

*afstudeerproject*

# Probabilistische kostenafweging tussen een conventionele en een bermgolfbreker

BIJLAGEN

*door:*

ing. A.M.W. Duijvestijn

*afstudeercommissie:*

Prof. drs. ir. J.K. Vrijling  
ir. W.H. Tutuarima  
ir. R.J. de Heer

In dit rapport is de bedrijfs-  
gevoelige informatie onleesbaar  
gemaakt.  
Het volledige rapport berust bij  
Boskalis bv te Papendrecht.



# Inhoudsopgave

## Bijlagen

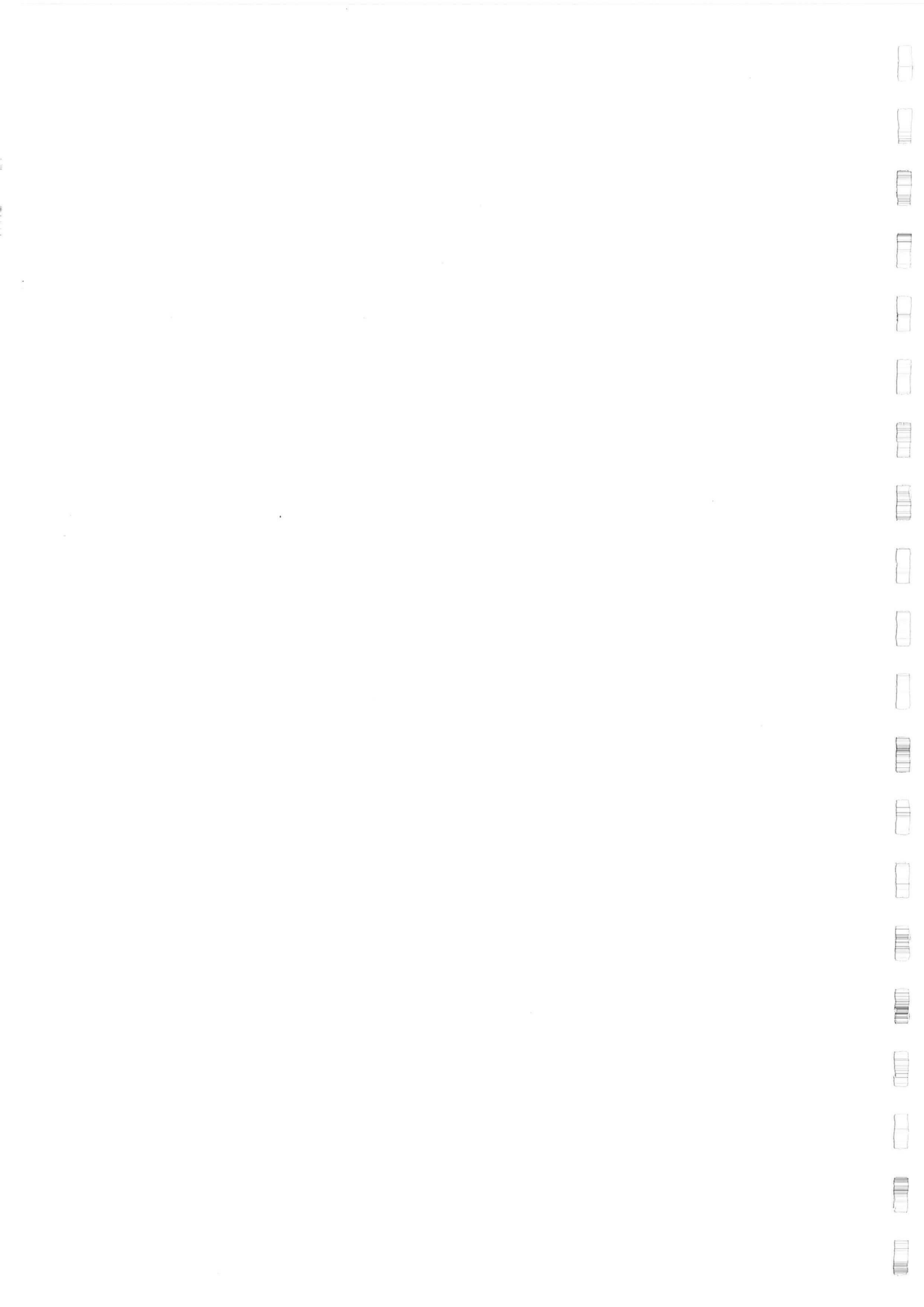
- 5.1 Dwarsdoorsnede statisch stabiele golfbreker
- 5.2 Dwarsdoorsnede dynamisch stabiele golfbreker
- 6.1 Verdeling van significante deining- en windgolven
- 6.2 Relatie tussen significante golfhoogte en golfpiekperiode
- 6.3 Verdeling van windsnelheid en richting
- 6.4 Klimaat tabel voor Colombo
- 6.5 Berekening van bewegingen voor KORSOR en TP1 (pontons)
- 6.6 Berekening van bewegingen voor pseudo NOVIOMAGUM 669 (splitsbak)
- 6.7 Berekening van bewegingen voor TAURUS (zijlosser)
- 6.8 Verdeling van de totale golfhoogten per periode
- 6.9 Berekening van faalkansen tijdens de bouw
- 7.1 Cyclustijden en werkbaarheid voor verschillende uitvoeringsmethoden
- 7.2 Materieelkosten
- 8.1 Optimaliseringsmodel voor materieelinzet
- 8.2 Rekenresultaten optimalisering materieelinzet
- 9.1 MATLAB-programma Monte Carlo simulatie begroting
- 9.2 Gegevens tweede raming statisch stabiele golfbreker
- 9.3 Gegevens eerste raming bermgolfbreker
- 9.4 Gegevens tweede raming bermgolfbreker
- 9.5 Eerste aanzet voor de berekening van onderhoudskosten

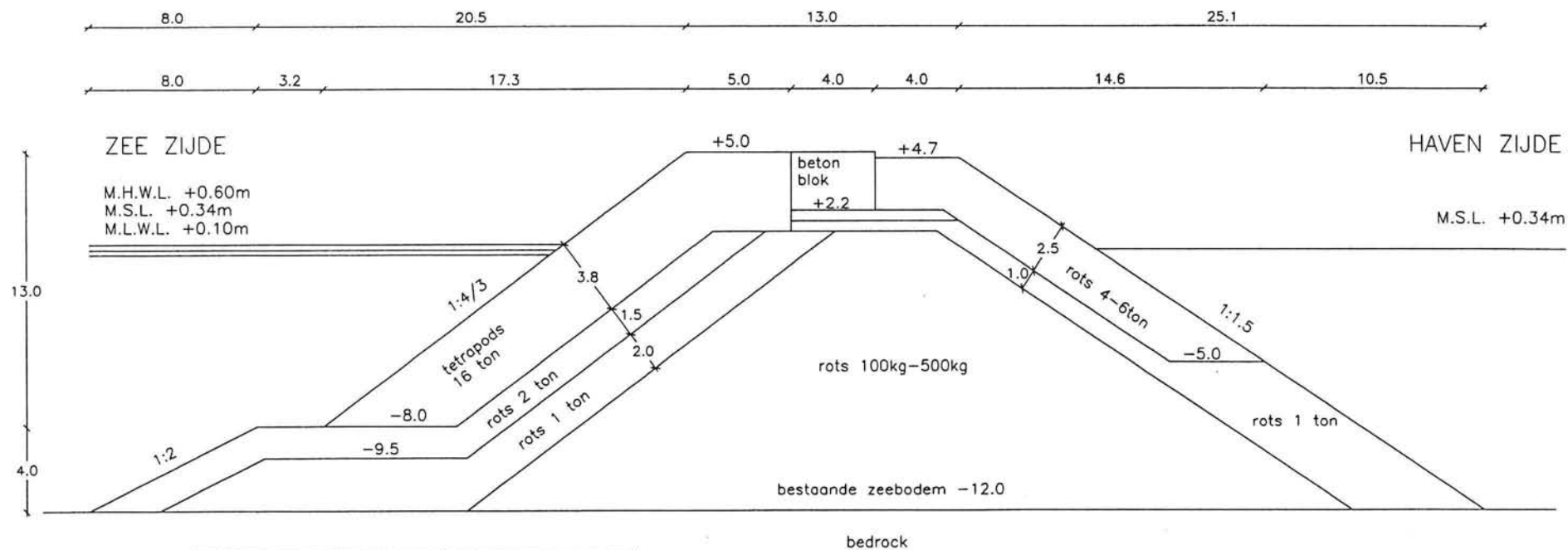




## **BIJLAGE: 5.1**

### **Dwarsdoorsnede statisch stabiele golfbreker**





onderdeel	oppervlak [m2]
tetrapods 16 ton	86.89
rots 4-6 ton	47.14
rots 1500-4000kg	50.19
rots 500-1500kg	129.81
rots 100-500 kg	310.73
beton	11.20

Titel:  
Galle; zuid-west golfbreker

Opmerkingen:

maten [m], hoogte tov C.D. B.D.

Datum:

09/11/94

Schaal:

1:300

Getekend:

Blad:

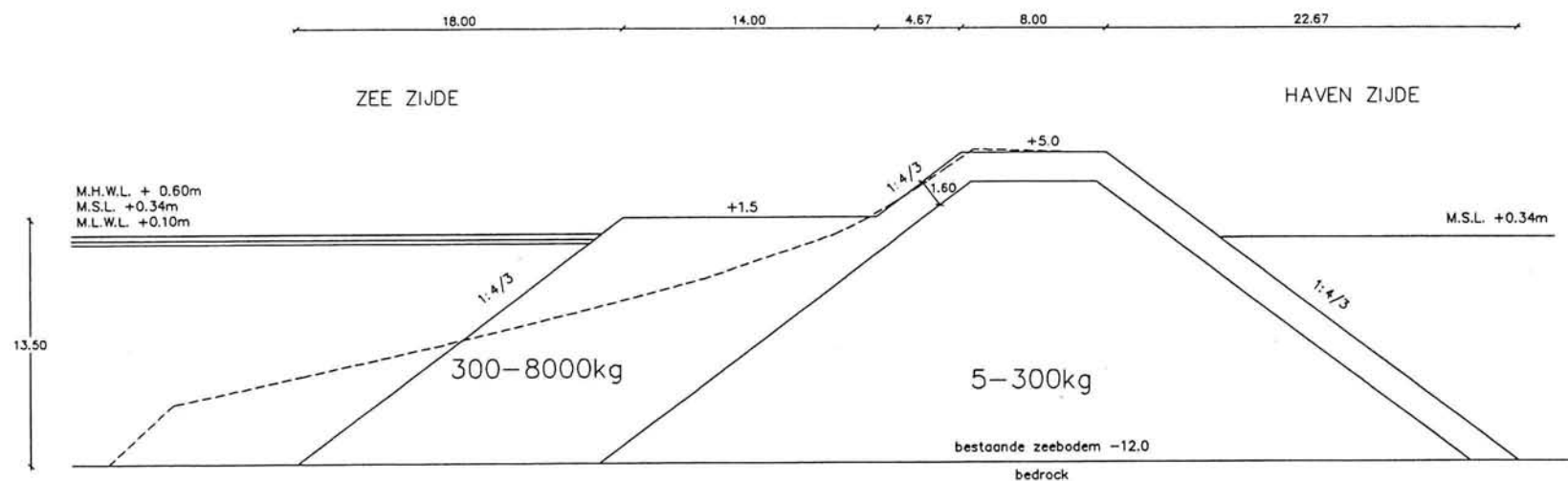
1/1



## BIJLAGE: 5.2

### Dwarsdoorsnede dynamisch stabiele golfbreker





onderdeel	oppervlak [m2]
300-8.000kg	288.32
5-300kg	422.01

Bermgolfbreker:  $\frac{H_s}{\Delta D_n} = 4$

Titel: Galle; zuid-west golfbreker		
Opmerkingen: maten [m], hoogte tov C.D.		Getekend: B.D.
Datum: 04/11/94	Schaal: 1:400	Blad: 1/1





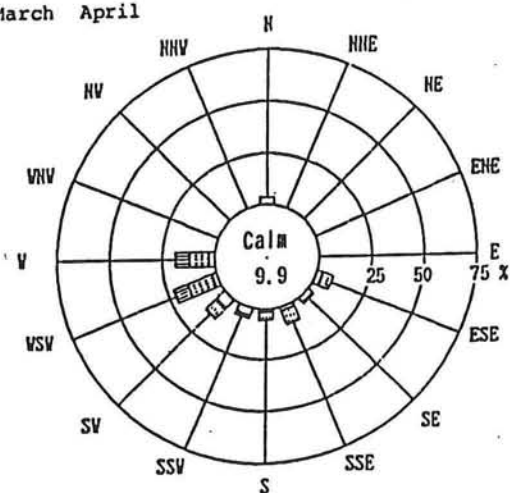
## **BIJLAGE: 6.1**

### **Verdeling van significante deiningen- en windgolven**

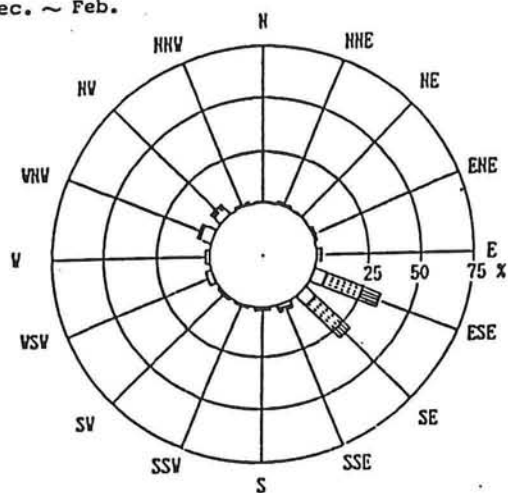


# Verdeling van windgolven

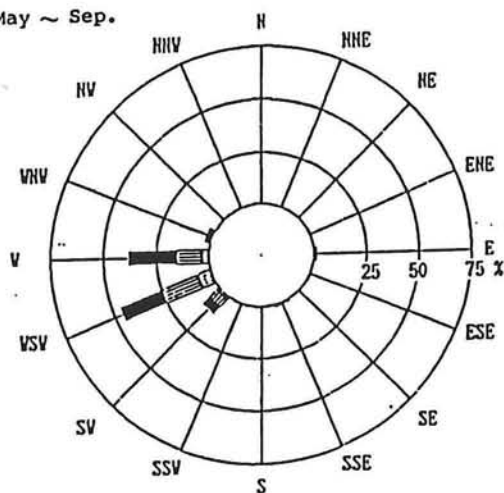
March April



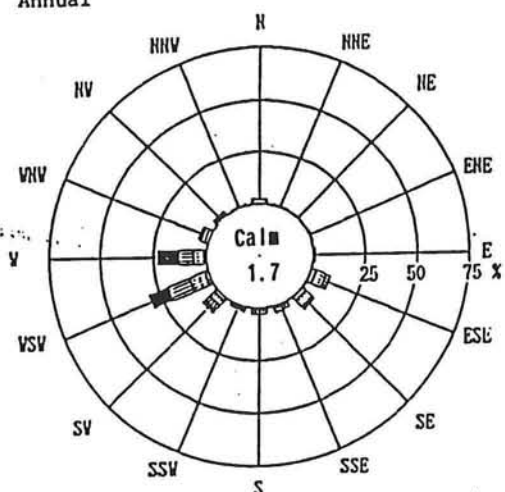
Dec. ~ Feb.



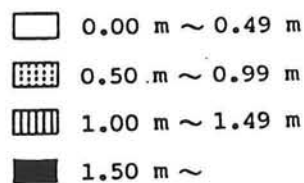
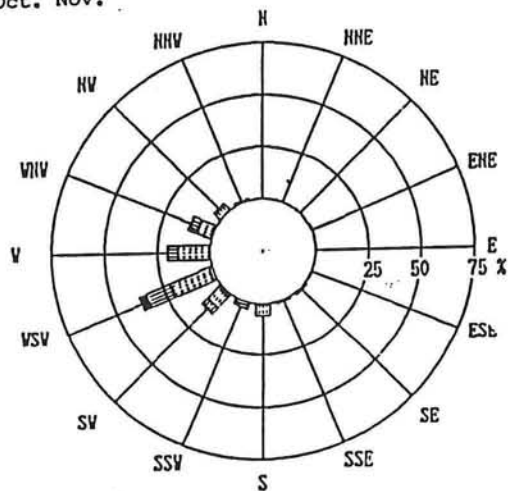
May ~ Sep.



Annual

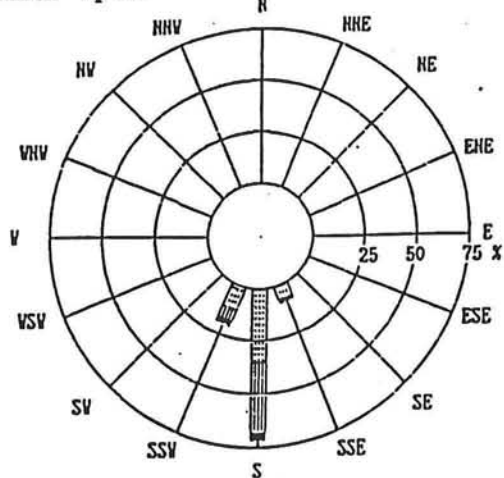


Oct. Nov.

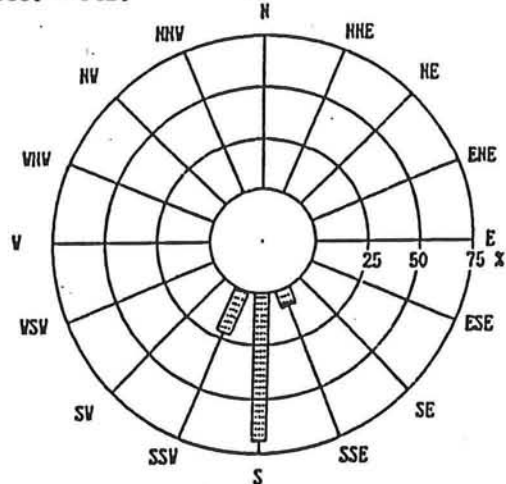


# Verdeling van deinigsgolven

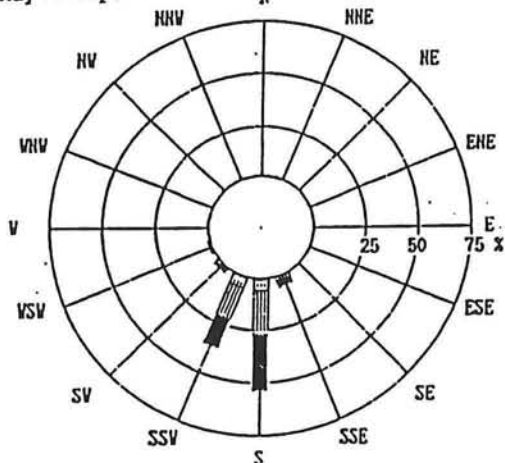
March April



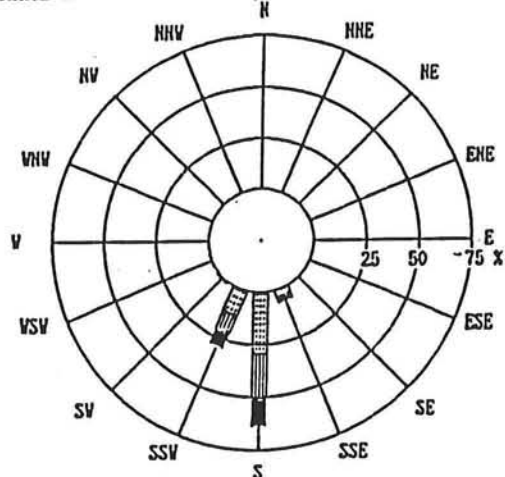
Dec. ~ Feb.



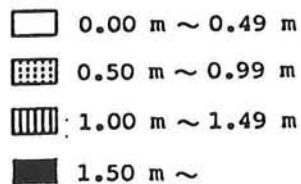
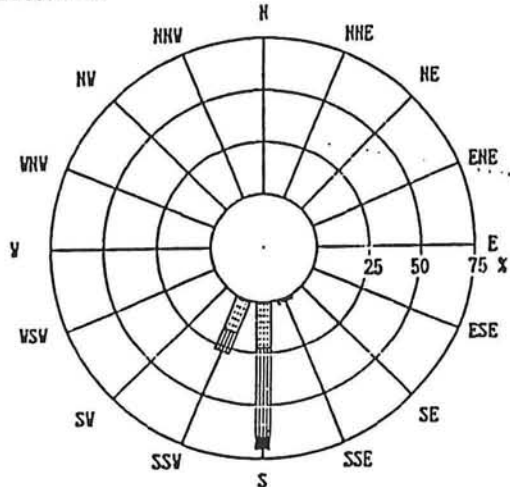
May ~ Sep.



Annual



Oct. - Nov.



**Verdeling van golfhoogte per periode over alle richtingen  
(numeriek)**

**Verdeling van deiningsgolven**

$H_{1/3}$ [m]	maart- april [%]	mei- september [%]	oktober- november [%]	december- februari [%]
0.00-0.49	1.9	0.6	1.3	3.0
0.50-0.99	51.3	11.4	37.0	94.4
1.00-1.49	40.3	41.2	55.3	2.6
1.50-1.99	6.2	38.2	6.4	0.0
2.00-2.49	0.3	7.4	0.0	0.0
2.50-2.99	0.0	1.1	0.0	0.0
3.00-3.49	0.0	0.0	0.0	0.0
3.50-3.99	0.0	0.0	0.0	0.0
4.00-4.49	0.0	0.0	0.0	0.0

**Verdeling van windgolven**

$H_{1/3}$ [m]	maart- april [%]	mei- september [%]	oktober- november [%]	december- februari [%]
0.00-0.49	36.1	1.5	6.2	32.8
0.50-0.99	47.7	12.0	62.1	47.9
1.00-1.49	15.6	36.5	27.1	18.4
1.50-1.99	0.6	31.5	3.3	0.9
2.00-2.49	0.0	13.4	1.1	0.0
2.50-2.99	0.0	3.9	0.2	0.0
3.00-3.49	0.0	0.6	0.0	0.0
3.50-3.99	0.0	0.3	0.0	0.0
4.00-4.49	0.0	0.2	0.0	0.0



## **BIJLAGE: 6.2**

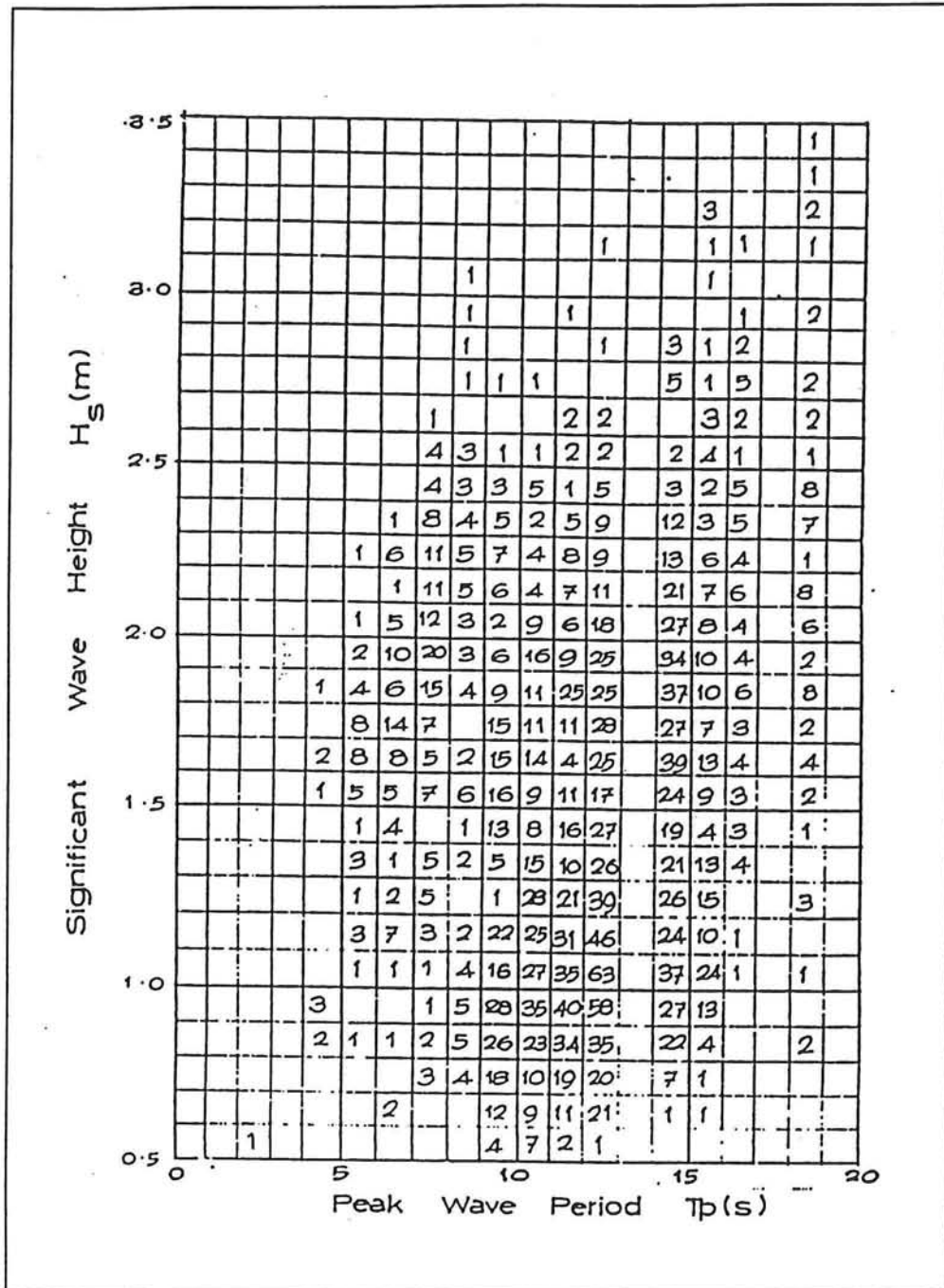
### **Relatie tussen significante golfhoogte en golfpiekperiode**





## Relatie tussen golfhoogte en golfperiode

Naast de golfhoogte is de bijbehorende golfperiode ook van groot belang. De relatie tussen de golfhoogte en de golfperiode is weergegeven in onderstaand scatter-diagram. Hierin is de frequentie aangegeven van de significante golfhoogte en de bijbehorende piek-periode gemeten over de jaren 1984-1986. (bron: Lanka hydraulic institute ltd. Galle harbour model study).



