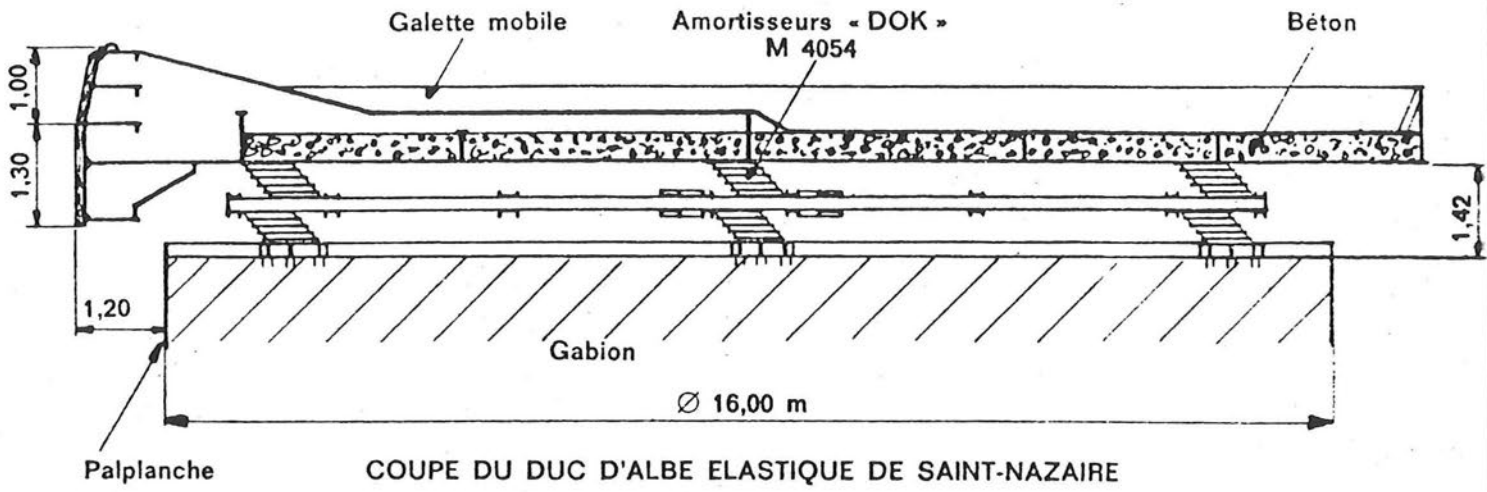
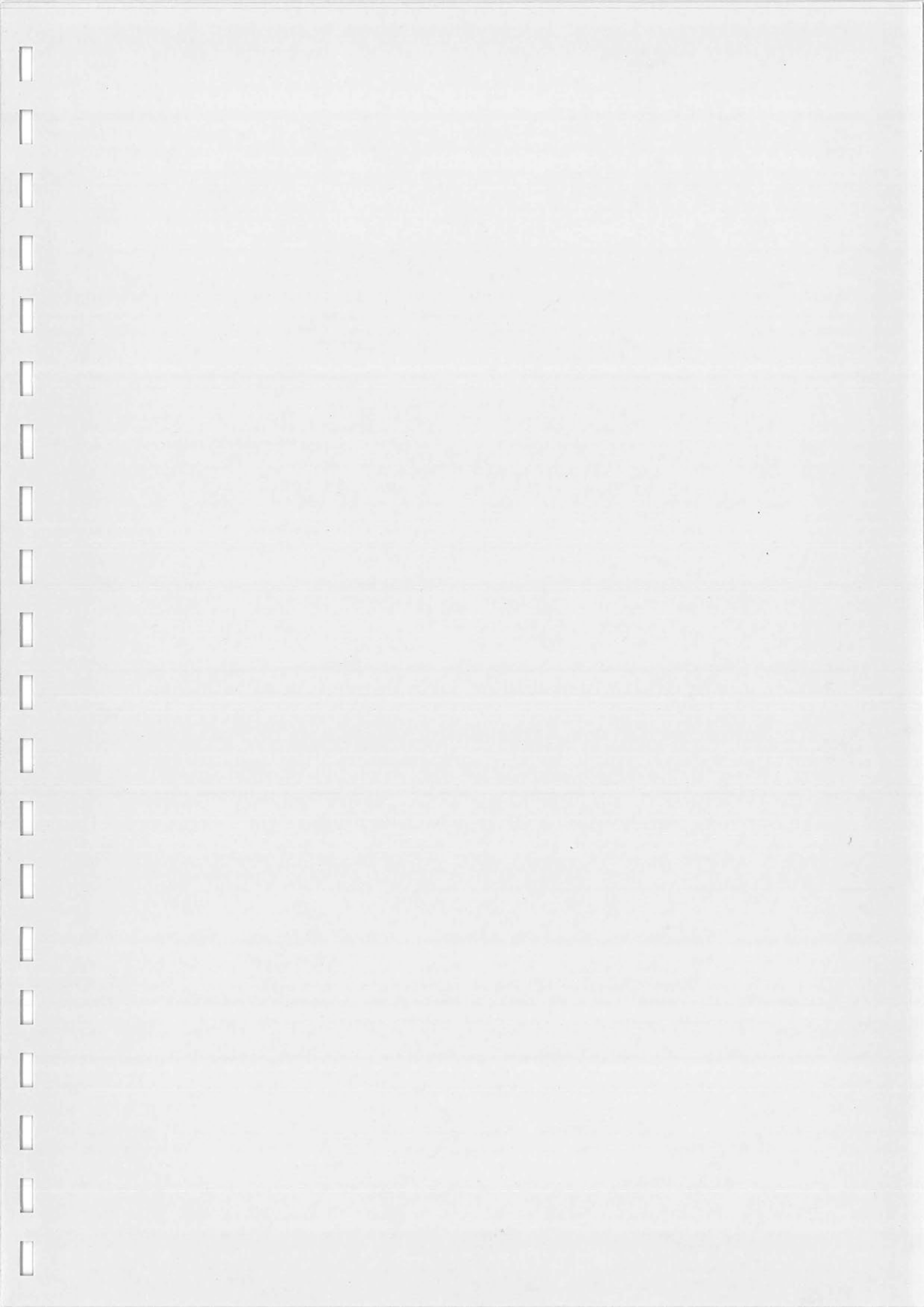


