



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
BIBLIOTHEEK
3631

LABORATOIRE DE RECHERCHES HYDRAULIQUES
BIBLIOTHEQUE

GROOT DIFFRACTIEMODEL

LITBOUW VOORHAVEN ZEEBRUGGE

**resonantie - onderzoek
in de l.n.g. haven '82**

1979

MOD. 381-4

03000

3631
LABORATOIRE DE RECHERCHES HYDRAULIQUES
BIBLIOTHEQUE

WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
borgerhout antwerpen



ministerie van openbare werken
bruggen en wegen
bestuur der waterwegen

GROOT DIFFRACTIEMODEL
UITBOUW VOORHAVEN ZEEBRUGGE
RESONANTIE-ONDERZOEK IN DE LNG-HAVEN '82.

MOD. 381-4.

INHOUD.

	<u>Blz.</u>
1. OPDRACHTOMSCHRIJVING	1
2. MODEL	2
2.1. Overzicht	2
2.2. Gebruikte plannen	2
2.3. Basisaannamen voor de modelproeven	3
2.4. De metingen op model	4
3. UITGEVOERDE PROEVEN MET RESULTATEN	5
3.1. Verloop van de proef	5
3.1.1. Onderzoek naar verhoogde golfpenetratie	5
3.1.2. Onderzoek naar resonantie	6
3.2. De proeven uitgevoerd op model	7
3.2.1. Variante A	7
3.2.2. Variante B	9
3.3. Theoretische benadering van het resonantieverschijnsel	10
4. BESLUIT	13

1. OPDRACHTOMSCHRIJVING.

In samenspraak met de Tijdelijke Vereniging Zeebouw-Zeezand werd tijdens de Werkgroep Laboratoria van 26/10/1978 beslist een onderzoek op fysisch model uit te voeren naar de mogelijkheid van resonantie in de LNG-haven '82 tengevolge van het voorkomen van lange golven met een periode tussen 25 sec natuur en 180 sec op de Noordzee.

Dit onderzoek werd uitgevoerd op het groot diffractiemodel van de haven van Zeebrugge op schaal 1/150 . Het onderzoek vond plaats in de loop van de maand november 1978.

2. MODEL.

2.1. Overzicht.

Voor een uitgebreide beschrijving van het model wordt verwezen naar rapport Mod. 381-1 "Uitbouw voorhaven Zeebrugge - groot diffractie-model - interim LNG-haven". De hoofdpunten worden hieronder in het kort aangehaald.

Het diffractiemodel (bijlage 1) van de haven van Zeebrugge heeft een onvertrokken lengteschaal van 1/150. Hieruit resulteert een tijdschaal van 1/12,25. De modelbodem is vast en is gebouwd volgens de meest recente hydrografische gegevens. Als referentievlak wordt het Z vlak aangenomen. De bestaande haven van Zeebrugge, alsook de toegangsgoel tot de nieuwe zeesluis werden in het model gebouwd.

De golfgenerator is van het pivoterende type met de as op de bodem van het model.

2.2. Gebruikte plannen.

De variante beproefd in het model is de variante 7-3, zoals beschreven in rapport model 381-3 "Uitbouwfasen voorhaven Zeebrugge". Deze configuratie is gebouwd volgens plan I 45-051-1 opgemaakt door de Studiegroep TVZ 2.

De bestaande situatie werd gebouwd volgens de plannen vermeld onder par. 2.2 van het rapport Mod. 381-1.

Ten overstaan van de bovenvernoemde plannen zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd. Deze veranderingen werden aangebracht na onderling overleg. De modelproeven werden uitgevoerd zoals de configuratie in dit rapport. De gebruikte coördinaten, zoals vermeld op de bouwplannen, zijn degene die in bovenvermelde plannen zijn opgenomen.

2.3. Basisaannamen voor de modelproeven.

De basistoestand voor de uitbouw van het LNG-dok '82 werd onderzocht met golven met een periode die varieerde tussen 1,8 sec(model) en 10 sec(model). Omgezet naar het prototype bedragen deze waarden respectievelijk 22 sec en 123 sec. Wegens modeltechnische redenen was het niet mogelijk voldoende betrouwbare gegevens te verkrijgen voor perioden boven 10 sec(model).

De regeling van het golfschot werd zodanig ingesteld dat de periode continu en stelselmatig veranderde tussen de bovengenoemde grenzen. De volledige variatie gebeurde over een tijdsverloop van ongeveer 3 h 30 min. Hierbij mag verondersteld worden dat elke periode gelegen tussen de bovenvernoemde grenzen, onderzocht is op het model.

Bij de geleidelijke variatie van de golfperiode werd de excentriciteit van het golfschot zodanig aangepast dat steeds een meetbare golfhoogte ter hoogte van het referentiepunt werd gemeten.

De verschillende golfrichtingen waarbij de proeven uitgevoerd zijn, zijn voor elke proef aangegeven. Hierbij werd de westrichting gekozen, omdat deze in het diffractiemodel met korte golven (d. i. 9 seconden natuur) een maximale golfpenetratie in de LNG-haven '82 gaf. De noord-westrichting werd gekozen wegens het voorkomen van de hoogste golven uit deze richting. Ter vergelijking werd dan tevens de tussen-gelegen richting west-noord-west beproefd.

De waterstand werd aangehouden op $Z + 4,70$ m ; dit is de waterstand die eens per maand optreedt.

Bij de proeven op het diffractiemodel werd geen rekening gehouden met eventuele windeffekten, noch werd rekening gehouden met de invloed van de plaatselijke strijklengte in de haven zelve.

2.4. De metingen op model.

Voor de proeven werd de referentiegolfhoogte opgemeten op het middenpunt van de cirkelboog die beschreven wordt door de rotatiebeweging van het golfschot, dat de golven opwekt (situatieplan bijlage 1). Dit punt is gelegen in het midden van de haveningang die gevormd wordt door de bestaande westelijke havendam en de interim LNG-haven '82. Dit punt is tevens weergegeven op de bouwplannen van de beide onderzochte situaties (bijlage 2 en bijlage 17). Dit punt is hetzelfde gebleven voor alle desbetreffende proeven.

Voor de interpretatie van de optredende golfhoogten op de te bestuderen plaatsen, werd dan telkens de verhouding gemaakt van de optredende golfhoogten, die werden opgemeten, ofwel, naargelang de aard van de proef, zoals verder beschreven zal worden in par. 3, in één enkel punt, ofwel in een regelmatig raster, waarvan de basisafmetingen 150 m x 150 m natuur bedragen, tot de basisreferentiegolfhoogte aan de ingang van de haven.

De golf die opgewekt wordt door het golfschot is zuiver sinusoidaal. Op het punt waar de referentiegolfhoogte wordt opgemeten, wordt wegens de sterke bodembelinvloeding van dergelijke lange golven geen zuiver sinusoidale golf meer waargenomen. Hoewel uit sommige delen van de opgenomen registratie minder duidelijk de invloed van de opgewekte hoofdgolf zichtbaar is blijft deze invloed toch sterk overwegend. Dit kan duidelijk aangetoond worden door een spectraalanalyse op de opgemeten golf.

Om deze reden werd op regelmatige tijdsintervals een gedeelte van een golftrein opgenomen om verwerkt te worden langs Fourieranalyse, waaruit het golfspectrum kan berekend worden.

Als voorbeeld wordt hierbij zulk een golftrein weergegeven die werd opgenomen voor de west-noord-westrichting met een periode gelegen

tussen 4,80 sec en 5,20 sec model. De golf op bijlage 3 werd opgemeten ter hoogte van het referentiepunt (punt a bijlage 5) en de golf op bijlage 4 werd gelijktijdig met de vorige opname opgenomen op een punt ter hoogte van de voorsteven van het schip (punt b bijlage 5). Bovenaan op de beide bijlagen is het eerste zestiende gedeelte van de totale verwerkte bovenvernoemde golftrein getekend, en onderaan werden de beide spectra getekend. Op de tekeningen moet in de ordinaat de V (Volt) gelezen worden als mm.

Vooraf in de opname op het referentiepunt zijn golven gesuperponeerd op de hoofdgolf. De invloed van deze gesuperponeerde golven is echter relatief klein ten overstaan van de draaggolf rond 0,20 Hz of 5 sec (model), die duidelijk als primaire golf naar voren komt.

3. UITGEVOERDE PROEVEN MET RESULTATEN.

Het doel van het onderzoek was, na te gaan of lange golven met een bepaalde periode in de LNG-haven '82 een verhoogde golfpenetratie zouden geven, en of dit aldaar eveneens een eventuele resonantie zou kunnen doen ontstaan.

3.1. Verloop van de proef.

3.1.1. Onderzoek naar een verhoogde golfpenetratie.

Zoals vermeld in par. 2.3 werd het golfschot zodanig ingesteld dat een continu veranderende periode werd verkregen.

Hierbij werd een continu meting gedaan in alle of in enkele van de onderstaande punten (de punten waarin gemeten werd, worden bij elke proef vermeld. (bijlage 5) :

- a: Een golfhoogtemeting op het referentiepunt (beschreven in par. 2.3).

- b. Een golfhoogtemeting ter hoogte van de voorsteven van het gemeerde schip.
- c. Een golfhoogtemeting ter hoogte van het midden van het schip.
- d. Een golfhoogtemeting ter hoogte van de achtersteven van het schip.
- e. Een golfhoogtemeting ter hoogte van een punt gelegen op 150 m. van de achtersteven, loodrecht op de aslijn van het gemeerde schip, in de richting van de werkhaven.

Bij deze onderverdeling wordt aangenomen dat de voorsteven van het schip gelegen is ter hoogte van het coördinaatpunt $X = 69,635$, $Y = 227,407$ en dat de achtersteven gelegen is ter hoogte van het punt $X = 69,865$, $Y = 227,534$.

Uit de continue opmeting in de verschillende punten resulteert per opgemeten richting een kromme die de golfpenetratiecoëfficiënt weergeeft per golfperiode. De golfpenetratiecoëfficiënt wordt op haar beurt gedefinieerd door de verhouding van de golfhoogte binnen de haven en de golfhoogte buiten de haven. In dit onderzoek wordt hoofdzakelijk rekening gehouden met de waarden van de golfpenetratiecoëfficiënt die boven de verhouding 1 uitstijgt. Dit onderzoek zal verder proef 1 genoemd worden.

3.1.2. Onderzoek naar resonantie.

Na vergelijking van de verschillende voorgaande krommen (golfpenetratiecoëfficiënt in functie van golfperiode), kunnen bepaalde perioden, waar een vermoeden bestaat tot resonantie (d. w. z. waar de golfpenetratiecoëfficiënt boven 1 uitstijgt), los van elkaar bestudeerd worden; ditmaal echter bij constante periode, waaruit volgt dat de metingen kunnen verricht worden over een groter aantal punten die verspreid liggen over de haven. Uit het patroon der golfhoogten dat alsdan ontstaat, kunnen gevolgtrekkingen

naar eventuele resonanties gemaakt worden (raster op bijlagen 10 en 21).

Dit onderzoek zal verder proef 2 genoemd worden.

3.2. De proeven uitgevoerd op model.

De hierboven beschreven manier van werken werd uitgevoerd op twee verschillende configuraties van LNG-dok '82.

De eerste configuratie, die verder variante A zal genoemd worden, is het LNG-dok '82 zoals beschreven op het bouwplan bijlage 2, zonder dat enige inrichting voorzien is voor opslagtanks, dijken, steigers en dergelijke.

De tweede configuratie, die verder variante B zal genoemd worden, is het LNG-dok '82, zoals beschreven op het bouwplan bijlage 17, waar een dijk voorzien is ter bescherming van de LNG-opslagplaats. Deze dijk is gelegd onder helling 1/3 en de voet bevindt zich 50 m uit de aslijn van het afgemeerde schip.

3.2.1. Variante A.

Uit de vergelijking van de vier verschillende krommen, die het resultaat zijn van proef 1 (dit is het opstellen van de relatie golfpenetratiecoëfficiënt-golfperiode), die uitgevoerd werd voor de W-richting, die ter controle herdaan werd (bijlagen 6 en 7), voor de WNW-richting (bijlage 8) en voor de NW-richting (bijlage 9), komen, voor perioden gelegen rond 4,75 sec model of 58 sec natuur waarden voor de golfpenetratiecoëfficiënt te voorschijn die boven de waarde één uitstijgen. Voor de andere golfperioden is het niet mogelijk een piek in de waarde van de golfpenetratiecoëfficiënt voor de drie bestudeerde richtingen tegelijk te onderkennen.

Deze hoge golfpenetratie geldt hoofdzakelijk voor het punt, gelegen ter hoogte van de voorsteven van het schip. Om met grotere zekerheid een uitspraak te kunnen doen over het al dan niet voorkomen van een grote golfpenetratie werd met verschillende perioden, die nu echter constant blijven, de proef hernomen over meerdere punten, gesitueerd in de LNG-haven zoals aangeduid op bijlage 10. De perioden waarmede de proef uitgevoerd werd, waren 4 - 4,5 - 4,75 - 5 - 5,5 sec model (proef 2).

Hieruit resulteert per richting een gelijkaardige kromme als de vorige krommen, nu echter in een groter aantal punten (W-richting: bijlage 11, WNW-richting : bijlage 12, NW-richting : bijlage 13). Duidelijk komen hier voor alle opgemeten punten de lage waarden van de golfpenetratiecoëfficiënt naar voren voor de perioden 4 en 5,5 sec (model), terwijl voor de andere perioden, namelijk 4,50 - 4,75 en 5 sec (model), voor verschillende punten hoge waarden van de coëfficiënt werden opgemeten. In de verdeling van de hoge en lage coëfficiënten over de LNG-haven kan een bepaald schema onderkend worden. Om een inzicht te krijgen in dit schema werden de voornoemde figuren samengebracht per periode voor de verschillende richtingen. Voor 4,5 sec (model) is dit de bijlage 14, voor 4,75 sec(model)de bijlage 15 en voor 5 sec(model)de bijlage 16.

Om dit schema te bepalen werd het gemiddelde gemaakt over al de punten die in het raster opgemeten werden. Als hoge waarde van de golfpenetratiecoëfficiënt werd die waarde gedefinieerd, die uitsteeg boven het gemiddelde + 10 % van dit gemiddelde. Als lage waarde werd die waarde gedefinieerd, die onder het gemiddelde - 10 % bleef. De opgemeten waarden werden dan in het raster ingebracht met een aangepast teken. Tevens werd de golfpenetratiecoëfficiënt naast de punten gezet.

Hierbij valt op dat voor de periode 4,5 sec (model) de rasterkolom loodrecht op de aslijn van het schip, ter hoogte van de achtersteven, voor alle richtingen tot de lagere waarden behoort terwijl de belendende rasterkolommen steeds hoge waarden aannemen. Ook voor de periode 4,75 sec (model) doet hetzelfde fenomeen zich voor, terwijl deze lijn nog gedeeltelijk kan doorgetrokken worden voor de periode 5 sec (model).

Dit fenomeen doet zich het duidelijkst voor ter hoogte van de aslijn van het schip en de belendende rasterlijnen (de lage waarden werden op de tekening licht gearceerd).

Deze configuratie zou kunnen wijzen op een vorm van resonantie die ontstaat tussen de westkant van de Zuid-Oostdam en de golfwering van de LNG-dam '82.

Opmerkelijk bij deze verschillende proeven is ook dat de waarden die onmiddellijk achter de LNG-dam liggen (de punten 1-2-8) een tamelijk hoge penetriëcoëfficiënt hebben en dat de waarden op de punten 3-4-5-6 algemeen veel lager liggen, niettegenstaande zij minder in de beschutting liggen van de LNG-dam.

3.2.2. Variante B (Bouwplan bijlage 17).

De proeven op de variante B werden eveneens, zoals de vorige reeks proeven, uitgevoerd volgens de methode beschreven onder par. 3.1.

Uit de vergelijking van de drie krommen, die het resultaat zijn van proef 1 (het opstellen van de relatie golfpenetriëcoëfficiënt-golfperiode) kon besloten worden dat geen grote golfpenetratie zal voorkomen voor perioden beneden 4,5 sec (model), dat voor de W- en WNW-richting zich een steile piek voordoet rond

4,75 sec (model) en dat voor de drie bestudeerde richtingen een brede piek bestaat rond 7 sec (model) (W-richting op bijlage 18, WNW-richting op bijlage 19 en de NW-richting op bijlage 20).

Hieruit volgt dat proeven met constante periode werden uitgevoerd voor 4 - 4,5 - 4,75 - 5 - 6 - 7 - 8 sec (model), echter alleen voor de W- en WNW-richting. De punten werden opgemeten in een raster zoals getekend op bijlage 21. Voor de W-richting (bijlage 22) vallen hierbij voor enkele van de opgemeten punten, pieken op te merken bij een periode van 6 sec (model) en in mindere mate rond 4,5 en 4,75 sec (model). Voor de WNW-richting (bijlage 23) bevonden de pieken zich op de periode 4,5 sec (model) en in mindere mate op 6 en 7 sec (model).

In deze configuratie kan nog een zeker schema onderkend worden dat echter minder éénduidig is dan in de variante A. De bijlage 24 geeft dit schema, zoals besproken onder par. 3.2.1., weer voor 4 sec en 4,5 sec (model). De bijlage 25 voor 4,75 en 5 sec (model), de bijlage 25 voor 6 en 7 sec (model) en de bijlage 27 voor 8 sec (model). Niettegenstaande bij onderlinge vergelijking bij dezelfde periode het nog mogelijk is een schema aan te treffen kan hieruit moeilijk besloten worden dat, resonantie te verwachten is in de LNG-haven '82 gebouwd volgens variante B, en zou eerder kunnen gesproken worden van een sterkere golfpenetratie voor bepaalde perioden.

3.3. Theoretische benadering van het resonantieverschijnsel.

De mogelijkheid tot resonantie kan theoretisch benaderd worden door toepassing van een systeem van staande golven tussen twee weerkaatsende wanden.

Bij het opleggen van een golflengte, die de helft is van de afstand tussen de twee weerkaatsende wanden zal zich bij de beide wanden een buik voordoen en in het midden tussen deze wanden een knoop.

