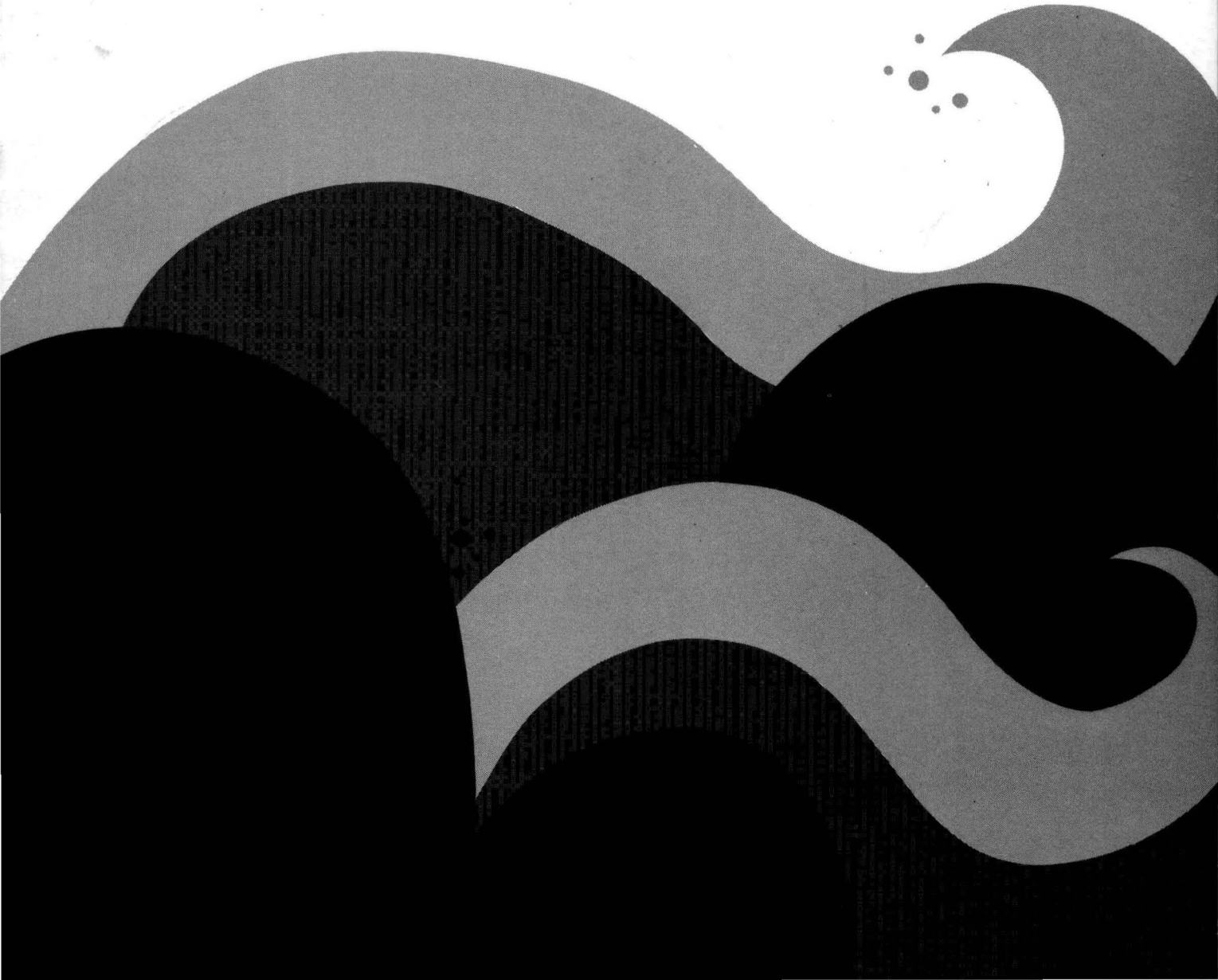




**mod.320-2**

VOORHAVEN  
ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE  
STUDIE  
VAN DE GOLVEN



WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
borgerhout antwerpen

---



ministerie van openbare werken  
bruggen en wegen  
bestuur der waterwegen

VOORHAVEN VAN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
MOD.320-2

1.	Doel van de studie.	1
2.	Gebruikte documenten en kaarten.	1
	2.1. documenten.	1
	2.2. kaarten.	1
3.	Bespreking van de natuurgegevens.	2
4.	De refractieberekening.	4
	4.1. Principe.	4
	4.2. Bepaling van de perioden.	5
	4.3. Uitvoering van de refractieberekening.	7
	4.4. Bepalen van de refractiecoëfficiënt.	10
5.	Vergelijking van de gerefracteerde golfvoorwaarden van het L.S. Westhinder en de metingen op de meetstations "Bol van Heist" en "Oost van Zeebrugge".	12
6.	Vergelijking van de gerefracteerde golfvoorwaarden van het L.S. Westhinder en de gerefracteerde golfvoorwaarden van het L.S. Wandelaar voor $T = 6$ sec.	14
7.	Vergelijking van de significante golfhoogte bij Hoog en Laag Water.	15
	7.1. Station "Bol van Heist".	16
	7.2. Station "Oost van Zeebrugge".	17
8.	Besluiten.	17

1. DOEL VAN DE STUDIE.

In het vooruitzicht van de modelstudie van de golfdiffractie in de voorhaven van Zeebrugge is het noodzakelijk de golfvoorwaarden te kennen in de onmiddellijke nabijheid van de haven van Zeebrugge. Bij gebrek aan voldoende en voldoende nauwkeurige golfwaarnemingen in de onmiddellijke nabijheid van Zeebrugge moeten deze achterhaald worden uitgaande van golfwaarnemingen op de lichtschepen Westhinder en Wandelaar. Daar deze golfwaarnemingen echter respectievelijk op  $\pm 53,5$  km en op  $\pm 30$  km afstand vanaf het havenlicht op de pier in Zeebrugge opgemeten waren, is het noodzakelijk deze golfwaarnemingen aan te passen door refractieberekeningen.

2. GEBRUIKTE DOCUMENTEN EN KAARTEN.

2.1. Documenten.

- VAN CAUWENBERGHE, C.,  
"Golfwaarnemingen vanaf 1958 tot 1971 aan boord van de Belgische lichtschepen",  
Uittreksel uit "Tijdschrift der Openbare Werken van België"  
1974 nr. 4.
- Brief REF. 80 198 - 120 ZBR van 11-12-73  
Dienst der Kust - Oostende.
- Brief REF. 80 198 - 120 ZBR van 12-02-74  
Dienst der Kust - Oostende.
- Brief REF. 80 198 - 120 ZBR van 14-04-75  
Dienst der Kust - Oostende.

2.2. Kaarten.

- Noordzee; Vlaamse Banken, schaal 1/100.000,  
Hydrografische Dienst der Kust. België.
- Nordsee; Dünkirchen bis Scheveningen, schaal 1/150.000  
Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg, Duitsland.  
Strasse van Dover, schaal 1/150.000,  
Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg, Duitsland.

- The North Sea : schaal 1/1.686.700,  
Admiralty Chart No. 2339 Engeland.

### 3. BESPREKING VAN DE NATUURGEGEVENS.

De golven opgemeten op het lichtschip Westhinder worden gebruikt als hoogzeegolven; deze golfmetingen zijn uitgevoerd met een golfmeter, ontworpen door M. J. Tucker (Groot-Brittanië).

De posities van het lichtschip (L. S.) Westhinder zijn :

- vanaf augustus 1950 tot maart 1961 :  
51° 22' 28",2 NB - 2° 26' 27",5 OL  
diepte 30 m G. L. L. W. S.
- sinds maart 1961 tot heden :  
51° 23' 00",0 NB - 2° 26' 20",0 OL  
diepte 17 m G. L. L. W. S.

De periodes van waarnemingen zijn :

- van 08-10-1958 tot 27-05-1959
- 25-10-1961 tot 16-10-1962
- 10-12-1964 tot 05-01-1966
- 08-11-1967 tot 25-09-1968
- 26-08-1970 tot 25-08-1971

Deze waarnemingen omvatten 5 winterperioden en 4 zomerperioden en zijn verspreid over 13 jaar. De eerste reeks (van 8-10-58 tot 27-05-59) waarnemingen werd tweemaal daags, nl. om 9.00h en om 15.00h MET, telkens gedurende 15 minuten, uitgevoerd. Bij de volgende waarnemingen werd het toestel steeds gedurende 15 minuten op hoogwater in werking gesteld. In totaal werden alzo 2815 waarnemingen uitgewerkt en verdeeld volgens de windrichtingen, onderverdeeld in streken van 22°30'.

Daar de golfrichting niet werd ingemeten, wordt er aangenomen dat de golven dezelfde richting hebben als de wind, d. w. z. de golven die men beschouwt zijn uitsluitend golven die rechtstreeks opgewekt zijn onder invloed van de wind.

Men mag het onderscheid maken tussen zeegang en deining :

zeegang (Eng. : sea) :

- ontstaat en wordt onderhouden door de directe inwerking van de wind;
- is onregelmatig : de opeenvolgende kammen zijn verschillend en zij hebben een verschillende lengte;
- er bestaat een rechtstreeks verband tussen snelheid van de wind, duur en fetch.

deining (Eng. : swell) :

- deze golven hebben de windzone verlaten;
- zij hebben een grotere periode en een kleinere hoogte wegens de energieverliezen zoals inwendige wrijving, dispersie, uitwaaiering en het voorkomen van storende winden;
- hun variatie van perioden is kleiner en hun kam kan veel langer zijn;
- zij geven een meer egaal oppervlak.

Beide fenomenen kunnen gelijktijdig aanwezig zijn, maar hun richtingen kunnen verschillend zijn. Zij zijn zeer moeilijk te scheiden uit waarnemingen.

Omdat de golfrichting rechtstreeks gekoppeld is aan de windrichting, sluit men het bestaan van deining grotendeels uit. Deze vereenvoudiging kan doorgevoerd worden omdat de afstanden van vrij wateroppervlak, met eventueel als uitzondering de noordelijke richting, te klein zijn om enige deining te veroorzaken (Bijlage 1).

Ook de noordelijke richting met haar 950 km vrije afstand zal slechts weinig deining kunnen opwekken omdat een stormdepressie op die afstand (d. i. ter hoogte van de Orkney en Shetland eilanden) dikwijls haar invloed zal doen gelden tot op onze kusten. Op dat ogenblik mag men niet meer spreken van deining maar heeft men zeegang. Daarbij komt de invloed van de Doggerbank die in die richting de golfhoogten tengevolge van eventuele deining kan beïnvloeden.

Door deze randvoorwaarden is het mogelijk te stellen dat men grotendeels zeegang heeft en mag voor de Westhinder de golfrichting gelijk gesteld worden aan de windrichting.

#### 4. DE REFRACTIEBEREKENING.

##### 4.1. Principe.

Als basis van de refractieberekening neemt men de Wet van Snellius, bekend uit de brekingstheorie van het licht en die door analogie kan overgeplaatst worden op golven, die een invloed ondergaan van ondiepten.

Indien  $C_1$  en  $C_2$  de voortplantingssnelheden van de golf zijn bij verschillende waterdiepten, mag men schrijven :

(Bijlage 2, Fig. 1) :

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

De richting van de inkomende orthogonaal (d. i. de loodrechte op het golffront)  $\alpha_1$  is gekend. De verhouding  $C_1/C_2$  kan als volgt berekend worden, indien we de lineaire golftheorie van Stokes aanhouden.

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (1) \quad \text{en} \quad C_o = \frac{gT}{2\pi} \quad (2)$$

met  $L_o$  : golflengte in diep water  
 $g$  : versnelling van de zwaartekracht  
 $T$  : periode van de golven  
 $C_o$  : voortplantingssnelheid in diep water.

Voor een bepaalde diepte  $d$  geldt :

$$\frac{L}{L_o} = \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (x)$$

met  $L$  : golflengte op een bepaalde diepte  $d$

Door vermenigvuldiging van beide leden met de diepte  $d$  kan men algemeen schrijven :

$$\frac{d}{L_o} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

---

(x) WIEGEL, R., L., Oceanographical Engineering, pp. 13.



Omdat in casu de waterdiepte  $d (= d_1)$  gekend is en  $L_0$  te berekenen is uit (1), kan men  $d_1/L_1$  ( $L_1$  is de golflengte die bij  $d_1$  hoort) berekenen of uit tabellen aflezen. Eens de verhouding  $d_1/L_1$  gekend, is  $L_1$  er uit af te leiden. Men kan de voortplantingssnelheid  $C_1$  op een bepaalde diepte  $d_1$  berekenen uit de vergelijking :

$$C_1 = \frac{L_1}{T}$$

Herneemt men deze redenering voor een aanpalende diepte  $d_2$  en noemt men de resulterende snelheid  $C_2$ , dan kan men de verhouding  $C_1/C_2$  berekenen.

De richting van de invallende orthogonaal  $\alpha_1$  is gekend. Omdat de verhouding  $C_1/C_2$  berekend werd is ook de richting  $\alpha_2$  van de uittredende orthogonaal gekend door de formule :

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

Men kan deze redenering hernemen door verschillende opeenvolgende dieptelijnen te beschouwen, vertrekkend vanuit hoogzeegegevens.

De uitwerking wordt eenvoudiger door in tabel te werken en de verschillende verhoudingen  $C_1/C_2$  uit te zetten op de tekening door middel van een doorschijnende malplaat.

#### 4.2. Bepaling van de perioden.

In het verslag van Van Cauwenberghe : "Golfwaarnemingen vanaf 1958 tot 1971 aan boord van de Belgische lichtscheperen" vindt men de tabellen Serie B : Frequenties van golven met een zekere significante golfhoogte  $H_s$  bij een periode  $T$  voor 3 windsectoren. Deze 3 windsectoren zijn N, ZO en ZW. Alleen de richting Noord (Bijlage 3, tabel 1) werd voor deze studie als kenmerkend genomen, omdat bij de richtingen ZO en ZW, de winden te sterk landafwaarts gericht zijn en dus minder invloed zullen hebben bij het opwekken van golven vóór Zeebrugge.

Bij narekening van de golfperioden van 68 willekeurig gekozen golfregistraties met de methode Draper zoals ze beschreven is in het verslag

mod. 320-1 : "Beschouwingen in verband met de golfwaarnemingen vöbr de Belgische Kust", moeten alle golfperioden gemiddeld met 0,4 sec verhoogd worden zoals uitgevoerd in tabel 2 (Bijlage 4).

De nieuwe tabel geeft de waarden van de tabel van Van Cauwenberghe (tabel 1, Bijlage 3) + 0,4 sec. Omdat de perioden  $T = 4,40; 4,90$ ; te moeilijk te hanteren zijn, is er een transformatie van de kolommen doorgevoerd. Deze transformatie wordt uitgelegd aan de hand van Bijlage 5. De rij (1) geeft de waarden zoals bij Van Cauwenberghe. De rij (2) geeft de invloedszones van de bovenstaande waarden. De rij (3) geeft de waarden van Van Cauwenberghe + 0,40 sec en de rij (4) geeft de invloedszone van deze nieuwe waarden. De rij (5) geeft de herverdeling van de kolommen ten overstaan van (3) en de rij (6) geeft de invloedszone van deze herverdeling.

Neemt men als voorbeeld de waarden die moeten ingevuld worden in de herverdeelde tabel voor 5 sec.

De invloedszone (6) wordt doorgetrokken naar het niet getransformeerde gedeelte. Men merkt dat men voor de 0,5 sec van de nieuwe kolom van 5 sec, men 0,40 sec van de kolom van 4,5 sec van Van Cauwenberghe moet nemen en 0,10 sec van de kolom van 5 sec van Van Cauwenberghe. Om eenvoudiger te rekenen kan men overgaan op percentages. Elke nieuwe kolom is het resultaat van 80 % van de vorige oude kolom + 20 % van dezelfde oude kolom. Men dient rekening te houden met de noodzakelijke afrondingen.

Indien men in tabel 2 de onderste rij, totaal per periode, bekijkt, merkt men dat de gemiddelde periode tussen 6 sec en 6,5 sec ligt.

De golfpenetratie in een voorhaven neemt toe met stijgende periode. Om veiligheidsredenen kan men daarom 6 sec aannemen als karakteristiek voor de lager liggende waarden van de periode en kan men 7,5 sec aannemen als karakteristiek voor de hoger gelegen waarden.

Aan de hand van tabel 2 werd een grafiek opgesteld (Bijlage 6).

De punten werden gevonden door voor elke periode de gemiddelde significante hoogte te bepalen en dit gemiddelde als karakteristiek voor die periode te beschouwen. Deze gemiddelde significante hoogte is

aangeduid op tabel 2. Deze punten geven geen exacte kromme maar liggen binnen een bepaalde zone.

Uit de grafiek kan men dan opmaken dat de periode  $T = 6$  sec als karakteristiek zou kunnen beschouwd worden voor de significante golfhoogten tot 2 m en dat vanaf een significante golfhoogte boven de 2 m de periode  $T = 7,5$  sec zou kunnen worden aangenomen.

#### 4.3. Uitvoering van de refractieberekening.

De berekening van de refractielijnen werd gedaan met behulp van de kaart : "Nordsee : Dünkirchen bis Scheveningen" schaal 1/150.000 van het Deutsches Hydrographisches Institut. Vereenvoudigingen aan de dieptelijnen die geen belang hadden bij de richting van de refractielijnen werden aangebracht om de tekening overzichtelijker te maken.

Als hoofdprincipe werd aangenomen dat de refractielijnen vanaf het havenlicht op de pier te Zeebrugge naar de open zee vertrokken. De refractie werd dus doorlopen in omgekeerde richting.

De refractielijnen werden getrokken in zes richtingen : namelijk W, WNW, NW, NNW, N, NNO. Deze lijnen werden getrokken tot aan hun snijding met de cirkelomtreklijn met als centrum het havenlicht op de pier te Zeebrugge en als straal de afstand van dat havenlicht tot het L. S. Westhinder.

De refractielijnen werden getrokken voor een periode  $T = 6$  sec (Bijlage 7) en voor een periode  $T = 7,5$  sec (Bijlage 8). Tabel 3 geeft de hoekverdraaiingen.

TABEL 3

richting op havenlicht Zeebrugge	richting in volle zee	
	$T = 6$ sec	$T = 7,5$ sec
sector W      270°	257°	245°
sector WNW    292° 30'	287°	278°
sector NW      315°	315°	308°
sector NNW    337° 30'	339° 30'	341°
sector N        0°	6°	10°
sector NNO    22° 30'	35°	35°

Men merkt op dat slechts een gedeelte van de Serie A : "Frequenties van golven met een zekere significante golfhoogte  $H_g$  en bij een bepaalde windrichting" van Van Cauwenberghe zal gebruikt worden.

Neemt men als voorbeeld de invloedssfeer van West  $270^\circ$  bij  $T = 6$  sec.

De grenzen van de invloedssfeer van W  $270^\circ$  zijn ter hoogte van Zeebrugge :

$$270^\circ + \frac{292^\circ 30' - 270^\circ}{2} = 281^\circ 15'$$

en

$$270^\circ - \frac{292^\circ 30' - 270^\circ}{2} = 258^\circ 45'$$

Volgt men de refractielijn  $270^\circ$  in de richting open zee, dan draait deze tot  $257^\circ$ . De grenzen van de invloedssfeer van  $257^\circ$  zijn in open zee (zie ook tabel 3) :

$$257^\circ + \frac{287^\circ - 257^\circ}{2} = 272^\circ$$

en

$$257^\circ - \frac{287^\circ - 257^\circ}{2} = 242^\circ$$

Men mag aannemen dat de golven in open zee met een richting gelegen tussen  $242^\circ$  en  $272^\circ$  in de sector West, zoals hoger gedefinieerd, in Zeebrugge zullen toekomen.

Door een analoge redenering kan men de invloedsgrenzen in open zee bepalen voor de andere richtingen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

TABEL 4

richting op havenlicht Zeebrugge	invloedssfeer in open zee	
	T = 6 sec	T = 7,5 sec
sector W      270°	242° 272°	228° 30' 261° 30'
sector WNW    292° 30'	272° 301°	261° 30' 293°
sector NW      315°	301° 327° 15'	293° 324° 30'
sector NNW    337° 30'	327° 15' 352° 45'	324° 30' 355° 30'
sector N        0°	352° 45' 20° 30'	355° 30' 22° 30'
sector NNO    22° 30'	20° 30' 49° 30'	22° 30' 47° 30'

Voor T = 6 sec gaat de totale invloedssfeer in open zee van 242° tot 49° 30' bij beschouwing van de zes hierboven vermelde sectoren te Zeebrugge.

