

2. bijl.

bx
75095

DIENST DER 
ZUIDERZEEWERKEN

Nota B 62 - 2

Bijlage bij nota nr. 271

DOORSTROOMOPENING BRUG MUIDERBERG.

7064

DOORSTROOMOPENING BRUG MUIDERBERG.

1. Algemeen.

Bij Muiderberg is een brugverbinding ontworpen tussen de zuidkust van het IJsselmeer en Zuidelijk Flevoland. Het netto dwarsprofiel van de aldus ontstane verbinding tussen IJmeer en Gooimeer dient zo groot te zijn dat de scheepvaart geen hinder ondervindt van te grote stroomsnelheden en dat geen gevaarlijke ontgrondingen optreden.

Stroming ter plaatse van de brug treedt op wanneer de waterstanden ter weerszijden van de opening door wind of andere oorzaken verschillen.

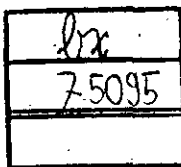
Bij het bepalen van de maatgevende omstandigheden dient naast de definitieve toestand (Zuidelijk Flevoland en Markerwaard gereed) ook een aantal tijdelijke toestanden beschouwd te worden. Deze tijdelijke toestanden zijn: alleen de dijk van Zuidelijk Flevoland tussen Lelystad en Nijkerk gereed (ca 1965) en Zuidelijk Flevoland + noordelijke dijk Markerwaard gereed.

De definitieve toestand - Markerwaard gereed - kan omstreeks 1980 verwezenlijkt zijn.

2. Definitieve toestand.

De verbinding tussen IJmeer en Gooimeer dient zodanig gedimensioneerd te zijn dat:

- a. bij gestremde lozing de waterstanden op de verschillende onderdelen van de IJmeerboezem ongeveer evenveel oplopen,
- b. door windeffect geen hinderlijke stromingen in de verbinding optreden.



7064

De ongunstigste toestand treedt op, indien in perioden van groot waterbezwaar IJmeer en Veluwemeer gemeen zouden worden gelegd. Zie in dit verband III.2 in nota nr. 267 "Interim rapport inzake de inrichting van IJmeer- en Veluwemeerboezem",

ad a.

De oppervlakten en de max. waterbezwaren van de verschillende delen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

	oppervlakte in ha.	max. waterbezwaar in m ³ /sec.
IJmeer bewesten Muiderberg	7.800	400
IJmeer van Muiderberg tot Groni. en Lemmerveld Nijkerk	4.000	50
Veluwemeer van Nijkerk tot Roggebotsluis	6.500	70

Opdat IJmeer en Veluwemeer bij gestremde lozing evenveel oplopen moet op het IJmeer tot Muiderberg geborgen worden:

$$\frac{7.800}{(7.800 + 10.500)} \times (400 + 120) = 220 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Door de brugopening bij Muiderberg dient dus $400 - 220 = 180 \text{ m}^3/\text{sec}$ af te stromen.

Wanneer de gestremde lozing is opgeheven wordt uitgegaan van dezelfde aannamen als op blz. 24 van nota nr. 267, d.w.z.:

1. natuurlijke waterscheiding bij Harderwijk.
2. maximum waterbezwaar is nog aanwezig.
3. IJmeer en Veluwemeer worden met 10 cm per etmaal afgespuid.

	oppervlakte in ha.	max. waterbezwaar in m ³ /sec.
Veluwemeer van Harderwijk tot Nijkerk	2.500	20
IJmeer: Nijkerk-Muiderberg	4.000	50
10 cm per etmaal afspuien over 6.500 ha		75
	totaal	145

Als ongunstigste geval moet dus met voldoende klein verval $180 \text{ m}^3/\text{sec}$ door de brugopening kunnen stromen.

ad b. Windstroming.

Uit peilschaalwaarnemingen te Nijkerk blijkt dat in de periode 1933 - 1939 een waterstandsverandering van 0,85 m in 4 uur optrad met een frequentie van 1 à 2 maal per jaar.