De doklengte is hierbij gegeven door de formule

$$l_d = \frac{L}{2}$$

l_d = de doklengte

L = de golflengte.

De golflengte is gegeven door de formule

$$L = \frac{gT^2}{2} \operatorname{tgh} \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$$

g = de zwaartekrachtsversnelling

T = de periode in sec

d = de waterdiepte ; hier : 18 m.

Uit beide formules volgt de basisvorm van de oscillatie

$$T = \left[\frac{4\pi l_d}{g \operatorname{tgh} \left(\frac{\pi d}{l_d} \right)} \right]^{1/2}$$

De volgend mogelijke resonantie, vorm is deze wanneer een volledige golf in het dok oscilleert

dus $l_d = L$.

Algemeen kan gezegd worden dat voor

$$l_d = j \frac{L}{2} \quad \text{met } j = 1, 2, 3, \dots$$

resonantie in een dok kan ontstaan.

De algemene formule wordt dan

$$T_j = \left[\frac{4 \pi l d}{j \operatorname{tgth} \left(\frac{\pi d j}{l} \right)} \right]^{1/2} \quad \text{met } j = 1. 2. 3. \dots$$

Deze vergelijking is ontwikkeld onder aanname dat de wanden volledig weerkaatsend zouden zijn. Deze formule blijft echter geldig bij weerkaatsende wanden. Stortsteengolfbrekers of hellende taluds, die gewoonlijk bij kortere golven beschouwd worden als dempend, worden echter weerkaatsend voor langere golven.

Deze formule kan toegepast worden op de LNG-haven '82 situatie A waar de afstand tussen de dam D en de golfkering van de LNG-dam ongeveer 700 m bedraagt (bijlage 28).

Alsdan komt men bij toepassing van de voormelde algemene formule de volgende waarden uit :

$$j = 1 \quad T_1 = 105,47 \text{ sec} = 8,61 \text{ sec model}$$

$$j = 2 \quad T_2 = 52,90 \text{ sec} = 4,31 \text{ sec model}$$

$$j = 3 \quad T_3 = 35,45 \text{ sec} = 2,89 \text{ sec model}$$

$$j = 4 \quad T_4 = 26,79 \text{ sec} = 2,19 \text{ sec model}$$

De waarde van de berekende tweede harmonische benadert de waarde met de maximale golfpenetratie in het fysische model die gelegen is rond 4,75 sec model of 58,19 sec natuur.

4. BESLUIT.

Aan de hand van de modelproeven die uitgevoerd werden volgens de basisaannamen vermeld onder par. 2 van onderhavig rapport, kunnen volgende besluiten geformuleerd worden.

Bij de variante A (bouwplan bijlage 2) kan gesproken worden van mogelijkheid tot resonantie voor een golfperiode rond 4,75 sec (model) in het LNG-dok tengevolge van weerkaatsingen tegen de Zuid-Oostdam en de golfkering van de LNG-dam. Deze 4,75 sec (model) komt overeen met 58 sec natuur en hieruit resulteert een berekende golflengte rond 775 m (natuur) (bijlage 29). Op deze bijlage 29 is de zone gearceerd waar voor de variante A resonantie kan ontstaan.

De vergelijking van deze proeven met het diffractie-onderzoek met korte golven (9 sec natuur) kan gemaakt worden voor de variante A (bestudeerd in dit rapport) en de variante 7 - 3 uit rapport 381-3. Deze varianten zijn volkomen identiek wat betreft hun configuratie.

De gemiddelde diffractiecoëfficiënt voor variante 7 - 3 ter hoogte van het LNG-schip wordt in onderstaande tabel gegeven. De waarden in de tabel zijn gegeven in procenten en geven de verhouding van de golfhoogte weer binnen de haven tot de golfhoogte buiten de haven.

	voorsteven	midden	achtersteven
W	30	20	15
WNW	12,5	10	13
NW	12,25	10	10

Deze waarden zijn rechtstreeks te vergelijken met de waarden van de golfpenetratiecoëfficiënt in de bijlagen 6, 7, 8 en 9, indien deze laatste vermenigvuldigd wordt met een faktor 100.

Bij vergelijking van de waarden van de beide proeven valt duidelijk de geringere diffractie op bij de grotere golfperiode.

In de diffractieschema's, zoals ze zich bevinden in rapport mod. 381-3 volgen de lijnen van gelijke golfhoogte een regelmatig en logisch patroon : d. w. z. : hoe meer het opgemeten punt beschut ligt, des te lager is de opgemeten golfhoogte. Deze vaststelling kan echter niet uitgebreid worden naar schema's die opgesteld zijn voor langere golven, waar zoals vermeld onder par. 3.2.1. in bepaalde zones hogere golfagitatie te verwachten is. Dit wijst duidelijk op een veranderd golfpatroon in de LNG-haven '82 voor langere golven en is een aanduiding tot mogelijke weerkaatsing en vorm van resonantie.

De theoretische benadering van het resonantieverschijnsel duidt op een mogelijke resonantie voor de situatie variante A tussen de beide voornoemde dammen op 4,31 sec model, dit is 53 sec natuur voor een doklengte van 700 m zoals ze werd opgemeten op bijlage 28.

De proeven die uitgevoerd zijn op de situatie variante B van de LNG-haven '82 (bouwplan bijlage 17) wijzen alleen op een verhoogde golfpenetratie zonder dat zich hierbij aanwijzingen van resonantie voordoen.

De theoretische benadering van het verschijnsel voor de situatie variante B werd niet opgesteld wegens het ontbreken van aanwijzing van resonantie uit de modelproeven.

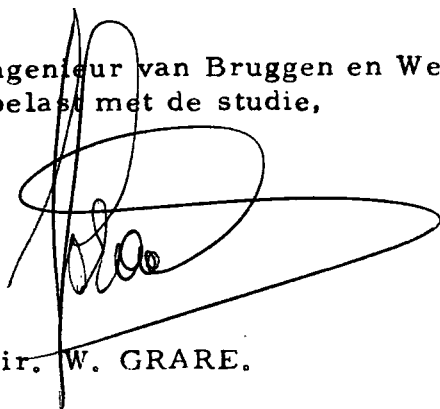
ALGEMENE BEMERKING.

In dit rapport wordt de mogelijkheid van verhoogde golfpenetratie en resonantie in de LNG-haven '82 tengevolge van het voorkomen van eventueel lange golven met een periode gelegen tussen 22 sec en 123 sec natuur, behandeld.

Hierbij wordt echter uitdrukkelijk gesteld dat dit rapport geen studie is naar het voorkomen van dergelijke lange golven op open zee, noch, dat uit reden van dit onderzoek, mag verondersteld worden dat dergelijke golven zouden voorkomen op de Noordzee in de omgeving van de haven van Zeebrugge.

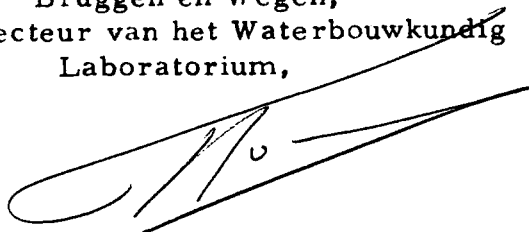
Borgerhout, januari 1979.

De Ingenieur van Bruggen en Wegen,
belast met de studie,



ir. W. GRARE.

De Hoofdingenieur-Directeur van
Bruggen en Wegen,
Directeur van het Waterbouwkundig
Laboratorium,



ir. P. ROOVERS.

LIJST DER BIJLAGEN.

Bijlage nr

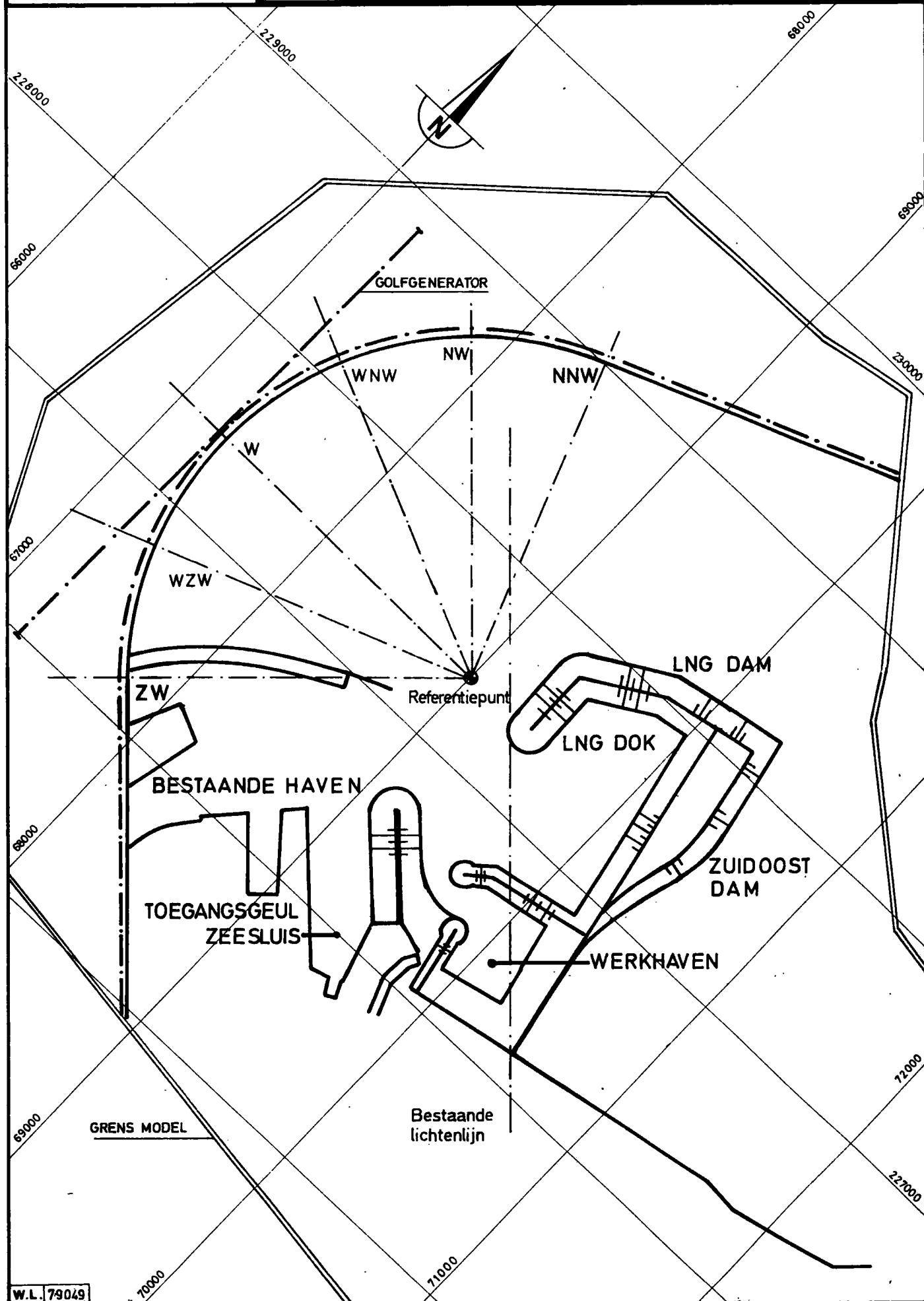
- 1 Situatieschets
- 2 Variante A - Bouwplan
- 3 Golfrein en Golfspectrum
- 4 Golfrein en Golfspectrum
- 5 Meetpunten proef 1
- 6 Relatie Golfpenetratie - Periode - Variante A - Richting W
- 7 Relatie Golfpenetratie - Periode - Variante A - Richting W
- 8 Relatie Golfpenetratie - Periode - Variante A - Richting WNW
- 9 Relatie Golfpenetratie - Periode - Variante A - Richting NW
- 10 Ligging LNG-tanker en meetpuntenrooster - Variante A
- 11 Relatie golfpenetratie - Konstante Periode - Variante A -
Richting W
- 12 Relatie golfpenetratie - Konstante Periode - Variante A -
Richting WNW
- 13 Relatie golfpenetratie - Konstante Periode - Variante A -
Richting NW
- 14 Golfpatroon - Variante A - Periode 4, 5 s.
- 15 Golfpatroon - Variante A - Periode 4, 75 s.
- 16 Golfpatroon - Variante A - Periode 5 s.
- 17 Variante B - Bouwplan
- 18 Relatie golfpenetratie - Periode - Variante B - Richting W
- 19 Relatie golfpenetratie - Periode - Variante B - Richting WNW
- 20 Relatie Golfpenetratie - Periode - Variante B - Richting NW
- 21 Ligging LNG-tanker en meetpuntenrooster - Variante B
- 22 Relatie golfpenetratie - konstante periode - Variante B -
Richting W
- 23 Relatie golfpenetratie - konstante periode - Variante B -
Richting WNW

- 24 Golfpatroon - Variante B - Periode 4 - 4,5 sec
- 25 Golfpatroon - Variante B - Periode 4,75 - 5 sec
- 26 Golfpatroon - Variante B - Periode 6 - 7 sec
- 27 Golfpatroon - Variante B - Periode 8 sec
- 28 Theoretische benadering resonantieverschijnsel - Variante A
- 29 Verband Golfperiode - Golflengte.