Scatter diagram  $H_s$  vs  $T_p$ , 1984-1986

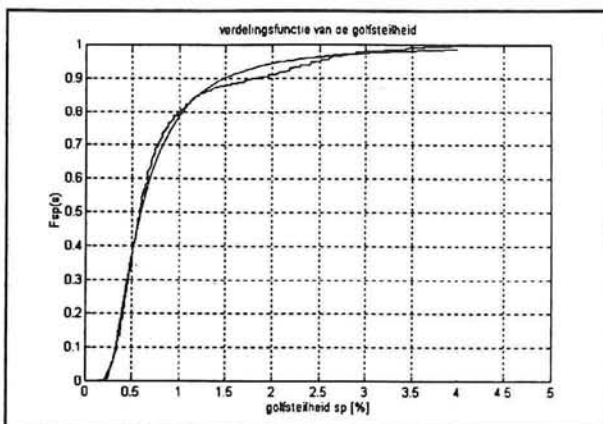
Omdat de golfhoogte en golfperiode niet ongecorreleerd zijn is de gezamenlijke kansdichtheidsfunctie niet gelijk aan het produkt van de marginale kansdichtheidsfuncties.

Om de relatie tussen golfhoogte en golfperiode te beschrijven wordt de verdelingsfunctie van de golfsteilheid geschat (Vrijling, 1994).

Een goede benadering van de verdelingsfunctie voor de golfsteilheid berekend uit de waarneming van het scatter diagram wordt gevonden door een Fréchet verdeling.

$$F_{s_p}(s) = \exp\left(-\left(\frac{s}{0.495}\right)^{-2.039}\right)$$

gemiddelde	: 0.8241 %
standaard afw.	: 0.6992 %
$s_p$ max	: 5.7401 %
$s_p$ min	: 0.1560 %



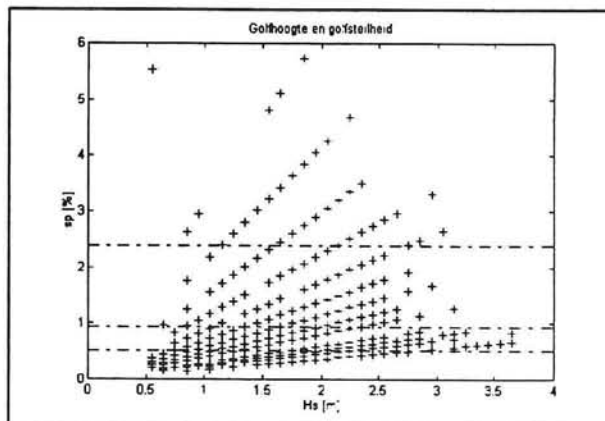
Door  $H_s$  en  $T_p$  als onafhankelijk stochasten te beschouwen kunnen in het  $H_s - T_p$  vlak lijnen van constante golfsteilheid worden weergegeven als parabolen.

$$s_p = \frac{H_s}{\left(\frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi}\right)} \rightarrow H_s = C \cdot T_p^2$$

Verschillende parabolen worden gevonden door de waarde van de constante  $C = (s_p \cdot g) / (2 \cdot \pi)$  te variëren.

Om te toetsen of  $H_s$  en  $s_p$  daadwerkelijk onafhankelijk zijn kan worden getoets door de berekende steilheden uit te zetten tegen de significante golfhoogte. Er mag dan geen duidelijk verband blijken.

Het gesuggereerde verband in nevenstaande grafiek is schijn omdat de data gesorteerd is aangeleverd in het scatterdiagram.



Met behulp van de gevonden verdeling van de golfsteilheid kunnen nu lijnen met een bepaalde overschrijdings frequentie in het  $H_s - T_p$  vlak worden geconstrueerd.

De golfsteilheid die door 10% van de golven niet wordt bereikt volgt uit:

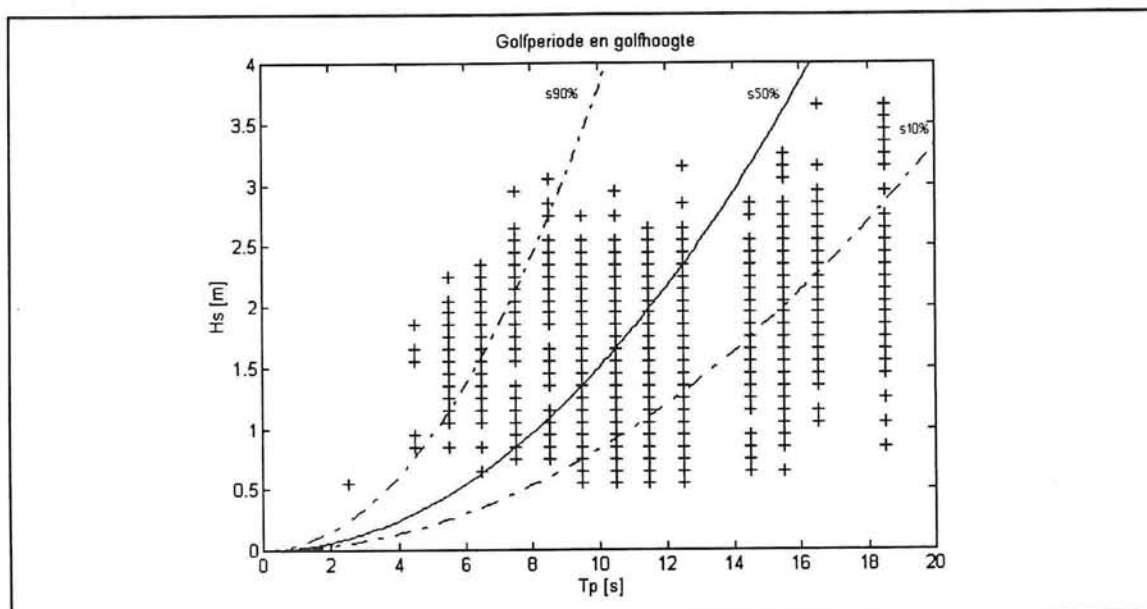
$$P(\underline{s}_p < s_p) = \exp\left(-\left(\frac{s}{0.495}\right)^{-2.039}\right) = 0.1$$

Voor  $s_p = s$  geldt dan  $s=0.3288$  waarmee de constante C die de waarde voor de relatie tussen significante golfhoogte en piekperiode aangeeft gelijk wordt aan  $C=0.00523$ .

$$H_s = \frac{s_p \cdot g}{2 \cdot \pi} \cdot T_p^2 = 0.00523 \cdot T_p^2$$

Analoog kan de golfsteilheid die door 50% en 90% van de golven wordt overschreden worden bepaald. De resultaten zijn hieronder weergegeven:

$s_{10\%}$	$s_p = 0.32882 \%$	$H_s = 0.00523 T_p^2$
$s_{50\%}$	$s_p = 0.59247 \%$	$H_s = 0.00942 T_p^2$
$s_{90\%}$	$s_p = 1.49243 \%$	$H_s = 0.02375 T_p^2$



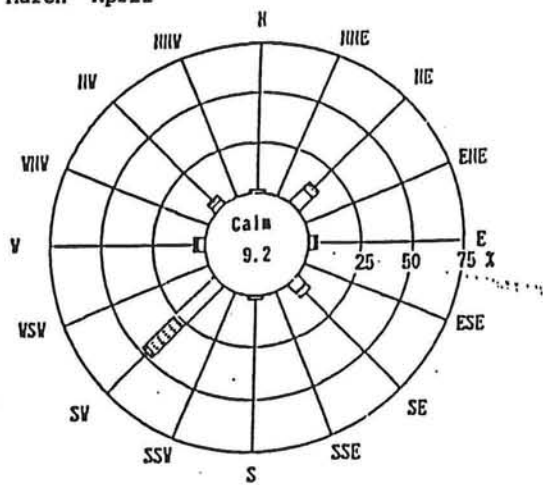


## BIJLAGE: 6.3

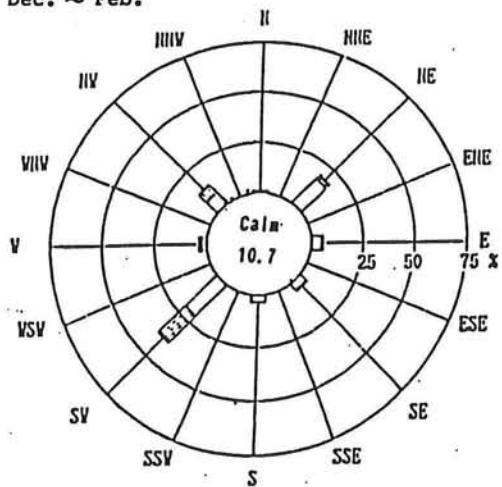
### Verdeling van windsnelheid en richting



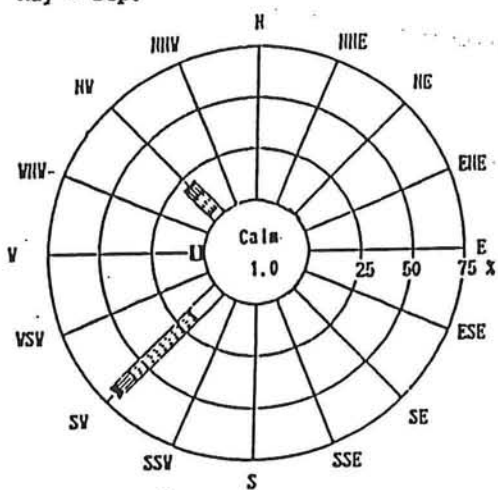
March April



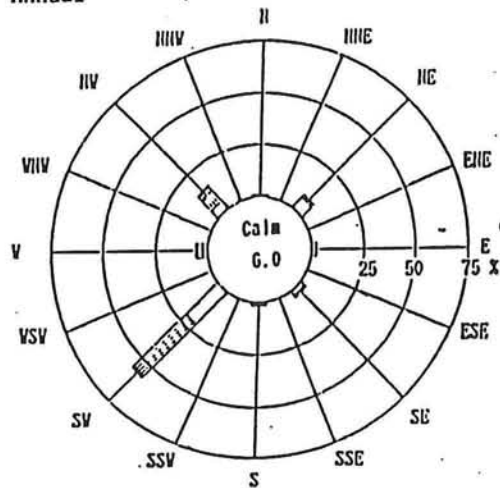
Dec. ~ Feb.



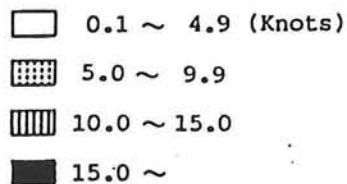
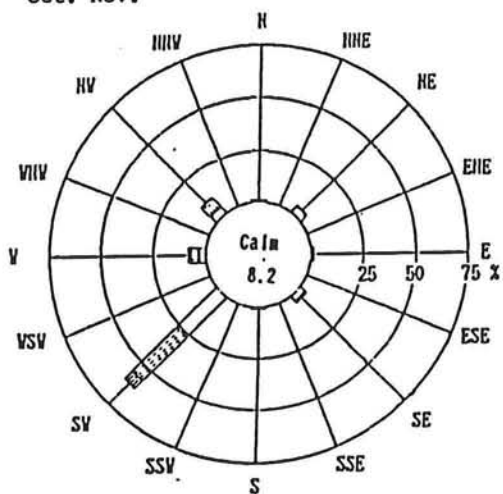
May ~ Sep.



Annual



Oct. Nov.

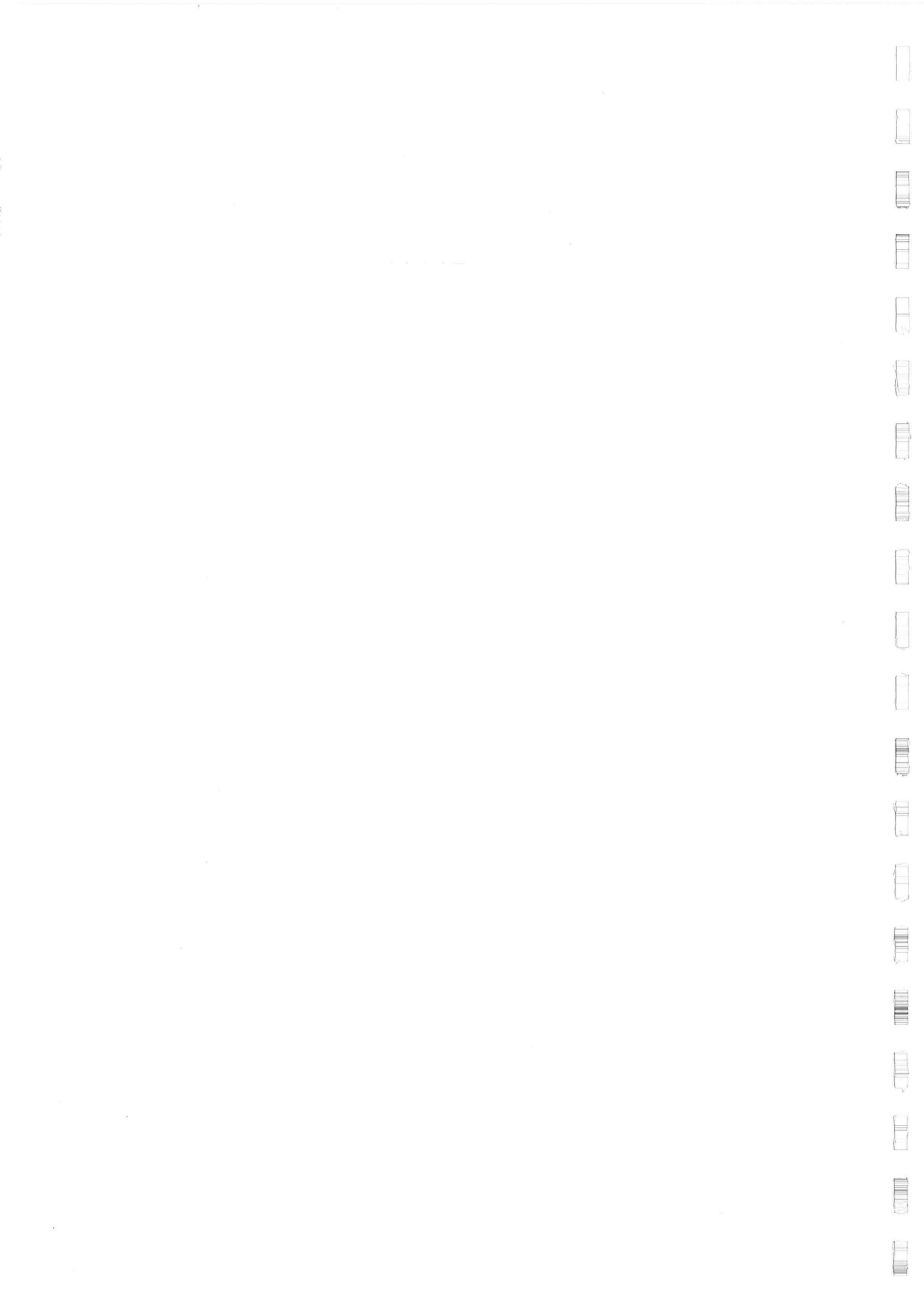






## **BIJLAGE: 6.4**

### **Klimaat tabel voor Colombo**



PLACE—COLOMBO. LAT. 6° 54' N. LONG. 79° 52' E. Height above Mean Sea Level, 6 m

WMO No. 43466

Climatic Table compiled from 30 Years' Observations, 1937 to 1966

Month	Pres- sure at M.S.L.  Mean	Air temperature				Relative humidity		Mean Cloud Amount		Rain		Wind direction																		Mean wind speed	No. of days with gale	No. of days with fog	No. of days with thunder	
		Mean daily max.	Mean daily min.	Mean highest in each month	Mean lowest in each month	0800	1700	0800	1700	Average fall	No. of days with 2.5 mm or more	0900									1500													
												Percentage of observations from									Percentage of observations from													
												N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.	Calm	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.	Calm					°
January . . .	mb 1011	30	22	32	19	88	69	4	5	88	4	20	56	5	4	1	2	2	4	6	18	15	1	1	2	8	15	38	2	1	Knots	0	0	7
February . . .	1011	31	22	33	20	87	67	4	5	96	5	13	46	8	9	3	6	4	5	6	4	4	0	0	1	12	35	43	2	4	—	0	0	7
March . . .	1010	31	23	33	21	88	68	3	5	118	7	8	26	8	11	7	15	8	7	10	2	2	0	2	3	23	42	26	0	4	—	0	0	13
April . . .	1010	31	24	32	22	87	73	5	6	260	13	4	11	6	12	9	30	11	6	11	1	1	1	2	4	43	34	12	2	4	—	0	0	16
May . . .	1009	31	26	32	22	85	76	6	6	353	14	2	4	3	6	7	56	15	4	3	1	1	1	2	5	61	23	5	1	4	—	0	0	12
June . . .	1009	30	25	31	23	84	77	7	7	212	13	1	1	1	3	3	61	23	4	3	0	0	0	0	5	63	26	5	1	5	—	0	0	4
July . . .	1010	30	25	31	23	84	76	7	7	140	8	0	0	0	1	4	57	29	6	3	0	0	0	0	4	61	30	4	1	5	—	0	0	1
August . . .	1010	29	25	31	23	84	76	7	7	124	8	0	0	1	2	4	61	24	6	2	0	0	0	0	4	63	29	4	0	4	—	0	0	2
September . . .	1010	29	25	31	23	83	76	6	7	153	10	0	1	1	4	5	60	19	6	4	0	0	0	1	3	60	31	5	0	3	—	0	0	3
October . . .	1010	29	24	31	22	86	75	6	6	354	15	4	8	5	6	5	38	18	7	9	2	1	1	1	3	43	32	16	1	3	—	0	0	8
November . . .	1011	29	23	31	21	87	74	5	6	324	14	13	29	7	8	4	12	10	9	8	12	5	1	1	3	19	29	29	1	4	—	0	0	12
December . . .	1011	30	22	32	20	87	72	5	6	175	9	20	53	6	4	2	2	2	6	5	19	14	1	2	3	10	16	34	1	4	—	0	0	8
Means . . .	1010	30	24	33*	18**	86	73	5	6	—	—	7	20	4	6	5	33	14	6	5	5	4	1	1	3	39	28	18	1	4	—	—	—	—
Totals . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2397	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Extreme values . . .	—	—	—	36†	15††	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. of years' observations . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	93
30												30									30									30				

NP.38/1974

\*Mean of highest each year.  
\*\*Mean of lowest each year.†Highest recorded temperature.  
††Lowest recorded temperature.

a All observations

Source: Meteorological Office, Bracknell.



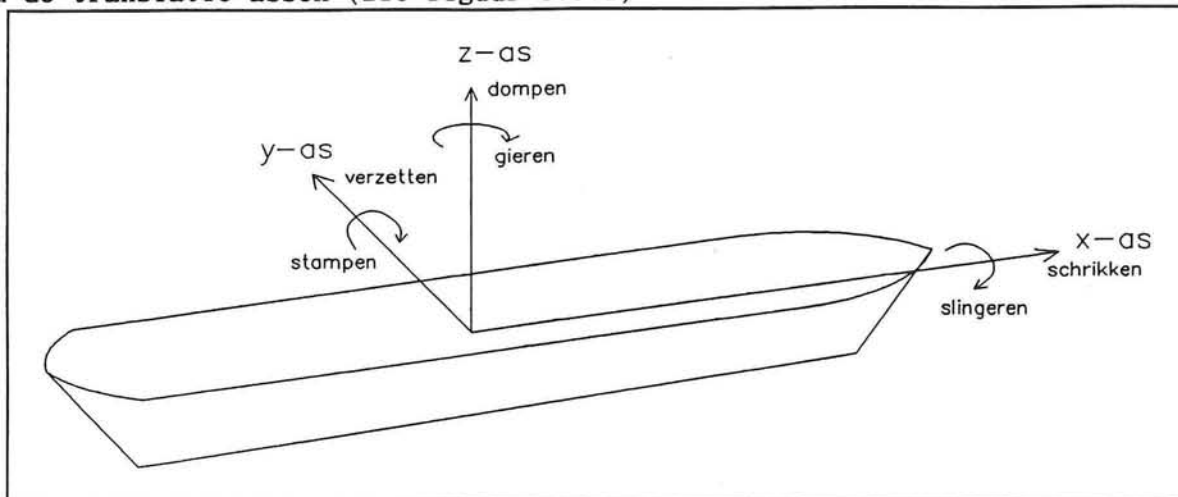
## BIJLAGE: 6.5

### Berekening van bewegingen voor KORSOR en TP1 (pontons)



## Berekening van bewegingen voor KORSOR en TP1

De bewegingen van een drijvende constructie in zeegang worden veroorzaakt door golven. Deze bewegingen kan men splitsen in drie onderling loodrechte translaties van het massa zwaartepunt en drie rotaties van de constructie om de translatie-assen (zie figuur 6.5.1)



figuur 6.5.1: Translaties en rotaties van een drijvende constructie

Wanneer de beweging van het zwaartepunt van een schip bekend is, kan door het samenstellen van deze zes bewegingen de beweging in elk punt van het schip worden bepaald.

### Golfspectrum, bewegingsspectrum en overdrachtsfuncties

De bewegingen van een drijvende constructie worden veroorzaakt door golven. Allereerst moet deze belasting gedefinieerd worden, dit gebeurt door de toestand van de zee vast te leggen.

De toestand van de zee kan beschreven worden door een energiedichtheids-spectrum. Hierin wordt de variantie van de golfamplitude als functie van de radiaalfrequentie uitgezet.

Wanneer de weersomstandigheden en de toestand van de zee enige tijd constant zijn zal de energie afgifte door de wind gelijk zijn aan de energie die opgenomen wordt door het zee oppervlak. Met een golfspectrum kan deze toestand van de zee dan worden beschreven.

Het golfspectrum is als volgt gedefinieerd:

$$S_{\eta}(\omega) \cdot d\omega = \frac{1}{2} \eta_a^2$$

waarin:

$\omega$  radiaalfrequentie  
 $\eta_a$  golf amplitude

[rad/s]  
 [m]

Ook de beweging van een punt op de belaste constructie, bijvoorbeeld in x-richting, kan door een spectrum worden weergegeven. Het bewegingsspectrum in x-richting is analoog aan het golfspectrum gedefinieerd als:

$$S_b(\omega) \cdot d\omega = \frac{1}{2} x_a^2$$

waarin:

$\omega$	radiaalfrequentie	[rad/s]
$x_a$	amplitude van de verplaatsing in x-richting	[m]

Het bewegingsspectrum wordt bepaald door het golfspectrum, de richting van de golven en de eigenschappen van het schip zelf.

De eigenschappen van het schip die bepalend zijn voor de uiteindelijke bewegingen zijn: de vorm van de scheepshuid, de diepgang en de traagheidsstralen. Met behulp van deze gegevens kan een 'overdrachtsfunctie' worden berekend die de relatie tussen het golfspectrum en het bewegingsspectrum weergeeft.

De overdrachtsfunctie in x-richting wordt gedefinieerd als:

$$S_o(\omega) \cdot d\omega = \frac{x_a}{\eta_a}$$

Uit het golfspectrum en de overdrachtsfunctie kan nu het bewegingsspectrum worden bepaald volgens:

$$S_{b_x}(\omega) \cdot d\omega = \frac{1}{2} x_a^2$$

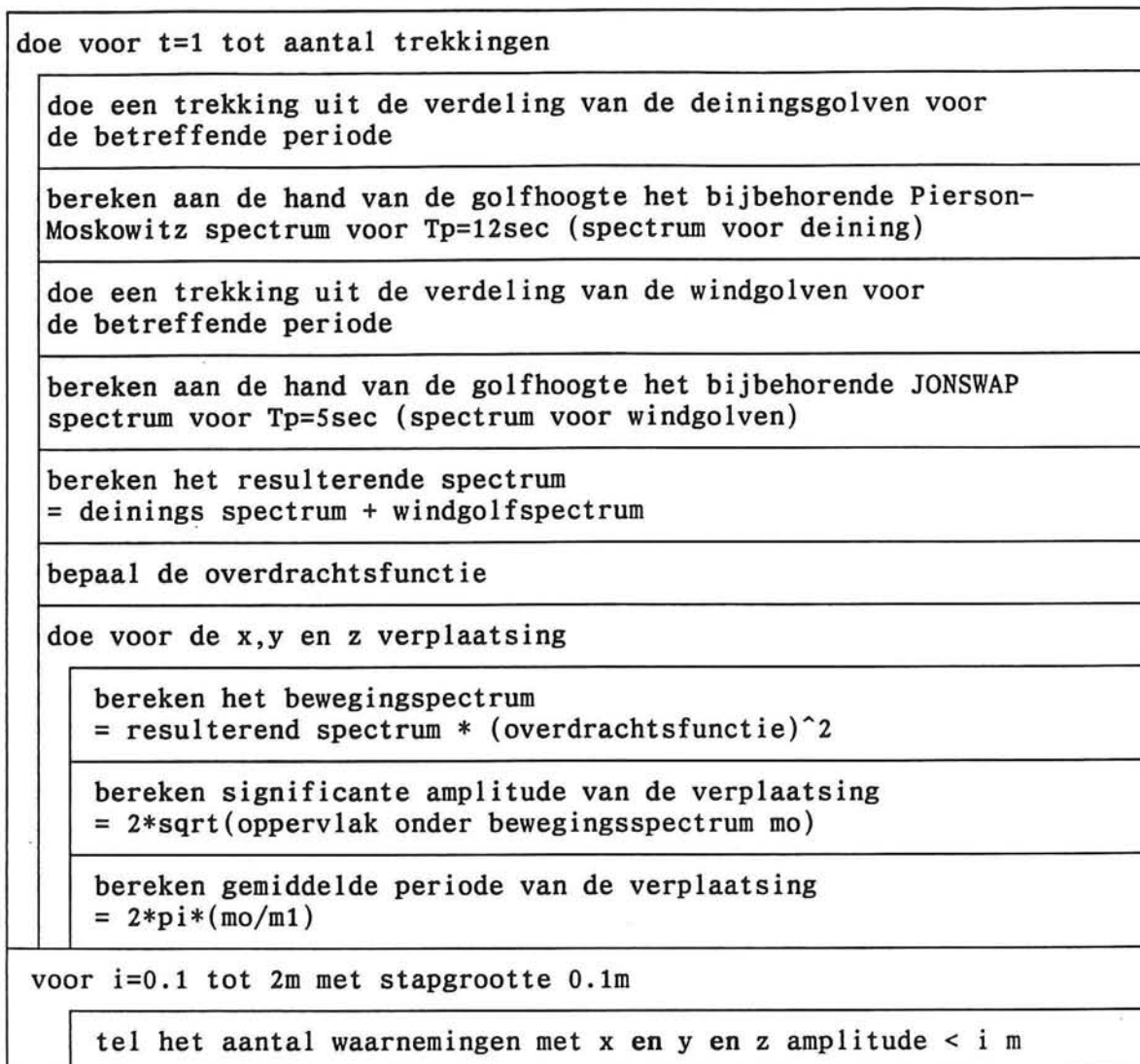
$$S_{b_x}(\omega) \cdot d\omega = \left( \frac{x_a}{\eta_a} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \eta_a^2$$

$$S_{b_x}(\omega) \cdot d\omega = (S_o(\omega) \cdot d\omega)^2 \cdot S_\eta(\omega) \cdot d\omega$$



### *Procedure om de bewegingen te berekenen*

Om de bewegingen van de pontons te berekenen is een programma in 'MATLAB' geschreven. Hieronder wordt in een programma structuur diagram (PSD) weergegeven hoe de berekening is uitgevoerd.