FIG 49 . St NAZAIRE
MANŒUVREERDUKDALF

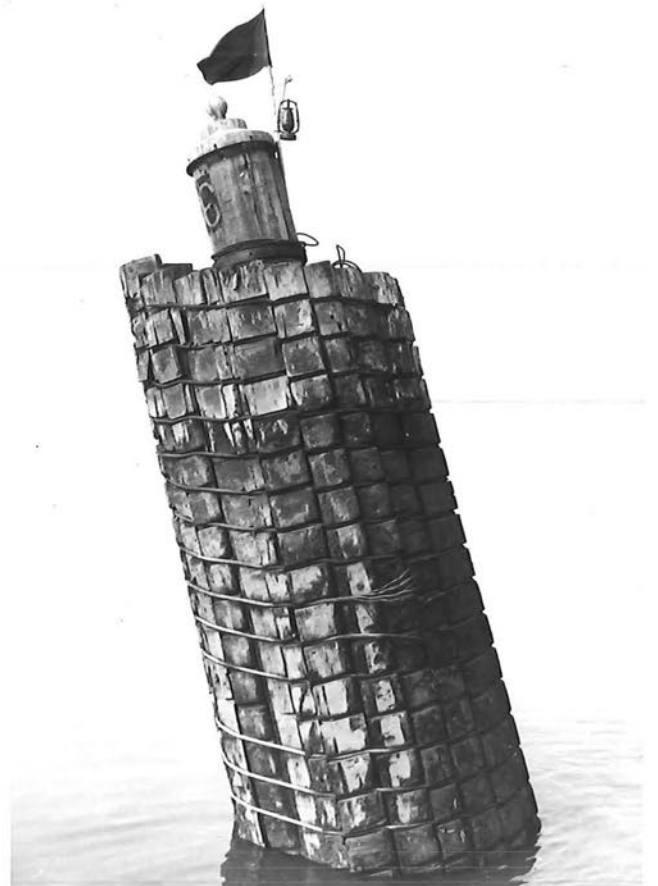


DEEL III: FOTO'S

1. Van Cauwelaertsluis en
Boudewijnsluis: overzicht (1955)



2. Van Cauwelaertsluis: toegangsegeul Scheldezijde
- noordkant

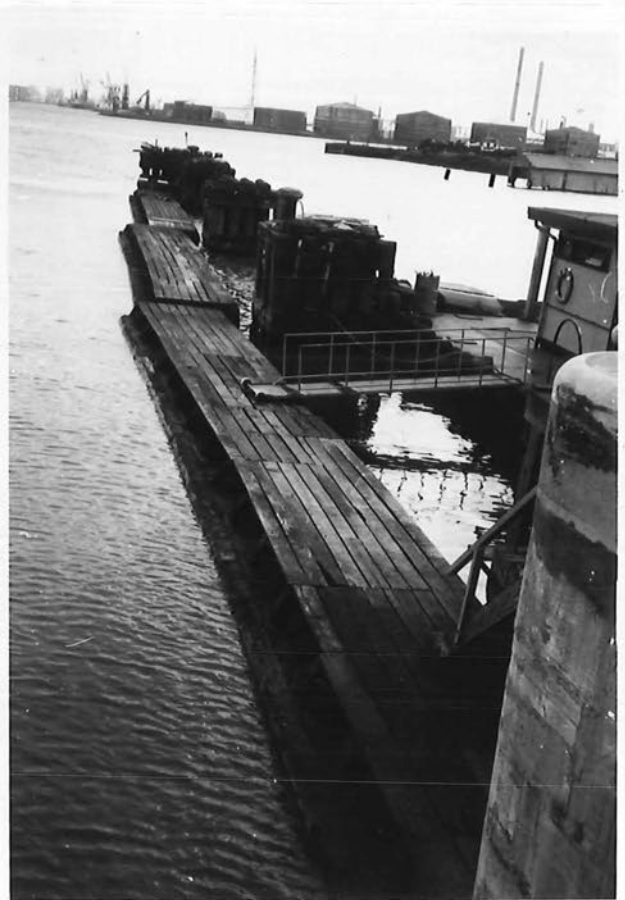


3. Van Cauwelaertsluis:
toegangsegeul Scheldezijde (1955)

4. Van Cauwelaertsluis:
geleidewerk Scheldezijde



6. Van Cauwelaertsluis: geleidewerk dokzijde
- zuidkant



5. Van Cauwelaertsluis: geleidewerk dokzijde - noordkant