Schaal : 1/ 25000

SITUATIESCHETS

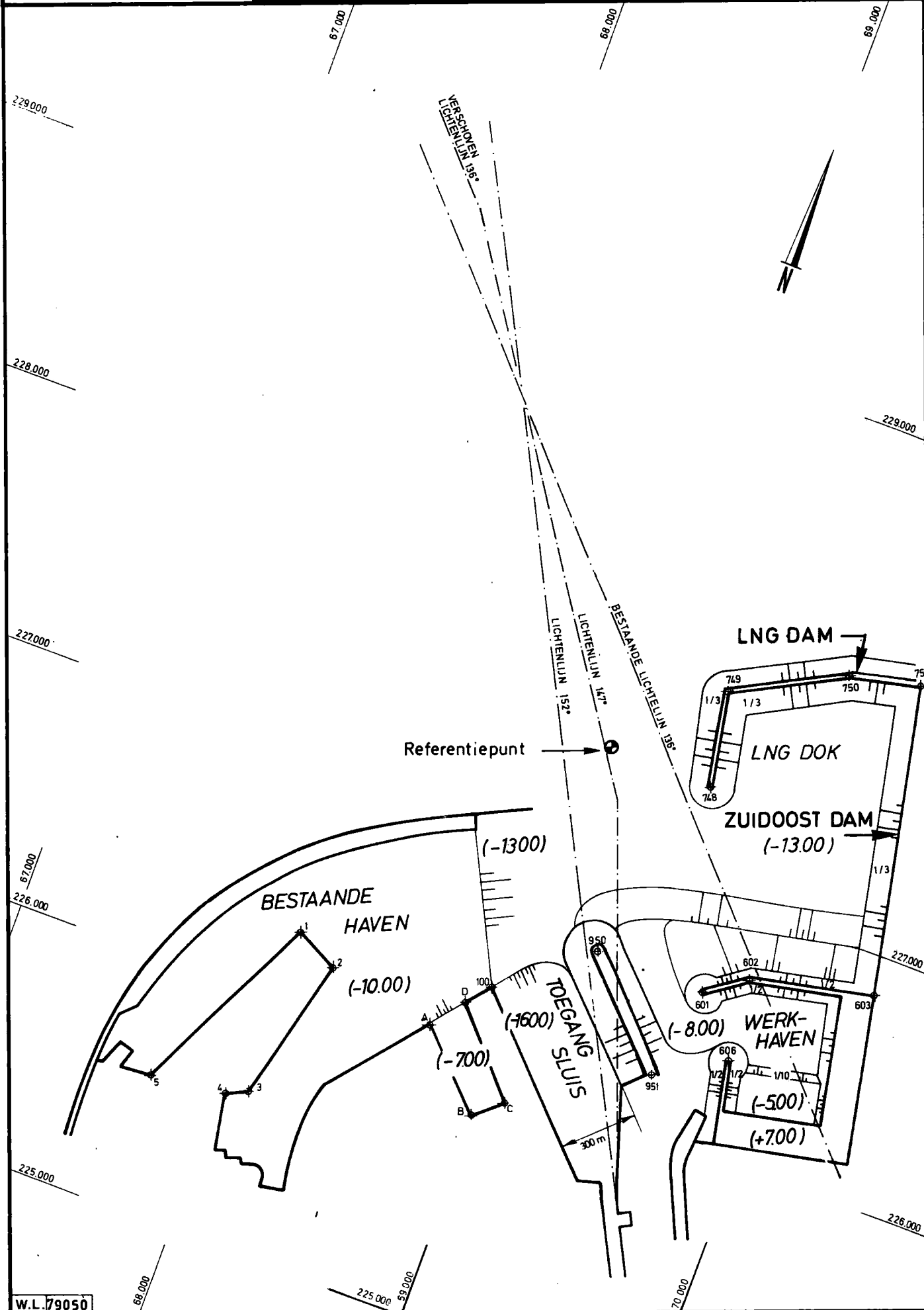




Schaal: 1 / 2000
Ref. plan: T.V.Z. I 45-051-1

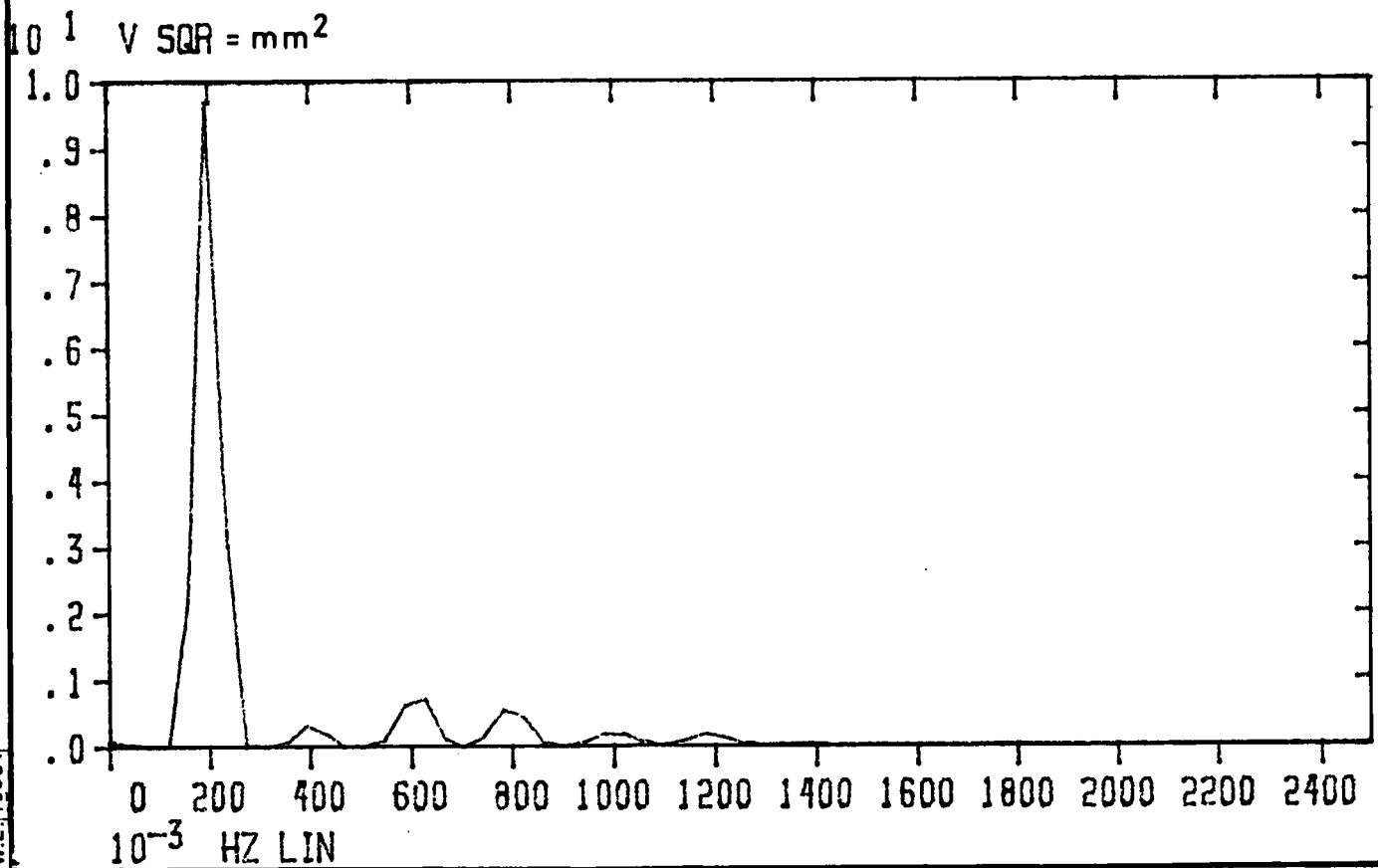
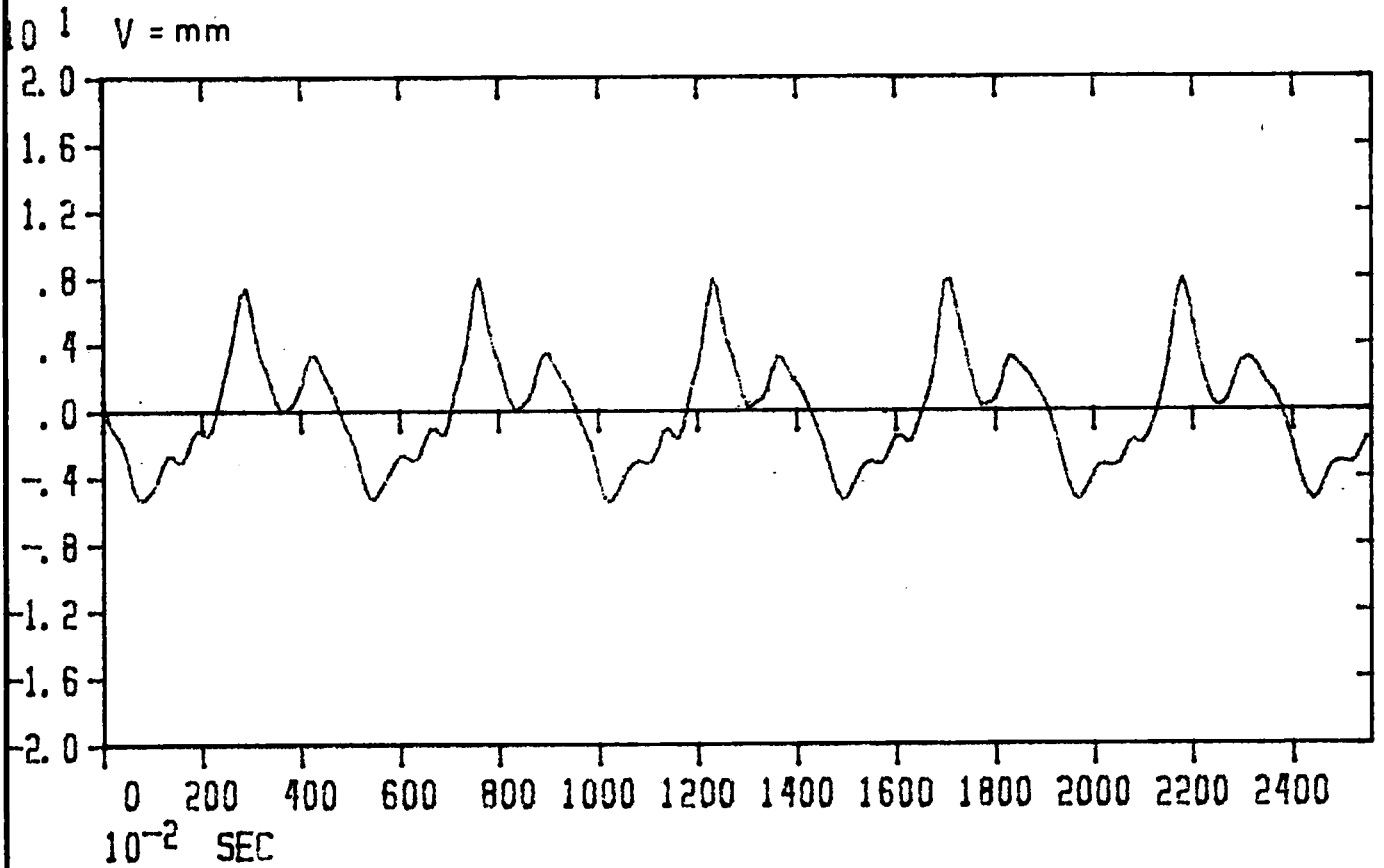
VARIANTE A

BOUWPLAN



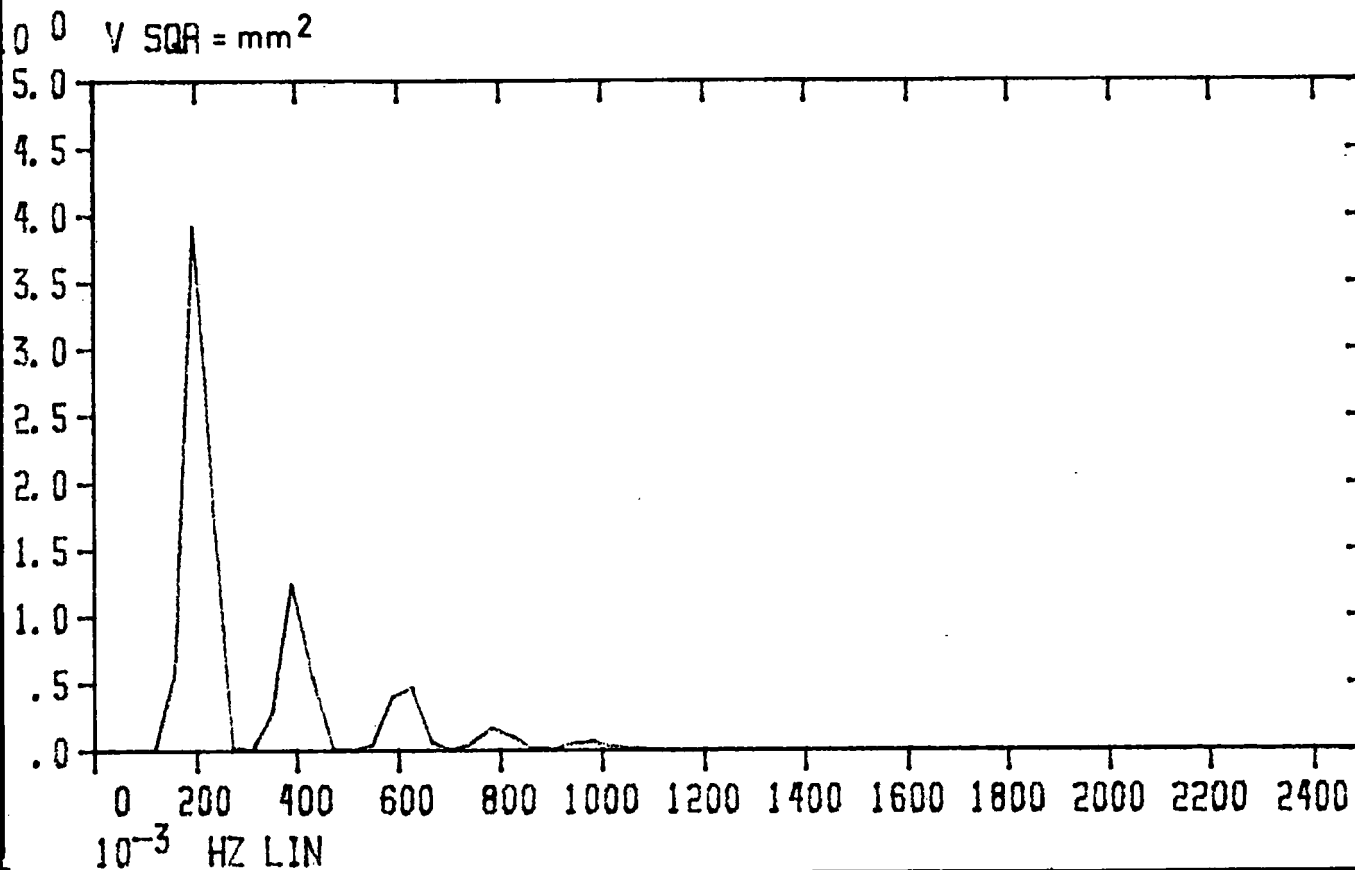
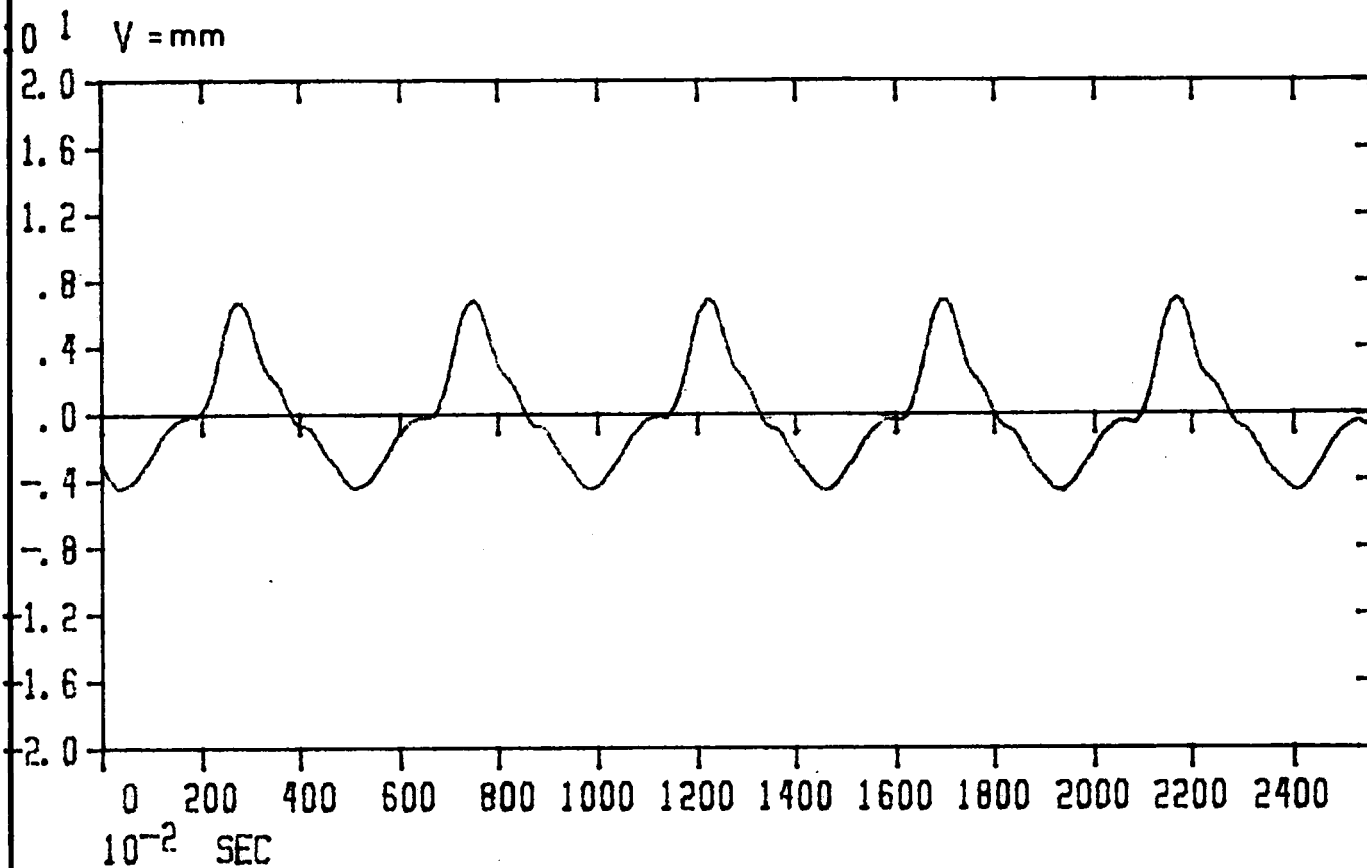