Het genereren van golfspectra, bepaling van de overdrachtsfuncties en de berekening van de bewegingen worden op de volgende bladzijden nader toegelicht.

## Genereren van golfspectra

Voor de verschillende perioden van het jaar zijn voorwaardelijke verdelingsfuncties bekend voor deinings- en windgolven (bijlage 6.1). De deiningsgolven komen uit de richtingen zuid-zuid-oost tot zuid-zuid-west en zijn afkomstig uit het zuiden van de Indische oceaan ('Roaring Forties'). Deze deiningsgolven hebben lange perioden, zij bepalen in belangrijke mate de lage waarde van de golfsteilheid die volgt uit het scatter-diagram  $H_s-T_p$  (bijlage 6.2).

De deiningsgolven kunnen onafhankelijk worden verondersteld van de windgolven omdat de windgolven lokaal worden opgewekt terwijl de oorsprong van de deiningsgolven veel verder weg ligt.

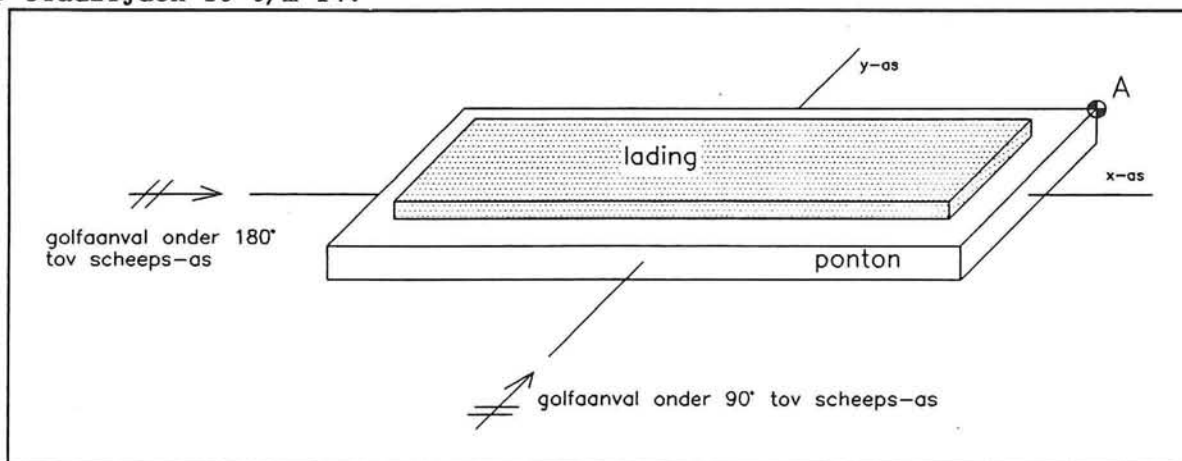
Voor wind- en deiningsgolven zijn voorwaardelijke verdelingsfuncties gegeven per richting. Voor de eenvoud zijn alle richting opgeteld, zodat per periode een verdeling van de golfhoogte wordt verkregen. Door het te onderzoeken schip met deze resulterende golven vanuit verschillende richtingen te belasten kan alsnog, zij het minder nauwkeurig het effect van de verschillende richtingen in rekening worden gebracht.

Door nu een aantal onafhankelijke trekkingen uit de verdelingen voor significante wind- en deiningsgolven te doen waarbij constante waarden voor de golfperiode worden aangenomen ( $T_p=5\text{sec}$  voor windgolven,  $T_p=12\text{sec}$  voor deiningsgolven) kan voor elke trekking een resulterend golfspectrum worden samengesteld. Hierbij worden de deiningsgolven gemodelleerd door een Pierson-Moskowitz spectrum en de windgolven door een JONSWAP spectrum. Hiervoor is gekozen omdat met het Pierson-Moskowitz spectrum volgroeide zeeegang kan worden weergegeven en met het JONSWAP-spectrum jonge zeeegang. Door deze twee spectra op te tellen wordt voor elke trekking een resulterend spectrum gegenereerd.

Het MATLAB-programma voor de berekening van de data-sets is weergegeven op bladzijde 9 van deze bijlage.

## Bepaling van de overdrachtsfuncties

Met het computer-programma 'SEAWAY', van de faculteit maritieme techniek (TUD), zijn overdrachtsfuncties berekend voor de pontons 'KORSOR' en 'TP1'. De KORSOR is een ponton dat nagenoeg even breed is als de TP1, maar dat ongeveer 8m langer is. Deze twee pontons zijn geschematiseerd tot vierkante bakken waarvan de massa geconcentreerd is in de zijwanden. Uitgangspunt voor de berekening van de overdrachtsfuncties is dat de pontons half geladen zijn, waarbij de lading gelijk verdeeld is over het dek (zie figuur 6.5.2). Berekening van traagheidsmomenten en zwaartepunt zijn weergegeven op bladzijden 10 t/m 14.



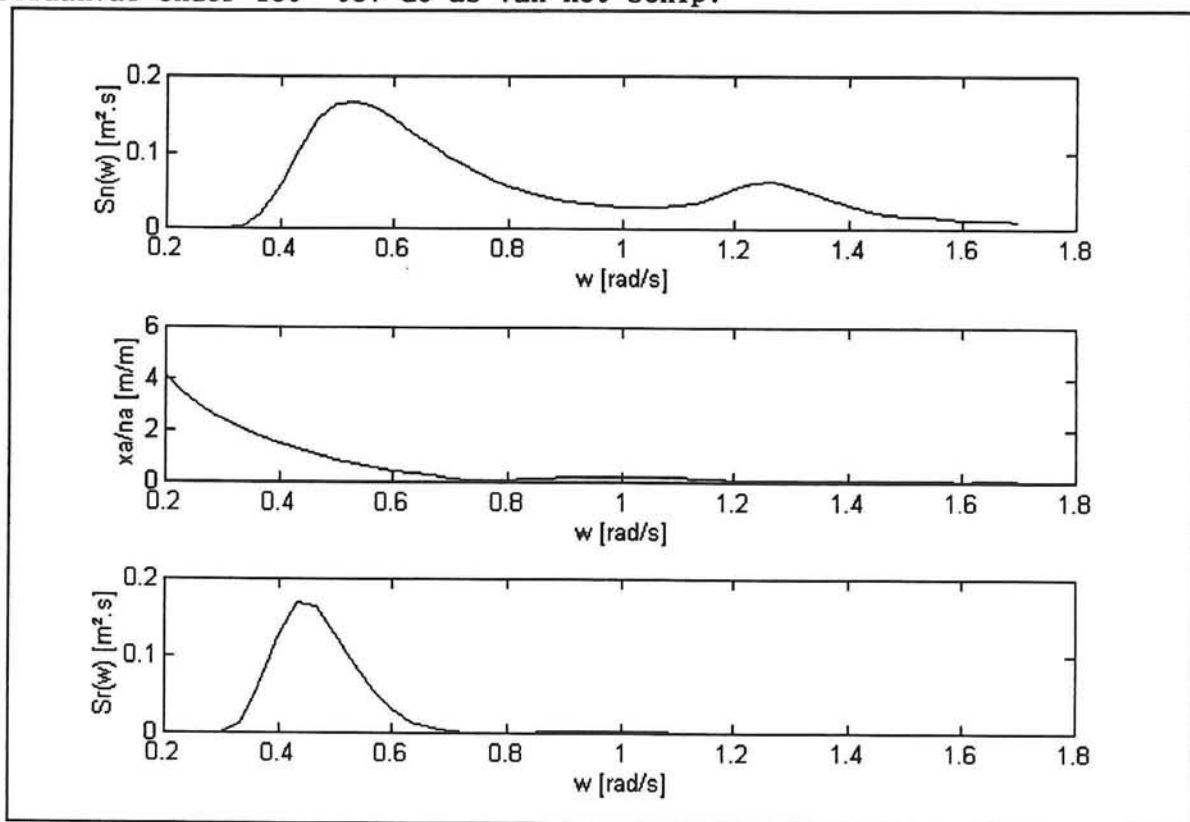
figuur 6.5.2: geschematiseerd ponton

De overdrachtsfuncties voor x,y en z-verplaatsingen zijn berekend voor punt A uit figuur 6.5.2 voor golfaanval op de kop en loodrecht op het ponton (onder 180° en 90° tov de scheeps-as). De berekende overdrachtsfuncties voor de KORSOR en TP1 zijn weergegeven op bladzijden 15 t/m 18.

## Berekening van de bewegingen

De verplaatsingen van punt A zijn berekend met behulp van een 'MatLab'-programma (zie bladzijde 19 en 20). Per periode zijn 100 trekkingen gedaan uit de verdeling van wind- en deininggolven, waarna het resulterende spectrum is berekend. Hieruit volgt, na vermenigvuldiging met het kwadraat van bijbehorende waarde van de overdrachtsfunctie, het bewegingen spectrum. Uit dit spectrum kan de significante waarde van de amplitude en een periode worden berekend voor de bewegingen.

In figuur 6.5.3 zijn achtereenvolgens een golfspectrum een overdrachtsfunctie in x-richting en een bewegingsspectrum weergegeven. Het golfspectrum is opgebouwd uit een Pierson-Moskowitz spectrum ( $H_s=0.99\text{m}$ ,  $T_p=12\text{sec}$ ) en een JONSWAP spectrum ( $H_s=0.60\text{m}$ ,  $T_p=5.00\text{sec}$ ). De overdrachtsfunctie is berekend voor x-verplaatsing van punt A (fig 6.5.2) op de KORSOR onder golfaanval onder  $180^\circ$  tov de as van het schip.



figuur 6.5.3: golfspectrum, overdrachtsfunctie en bewegingsspectrum

## Bepaling van de werkbaarheid

Voor het bepalen van de werkbaarheid wordt voor elk bewegingsspectrum het maximum van de x,y en z-verplaatsing bepaald. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de x,y en z-bewegingen allemaal even zwaar mee tellen bij het bepalen van de werkbaarheid.

Het is nu mogelijk om een verdelingsfunctie weer te geven voor de maximale amplitude als functie van het aantal trekkingen. Omdat in dit geval 100 trekkingen zijn gebruikt kan dit tevens worden gelezen als een schatting van het percentage van de tijd waarbij een bepaalde maximale amplitude in x,y of z-richting niet overschreden zal worden.

De rekenresultaten voor de KORSOR en TP1 zijn weergegeven in bladzijde 21 t/m 23, voor kop golven ( $180^\circ$  tov de scheeps-as) en golven loodrecht op de schepen ( $90^\circ$  tov de scheeps-as). In de eerste kolom wordt de maximale significante amplitude in x, y en z-richting aangegeven waaraan het percentage van de trekkingen uit de laatste kolom voldoet. Voor de verplaatsingen wordt tevens in de drie richtingen de gemiddelde significante amplitude, de gemiddelde periode en de maximale significante amplitude en periode gegeven.

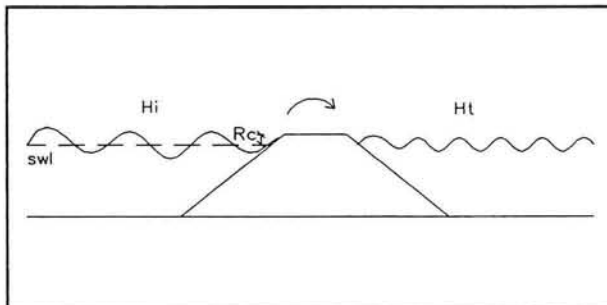
## Ponton aan lij-zijde van de golfbreker

Om de golven aan de lij-zijde van de golfbreker te berekenen moet de transmissie-coëfficiënt ( $K_t$ ) van de in aanbouw zijnde constructie worden bepaald. Deze is als volgt gedefinieerd:  $K_t = H_t/H_i$ . Waarin  $H_t$  de golf aan de lij-zijde van de constructie is en  $H_i$  de invallende golf aan de loef-zijde.

In principe wordt de transmissie-coëfficiënt bepaald door de geometrie van de constructie zoals het relatieve vrijboord van de kruin, de breedte van de kruin, de waterdiepte, maar ook de doorlatendheid en de golfcondities (golfhoogte en periode).

Door meerdere onderzoekers is echter een vereenvoudigde relatie gelegd tussen  $K_t$  en  $R_c/H_s$  (Van der Meer en Angremond, 1991). Waarbij

$R_c$  de relatieve kruinhoogte is, gedefinieerd als de verticale afstand vanaf SWL tot de kruin van de constructie (zie figuur 6.5.4).



figuur 6.5.4: golftransmissie

Op grond van modelproeven zijn de volgende drie formules bepaald:

$$\text{voor } -2.00 < R_c/H_s < -1.13 \quad K_t = 0.80$$

$$\text{voor } -1.13 < R_c/H_s < 1.20 \quad K_t = 0.46 - 0.3 \cdot R_c/H_s$$

$$\text{voor } 1.20 < R_c/H_s < 2.00 \quad K_t = 0.10$$

Deze vergelijkingen geven de werkelijkheid sterk vereenvoudiging weer. Meer geavanceerde beschrijvingen van golftransmissie introduceren extra, in dit geval niet goed bekende, variabelen. Omdat deze eenvoudige benadering een

goede eerste schatting geeft van de transmissie wordt de relatie toch gebruikt.

Met behulp van deze formules is dezelfde data-set van 100-trekkingen waarmee de scheepsbewegingen van de KORSOR en TP1 hiervoor zijn berekend opnieuw uitgevoerd. Hierbij is als relatief vrijboord voor de kruin 0.6m gekozen.

Resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in bladzijde 24 t/m 26.

```

%                               sim.m
%MATLAB-programma genereert een trekking van 100 golfhoogten uit de verdeling van
%deinings- en windgolven en berekent daarna de totale golfhoogte.
%By: Bart Duijvestijn 28 december 1994
% Externe functies: -

clear all; clg;
rand('seed',1970)
ant_trek=100;

%verdeling van de deiningsgolven
dein=[ 3.0 % 0-0.49m
      94.4 %0.50-0.99m
        2.6 %1.00-1.49m
         0 %1.50-1.99m
         0 %2.00-2.49m
         0 %2.50-2.99m
         0 %3.00-3.49m
         0 %3.50-3.99m
         0 ];%4.00-4.49m
for i=1:9, dng(i,1)=sum(dein(1:i,1)); end
dng=dng/100;
x_dng=[0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5];

%verdeling van de windgolven
wind=[ 0 % 0-0.09m {kalm}
      32.8 %0.10-0.5m
      47.9 %0.50-0.99m
      18.4 %1.00-1.49m
        0.9 %1.50-1.99m
         0 %2.00-2.49m
         0 %2.50-2.99m
         0 %3.00-3.49m
         0 %3.50-3.99m
         0 ];%4.00-4.49m
for i=1:10, wnd(i,1)=sum(wind(1:i,1)); end
wnd=wnd/100;
x_wnd=[0.1 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5];

for i=1:ant_trek,
    rnd2=rand(1);
    rnd1=rand(1);

    %deiningsgolven
    t=1; while rnd1>dng(t,1), t=t+1; end;
    if t==1, Hd=(0.5/dng(1,1))*rnd1; end;
    if t==2, Hd=((0.5/(dng(2,1)-dng(1,1)))*(rnd1-dng(1,1))+0.5); end
    if t==3, Hd=((0.5/(dng(3,1)-dng(2,1)))*(rnd1-dng(2,1))+1.0); end
    if t==4, Hd=((0.5/(dng(4,1)-dng(3,1)))*(rnd1-dng(3,1))+1.5); end
    if t==5, Hd=((0.5/(dng(5,1)-dng(4,1)))*(rnd1-dng(4,1))+2.0); end
    if t==6, Hd=((0.5/(dng(6,1)-dng(5,1)))*(rnd1-dng(5,1))+2.5); end
    if t==7, Hd=((0.5/(dng(7,1)-dng(6,1)))*(rnd1-dng(6,1))+3.0); end
    if t==8, Hd=((0.5/(dng(8,1)-dng(7,1)))*(rnd1-dng(7,1))+3.5); end
    if t==9, Hd=((0.5/(dng(9,1)-dng(8,1)))*(rnd1-dng(8,1))+4.0); end
    Hs_d(1,i)=Hd;

    %windgolven
    t=1; while rnd2>wnd(t,1), t=t+1; end;
    if t==1, Hw=(0.1/wnd(1,1))*rnd2; end;
    if t==2, Hw=((0.4/(wnd(2,1)-wnd(1,1)))*(rnd2-wnd(1,1))+0.1); end
    if t==3, Hw=((0.5/(wnd(3,1)-wnd(2,1)))*(rnd2-wnd(2,1))+0.5); end
    if t==4, Hw=((0.5/(wnd(4,1)-wnd(3,1)))*(rnd2-wnd(3,1))+1.0); end
    if t==5, Hw=((0.5/(wnd(5,1)-wnd(4,1)))*(rnd2-wnd(4,1))+1.5); end
    if t==6, Hw=((0.5/(wnd(6,1)-wnd(5,1)))*(rnd2-wnd(5,1))+2.0); end
    if t==7, Hw=((0.5/(wnd(7,1)-wnd(6,1)))*(rnd2-wnd(6,1))+2.5); end
    if t==8, Hw=((0.5/(wnd(8,1)-wnd(7,1)))*(rnd2-wnd(7,1))+3.0); end
    if t==9, Hw=((0.5/(wnd(9,1)-wnd(8,1)))*(rnd2-wnd(8,1))+3.5); end
    if t==10, Hw=((0.5/(wnd(10,1)-wnd(9,1)))*(rnd2-wnd(9,1))+4.0); end
    Hs_w(1,i)=Hw;

    %resulterende golfhoogte
    Hs_res(1,i)=sqrt(Hs_d(1,i)^2+Hs_w(1,i)^2);
end

```



## KORSOR

Eigen gewicht: 1546.09 ton Lading: 2250.00 ton

Lengte : 70.43 m Lengte : 66.43 m  
Breedte : 20.01 m Breedte : 16.01 m  
Holte : 5.18 m Hoogte : 1.33 m

	Oppervl [m <sup>2</sup> ]	Massa [ton]	I <sub>x</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>z</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]
bovenvl	1409.30	580.18	19358.78	239827.58	259186.36
ondervl	1409.30	580.18	19358.78	239827.58	259186.36
r-zijvlak	103.65	42.67	1519.22	95.41	1423.80
l-zijvlak	103.65	42.67	1519.22	95.41	1423.80
voorvlak	364.83	150.19	335.83	62420.14	62084.30
achtervlak	364.83	150.19	335.83	62420.14	62084.30
	3755.57	1546.09			

	Massa [ton]	I <sub>x</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>z</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]
lading	2250.00	48391.69	827758.84	875487.19

## TP1

Eigen gewicht: 904 ton Lading: 1737.5 ton

Lengte : 62.26 m Lengte : 58.26 m  
Breedte : 20 m Breedte : 16 m  
Holte : 4.48 m Hoogte : 1.17 m

	Oppervl [m <sup>2</sup> ]	Massa [ton]	I <sub>x</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>z</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]
bovenvl	1245.20	348.85	11628.45	112688.60	124317.05
ondervl	1245.20	348.85	11628.45	112688.60	124317.05
r-zijvlak	89.60	25.10	878.72	41.98	836.74
l-zijvlak	89.60	25.10	878.72	41.98	836.74
voorvlak	278.92	78.14	130.70	25372.94	25242.25
achtervlak	278.92	78.14	130.70	25372.94	25242.25
	3227.45	904.20			

	Massa [ton]	I <sub>x</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]	I <sub>z</sub> eig [tm <sup>2</sup> ]
lading	1737.50	37264.87	491654.08	528522.54



# KORSOR

## Afstand van het zwaartepunt tov bodem

Vlak	Massa [ton]	z [m]	S <sub>x</sub> [ton.m]
bovenvlak	580.18	5.18	3005.33
ondervlak	580.18	0.00	0.00
rechter zijvlak	42.67	2.59	110.52
linker zijvlak	42.67	2.59	110.52
voorvlak	150.19	2.59	388.99
achtervlak	150.19	2.59	388.99
lading	1546.09	5.85	9044.63
TOTAAL	3092.17		13048.97

$$z = \frac{S_x}{\sum \Delta A}$$

met:

z : afstand tot het zwaartepunt tov een punt [m]  
 S<sub>x</sub>: statisch moment tov een punt [ton.m]  
 ΣM: som van de massa [ton]

## coördinaten zwaartepunt

$$x = 70.43 / 2 = 35.22 \text{ m}$$

$$y = 20.01 / 2 = 10.01 \text{ m}$$

$$z = 13048.97 / 3092.17 = 4.22 \text{ m (tov bodem)}$$

## Traagheidsmomenten tov het zwaartepunt

$$\begin{aligned} I_x = & 19358.78 + 580.18 * (5.18 - 4.22)^2 + \\ & 19358.78 + 580.18 * (4.22)^2 + \\ & 1519.22 + 42.67 * (4.22 - (5.18/2))^2 + \\ & 1519.22 + 42.67 * (4.22 - (5.18/2))^2 + \\ & 335.83 + 150.19 * ((4.22 - (5.18/2))^2 + (20.01/2)^2) + \\ & 335.83 + 150.19 * ((4.22 - (5.18/2))^2 + (20.01/2)^2) + \\ & 48391.69 + 2250.00 * ((5.18 - 4.22) + 1.33/2)^2 \\ I_x = & 19893.47 + 29690.86 + 1632.59 + 1632.59 + 15768.89 + 15768.89 + \\ & 55321.75 = 139709.04 \text{ tm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y = & 239827.58 + 580.12 * (5.18 - 4.22)^2 + \\ & 239827.58 + 580.12 * (4.22)^2 + \\ & 95.41 + 42.67 * ((70.43/2)^2 + (4.22 - 5.18/2)^2) + \\ & 95.41 + 42.67 * ((70.43/2)^2 + (4.22 - 5.18/2)^2) + \\ & 62420.14 + 150.19 * (4.22 - 5.18/2)^2 + \\ & 62420.14 + 150.19 * (4.22 - 5.18/2)^2 + \\ & 827758.84 + 2250.00 * ((5.18 - 4.22) + 1.33/2)^2 \\ I_y = & 240362.22 + 250158.59 + 53123.69 + 53123.69 + 62819.18 + 62819.18 + \\ & 833700.25 = 1556106.79 \text{ tm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_z &= 259186.36 + 580.18 * 0^2 \\
 &259186.36 + 580.18 * 0^2 \\
 &1423.80 + 42.67 * (70.43/2)^2 \\
 &1423.80 + 42.67 * (70.43/2)^2 \\
 &62084.30 + 150.19 * (20.01/2)^2 \\
 &62084.30 + 150.19 * (20.01/2)^2 \\
 &875487.19 + 2250.00 * 0^2 \\
 I_z &= 259186.36 + 259186.36 + 54338.71 + 54338.71 + 77118.32 + 77118.32 + \\
 &875487.19 = 1656773.97 \text{ tm}^2
 \end{aligned}$$

#### Traagheidsstralen

$$i_x = \sqrt{\frac{139709.04}{1546.09 + 2250.00}} = 6.06 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{1556106.79}{1546.09 + 2250.00}} = 20.25 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{1656773.97}{1546.09 + 2250.00}} = 20.89 \text{ m}$$

## TP1

### Afstand van het zwaartepunt tov bodem

Vlak	Massa [ton]	z [m]	$S_x$ [ton.m]
bovenvlak	348.85	4.48	1562.85
ondervlak	348.85	0.00	0.00
rechter zijvlak	25.10	2.24	56.22
linker zijvlak	25.10	2.24	56.22
voorvlak	78.14	2.24	175.03
achtervlak	78.14	2.24	175.03
lading	1737.50	5.07	8809.13
TOTAAL	2641.68		10834.48

$$z = \frac{S_x}{\sum \Delta A}$$

met:

$z$  : afstand tot het zwaartepunt tov een punt [m]  
 $S_x$  : statisch moment tov een punt [ton.m]  
 $\sum M$  : som van de massa [ton]

### coördinaten zwaartepunt

$$x = 62.26 / 2 = 31.13 \text{ m}$$

$$y = 20.00 / 2 = 10.00 \text{ m}$$

$$z = 10834.48 / 2641.68 = 4.10 \text{ m (tov bodem)}$$

### Traagheidsmomenten tov het zwaartepunt

$$\begin{aligned}
 I_x = & 11628.45 + 348.85 * (4.48 - 4.10)^2 + \\
 & 11628.45 + 348.85 * (4.10)^2 + \\
 & 878.72 + 25.10 * (4.10 - (4.48/2))^2 + \\
 & 878.72 + 25.10 * (4.10 - (4.48/2))^2 + \\
 & 130.70 + 78.14 * ((4.10 - (4.48/2))^2 + 10^2) + \\
 & 130.70 + 78.14 * ((4.10 - (4.48/2))^2 + 10^2) + \\
 & 37264.87 + 1737.50 * (4.10/2 + 1.17/2)^2 \\
 I_x = & 11678.82 + 17492.62 + 965.56 + 965.56 + 8215.03 + 8215.03 + \\
 & 49328.72 = 96861.34 \text{ tm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y = & 112688.60 + 348.85 * (4.48 - 4.10)^2 + \\
 & 112688.60 + 348.85 * (4.10)^2 + \\
 & 41.98 + 25.10 * ((4.10 - 4.48/2)^2 + (62.26/2)^2) + \\
 & 41.98 + 25.10 * ((4.10 - 4.48/2)^2 + (62.26/2)^2) + \\
 & 25372.94 + 78.14 * (4.10 - 4.48/2)^2 + \\
 & 25372.94 + 78.14 * (4.10 - 4.48/2)^2 + \\
 & 491654.08 + 1737.50 * ((4.48 - 4.10) + 1.17/2)^2 + \\
 I_y = & 112738.97 + 118552.77 + 24452.65 + 24452.65 + 25518.28 + 25518.28 + \\
 & 493272.08 = 824505.68 \text{ tm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_z &= 124317.05 + 348.85 * 0^2 \\
 &124317.05 + 348.85 * 0^2 \\
 &\quad 836.74 + 25.10 * (62.26/2)^2 \\
 &\quad 836.74 + 25.10 * (62.26/2)^2 \\
 &\quad 25242.25 + 78.14 * (20.00/2)^2 \\
 &\quad 25242.25 + 78.14 * (20.00/2)^2 \\
 &528522.54 + 1737.50 * 0^2 \\
 I_z &= 124317.05 + 124317.05 + 25160.57 + 25160.57 + 33056.25 + 33056.25 + \\
 &528522.54 = 893590.28 \text{ tm}^2
 \end{aligned}$$

#### Traagheidsstralen

$$i_x = \sqrt{\frac{96861.34}{904 + 1737.5}} = 6.06 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{824505.68}{904 + 1737.5}} = 17.67 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{893590.28}{904 + 1737.5}} = 18.39 \text{ m}$$

%SHIP: KORSOR

Execution: 02-01-1995 / 14:50

SEAWAY-4.12

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

FORWARD SPEED = 0.00 kn

WAVE DIRECTION = +090 deg off stern

%

%POINT NR = 01

%X-APP = 70.430 m

%Y-CL = 10.000 m

%Z-BL = 5.180 m

%

% .ABSOLUTE MOTIONS.