7. Boudewijnsluuis: sluisoegang Scheldezijde - noordkant



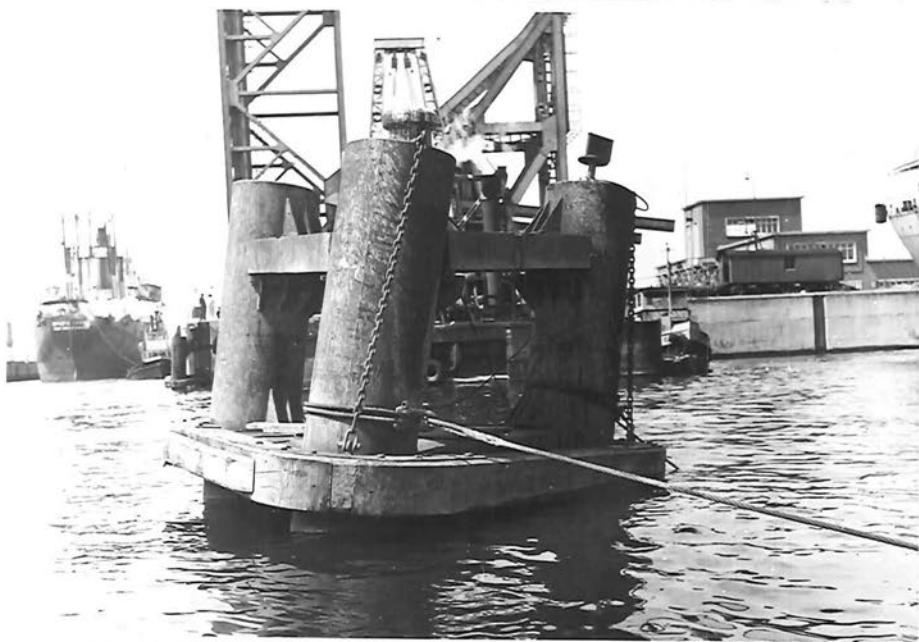
9. Boudewijnsluuis: sluisoegang Scheldezijde



8. Boudewijnsluuis: sluisoegang Scheldezijde - noordkant (1964)



10. Boudewijnsluuis: sluisoegang Scheldezijde - noordkant (1959)



11. Boudewijnslus: sluistoegang dokzijde (1959)



13. Zandvlietslus: overzicht (1967)



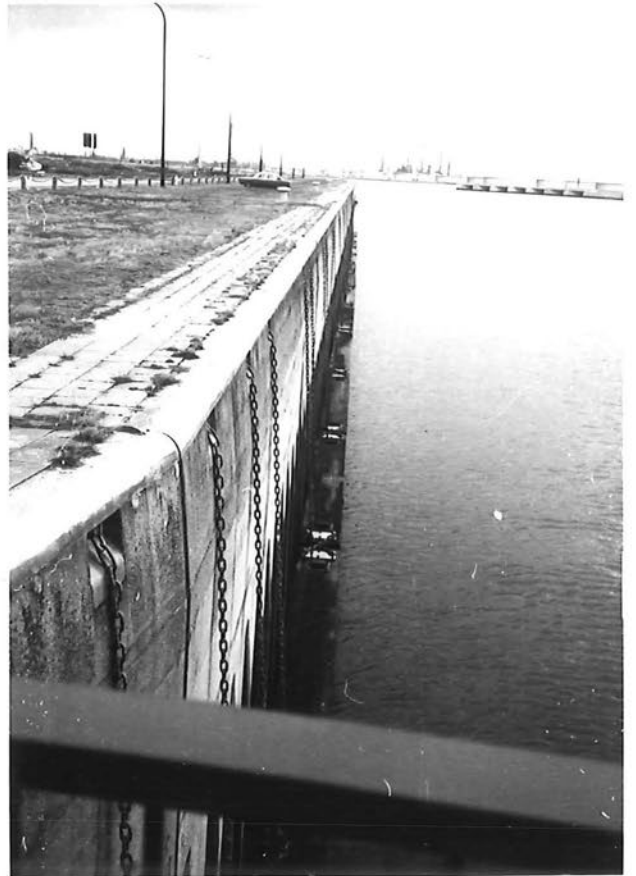
12. Boudewijnslus: sluistoegang dokzijde (1959)