De afstand tussen Nijkerk en het opwaaiingscentrum van het IJsselmeer bedroeg in genoemde periode 32 km. In de definitieve toestand bedraagt de afstand tussen de zwaartepunten van IJmeer ^{en} en Eemmeer 18 km. De huidige waterdiepte op de randmeren is kleiner dan op het IJsselmeer en de opwaaiingscoëfficiënt eveneens. Beide effecten heffen elkaar ongeveer op.

Het overeenkomstige maatgevende verval over de brugopening zal dan, indien de opening afgesloten wordt verondersteld, ongeveer $\frac{18}{32} \times 0,85 = 0,5 \text{ m}$ in 4 uur bedragen met een frequentie van 1 à 2 maal per jaar.

Bij een open verbinding zal vulling van het ene en lediging van het andere meer optreden, waardoor het bovenaangegeven verval in werkelijkheid niet zal optreden. Hoeveel het werkelijke verval kleiner zal zijn dan 0,5 m hangt af van de afmetingen van de opening.

De maximale stroomsnelheden zijn te berekenen met de volgende formules, ontleend aan de nota "Stromingen in verbindingen tussen meren" door ir. J.P. Mazure.

$$Z_T = W_T + \frac{1}{2} m^2 - m \sqrt{\frac{1}{4} m^2 + W_T} \quad (1)$$

$$\text{met } m = \frac{2AT}{30} \quad ; \quad 0 = \frac{O_1 O_2}{O_1 + O_2}$$

$$S_T = A \cdot \sqrt{Z_T} \quad (2)$$

$$V_T = \frac{S_T}{F} \quad (3)$$

In deze formules is:

W_T = maatgevend waterstandsverschil in m door windeffect in T uur

Z_T = maatgevend verval over de verbinding in m

O_1 en O_2 = oppervlakten van de beide meren in de definitieve toestand

O_1 = oppervlakte IJmeer tot Muiderberg = $78 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

O_2 = "Goosmeer" = $40 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

S_T = maximum debiet in m^3/sec

A = een afvoercoëfficiënt welke afhankelijk is van de afmetingen van de brugopening

V_T = maximum stroomsnelheid in m/sec

De coëfficiënt A kan bij benadering berekend worden uit:

$$A = \frac{1}{\sqrt{\frac{l^2}{c^2 F^2 h} + \frac{8}{\eta^2} \cdot \frac{1}{c^2 h^3 b} + \frac{1}{2gF^2}}} \quad (4)$$

waarin:

l = lengte van de verbindingsgeul in m

c = coëfficiënt van de Chézy in $\text{m}^{1/2}/\text{sec}$

F = netto dwarsprofiel van de verbinding in m^2

h = diepte " " " " m

b = breedte " " " " m

g = versnelling van de zwaartekracht in m/sec^2

De berekening geschiedt nu door een bepaald dwarsprofiel van de verbinding aan te nemen en de daarbij optredende maximum stroomsnelheden met behulp van bovenstaande formules te berekenen. Er zullen dus een aantal gevallen berekend worden, waaruit het gunstigste dwarsprofiel gekozen wordt.

Bij het aannemen van een dwarsprofiel dient rekening gehouden

te worden met het feit dat een meter dam goedkoper is dan een meter brug, zodat de breedte van de opening, binnen redelijke grenzen, zoveel mogelijk dient te worden beperkt.

De berekeningen leveren de max. stroomsnelheden, welke door windeffect 1 à 2 maal per jaar kunnen voorkomen. Deze frequentie komt overeen met het aantal malen dat stremming van de scheepvaart door te grote stroomsnelheden toelaatbaar wordt geacht. Uit deze berekeningen volgen dus de voor de scheepvaart gewenste afmetingen van de opening.

3. Toestand na voltooiing van Zuidelijk Flevoland.

In deze toestand is de verhouding tussen oppervlakte en waterbezwaar op het IJsselmeer ongeveer gelijk aan die in de definitieve toestand voor het IJmeer.

De afstand tussen de opwaaiingscentra van het IJsselmeer en het Gooimeer c.a. bedraagt in deze toestand 42 km.