De hierboven genoemde tabel : Serie A van Van Cauwenberghe zal gebruikt worden voor een gedeelte van WZW over N tot een gedeelte van NO.

De sector WZW gaat van 236° 15' tot 258° 45'; hieruit volgt dat 74,44 % van het totaal van de kolom WZW zal gebruikt worden in deze studie, indien men in de kolom alle waarden uniform verdeeld. Analooq zal 70 % gebruikt worden van de kolom NO. De aldus aangepaste tabel 5 vindt men in bijlage 9.

Een zelfde redenering kan gemaakt worden voor de periode  $T = 7,5$  sec (tabel 6, Bijlage 10).

Om te komen tot een richtingsverdeling voor de golven in de onmiddellijke nabijheid van de haven van Zeebrugge, zet men de invloedssfeer voor de hoogzeegolven, zoals ze gegeven is in tabel 5 en tabel 6, om tot de invloedssfeer voor Zeebrugge door middel van tabel 4.

Men verkrijgt voor een periode  $T = 6$  sec tabel 7 (Bijlage 11) en voor  $T = 7,5$  sec tabel 8 (Bijlage 12).

#### 4.4. Bepalen van de refractiecoëfficiënt.

Uit de constructie van refractielijnen kan tevens de refractiecoëfficiënt berekend worden. Deze refractiecoëfficiënt geeft de verhouding van de golfhoogte in ondiep water en de golfhoogte in diep water en wordt gegeven door de volgende formule :

$$\frac{H}{H_o} = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{1}{n} \frac{L_o}{L}} \cdot \sqrt{\frac{b_o}{b}} \quad (x)$$

$H$  = golfhoogte in ondiep water

$H_o$  = golfhoogte in diep water

$$n = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{4 \pi \frac{d}{L}}{\sinh \left( \frac{4 \pi d}{L} \right)} \right]$$

$d$  = waterdiepte

$L$  = golflengte bij diepte  $d$

$L_o$  = golflengte in diep water

$b_o$  = de afstand tussen 2 refractielijnen in diep water  
(Bijlage 2, Figuur 2)

$b$  = de afstand tussen dezelfde 2 refractielijnen in ondiep water.

De formule is gesteund op het beginsel dat geen energie wordt uitgewisseld tussen 2 naast elkaar gelegen refractiebanen.

---

(x) U. S. Army Coastal Engineering Research Center, Shore Protection, Planning and Design, Technical Report no. 4, pp. 29.

De refractiecoëfficiënten (voor Zeebrugge, vertrekkend van de gegevens Westhinder) zijn samengevat in tabel 9.

TABEL 9

richting op havenlicht Zeebrugge		refractiecoëfficiënten	
		T = 6 sec	T = 7,5 sec
sector W	270°	0,65	0,62
sector WNW	292° 30'	0,68	0,62
sector NW	315°	0,89	0,79
sector NNW	337° 30'	0,86	0,73
sector N	0°	0,72	0,52
sector NNO	22° 30'	0,59	0,66

De coëfficiënten die gevonden werden in de richting NNO moeten met de nodige voorzichtigheid gebruikt worden, omdat zij het resultaat zijn van refractielijnen vlak voor de kust van het eiland Walcheren (Nederland). De refractielijnen lopen hier bijna evenwijdig met de kust.

Vermenigvuldiging van deze coëfficiënten met de significante golfhoogte voor T = 6 sec in tabel 7 en voor T = 7,5 sec in tabel 8, geeft de frequentieverdeling in functie van de significante golfhoogte  $H_s$  in de nabijheid van de haven van Zeebrugge. De percentages zijn uitgedrukt ten overstaan van alle opmetingen, d.i. 2815, dus ten overstaan van alle richtingen om een absoluut resultaat te verkrijgen.

Deze resultaten zijn grafisch uitgezet voor de zes verschillende richtingen en voor een periode T = 6 sec in de Bijlagen 13 tot en met 18. Voor een periode T = 7,5 sec zijn zij uitgezet in de Bijlagen 19 tot en met 24.

Een samenvatting van de vorige grafieken vindt men voor een periode T = 6 sec in de Bijlagen 25 en 26 en voor een periode T = 7,5 sec in de Bijlagen 27 en 28. Deze grafieken geven het percentage van de tijd dat een significante golfhoogte bereikt of overschreden wordt per richting en per afgeronde significante golfhoogte.

In beide gevallen bemerkt men dat voor de lage significante golfhoogten, d. i. tot 1 m, er een overwicht is voor de richting West. Vanaf een significante golfhoogte van 2 m en hoger is de richting NW het belangrijkste en in mindere mate de richting NNW.

Volgens de veronderstelling die gemaakt werd in § 4.2., dat de periode  $T = 6$  sec karakteristiek is voor de significante golfhoogten beneden de 2 m en dat de periode  $T = 7,5$  sec karakteristiek is voor de significante golfhoogten boven de 2 m, mogen we Bijlage 25 koppelen aan Bijlage 28, die ons dan de golfvoorwaarden geven in de nabijheid van de voorhaven van Zeebrugge.

#### 5. VERGELIJKING VAN DE GEREFRACTEERDE GOLFVOORWAARDEN VAN HET L. S. WESTHINDER EN DE METINGEN OP DE MEETSTATIONS BOL VAN HEIST EN OOST VAN ZEEBRUGGE.

---

De meetstations "Bol van Heist" en "Oost van Zeebrugge" zijn gelegen in de onmiddellijke nabijheid van de haven van Zeebrugge. De golfmetingen werden uitgevoerd met een OSPOS (off-shore pressure operated suspended) golfmeter.

De gegevens van de beide meetstations zijn :

- 1) voor meetstation "Bol van Heist"  
51° 23' 25" NB - 03° 12' 00" OL.  
de diepte op deze plaats bedraagt circa 8,60 m onder GLLWS.
- 2) voor meetstation "Oost van Zeebrugge"  
51° 21' 00" NB - 03° 14' 00" OL.  
de diepte op deze plaats varieerde van 5,30 m tot 5,50 m onder GLLWS.

De perioden van waarneming zijn voor de beide stations :

van 03-03-72 tot 14-02-72  
17-11-72 tot 05-04-73  
28-11-73 tot 19-12-73 (23-11-73 tot 19-12-73 voor Bol van Heist)  
19-12-73 tot 21-01-74  
21-01-74 tot 20-02-74  
20-02-74 tot 19-03-74  
19-03-74 tot 18-04-74



De golfwaarnemingen werden elke 3 uur gedurende 15 minuten gedaan. Om de golfhoogte bij hoogwater te kennen werd een lineaire interpolatie uitgevoerd.

Alleen de gegevens bij windkracht 6 Beaufort of meer waren beschikbaar. Het aantal waarnemingen van de meetstations "Bol van Heist" en "Oost van Zeebrugge" laat niet toe een grafiek "frequentie - significante hoogte" op te stellen; het is bijgevolg noodzakelijk een zeker verband te zoeken tussen de significante golfhoogte van het L. S. Westhinder en van de meetstations "Bol van Heist" en/of "Oost van Zeebrugge". In totaal zijn echter slechts 63 uitgewerkte waarnemingen (37 van station "Bol van Heist" en 26 van station "Oost van Zeebrugge") bruikbaar als vergelijkingspunten, d. w. z. waarbij eveneens gegevens van het Lichtschip Westhinder voorhanden zijn. Deze bruikbare waarnemingen moeten op hun beurt per meetstation nog onderverdeeld worden volgens de golfrichtingen. Omdat per station en per richting het aantal punten zo klein wordt, werden de resultaten van de beide, dicht bij elkaar gelegen meetstations (Bol van Heist en Oost van Zeebrugge), samengenomen. Indien waarnemingen op de beide meetstations op een zelfde tijdstip opgenomen waren, primeren de waarnemingen van het meetstation "Bol van Heist". Er resten dan 44 metingen, d. w. z. voor 19 metingen beschikte men over gegevens van beide stations (Bol van Heist en Oost van Zeebrugge).

Onderverdeeld in de 6 richtingen geeft dat

voor W	nog 13 punten
voor WNW	nog 5 punten
voor NW	nog 15 punten
voor NNW	nog 2 punten
voor N	nog 3 punten
en voor NNO	nog 6 punten

NNW en N worden buiten beschouwing gelaten bij gebrek aan punten.

De meest waarschijnlijke rechte door de verschillende punten volgens de methode der kleinste kwadraten geeft met als y-as de verticale en als x-as de horizontale :

$$\begin{aligned} W & : y = - 0,12 x + 1,85 \\ WNW & : y = - 0,32 x + 2,51 \\ NW & : y = - 0,51 x + 2,98 \\ NNO & : y = - 0,18 x + 1,44 \end{aligned}$$

Indien men deze rechten uitzet op dezelfde grafiek als de resultaten van de refractieberekening van de gegevens van het L. S. Westhinder, dan kan men de vergelijking doorvoeren (Bijlage 29 voor richting West, Bijlage 30 voor richting WNW, Bijlage 31 voor richting NW, Bijlage 34 voor richting NNO). Deze overeenkomst is, zoals men kan merken, tamelijk bevredigend.

#### 6. VERGELIJKING VAN DE GEREFRACTEERDE GOLFVOORWAARDEN VAN HET L. S. WESTHINDER EN DE GEREFRACTEERDE GOLFVOORWAARDEN VAN HET L. S. WANDELAAR VOOR $T = 6$ sec.

---

Om een verdere controle te hebben op de golfwaarden, die afgeleid werden van gegevens van het L. S. Westhinder, werden eveneens de meetresultaten gebruikt van het L. S. Wandelaar.

De controle met de meetresultaten van het L. S. Wandelaar stijgt in waarde wegens de grote hoeveelheid metingen, nl. 2029, opgemeten gedurende 3 zomerperioden en 3 winterperioden, en ook wegens het feit dat de waarnemingen op het L. S. Wandelaar uitgevoerd werden op tijdstippen dat op het L. S. Westhinder niet gemeten werd. Het zijn dus totaal los van elkaar staande metingen.

De positie van het L. S. Wandelaar was :

- vanaf september 1958 tot september 1968

51° 22' 22", 2 NB - 2° 47' 25", 5 OL.

De diepte bedroeg 16,00 m onder GLLWS.

De perioden van waarneming waren :

van 10-05-1960 tot 05-07-1961

23-04-1963 tot 19-05-1964

19-05-1966 tot 13-06-1967

De controle werd uitgevoerd voor een periode  $T = 6$  sec.

Er werd een analoge werkwijze gevolgd als de werkwijze gebruikt bij de ontwikkeling van de meetgegevens van het L. S. Wandelaar. De verschillende

resultaten zijn samengebracht in tabel 10.

TABEL 10

richting op havenlicht Zeebrugge	richting ter hoogte L. S. Wandelaar	invloedssfeer ter hoogte L. S. Wandelaar	refractie- coëfficiënt
sector W 270°	257°	242° 30' tot 271° 30'	0,66
sector WNW 292° 30'	288°	271° 30' tot 301° 30'	0,75
sector NW 315°	315°	301° 30' tot 327° 15'	0,89
sector NNW 337° 30'	339° 30'	327° 15' tot 352° 45'	0,87
sector N 0°	6°	352° 45' tot 20° 30'	0,74
sector NNO 22° 30'	35°	20° 30' tot 49° 30'	0,60

Als vertrekpunt neemt men verder de gegevens vermeld in de tabel Serie A van Van Cauwenberghe, ditmaal voor het L. S. Wandelaar. Men past deze vervolgens aan volgens de invloedssfeer (Tabel 10, kolom 3) ter hoogte van het L. S. Wandelaar en dit levert Tabel 11, Bijlage 35 . Door toepassing van de eerste drie kolommen van tabel 10 vindt men de verdeling van het voorkomen van bepaalde significante golven per windrichting in de nabijheid van de haven van Zeebrugge (Tabel 12, Bijlage 36). De aanpassing van de significante golfhoogte met de refractiecoëfficiënt geeft de verschillende grafieken van Bijlage 29 tot en met Bijlage 34.

Men vindt steeds, vertrekkende van totaal los staande gegevens, bevredigende overeenkomsten tussen de resultaten, vertrekkende van het L. S. Westhinder en de resultaten, vertrekkende van het L. S. Wandelaar.

## 7. VERGELIJKING VAN DE SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE BIJ HOOG EN LAAG WATER.

De vergelijking werd doorgevoerd met de meetresultaten van de meetstations "Bol van Heist" en "Oost van Zeebrugge". De posities en de perioden van waarnemingen zijn reeds gegeven in § 5. Alleen de gegevens gelijk en hoger dan 6 Beaufort waren beschikbaar. Wegens gebrek aan meetresultaten werd deze vergelijking gemaakt zonder een onderscheid te maken tussen de wind-

richtingen, en van een eventueel verschil in windsterkte en windrichting tussen HW en het voorafgaand of het daaropvolgend laag water. Om deze karige gegevens tot het uiterste te benutten werd de vergelijking gemaakt met de waarden :

$$\text{Hoog Water (HW)} \longleftrightarrow \text{Hoog Water} - 6 \text{ uur (HW} - 6)$$

$$\text{Hoog Water (HW)} \longleftrightarrow \text{Hoog Water} + 6 \text{ uur (HW} + 6)$$

De gegevens die hier gebruikt worden, zijn resultaten van metingen die elke drie uur werden opgemeten. Aan de hand van de "Getijtafels voor Oostende", aangepast voor Zeebrugge, werd de hoogte van de golven op HW, HW + 6 en HW - 6 lineair geïnterpoleerd.

### 7.1. Station "Bol van Heist".

Men beschikt over 57 waarnemingen voor de vergelijking HW  $\leftrightarrow$  HW - 6 en over 52 waarnemingen voor de vergelijking HW  $\leftrightarrow$  HW + 6.

De gemiddelde significante golfhoogte wordt gegeven door :

$$z = \frac{1}{R} \left( \sum_{i=1}^R z_i \right)$$

met R : het aantal waarnemingen

$z_i$  : de golfhoogte op een bepaald tijdstip

Dit geeft voor :

(	HW	:	1,41 m	(57 waarnemingen)
(	HW - 6	:	1,15 m	(57 " )
(	HW	:	1,39 m	(52 waarnemingen)
(	HW + 6	:	1,16 m	(52 " )

$$\frac{1,15 \times 57 + 1,16 \times 52}{1,41 \times 57 + 1,39 \times 52} \times 100 = 82,34 \%$$

geeft het percentage dat de hoogte van de significante golf bij laag water is, indien de significante golf bij hoog water 100 % is.

## 7.2. Station "Oost van Zeebrugge".

Dezelfde werkwijze wordt toegepast als op het station "Bol van Heist".

Men beschikt over 35 waarnemingen voor de vergelijking  $HW \leftrightarrow HW - 6$  en over 34 waarnemingen voor de vergelijking  $HW \leftrightarrow HW + 6$ .

Men vindt als resultaten :

(	HW	:	1,13 m	(35 waarnemingen)
{	HW - 6	:	0,84 m	(35 " )
(	HW	:	1,05 m	(34 waarnemingen)
{	HW + 6	:	0,82 m	(34 " )

Dit geeft als verhouding

$$\frac{0,84 \times 35 + 0,82 \times 34}{1,13 \times 35 + 1,05 \times 34} \times 100 = 76 \%$$

Het verschil in % tussen de stations "Bol van Heist" en "Oost van Zeebrugge" kan verklaard worden door een verschil in diepte.

De golven zullen bij laag water sterker de invloed ondergaan van de ondiepten.

## 8. BESLUITEN.

1. De nadruk dient gelegd te worden op het feit dat deze studie van de refractie-lijnen gebeurde wegens gebrek aan voldoende en voldoende nauwkeurige golfwaarnemingen in de onmiddellijke nabijheid van Zeebrugge. Er bestaat een noodzaak aan een grote hoeveelheid golfwaarnemingen die nauwkeuriger en sneller worden uitgewerkt. De tot nu toe uitgevoerde metingen hangen te sterk af van theoretische correctiefactoren, te wijten aan de gebruikte toestellen, die moeten ingevoerd worden. Er zou moeten overgegaan worden tot oprichting van golfmeetpalen in de nabijheid van Zeebrugge.
2. De gemiddelde periode van de significante golven voor Zeebrugge schommelt rond 6 sec.

3. De uitkomsten van de berekening van de refractielijnen en van de refractiecoëfficiënten zoals ze zijn uitgevoerd, vertrekkend van de gegevens van het L.S. Westhinder, kunnen bevredigend genoemd worden.
4. Een samenvattende figuur van de toestand van de golven in de onmiddellijke nabijheid van de haven van Zeebrugge vinden we voor een periode  $T = 6$  sec en voor significante golfhoogten beneden 2 m op de Bijlage 25 en voor een periode  $T = 7,5$  sec en een significante golfhoogte boven 2 m op de Bijlage 28. Men bemerkt dat voor de lage significante golfhoogten, d.i. tot 1 m, er een overwicht is voor de richting West. Vanaf een significante golfhoogte van 2 m en hoger is de richting NW het belangrijkste en in mindere mate de richting NNW.
5. Men mag aannemen dat, met windkracht gelijk en hoger dan 6 Beaufort, de significante golfhoogte bij laag water in de omgeving van Zeebrugge slechts 0,8 maal de significante golfhoogte bij hoog water bedraagt.

Borgerhout, Augustus 1975.

De stagedoende ingenieur  
van Bruggen en Wegen,  
belast met de studie,

De Hoofdingenieur-Directeur van Bruggen en Wegen,

ir. W. GRARE.

ir. P. ROOVERS.

De wd. Inspecteur-Generaal van Bruggen en Wegen,  
Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium,

ir. A. STERLING.



LIJST DER BIJLAGEN.

Bijlage nr.	W.L. nr.	Titel
1	75.318	Situatieplan Noordzee.
2	75.319	Verklaring van de refractieberekening.
3	75.320	Frekwenties van golven met bepaalde $H_g$ en periode $T$ - L.S. Westhinder. Windsector N.
4	75.321	Frekwenties van golven met bepaalde $H_g$ en periode $T$ - L.S. Westhinder. Windsector N. Getransformeerde tabel.
5	75.322	Transformatieschema van tabel 1 naar tabel 2.
6	75.323	Gemiddelde significante golfhoogte $H_g$ in functie van de periode.
7	75.324	Refractielijnen voor $T = 6$ s.
8	75.325	Refractielijnen voor $T = 7.5$ s.
9	75.326	Frekwentie van voorkomen van golven met bepaalde significante golfhoogte en bepaalde windrichting L.S. Westhinder - Periode $T = 6$ s.
10	75.327	Frekwentie van voorkomen van golven met bepaalde significante golfhoogte en bepaalde windrichting L.S. Westhinder - Periode $T = 7.5$ s.
11	75.328	Frekwentie van voorkomen van golven met bepaalde significante golfhoogte en bepaalde windrichting L.S. Westhinder - Periode $T = 6$ s. Getransformeerde tabel.
12	75.329	Frekwentie van voorkomen van golven met bepaalde significante golfhoogte en bepaalde windrichting L.S. Westhinder - Periode $T = 7,5$ s. Getransformeerde tabel.



Bijlage nr.	W.L. nr.		Titel
13	75.330		Richting : W Periode : T = 6 s.
14	75.331		Richting : WNW Periode : T = 6 s.
15	75.332		Richting : NW Periode : T = 6 s.
16	75.333		Richting : NNW Periode : T = 6 s.
17	75.334		Richting : N Periode : T = 6 s.
18	75.335		Richting : NNO Periode : T = 6 s.
19	75.336		Richting : W Periode : T = 7,5 s.
20	75.337		Richting : WNW Periode : T = 7,5 s.
21	75.338		Richting : NW Periode : T = 7,5 s.
22	75.339		Richting : NNW Periode : T = 7,5 s.
23	75.340		Richting : N Periode : T = 7,5 s.
24	75.341		Richting : NNO Periode : T = 7,5 s.