14. Zandvlietslus: toegangseul Scheldezijde - zuidkant



17. Zandvlietsluis: sluistoegang dokzijde



18. Kallosluis: toegangsgedul Scheldezijde
- noordkant



15. Zandvlietsluis: toegangsgedul Scheldezijde - noordkant



16. Zandvlietsluis: sluistoegang dokzijde



19. Kallosluis: toegangseul Scheldezijde



21. Kallosluis: sluistoegang dokzijde - zuidkant



20. Kallosluis: toegangseul Scheldezijde - zuidkant



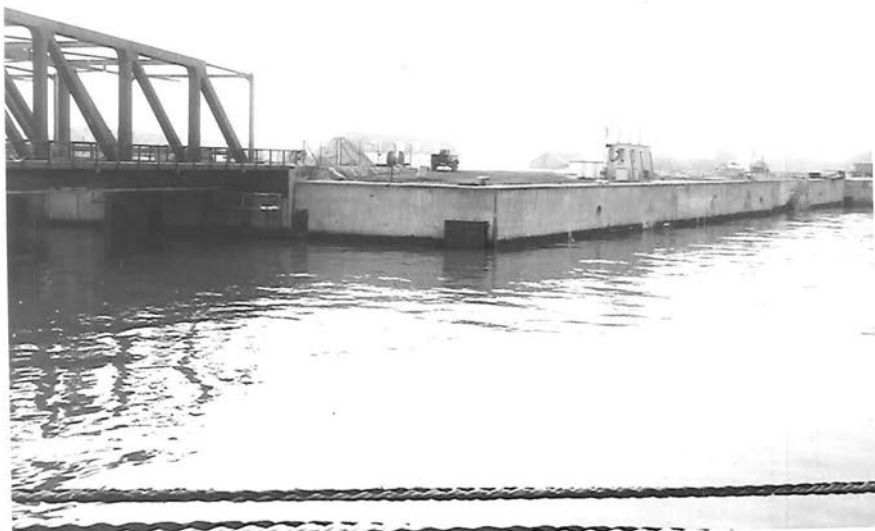
22. Kallosluis: sluistoegang dokzijde



23. Zeesluis Zeebrugge: toegangseul zeezijde - oostkant (1980)



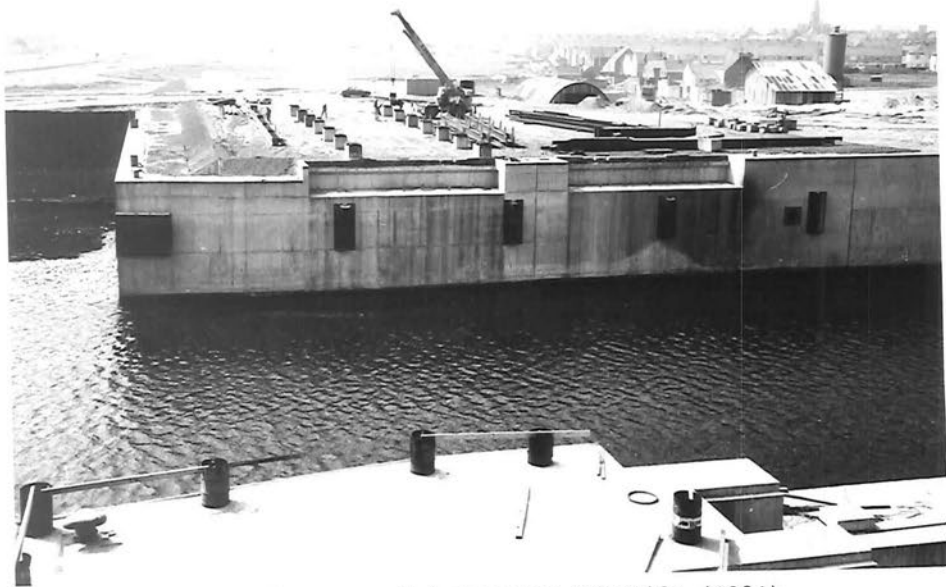
25. Zeesluis Zeebrugge: sluisoegang dokzijde - westkant