Het maatgevende waterstandsverschil in 4 uur, dat met een frequentie van 1 à 2 maal per jaar kan voorkomen, is dan

$$W_T = \frac{42}{32} \times 0,85 = 1,1 \text{ m.}$$

De oppervlakten van de beide meren bedragen:

$$\begin{aligned} O_1 &= \text{oppervlakte IJsselmeer} = 2000 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^2 \\ O_2 &= \text{ " Gooi- en Eemmeer} = 40 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

4. Toestand na voltooiing van de noordelijke dijk van de Markerwaard.

De verhouding oppervlakte/waterbezwaar is nu kleiner dan in de definitieve toestand en bijgevolg is ook de stroomsnelheid kleiner.

De afstand tussen de opwaaiingscentra is verminderd tot 24 km, zodat het maatgevende waterstandsverschil in 4 uur,

dat met een frequentie van 1 à 2 maal per jaar kan voorkomen, bedraagt:

$$W_T = \frac{24}{32} \times 0,85 = 0,65 \text{ m}$$

De oppervlakten bedragen:

$$O_1 = \text{oppervlakte IJmeer + Markerwaard} = 600 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^2$$

$$O_2 = \text{" Gooi- en Eemmeer} = 40 \cdot 10^6 \cdot \text{m}^2$$

5. Berekeningen.

a. Uit enkele oriënterende berekeningen is een globaal verband gevonden tussen de oppervlakte van het dwarsprofiel en de maximale stroomsnelheden welke ten gevolge van windeffect kunnen optreden. Voor de definitieve toestand is dit verband weergegeven in fig. 1.

Uit deze figuur volgt dat bij toenemende F de stroomsnelheden steeds minder afnemen en dat de vermindering van V_T bij waarden van F boven de 900 à 1000 m^2 nog slechts gering is. De kosten van de overbrugging zullen bij grotere F echter evenredig toenemen. (50 m meer lengte van de bruggen kost 1 à 2 miljoen gulden, afhankelijk van de ontwikkeling van het verkeer).

Op grond van deze overwegingen is voor de verdere berekeningen uitgegaan van een dwarsdoorsnede met een oppervlakte van 900 m^2 .

b. Met de in het voorgaande vermelde gegevens zijn op de aangegeven wijze de maximale stroomsnelheden, met een frequentie van 1 à 2 maal per jaar, voor verschillende dwarsprofielen berekend, te weten:

<u>profiel</u>	<u>b in m</u>	<u>h in m</u>	<u>F in m^2</u>
F_1	150	6	900
F_2	200	4,5	900
F_3	300	3	900

Bovendien is rekening gehouden met een lengte van de verbinding tussen IJmeer en Gooimeer van 300 m. Deze lengte is zodanig gekozen dat de stroom, alvorens de bruggen te passeren, over enige afstand een geleiding heeft waardoor hinderlijke dwarsstromen voorkomen worden.

De voornaamste gegevens en de uitkomsten van de berekeningen zijn vermeld in de bijgevoegde tabel.

6. Samenvatting en keuze van het gunstigste profiel.

Uit de berekening volgt dat in de definitieve toestand 1 à 2 maal per jaar stroomsnelheden van 1,0 à 1,1 m/sec zijn te verwachten.

De uitkomsten voor de 3 aangenomen profielen verschillen weinig. De stroomsnelheden ten gevolge van waterbezwaar spelen geen rol. De in deze toestand optredende stroomsnelheden zijn alleszins aanvaardbaar.

In de tijdelijke toestanden kunnen echter aanmerkelijk hogere stroomsnelheden optreden. Na voltooiing van Zuidelijk Flevo-land voor de 3 berekende profielen met een frequentie van 1 à 2 maal per jaar van 1,9 tot 2,35 m/sec en na gereedkomen van de noordelijke dijk van de Markerwaard 1,35 tot 1,6 m/sec.

Ten aanzien van de keuze van het meest gunstige profiel gelden de volgende overwegingen. F_3 (300 x 3 m) komt, gezien de hoge kosten voor de overbrugging en de geringe diepte voor de scheepvaart en mede gelet op de kleine winst op V_T , niet in aanmerking. F_2 (200 x 4,5 m) heeft op F_1 (150 x 6 m) het voordeel dat eventueel het profiel kan worden verruimd zonder in al te grote diepten te vervallen.