Frekwentieverdeling in functie van de significante golfhoogte  $H_s$  (Zeebrugge)

Bijlage nr.	W.L. nr.		Titel
25	75.342	Frekwentieverdeling in functie van de significante golfhoogte $H_s$ (Zeebrugge) Alle richtingen.	Periode : T = 6 s. $H_s$ gaande van 0,25 m tot 1,5 m
26	75.343		Periode : T = 6 s. $H_s$ gaande van 2 m tot 3,5 m
27	75.344		Periode : T = 7.5 s. $H_s$ gaande van 0,25 m tot 1,5 m
28	75.345		Periode : T = 7.5 s. $H_s$ gaande van 2 m tot 3,5 m
29	75.346		Richting : W Periode : T = 6 s.
30	75.347	Frekwentieverdeling in functie van de significante golfhoogte $H_s$	Richting : WNW Periode : T = 6 s.
31	75.348		Richting : NW Periode : T = 6 s.
32	75.349		Richting : NNW Periode : T = 6 s.
33	75.350		Richting : N Periode : T = 6 s.
34	75.351		Richting : NNO Periode : T = 6 s.
35	75.352		Frekwentie van voorkomen van golven met bepaalde significante golfhoogte en bepaalde windrichting. L.S. Wandelaar. Periode T = 6 s.

Bijlage  
nr.

W.L.  
nr.

Titel

---

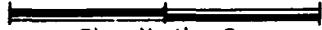
36

75.353

Frekwentie van voorkomen van golven met  
bepaalde significante golfhoogte en bepaalde  
windrichting. L.S. Wandelaar. Periode  
 $T = 6$  s. Getransformeerde tabel.



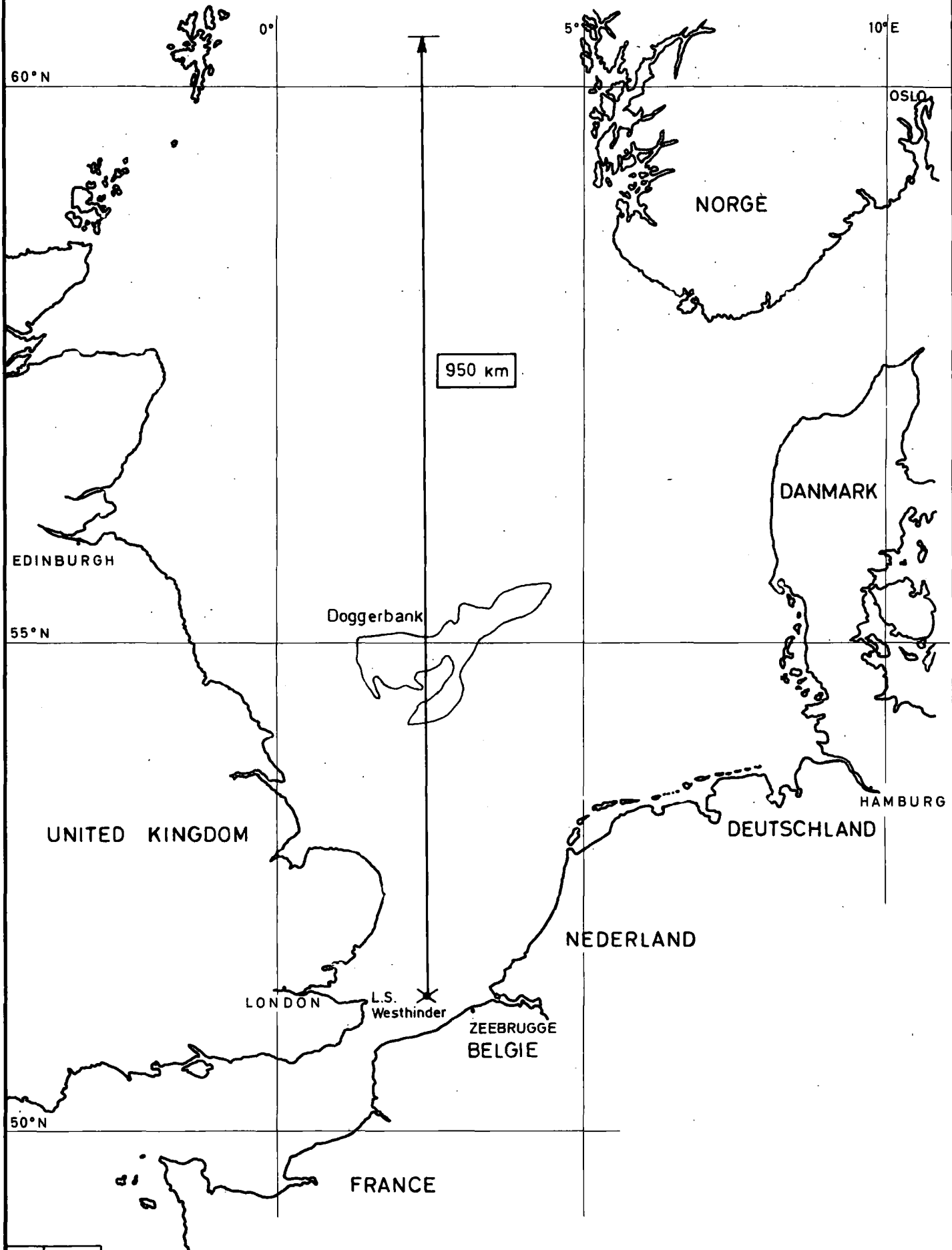
0 100 200km



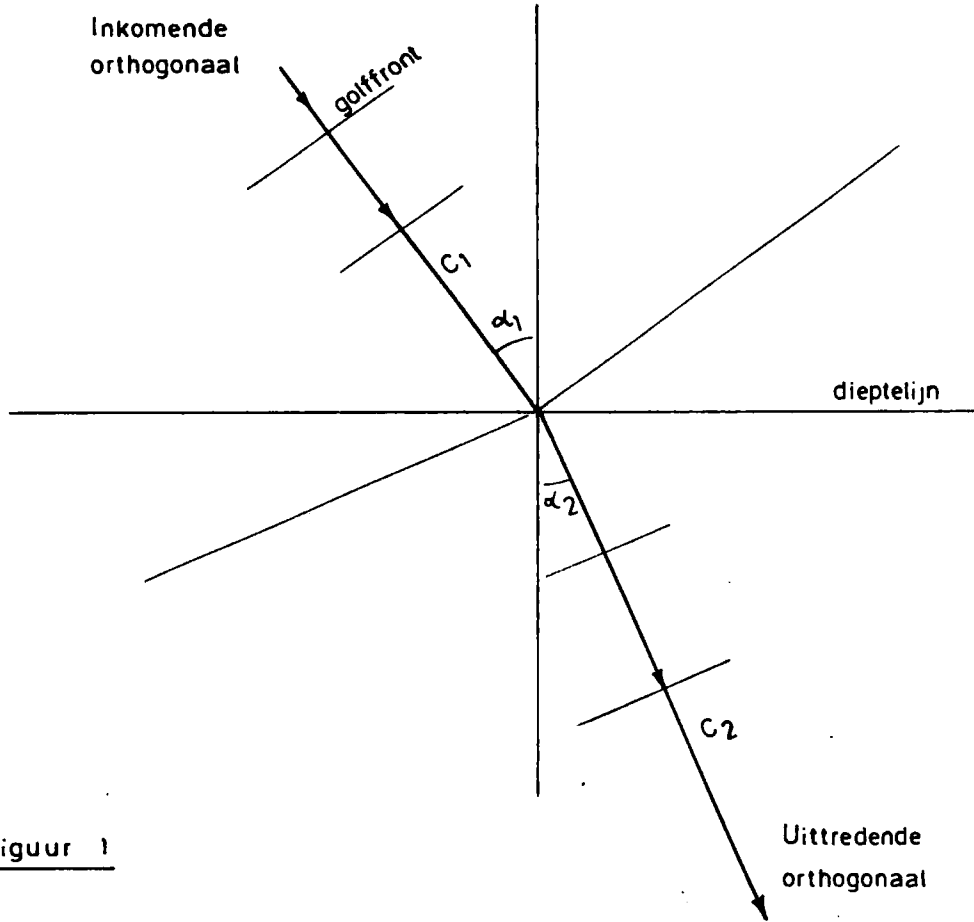
The North Sea

Ref.: Admiralty - Chart No. 2339

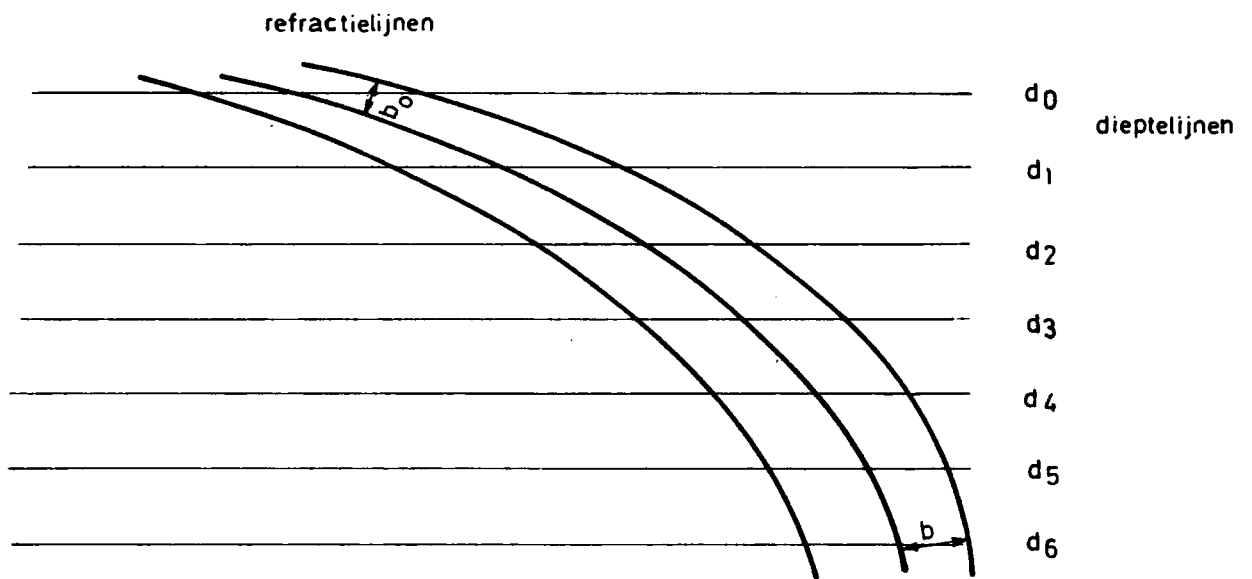
SITUATIEPLAN NOORDZEE



VERKLARING VAN DE REFRACTIEBEREKENING



Figuur 1



Figuur 2



Windsector: N  
465 waarnemingen over  
ganse jaar.

FREKVENTIES VAN GOLVEN MET BEPAALDE  $H_s$   
EN PERIODE T - L.S. WESTHINDER

TABEL 1

$H_s$ (m)	Alle periodes Aantal	GOLFPERIODEN T (s)										
		4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0												
0,25	19		6	4	2	7						
0,50	37		5	12	8	8	2	1	1			
0,75	41	1	14	12	5	5	4					
1,00	61	1	15	10	17	7	8	1	2			
1,25	69	1	13	7	15	17	15	1				
1,50	50	1	13	10	9	10	6		1			
1,75	49		3	7	13	17	8	1				
2,00	37		3	6	7	12	8			1		
2,25	20		1	2	5	6	4	1	1			
2,50	22		1	2	10	4	4	1				
2,75	15		1	1	1	5	6	1				
3,00	14				2	4	3	5				
3,25	11				2	2	4	1	2			
3,50	6					1	1	1	1	1	1	
3,75	6				1	1	3		1			
4,00	1							1				
4,25	3						2		1			
4,50	2							1	1			
4,75	1						1					
5,00	1								1			
5,25												
5,50												
Totaal p. periode	465	4	75	73	97	106	79	16	12	2	1	

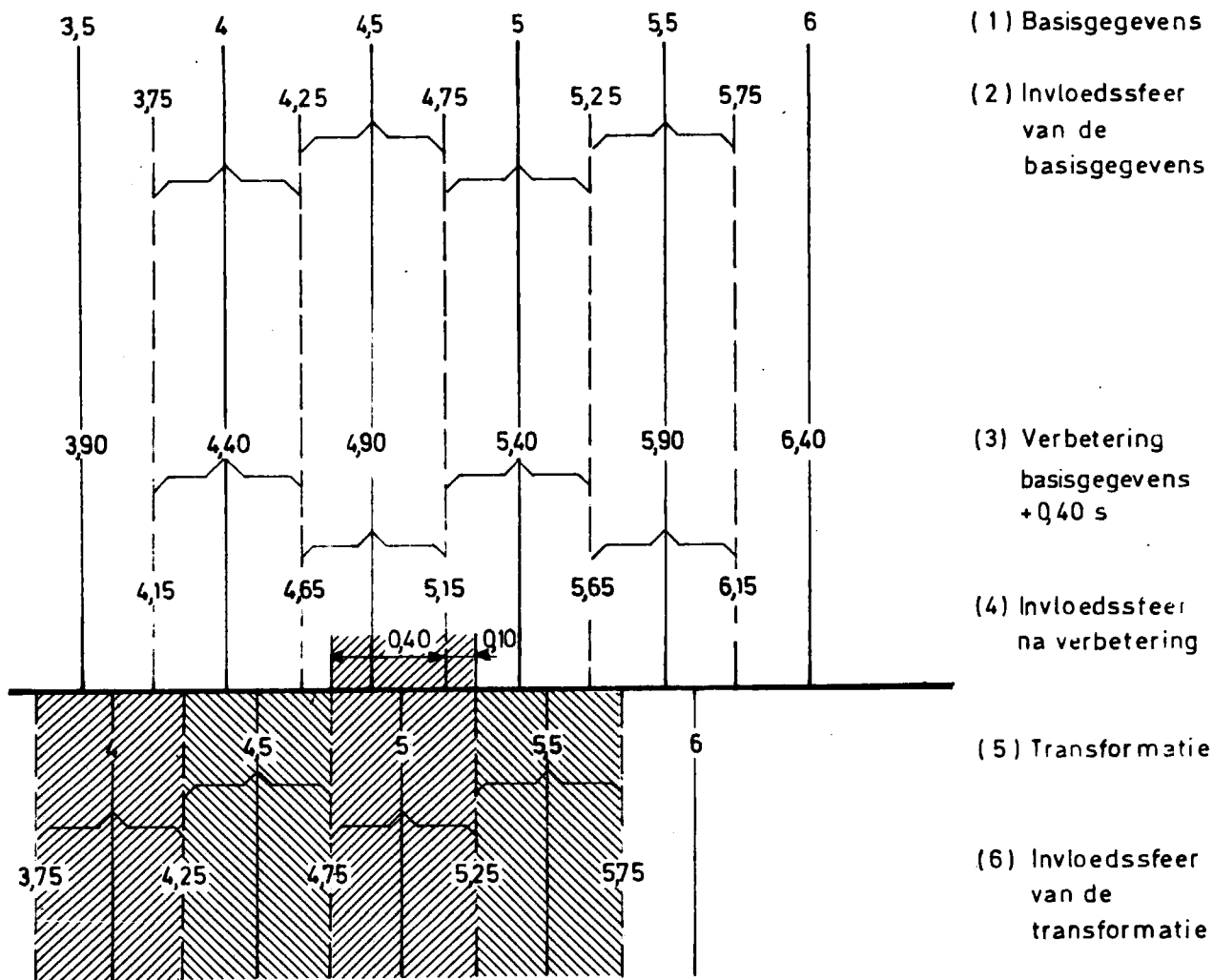
Windsector: N  
465 waarnemingen over  
ganse jaar.

FREKWENTIES VAN GOLVEN MET BEPAALDE  $H_s$   
EN PERIODE T - L.S. WESTHINDER

**TABEL 2**

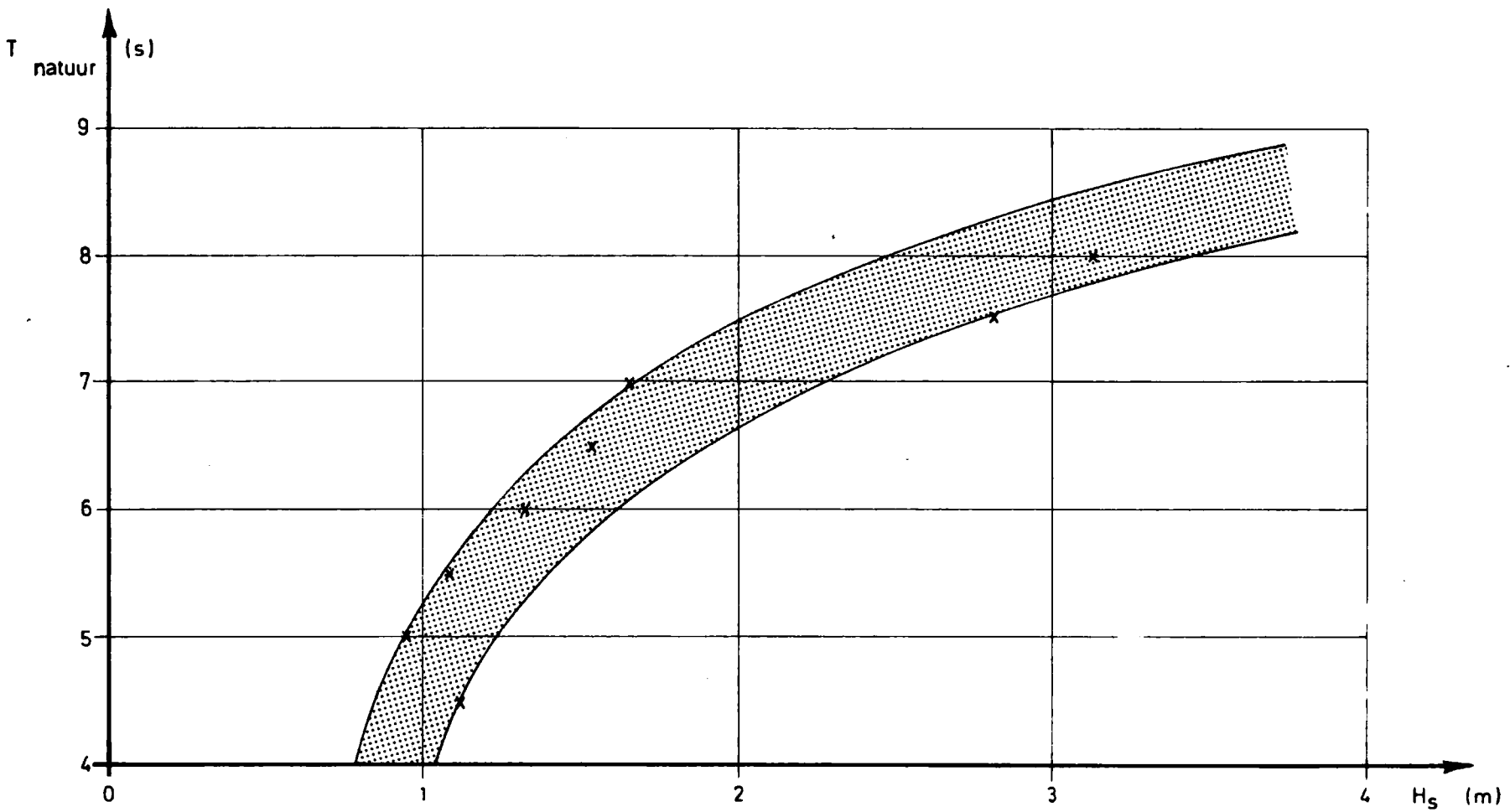
$H_s$ (m)	Alle periodes Aantal	GOLFPERIODEN T (s)										
		4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0												
0,25	19		1	6	3	4	5					
0,50	37		1	7	11	8	6	2	1	1		
0,75	41		4	14	10	5	5	3				
1,00	61		4	14	12	15	7	6	1	2		
1,25	69		4	12	8	16	16	12	1			
1,50	50		4	12	10	9	9	5		1		
1,75	49		1	4	8	14	15	6	1			
2,00	37		1	3	7	8	11	6			1	
2,25	20			1	3	5	6	3	1	1		
2,50	22			1	4	9	4	3	1			
2,75	15			1	1	2	5	5	1			
3,00	14					3	4	3	4			
3,25	11					2	3	3	1	2		
3,50	6						1	1	1	1	1	1
3,75	6					1	2	2		1		
4,00	1								1			
4,25	3							2		1		
4,50	2								1	1		
4,75	1							1				
5,00	1									1		
5,25												
5,50												
Totaal p. periode	465		20	75	77	101	99	63	15	12	2	1
gemiddelde signific. golfh. $H_s$ (m) per periode (s)			↓ 1,125	↓ 0,94	↓ 1,08	↓ 1,32	↓ 1,53	↓ 1,65	↓ 2,81	↓ 3,12	/	/