24. Zeesluis Zeebrugge: sluisoegang zeezijde - westkant



26. Zeesluis Zeebrugge: sluisoegang dokzijde
- oostkant



27. Zeesluis Zeebrugge: sluistoegang dokzijde (1981)



29. Watiersluis: zee kant met pier en sluishoek



28. Watiersluis: zee kant met pier en sluishoek



30. Watiersluis: sluishoek dokkant



33. Charles de Gaullesluis: pier aan zeezijde



34. Charles de Gaullesluis:
pier aan zeezijde: fenders



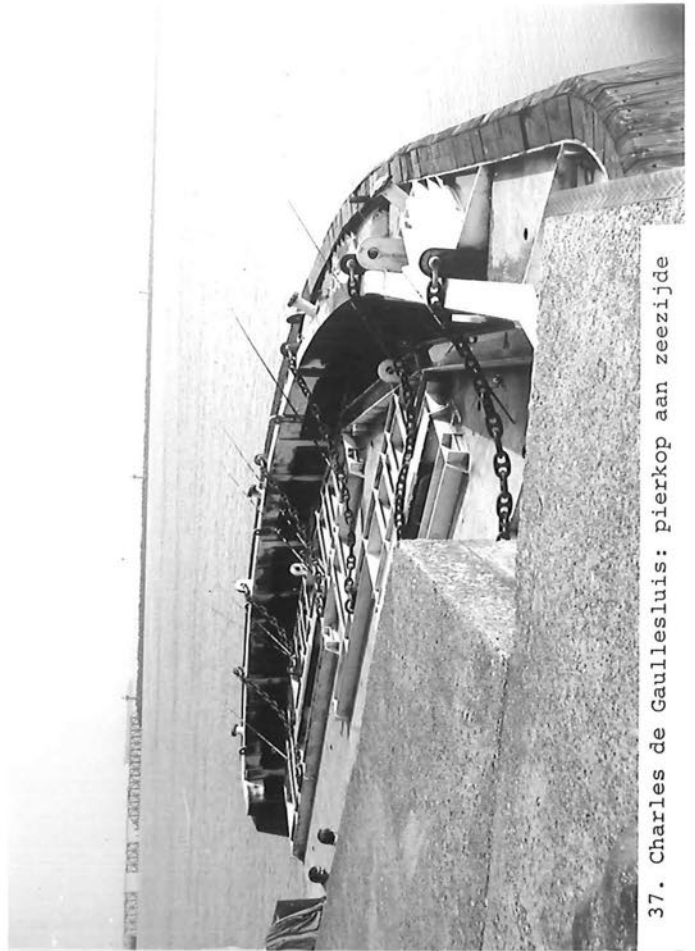
31. Watiersluis: sas



32. Charles de Gaullesluis: pier en pieraanzet aan zeezijde



35. Charles de Gaullesluis: sluishoek dokzijde - noordkant



37. Charles de Gaullesluis: pierkop aan zeezijde



36. Charles de Gaullesluis: sluishoek dokzijde - noordkant



38. Charles de Gaullesluis: pierkop aan zeezijde fenders



39. Charles de Gaullesluis: sluishoek zeezijde
- zuidkant



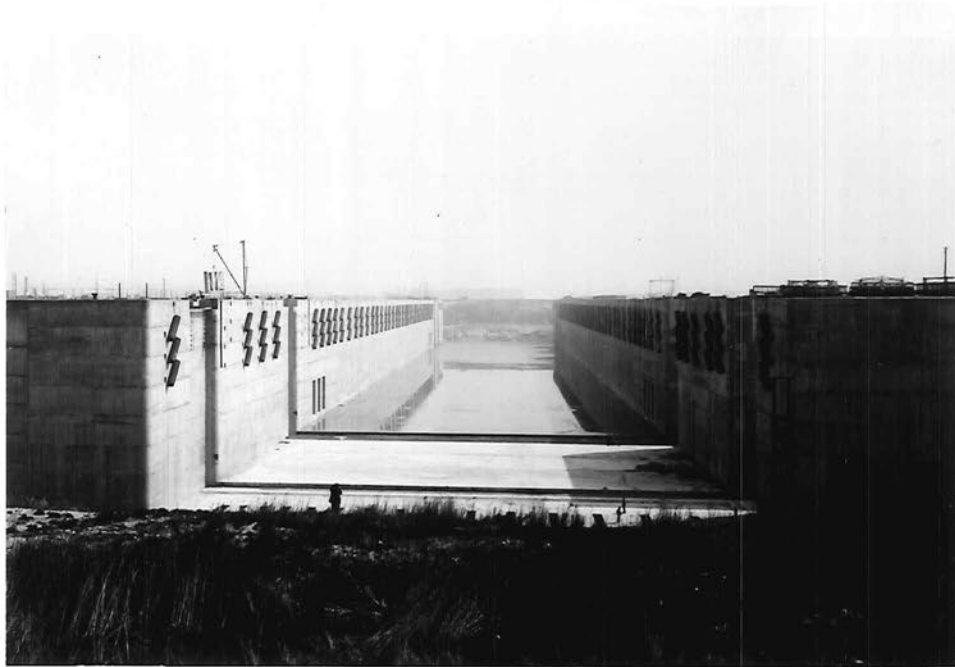
40. Charles de Gaullesluis: sluishoek zeezijde
- zuidkant