GOLFTREIN EN GOLFSPECTRUM





GOLFTREIN EN GOLFSPECTRUM



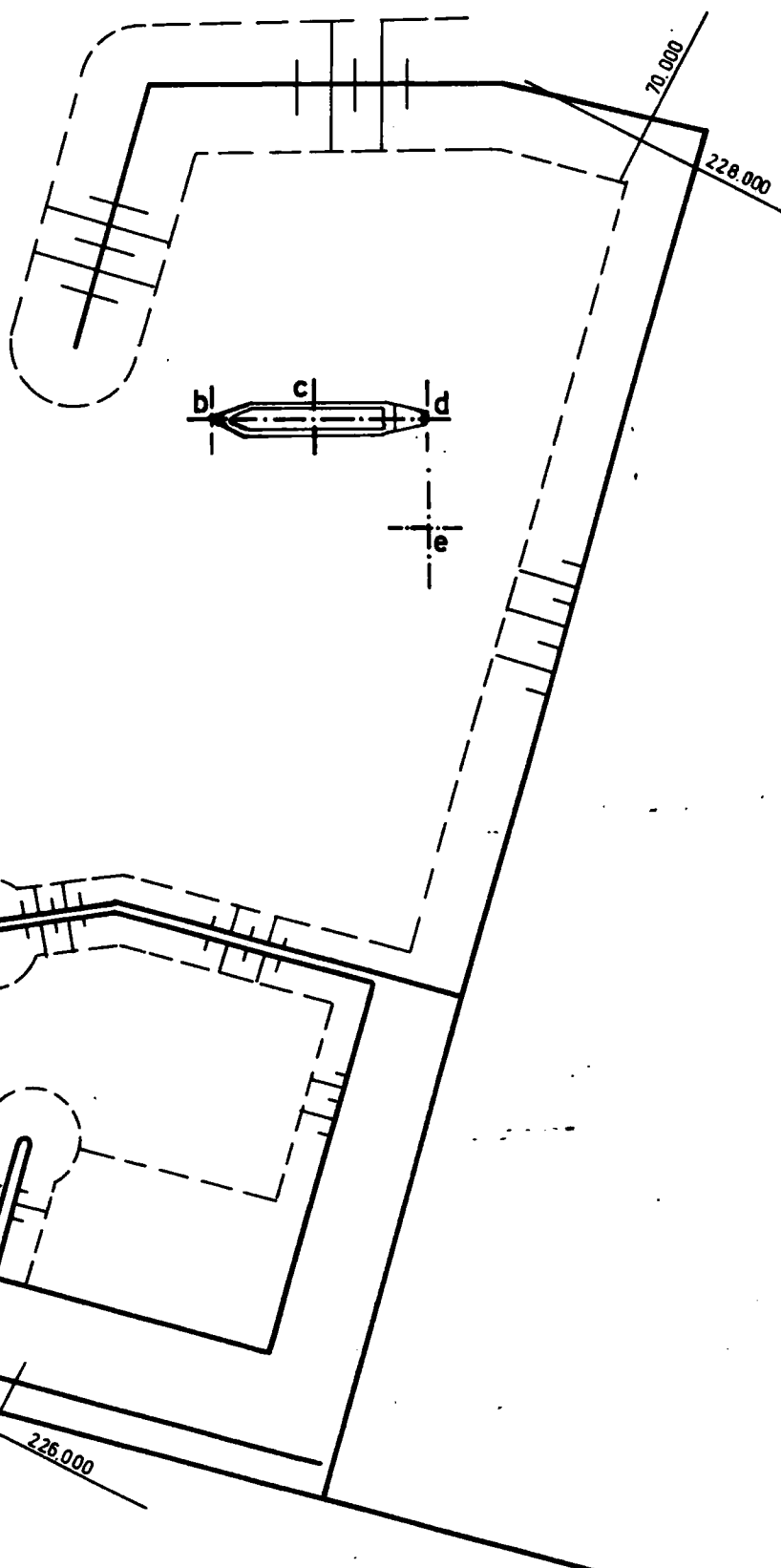


Schaal: 1/10.000
Waterstand: Z + 4,70 m

MEETPUNTEN PROEF 1



Referentiepunt a





RELATIE GOLFPENETRATIE - PERIODE
VARIANTE A RICHTING W

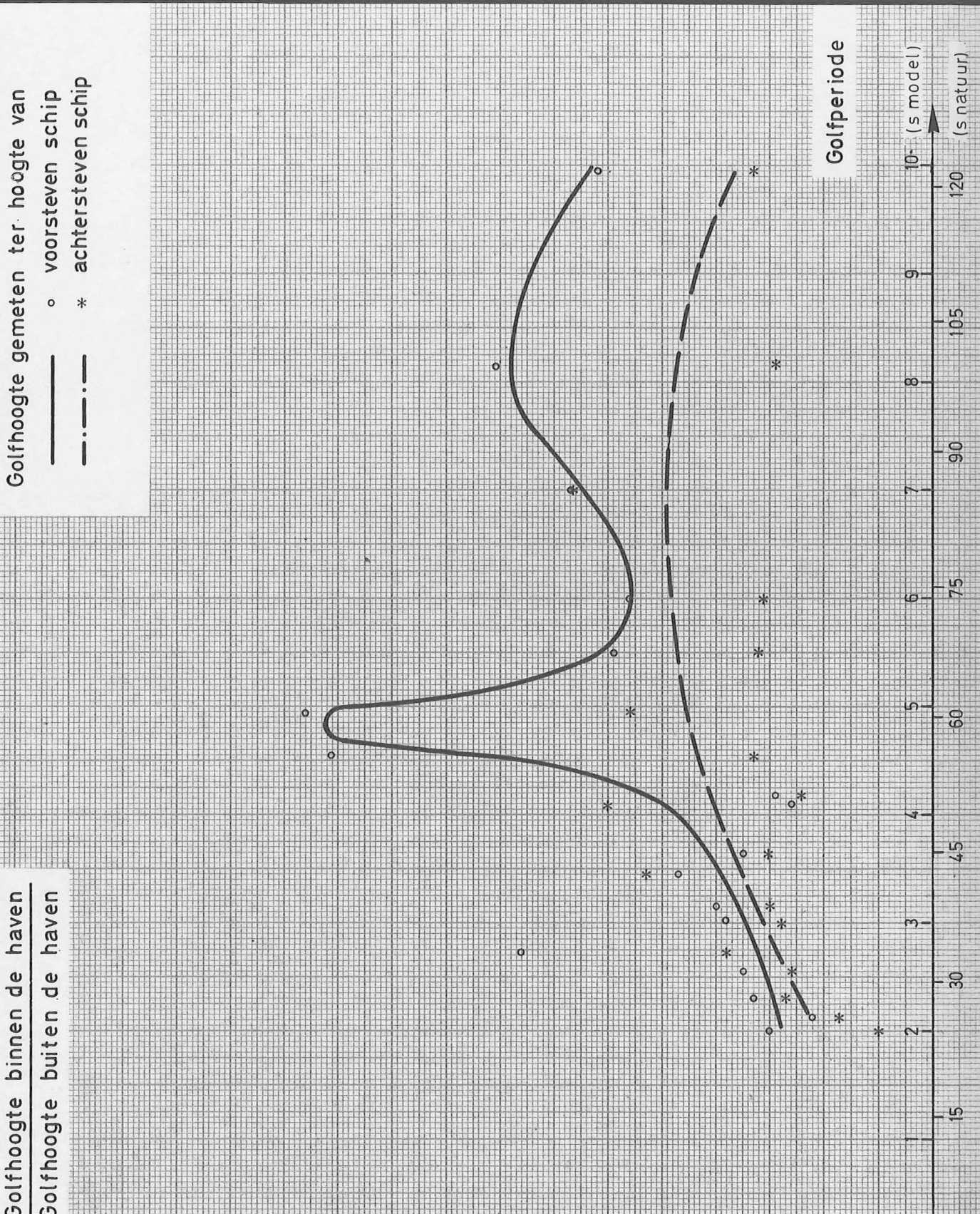
Golfhoogte gemeten ter hoogte van
 — voorsteven schip
 * achtersteven schip

Golfhoogte binnen de haven
 Golfhoogte buiten de haven

Golfperiode

10 (s model)
120 (s natuur)

1.5
1.0
0.5
0



RELATIE GOLFPENETRATIE - PERIODE
VARIANTE A RICHTING W

Golfhoogte gemeten ter hoogte van

o voorsteven schip

* midden schip

* excentrisch

—

- - -

- . - . -

Golfhoogte binnen de haven

Golfhoogte buiten de haven

1,5

1,0

0,5

0

Golfperiode

10 (s mode)

120 (s natuur)

9

105

8

90

7

75

6

60

5

45

4

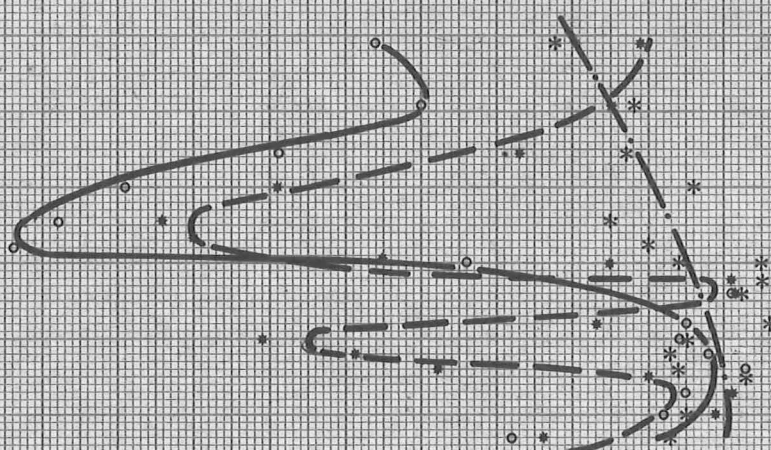
30

3

15

2

0



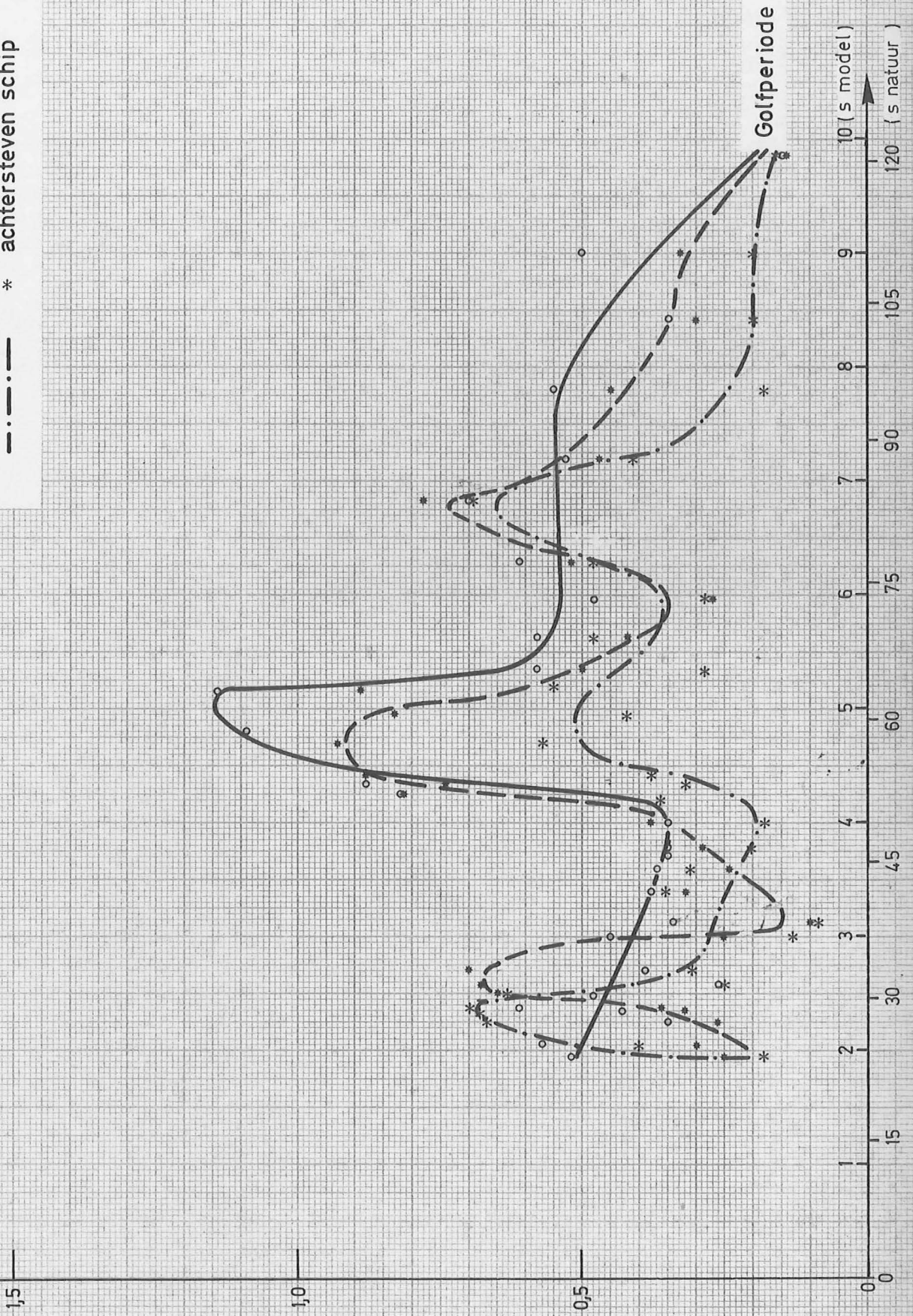


RELATIE GOLFPENETRATIE - PERIODE
VARIANTE A RICHTING WNW

Golfhoogte gemeten ter hoogte van

- o voorsteven schip
- * midden schip
- .- * achtersteven schip

Golfhoogte binnen de haven
Golfhoogte buiten de haven





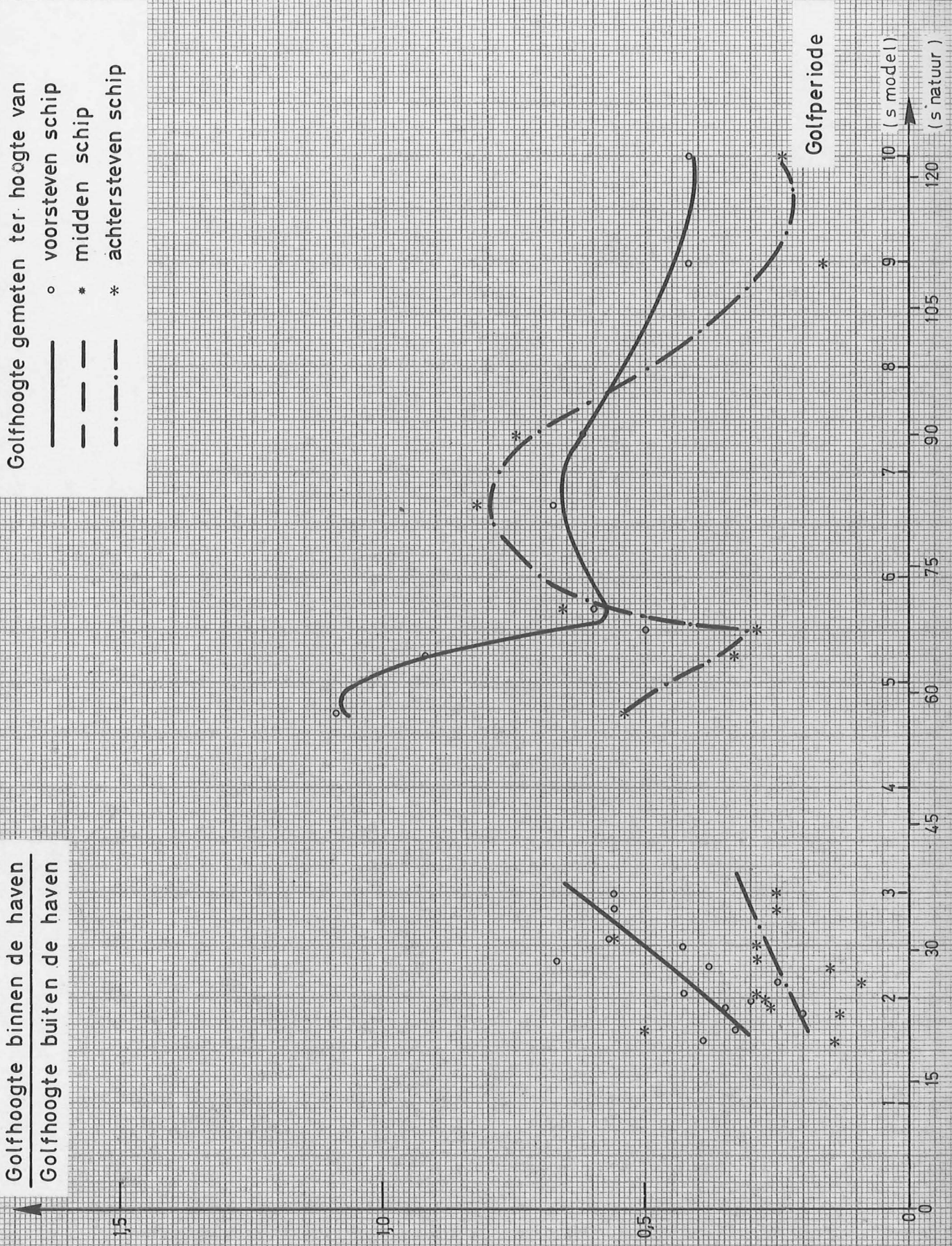
RELATIE GOLFPENETRATIE - PERIODE
VARIANTE A RICHTING NW

Golfhoogte gemeten ter hoogte van

- o voorsteven schip
- * midden schip
- * achtersteven schip

Golfhoogte binnen de haven
Golfhoogte buiten de haven

Golfperiode
(s model)
(s natuur)