**TRANSFORMATIESCHEMA VAN TABEL 1 NAAR TABEL 2**



De getallen zijn perioden in seconden (s)







WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM  
Dorgerhout, Antwerpen

Schaal: 1/400.000 e

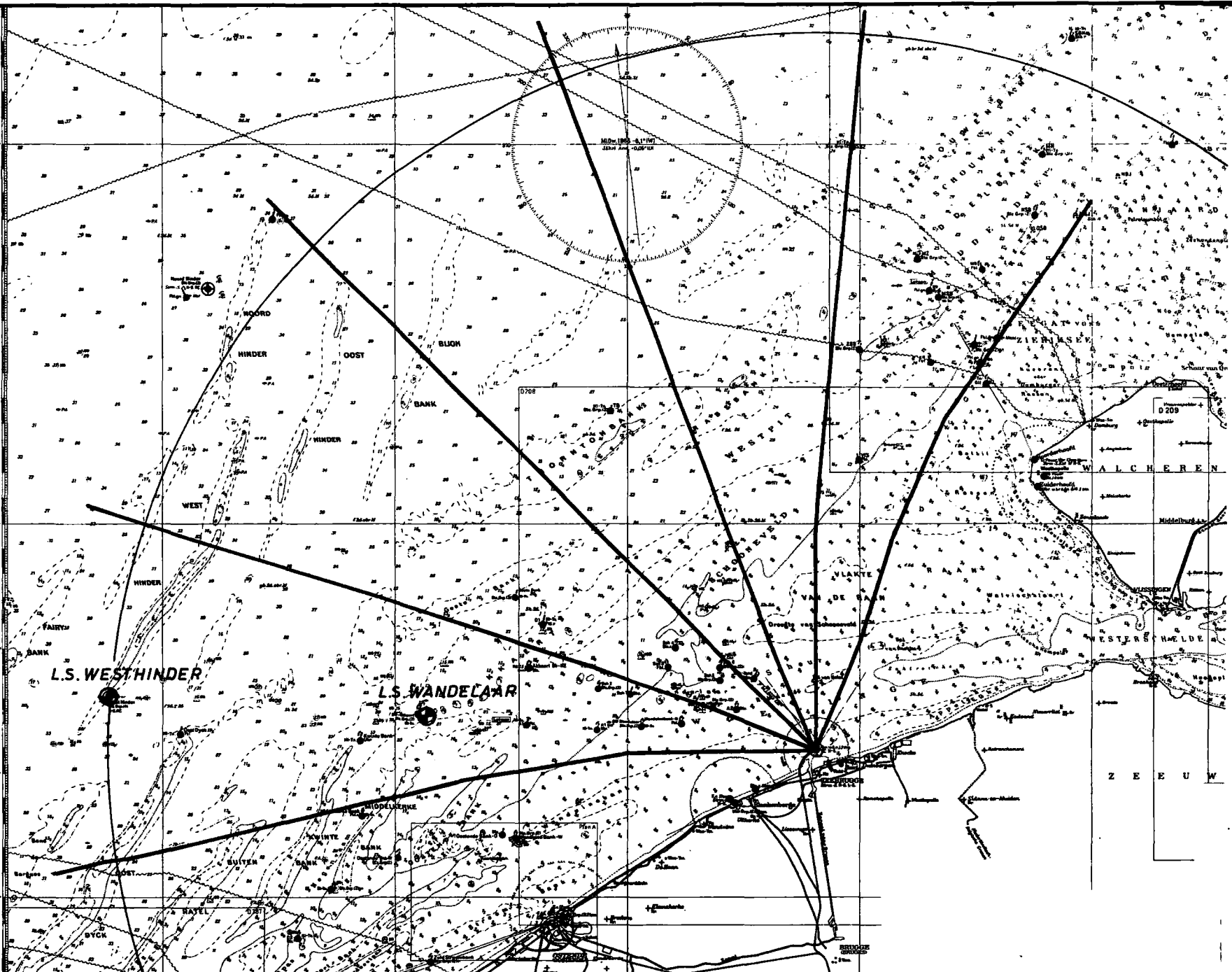
Ref.: Deutsches Hydrographisches

Institut Hamburg No 246

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN

REFRACTIELIJNEN VOOR T = 6 S.

Bijlage 7



W.L. 75.326



WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

DORGERHOUT RIJSWERPEN

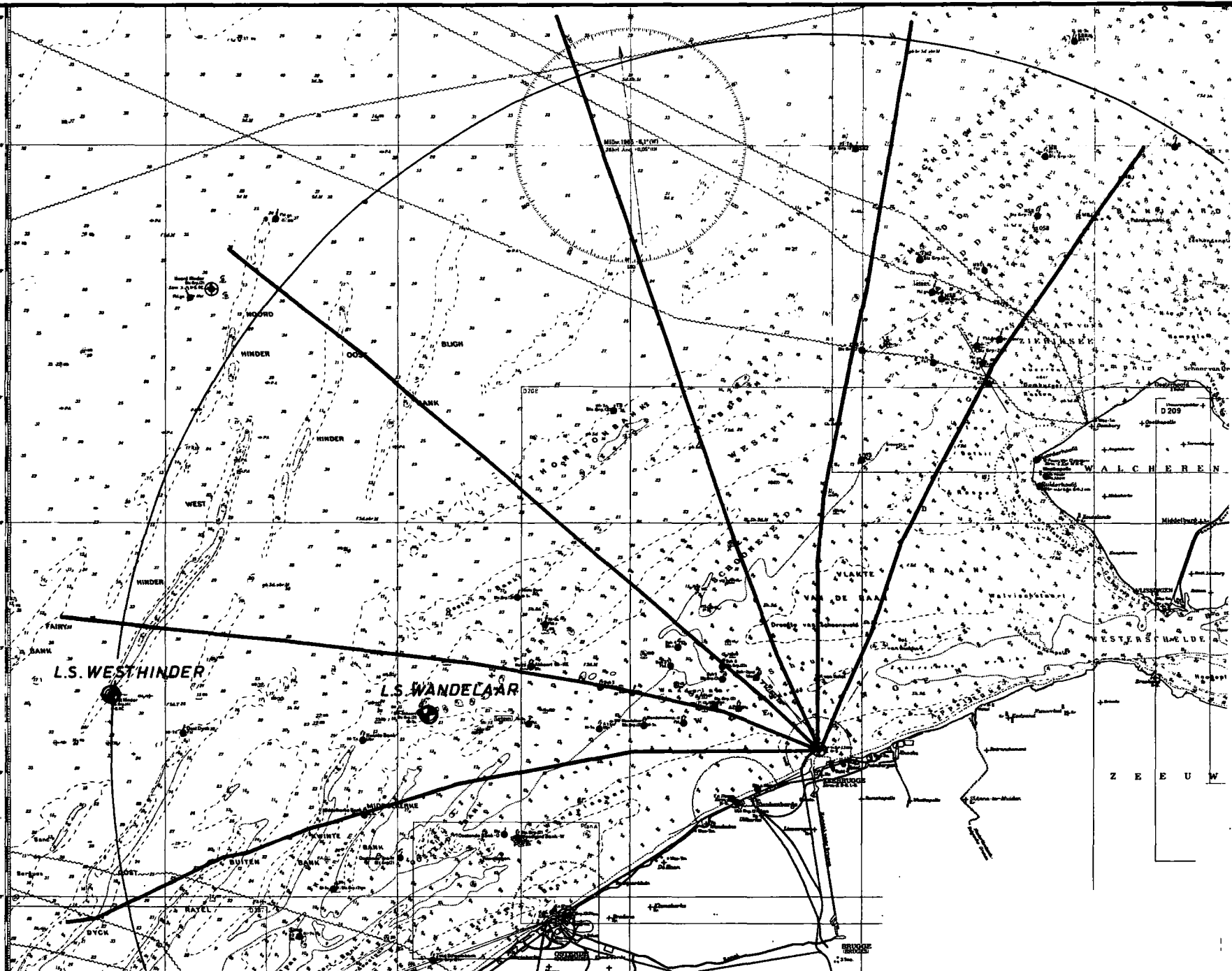
Schaal: 1/400.000

Rel.: Deutsches Hydrographisches  
Institut Hamburg No 246

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGANDE STUDIE VAN DE GOLVEN

REFRACTIELIJNEN VOOR T = 7,5 s.

Bijlage 8



W.L. 75.325



Waarnemingen verspreid  
over een heel jaar

FREKWENTIE VAN VOORKOMEN VAN GOLVEN MET BEPAALDE  
SIGNIFICANTE, GOLFHOOGTE EN BEPAALDE WINDRICHTING

L.S. WESTHINDER

TABEL 5

Hs (m)	PERIODE T = 6s							
	WINDRICHTING							
		W	WNW	NW	NNW	N	NNO	
	242° - 258°45'	258°45' - 281°15'	281°15' - 303°45'	303°45' - 326°15'	326°15' - 348°15'	348°15' - 11°15'	11°15' - 33°45'	33°45' - 49°30'
0								
0,25	22	20	6	5	1	10	8	10
0,50	42	32	16	9	12	21	4	20
0,75	26	23	14	13	11	22	8	19
1	20	24	10	15	15	29	17	20
1,25	18	28	13	19	18	27	24	17
1,50	18	15	13	21	13	22	15	10
1,75	16	21	6	11	15	17	17	15
2	19	14	4	12	17	12	8	11
2,25	16	12	12	10	4	11	5	4
2,50	8	8	7	6	5	12	5	6
2,75	10	4	9	10	3	10	2	5
3	8	9	2	2	6	3	5	4
3,25	10	5	7	9	2	7	2	2
3,50	6	2	1	5	3	3		1
3,75	5	4	4	4	3	3		1
4	2	3	2	6		1		1
4,25	1	1		3	2		1	
4,50	1	4		2	2			1
4,75	1					1		
5						1		
5,25	1		2	1				1
5,50								
Totaal per windricht.	250	229	128	163	132	212	121	148

Algemeen totaal 1383

Waarnemingen verspreid  
over een heel jaar

**FREKWENTIE VAN VOORKOMEN VAN GOLVEN MET BEPAALDE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE EN BEPAALDE WINDRICHTING**
**L.S. WESTHINDER**
**TABEL 6**

Hs (m)	PERIODE T = 7,5 s								
	WINDRICHTING								
		WZW	W	WNW	NW	NNW	N	NNO	
	228°30'-236°15'	236°15'-258°45'	258°45'-281°15'	281°15'-303°45'	303°45'-326°15'	326°15'-348°45'	348°45'-11°15'	11°15'-33°45'	33°45'-47°30'
0									
0,25	16	30	20	6	5	1	10	8	8
0,50	21	56	32	16	9	12	21	4	18
0,75	14	35	23	14	13	11	22	8	16
1	10	27	24	10	15	15	29	17	18
1,25	11	24	28	13	19	18	27	24	15
1,50	9	24	15	13	21	13	22	15	9
1,75	7	22	21	6	11	15	17	17	13
2	7	26	14	4	12	17	12	8	10
2,25	8	21	12	12	10	4	11	5	4
2,50	5	11	8	7	6	5	12	5	5
2,75	4	13	4	9	10	3	10	2	4
3	5	11	9	2	2	6	3	5	3
3,25	2	14	5	7	9	2	7	2	2
3,50	3	8	2	1	5	3	3		1
3,75	2	7	4	4	4	3	3		1
4	1	3	3	2	6		1		1
4,25	1	1	1		3	2		1	
4,50	1	1	4		2	2			1
4,75		2					1		
5	1						1		
5,25		1		2	1				1
5,50									
Totaal per windricht.	128	337	229	128	163	132	212	121	130

Algemeen totaal : 1580

Waarnemingen verspreid  
over een heel jaar

**FREKWENTIE VAN VOORKOMEN VAN GOLVEN MET BEPAALDE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE EN BEPAALDE WINDRICHTING**
**L.S. WESTHINDER**
**TABEL 7**

H <sub>s</sub> (m)	PERIODE T = 6 s					
	WINDRICHTING					
	W	WNW	NW	NNW	N	NNO
	258°45' - 281°15'	281°15' - 303°45'	303°45' - 326°15'	326°15' - 348°45'	348°45' - 11°15'	11°15' - 33°45'
0						
0,25	34	13	6	3	11	15
0,50	61	27	12	14	20	22
0,75	40	21	15	14	22	24
1	34	19	16	19	32	30
1,25	34	23	22	21	33	31
1,50	27	17	24	15	25	19
1,75	28	14	13	17	21	25
2	27	10	13	18	13	16
2,25	23	16	12	5	11	7
2,50	13	9	7	7	12	9
2,75	12	10	11	5	9	6
3	13	6	2	6	5	7
3,25	13	8	10	3	7	3
3,50	7	2	5	3	3	1
3,75	7	6	4	3	3	1
4	4	3	6		1	1
4,25	2		3	2		1
4,50	3	2	2	2		1
4,75	1				1	
5					1	
5,25	1	2	1			1
5,50						
Totaal per windricht.	384	184	208	157	230	220

Algemeen totaal : 1383

Waarnemingen verspreid  
over een heel jaar

**FREKWENTIE VAN VOORKOMEN VAN GOLVEN MET BEPAALDE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE EN BEPAALDE WINDRICHTING**

L.S. WESTHINDER

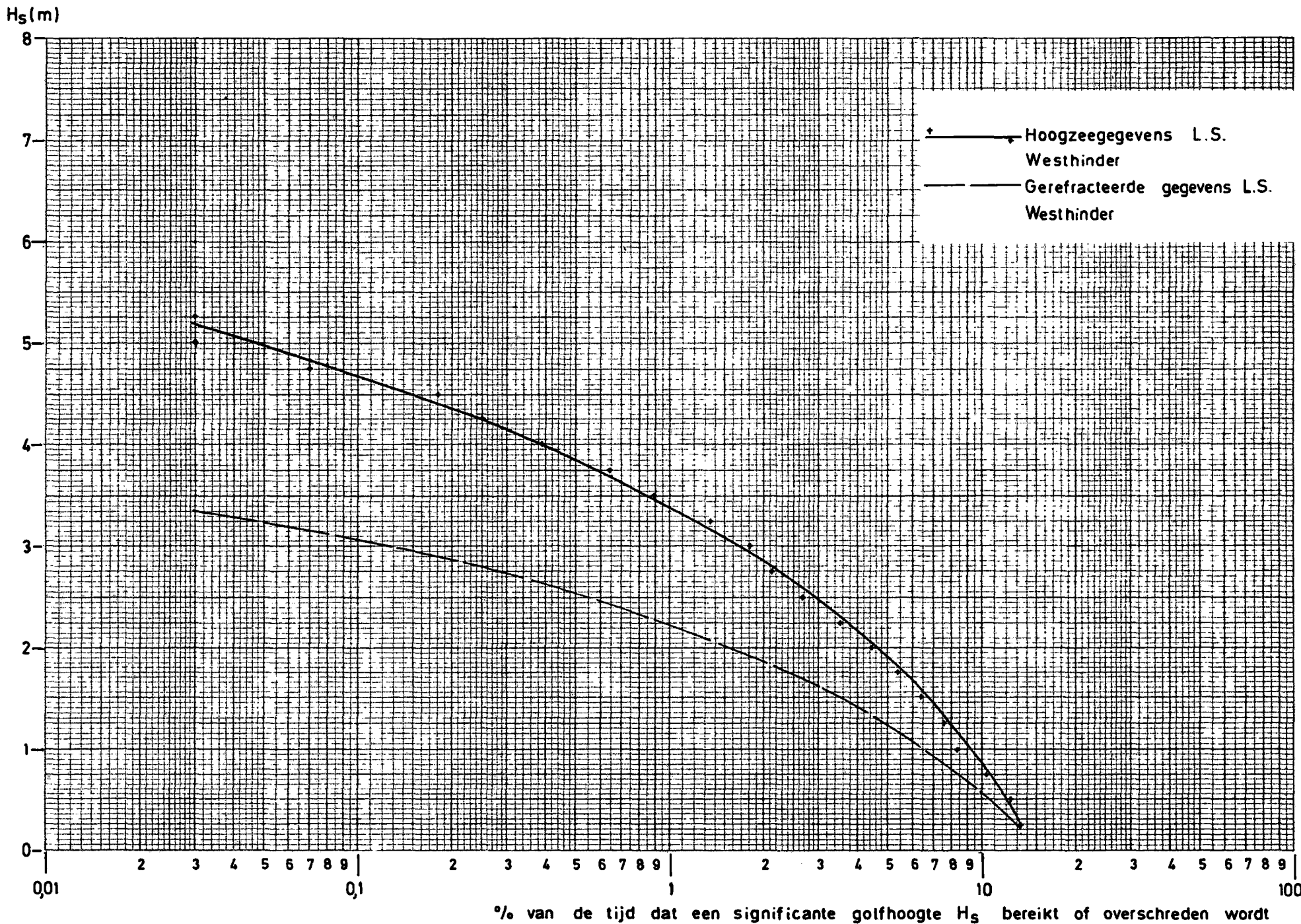
**TABEL 8**

H s (m)	PERIODE T = 7,5 s					
	WINDRICHTING					
	W	WNW	NW	NNW	N	NNO
	258°45' - 281°15'	281°15' - 303°45'	303°45' - 326°15'	326°15' - 348°45'	348°45' - 11°15'	11°15' - 33°45'
0						
0,25	49	20	8	4	11	12
0,50	81	36	16	19	17	20
0,75	52	27	19	19	19	20
1	40	26	19	25	29	26
1,25	39	31	23	28	31	27
1,50	35	20	25	22	23	16
1,75	32	21	13	21	21	21
2	35	14	13	22	12	14
2,25	31	16	15	8	11	6
2,50	17	11	8	10	11	7
2,75	18	8	13	7	8	5
3	17	9	3	7	5	5
3,25	17	8	11	5	6	3
3,50	11	3	5	4	2	1
3,75	10	5	6	4	2	1
4	4	4	6	1	1	1
4,25	2	1	3	2	1	
4,50	3	3	2	2		1
4,75	2				1	
5	1				1	
5,25	1	2	1			1
5,50						
Totaal per windricht.	497	265	209	210	212	187

Algemeen totaal : 1580

Richting in Zeebrugge: W  
Periode  $T_s = 6$  s  
Refractiecoëff. = 0,65

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_s$  (ZEEBRUGGE)