Een smalle verbinding heeft echter het voordeel dat wanneer, tegen de verwachting in, toch gevaarlijke ontgrondingen optreden de dan noodzakelijke bezinking goedkoper is.

Bij F_2 is in het uiterste geval een bezinking van ca 75.000 m²

nodig, waarvan de kosten ongeveer 2 miljoen gulden bedragen. Dit komt overeen met een verlenging van de brug met 50 à 100 m, waarbij toch nog kans blijft bestaan op ontgronding, zij het iets minder frequent.

Alle factoren in aanmerking genomen, is F_2 het gunstigst. De stroomsnelheden zijn voor de scheepvaart aanvaardbaar terwijl voor tegenvallers uitwijkmogelijkheden aanwezig zijn (verruiming, gedeeltelijke of volledige bezinking).

Bovendien wordt de toestand gunstiger door de zandwinning in IJ- en Gooimeer; de waterdiepte in die meren wordt dan groter en de opwaaiing kleiner.

In de tijdelijke toestanden kunnen, gedurende een kort aantal jaren, weliswaar grote stroomsnelheden optreden.

7. Conclusie.

1. Het gekozen dwarsprofiel is F_2 (900 m^2) met een diepte van 4,5 m en een gemiddelde breedte van 200 m. Bij een brug met overspanningen van 50 m komen 5 normale pijlers (ca 5 m) en 1 kelderpijler (ca 15 m) in de doorstroomopening te staan. De oppervlakte van het bruto-dwarsprofiel bedraagt dan:

$$900 + (5 \times 5 + 15) 4,5 = 1080 \text{ m}^2$$

Bij toepassing van taludhelling 1 : 4 leidt dit tot een bodembreedte van 220 m en een breedte op NAP van 256 m.

In fig. 2 is de gekozen oplossing aangegeven. Tevens is hierin schetsmatig aangeduid tot hoever de bodemverdieping tot NAP - 4,5 m zich moet uitstrekken. De omvang van het baggerwerk wordt uiteraard mede bepaald door de behoefte aan grond voor ophogingen etc.

2. Aan weerszijden van de overbrugging zijn stroomgeleidende dammen ontworpen om dwarsstromingen te voorkomen met het oog op

hinder voor de scheepvaart en vernauwing van het profiel door scheve toestroming (vooral van belang wegens de zeer lange pijlers).