41. Le Havre. Sluis François I: toegang afwaarts



42. Le Havre. Sluis François I: toegang afwaarts



44A. Le Havre. Sluis François I: sas naar opwaarts (mei 1971)

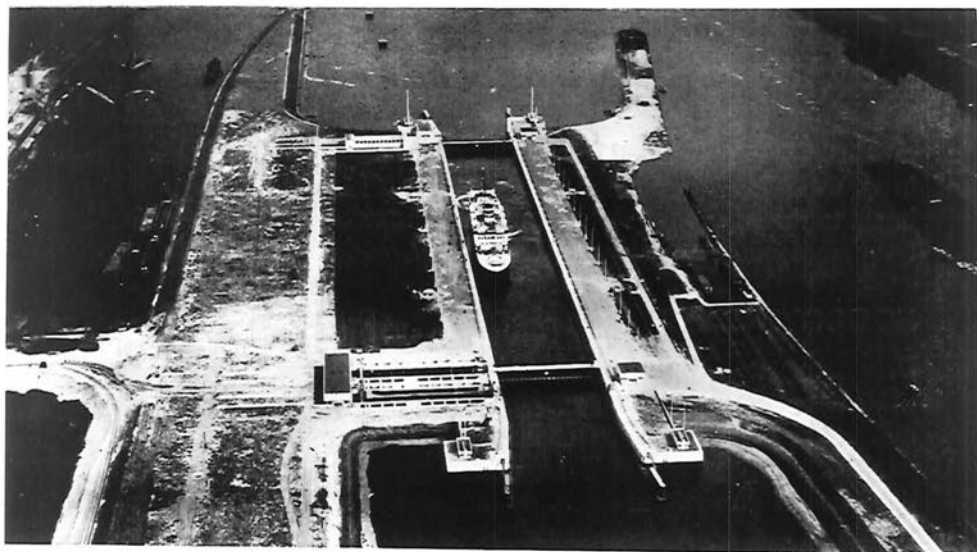


45. Le Havre. Sluis François I: sas naar afwaarts

43. Le Havre. Sluis François I: toegang opwaarts



44. Le Havre. Sluis François I: sas naar opwaarts



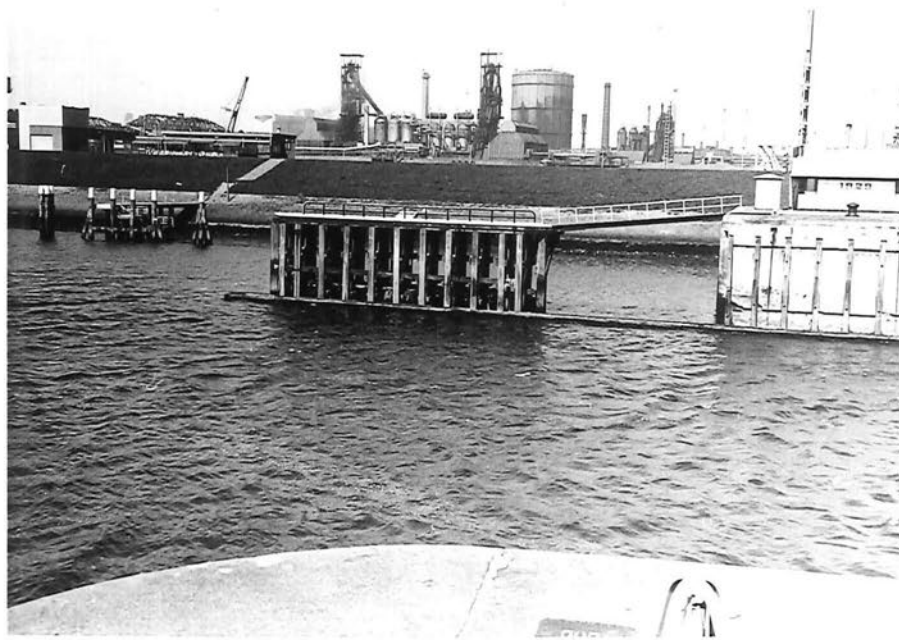
46. IJmuiden. Noordersluis: overzicht (1938)