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z.

% FREQ AMPL AMPL AMPL

%(r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.700 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.733 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.767 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.800 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.833 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.867 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.900 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.933 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.967 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.000 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.033 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.067 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.100 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.133 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.167 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.700 x.xxx x.xxx x.xxx];

%SHIP: KORSOR

Execution: 02-01-1995 / 14:50

SEAWAY-4.12

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

FORWARD SPEED = 0.00 kn

WAVE DIRECTION = +180 deg off stern

%

%POINT NR = 01

%X-APP = 70.430 m

%Y-CL = 10.000 m

%Z-BL = 5.180 m

%

.ABSOLUTE MOTIONS.

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z..

% FREQ AMPL AMPL AMPL

%(r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.700 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.733 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.767 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.800 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.833 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.867 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.900 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.933 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.967 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.000 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.033 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.067 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.100 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.133 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.167 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.700 x.xxx x.xxx x.xxx];

%SHIP: TP1

Execution: 04-01-1995 / 18:47

SEAWAY-4.12

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

FORWARD SPEED = 0.00 kn

WAVE DIRECTION = +090 deg off stern

%-----

%POINT NR = 01

%X-APP = 62.260 m

%Y-CL = 10.000 m

%Z-BL = 4.480 m

%

% .ABSOLUTE MOTIONS..

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z..

% FREQ AMPL AMPL AMPL

% (r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.700 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.733 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.767 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.800 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.833 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.867 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.900 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.933 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.967 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.000 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.033 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.067 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.100 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.133 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.167 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.700 x.xxx x.xxx x.xxx];

%SHIP: TP1

Execution: 04-01-1995 / 18:47

SEAWAY-4.12

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

FORWARD SPEED = 0.00 kn

WAVE DIRECTION = +180 deg off stern

%

%POINT NR = 01

%X-APP = 62.260 m

%Y-CL = 10.000 m

%Z-BL = 4.480 m

%

% .ABSOLUTE MOTIONS..

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z..

% FREQ AMPL AMPL AMPL

% (r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.700 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.733 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.767 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.800 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.833 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.867 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.900 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.933 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.967 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.000 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.033 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.067 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.100 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.133 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.167 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.700 x.xxx x.xxx x.xxx];



```

%                               r_spec.m
% MATLAB-programma: Bepaling van scheepsbewegingen
% By: Bart Duijvestijn 3 januari 1995
% Externe functies: pmspec : berekenen pierson moskowitz spectrum
%                   jsspec : berekenen jonswap spectrum
%                   moment : berekenen n-de moment

clear all;
to=clock; %start tijd meting

wavtr_4; %te gebruiken golfddata-file
kor90; %te gebruiken overdrachts-functie

freq=ovdrf(:,1);

for n=1:length(waves),
    %Bereken Pieson Moskowitz spectrum voor deiningsgolven
    pm_spec=pmspec(freq,waves(n,1),12);

    %Bereken JONSWAP spectrum voor windgolven
    js_spec=jsspec(freq,waves(n,2),5);

    %Bereken resulterend spectrum van deining- en windgolven
    res_spec=pm_spec+js_spec;

    %Bepaal Hs en Tp van het resulterende spectrum van deining+wind golven
    Hs_res(n,1)=4*sqrt(moment(0,freq,res_spec));
    Tm=2*pi*(moment(0,freq,res_spec)/moment(1,freq,res_spec));
    Tp_res(n,1)=1.296*Tm;

    %Bereken bewegingen spectrum
    beweg_x=res_spec.*(ovdrf(:,2).^2);
    beweg_y=res_spec.*(ovdrf(:,3).^2);
    beweg_z=res_spec.*(ovdrf(:,4).^2);

    %Bepaal A1/3 en Tm van bewegingen spectrum

    Asx_bew(n,1)=2*sqrt(moment(0,freq,beweg_x));
    Tmx_bew(n,1)=2*pi*(moment(0,freq,beweg_x)/moment(1,freq,beweg_x));
    Asy_bew(n,1)=2*sqrt(moment(0,freq,beweg_y));
    Tmy_bew(n,1)=2*pi*(moment(0,freq,beweg_y)/moment(1,freq,beweg_y));
    Asz_bew(n,1)=2*sqrt(moment(0,freq,beweg_z));
    Tmz_bew(n,1)=2*pi*(moment(0,freq,beweg_z)/moment(1,freq,beweg_z));
    n=n+1
end;

t=1;
for i=0.1:0.1:2,
    b1=(Asx_bew<=i);
    b2=(Asy_bew<=i);
    b3=(Asz_bew<=i);
    b4=b1&b2&b3;
    ant(t,1)=i;
    ant(t,2)=mean(Asx_bew(b1)); ant(t,3)=mean(Tmx_bew(b1));
    ant(t,4)=max(Asx_bew(b1)); ant(t,5)=max(Tmx_bew(b1));
    ant(t,6)=mean(Asy_bew(b2)); ant(t,7)=mean(Tmy_bew(b2));
    ant(t,8)=max(Asy_bew(b2)); ant(t,9)=max(Tmy_bew(b2));
    ant(t,10)=mean(Asz_bew(b3)); ant(t,11)=mean(Tmz_bew(b3));
    ant(t,12)=max(Asz_bew(b3)); ant(t,13)=max(Tmz_bew(b3));
    ant(t,14)=length(Asz_bew(b4));
    t=t+1;
end

etime(clock,to) %elapsed time

```

```

function y=pmspec(freq,Hs,Tp)
% PMSPEC berekent voor de vector met frequenties (freq) en opgegeven
% significante golfhoogte (Hs) en piekperiode (Tp) de waarden van het
% bijbehorende Pierson-Moskowitz spectrum
% By: Bart Duijvestijn 3 januari 1995

```

```

A=487*(Hs^2/(Tp^4));
B=1948/(Tp^4);
p=5;
q=4;

y=(A*freq.^(-p).*exp(-B*freq.^(-q)));

```

```

function y=jsspec(freq,Hs,Tp)
% JSSPEC berekent voor de vector met frequenties (freq) en opgegeven
% significante golfhoogte (Hs) en piekperiode (Tp) de waarden van het
% bijbehorende JONSWAP spectrum
% By: Bart Duijvestijn 3 januari 1995

```

```

Tl=Tp/1.296; %(theoretische relatie voor niet afgekapte spectra)
wp=(2*pi)/Tp; %(piek frequentie, de parameter sigma in het spectrum
% is een stapfunctie van de frequentie:
% w<wp dan geldt sigma=0.07
% w>wp dan geldt sigma=0.09

i=1;
while ((freq(i,1)<wp)&(i<=length(freq)-1)),
    i=i+1;
end
freq1=freq(1:i,:);
freq2=freq((i+1):(length(freq)),:);
f1=(172.8*Hs^2)/(Tl^4);
f2=(-691.2/(Tl^4));
f3=exp(-(((freq1./wp)-1)/(0.07*sqrt(2)))^2);
js1=f1*freq1.^(-5).*exp(f2*freq1.^(-4))*0.658.*3.3.^f3;

if length(freq2)>0,
    f4=exp(-(((freq2./wp)-1)/(0.09*sqrt(2)))^2);
    js2=f1*freq2.^(-5).*exp(f2*freq2.^(-4))*0.658.*3.3.^f4;
    js1((i+1):(length(freq)),1)=js2;
end

y=js1;

```

```

function y=moment(orde,freq_vec,spec_vec)
% MOMENT berekent voor een gegeven spectrum gedefinieerd door
% freq_vec en spec_vec het n-de orde moment van het spectrum

if sum(spec_vec)>0,
    opp=0;
    for t=2:1:length(freq_vec),
        opp=opp+0.5*(freq_vec(t)-freq_vec(t-1))*(spec_vec(t)+
            spec_vec(t-1))*(((freq_vec(t)+freq_vec(t-1))/2).^orde);
    end;
    y=opp;
else
    y=0;
end;

```

Schip : Korsor	Golfbelasting: Hsd_gem: 0.93m	Tpd: 12.00 sec	File:Wavtr_1
Periode: maart/april	Hsw_gem: 0.69m	Tpw: 5.00 sec	

Golfrichting: 90.00 ° tov scheeps – as

x&y&z	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	cum.
<...[m]	Xsa [m]	Tmx [s]	Xsa [m]	Tmx [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	freq [%]
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	5.21	0.04	5.21	0.05	5.77	0.05	5.77	1.00
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	6.80	0.17	9.92	0.08	6.63	0.11	7.49	2.00
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	6.82	0.30	9.92	0.21	7.61	0.30	8.88	3.00
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	8.67	0.38	11.38	0.32	7.97	0.40	9.04	9.00
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	9.57	0.49	11.44	0.38	8.05	0.49	9.05	22.00
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	10.06	0.59	11.50	0.43	8.12	0.60	9.05	40.00
0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	10.23	0.69	11.51	0.48	8.21	0.69	9.05	56.00
0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	10.37	0.78	11.51	0.49	8.23	0.77	9.05	68.00
0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	10.45	0.88	11.51	0.49	8.24	0.86	9.05	78.00
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	10.57	1.00	11.51	0.50	8.24	0.96	9.05	93.00
1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	10.60	1.04	11.51	0.50	8.24	0.96	9.05	97.00
1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	10.61	1.11	11.51	0.50	8.24	0.96	9.05	98.00
1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	10.61	1.22	11.51	0.50	8.24	0.96	9.05	99.00
1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	10.62	1.34	11.51	0.50	8.24	0.96	9.05	100.00

Golfrichting: 180.00 ° tov scheeps – as

x&y&z	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	cum.
<...[m]	Xsa [m]	Tmx [s]	Xsa [m]	Tmx [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	freq [%]
0.10	0.04	7.92	0.06	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	5.80	0.08	5.88	2.00
0.20	0.13	10.56	0.20	13.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	7.68	0.20	10.22	5.00
0.30	0.22	12.27	0.29	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	7.68	0.20	10.22	5.00
0.40	0.27	12.53	0.40	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	9.62	0.40	10.60	21.00
0.50	0.31	12.66	0.49	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	10.02	0.50	10.61	41.00
0.60	0.32	12.67	0.59	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	10.15	0.60	10.61	59.00
0.70	0.32	12.68	0.64	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	10.22	0.70	10.61	75.00
0.80	0.32	12.68	0.64	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	10.27	0.80	10.61	88.00
0.90	0.32	12.68	0.64	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	10.30	0.88	10.61	97.00
1.00	0.32	12.68	0.64	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	10.30	0.94	10.61	98.00
1.10	0.32	12.68	0.64	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	10.30	1.02	10.61	99.00
1.20	0.32	12.68	0.64	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	10.30	1.12	10.61	100.00

Schip : TP1	Golfbelasting: Hsd_gem: 0.93m	Tpd: 12.00 sec	File:Wavtr_1
Periode: maart/april	Hsw_gem: 0.69m	Tpw: 5.00 sec	

Golfrichting: 90.00 ° tov scheeps-as

x&y&z	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	cum.
<..[m]	Xsa [m]	Tmx [s]	Xsa [m]	Tmx [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	freq [%]
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	5.34	0.03	5.34	0.07	5.44	0.07	5.44	1.00
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	7.00	0.15	10.22	0.10	6.04	0.13	6.63	2.00
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	7.03	0.30	10.22	0.19	7.49	0.27	8.57	2.00
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	8.84	0.39	11.33	0.32	7.72	0.39	8.92	7.00
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	9.71	0.50	11.37	0.39	7.61	0.50	8.94	19.00
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	10.17	0.60	11.42	0.44	7.62	0.59	8.94	38.00
0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	10.39	0.70	11.42	0.50	7.69	0.70	8.94	55.00
0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	10.50	0.79	11.42	0.51	7.70	0.77	8.94	67.00
0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	10.56	0.89	11.42	0.52	7.69	0.88	8.94	77.00
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	10.65	1.00	11.42	0.52	7.69	0.88	8.94	90.00
1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	10.70	1.07	11.42	0.53	7.69	1.00	8.94	97.00
1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	10.70	1.15	11.42	0.53	7.69	1.00	8.94	98.00
1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	10.71	1.25	11.42	0.53	7.69	1.00	8.94	99.00
1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	10.71	1.37	11.42	0.53	7.69	1.00	8.94	100.00

Golfrichting: 180.00 ° tov scheeps-as

x&y&z	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	cum.
<..[m]	Xsa [m]	Tmx [s]	Xsa [m]	Tmx [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	freq [%]
0.10	0.05	7.74	0.08	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	5.75	0.02	5.75	1.00
0.20	0.08	8.24	0.13	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	7.11	0.12	9.73	3.00
0.30	0.23	11.68	0.30	12.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	7.30	0.23	9.73	5.00
0.40	0.29	12.12	0.39	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	9.13	0.40	10.28	18.00
0.50	0.33	12.27	0.50	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	9.55	0.50	10.30	36.00
0.60	0.37	12.39	0.60	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	9.73	0.60	10.30	57.00
0.70	0.38	12.40	0.70	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	9.80	0.70	10.30	70.00
0.80	0.38	12.40	0.76	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	9.86	0.80	10.30	84.00
0.90	0.38	12.40	0.76	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	9.90	0.88	10.30	96.00
1.00	0.38	12.40	0.76	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	9.91	0.97	10.30	98.00
1.10	0.38	12.40	0.76	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	9.91	1.06	10.30	99.00
1.20	0.38	12.40	0.76	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	9.92	1.15	10.30	100.00

# Bewegingen KORSOR aan loefzijde van de golfbreker

Golfrichting: 90° tov scheeps-as

significante aplitude x&y&z <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	1	0	0	1
0.2	2	0	1	2
0.3	3	1	3	3
0.4	9	1	5	9
0.5	22	5	11	41
0.6	40	7	29	68
0.7	56	9	40	96
0.8	68	14	56	99
0.9	78	33	70	100
1.0	93	44	89	100
1.1	97	57	97	100
1.2	98	67	98	100
1.3	99	80	99	100
1.4	100	93	100	100
1.5	100	97	100	100
1.6	100	98	100	100
1.7	100	99	100	100
1.8	100	100	100	100
1.9	100	100	100	100
2.0	100	100	100	100

Golfrichting:180° tov scheeps-as

significante aplitude x&y&z <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	2	1	1	3
0.2	5	2	3	5
0.3	5	2	5	6
0.4	21	8	11	38
0.5	41	9	30	71
0.6	59	10	45	98
0.7	75	27	61	100
0.8	88	43	81	100
0.9	97	58	97	100
1.0	98	73	98	100
1.1	99	84	99	100
1.2	100	97	100	100
1.3	100	97	100	100
1.4	100	99	100	100
1.5	100	100	100	100
1.6	100	100	100	100
1.7	100	100	100	100
1.8	100	100	100	100
1.9	100	100	100	100
2.0	100	100	100	100

Schip : Korsor	Golfbelasting: Hsd_gem: 0.25m	Tpd: 12.00 sec	File:Wavtr_1t
Periode: maart/april	Hsw_gem: 0.17m	Tpw: 5.00 sec	

Golfrichting: 90.00 ° tov scheeps-as

x&y&z <...[m]	gem Xsa [m]	gem Tmx [s]	max Xsa [m]	max Tmx [s]	gem Ysa [m]	gem Tmy [s]	max Ysa [m]	max Tmy [s]	gem Zsa [m]	gem Tmz [s]	max Zsa [m]	max Tmz [s]	cum. freq [%]
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	9.63	0.10	11.51	0.07	8.13	0.10	9.05	19.00
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	10.06	0.20	11.51	0.11	8.16	0.20	9.05	59.00
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	10.37	0.29	11.51	0.13	8.26	0.26	9.05	84.00
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	10.51	0.38	11.51	0.14	8.27	0.34	9.05	98.00
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	10.52	0.48	11.51	0.14	8.27	0.34	9.05	100.00

Golfrichting: 180.00 ° tov scheeps-as

x&y&z <...[m]	gem Xsa [m]	gem Tmx [s]	max Xsa [m]	max Tmx [s]	gem Ysa [m]	gem Tmy [s]	max Ysa [m]	max Tmy [s]	gem Zsa [m]	gem Tmz [s]	max Zsa [m]	max Tmz [s]	cum. freq [%]
0.10	0.06	12.15	0.10	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	9.65	0.10	10.61	33.00
0.20	0.09	12.50	0.19	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	10.04	0.19	10.61	69.00
0.30	0.09	12.51	0.23	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	10.19	0.30	10.61	97.00
0.40	0.09	12.51	0.23	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	10.20	0.36	10.61	99.00
0.50	0.09	12.51	0.23	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	10.20	0.40	10.61	100.00

Schip : TP1	Golfbelasting: Hsd_gem: 0.25m	Tpd: 12.00 sec	File:Wavtr_1t
Periode: maart/april	Hsw_gem: 0.17m	Tpw: 5.00 sec	

Golfrichting: 90.00 ° tov scheeps-as

x&y&z	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	cum.
<...[m]	Xsa [m]	Tmx [s]	Xsa [m]	Tmx [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	freq [%]
0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	9.48	0.10	11.42	0.07	7.95	0.10	8.94	17.00
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	10.16	0.19	11.42	0.12	7.78	0.20	8.94	56.00
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	10.44	0.30	11.42	0.14	7.83	0.27	8.94	82.00
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	10.59	0.39	11.42	0.15	7.83	0.36	8.94	98.00
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	10.60	0.50	11.42	0.15	7.83	0.36	8.94	100.00

Golfrichting: 180.00 ° tov scheeps-as

x&y&z	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	gem	gem	max	max	cum.
<...[m]	Xsa [m]	Tmx [s]	Xsa [m]	Tmx [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Ysa [m]	Tmy [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	Zsa [m]	Tmz [s]	freq [%]
0.10	0.06	11.78	0.10	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	9.15	0.10	10.30	30.00
0.20	0.10	12.21	0.19	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	9.64	0.20	10.30	68.00
0.30	0.10	12.24	0.27	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	9.80	0.29	10.30	96.00
0.40	0.10	12.24	0.27	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	9.82	0.37	10.30	99.00
0.50	0.10	12.24	0.27	12.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	9.82	0.42	10.30	100.00

Bewegingen KORSOR aan lij-zijde van de golfbreker

Golfrichting: 90° tov scheeps-as

significante aplitude x&y&z <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	19	3	10	36
0.2	59	7	43	98
0.3	84	35	77	100
0.4	98	66	98	100
0.5	100	89	100	100
0.6	100	98	100	100
0.7	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100
1.0	100	100	100	100
1.1	100	100	100	100
1.2	100	100	100	100
1.3	100	100	100	100
1.4	100	100	100	100
1.5	100	100	100	100
1.6	100	100	100	100
1.7	100	100	100	100
1.8	100	100	100	100
1.9	100	100	100	100
2.0	100	100	100	100

Golfrichting:180° tov scheeps-as

significante aplitude x&y&z <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	33	9	23	57
0.2	69	23	57	100
0.3	97	57	97	100
0.4	99	85	100	100
0.5	100	98	100	100
0.6	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100
1.0	100	100	100	100
1.1	100	100	100	100
1.2	100	100	100	100
1.3	100	100	100	100
1.4	100	100	100	100
1.5	100	100	100	100
1.6	100	100	100	100
1.7	100	100	100	100
1.8	100	100	100	100
1.9	100	100	100	100
2.0	100	100	100	100



## **BIJLAGE: 6.6**

**Berekening van bewegingen voor  
pseudo NOVIOMAGUM 669  
(spleijtbak)**

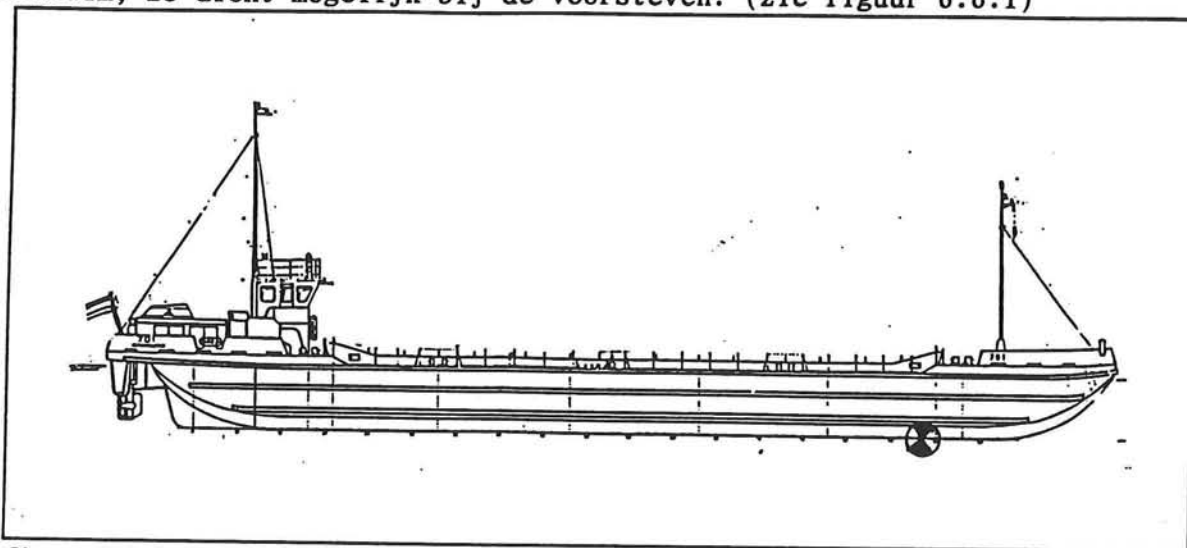


## Berekening van bewegingen voor pseudo NOVIOMAGUM 669

Ook voor de splijtbak NOVIOMAGUM 669 zijn met het computerprogramma SEAWAY overdrachtsfuncties bepaald.

Voor het berekenen van deze overdrachtsfuncties waren opnieuw de traagheidsstralen en een nauwkeurige beschrijving van de scheepshuid nodig. Omdat de zelfvarende splijtbak een ingewikkelde vorm heeft is niet gekozen om de gegevens zelf uit te rekenen, maar om een soortgelijk schip, waarvan gegevens voorhanden zijn op de faculteit Maritieme Techniek (TUD), te verschalen. Om deze reden wordt hier gesproken van 'pseudo' NOVIOMAGUM 669. Om een globale indruk te krijgen van de bewegingen van dit soort schepen zijn de zo berekende overdrachtsfuncties goed te gebruiken.