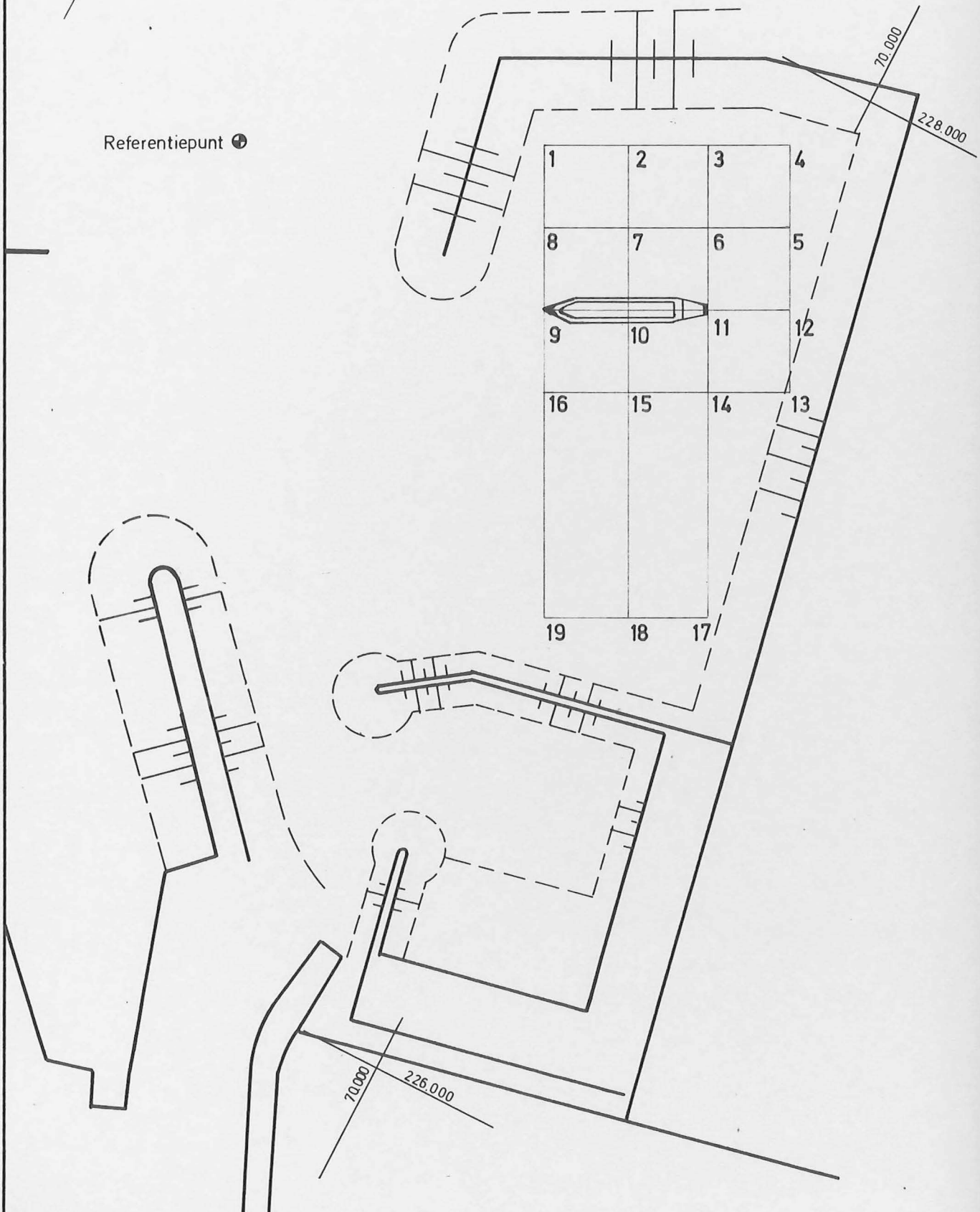


Schaal: 1/10.000
Waterstand: Z + 4,70 m

LIGGING LNG TANKER EN MEETPUNTENROOSTER
VARIANTE A

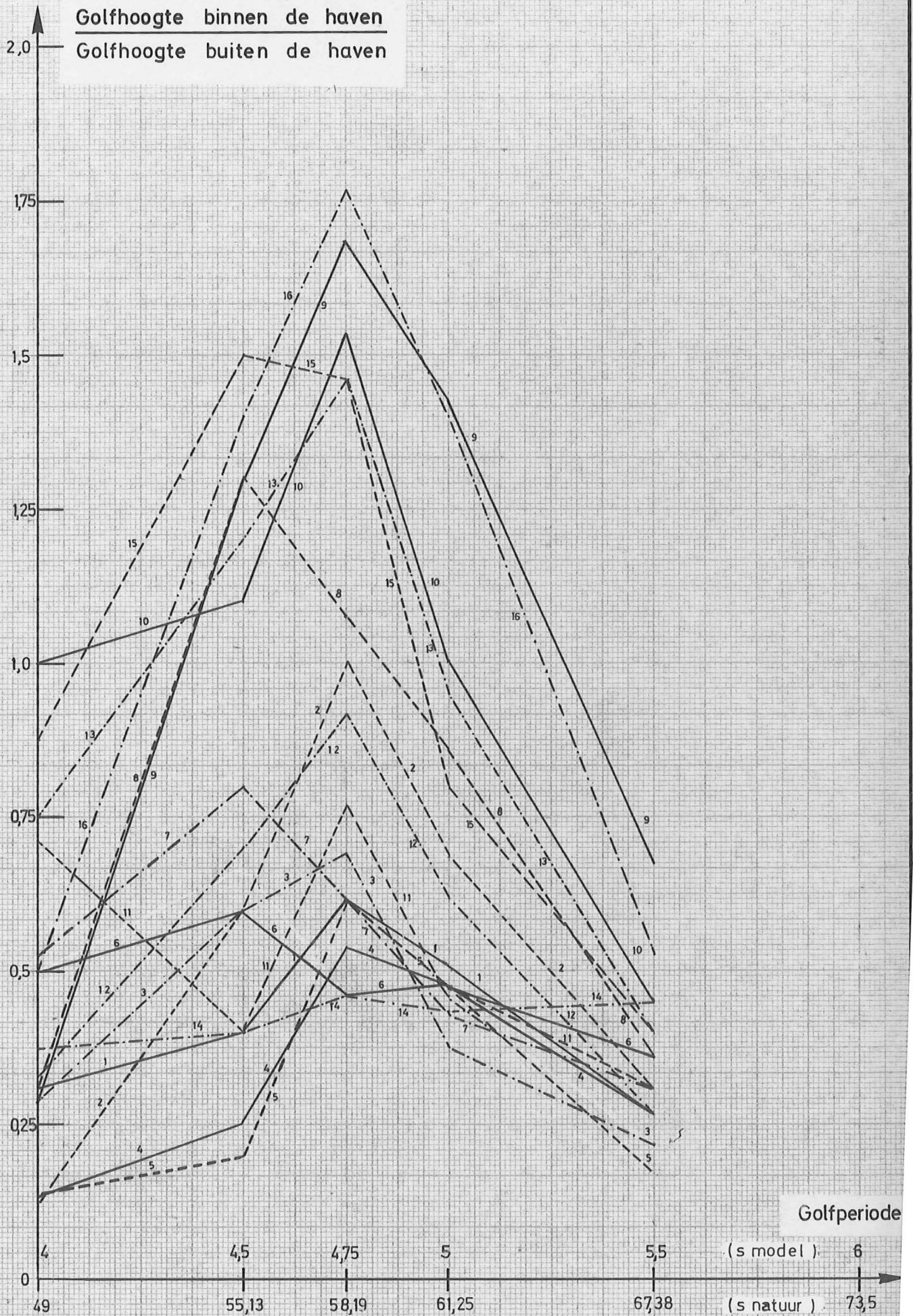


Referentiepunt ⊕





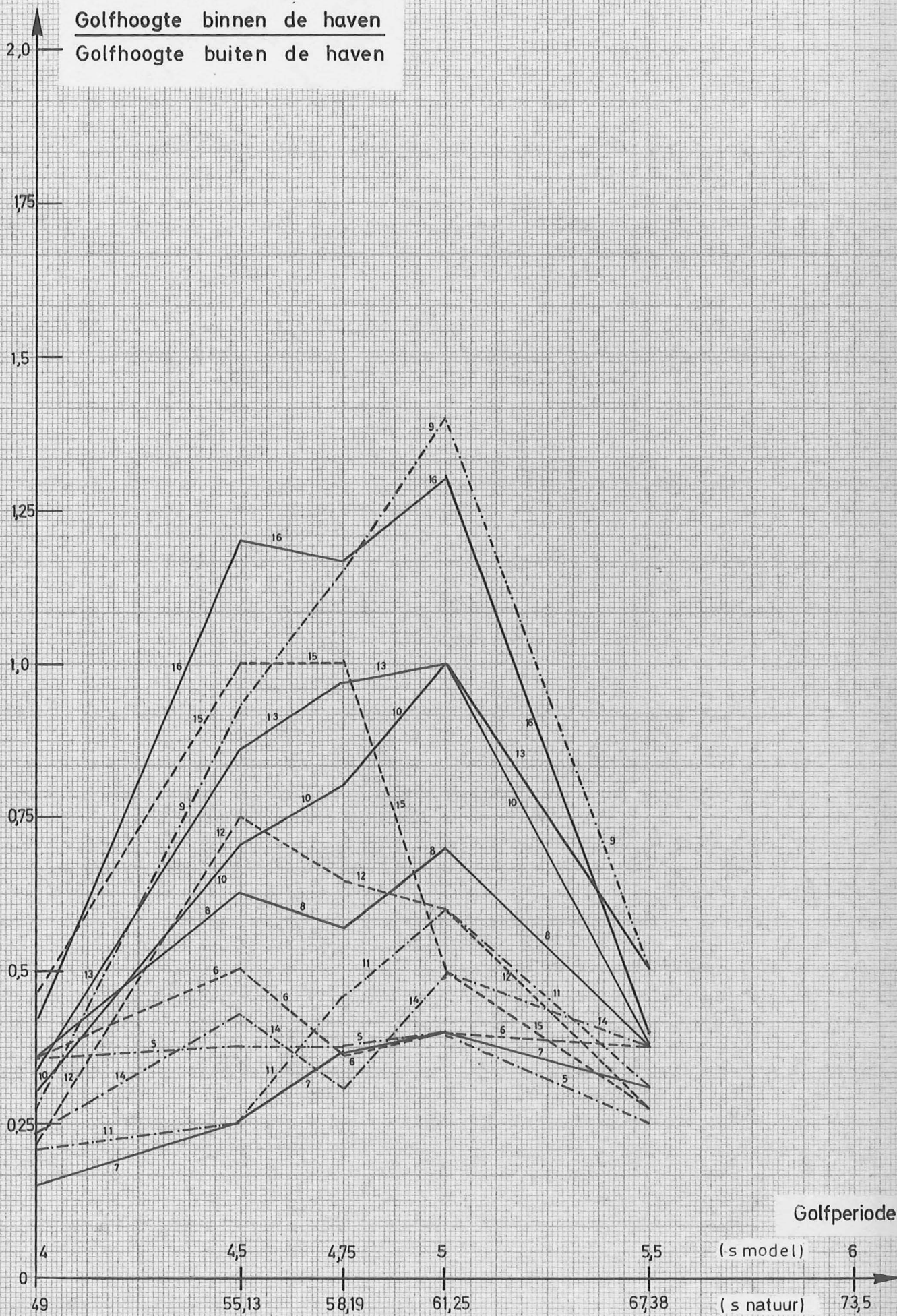
RELATIE GOLFPENETRATIE _ KONSTANTE PERIODE
VARIANTE A RICHTING W



W.L. 79059



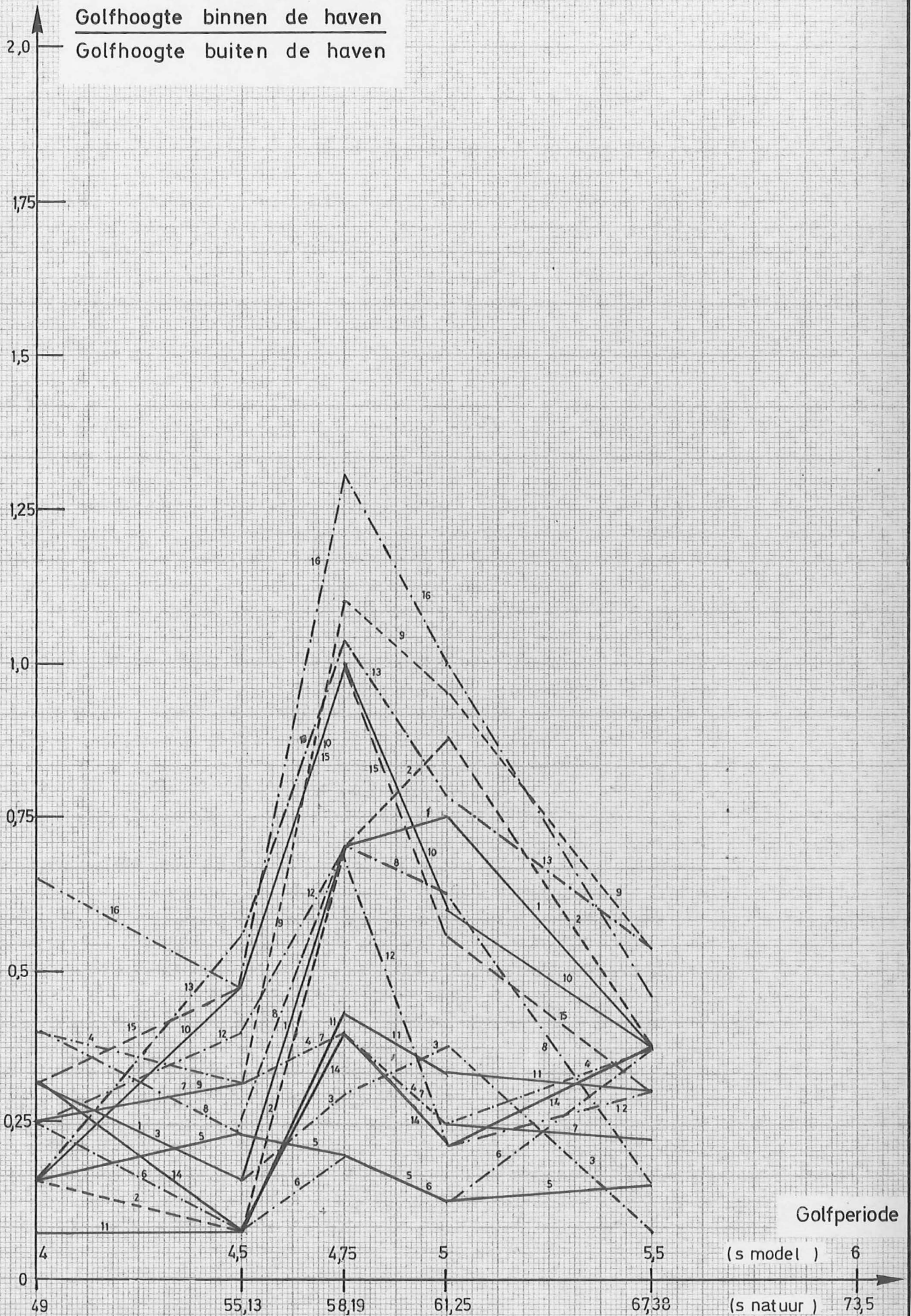
RELATIE GOLFPENETRATIE _ KONSTANTE PERIODE
VARIANTE A RICHTING WNW



W.L. 79060



RELATIE GOLFPENETRATIE _ KONSTANTE PERIODE
VARIANTE A RICHTING NW

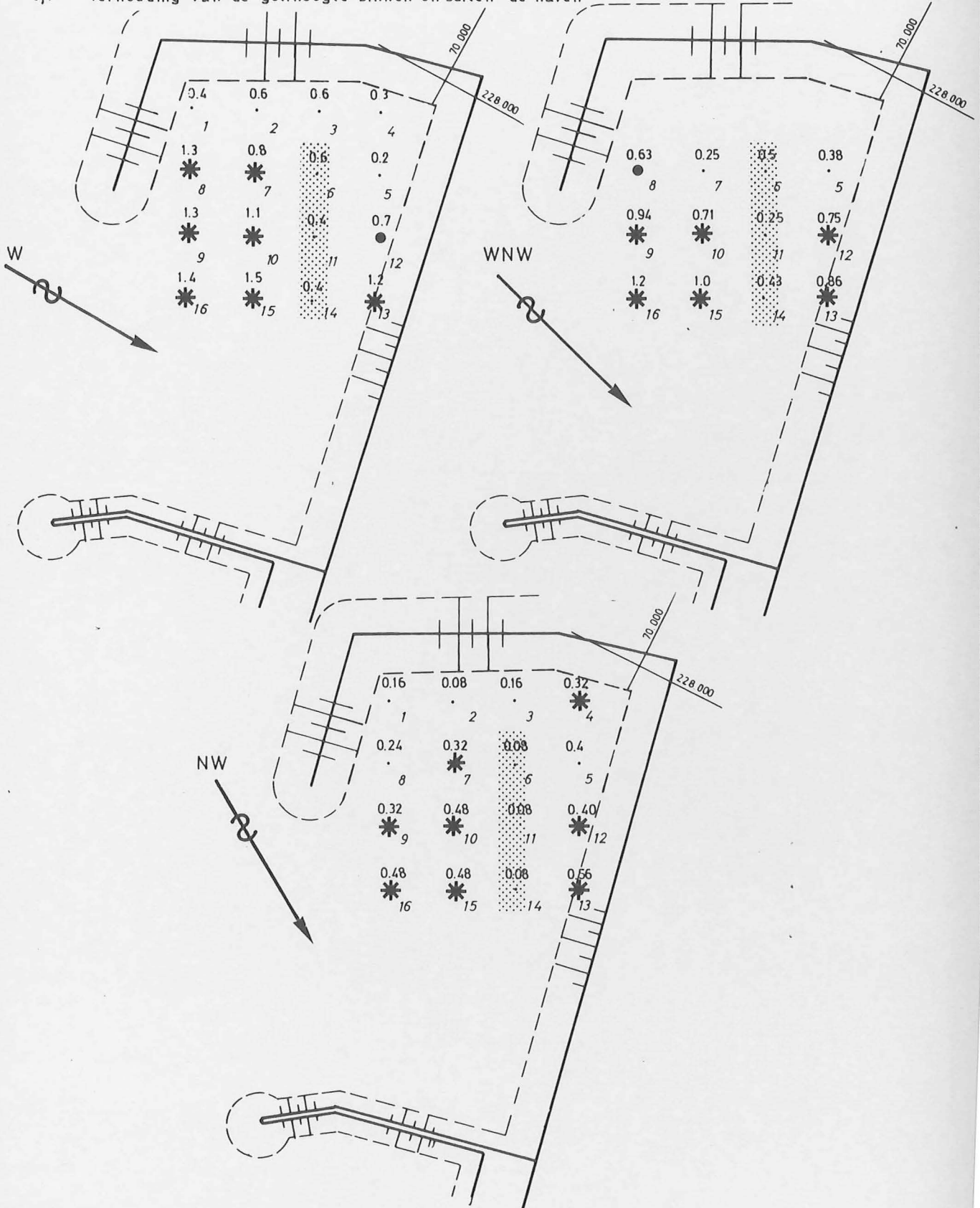




GOLFPATROON
VARIANTE A

PERIODE 4,5 s

- * HOGE WAARDEN
- GEMIDDELDE WAARDEN
- LAGE WAARDEN
- 12 nummering punten
- 0,4 verhouding van de golfhoogte binnen en buiten de haven

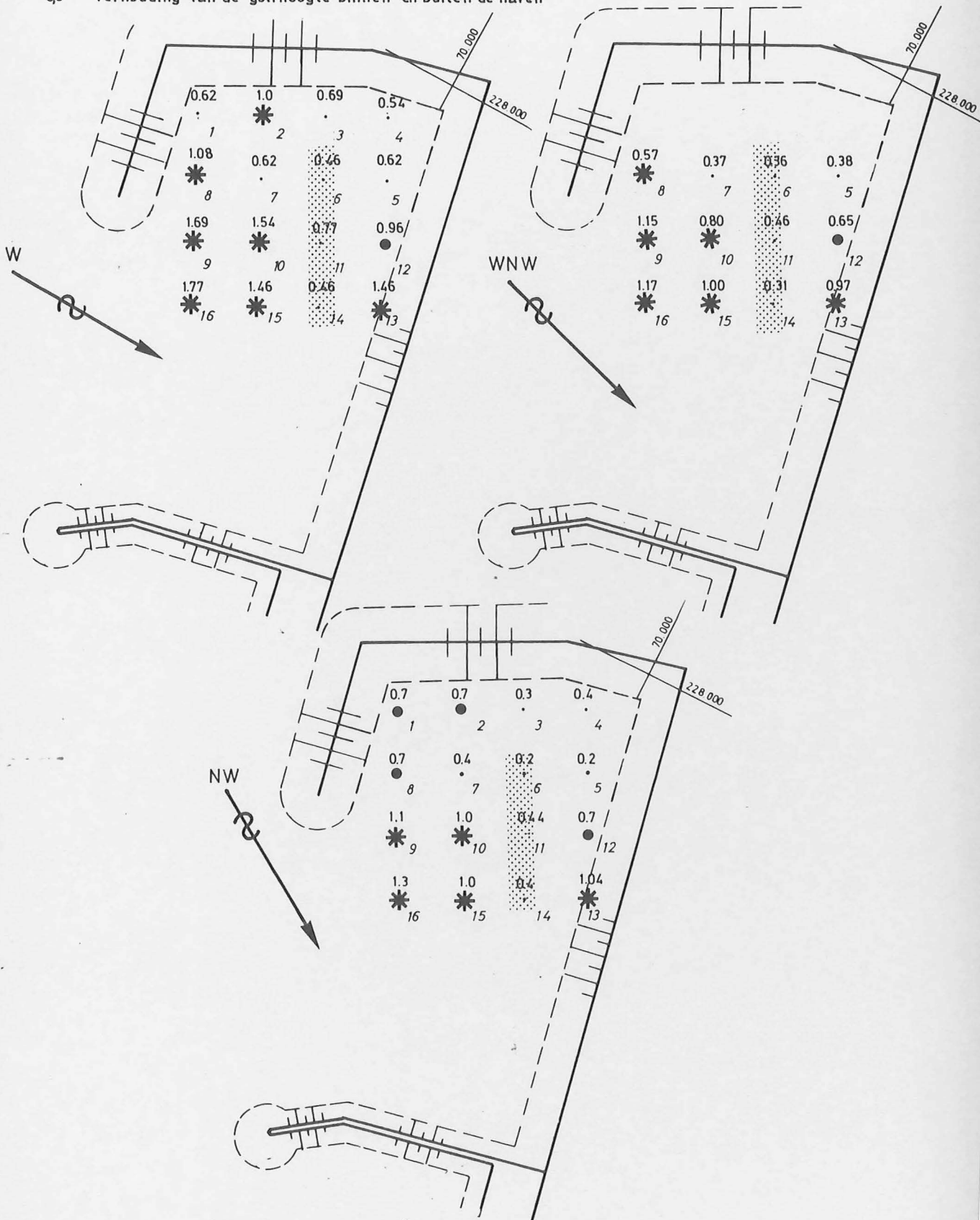


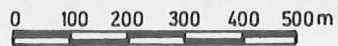
0 100 200 300 400 500m

GOLFPATROON
VARIANTE A

PERIODE 4,75 s

- * HOGE WAARDEN
- GEMIDDELDE WAARDEN
- LAGE WAARDEN
- 12 nummering punten
- 0,9 verhouding van de golfhoogte binnen en buiten de haven