48. IJmuiden. Noordersluis: buitentoeleidingskanaal en geleidewerk zuid



47. IJmuiden. Noordersluis: buitentoeleidingskanaal (1938)



49. IJmuiden. Noordersluis: afwaarts sluishoofd en geleidewerk noord



50. IJmuiden. Noordersluis: opwaarts sluishoofd en geleidewerk noord



51. IJmuiden. Noordersluis: binnentoeleidingskanaal en geleidewerk zuid



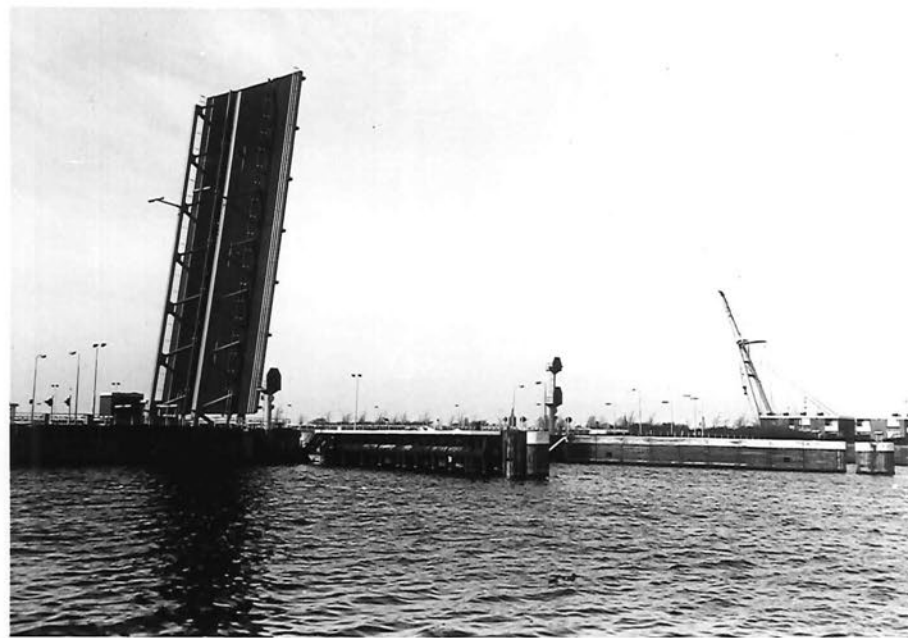
52. Terneuzen. Westsluis: overzicht



53. Terneuzen. Westsluis: buitentoeleidingskanaal



54. Terneuzen. Westsluis: toegang Scheldezijde met geleidewerken



55. Terneuzen. Westsluis: toegang kanaalzijde met geleidewerken



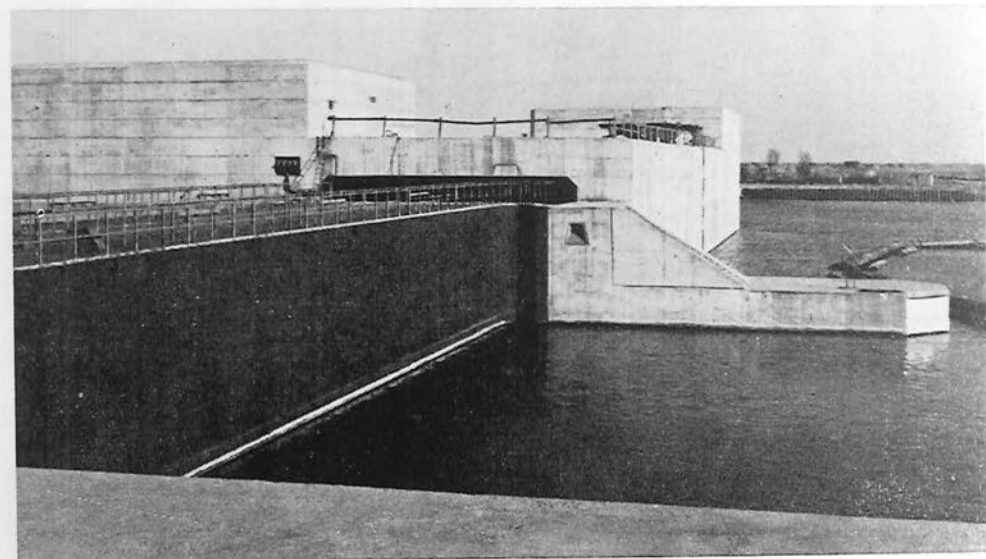
56. Terneuzen. Westsluis: toegang kanaalzijde met geleidewerk west



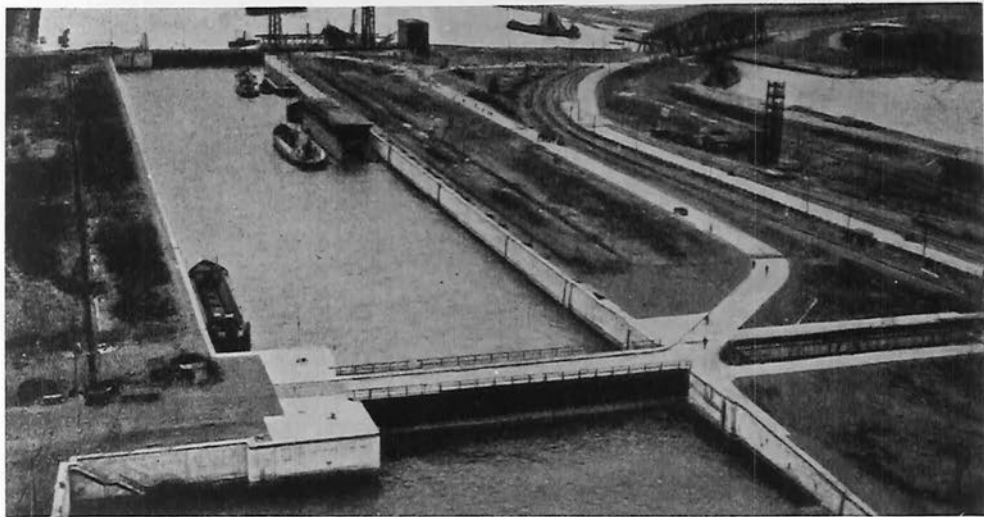
57. Terneuzen. Westsluis: kanaalzijde - geleidewerk west