De overdrachtsfuncties zijn berekend in het punt gelegen onderin het laadruim, zo dicht mogelijk bij de voorsteven. (zie figuur 6.6.1)



Figuur 6.6.1: dwarsdoorsnede van NOVIOMAGUM 669

### Technische gegevens NOVIOMAGUM 669:

year of construction	:	1975	
Gross tonnage	:	580.00	[RT]
Nett tonnage	:	192.00	[RT]
Sailing speed loaded	:	7.00	[kn]
Sailing speed empty	:	8.00	[kn]
Length o.a.	:	57.20	[m]
Width	:	9.69	[m]
Depth moulded	:	3.50	[m]
Draught empty	:	1.02	[m]
Draught maximum	:	2.94	[m]

Op bladzijde 2 en 3 van deze bijlage zijn de overdrachtsfuncties weergegeven, op bladzijde 4 zijn de rekenresultaten opgesomd.

%SHIP: NOVIOMAGUM

Execution: 03-02-1995 / 20:41

SEAWAY-4.12

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

FORWARD SPEED = 0.00 kn

WAVE DIRECTION = +090 deg off stern

%

%POINT NR = 01

%X-APP = 47.000 m

%Y-CL = 0.000 m

%Z-BL = 0.000 m

%

.ABSOLUTE MOTIONS..

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z..

% FREQ AMPL AMPL AMPL

% (r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.700 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.733 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.767 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.800 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.833 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.867 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.900 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.933 x.xxx x.xxx x.xxx  
0.967 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.000 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.033 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.067 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.100 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.133 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.167 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.200 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.233 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.267 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.300 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.333 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.367 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.400 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.433 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.467 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.500 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.533 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.567 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.600 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.633 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.667 x.xxx x.xxx x.xxx  
1.700 x.xxx x.xxx x.xxx];

%SHIP: NOVIOMAGUM

Execution: 03-02-1995 / 20:41

SEAWAY-4.12

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

FORWARD SPEED = 0.00 kn

WAVE DIRECTION = +180 deg off stern

%

%POINT NR = 01

%X-APP = 47.000 m

%Y-CL = 0.000 m

%Z-BL = 0.000 m

%

% .ABSOLUTE MOTIONS..

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z..

% FREQ AMPL AMPL AMPL

% (r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.200 x.xxx x.xxx x.xxx

0.233 x.xxx x.xxx x.xxx

0.267 x.xxx x.xxx x.xxx

0.300 x.xxx x.xxx x.xxx

0.333 x.xxx x.xxx x.xxx

0.367 x.xxx x.xxx x.xxx

0.400 x.xxx x.xxx x.xxx

0.433 x.xxx x.xxx x.xxx

0.467 x.xxx x.xxx x.xxx

0.500 x.xxx x.xxx x.xxx

0.533 x.xxx x.xxx x.xxx

0.567 x.xxx x.xxx x.xxx

0.600 x.xxx x.xxx x.xxx

0.633 x.xxx x.xxx x.xxx

0.667 x.xxx x.xxx x.xxx

0.700 x.xxx x.xxx x.xxx

0.733 x.xxx x.xxx x.xxx

0.767 x.xxx x.xxx x.xxx

0.800 x.xxx x.xxx x.xxx

0.833 x.xxx x.xxx x.xxx

0.867 x.xxx x.xxx x.xxx

0.900 x.xxx x.xxx x.xxx

0.933 x.xxx x.xxx x.xxx

0.967 x.xxx x.xxx x.xxx

1.000 x.xxx x.xxx x.xxx

1.033 x.xxx x.xxx x.xxx

1.067 x.xxx x.xxx x.xxx

1.100 x.xxx x.xxx x.xxx

1.133 x.xxx x.xxx x.xxx

1.167 x.xxx x.xxx x.xxx

1.200 x.xxx x.xxx x.xxx

1.233 x.xxx x.xxx x.xxx

1.267 x.xxx x.xxx x.xxx

1.300 x.xxx x.xxx x.xxx

1.333 x.xxx x.xxx x.xxx

1.367 x.xxx x.xxx x.xxx

1.400 x.xxx x.xxx x.xxx

1.433 x.xxx x.xxx x.xxx

1.467 x.xxx x.xxx x.xxx

1.500 x.xxx x.xxx x.xxx

1.533 x.xxx x.xxx x.xxx

1.567 x.xxx x.xxx x.xxx

1.600 x.xxx x.xxx x.xxx

1.633 x.xxx x.xxx x.xxx

1.667 x.xxx x.xxx x.xxx

1.700 x.xxx x.xxx x.xxx];

Bewegingen NOVIOMAGUM

Golfrichting: 90° tov scheeps-as

significante aplitude x&y <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	0	0	0	0
0.2	1	0	0	1
0.3	2	0	0	2
0.4	2	0	1	2
0.5	4	0	2	4
0.6	7	0	3	9
0.7	15	1	6	27
0.8	26	1	9	43
0.9	43	4	20	67
1.0	52	5	28	83
1.1	64	6	48	93
1.2	74	9	56	96
1.3	85	15	70	98
1.4	94	25	85	100
1.5	97	32	93	100
1.6	98	43	95	100
1.7	99	54	95	100
1.8	99	65	97	100
1.9	100	75	98	100
2.0	100	81	100	100

Golfrichting:180° tov scheeps-as

significante aplitude x&y <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	2	1	2	3
0.2	5	2	3	5
0.3	5	2	5	6
0.4	21	8	13	37
0.5	41	10	30	74
0.6	58	11	45	99
0.7	75	29	63	100
0.8	89	45	81	100
0.9	97	58	97	100
1.0	98	74	98	100
1.1	99	84	99	100
1.2	100	97	100	100
1.3	100	97	100	100
1.4	100	99	100	100
1.5	100	100	100	100
1.6	100	100	100	100
1.7	100	100	100	100
1.8	100	100	100	100
1.9	100	100	100	100
2.0	100	100	100	100

**BIJLAGE: 6.7**

**Berekening van bewegingen voor  
TAURUS  
(zijlosser)**

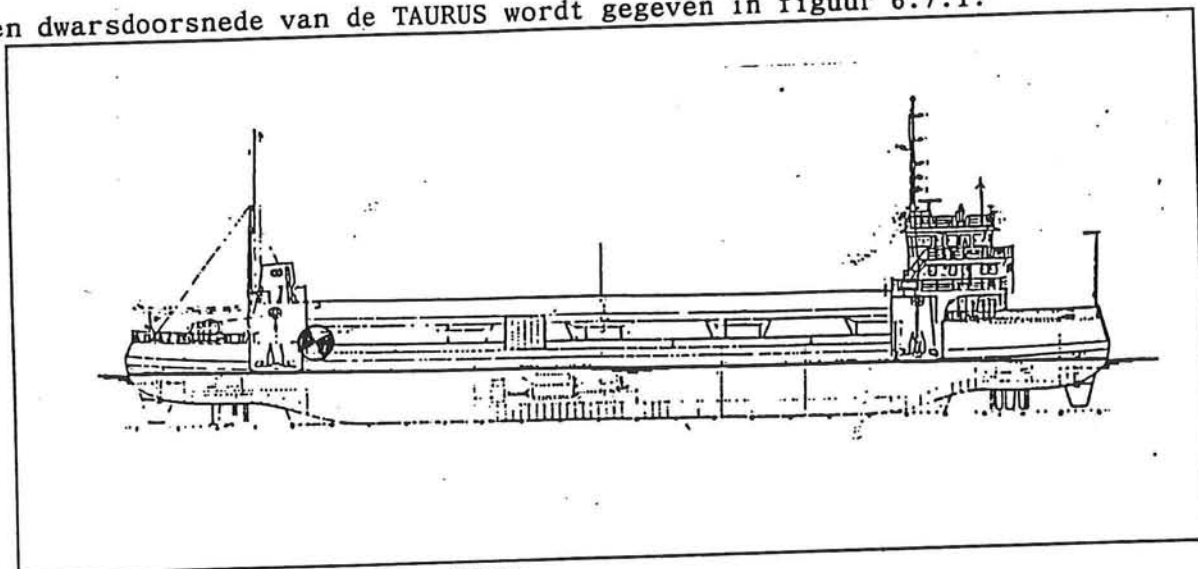




## Berekening van bewegingen voor TAURUS

Voor de zijlosser de TAURUS zijn overdrachtsfuncties voor de beweging van het zwaartepunt bekend, deze zijn berekend door Marine Structure Consultants uit Giessendam (van Santen, 1985).

Een dwarsdoorsnede van de TAURUS wordt gegeven in figuur 6.7.1.



figuur 6.7.1: dwarsdoorsnede van TAURUS

### Technische gegevens TAURUS:

year of construction	:	1968	
Gross tonnage	:	2028.94	[RT]
Nett tonnage	:	595.80	[RT]
Sailing speed loaded	:	8.50	[kn]
Sailing speed empty	:	9.00	[kn]
Length o.a.	:	77.05	[m]
Width	:	20.32	[m]
Depth moulded	:	5.37	[m]
Draught empty	:	2.80	[m]
Draught maximum	:		[m]

Om ook voor de TAURUS de bewegingen van een punt op het stortdek te kunnen berekenen moeten de overdrachtsfuncties getransformeert worden zoals omschreven op de bladzijde 2 t/m 4 van deze bijlage. Op bladzijde 5 worden de overdrachtsfuncties van het zwaartepunt gegeven, op bladzijde 6 de overdrachtsfuncties op het stortdek en op bladzijde 7 de rekenresultaten.

*Transformatie van overdrachtsfunctie van het zwaartepunt naar overdrachtsfunctie van een ander punt in het schip.*

In het zwaartepunt van de constructie zijn de drie translaties en de drie rotaties bekend. De beweging van andere punten op het schip kan bepaald worden door het samenstellen van de bewegingen van het zwaartepunt zoals hieronder wordt afgeleid.

Hierna wordt de beweging van een punt op het schip met positieve x, y en z-coördinaten ( $x_b$ ,  $y_b$ ,  $z_b$ ) afgeleid (zie ook: Journee, 1992).

De translaties en rotaties maken harmonische bewegingen. Een cosinusvormige component van een beweging is gedefinieerd door een amplitude, een frequentie en een fase verschuiving ten opzichte van een referentie.

Voor de zes bewegingscomponenten geldt dan:

$$x = x_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{x\eta}) \quad : \text{schrikken}$$

$$y = y_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{y\eta}) \quad : \text{verzetten}$$

$$z = z_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{z\eta}) \quad : \text{dompen}$$

$$\phi = \phi_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{\phi\eta}) \quad : \text{slingeren}$$

$$\theta = \theta_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{\theta\eta}) \quad : \text{stampen}$$

$$\psi = \psi_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{\psi\eta}) \quad : \text{gieren}$$

Een amplitude wordt aangeduid met de index a en de cirkelfrequentie in radialen per seconde met  $\omega$ .

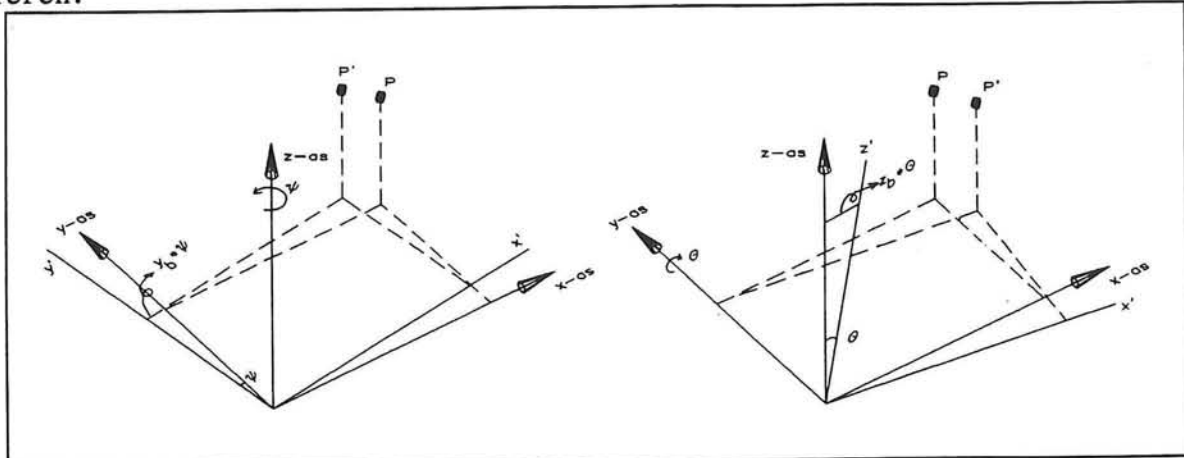
De fase wordt gerelateerd aan een referentiesignaal:

- de eerste index is de beschouwde bewegingscomponent
- de tweede index is de referentie

Voor bewegingen in golven wordt als referentie de verticale beweging van het golfoppervlak  $\eta$  gebruikt.

### Beweging in x-richting

Voor de beweging in x-richting zijn van belang: schrikken, stampen en gieren.



figuur 6.7.2: bijdrage van stampen en gieren

De absolute horizontale verplaatsing in x-richting volgt uit:

$$h_x = x + \theta \cdot z_b - \psi \cdot y_b$$

$$h_x = x_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{x\eta}) + z_b \cdot \theta_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{\theta\eta}) - y_b \cdot \psi_a \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{\psi\eta})$$

$$h_x = [x_a \cdot \cos(\epsilon_{x\eta}) + z_b \cdot \theta_a \cdot \cos(\epsilon_{\theta\eta}) - y_b \cdot \psi_a \cdot \cos(\epsilon_{\psi\eta})] \cdot \cos(\omega \cdot t) - [x_a \cdot \sin(\epsilon_{x\eta}) + z_b \cdot \theta_a \cdot \sin(\epsilon_{\theta\eta}) - y_b \cdot \psi_a \cdot \sin(\epsilon_{\psi\eta})] \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

De harmonische beweging  $h_x$  kan ook geschreven worden als:

$$h_x = h_{ax} \cdot \cos(\omega \cdot t + \epsilon_{h_x\eta})$$

$$h_x = [h_{ax} \cdot \cos(\epsilon_{h_x\eta})] \cdot \cos(\omega \cdot t) - [h_{ax} \cdot \sin(\epsilon_{h_x\eta})] \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Hieruit volgt voor  $\omega \cdot t = 0$  respectievelijk  $\omega \cdot t = \pi/2$ :

$$h_{ax} \cdot \cos(\epsilon_{h_x\eta}) = x_a \cdot \cos(\epsilon_{x\eta}) + z_b \cdot \theta_a \cdot \cos(\epsilon_{\theta\eta}) - y_b \cdot \psi_a \cdot \cos(\epsilon_{\psi\eta})$$

$$h_{ax} \cdot \sin(\epsilon_{h_x\eta}) = x_a \cdot \sin(\epsilon_{x\eta}) + z_b \cdot \theta_a \cdot \sin(\epsilon_{\theta\eta}) - y_b \cdot \psi_a \cdot \sin(\epsilon_{\psi\eta})$$

In de laatste twee uitdrukkingen zijn de rechterleden bekend. Door de wortel te trekken, na het kwadrateren en optellen van deze twee rechterleden volgt de amplitude  $h_x$ .

### Beweging in y-richting

Voor de beweging in y-richting zijn van belang: verzetten, slingeren en gieren.

De absolute horizontale verplaatsing in y-richting volgt uit:

$$h_y = y + \phi \cdot z_b + \psi \cdot x_b$$

Analoog aan de beweging in x-richting volgt voor de y-richting na enige herleiding:

$$h_{ay} \cdot \cos(\epsilon_{h_y\eta}) = y_a \cdot \cos(\epsilon_{y\eta}) - z_b \cdot \phi_a \cdot \cos(\epsilon_{\phi\eta}) + x_b \cdot \psi_a \cdot \cos(\epsilon_{\psi\eta})$$

$$h_{ay} \cdot \sin(\epsilon_{h_y\eta}) = y_a \cdot \sin(\epsilon_{y\eta}) - z_b \cdot \phi_a \cdot \sin(\epsilon_{\phi\eta}) + x_b \cdot \psi_a \cdot \sin(\epsilon_{\psi\eta})$$

### Beweging in z-richting

Voor de beweging in z-richting zijn van belang: dompen, stampen en slingeren.

De absolute horizontale verplaatsing in z-richting volgt uit:

$$h_z = z - \theta \cdot x_b + \phi \cdot y_b$$

Analoog aan de beweging in x-richting volgt voor de z-richting na enige herleiding:

$$h_{az} \cdot \cos(\epsilon_{h_z\eta}) = z_a \cdot \cos(\epsilon_{z\eta}) - x_b \cdot \theta_a \cdot \cos(\epsilon_{\theta\eta}) + y_b \cdot \phi_a \cdot \cos(\epsilon_{\phi\eta})$$

$$h_{az} \cdot \sin(\epsilon_{h_z\eta}) = z_a \cdot \sin(\epsilon_{z\eta}) - x_b \cdot \theta_a \cdot \sin(\epsilon_{\theta\eta}) + y_b \cdot \phi_a \cdot \sin(\epsilon_{\phi\eta})$$

%Ship: Taurus.

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

%-----

%POINT NR = 01  
%X-APP = 17.500 m  
%Y-CL = 10.160 m  
%Z-BL = 2.970 m

%

% ....ABSOLUTE MOTIONS.....

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z..

% FREQ AMPL AMPL AMPL

% (r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.2000	x.xxxx	0	x.xxxx
0.3500	x.xxxx	0	x.xxxx
0.5000	x.xxxx	0	x.xxxx
0.6500	x.xxxx	0	x.xxxx
0.8000	x.xxxx	0	x.xxxx
0.9500	x.xxxx	0	x.xxxx
1.1000	x.xxxx	0	x.xxxx
1.2500	x.xxxx	0	x.xxxx
1.4000	x.xxxx	0	x.xxxx
1.5500	x.xxxx	0	x.xxxx
1.7000	x.xxxx	0	x.xxxx];

%Ship: Taurus.

%

%FREQUENCY CHARACTERISTICS OF MOTIONS POINTS

%-----

%POINT NR = 01  
%X-APP = 17.500 m  
%Y-CL = 10.160 m  
%Z-BL = 2.970 m

%

% ....ABSOLUTE MOTIONS.....

% WAVE ..X.. ..Y.. ..Z..

% FREQ AMPL AMPL AMPL

% (r/s) (m/m) (m/m) (m/m)

ovdrf=[

0.2000	0	x.xxxx	x.xxxx
0.3500	0	x.xxxx	x.xxxx
0.5000	0	x.xxxx	x.xxxx
0.6500	0	x.xxxx	x.xxxx
0.8000	0	x.xxxx	x.xxxx
0.9500	0	x.xxxx	x.xxxx
1.1000	0	x.xxxx	x.xxxx
1.2500	0	x.xxxx	x.xxxx
1.4000	0	x.xxxx	x.xxxx
1.5500	0	x.xxxx	x.xxxx
1.7000	0	x.xxxx	x.xxxx];

Execution: 09-02-1995 / 13:21

FORWARD SPEED = 0.00 kn  
WAVE DIRECTION = +180 deg off stern

Execution: 09-02-1995 / 13:21

FORWARD SPEED = 0.00 kn  
WAVE DIRECTION = +090 deg off stern

Bewegingen TAURUS

Golfrichting: 90° tov scheeps-as

significante aplitude x&y <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	0	0	0	0
0.2	2	0	0	2
0.3	2	0	1	3
0.4	6	0	2	7
0.5	16	0	5	30
0.6	33	1	14	53
0.7	50	5	29	76
0.8	69	5	46	86
0.9	83	10	66	96
1.0	96	25	85	99
1.1	96	33	95	100
1.2	99	47	95	100
1.3	100	63	96	100
1.4	100	79	99	100
1.5	100	83	100	100
1.6	100	94	100	100
1.7	100	95	100	100
1.8	100	96	100	100
1.9	100	96	100	100
2.0	100	98	100	100

Golfrichting: 180° tov scheeps-as

significante aplitude x&y <... [m]	cum. freq. maart- april [%]	cum. freq. mei- september [%]	cum. freq. oktober- november [%]	cum. freq. december- februari [%]
0.1	3	2	2	5
0.2	5	2	5	6
0.3	21	8	13	38
0.4	46	10	33	81
0.5	69	23	57	100
0.6	86	45	79	100
0.7	97	63	97	100
0.8	99	78	99	100
0.9	100	96	100	100
1.0	100	98	100	100
1.1	100	99	100	100
1.2	100	100	100	100
1.3	100	100	100	100
1.4	100	100	100	100
1.5	100	100	100	100
1.6	100	100	100	100
1.7	100	100	100	100
1.8	100	100	100	100
1.9	100	100	100	100
2.0	100	100	100	100

## BIJLAGE: 6.8

### Verdeling van de totale golfhoogten per periode





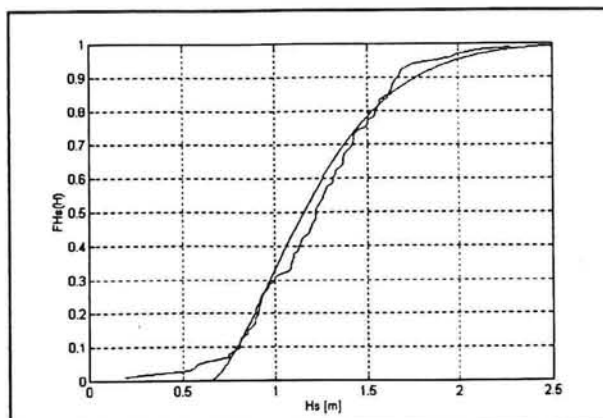
## Verdeling van de totale golfhoogten per periode

### Verdeling van de totale golfhoogte in de periode maart-april

$$F_{H_s}(H) = 1 - \exp\left(-\frac{H-0.641}{0.650}\right)^{1.5}$$

voor  $H > 0.641$

gem  $H_s$  : 1.2217 m  
std  $H_s$  : 0.3701 m  
max  $H_s$  : 2.2795 m  
min  $H_s$  : 0.1975 m



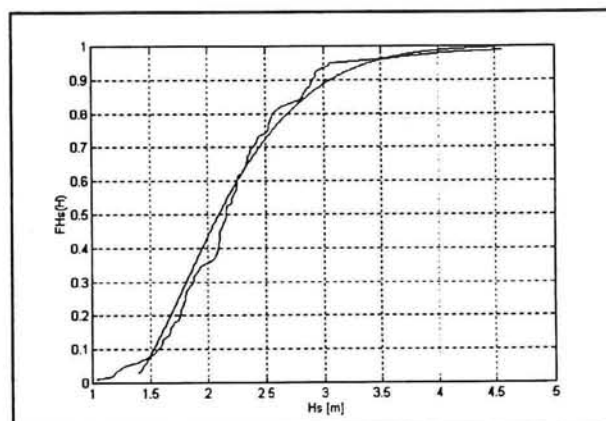
figuur 1: verdeling van significante golfhoogte in maart-april

### Verdeling van de totale golfhoogte in de periode mei-september

$$F_{H_s}(H) = 1 - \exp\left(-\frac{H-1.303}{1.010}\right)^{1.5}$$

voor  $H > 1.303$

gem  $H_s$  : 2.2057 m  
std  $H_s$  : 0.5820 m  
max  $H_s$  : 4.5581 m  
min  $H_s$  : 1.0382 m



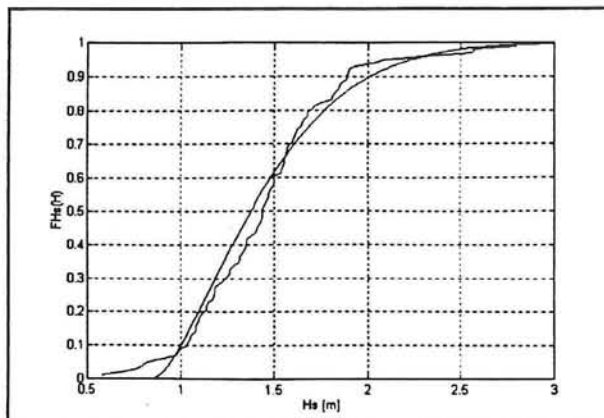
figuur 2: verdeling van significante golfhoogte in mei-september

### Verdeling van de totale golfhoogte in de periode oktober-november

$$F_{H_s}(H) = 1 - \exp\left(-\frac{H-0.850}{0.668}\right)^{1.5}$$

voor  $H > 0.850$

gem  $H_s$  : 1.4473 m  
 std  $H_s$  : 0.3843 m  
 max  $H_s$  : 2.7953 m  
 min  $H_s$  : 0.5812 m



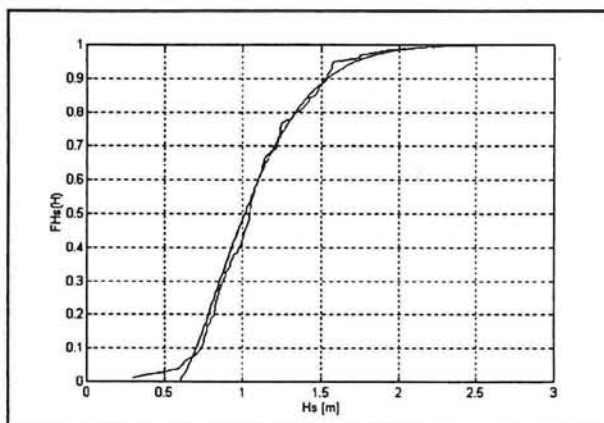
figuur 3: verdeling van significante golfhoogte in oktober-november

### Verdeling van de totale golfhoogte in de periode december-februari

$$F_{H_s}(H) = 1 - \exp\left(-\frac{H-0.581}{0.550}\right)^{1.5}$$

voor  $H > 0.581$

gem  $H_s$  : 1.0725 m  
 std  $H_s$  : 0.3186 m  
 max  $H_s$  : 2.0475 m  
 min  $H_s$  : 0.2985 m



figuur 4: verdeling van significante golfhoogte in december-februari

## **BIJLAGE: 6.9**

### **Berekening van faalkansen tijdens de bouw**



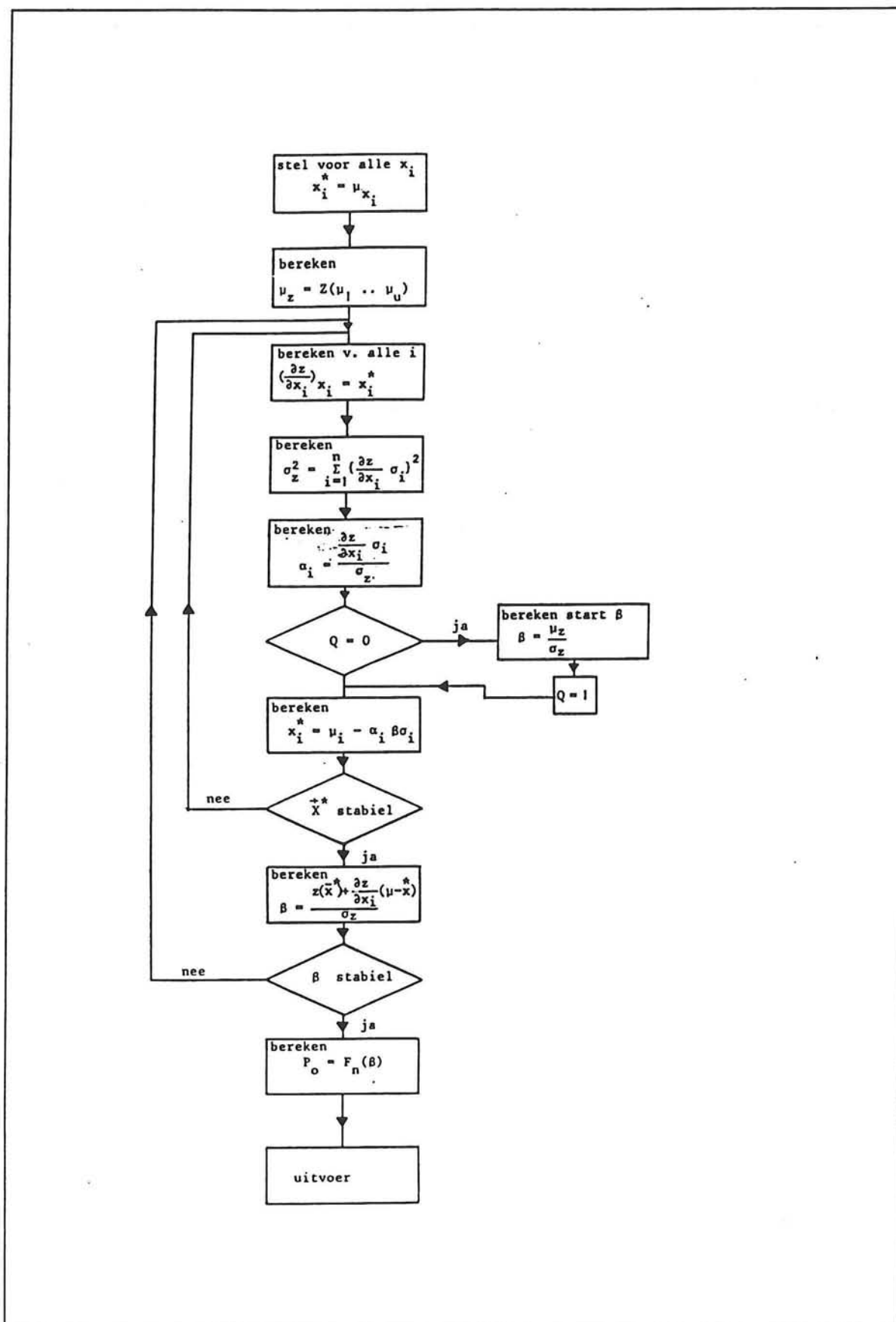
## Berekening van faalkansen tijdens de bouw

Voor de berekening van faalkansen tijdens de bouw is gebruik gemaakt van het computerprogramma AFDA (Meermans, 1989) van de faculteit Civiele Techniek (TUD). De gevolgde rekenprocedure is in het stroomschema van figuur 6.9.1 op bladzijde 2 weergegeven.