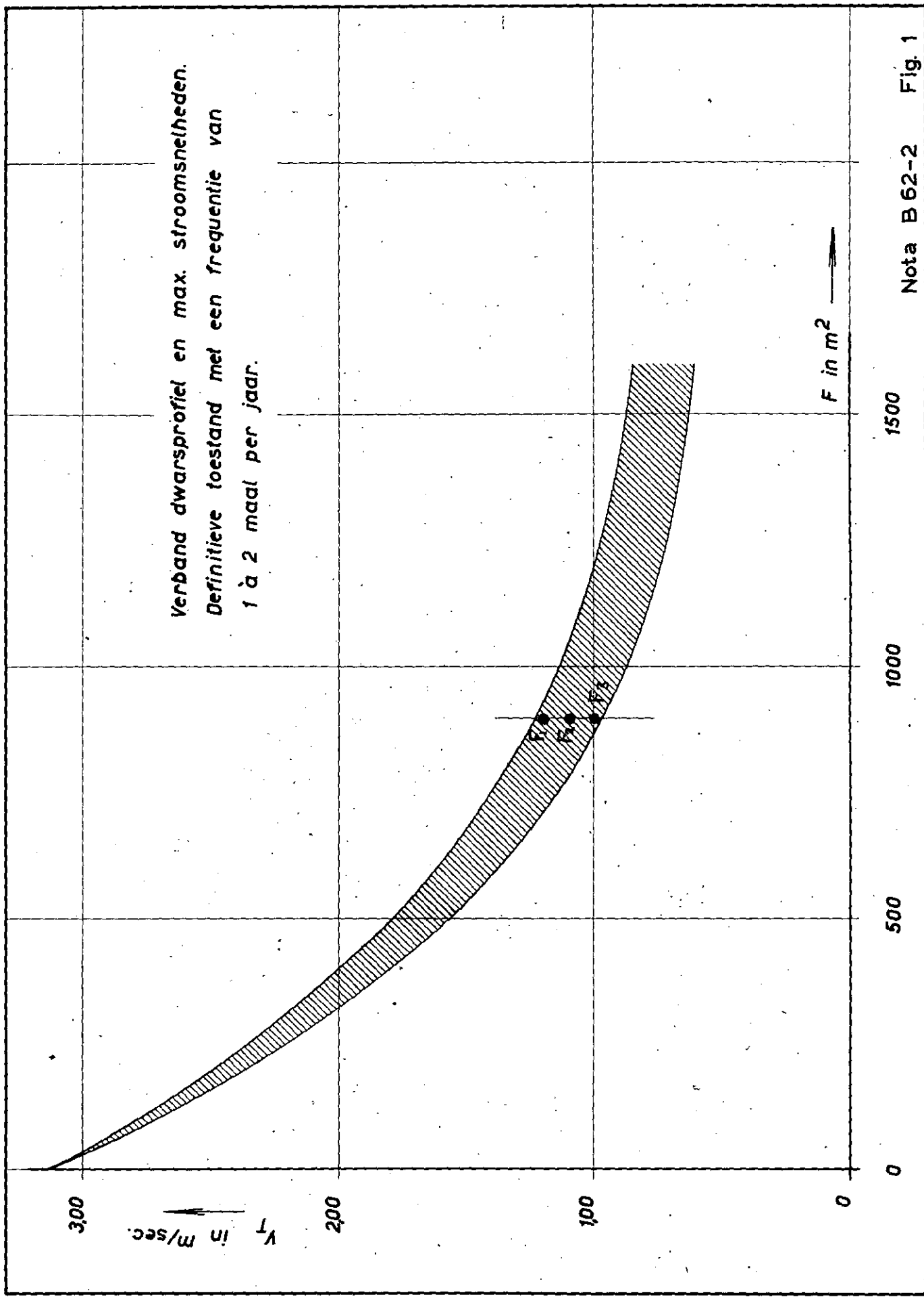
3. Bij het ontwerp van de pijlers moet gerekend worden op bodemverdieping tot NAP - 6 m.
4. In verband met de in de tijdelijke toestand te verwachten grote stroomsnelheden zal, vooral in de eerste jaren na gereedkomen van de brug, de bodemligging in de omgeving van de pijlers regelmatig moeten worden opgenomen.

Waterloopkundige afdeling
januari 1962.

grootheid		Definitieve toestand						Zuidelijk Flevoland gereed			Noordelijke dijk Markerwaard gereed		
		door waterbezwaar			windstroming			windstroming			windstroming		
		profiel			profiel			profiel			profiel		
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃
W_T	in m	-	-	-	0,5	0,5	0,5	1,1	1,1	1,1	0,65	0,65	0,65
$O = \frac{O_1 \cdot O_2}{O_1 + O_2}$	in $10^6 m^2$	-	-	-	26,5	26,5	26,5	40	40	40	37,5	37,5	37,5
A	in $m^{5/2}/sec$	-	-	-	2700	2450	2070	2700	2450	2070	2700	2450	2070
m	in $m^{1/2}$	-	-	-	0,98	0,89	0,75	0,65	0,59	0,50	0,69	0,63	0,53
Z_T	in m	-	-	-	0,14	0,15	0,18	0,60	0,63	0,68	0,28	0,30	0,34
$S_T = A \sqrt{Z_T}$	in m^3/sec	-	-	-	1010	950	880	2100	1950	1700	1430	1310	1210
F	in m^2	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
$V_T = \frac{S_T}{F}$	in m/sec	-	-	-	1,1	1,05	1,0	2,35	2,15	1,9	1,6	1,5	1,35
Q_{max}	in m^3/sec	180	180	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\hat{V} = \frac{Q_{max}}{F}$	in m/sec	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

F ₁ :	b = 150 m	F ₂ :	b = 200 m	F ₃ :	b = 300 m
	h = 6 m		h = 4,5 m		h = 3 m
	l = 800 m		l = 800 m		l = 800 m

Verband dwarsprofiel en max. stroomsnelheden.
Definitieve toestand met een frequentie van
1 à 2 maal per jaar.