58. Nord-Ostsee kanal. Brunsbüttelkoog: overzicht



59. Wilhelmshafen. 4° invaart - sluisingang



61. Bremerhafen. Nordschleuse: afwaarts hoofd



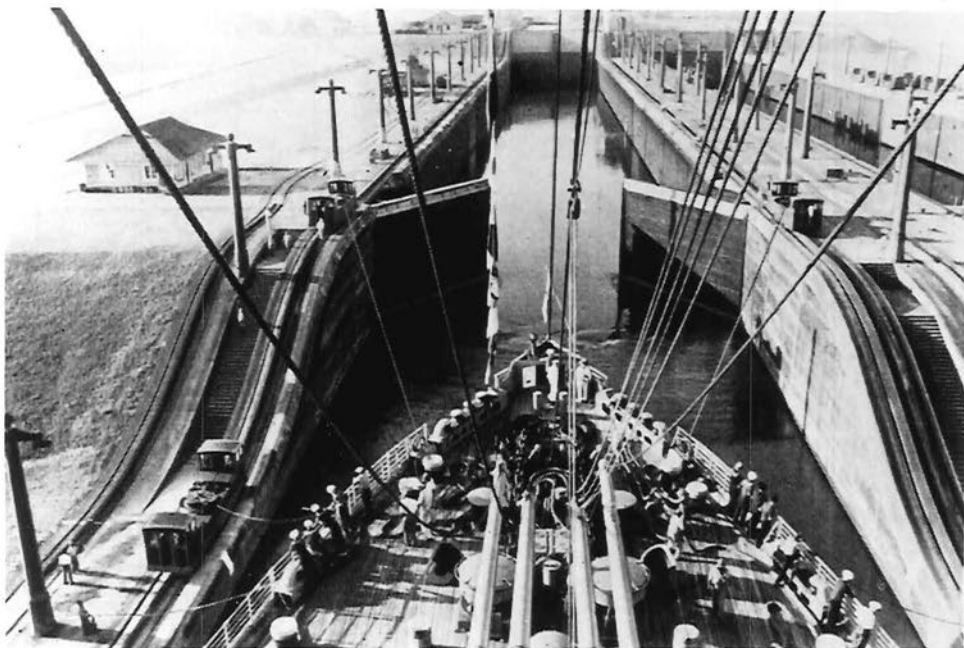
60. Bremerhafen. Nordschleuse: overzicht



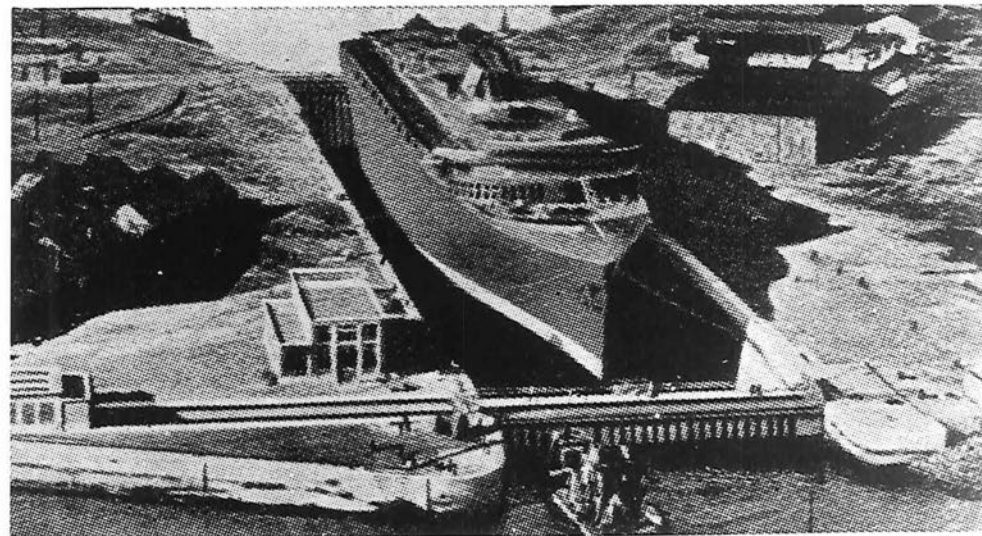
62. Bristol: sluis en pier



63. Panama. Miraflores sluizen: overzicht



64. Panama. Gatun sluizen



65. St.-Nazaire: sluis-dok