Het programma is geschreven in Turbo Pascal. De betrouwbaarheidsfunctie (BTF) wordt via een include-file ingelezen. De gebruikte include-file waarin formule 6.8 (hoofdstuk 6) is geprogrammeerd is weergegeven op bladzijde 3, de include-file met de betrouwbaarheidsfuncties 6.13 en 6.14 zijn weergegeven op bladzijde 4.

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de benaderende verdelingen voor golfsteilheid (bijlage 6.2) en golfhoogte (bijlage 6.8). Aan de hand van data is voor de golfsteilheid en de golfhoogte in deze bijlagen een bepaalde verdelingsfunctie gekozen, waarna de parameters van deze verdelingsfuncties zijn gefit met de methode van de kleinste kwadraten. De keuze van de verdelingsfunctie en spreiding van de data rond de 'fit' brengen een onzekerheid met zich mee. Om deze effecten te modelleren zijn twee normaal verdeelde variabelen toegevoegd, voor de golfsteilheid een variabele  $f_{s_p}$  en voor de golfhoogte  $f_{H_s}$ .

Resultaten van de berekening zijn weergegeven op bladzijden 5t/m12.



figuur 6.9.1: Stroomschema verfijnde eerste orde tweede moment methode op niveau II

```

FUNCTION Z(X: ARY): REAL;
{Faalkansberekening voor submerged breakwater}

VAR
  rho_s,    {massa dichtheid steen           (kg/m3)}
  rho_w,    {massa dichtheid water           (kg/m3)}
  Dn50,     {nominale diameter steen        (m)}
  Hs,       {significante golfhoogte        (m)}
  fHs,      {onzekerheid in Hs              (m)}
  sp,       {golfsteilheid                  (%) }
  fsp,      {onzekerheid in sp              (%) }
  hc,       {hoogte golfbreker tov bodem     (m)}
  h,        {water diepte                   (m)}
  coef,     {spreiding in uitkomst van formule (-)}
  S:        {schade getal                   (-)}
EXTENDED;
{Stability equation according to Givler and Sorensen (1986)}
BEGIN
  rho_s:=X[1];
  rho_w:=X[2];
  Dn50 :=X[3];
  Hs   :=X[4];
  fHs  :=X[5];
  sp   :=X[6];
  fsp  :=X[7];
  hc   :=X[8];
  h    :=X[9];
  coef :=X[10];
  S    :=2;
  Hs:=Hs+fHs;
  sp:=sp+fsp;
{Stabiliteits vergelijking volgens Givler en Sorensen (Van der Meer, 1993)}
  Z := (((rho_s/rho_w)-1)*Dn50)-((-0.14*Hs)/(POWER((sp/100),(1/3)))*
      LN((hc/h)/(coef+0.1*S)));
END;

```

```

FUNCTION Z(X: ARY): REAL;
{Faalkansberekening voor een low-crested breakwater}

VAR
  rho_s, {massadichtheid van steen (kg/m3)}
  rho_w, {massadichtheid van water (kg/m3)}
  Dn50, {nominale diameter van steen (m)}
  Hs, {significante golfhoogte (m)}
  fHs, {onzekerheid in Hs (m)}
  sp, {golfsteilheid (%)}
  fsp, {onzekerheid in sp (%)}
  Rc, {relatieve kruinhoogte (m)}
  N_tal, {taludhoek (m)}
  coef1, {spreiding in uitkomst van formule [6.13] (-)}
  coef2, {spreiding in uitkomst van formule [6.14] (-)}
  Belast,
  Reduc: EXTENDED;

PROCEDURE Ber_Nstab(Hs, N_tal, sp: EXTENDED; VAR Belast: EXTENDED);
CONST
  N = 3000; {aantal golven (-)}
  P = 0.5; {porositeit (%)}
  g = 10; {zwaartekracht (m2/s)}
  S = 8; {schade getal (-)}
VAR
  ksi_m, ksi_crit, N_St, sm: EXTENDED;
BEGIN
  {Theoretisch geldt voor niet afgekapte, mathematisch gedefinieerde
  spectra de volgende relatie:  $T_p = 1.296 T_m$  (Journee, 1993)
  hieruit volgt:  $sp = H_s / ((g T_p^2) / (2 \pi)) = H_s / ((g (1.296 T_p^2)) / (2 \pi))$ 
  ofwel  $sm = (1.296)^2 T_p = 1.679 * sp$ }
  sm := 1.679 * sp;
  ksi_m := (1/N_tal) / Sqrt(sm/100);
  ksi_crit := Power(6.2 * Power(P, 0.31) * (Sqrt(1/N_tal)), (1/(P+0.5)));
  IF ksi_m < ksi_crit THEN
    N_St := coef1 * Power(P, 0.18) * Power((S/Sqrt(N)), 0.2) / Sqrt(ksi_m)
  ELSE
    N_St := coef2 * Power(P, -0.13) * Power((S/Sqrt(N)), 0.2) * Sqrt(N_tal) * Power(ksi_m, P);
  Belast := Hs / N_St;
END;

PROCEDURE Reduction(Rc, Hs, sp: EXTENDED; VAR Reduc: EXTENDED);
CONST
  Pi = 3.1415927;
VAR
  Rp: EXTENDED;
BEGIN
  Rp := (Rc/Hs) * Sqrt((sp/100)/(2*Pi));
  IF ((Rp > 0) AND (Rp < 0.052)) THEN
    Reduc := (1.25 - 4.8 * Rp)
  ELSE
    Reduc := 1;
END;

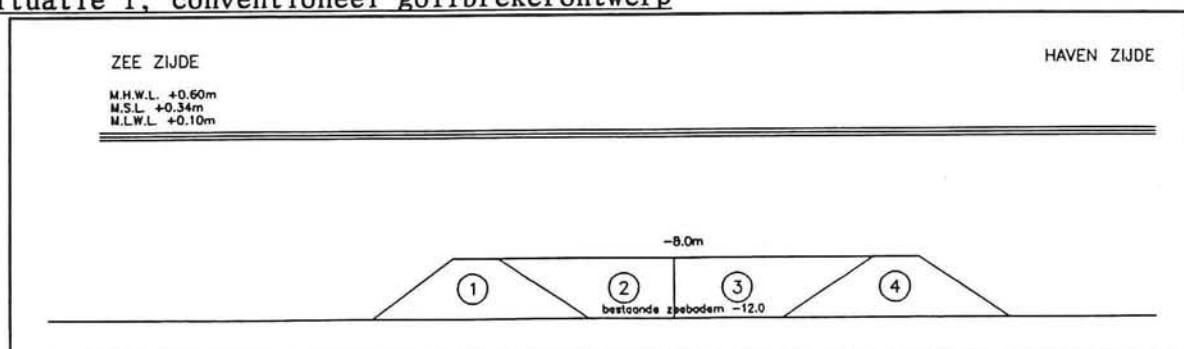
{Stability equation according to Van der Meer (1993) }
BEGIN
  rho_s := X[1];
  rho_w := X[2];
  Dn50 := X[3];
  Hs := X[4];
  fHs := X[5];
  sp := X[6];
  fsp := X[7];
  Rc := X[8];
  N_tal := X[9];
  coef1 := X[10];
  coef2 := X[11];
  Hs := Hs + fHs;
  sp := sp + fsp;
  Ber_Nstab(Hs, N_tal, sp, Belast);
  Reduction(Rc, Hs, sp, Reduc);
  Z := (((rho_s/rho_w)-1)*Reduc*Dn50)-Belast;
END;

```



## Faalkansen voor conventioneel golfbrekerontwerp

### Situatie 1, conventioneel golfbrekerontwerp



Steen fractie: 100-500kg

$\mu(Dn)=0.524m$

$\sigma(Dn)=0.074m$

### Invoer gegevens AFDA:

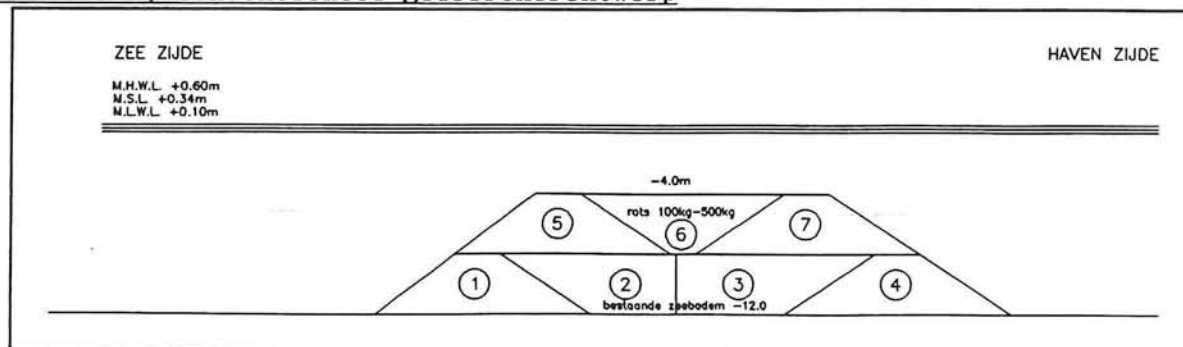
Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard-afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.524	0.074
		0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
Hs	W	0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
		0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fHs	N				0.000	0.250
sp	F				0.824	0.699
fsp	N				0.000	0.100
hc	N				4.000	0.500
h	N				12.100	0.500
coef	N				2.100	0.350

Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], hc [m], h[m], coef [-].

### Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	9.6*10 <sup>-2</sup>	1.6*10 <sup>-1</sup>	5.3*10 <sup>-2</sup>
8	5.5*10 <sup>-2</sup>	1.0*10 <sup>-1</sup>	2.4*10 <sup>-2</sup>
12	3.9*10 <sup>-2</sup>	7.5*10 <sup>-2</sup>	1.4*10 <sup>-2</sup>
25	1.2*10 <sup>-2</sup>	3.2*10 <sup>-2</sup>	1.0*10 <sup>-3</sup>

## Situatie 2, conventioneel golfbrekerontwerp



Steen fractie: 100-500kg

$\mu(D_n)=0.524m$

$\sigma(D_n)=0.074m$

Invoer gegevens AFDA:

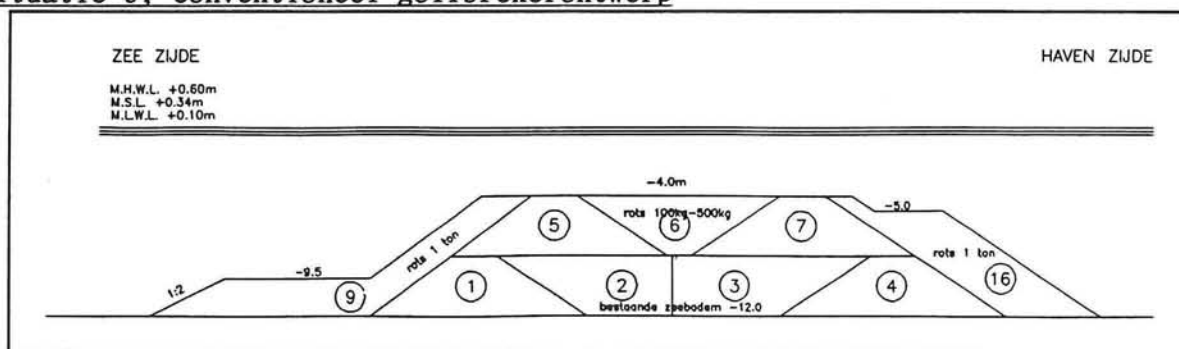
Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard-afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.524	0.074
Hs	W	0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
		0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
		0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fHs	N				0.000	0.250
sp	F				0.824	0.699
fsp	N				0.000	0.100
hc	N				8.000	0.500
h	N				12.100	0.500
coef	N				2.100	0.350

Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], hc [m], h[m], coef [-].

Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	$3.8 \cdot 10^{-1}$	$5.2 \cdot 10^{-1}$	$2.8 \cdot 10^{-1}$
8	$3.0 \cdot 10^{-1}$	$3.7 \cdot 10^{-1}$	$1.6 \cdot 10^{-1}$
12	$1.9 \cdot 10^{-1}$	$2.9 \cdot 10^{-1}$	$1.2 \cdot 10^{-1}$
25	$9.1 \cdot 10^{-2}$	$1.6 \cdot 10^{-1}$	$4.8 \cdot 10^{-2}$

### Situatie 3, conventioneel golfbrekerontwerp



Steen fractie: 500-1500kg

$\mu(Dn)=0.810m$

$\sigma(Dn)=0.082m$

Invoer gegevens AFDA:

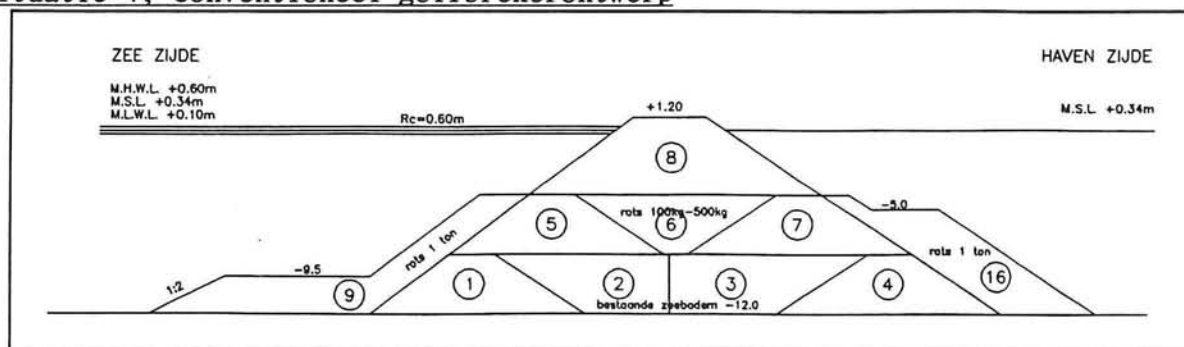
Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard-afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.810	0.082
		0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
Hs	W	0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
		0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fHs	N				0.000	0.250
sp	F				0.824	0.699
fsp	N				0.000	0.100
hc	N				8.000	0.500
h	N				12.100	0.500
coef	N				2.100	0.350

Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], hc [m], h[m], coef [-].

Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	9.8*10 <sup>-2</sup>	1.7*10 <sup>-1</sup>	5.4*10 <sup>-2</sup>
8	3.6*10 <sup>-2</sup>	7.3*10 <sup>-2</sup>	1.2*10 <sup>-2</sup>
12	1.7*10 <sup>-2</sup>	4.2*10 <sup>-2</sup>	2.5*10 <sup>-3</sup>
25	3.5*10 <sup>-4</sup>	4.5*10 <sup>-3</sup>	1.8*10 <sup>-5</sup>

# Situatie 4, conventioneel golfbrekerontwerp



Steen fractie: 100-500kg

$\mu(D_n)=0.524m$

$\sigma(D_n)=0.074m$

Invoer gegevens AFDA:

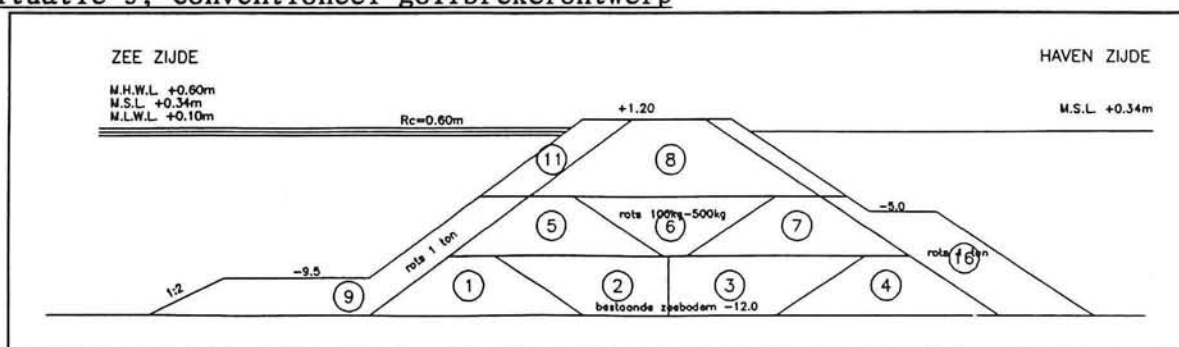
Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard-afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.524	0.074
Hs	W	0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
fHs	N	0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
sp	F	0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fsp	N				0.000	0.250
Rc	N				0.824	0.699
Ntalud	N				0.000	0.100
coef1	N				0.600	0.100
coef2	N				1.500	0.100
					6.200	0.400
					1.000	0.080

Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], Rc [m], Ntalud[-], coef1 [-], coef2 [-].

Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	1.6*10 <sup>-1</sup>	2.6*10 <sup>-1</sup>	1.0*10 <sup>-1</sup>
8	4.7*10 <sup>-2</sup>	8.7*10 <sup>-2</sup>	2.3*10 <sup>-2</sup>
12	3.0*10 <sup>-2</sup>	5.7*10 <sup>-2</sup>	1.3*10 <sup>-2</sup>
25	1.2*10 <sup>-2</sup>	2.4*10 <sup>-2</sup>	4.5*10 <sup>-3</sup>

## Situatie 5, conventioneel golfbrekerontwerp



Steen fractie: 500-1500kg

$\mu(D_n)=0.810m$

$\sigma(D_n)=0.082m$

Invoer gegevens AFDA:

Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard-afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.810	0.082
Hs	W	0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
fHs	N	0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
sp	F	0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fsp	N				0.000	0.250
Rc	N				0.824	0.699
Ntalud	N				0.000	0.100
coef1	N				0.600	0.100
coef2	N				1.500	0.100
					6.200	0.400
					1.000	0.080

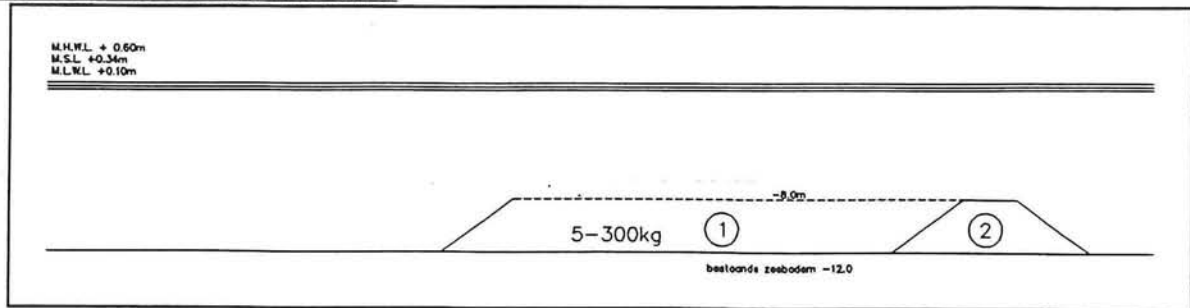
Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], Rc [m], Ntalud[-], coef1 [-], coef2 [-].

Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$3.0 \cdot 10^{-2}$	$5.4 \cdot 10^{-3}$
8	$1.4 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-4}$
12	$5.9 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$
25	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$3.0 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^{-5}$

## Faalkansen voor Bermgolfbreker

### Situatie 1, bermgolfbreker



Steen fractie: 5-300kg

$$\mu(Dn) = 0.289 \text{ m} \quad \sigma(Dn) = 0.093 \text{ m}$$

### Invoer gegevens AFDA:

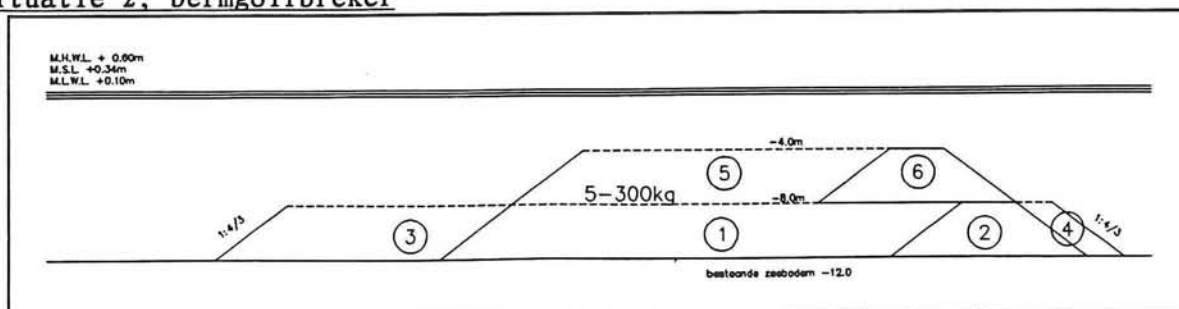
Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard-afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.289	0.093
Hs	W	0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
		0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
		0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fHs	N				0.000	0.250
sp	F				0.824	0.699
fsp	N				0.000	0.100
hc	N				4.000	0.500
h	N				12.100	0.500
coef	N				2.100	0.350

Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], hc [m], h[m], coef [-].

### Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	5.0*10 <sup>-1</sup>	6.4*10 <sup>-1</sup>	4.1*10 <sup>-1</sup>
8	4.2*10 <sup>-1</sup>	5.5*10 <sup>-1</sup>	3.3*10 <sup>-1</sup>
12	3.8*10 <sup>-1</sup>	5.1*10 <sup>-1</sup>	3.0*10 <sup>-1</sup>
25	2.9*10 <sup>-1</sup>	4.0*10 <sup>-1</sup>	2.2*10 <sup>-1</sup>

### Situatie 2, bermgolfbreker



Steen fractie: 5-300kg

$$\mu(Dn) = 0.289 \text{ m} \quad \sigma(Dn) = 0.093 \text{ m}$$

Invoer gegevens AFDA:

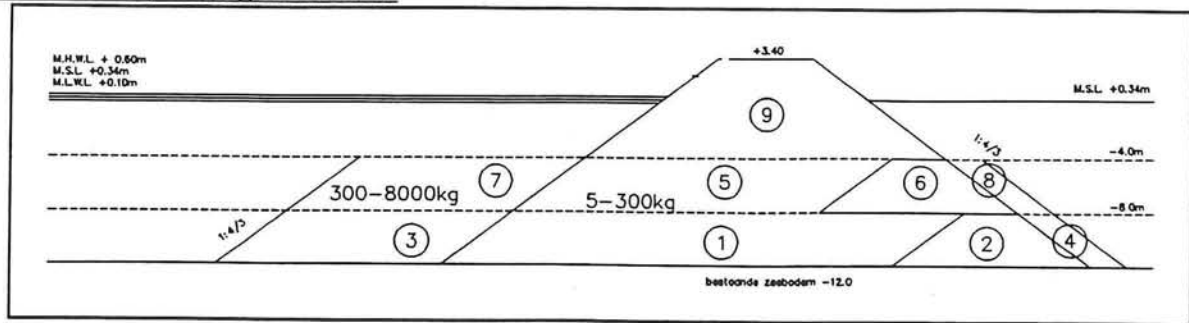
Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard- afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.289	0.093
		0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
Hs	W	0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
		0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fHs	N				0.000	0.250
sp	F				0.824	0.699
fsp	N				0.000	0.100
hc	N				8.000	0.500
h	N				12.100	0.500
coef	N				2.100	0.350

Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], hc [m], h[m], coef [-].

Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	$7.8 \cdot 10^{-1}$	$8.8 \cdot 10^{-1}$	$7.1 \cdot 10^{-1}$
8	$6.9 \cdot 10^{-1}$	$8.1 \cdot 10^{-1}$	$6.0 \cdot 10^{-1}$
12	$6.3 \cdot 10^{-1}$	$7.6 \cdot 10^{-1}$	$5.4 \cdot 10^{-1}$
25	$5.0 \cdot 10^{-1}$	$6.4 \cdot 10^{-1}$	$4.1 \cdot 10^{-1}$

### Situatie 3, bermgolfbreker



Steen fractie: 5-300kg

$$\mu(D_n) = 0.289 \text{ m} \quad \sigma(D_n) = 0.093 \text{ m}$$

Invoer gegevens AFDA:

Stochast	Verdeling	Parameter	Parameter	Parameter	Gemiddelde	Standaard-afwijking
$\rho_s$	N				2650	50
$\rho_w$	N				1025	20
Dn50	N				0.289	0.093
Hs	W	0.641	0.650	1.5	1.222	0.370
fHs	N	0.850	0.668	1.5	1.447	0.384
sp	F	0.581	0.550	1.5	1.073	0.319
fsp	N				0.000	0.250
Rc	N				0.824	0.699
Ntalud	N				0.000	0.100
coef1	N				2.800	0.100
coef2	N				1.333	0.100
					6.200	0.400
					1.000	0.080

Eenheden:  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>],  $\rho_w$  [kg/m<sup>3</sup>], Dn50 [m], Hs [m], fHs [m], sp[%], fsp [%], Rc [m], Ntalud[-], coef1 [-], coef2 [-].

Faalkans:

Schade niveau	Pf maart-april	Pf oktober-november	Pf december-feb.
2	7.3*10 <sup>-1</sup>	8.5*10 <sup>-1</sup>	6.5*10 <sup>-1</sup>
8	5.5*10 <sup>-1</sup>	6.9*10 <sup>-1</sup>	4.5*10 <sup>-1</sup>
12	4.9*10 <sup>-1</sup>	6.3*10 <sup>-1</sup>	3.9*10 <sup>-1</sup>
25	3.8*10 <sup>-1</sup>	5.1*10 <sup>-1</sup>	3.0*10 <sup>-1</sup>



## **BIJLAGE: 7.1**

### **Cyclustijden en werkbaarheid voor verschillende uitvoeringsmethoden**



### Storten breuksteen met ponton

Te gebruiken voor:

- storten onderwatergedeelte

### Laden van breuksteen op vrachtwagen met shovel in groeve

Bak shovel = 6,15 ton, niet altijd vol  $\Rightarrow 0,75 \cdot 6,15 = 4,61$  ton

Vrachtwagen niet altijd tot maximum geladen bij wegrijden,  $\Rightarrow 0,95 \cdot 25 =$

23,75 ton

Cyclus per vrachtwagen	verwachte tijdsduur
5 * rijden van shovel	6,00
verwisselen van vrachtwagen	2,00

laden vrachtauto door shovel: 8  
bruto productie shovel: 178

### Transport met vrachtwagens en lossen op ponton

Cyclus per vrachtwagen	verwachte tijdsduur
laden van vrachtauto	8,00
rijden vol 5 km a 15 km/uur	20,00
op pontonrijden + kiepen	3,00
rijden leeg 5 km a 25 km/uur	12,00

transport met vrachtauto 43,00  
bruto productie vrachtwagen: 33

### Transport met ponton en storten vanaf het ponton

Cyclus per ponton	verwachte tijdsduur
laden ponton door 11 vrachtauto's, 4300 ton a 350 ton/uur	12,28
varen met ponton geladen 3 km a 2,5 knopen	0,65
afmeren aan positioneringsponton	0,50
lossen ponton door 2 shovels a 2 * 175 ton/uur	12,28
loskoppelen ponton	0,10
varen met leeg ponton 3 km a 3,5 knopen	0,46
afmeren ponton in haven	0,20

transport met ponton 26,47  
bruto productie ponton: 162,45

### Onwerkbare dagen per periode

#### oktober – november (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	19%	31,9 uur/wk
		—
werkbaar tijd		136,1 uur/wk
technisch verlet	25%	34,0
		—
effectieve tijd		102,1 uur/wk

onwerkbaar tijd 39,2%  
onwerkbare dagen 24 dagen

#### maart – april (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	12%	20,2 uur/wk
		—
werkbaar tijd		147,8 uur/wk
technisch verlet	25%	37,0
		—
effectieve tijd		110,9 uur/wk

onwerkbaar tijd 34,0%  
onwerkbare dagen 21 dagen

#### december – februari (90 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	0%	0,0 uur/wk
		—
werkbaar tijd		168,0 uur/wk
technisch verlet	25%	42,0
		—
effectieve tijd		126,0 uur/wk

onwerkbaar tijd 25,0%  
onwerkbare dagen 23 dagen

Transport met ponton en storten vanaf het ponton

Cyclus per ponton

	snelle tijdsduur	verwachte tijdsduur	langzame tijdsduur	beta verdeling		eenheid
				verwach- tingswaarde	standaard- afwijking	
laden ponton door 11 auto's, 4300ton a 350 ton/uur	11,00	12,28	14,00	12,35	0,50	uur
varen met ponton geladen 3 km a 2,5 knopen	0,50	0,65	0,80	0,65	0,05	uur
afmeren aan positioneringsponton	0,40	0,50	0,70	0,52	0,05	uur
lossen ponton door 2 shovels a 2 * 175 ton/uur	11,00	12,28	14,00	12,35	0,50	uur
loskoppelen ponton	0,09	0,10	0,15	0,11	0,01	uur
varen met leeg ponton 3 km a 3,5 knopen	0,40	0,46	0,55	0,47	0,03	uur
afmeren ponton in haven	0,17	0,20	0,25	0,20	0,01	uur

transport met ponton  
bruto productie ponton:

26,65	0,71	uur
161,36	4,31	ton/uur

### Storten breuksteen met splijtbak

Te gebruiken voor:

- fracties < 6 ton
- storten onderwatergedeelte

### Laden van breuksteen op vrachtwagen met shovel in groeve

Bak shovel = 6,15 ton, niet altijd vol == >  $0,75 * 6,15 = 4,61$  ton

Vrachtwagen niet altijd tot maximum geladen bij wegrijden, == >  $0,95 * 25 = 23,75$  ton

Cyclus per vrachtwagen	verwachte- tijdsduur	eenheid
5 * rijden van shovel	6,00	min
verwisselen van vrachtwagen	2,00	min

laden vrachtauto door shovel:

8 min

bruto produktie shovel:

178 ton/uur

### Transport met vrachtwagens en lossen op splijtbak:

Cyclus per vrachtwagen	verwachte- tijdsduur	eenheid
laden van vrachtauto	8,00	min
rijden vol 5 km a 15 km/uur	20,00	min
lossen via stortkoker op splijtbak	3,00	min
rijden leeg 5 km a 25 km/uur	12,00	min

transport met vrachtauto

43 min

bruto produktie vrachtwagen:

33 ton/uur

### Transport en lossen met splijtbak

Cyclus per splijtbak	verwachte- tijdsduur	eenheid
laden splijtbak door 19 auto's, 1000ton a 600ton/uur	1,67	uur
varen met splijtbak geladen 3 km a 3,9 knopen	0,42	uur
positioneren	0,10	uur
lossen splijtbak	0,15	uur
varen met leeg splijtbak 3 km a 5 knopen	0,32	uur
afmeren splijtbak in haven	0,20	uur

transport met splijtbak

2,86 uur

bruto produktie splijtbak:

349,65 ton/uur

### Onwerkbaar dagen per periode

#### oktober–november (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	75%	126,0 uur/wk
		—
werkbaartijd		42,0 uur/wk
technisch verlet	25%	10,5 uur/wk
		—
effectieve tijd		31,5 uur/wk

onwerkbaartijd 81,3%  
onwerkbaar dagen 50 dagen

#### maart–april (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	49%	83,0 uur/wk
		—
werkbaartijd		85,0 uur/wk
technisch verlet	25%	21,2 uur/wk
		—
effectieve tijd		63,7 uur/wk

onwerkbaartijd 62,1%

#### december–februari (90 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	19%	32,6 uur/wk
		—
werkbaartijd		135,4 uur/wk
technisch verlet	25%	33,9 uur/wk
		—
effectieve tijd		101,6 uur/wk

onwerkbaartijd 39,5%  
onwerkbaar dagen 36 dagen

Transport en lossen met splijtbak

Cyclus per splijtbak

	snelle tijdsduur	verwachte tijdsduur	langzame tijdsduur	beta verdeling		eenheid
				verwach- tingswaarde	standaard- afwijking	
laden splijtbak door 19 auto's. 1000ton a 600ton/uur	1,50	1,67	2,00	1,70	0,08	uur
varen met splijtbak geladen 3 km a 3,9 knopen	0,38	0,42	0,50	0,43	0,02	uur
positioneren	0,09	0,10	0,15	0,11	0,01	uur
lossen splijtbak	0,10	0,15	0,30	0,17	0,03	uur
varen met leeg splijtbak 3 km a 5 knopen	0,30	0,32	0,42	0,33	0,02	uur
afmeren splijtbak in haven	0,17	0,20	0,25	0,20	0,01	uur

transport met splijtbak  
bruto produktie splijtbak:

2,93	0,10	uur
340,91	11,11	ton/uur

### Storten breuksteen met zijlosser

Te gebruiken voor:

- fracties < 6 ton
- storten onderwatergedeelte

### Laden van breuksteen op vrachtwagen met shovel in groeve

Bak shovel = 6,15 ton, niet altijd vol ==>  $0,75 \cdot 6,15 = 4,61$  ton  
Vrachtwagen niet altijd tot maximum geladen bij wegrijden, ==>  $0,95 \cdot 25 =$

23,75 ton

#### Cyclus per vrachtwagen

5 \* rijden van shovel  
verwisselen van vrachtwagen

verwachte - tijdsduur	eenheid
6,00	min
2,00	min

laden vrachtauto door shovel:  
bruto productie shovel:

8 min  
178 ton/uur

### Transport met vrachtwagens en lossen op zijlosser

#### Cyclus per vrachtwagen

laden van vrachtauto  
rijden vol 5 km a 15 km/uur  
lossen op haventerrein  
rijden leeg 5 km a 25 km/uur

verwachte - tijdsduur	eenheid
8,00	min
20,00	min
3,00	min
12,00	min

transport met vrachtauto  
bruto productie vrachtwagen:

43 min  
33 ton/uur

### Transport en lossen met zijlosser

#### Cyclus per zijlosser

laden zijlosser kant 1 door 2 shovels, 700ton a 400ton/uur  
omwaaien zijlosser  
laden zijlosser kant 2 door 2 shovels, 700ton a 400ton/uur  
varen met zijlosser geladen 3 km a 4,5 knopen  
positioneren  
lossen zijlosser  
varen met leeg zijlosser 3 km a 7 knopen  
afmeren zijlosser in haven

verwachte - tijdsduur	eenheid
1,75	uur
0,15	uur
1,75	uur
0,36	uur
0,20	uur
0,67	uur
0,23	uur
0,10	uur

transport met zijlosser  
bruto productie zijlosser:

5,21 uur  
268,71 ton/uur

### Onwerkbare dagen per periode

#### oktober-november (61 dagen)

dienstdag		168,0 uur/wk
weerverlet	57%	95,3 uur/wk
		—
werkbare tijd		72,7 uur/wk
technisch verlet	25%	18,2 uur/wk
		—
effectieve tijd		54,5 uur/wk

onwerkbaar tijd 67,5%  
onwerkbare dagen 41

#### maart-april (61 dagen)

dienstdag		168,0 uur/wk
weerverlet	32%	53,8 uur/wk
		—
werkbare tijd		114,2 uur/wk
technisch v	25%	28,6 uur/wk
		—
effectieve tijd		85,7 uur/wk

onwerkbaar tijd 49,0%  
onwerkbare dagen 30

#### december-februari (90 dagen)

dienstdag		168,0 uur/wk
weerverlet	8%	13,4 uur/wk
		—
werkbare tijd		154,6 uur/wk
technisch verlet	25%	38,6 uur/wk
		—
effectieve tijd		115,9 uur/wk

onwerkbaar tijd 31,0%  
onwerkbare dagen 28

Transport en lossen met zijlosser:

Cyclis per zijlosser	snelle tijdsduur	verwachte tijdsduur	langzame tijdsduur	beta verdeling		eenheid
				verwach- tingswaarde	standaard- afwijking	
laden zijlosser kant 1 door 2 shovels, 1000ton a 400ton/uur	1,70	1,75	1,90	1,77	0,03	uur
omzwaaien zijlosser	0,1	0,15	0,2	0,15	0,02	uur
laden zijlosser kant 2 door 2 shovels, 1000ton a 400ton/uur	1,7	1,75	1,9	1,77	0,03	uur
varen met zijlosser geladen 3 km a 4,5 knopen	0,34	0,36	0,45	0,37	0,02	uur
positioneren	0,15	0,20	0,25	0,20	0,02	uur
lossen zijlosser	0,60	0,67	0,75	0,67	0,03	uur
varen met leeg zijlosser 3 km a 7 knopen	0,20	0,23	0,30	0,24	0,02	uur
afmeren zijlosser in haven	0,05	0,10	0,13	0,10	0,01	uur
transport met zijlosser				5,26	0,05	uur
bruto productie zijlosser:				266,13	2,68	ton/uur



### Storten breuksteen met kraan

Te gebruiken voor:

- alle fracties
- storten gedeelte bovenwater

### Laden van breuksteen op vrachtwagen met shovel in groeve

Bak shovel = 6,15 ton, niet altijd vol ==>  $0,75 \cdot 6,15 = 4,61$  ton

Vrachtwagen niet altijd tot maximum geladen bij wegrijden, ==>  $0,95 \cdot 25 = 23,75$  ton

Cyclus per vrachtwagen	verwachte- tijdsduur	eenheid
5 * rijden van shovel	6,00	min
verwisselen van vrachtwagen	2,00	min

laden vrachtauto door shovel: 8 min  
bruto productie shovel: 178 ton/uur

### Transport met vrachtwagens en lossen op ponton

Cyclus per vrachtwagen	verwachte- tijdsduur	eenheid
laden van vrachtauto	8,00	min
rijden vol 5 km a 15 km/uur	20,00	min
op pontonrijden + kiepen	3,00	min
rijden leeg 5 km a 25 km/uur	12,00	min

transport met vrachtauto 43,00 min  
bruto productie vrachtwagen: 33,14 ton/uur

### Transport met ponton, lossen met kraan die op de golfbreker staat

Cyclus per ponton	verwachte tijdsduur	eenheid
laden ponton door 7 vrachtauto's, 4300ton a 7*33 ton/uur	18,78	uur
varen met ponton geladen 3 km a 2,5 knopen	0,65	uur
afmeren ponton	0,30	uur
lossen ponton door 1 kraan a 200 ton/uur	21,50	uur
loskoppelen ponton	0,10	uur
varen met leeg ponton 3 km a 3,5 knopen	0,46	uur
afmeren ponton in haven	0,20	uur

transport met ponton 41,99 uur  
bruto productie ponton: 102,41 ton/uur

### Onwerkbare dagen per periode

#### oktober-november (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	18%	30,7 uur/wk
		—
werkbaretijd		137,3 uur/wk
technisch verlet	25%	34,3 uur/wk
		—
effectieve tijd		102,9 uur/wk

onwerkbare tijd 38,7%  
onwerkbare dagen 24 dagen

#### maart-april (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	9%	15,5 uur/wk
		—
werkbaretijd		152,5 uur/wk
technisch verlet	25%	38,1 uur/wk
		—
effectieve tijd		114,4 uur/wk

onwerkbare tijd 31,9%  
onwerkbare dagen 19 dagen

#### december-februari (90 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	4%	6,2 uur/wk
		—
werkbaretijd		161,8 uur/wk
technisch verlet	25%	40,4 uur/wk
		—
effectieve tijd		121,3 uur/wk

onwerkbare tijd 27,8%  
onwerkbare dagen 25 dagen

Transport met ponton, lossen met kraan die op de golfbreker staat:

Kraan 50 cyclie per uur a 8 ton/cyclus, bak niet altijd vol ==>  $0,75 * 8 = 6$  ton

Cyclus per ponton	snelle tijdsduur	verwachte tijdsduur	langzame tijdsduur	beta verdeling		eenheid
				verwach- tingswaarde	standaard- afwijking	
laden ponton door 7 auto's, 4300ton a 7*33 ton/uur	16,00	18,78	24,00	19,19	1,33	uur
varen met ponton geladen 3 km a 2,5 knopen	0,50	0,65	0,80	0,65	0,05	uur
afmeren ponton	0,20	0,30	0,40	0,30	0,03	uur
lossen ponton door 1 kraan2 shovels a 2 * 200ton/uur	19,00	21,50	24,00	21,50	0,83	uur
loskoppelen ponton	0,09	0,10	0,15	0,11	0,01	uur
varen met leeg ponton 3 km a 3,5 knopen	0,40	0,46	0,55	0,47	0,03	uur
afmeren ponton in haven	0,17	0,20	0,25	0,20	0,01	uur

transport met ponton  
bruto produktie ponton:

42,41	1,57	uur
101,39	3,76	ton/uur

### Plaatsen tetrapods met kraan

Te gebruiken voor:

- tetrapods buitentalud
- tetrapods onder en bovenwater

Bij de prijs van tetrapods,  $f_{200} = m^3 \cdot 6,81 m^3 = 1.362 f/tp$  is levering in haven inbegrepen.

### Laden van ttp met shovel op ponton

- ongeveer 20 tetrapods/uur

Aantal tetrapods op ponton

via gewicht:

1 ttp weegt 16 ton  
max draagvermogen ponton 4500 ton  
maximaal:  $4500/16t = 281 \text{ stk}$

via dek-ruimte:

$68 \cdot 18 = 1224 \text{ m}^2$   
benodigde ruimte voor 1 ttp =  $9,3 \text{ m}^2$   
maximaal:  $1224/9,3 = 132 \text{ ttp}$

Dus de dekruiimte is maatgevend

### Transport met ponton en lossen met kraan die op de golfbreker staat

#### Cyclus per ponton

laden ttp door 1 kraan, 132 ttp a 15 ttp/uur  
varen met ponton geladen 3 km a 2,5 knopen  
afmeren bij golfbreker  
lossen ponton door kraan op golfbreker a 12 ttp/uur  
loskoppelen ponton  
varen met leeg ponton 3 km a 3,5 knopen  
afmeren ponton in haven

verwachte- tijdsduur	eenheid
8,80	uur
0,65	uur
0,25	uur
11,00	uur
0,25	uur
0,46	uur
0,20	uur

cyclustijd  
bruto produktie

21,61 uur  
6,11 ttp/uur

### Onwerkbaar dagen per periode

#### oktober – november (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	18%	30,7 uur/wk
		—
werkbaar tijd		137,3 uur/wk
technisch v	25%	34,3 uur/wk
		—
effectieve tijd		102,9 uur/wk

onwerkbaar tijd 38,7%  
onwerkbaar dagen 24

#### december – februari (90 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	4%	6,2 uur/wk
		—
werkbaar tijd		161,8 uur/wk
technisch v	25%	40,4 uur/wk
		—
effectieve tijd		121,3 uur/wk

onwerkbaar tijd 27,8%  
onwerkbaar dagen 25

#### maart – april (61 dagen)

diensttijd		168,0 uur/wk
weerverlet	9%	15,5 uur/wk
		—
werkbaar tijd		152,5 uur/wk
technisch v	25%	38,1 uur/wk
		—
effectieve tijd		114,4 uur/wk

onwerkbaar tijd 31,9%  
onwerkbaar dagen 19

Transport met ponton en lossen met kraan die op de golfbreker staat:

Cyclustijd	beta verdeling			eenheid
	snelle tijdsduur	verwachte tijdsduur	langzame tijdsduur	
laden ttp door 2 shovels, 132 ttp a 40 ttp/uur	7,00	8,80	11,00	uur
varen met ponton geladen 3 km a 2,5 knopen	0,50	0,65	0,75	uur
afmeren bij golfbreker	0,15	0,25	0,40	uur
lossen ponton door kraan op golfbreker a 12 ttp/uur	10,00	11,00	12,50	uur
loskoppelen ponton	0,15	0,25	0,30	uur
varen met leeg ponton 3 km a 3,5 knopen	0,40	0,46	0,60	uur
afmeren ponton in haven	0,15	0,20	0,30	uur
cyclustijd	21,77	0,79	uur	
bruto produktie	6,06	0,22	ttp/uur	

## **BIJLAGE: 7.2**

### **Materieelkosten**



## 1. Shovel

Gebruiken voor:

- laden vrachtwagens in de groeve
- overboord duwen lading vanaf ponton

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	145,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW
- draaicoefficiënt	65,00 %
- brandstofverbruik	3.879,33 l/wk
- nuttig laadvermogen	6,15 ton
- waardenorm NIVAG	298.500,00 f

### KOSTEN VOLGENS NIVAG

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,780 %/wk	298.500,00 f	2.328 f/wk
- Onderhoud en reparatie	1,754 %/wk	298.500,00 f	5.237 f/wk
- Brandstof	3879,330 l/wk	0,46 f	1.784 f/wk
- Smeermiddelen	116,380 l/wk	4,5 f	524 f/wk
- Lonen	2,000 pers	130,00 f	260 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	298.500,00 f	172 f/wk
- Banden	1,000 /wk	1500,00 f	1.500 f/wk
			+
			11.805 f/wk

### Technische gegevens: lage schatting

- vermogen	145,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW
- draaicoefficiënt	60,00 %
- brandstofverbruik	3.361,68 l/wk
- nuttig laadvermogen	6,15 ton
- waardenorm	290.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,700 %/wk	290.000,00 f	2.030 f/wk
- Onderhoud en reparatie	1,600 %/wk	290.000,00 f	4.640 f/wk
- Brandstof	3361,680 l/wk	0,46 f	1.546 f/wk
- Smeermiddelen	100,850 l/wk	4,5 f	454 f/wk
- Lonen	2,000 pers	100,00 f	200 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	290.000,00 f	167 f/wk
- Banden	1,000 /wk	0,00 f	0 f/wk
			+
			9.038 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	145,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW
- draaicoefficiënt	70,00 %
- brandstofverbruik	4.604,04 l/wk
- nuttig laadvermogen	6,15 ton
- waardenorm	310.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,900 %/wk	310.000,00 f	2.790 f/wk
- Onderhoud en reparatie	2,000 %/wk	310.000,00 f	6.200 f/wk
- Brandstof	4604,040 l/wk	0,69 f	3.177 f/wk
- Smeermiddelen	138,121 l/wk	6,5 f	898 f/wk
- Lonen	2,000 pers	200,00 f	400 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	310.000,00 f	179 f/wk
- Banden	1,000 /wk	2000,00 f	2.000 f/wk
			+
			15.643 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f9.038	f11.805	f15.643	f11.984	f1.101	0,092

## 2. Vrachtwagen

Gebruiken voor:

- transport breuksteen over openbareweg
- eventueel dumpen op ponton, dus met kip-bak

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	185,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW
- draaicoëfficiënt	65,00 %
- brandstofverbruik	4.949,49 l/wk
- nuttig laadvermogen	25,00 ton
- waardenorm NIVAG	361.000,00 f

### KOSTEN VOLGENS NIVAG

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,780 %/wk	361.000,00 f	2.816 f/wk
- Onderhoud en reparatie	1,854 %/wk	361.000,00 f	6.691 f/wk
- Brandstof	4.949,490 l/wk	0,46 f	2.277 f/wk
- Smeermiddelen	148,485 l/wk	4,50 f	668 f/wk
- Lonen	1,000 pers	150,00 f	150 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	361.000,00 f	208 f/wk
			+
			12.811 f/wk

### Technische gegevens: lage schatting

- vermogen	185,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW
- draaicoëfficiënt	60,00 %
- brandstofverbruik	4.289,04 l/wk
- nuttig laadvermogen	25,00 ton
- waardenorm	350.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,700 %/wk	350.000,00 f	2.450 f/wk
- Onderhoud en reparatie	1,600 %/wk	350.000,00 f	5.600 f/wk
- Brandstof	4.289,040 l/wk	0,46 f	1.973 f/wk
- Smeermiddelen	128,671 l/wk	4,50 f	579 f/wk
- Lonen	1,000 pers	130,00 f	130 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	350.000,00 f	202 f/wk
			+
			10.934 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	185,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW
- draaicoëfficiënt	70,00 %
- brandstofverbruik	5.874,12 l/wk
- nuttig laadvermogen	25,00 ton
- waardenorm	370.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,900 %/wk	370.000,00 f	3.330 f/wk
- Onderhoud en reparatie	2,000 %/wk	370.000,00 f	7.400 f/wk
- Brandstof	5.874,120 l/wk	0,69 f	4.053 f/wk
- Smeermiddelen	176,224 l/wk	6,50 f	1.145 f/wk
- Lonen	1,000 pers	180,00 f	180 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	370.000,00 f	213 f/wk
			+
			16.322 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f10.934	f12.811	f16.322	f13.083	f898	0,069