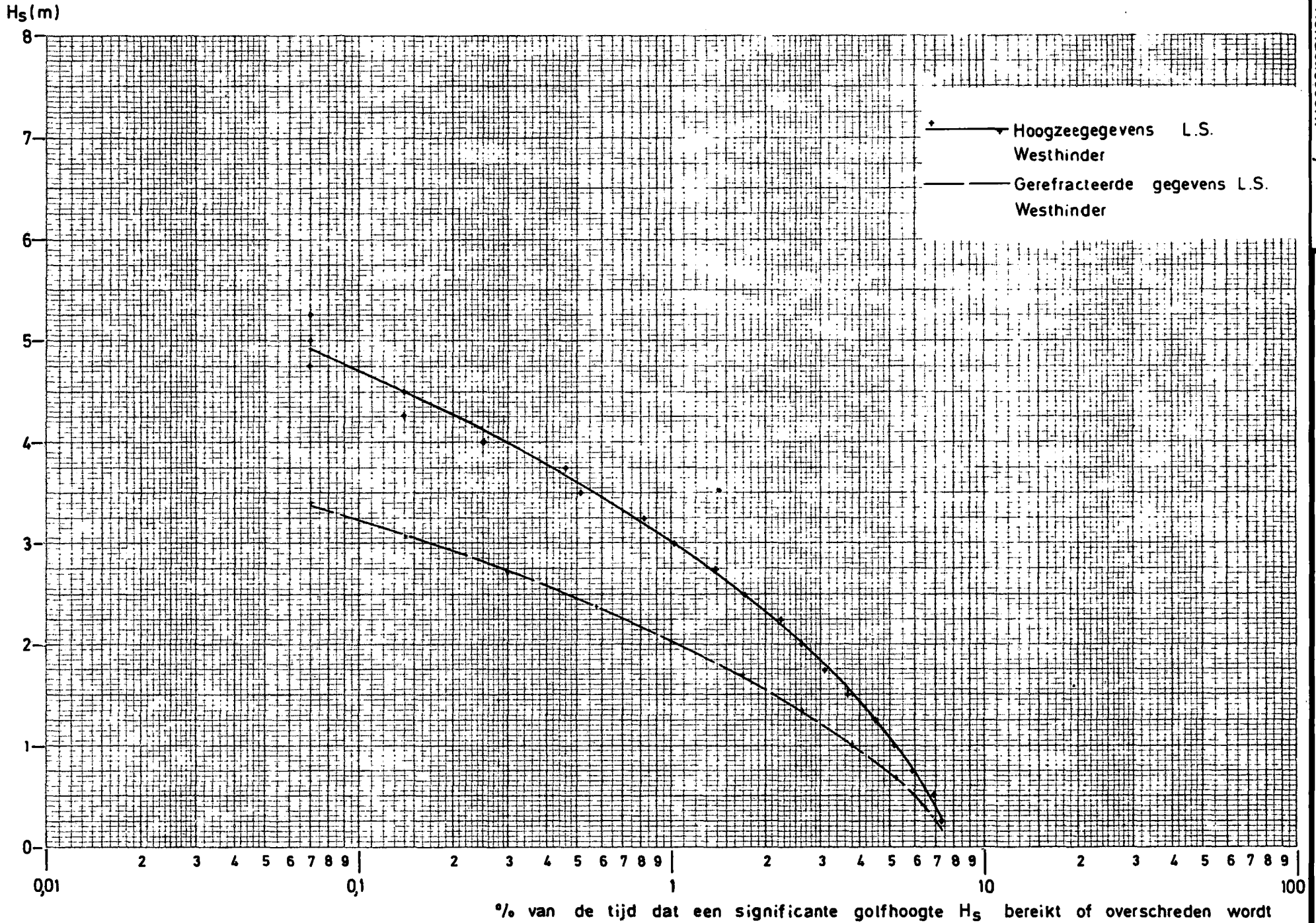


Richting in Zeebrugge: WNW  
Periode  $T = 6$  s  
Refractiecoëff. = 0,68

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN

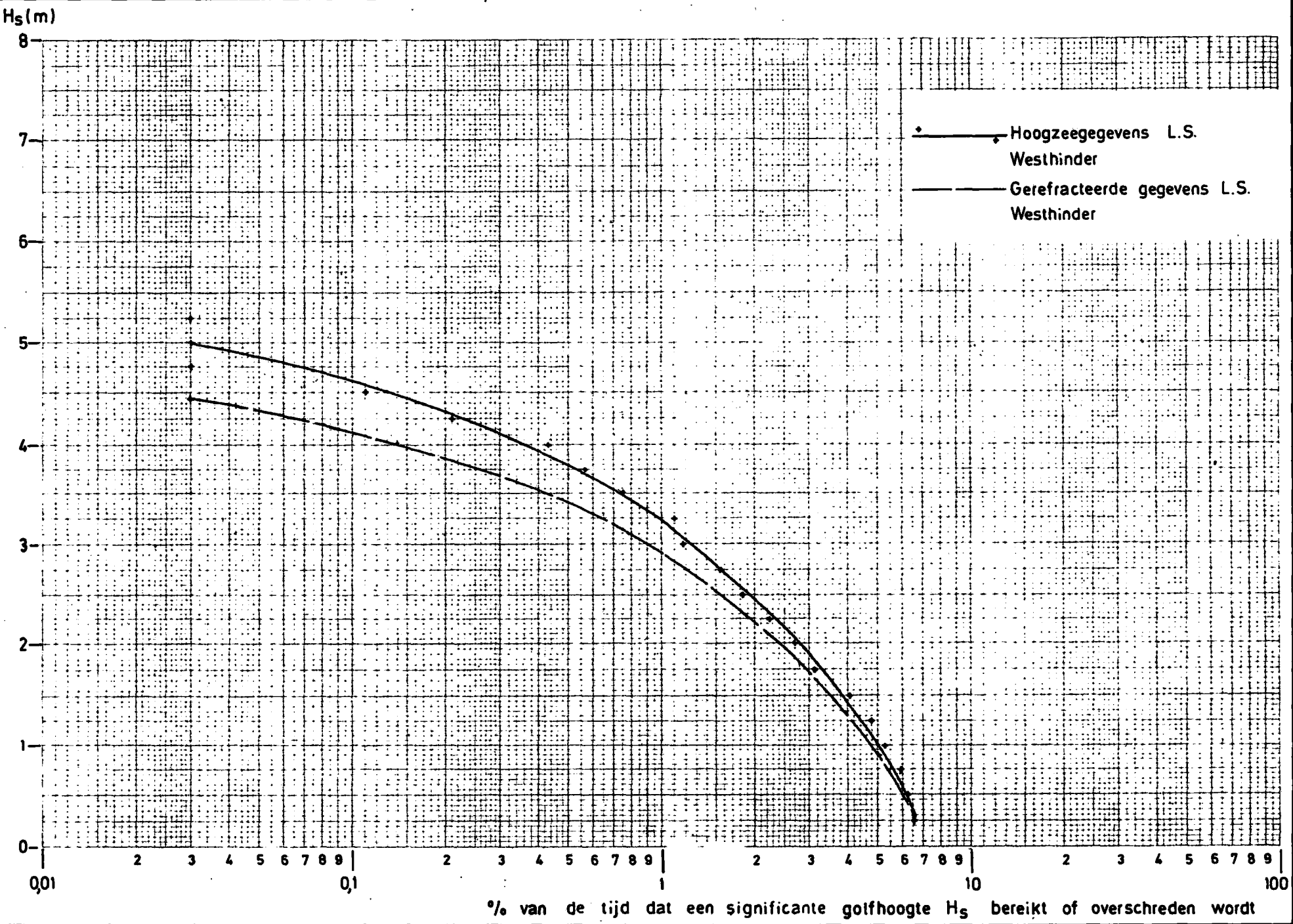
Bijlage 14

FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_S$  (ZEEBRUGGE)



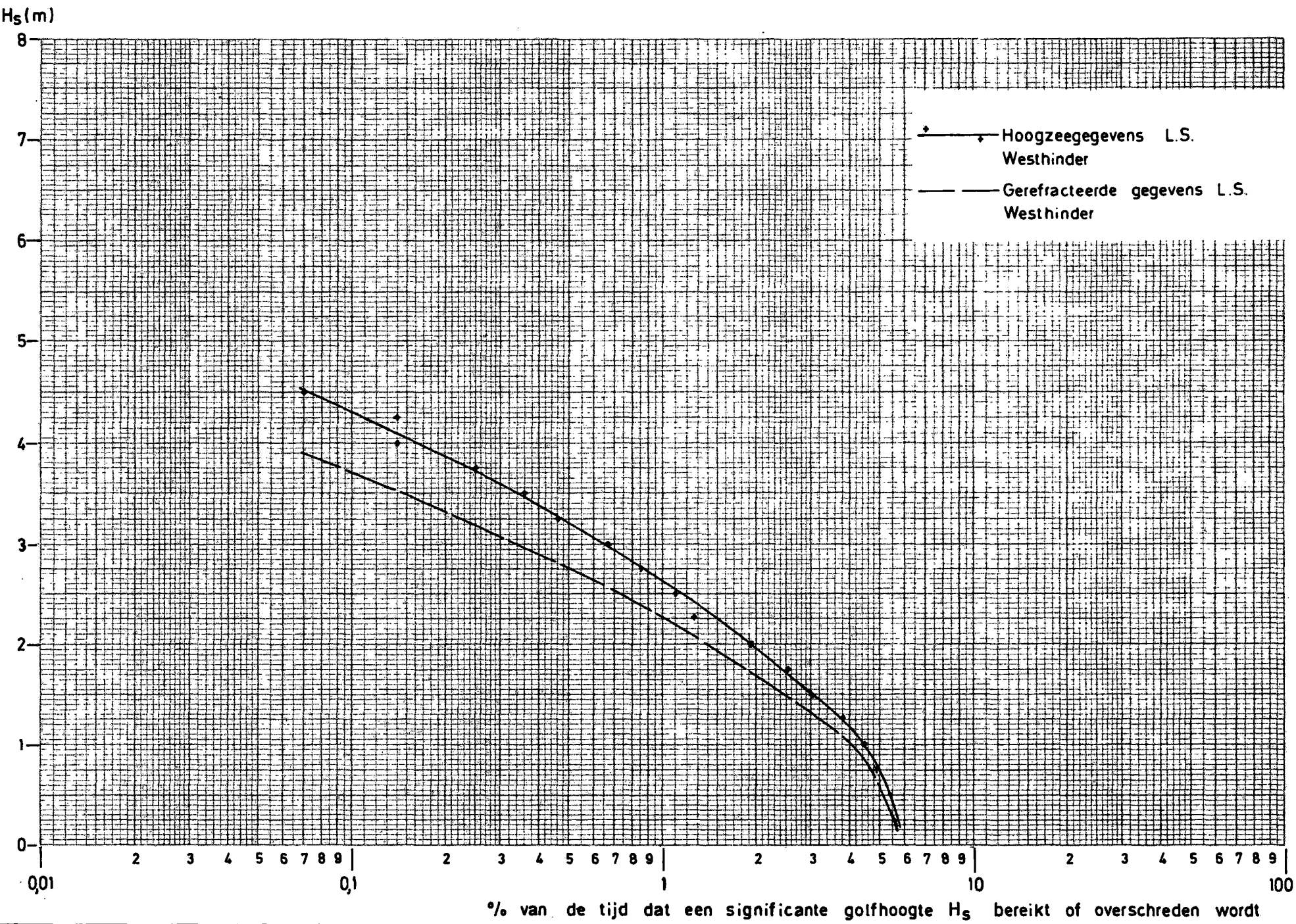
Richting in Zeebrugge: N.W.  
 Periode  $T_s = 6$  s  
 Refractiecoëff. = 0,89

MOD. 320-2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
 VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
 FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
 SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_s$  (ZEEBRUGGE)



Richting in Zeebrugge N.N.W.  
Periode  $T = 6$  s.  
Refractiecoëff. = 0,98

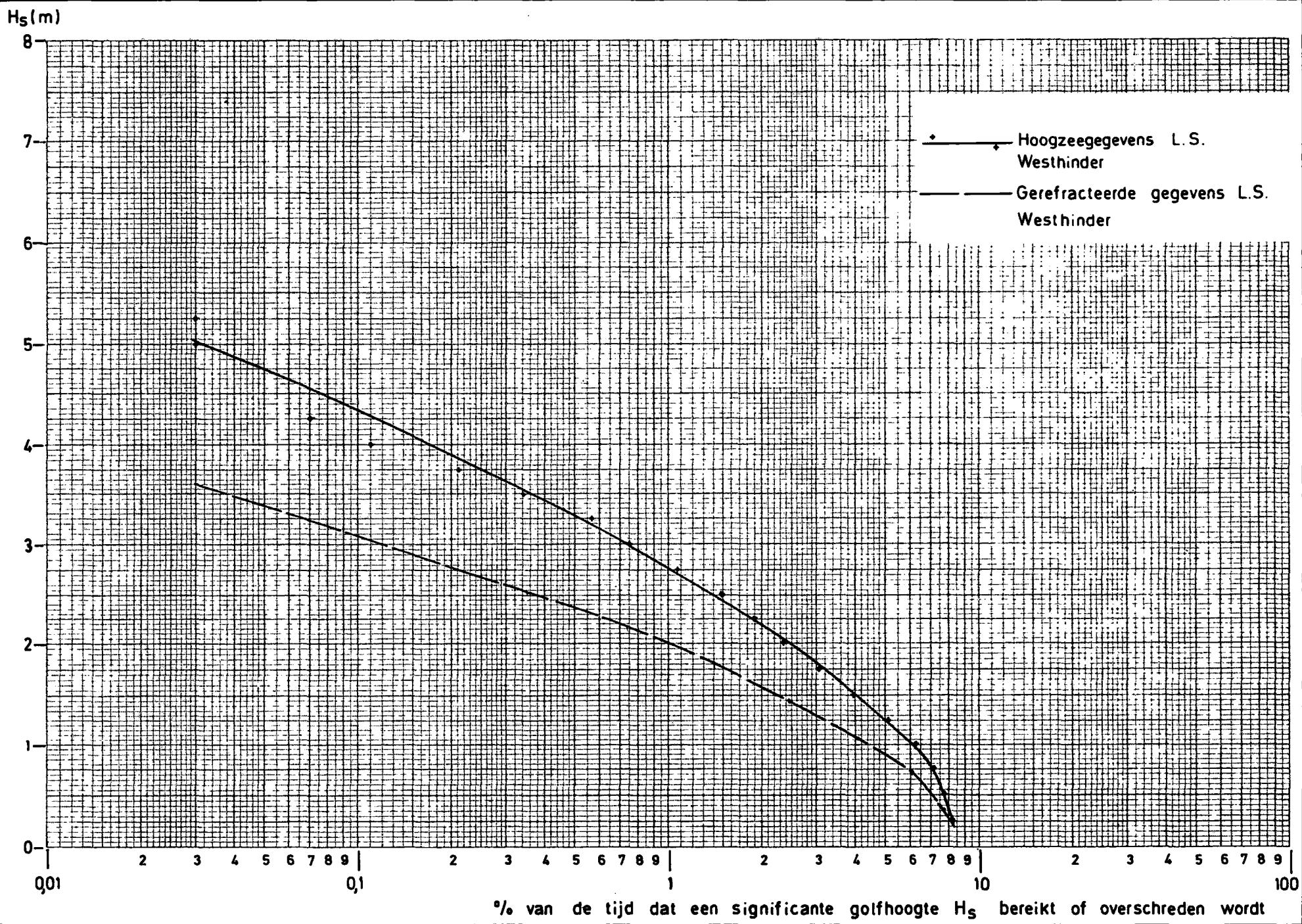
MOD. 320 - 2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_S$  (ZEEBRUGGE)





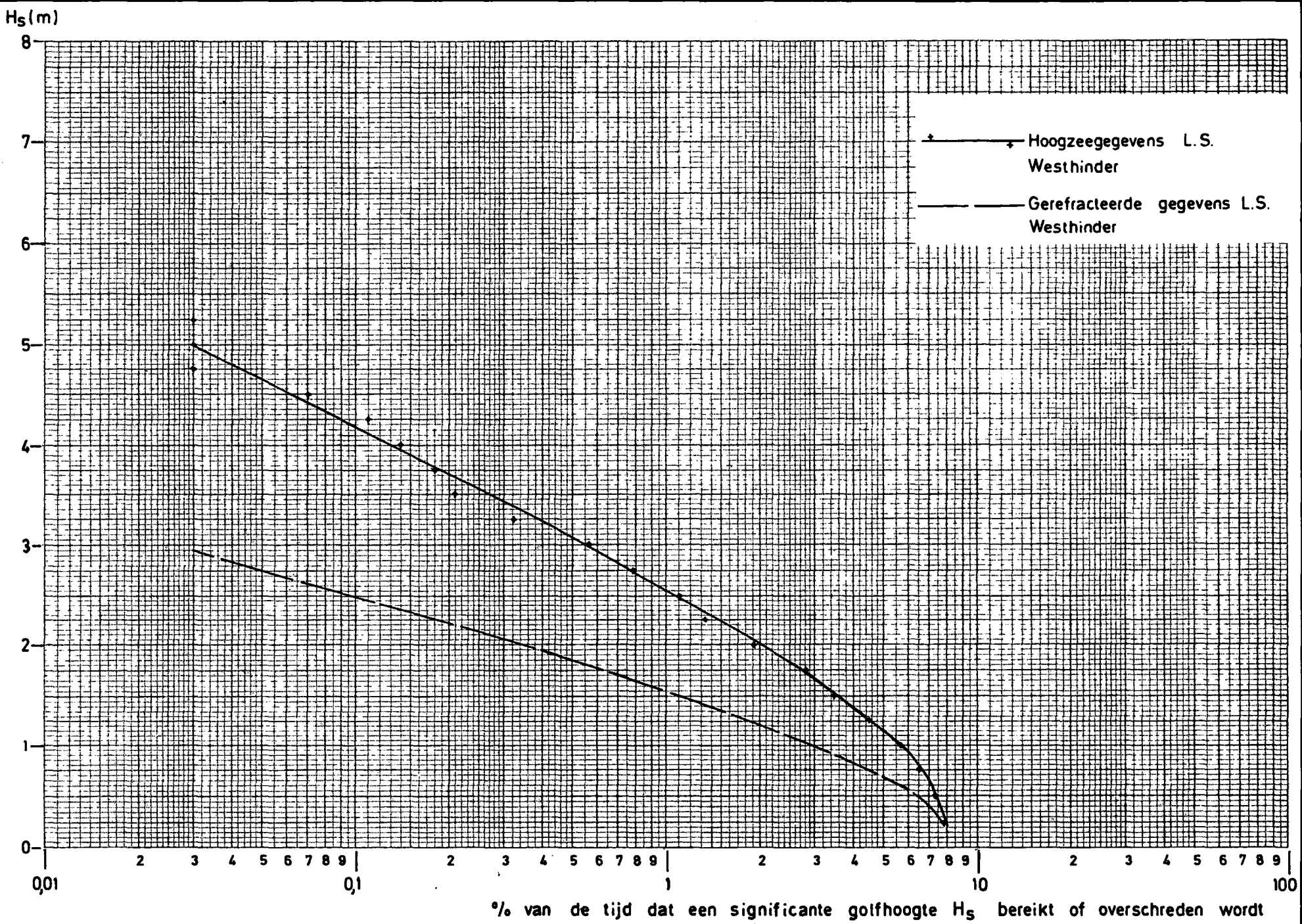
Riching in Zeebrugge: N  
 Periode  $T = 6$  s.  
 Refractiecoëff. = 0,72

MOD. 320-2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
 VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
 FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
 SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_S$



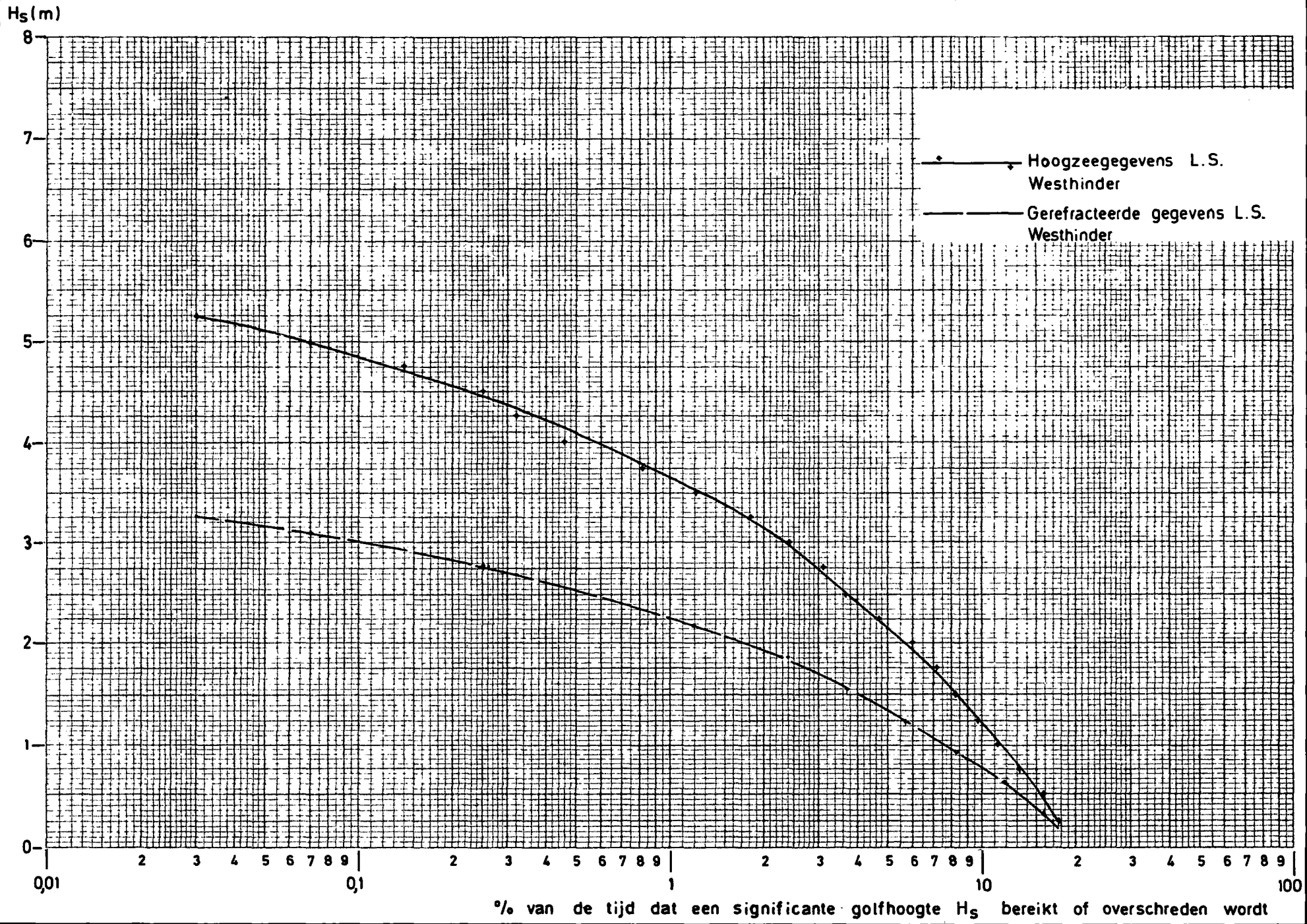
Richting in Zeebrugge: N.N.O.  
 Periode T = 6 s.  
 Refractiecoëff. = 0,59