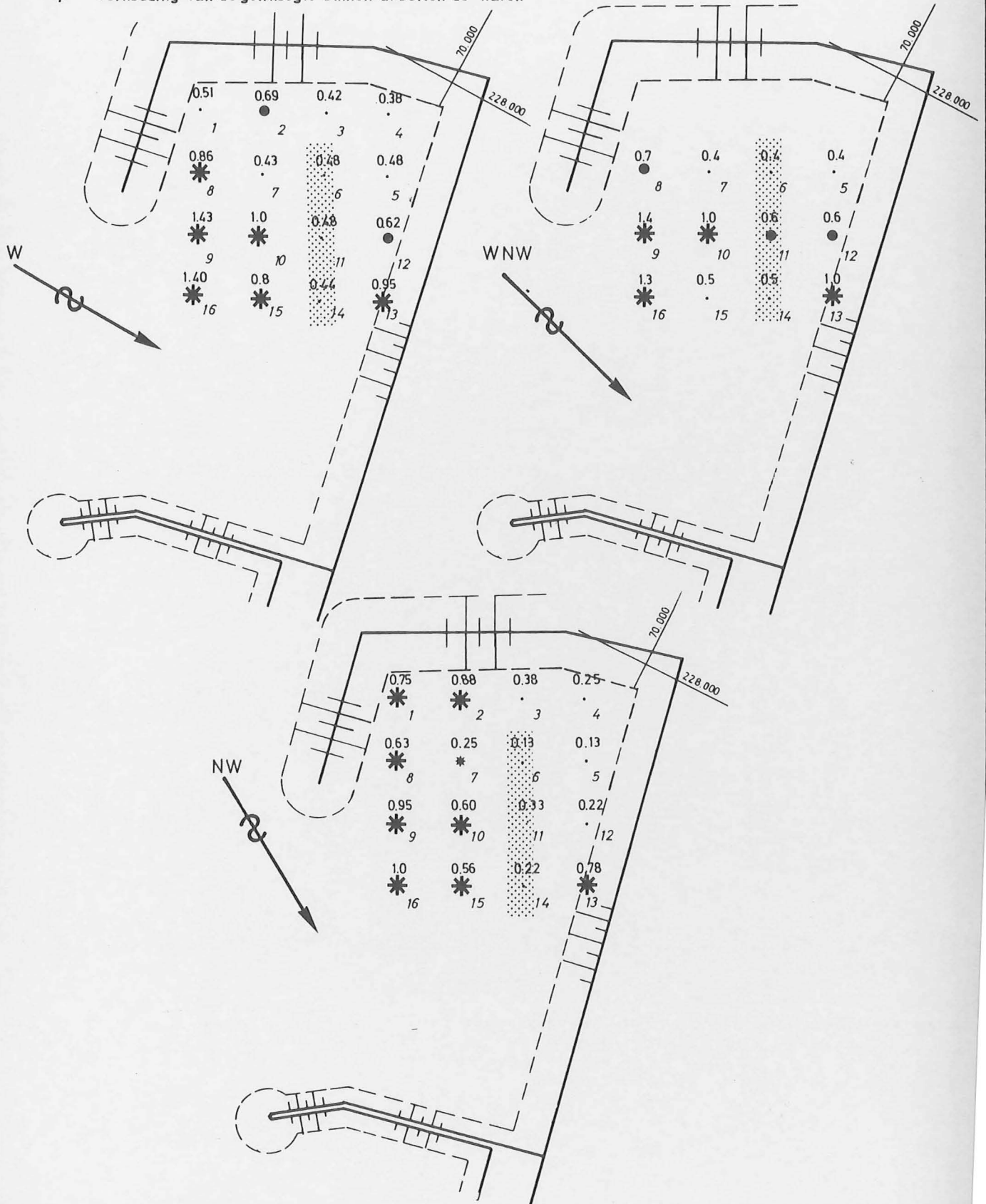




GOLFPATROON
VARIANTE A

PERIODE 5 s

- * HOGE WAARDEN
- GEMIDDELDE WAARDEN
- LAGE WAARDEN
- 12 nummering punten
- 07 verhouding van de golfhoogte binnen en buiten de haven

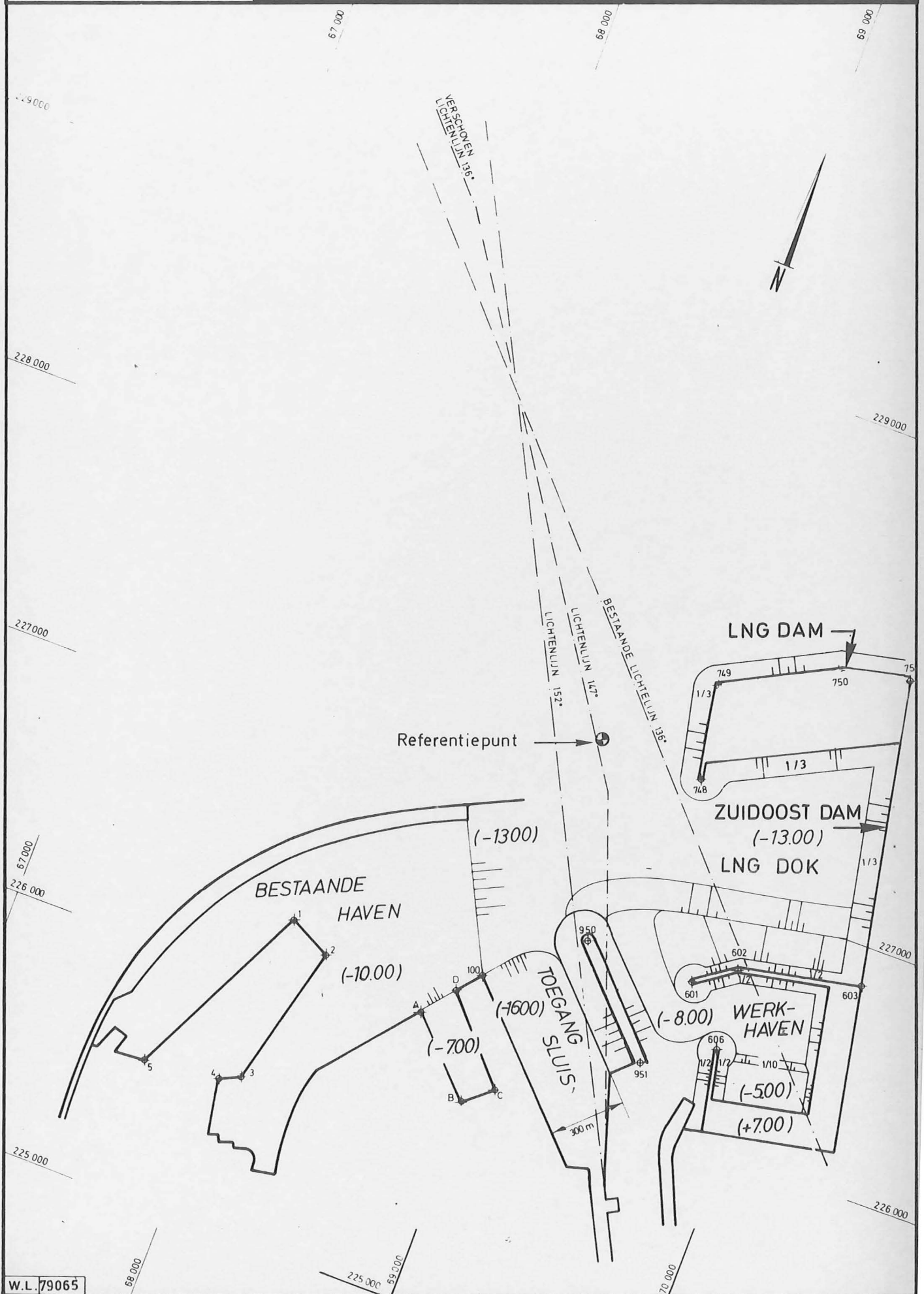




Schaal: 1 / 2000
Ref. plan: T.V.Z. I 45-051-1

VARIANTE B

BOUWPLAN





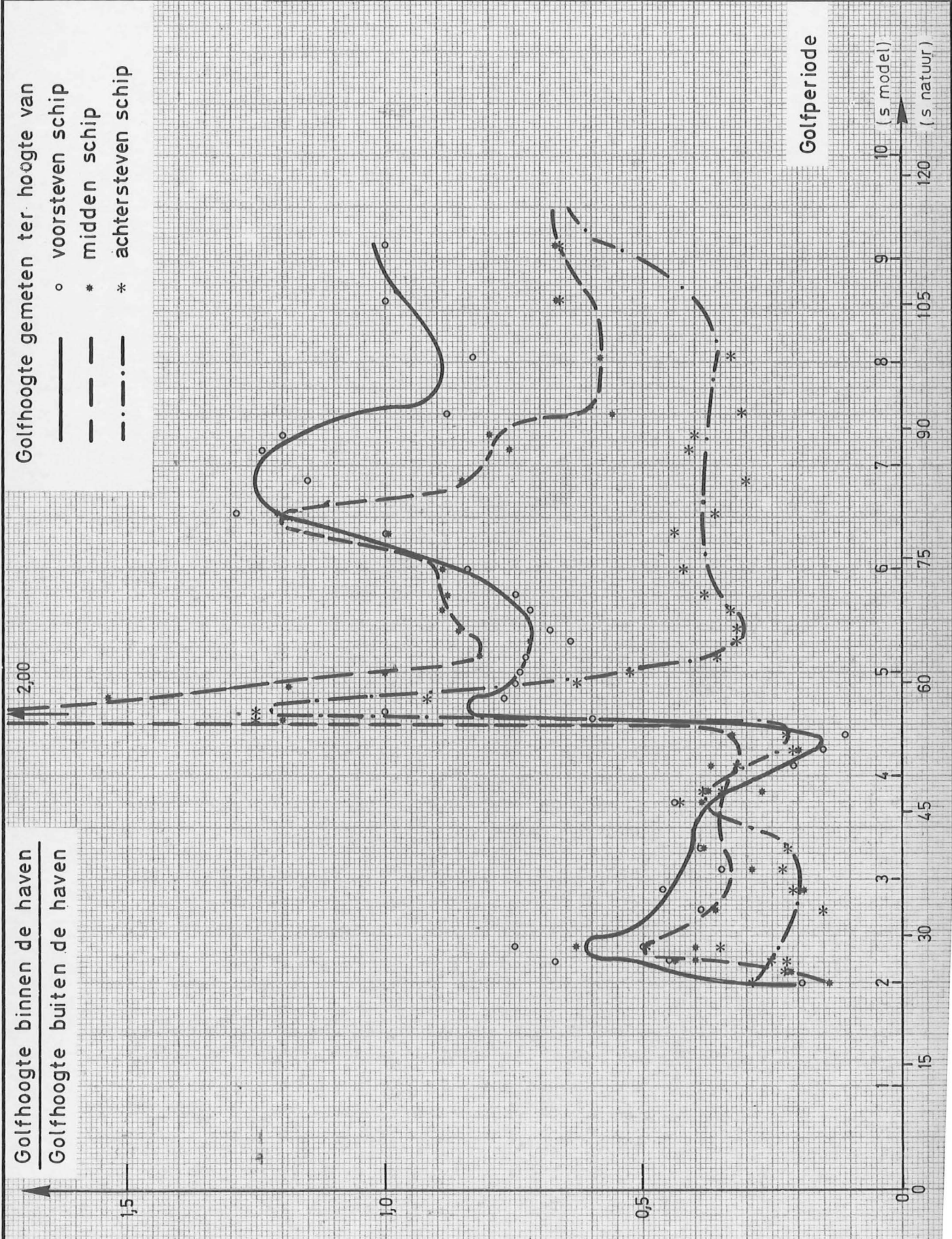
RELATIE GOLFPENETRATIE - PERIODE
VARIANTE B RICHTING W

Golfhoogte gemeten ter hoogte van
— o voorstevan schip
— * midden schip
— * achterstevan schip

Golfhoogte binnen de haven
Golfhoogte buiten de haven

Golfperiode

10 (s model)
120 (s natuur)



**RELATIE GOLFPENETRATIE - PERIODE
VARIANTE B RICHTING WNW**

Golfperiode

10 (s model)
 120 (s natuur)

90

75

60

45

30

15

0

0

0

0

Golfhoogte gemeten ter hoogte van
 o voorsteven schip
 * midden schip
 * achtersteven schip

2,00

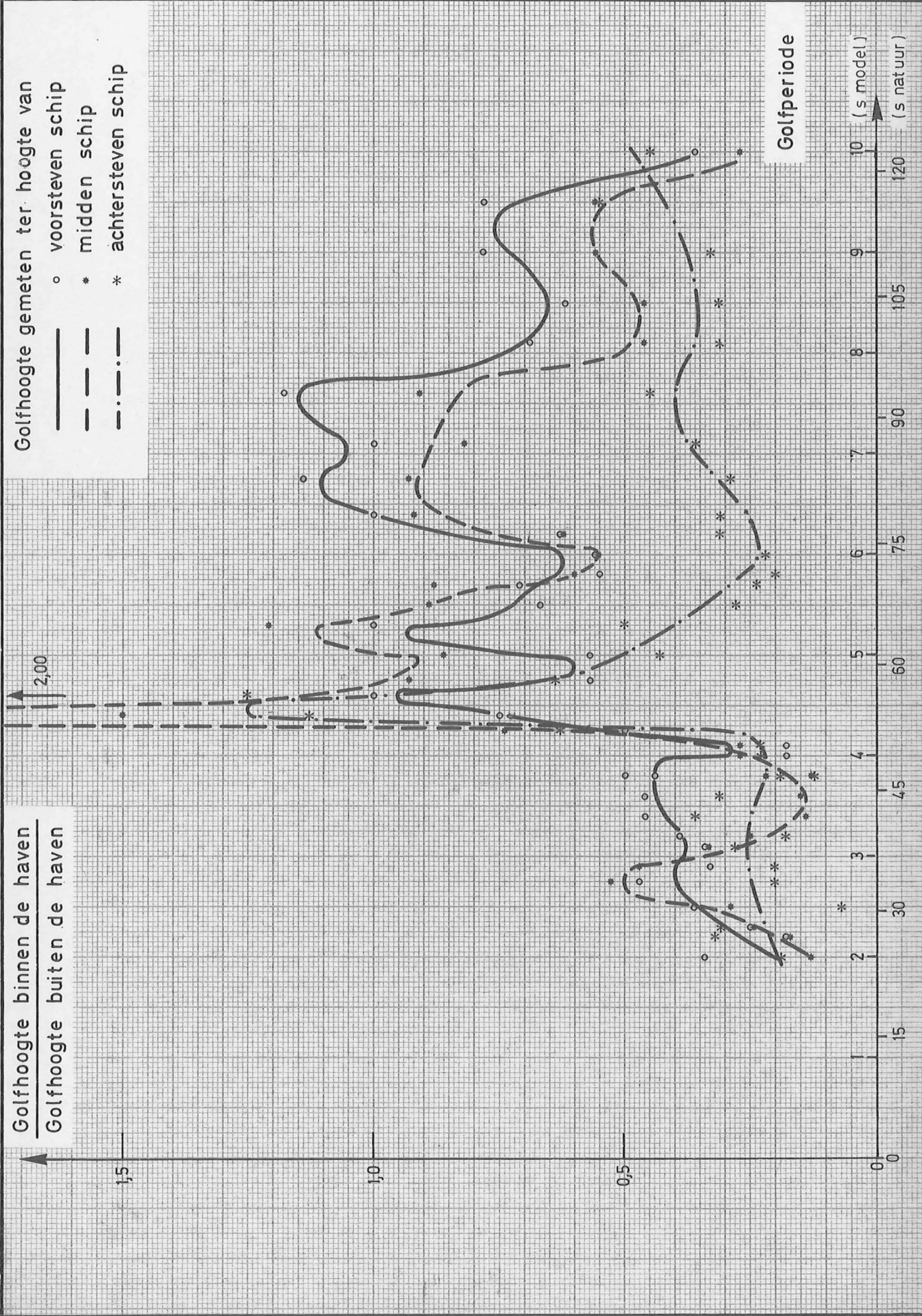
Golfhoogte binnen de haven
 Golfhoogte buiten de haven