Nota B 62-2 Fig. 1

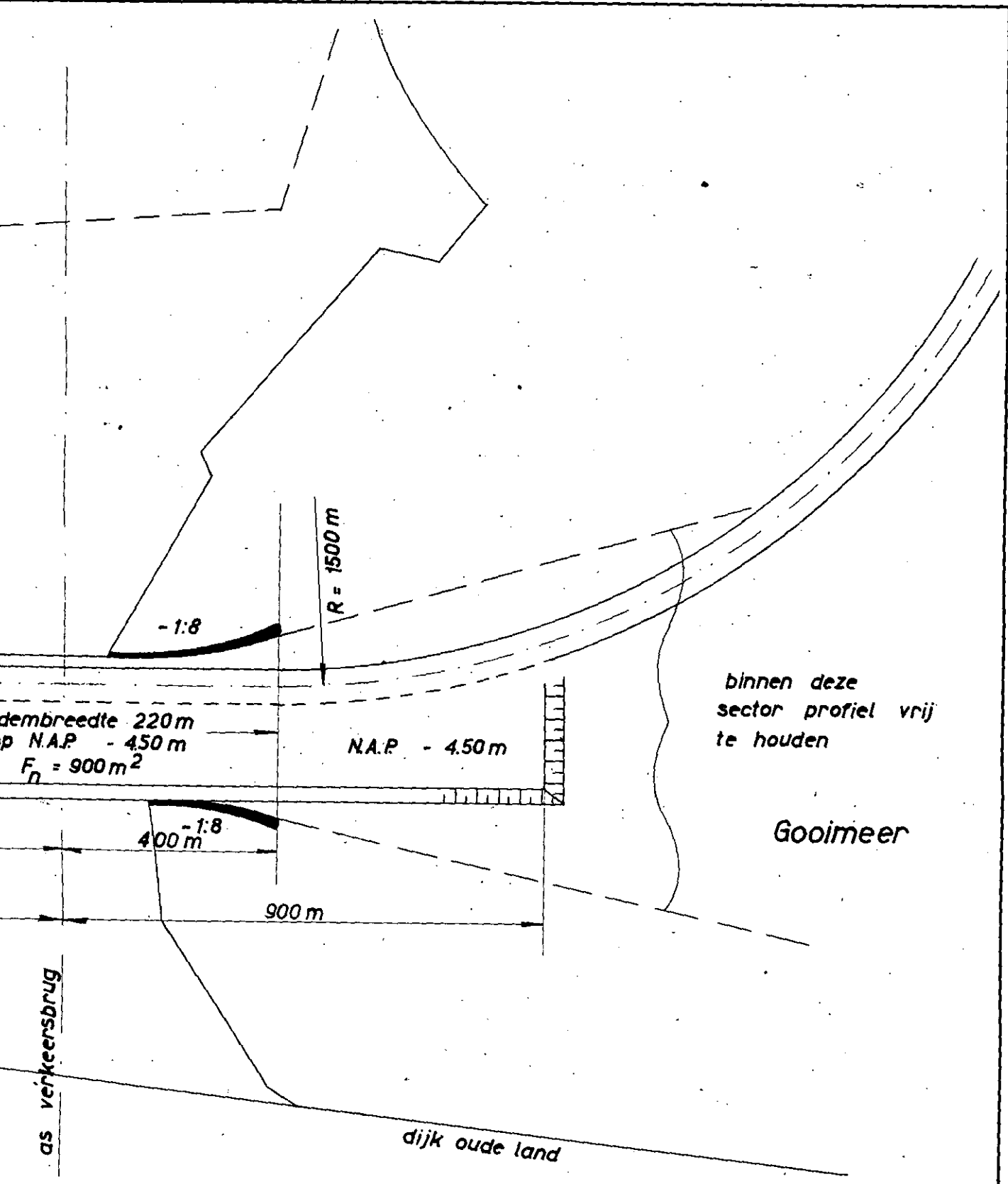


Fig. 2

Zuiderzeewerken Waterloopk. afd.
Situatie brug Muiderberg
Schaal 1:10.000

Nota B 62-2

22 dec 1961