MOD. 320-2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
 VOORAFGANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
 FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
 SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE H<sub>S</sub> (ZEEBRUGGE)



Richting in Zeebrugge: W  
Periode  $T = 7,5$  s  
Refractiecoëff. = 0,62

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_S$  (ZEEBRUGGE)



% van de tijd dat een significante golfhoogte  $H_S$  bereikt of overschreden wordt

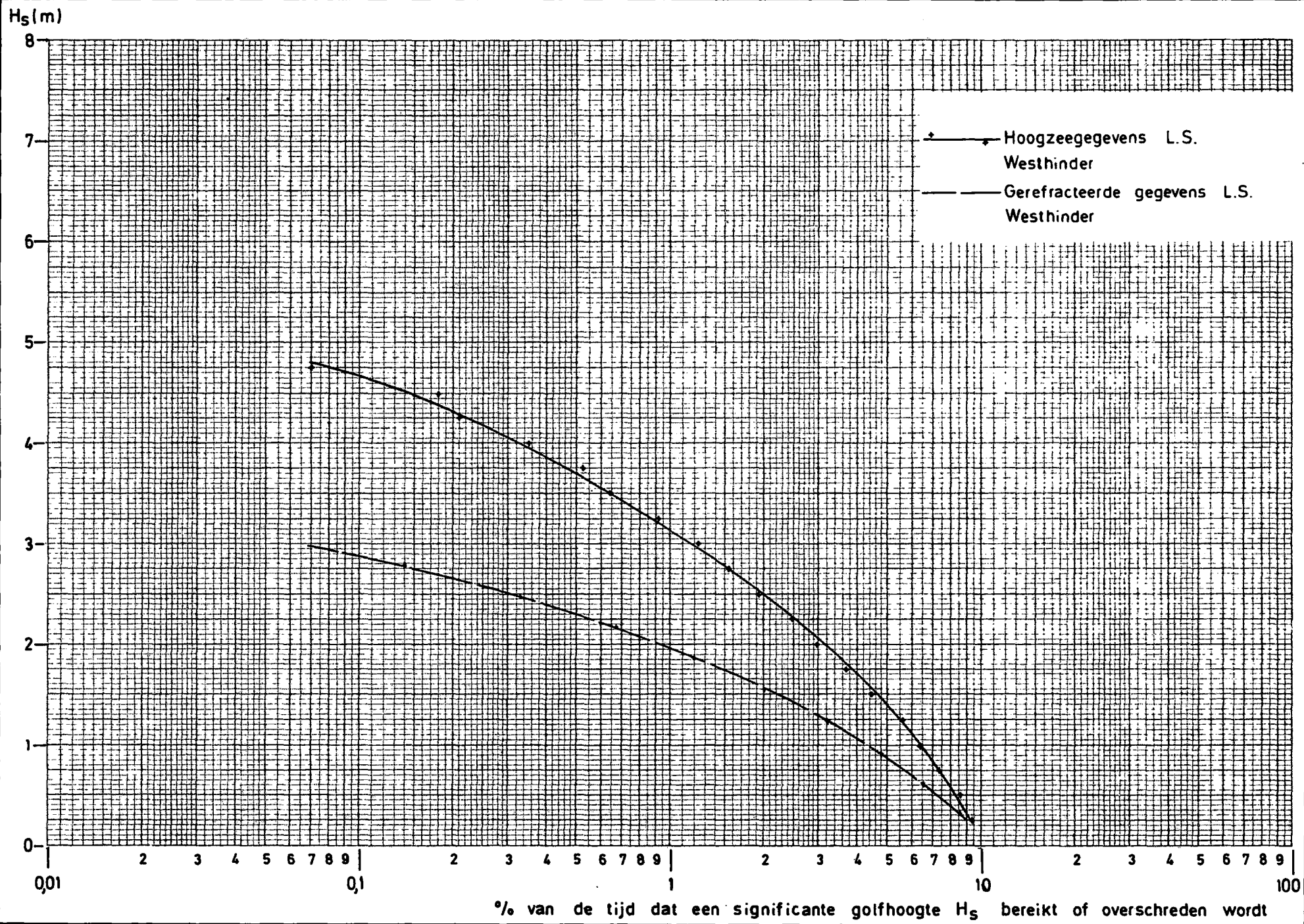


Riching in Zeebrugge: WNW  
Periode  $T = 7,5$  s  
Refractiecoëff. = 0,62

MOD. 320 - 2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN

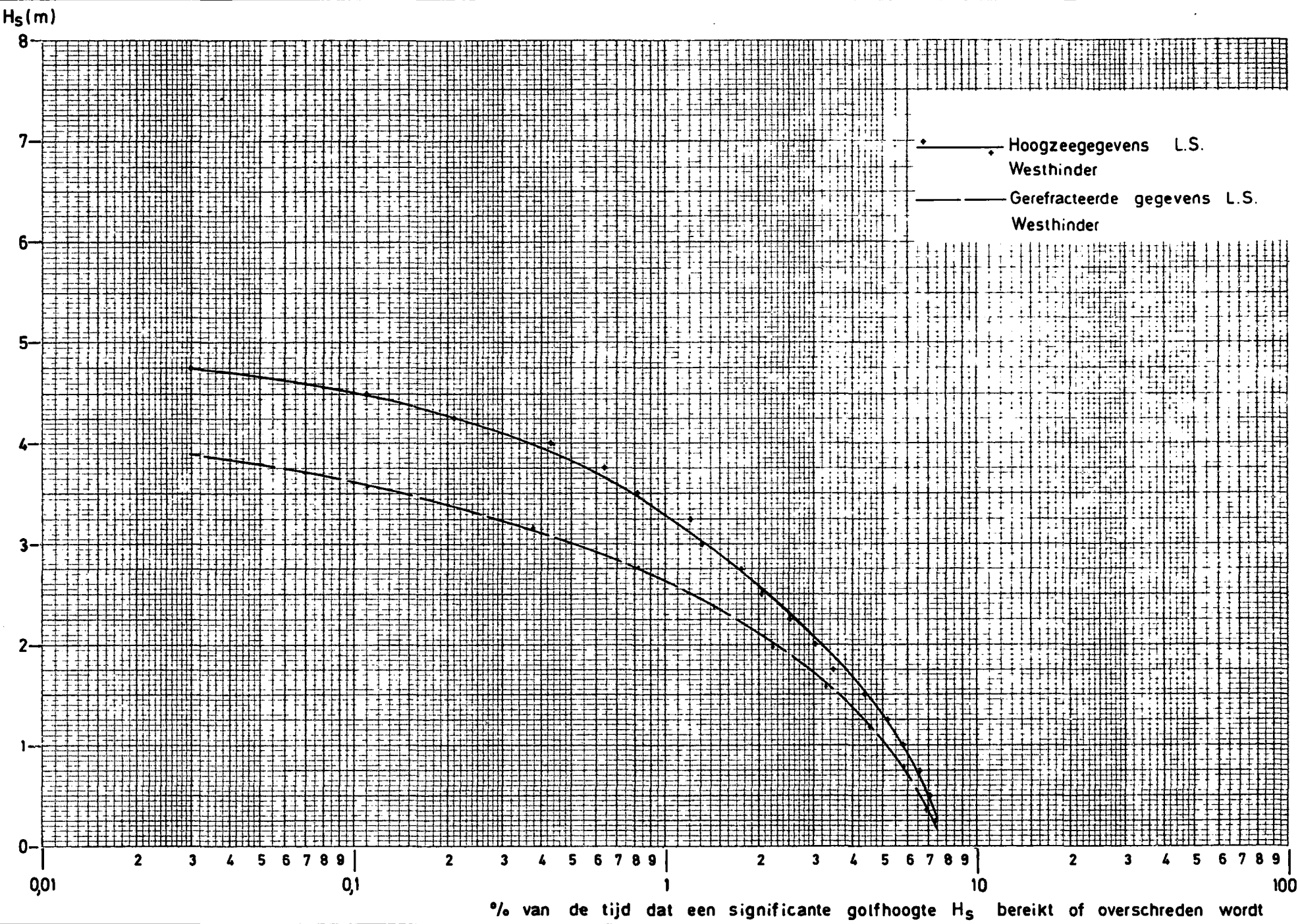
Bijlage 20

FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_S$  (ZEEBRUGGE)



Riching in Zeebrugge N.W.  
 Periode  $T = 7,5$  s.  
 Refractiecoëff. = 0,79

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
 VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
 FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
 SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_s$  (ZEEBRUGGE)

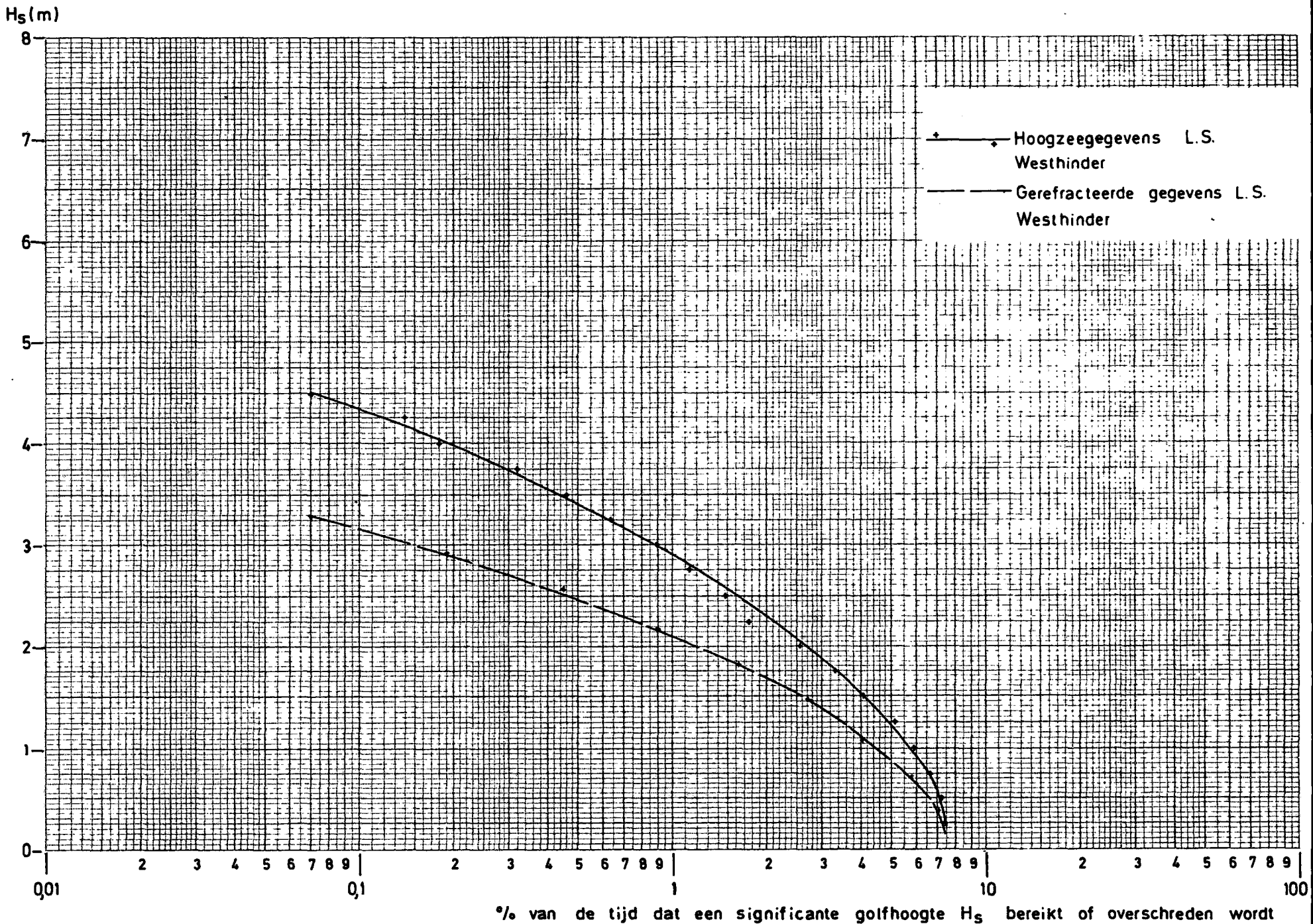




Richting in Zeebrugge: NNW  
 Periode  $T = 7,5$  s  
 Refractiecoëff. = 0,73

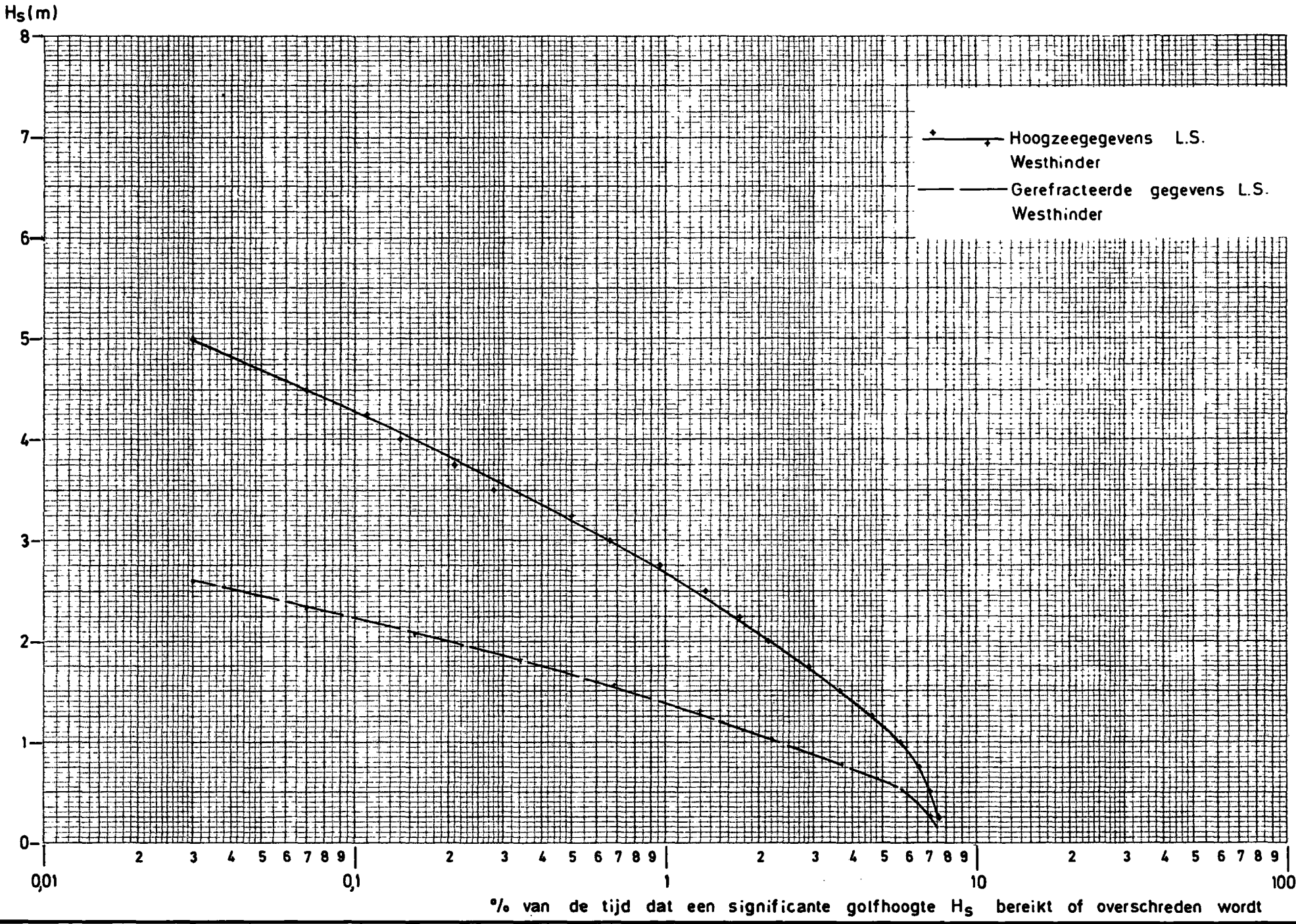
MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
 VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
 FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
 SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_S$  (ZEEBRUGGE)

Bijlage 22



Richting in Zebrugge : N  
Periode  $T = 7,5$  s  
Refractiecoëff. = 0,52

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_s$  (ZEEBRUGGE)

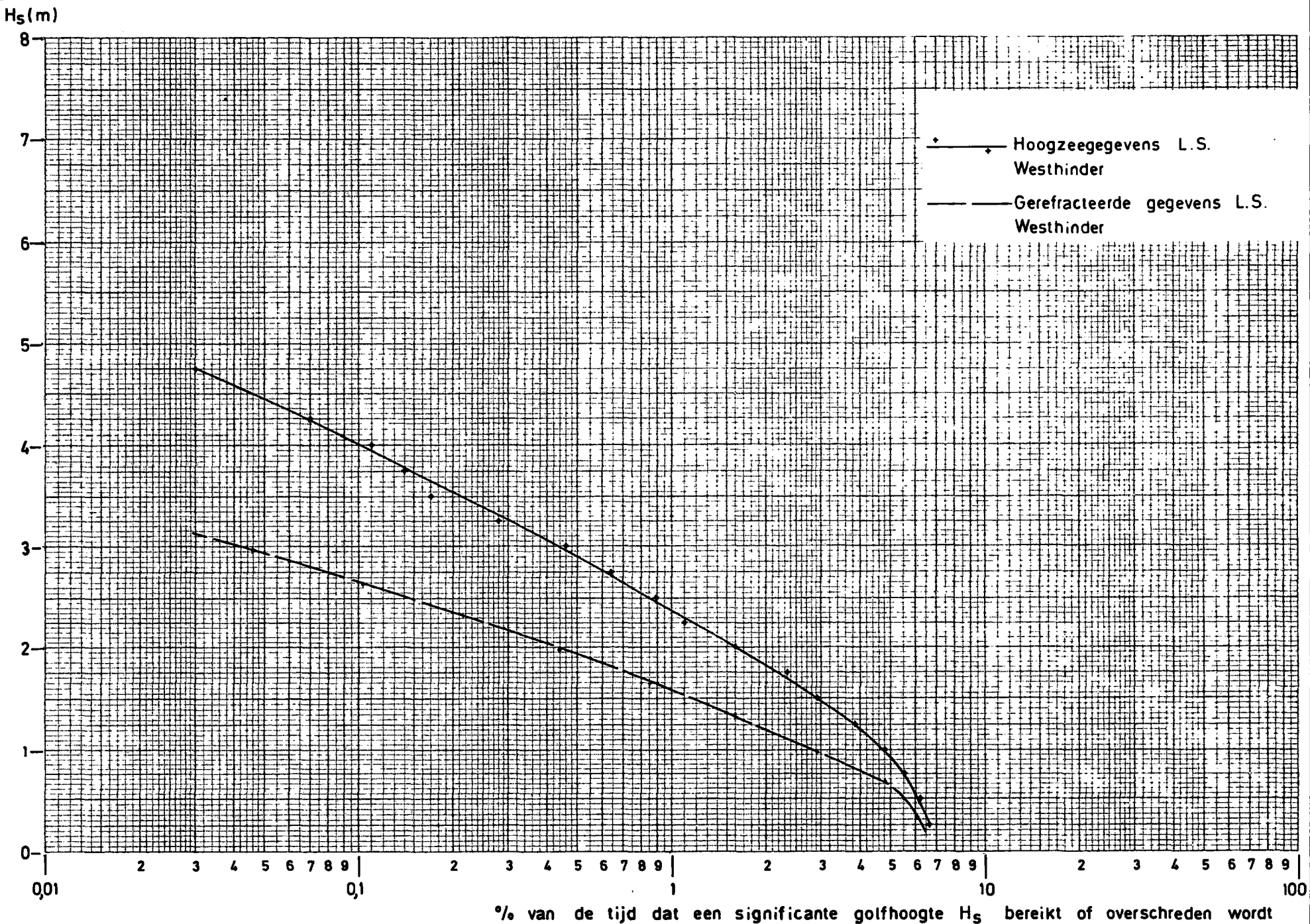


% van de tijd dat een significante golfhoopte  $H_s$  bereikt of overschreden wordt