1,5

1,0

0,5

0

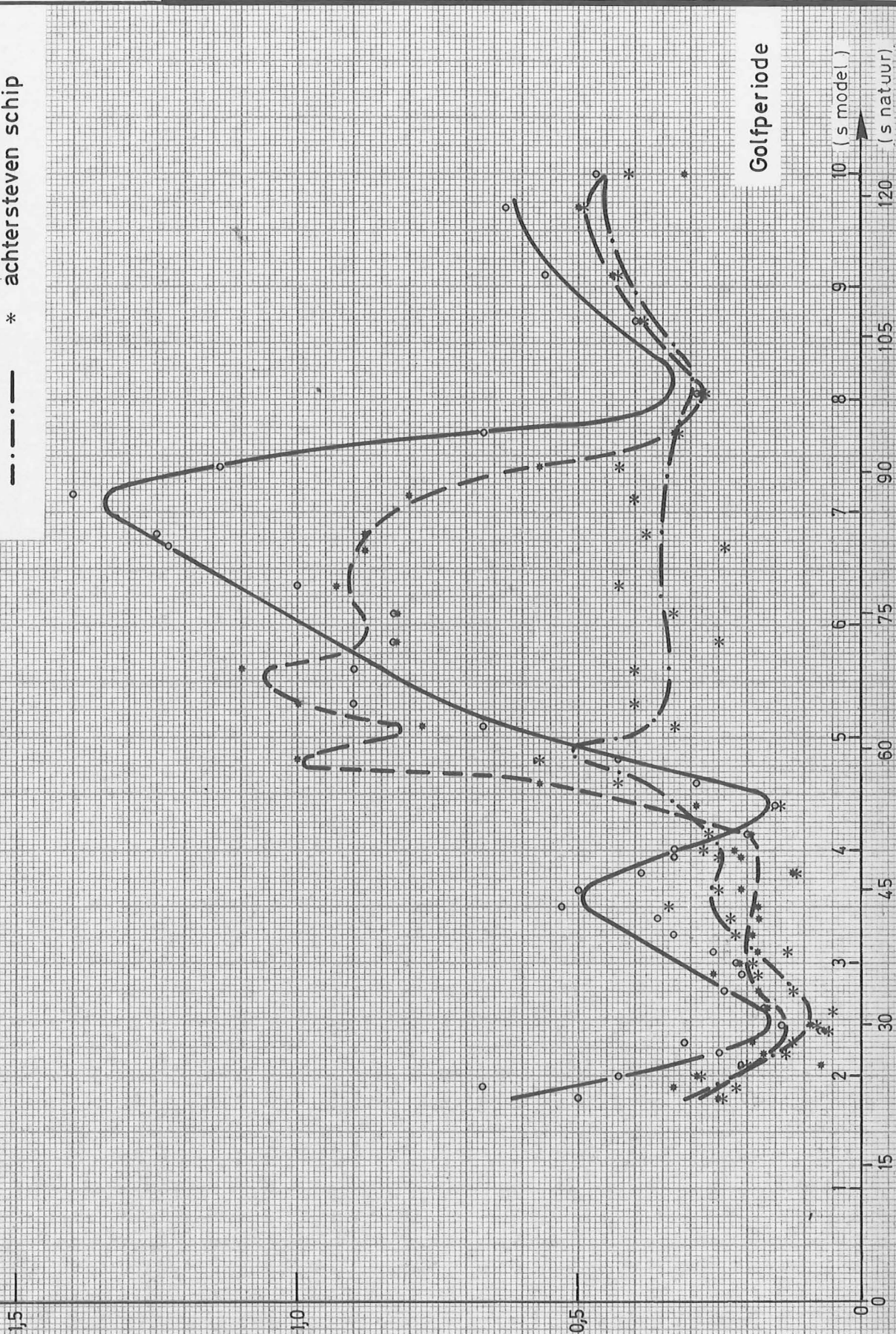


RELATIE GOLFPENETRATIE - PERIODE
VARIANTE B RICHTING NW

Golfhoogte gemeten ter hoogte van

- o — voorsteven schip
- - - * midden schip
- · - · - * achtersteven schip

Golfhoogte binnen de haven
Golfhoogte buiten de haven



Golfperiode

10 (s model)
120 (s natuur)