Richting in Zeebrugge NN0  
Periode  $T = 7,5$  s  
Refractiecoëff. = 0,66

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_s$  (ZEEBRUGGE)



% van de tijd dat een significante golfhooftte  $H_s$  bereikt of overschreden wordt

Periode T = 6 s.  
Alle richtingen

FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE H<sub>s</sub> ( ZEEBRUGGE )

W.L. 75362

Significante golfhoogten H<sub>s</sub>

- 0,25 m
- - - 1 m
- · · 1,5 m

Richting

WNW

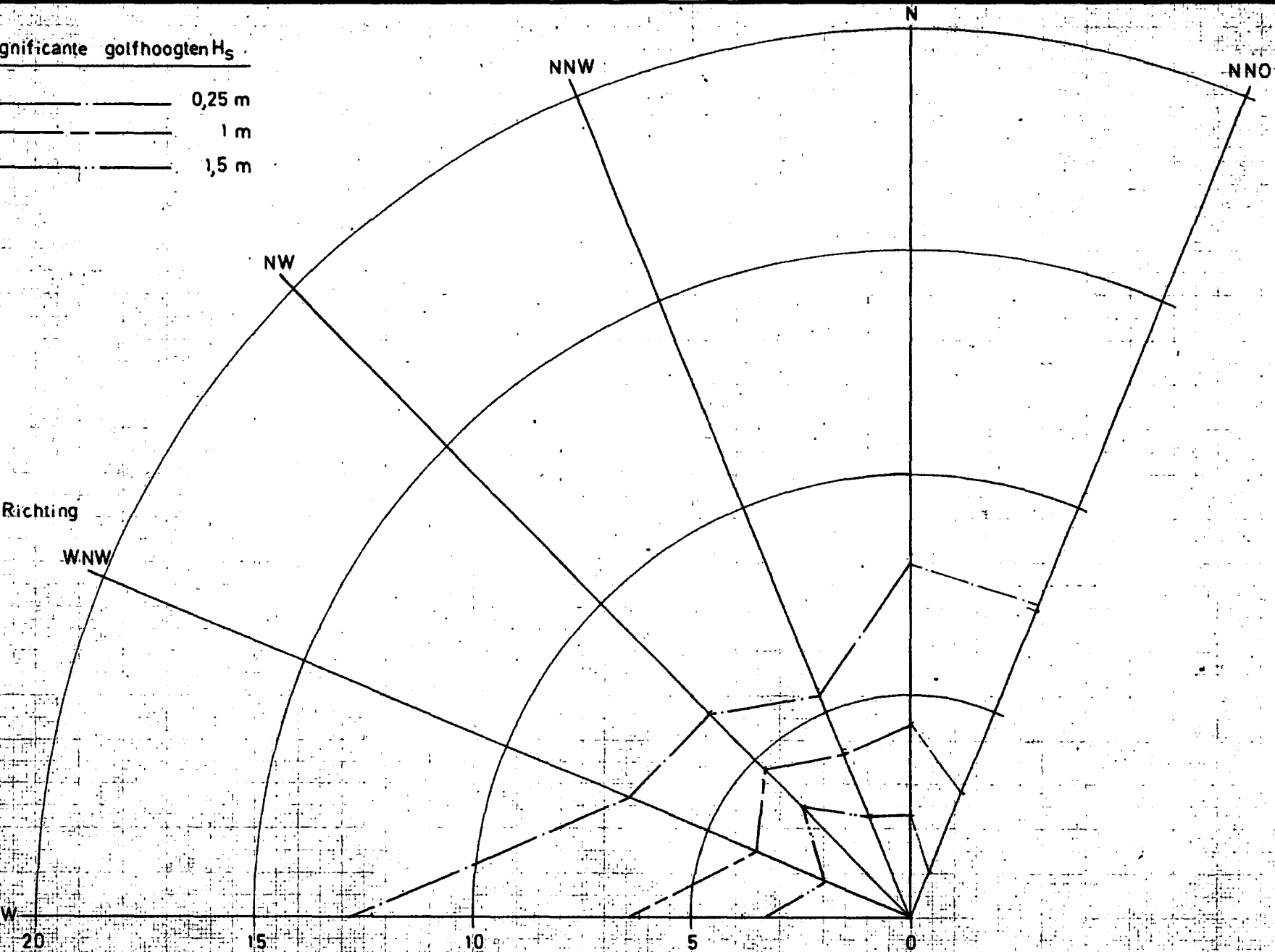
NW

NNW

NNO

W  
20  
15  
10  
5  
0

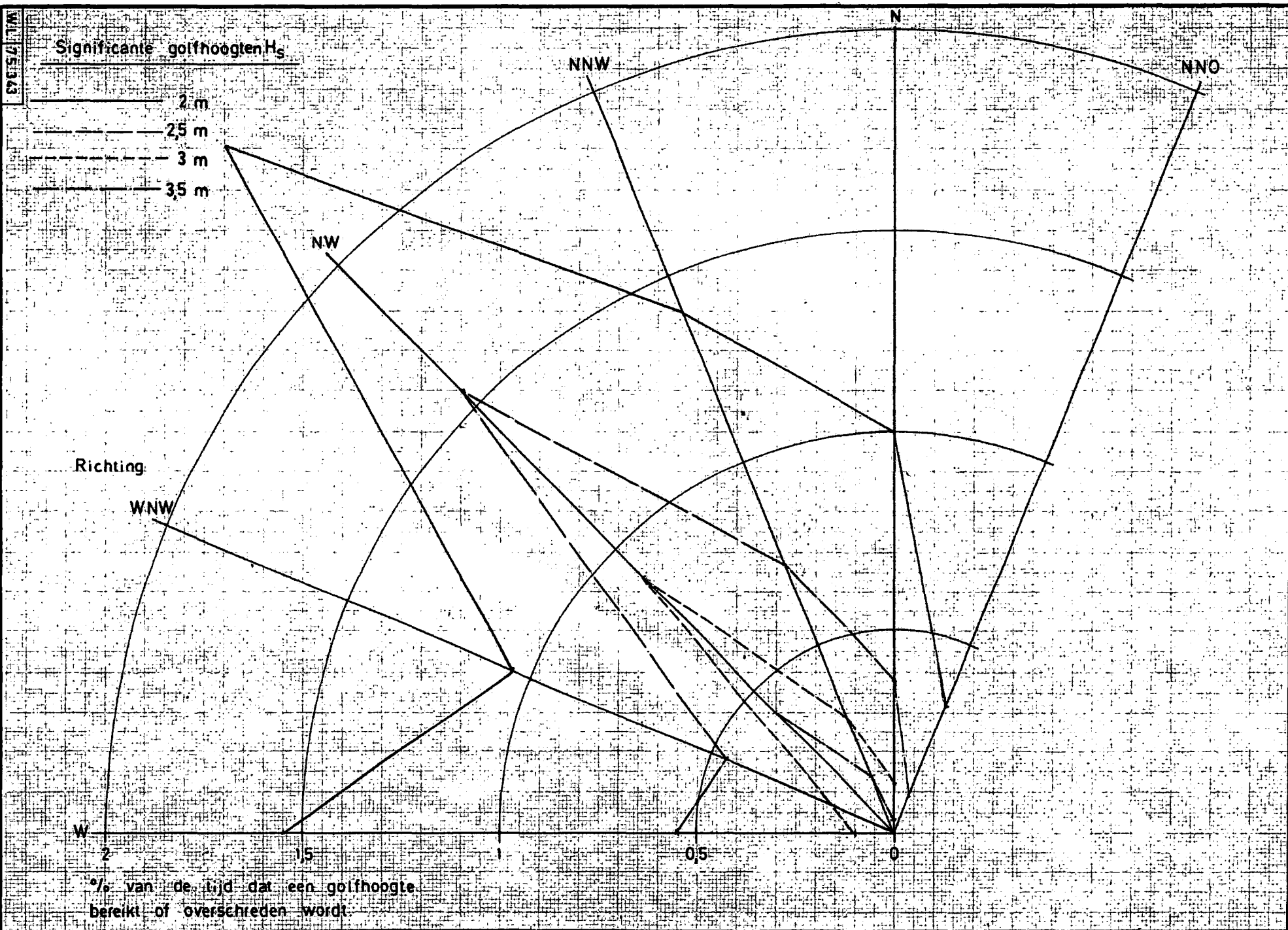
% van de tijd dat een golfhoogte bereikt of overschreden wordt





Periode T = 6 s.  
 Alle richtingen

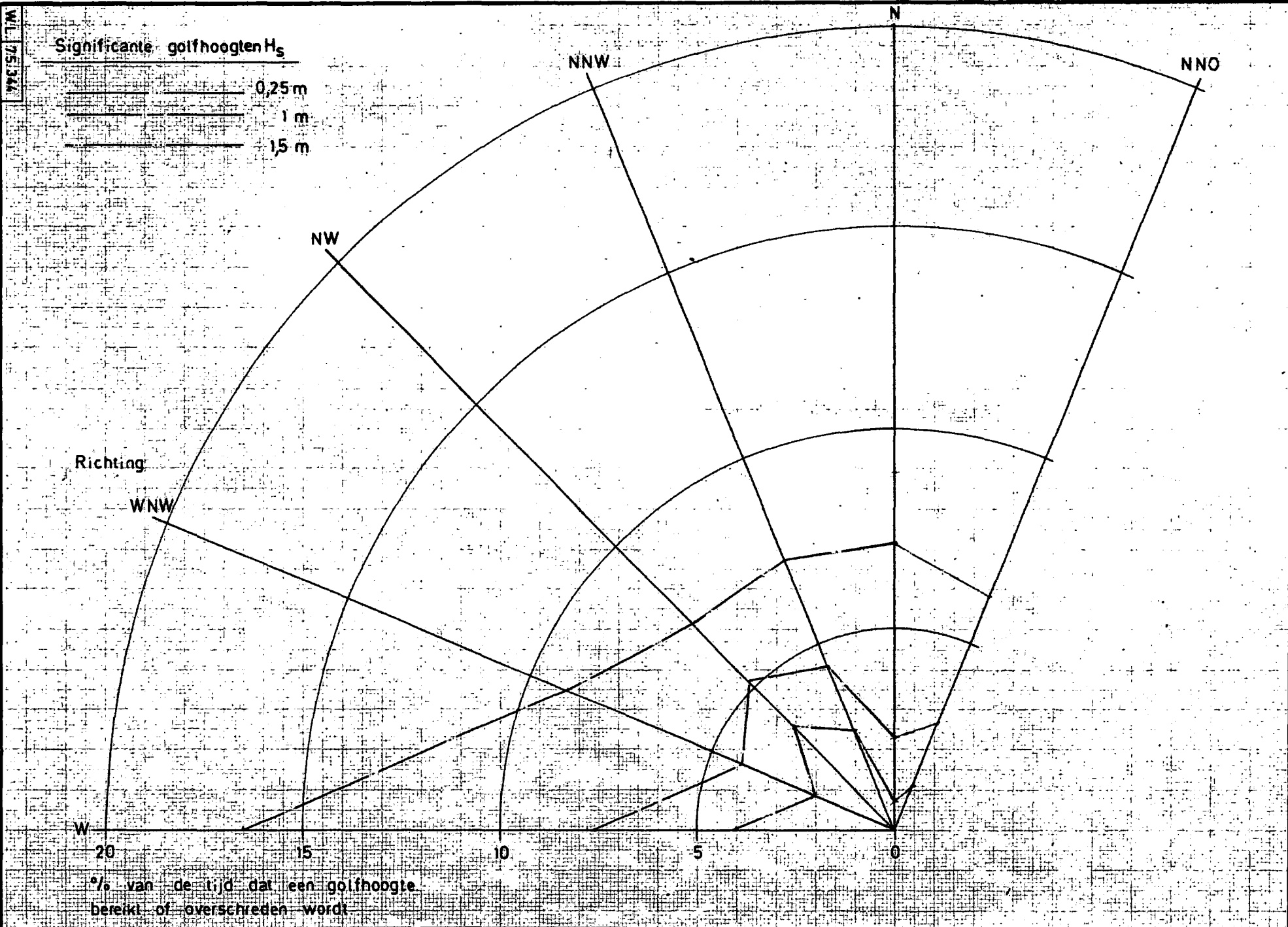
**FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE H<sub>s</sub> ( ZEEBRUGGE )**



W11751343

Periode  $T = 7,5$  s.  
 Alle richtingen

**FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
 SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_s$  ( ZEEBRUGGE )**

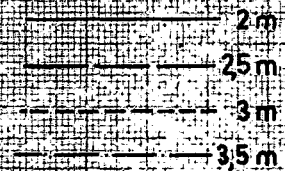


W/L 75/34

Periode T = 7,5 s.  
Alle richtingen

FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE H<sub>s</sub> ( ZEEBRUGGE )

Significante golfhoogten H<sub>s</sub>



Richting

WNW

NW

NNW

NNO

W

2

15

0.5

0

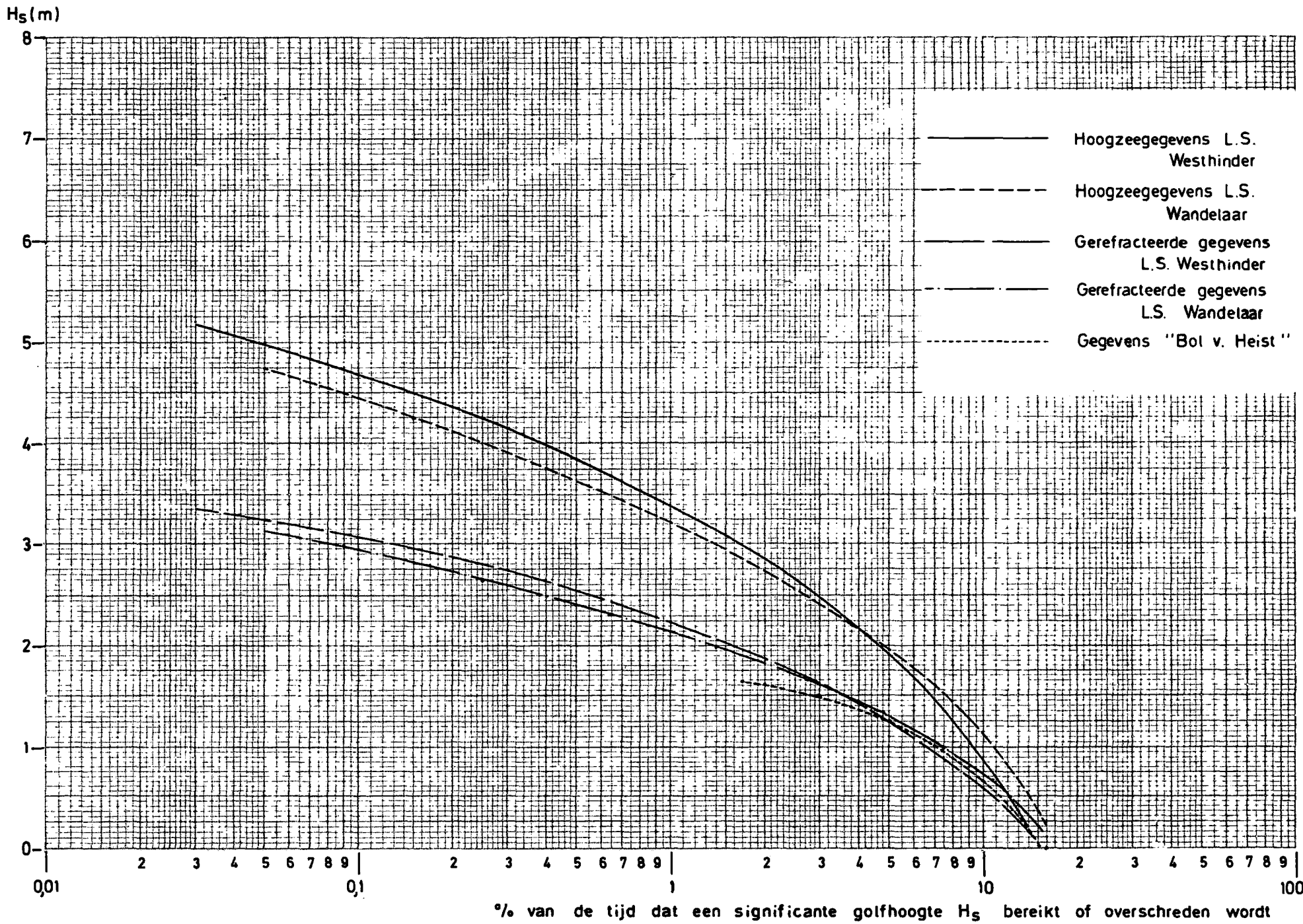
% van de tijd dat een golfhoogte bereikt of overschreden wordt

WI 75.345



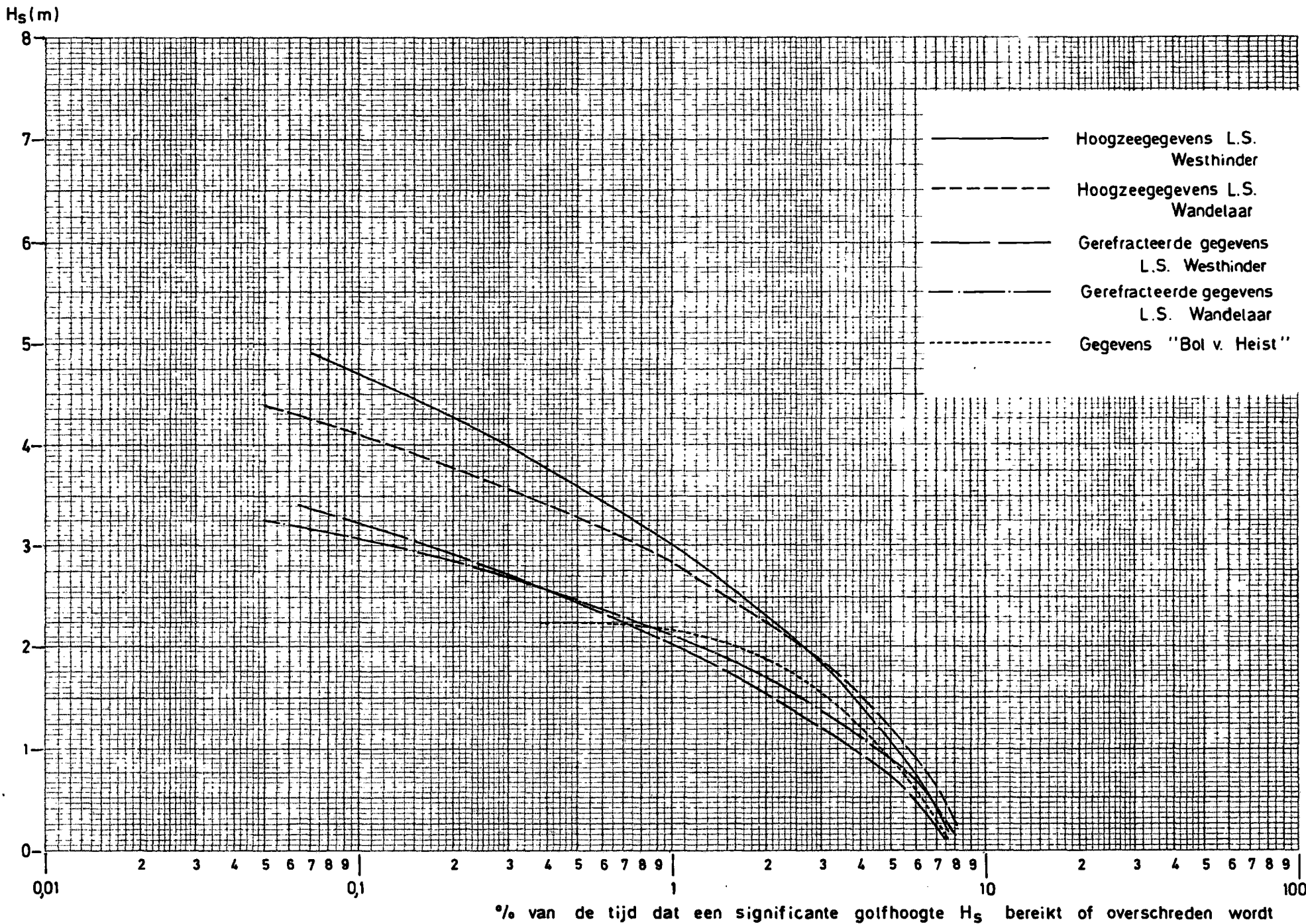
Richting in Zebrugge : W  
Periode T = 6 s.

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE H<sub>s</sub>

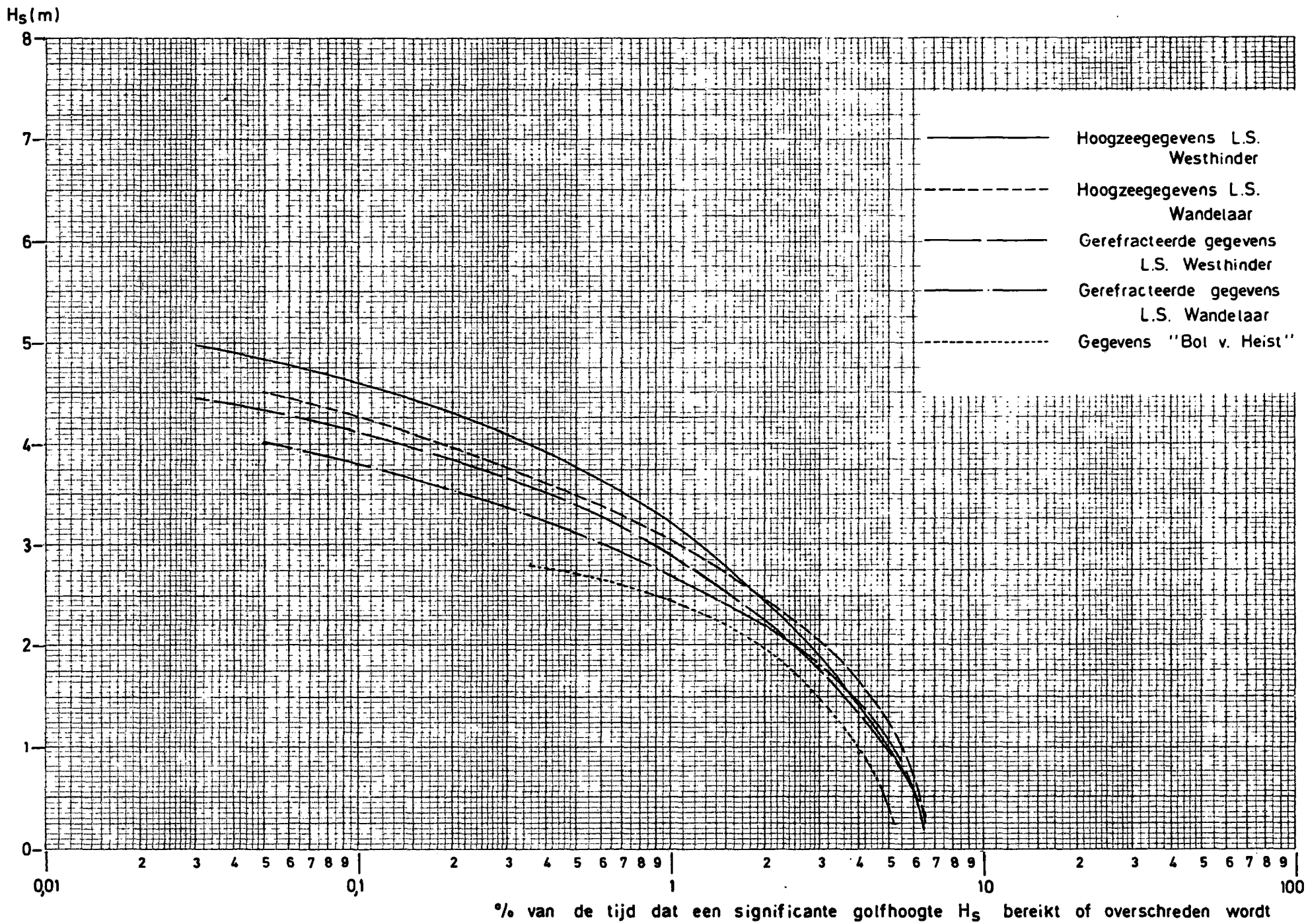


% van de tijd dat een significante golfhooftte H<sub>s</sub> bereikt of overschreden wordt





% van de tijd dat een significante golfhoogte H<sub>S</sub> bereikt of overschreden wordt



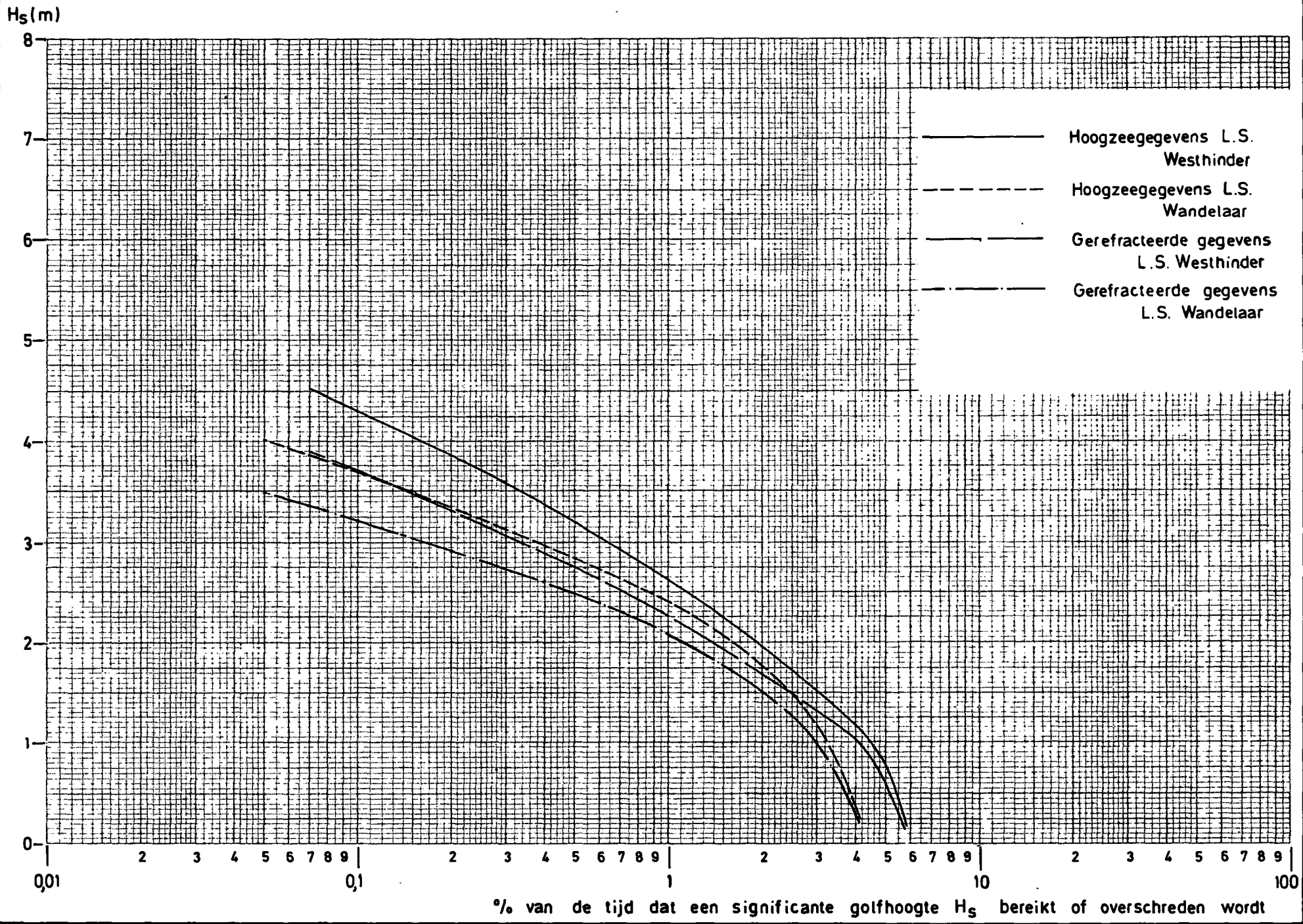
Richting in Zeebrugge : N.W.  
Periode  $T = 6$  s.

MOD. 320\_2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_s$



Richting in Zeebrugge: NNW  
Periode  $T = 6$  s.

FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE  $H_S$



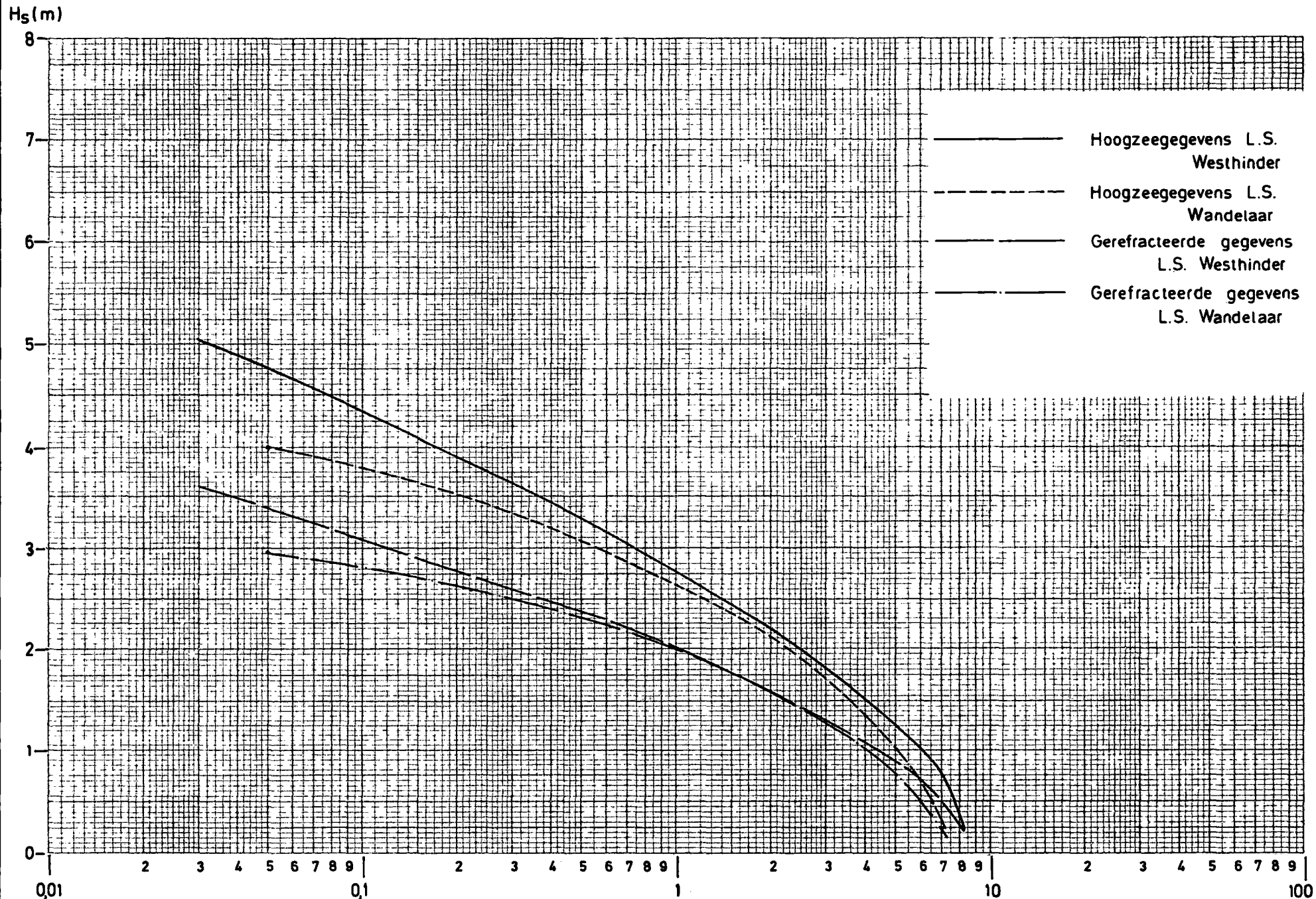
% van de tijd dat een significante golfhoogte  $H_S$  bereikt of overschreden wordt



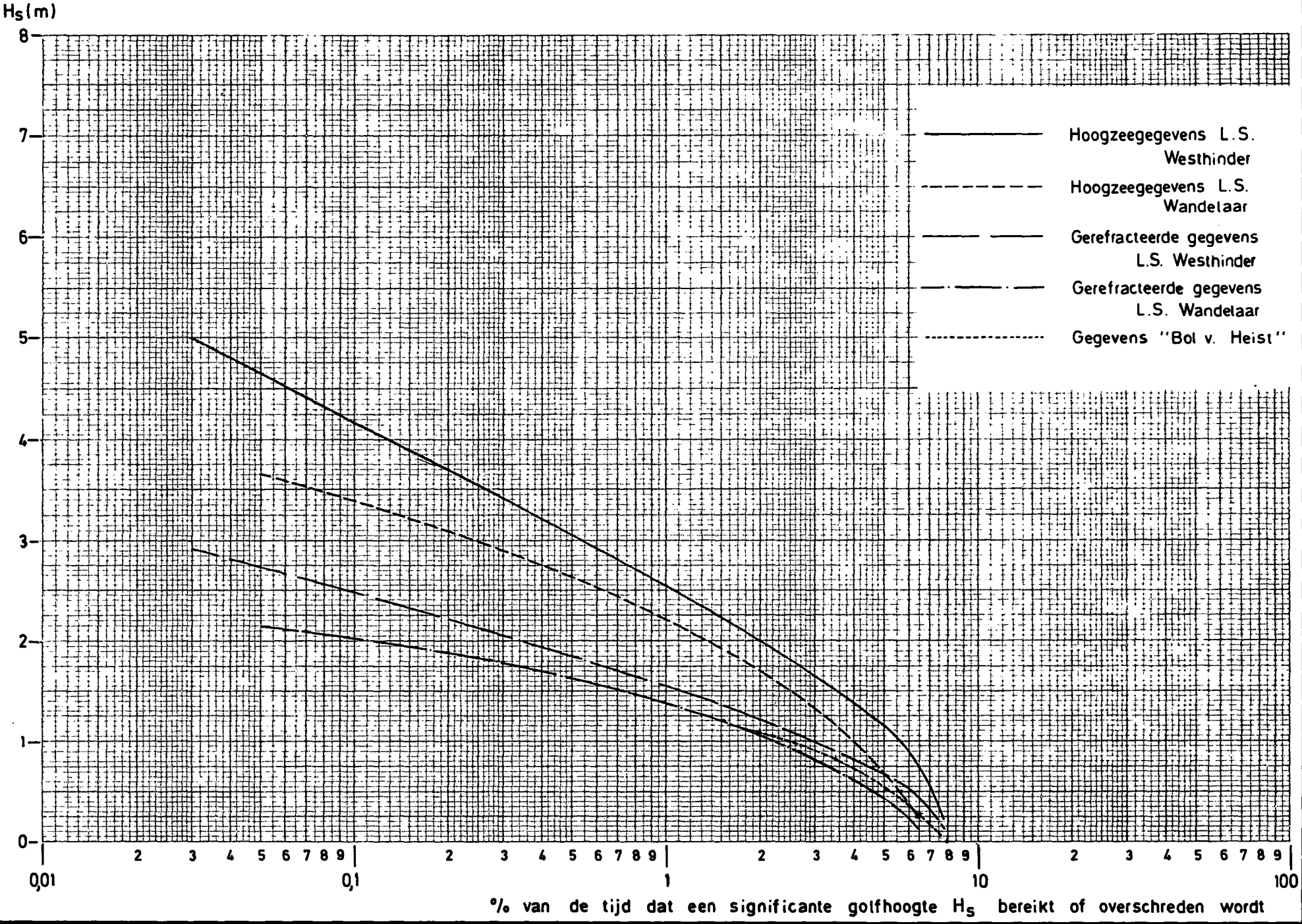


Richting in Zeebrugge : N  
Periode T = 6 s

MOD. 320 - 2 VOORHAVEN ZEEBRUGGE  
VOORAFGAANDE STUDIE VAN DE GOLVEN  
FREKVENTIEVERDELING IN FUNKTIE VAN DE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE H<sub>S</sub>



% van de tijd dat een significante golfhooft H<sub>S</sub> bereikt of overschreden wordt



Waarnemingen verspreid  
over een heel jaar

**FREKWENTIE VAN VOORKOMEN VAN GOLVEN MET BEPAALDE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE EN BEPAALDE WINDRICHTING**

L.S. WANDELAAR

**TABEL 11**

Hs (m)	PERIODE T = 6s							
	WINDRICHTING							
		W	WNW	NW	NNW	N	NNO	
	242°30' - 258°45'	258°45' - 281°15'	281°15' - 303°45'	303°45' - 326°15'	326°15' - 348°45'	348°45' - 11°15'	11°15' - 33°45'	33°45' - 49°30'
0		1					1	
0,25	20	13	5	2	2	9	6	11
0,50	32	21	11	8	4	12	10	13
0,75	24	27	9	6	8	15	8	8
1	18	25	7	10	5	15	9	11
1,25	17	21	8	15	4	8	9	8
1,50	20	14	10	4	10	14	12	6
1,75	14	20	6	16	3	12	6	10
2	24	9	8	16	8	11	7	9
2,25	9	13	5	10	5	10	2	4
2,50	6	9	2	6	5	10	4	1
2,75	9	4	6	11	3	4	2	
3	9	9	3	8	4	3		1
3,25	4	4	2	8		3	3	1
3,50	3	1	1	1	2	1		
3,75	2	2	1			2		1
4	1	1	2			1		
4,25	1			1	1			
4,50		2						
4,75	1							
5				1				
5,25								
5,50								
Totaal per windricht.	214	196	86	123	64	130	79	84

Algemeen totaal 976



Waarnemingen verspreid  
over een heel jaar

FREKWENTIE VAN VOORKOMEN VAN GOLVEN MET BEPAALDE  
SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE EN BEPAALDE WINDRICHTING

L.S. WANDELAAR

TABEL 12

H s (m)	PERIODE T = 6 s					
	WINDRICHTING					
	W	WNW	NW	NNW	N	NNO
	258°45'- 281°15'	281°15'- 303°45'	303°45'- 326°15'	326°15'- 348°45'	348°45'- 11°15'	11°15' - 33°45'
0	1					1
0,25	27	11	2	3	10	15
0,50	44	19	9	6	14	19
0,75	39	20	7	10	16	13
1	32	17	11	7	17	16
1,25	29	16	16	5	11	13
1,50	28	15	5	12	17	13
1,75	25	14	17	5	12	14
2	29	11	17	10	12	13
2,25	16	11	10	7	9	5
2,50	11	6	6	7	10	3
2,75	11	7	12	4	4	1
3	14	7	8	4	3	1
3,25	6	4	8		4	3
3,50	4	1	1	2	1	
3,75	3	2			2	1
4	2	2			1	
4,25	1		1	1		
4,50	1	1				
4,75	1					
5			1			
5,25						
5,50						
Totaal per windricht.	324	164	131	83	143	131

Algemeen totaal : 976

editie

WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

---

BERCHEMLEI 115  
2200 BORGERHOUT  
BELGIE  
TELEFOON 031/36.18.50.