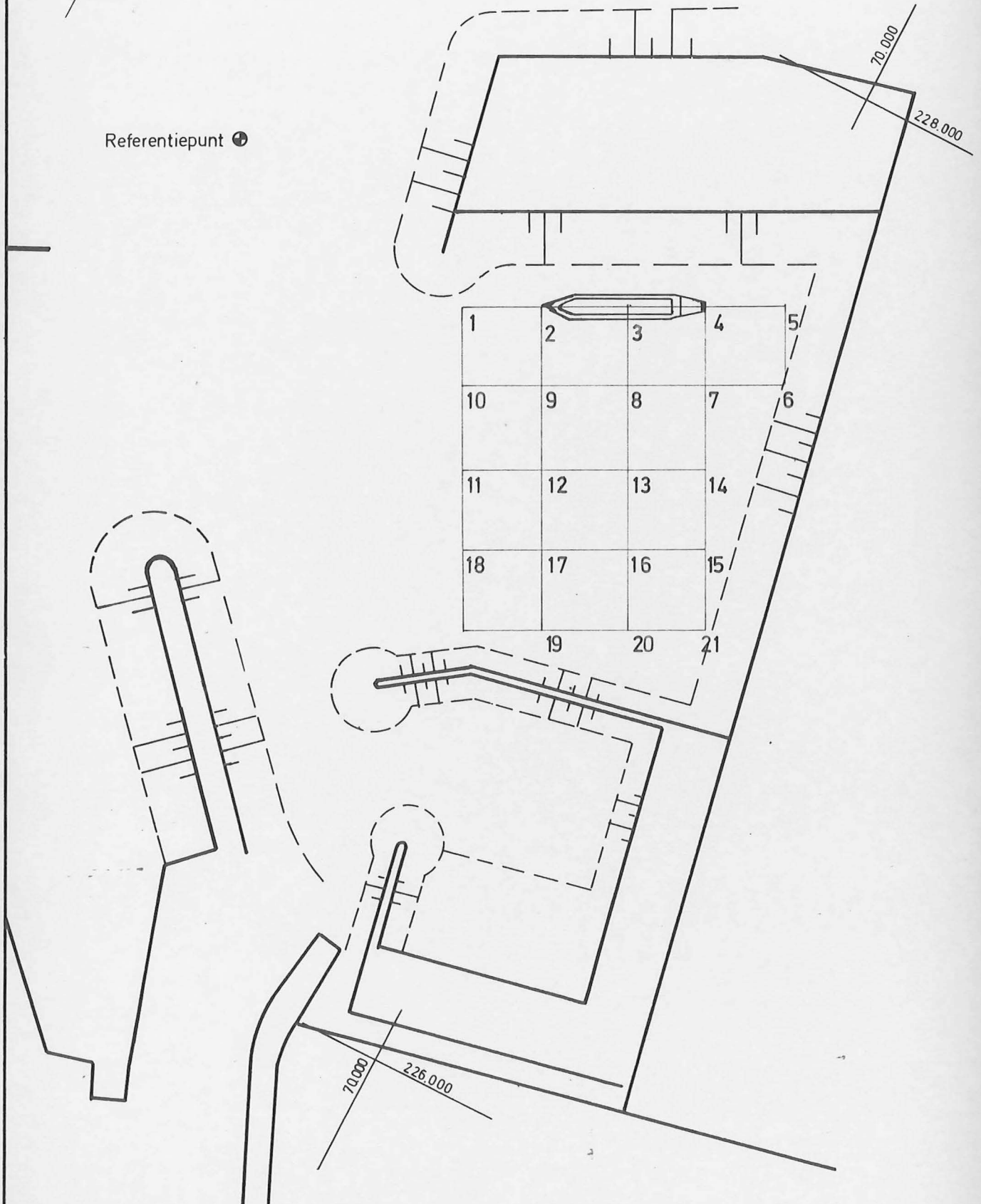


Schaal: 1/10.000
Waterstand: Z + 4,70 m

LIGGING LNG TANKER EN MEETPUNTEN ROOSTER
VARIANTE B

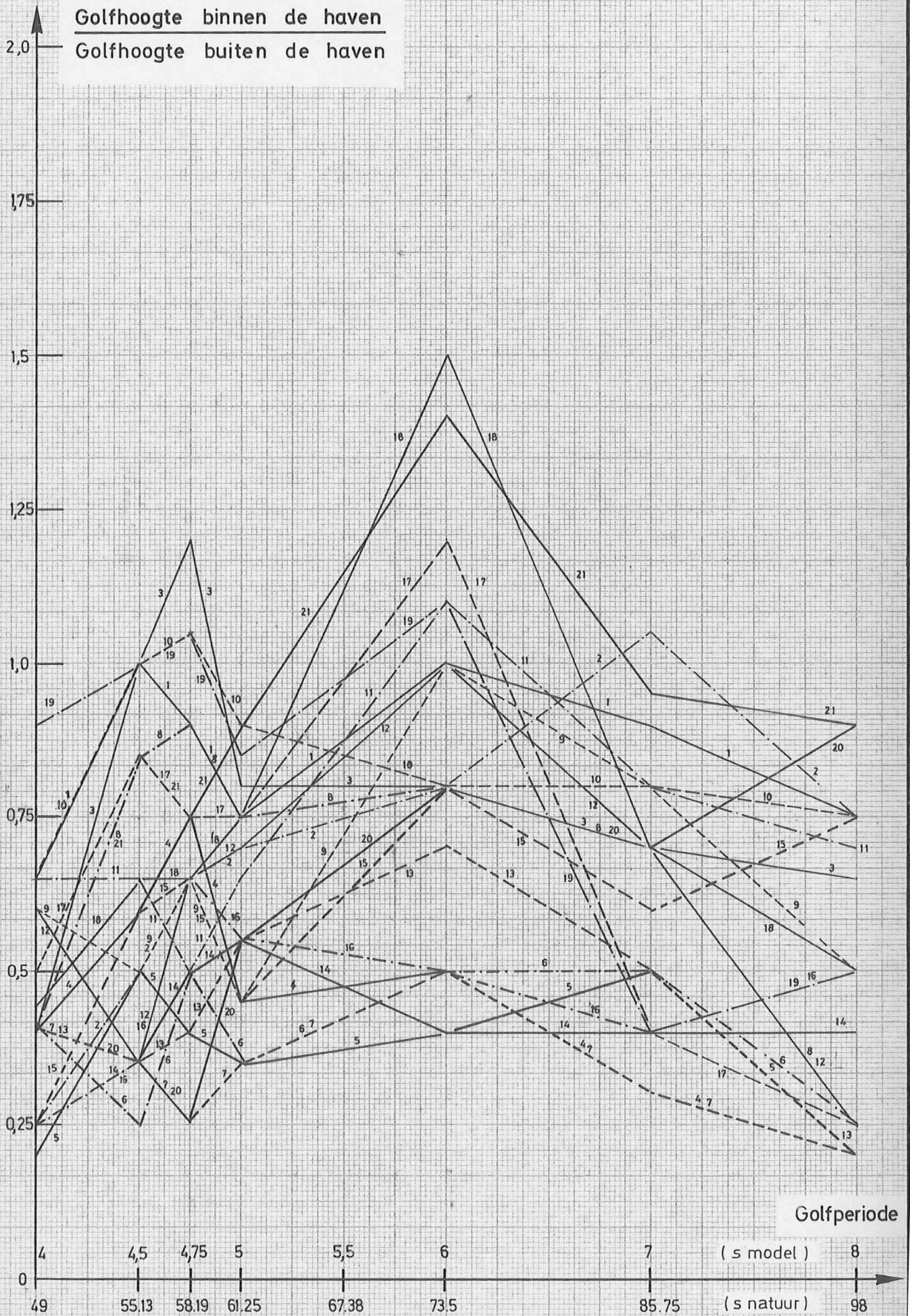


Referentiepunt ⊕



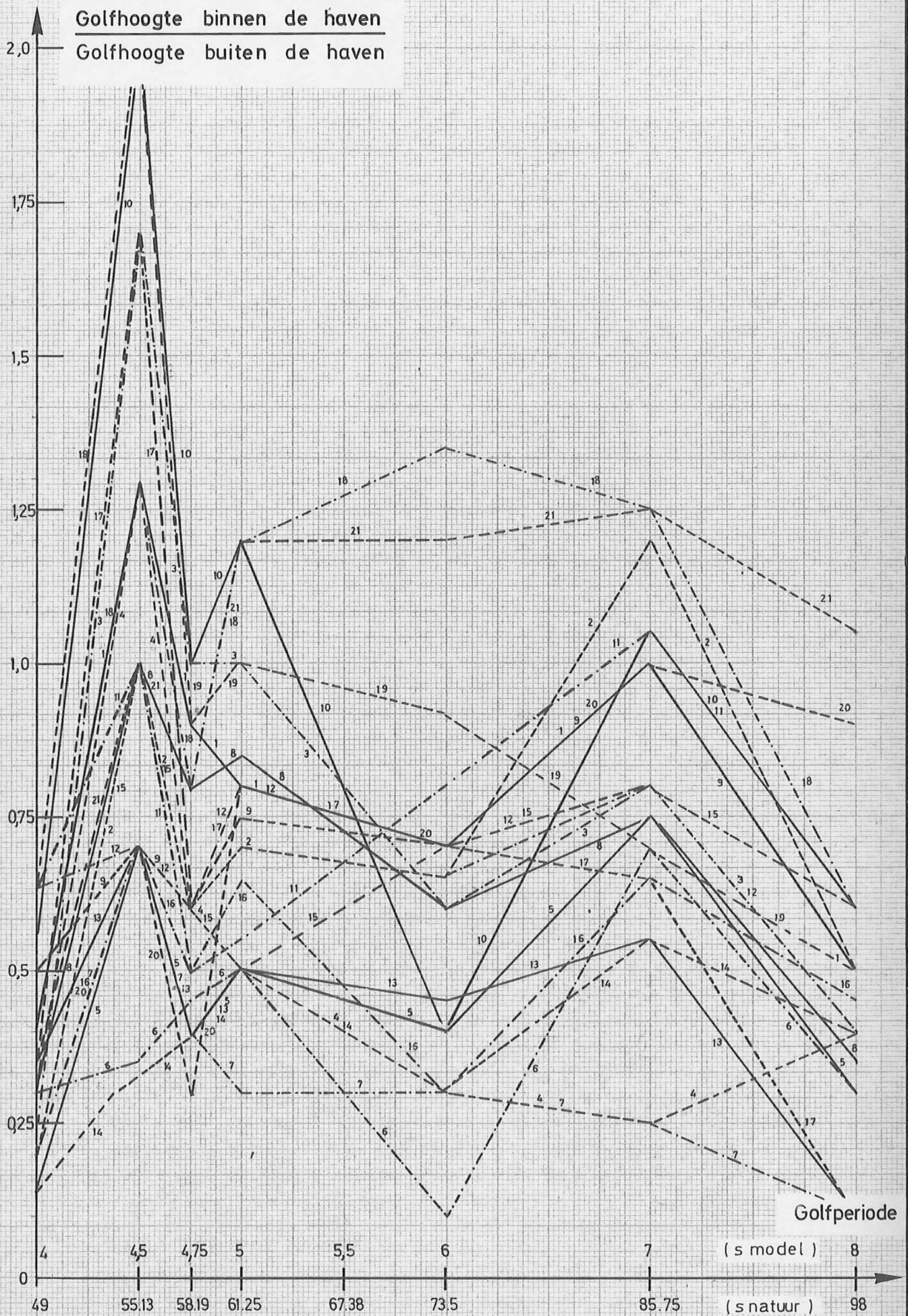


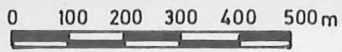
RELATIE GOLFPENETRATIE _ KONSTANTE PERIODE
VARIANTE B RICHTING W





RELATIE GOLFPENETRATIE _ KONSTANTE PERIODE
VARIANTE B RICHTING WNW





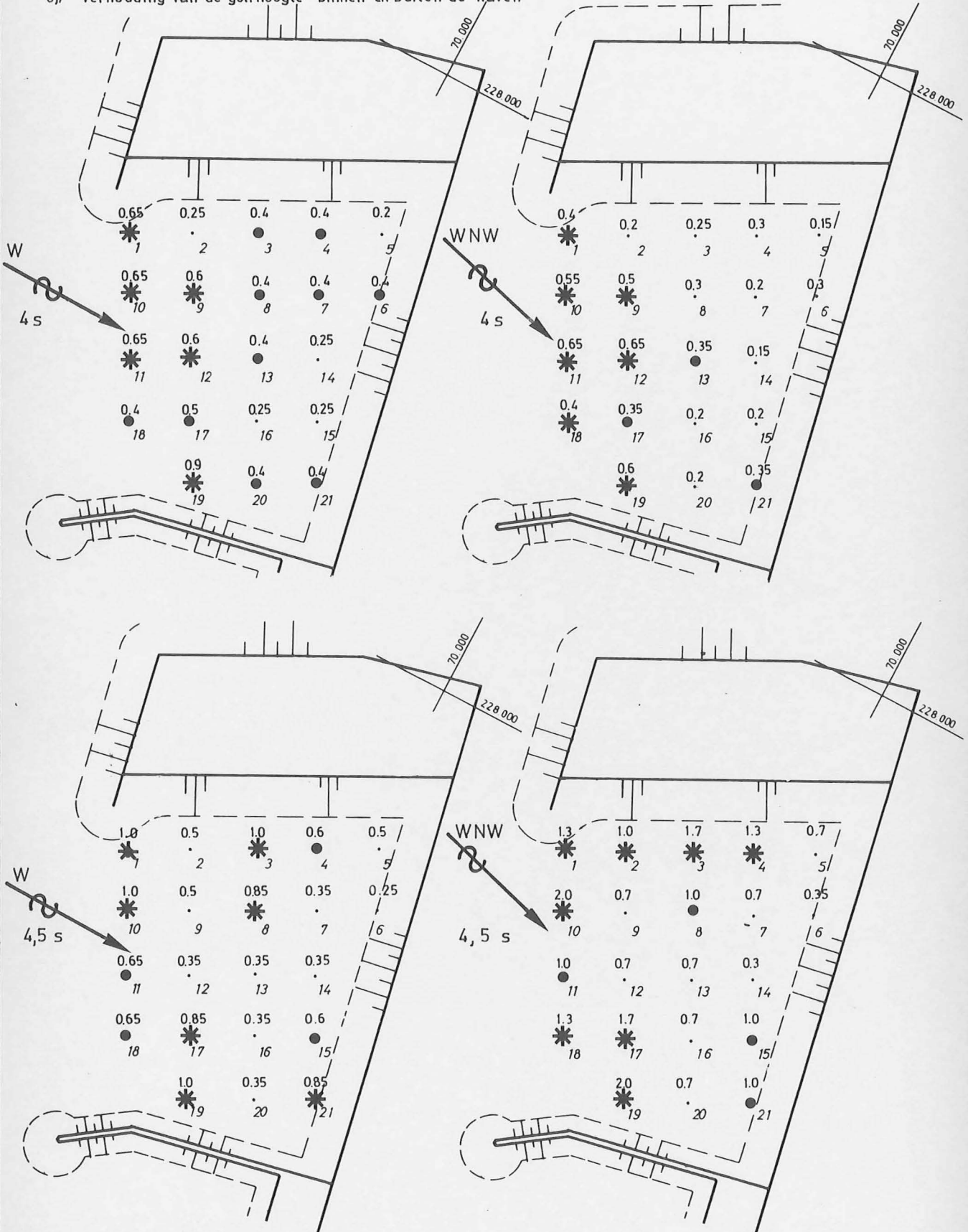
**GOLFPATROON
VARIANTE B**

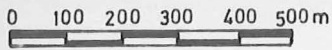
PERIODE 4s - 4,5s model

- * HOGE WAARDEN
- GEMIDDELDE WAARDEN
- LAGE WAARDEN

12 nummering punten

0,7 verhouding van de golfhoogte binnen en buiten de haven





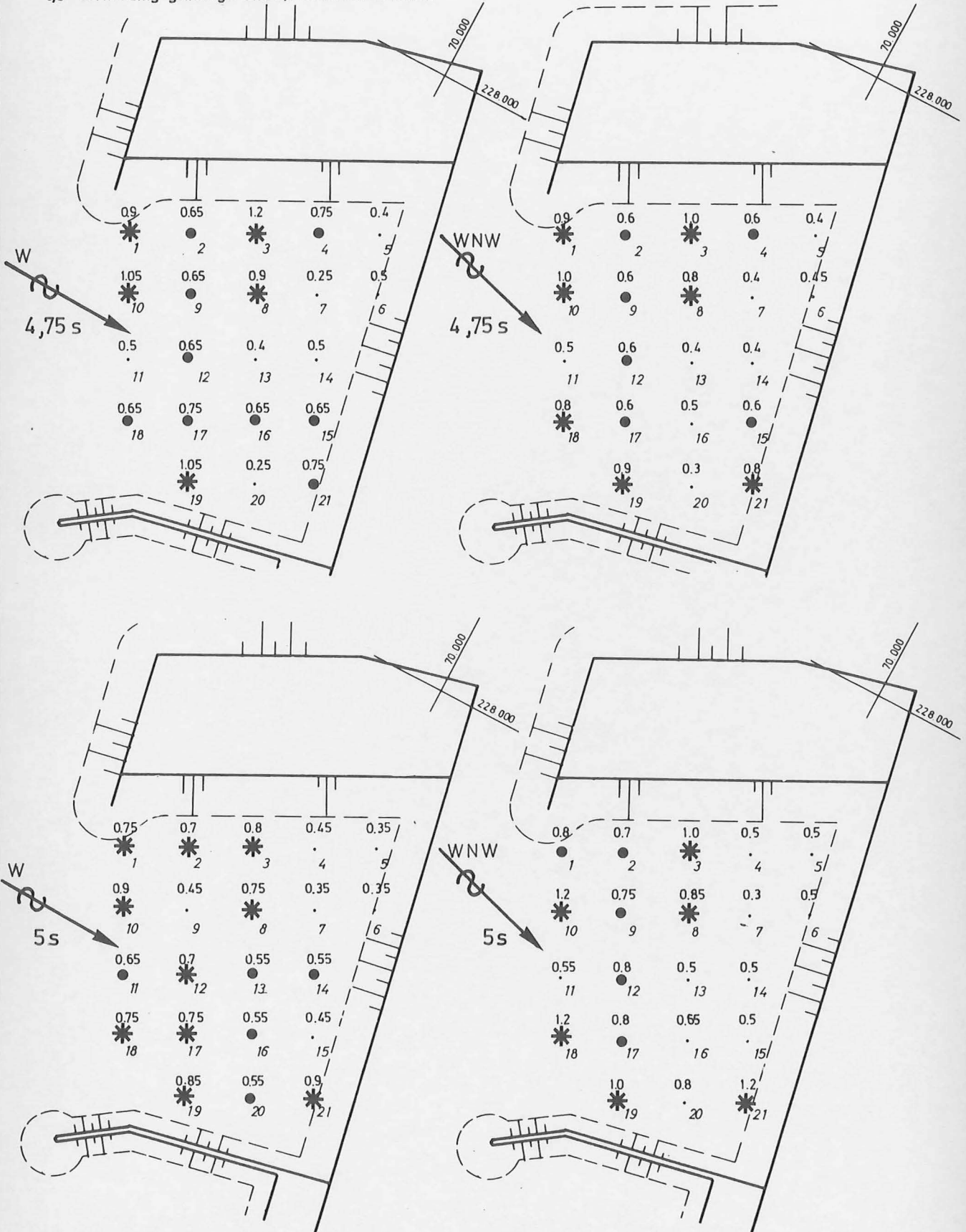
GOLFPATROON
VARIANTE B

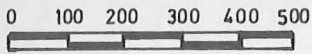
PERIODE 4,75 s - 5s model

- * HOGE WAARDEN
- GEMIDDELDE WAARDEN
- LAGE WAARDEN

12 nummering punten

0,5 verhouding golfhoogte binnen en buiten de haven





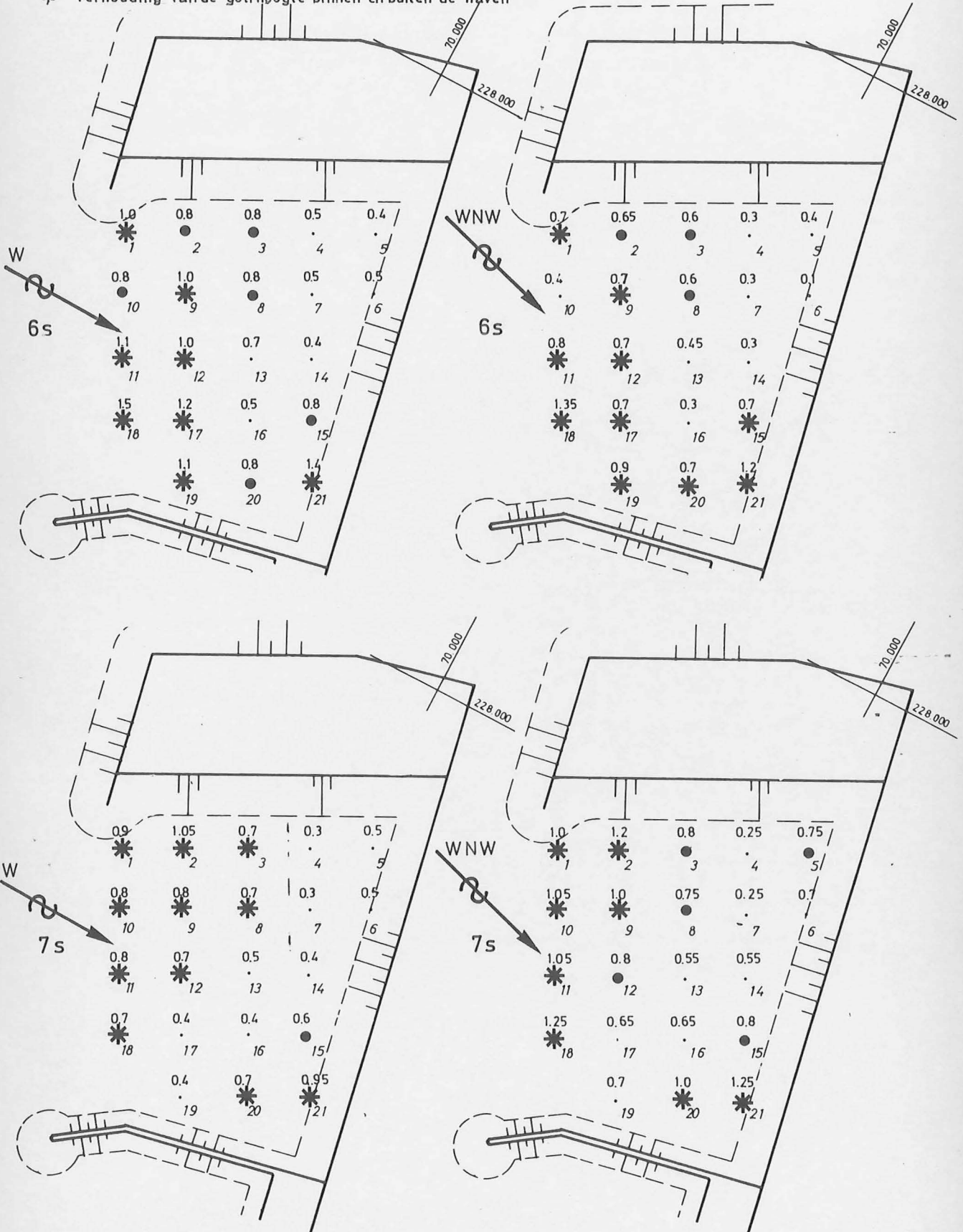
GOLFPATROON
VARIANTE B

PERIODE 6s -7s model

- * HOGE WAARDEN
- GEMIDDELDE WAARDEN
- LAGE WAARDEN

12 nummering punten

0,9 verhouding vande golfhoopte binnen en buiten de haven





GOLFPATROON
VARIANTE B

PERIODE 8s model

- * HOGE WAARDEN
- GEMIDDELDE WAARDEN
- LAGE WAARDEN
- 12 nummering punten
- 0.7 verhouding van de golfhoogte binnen en buiten de haven



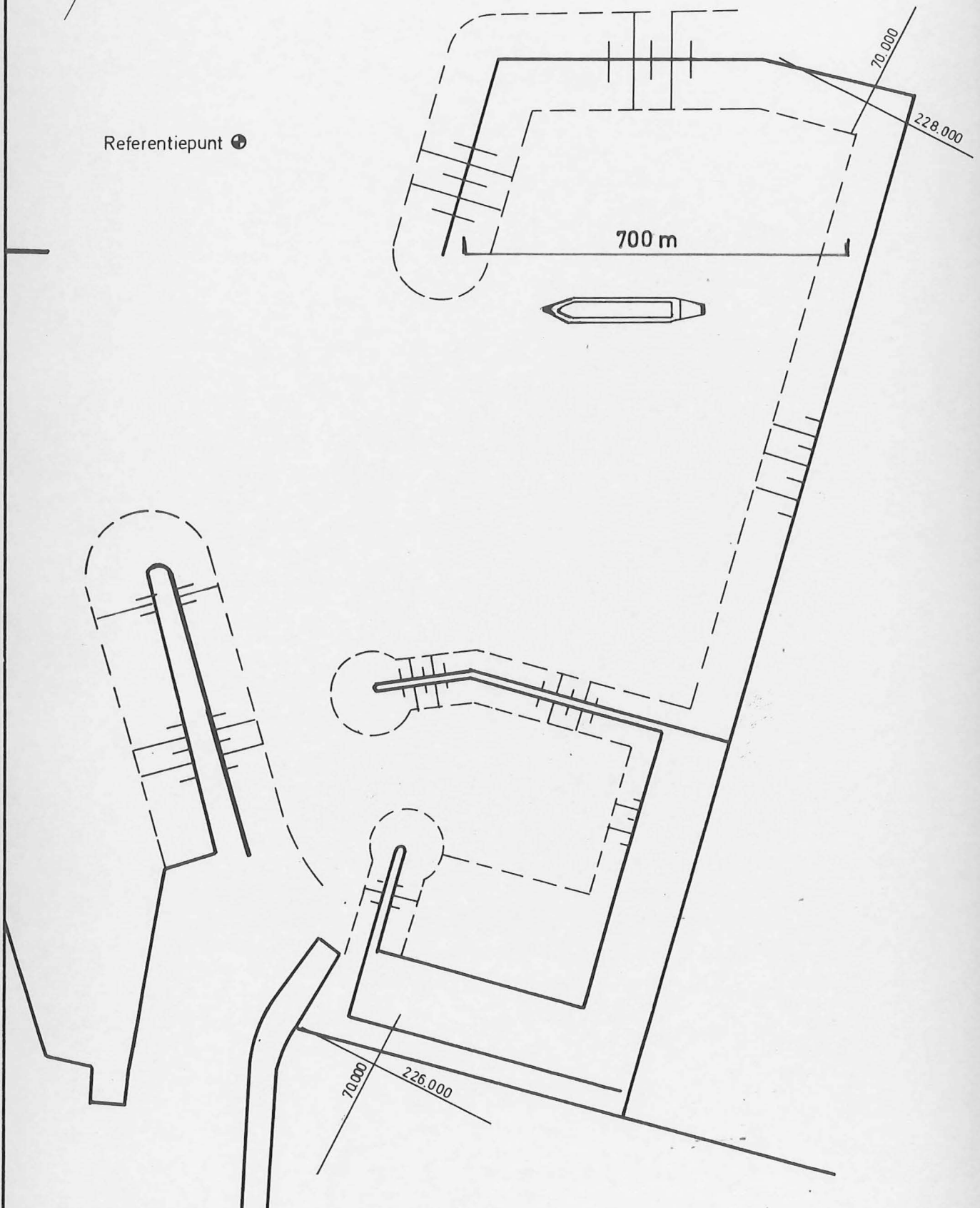


Schaal: 1/10.000
Waterstand: Z + 4,70 m

THEORETISCHE BENADERING RESONANTIE VERSCHIJNSEL
VARIANTE A

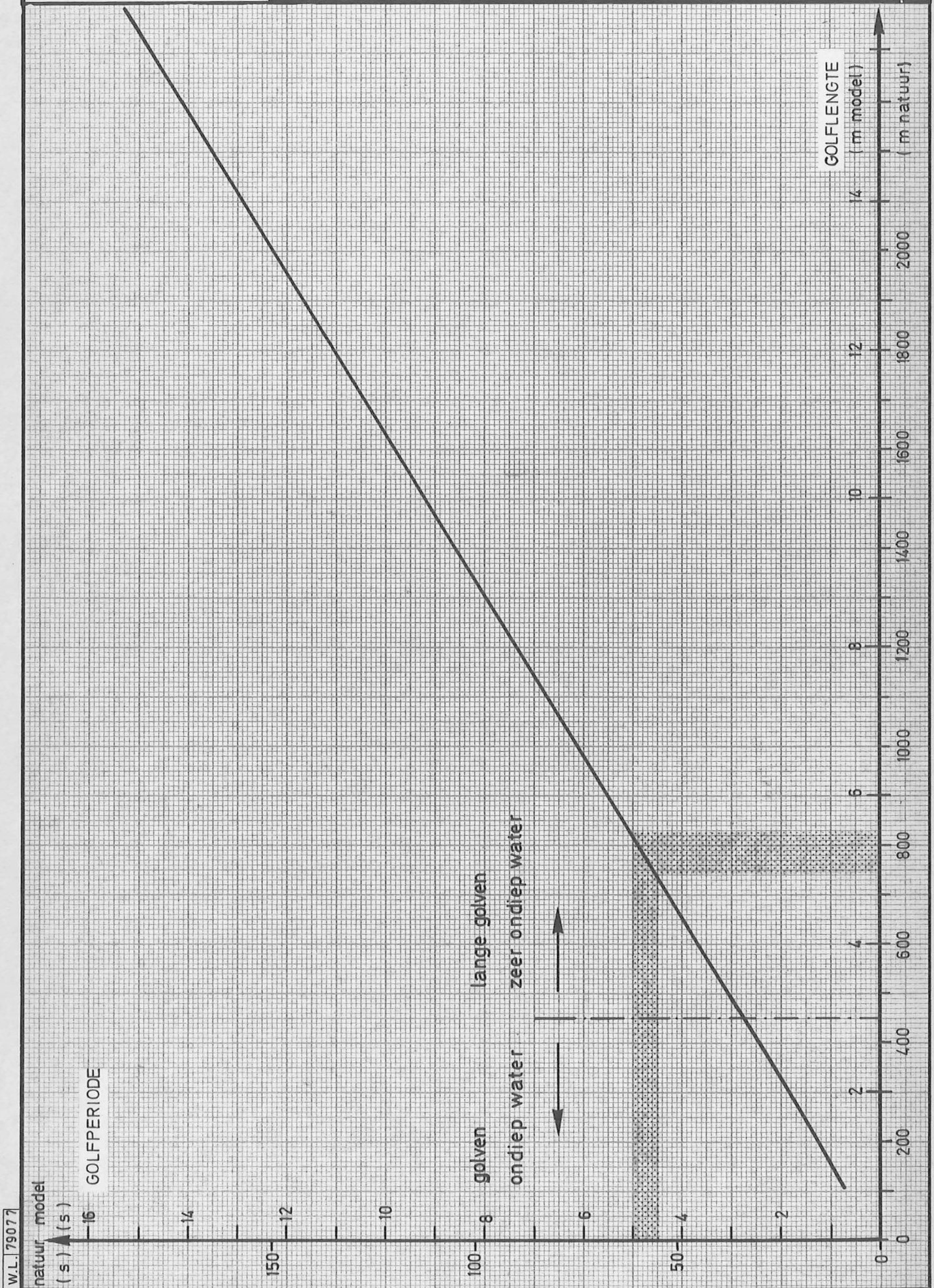


Referentiepunt ⊕



Waterdiepte 18 m

VERBAND GOLFPERIODE – GOLFLENGTE



W.L. 79077

editie

WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

BERCHEMLEI 115
2200 BORGERHOUT
BELGIE
TELEFOON 031/36.18.50.