### 3. Ponton, (KORSOR)

Gebruiken voor:

- dumpen van breuksteen
- aanvoeren van materiaal voor kraan op golfbreker

#### Technische gegevens: reële schatting

- nuttig laadvermogen 4.300,00 ton
- waardenorm NIVAG 2.972.500,00 f

#### KOSTEN VOLGENS NIVAG

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,435 %/wk	2.972.500,00 f	12.925 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,400 %/wk	2.972.500,00 f	11.883 f/wk
- Lonen	5,000 pers	150,00 f	750 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	2.972.500,00 f	1.715 f/wk
			+
			27.273 f/wk

#### Technische gegevens: lage schatting

- nuttig laadvermogen 4.300,00 ton
- waardenorm 2.950.000,00 f

#### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,400 %/wk	2.950.000,00 f	11.800 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,350 %/wk	2.950.000,00 f	10.325 f/wk
- Lonen	5,000 pers	130,00 f	650 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	2.950.000,00 f	1.702 f/wk
			+
			24.477 f/wk

#### Technische gegevens: hoge schatting

- nuttig laadvermogen 4.300,00 ton
- waardenorm 3.000.000,00 f

#### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,480 %/wk	3.000.000,00 f	14.400 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,440 %/wk	3.000.000,00 f	13.200 f/wk
- Lonen	5,000 pers	180,00 f	900 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	3.000.000,00 f	1.731 f/wk
			+
			30.231 f/wk

#### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f24.477	f27.273	f30.231	f27.300	f959	0,035

#### 4. Landkraan, (Manitowoc 4100W)

Gebruiken voor:

- laden van grote blokken in groeve op vrachtwagens
- laden van zijlosser, splijtbak, ponton in haven
- plaatsen van blokken op de golfbreker

#### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	268,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW
- draaicoefficiënt	65,00 %
- brandstofverbruik	7.170,07 l/wk
- waardenorm	1.750.000,00 f

#### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,510 %/wk	1.750.000,00 f	8.925 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,592 %/wk	1.750.000,00 f	10.365 f/wk
- Brandstof	7.170,072 l/wk	0,46 f	3.298 f/wk
- Smeermiddelen	143,401 l/wk	4,5 f	645 f/wk
- Lonen	2,000 pers	4.650,00 f	9.300 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.750.000,00 f	1.010 f/wk
			+
			33.543 f/wk

#### Technische gegevens: lage schatting

- vermogen	268,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW
- draaicoefficiënt	60,00 %
- brandstofverbruik	6.213,31 l/wk
- waardenorm	1.700.000,00 f

#### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,400 %/wk	1.700.000,00 f/wk	6.800 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,500 %/wk	1.700.000,00 f/wk	8.500 f/wk
- Brandstof	6.213,312 l/wk	0,46 f/wk	2.858 f/wk
- Smeermiddelen	124,266 l/wk	4,5 f/wk	559 f/wk
- Lonen	2,000 pers	4.000,00 f/wk	8.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.700.000,00 f/wk	981 f/wk
			+
			27.698 f/wk

#### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	268,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW
- draaicoefficiënt	70,00 %
- brandstofverbruik	8.509,54 l/wk
- waardenorm	1.800.000,00 f

#### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,600 %/wk	1.800.000,00 f/wk	10.800 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,700 %/wk	1.800.000,00 f/wk	12.600 f/wk
- Brandstof	8.509,536 l/wk	0,69 f/wk	5.872 f/wk
- Smeermiddelen	170,191 l/wk	6,5 f/wk	1.106 f/wk
- Lonen	2,000 pers	5.000,00 f/wk	10.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.800.000,00 f/wk	1.038 f/wk
			+
			41.416 f/wk

#### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f27.698	f33.543	f41.416	f33.881	f2.286	0,067

## 5. Splitsbak, (NOVIOMAGUM 669)

Gebruiken voor:

- dumpen van kernmateriaal

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	514,00 kW	(2*257kW geïnstalleerd)
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW	
- draaicoëfficiënt	65,00 %	
- brandstofverbruik	13.751,56 l/wk	
- waardenorm	3.900.000,00 f	
- nuttig laadvermogen	1000 ton	

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,369 %/wk	3.900.000,00 f/wk	14.391 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,195 %/wk	3.900.000,00 f/wk	7.605 f/wk
- Brandstof	13.751,556 l/wk	0,46 f/wk	6.326 f/wk
- Smeermiddelen	275,031 l/wk	4,5 f/wk	1.238 f/wk
- Lonen	3,000 pers	4.800,00 f/wk	14.400 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	3.900.000,00 f/wk	2.250 f/wk
			+
			46.209 f/wk

### Technische gegevens: lage schatting

- vermogen	514,00 kW	(2*257kW geïnstalleerd)
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW	
- draaicoëfficiënt	60,00 %	
- brandstofverbruik	11.916,58 l/wk	
- waardenorm	3.850.000,00 f	

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,300 %/wk	3.850.000,00 f/wk	11.550 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,150 %/wk	3.850.000,00 f/wk	5.775 f/wk
- Brandstof	11.916,576 l/wk	0,46 f/wk	5.482 f/wk
- Smeermiddelen	238,332 l/wk	4,5 f/wk	1.072 f/wk
- Lonen	3,000 pers	4.000,00 f/wk	12.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	3.850.000,00 f/wk	2.221 f/wk
			+
			38.100 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	514,00 kW	(2*257kW geïnstalleerd)
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW	
- draaicoëfficiënt	70,00 %	
- brandstofverbruik	16.320,53 l/wk	
- waardenorm	3.950.000,00 f	

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,420 %/wk	3.950.000,00 f/wk	16.590 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,250 %/wk	3.950.000,00 f/wk	9.875 f/wk
- Brandstof	16.320,528 l/wk	0,69 f/wk	11.261 f/wk
- Smeermiddelen	326,411 l/wk	6,5 f/wk	2.122 f/wk
- Lonen	3,000 pers	5.500,00 f/wk	16.500 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	3.950.000,00 f/wk	2.279 f/wk
			+
			58.627 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variaticoefficiënt
f38.100	f46.209	f58.627	f46.927	f3.421	0,073

## 6. Zijlosser, (TAURUS)

Gebruiken voor:

- dumpen van breuksteen

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	1.234,00 kW	(4*736kW geïnstalleerd)
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW	
- draaicoëfficiënt	65,00 %	
- brandstofverbruik	33.014,44 l/wk	
- waardenorm	12.000.000,00 f	
- nuttig laadvermogen	1400 ton	

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,480 %/wk	12.000.000,00 f	57.600 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,195 %/wk	12.000.000,00 f	23.400 f/wk
- Brandstof	33.014,436 l/wk	0,46 f	15.187 f/wk
- Smeermiddelen	660,28872 l/wk	4,5 f	2.971 f/wk
- Lonen	5,000 pers	4.000,00 f	20.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	12.000.000,00 f	6.923 f/wk
			+
			126.081 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	1.234,00 kW	(4*736kW geïnstalleerd)
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW	
- draaicoëfficiënt	60,00 %	
- brandstofverbruik	28.609,06 l/wk	
- waardenorm	11.500.000,00 f	

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,400 %/wk	11.500.000,00 f	46.000 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,150 %/wk	11.500.000,00 f	17.250 f/wk
- Brandstof	28.609,056 l/wk	0,46 f	13.160 f/wk
- Smeermiddelen	572,18112 l/wk	4,5 f	2.575 f/wk
- Lonen	5,000 pers	3.500,00 f	17.500 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	11.500.000,00 f	6.635 f/wk
			+
			103.120 f/wk

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	1.234,00 kW	(4*736kW geïnstalleerd)
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW	
- draaicoëfficiënt	70,00 %	
- brandstofverbruik	39.181,97 l/wk	
- waardenorm	12.500.000,00 f	

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,550 %/wk	12.500.000,00 f	68.750 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,250 %/wk	12.500.000,00 f	31.250 f/wk
- Brandstof	39.181,968 l/wk	0,69 f	27.036 f/wk
- Smeermiddelen	783,63936 l/wk	6,5 f	5.094 f/wk
- Lonen	5,000 pers	4.000,00 f	20.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	12.500.000,00 f	7.212 f/wk
			+
			159.341 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f103.120	f126.081	f159.341	f127.797	f9.370	0,073

## 7. Positionerings ponton (Zeepaard)

Gebruiken voor:

- Positioneren van ponton tijdens storten

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	125,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW
- draaicoëfficiënt	65,00 %
- brandstofverbruik	3.344,25 l/wk
- waardenorm	1.550.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,480 %/wk	1.550.000,00 f	7.440 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,195 %/wk	1.550.000,00 f	3.023 f/wk
- Brandstof	3.344,250 l/wk	0,46 f	1.538 f/wk
- Smeermiddelen	66,885 l/wk	4,5 f	301 f/wk
- Lonen	4,000 pers	4.000,00 f	16.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.550.000,00 f	894 f/wk
			+
			29.196 f/wk

### Technische gegevens: lage schatting

- vermogen	125,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW
- draaicoëfficiënt	60,00 %
- brandstofverbruik	2.898,00 l/wk
- waardenorm	1.500.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,400 %/wk	1.500.000,00 f	6.000 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,150 %/wk	1.500.000,00 f	2.250 f/wk
- Brandstof	2.898,000 l/wk	0,46 f	1.333 f/wk
- Smeermiddelen	57,96 l/wk	4,5 f	261 f/wk
- Lonen	4,000 pers	3.500,00 f	14.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.500.000,00 f	865 f/wk
			+
			24.709 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	125,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW
- draaicoëfficiënt	70,00 %
- brandstofverbruik	3.969,00 l/wk
- waardenorm	1.600.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,550 %/wk	1.600.000,00 f	8.800 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,250 %/wk	1.600.000,00 f	4.000 f/wk
- Brandstof	3.969,000 l/wk	0,69 f	2.739 f/wk
- Smeermiddelen	79,38 l/wk	6,5 f	516 f/wk
- Lonen	4,000 pers	4.500,00 f	18.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.600.000,00 f	923 f/wk
			+
			34.978 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f24.709	f29.196	f34.978	f29.412	f1.711	0,058

## 8. Sleepboot (Boegseerboot: Karl)

Gebruiken voor:

- Duwen van ponton als KORSOR

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	1.730,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW
- draaicoëfficiënt	65,00 %
- brandstofverbruik	46.284,42 l/wk
- waardenorm	2.450.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,480 %/wk	2.450.000,00 f	11.760 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,195 %/wk	2.450.000,00 f	4.778 f/wk
- Brandstof	46.284,420 l/wk	0,46 f	21.291 f/wk
- Smeermiddelen	925,6884 l/wk	4,5 f	4.166 f/wk
- Lonen	2,000 pers	4.000,00 f	8.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	2.450.000,00 f	1.413 f/wk
			+
			51.407 f/wk

### Technische gegevens: lage schatting

- vermogen	1.730,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW
- draaicoëfficiënt	60,00 %
- brandstofverbruik	40.108,32 l/wk
- waardenorm	2.400.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,430 %/wk	2.400.000,00 f	10.320 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,150 %/wk	2.400.000,00 f	3.600 f/wk
- Brandstof	40.108,320 l/wk	0,46 f	18.450 f/wk
- Smeermiddelen	802,1664 l/wk	4,5 f	3.610 f/wk
- Lonen	2,000 pers	3.500,00 f	7.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	2.400.000,00 f	1.385 f/wk
			+
			44.364 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	1.730,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW
- draaicoëfficiënt	70,00 %
- brandstofverbruik	54.930,96 l/wk
- waardenorm	2.500.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,530 %/wk	2.500.000,00 f	13.250 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,250 %/wk	2.500.000,00 f	6.250 f/wk
- Brandstof	54.930,960 l/wk	0,69 f	37.902 f/wk
- Smeermiddelen	1098,6192 l/wk	6,5 f	7.141 f/wk
- Lonen	2,000 pers	4.500,00 f	9.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	2.500.000,00 f	1.442 f/wk
			+
			74.986 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f44.364	f51.407	f74.986	f54.163	f5.104	0,094

## 9. Surveyboot (inclusief survey apparatuur)

Gebruiken voor:

- Survey tijdens de uitvoering

### Technische gegevens: reële schatting

- vermogen	400,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,25 l/kW
- draaicoëfficiënt	65,00 %
- brandstofverbruik	10.701,60 l/wk
- waardenorm	1.900.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,480 %/wk	1.900.000,00 f	f9.120 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,195 %/wk	1.900.000,00 f	f3.705 f/wk
- Brandstof	10.701,600 l/wk	0,46 f	f4.923 f/wk
- Smeermiddelen	214,032 l/wk	4,5 f	f963 f/wk
- Lonen	3,000 pers	4.000,00 f	f12.000 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.900.000,00 f	f1.096 f/wk
			+
			f31.807 f/wk

### Technische gegevens: lage schatting

- vermogen	400,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,23 l/kW
- draaicoëfficiënt	60,00 %
- brandstofverbruik	9.273,60 l/wk
- waardenorm	1.850.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,430 %/wk	1.850.000,00 f	f7.955 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,150 %/wk	1.850.000,00 f	f2.775 f/wk
- Brandstof	9.273,600 l/wk	0,46 f	f4.266 f/wk
- Smeermiddelen	185,472 l/wk	4,5 f	f835 f/wk
- Lonen	3,000 pers	3.500,00 f	f10.500 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.850.000,00 f	f1.067 f/wk
			+
			f27.398 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- vermogen	400,00 kW
- specifiek brandstofverbruik	0,27 l/kW
- draaicoëfficiënt	70,00 %
- brandstofverbruik	12.700,80 l/wk
- waardenorm	1.950.000,00 f

### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,480 %/wk	1.950.000,00 f	f9.360 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,250 %/wk	1.950.000,00 f	f4.875 f/wk
- Brandstof	12.700,800 l/wk	0,69 f	f8.764 f/wk
- Smeermiddelen	254,016 l/wk	6,5 f	f1.651 f/wk
- Lonen	3,000 pers	4.500,00 f	f13.500 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	1.950.000,00 f	f1.125 f/wk
			+
			f39.275 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f27.398	f31.807	f39.275	f32.317	f1.979	0,061



## 10. Laad-Ponton

Gebruiken voor:

- laden van zijlosser

### Technische gegevens: reële schatting

- nuttig laadvermogen (33\*12m) 650,00 ton
- waardenorm NIVAG 370.000,00 f

#### KOSTEN VOLGENS NIVAG

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,435 %/wk	370.000,00 f	1.610 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,400 %/wk	370.000,00 f	1.480 f/wk
- Lonen	0,000 pers	150,00 f	0 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	370.000,00 f	215 f/wk
			+
			3.304 f/wk

### Technische gegevens: lage schatting

- nuttig laadvermogen 650,00 ton
- waardenorm 350.000,00 f

#### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,400 %/wk	350.000,00 f	1.400 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,350 %/wk	350.000,00 f	1.225 f/wk
- Lonen	0,000 pers	130,00 f	0 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	350.000,00 f	202 f/wk
			+
			2.827 f/wk

### Technische gegevens: hoge schatting

- nuttig laadvermogen 650,00 ton
- waardenorm 400.000,00 f

#### KOSTEN

Omschrijving	hoeveelheid	prijs	totaal
- Afschrijving en rente	0,480 %/wk	400.000,00 f	1.920 f/wk
- Onderhoud en reparatie	0,440 %/wk	400.000,00 f	1.760 f/wk
- Lonen	5,000 pers	180,00 f	900 f/wk
- Verzekering	0,058 %/wk	400.000,00 f	231 f/wk
			+
			4.811 f/wk

### Resume

lage schatting	reële schatting	hoge schatting	beta-verdeling		
			verwachtingswaarde	standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
f2.827	f3.304	f4.811	f3.476	f331	0,095



## **BIJLAGE: 8.1**

### **Optimaliseringsmodel voor materieelinzet**



## Toelichting

### De variabelen

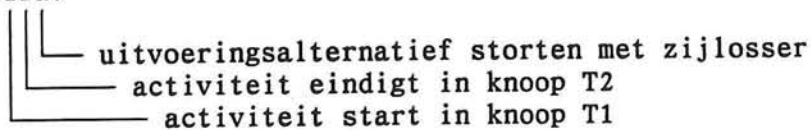
Alle beslisvariabelen, die bepalen of materieel wel of niet wordt ingezet, beginnen met de letter y. Daarna volgt het knoopnummer waar de betreffende activiteit start, overeenkomstig het netwerk uit figuur 8.7. Het tweede getal geeft het knoopnummer aan waar de activiteit eindigt.

Daarna komt de code voor het uitvoeringsalternatief:

- a1 = storten met ponton
- a2 = storten met splijtbak
- a3 = storten met zijlosser
- a4 = storten/plaatsen met een kraan

Voorbeeld:

y12a3

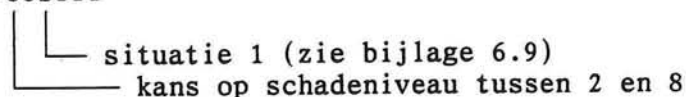


De knopen uit het netwerk van figuur 8.2, die de verbindingen tussen de verschillende activiteiten voorstellen beginnen met een T gevolgd door het knoopnummer (analoog aan de codering in figuur 8.1).

De variabelen die de kans op schade in een bepaalde situatie weergegeven beginnen met de letter P gevolgd door het gemiddelde schade niveau, bijvoorbeeld S5 voor  $P(2 < S < 8)$ . Daarna volgt de situatie waarbij de kans hoort, overeenkomstig met bijlage 6.9, voor situatie 1 volgt SIT1.

Voorbeeld:

P55SIT1



### Declaratie van beslisvariabelen

De eerste regels van het model beginnen met declaraties van alle beslisvariabelen, omdat deze alleen integer waarden aan mogen nemen.

Voor activiteit 1 (y12) is hierin de volgende regel opgenomen:

\$ integer y12a3, y12a4,

Activiteit 1 mag alleen met een zijlosser of een kraan worden uitgevoerd, niet met een splijtbak of een ponton omdat dan de gewenste stortnauwkeurigheid niet gehaald kan worden.

### Doelfunctie

Na de declaraties start de doelfunctie. Het eerste deel van de doelfunctie bestaat uit de directe materieel kosten zoals weergegeven in tabel 8.3.

Voor activiteit 1 staat hier:

min + 25903 y12a3 + 29404 y12a4

Daarna volgt de gekapitaliseerde kans op schade tijdens de uitvoering. De kans van optreden, welke afhankelijk is van de tijdsduur, wordt vermenig-

vuldigd met de kosten uit tabel 8.4 en 8.5.

Het laatste deel van de objectfunctie bestaat uit de indirecte kosten die lineair met de tijdsduur worden verondersteld. Hier worden de kosten per week vermenigvuldigd met de uitvoeringsduur, knoop T22.

#### *Randvoorwaarden*

Per activiteit wordt hier opgesomd welke tijdsduur een bepaalde uitvoeringswijze tot gevolg heeft.

Door de regels:

$$T1 + 0.08 y12a3 + 0.10 y12a4 - T2 \leq 0;$$

$$y12a3 + y12a4 = 1;$$

wordt aangegeven dat activiteit 1, tussen knoop T1 en T2, uitgevoerd kan worden met een zijlosser in 0,08 weken of met een kraan in 0,10 weken. Omdat de variabelen  $y12a3$  en  $y12a4$  alleen integere waarden kunnen hebben wordt door de volgende regel gezorgd dat een van de twee variabelen nul is en de andere een waarde één.

Wanneer tussen twee knopen geen activiteit plaatsvinden, maar wel een start-finish relatie geldt, kan dit worden aangegeven door te zeggen dat de waarde van de ene knoop groter of gelijk moet zijn aan de waarde van de andere knoop.

Aan het einde van de randvoorwaarden wordt de faalkans berekend aan de hand van de tijdsduur dat een constructie onderdeel niet onbeschermd is.

## Invoer voor het programma PCPROG

{Optimalisering uitvoeringsmethode statisch stabiele golfbreker}  
{Bart Duijvestijn, 25 maart 1995}

```
$DSC {set delimiter symbol to ';' }      {verklaring symbolen}
$integer y12a3, y12a4,                  {y : activiteit}
      y23a1, y23a2, y23a3, y23a4,      {xx: van knoop naar knoop}
      y78a1, y78a2, y78a3, y78a4,      {a1: storten met ponton}
      y17a3, y17a4,                    {a2: storten met splijtbak}
      y34a3, y34a4,                    {a3: storten met zijlosser}
      y911a1, y911a2, y911a3, y911a4, {a4: plaatsen met landkraan}
      y89a3, y89a4,
      y1112a4,
      y45a3, y45a4,
      y56a3, y56a4,
      y1213a4,
      y1314a4,
      y1415a4,
      y1622a4,
      y1917a4,
      y910a3, y910a4,
      y1219a4,
      y1720a4,
      y2122a4,
      y1718a4;
```

{doel functie}

```
MIN {kosten van het ingezette materieel voor een activiteit}
+ 25903 y12a3 + 29404 y12a4
+ 29927 y23a1 + 23699 y23a2 + 31936 y23a3 + 36252 y23a4
+ 35188 y78a1 + 27865 y78a2 + 37550 y78a3 + 42625 y78a4
+ 26773 y17a3 + 30392 y17a4
+ 25903 y34a3 + 29404 y34a4
+ 29606 y911a1 + 23444 y911a2 + 31593 y911a3 + 35863 y911a4
+ 26773 y89a3 + 30392 y89a4
+ 60291 y1112a4
+ 44789 y45a3 + 50842 y45a4
+ 31458 y56a3 + 35710 y56a4
+ 16640 y1213a4
+ 12483 y1314a4
+ 33632 y1415a4
+ 9584 y1622a4
+ 3619 y1917a4
+ 38884 y910a3 + 44140 y910a4
+ 13020 y1219a4
+ 31158 y1720a4
+ 13952 y2122a4
+ 7976 y1718a4
```

{gekapitaliseerde kans op schade tijdens de uitvoering}

```
+ 2980 PS5SIT1 + 5960 PS10SIT1 + 11026 PS18SIT1 {situatie 1}
+ 2980 PS5SIT2 + 5960 PS10SIT2 + 11026 PS18SIT2 {situatie 2}
+ 7799 PS5SIT3 + 15597 PS10SIT3 + 28855 PS18SIT3 {situatie 3}
+ 2980 PS5SIT4 + 5960 PS10SIT4 + 5960 PS18SIT4 {situatie 4}
+ 7799 PS5SIT5 + 15597 PS10SIT5 + 28855 PS18SIT5 {situatie 5}
```

{indirecte kosten}

```
+ 100000 T22;
```

{randvoorwaarden}

{Voorwaarden voor de tijdsduren per activiteit}

$T1 + 0.08 y12a3 + 0.10 y12a4 - T2 \leq 0;$   
 $y12a3 + y12a4 = 1;$

$T2 + 0.08 y23a1 + 0.09 y23a2 + 0.10 y23a3 + 0.13 y23a4 - T3 \leq 0;$   
 $y23a1 + y23a2 + y23a3 + y23a4 = 1;$

$T7 + 0.09 y78a1 + 0.10 y78a2 + 0.12 y78a3 + 0.15 y78a4 - T8 \leq 0;$   
 $y78a1 + y78a2 + y78a3 + y78a4 = 1;$

$T1 + 0.08 y17a3 + 0.11 y17a4 - T7 \leq 0;$   
 $y17a3 + y17a4 = 1;$

$T3 + 0.08 y34a3 + 0.10 y34a4 - T4 \leq 0;$   
 $y34a3 + y34a4 = 1;$

$T9 + 0.08 y911a1 + 0.09 y911a2 + 0.10 y911a3 + 0.13 y911a4 - T11 \leq 0;$   
 $y911a1 + y911a2 + y911a3 + y911a4 = 1;$

$T8 + 0.08 y89a3 + 0.11 y89a4 - T9 \leq 0;$   
 $y89a3 + y89a4 = 1;$

$T11 + 0.21 y1112a4 - T12 \leq 0;$   
 $y1112a4 = 1;$

$T4 + 0.14 y45a3 + 0.18 y45a4 - T5 \leq 0;$   
 $y45a3 + y45a4 = 1;$

$T5 + 0.10 y56a3 + 0.13 y56a4 - T6 \leq 0;$   
 $y56a3 + y56a4 = 1;$

$T12 + 0.06 y1213a4 - T13 \leq 0;$   
 $y1213a4 = 1;$

$T13 + 0.04 y1314a4 - T14 \leq 0;$   
 $y1314a4 = 1;$

$T14 + 0.17 y1415a4 - T15 \leq 0;$   
 $y1415a4 = 1;$

$T16 + 0.05 y1622a4 - T22 \leq 0;$   
 $y1622a4 = 1;$

$T19 + 0.01 y1917a4 - T17 \leq 0;$   
 $y1917a4 = 1;$

$T9 + 0.12 y910a3 + 0.16 y910a4 - T10 \leq 0;$   
 $y910a3 + y910a4 = 1;$

$T12 + 0.05 y1219a4 - T19 \leq 0;$   
 $y1219a4 = 1;$

$T17 + 0.11 y1720a4 - T20 \leq 0;$   
 $y1720a4 = 1;$

$T21 + 0.05 y2122a4 - T22 \leq 0;$   
 $y2122a4 = 1;$

$T17 + 0.04 y1718a4 - T18 \leq 0;$   
 $y1718a4 = 1;$

{dummies}

$T11 \geq T4;$

$T13 \geq T6;$

$T12 \geq T10;$

$T19 \geq T13;$

$T21 \geq T20;$

$T21 \geq T18;$

$T16 \geq T15;$

$T16 \geq T18;$

{Berekening kansen op schade tijdens de bouw}

T5 - T2 = H1; {kans op schadeniveau 2-8(5),8-12(10) en 12-25(18): situatie 1}  
PS5SIT1 = 0.00225 H1;  
PS10SIT1 = 0.00078 H1;  
PS18SIT1 = 0.00101 H1;

T5 - T7 = H2; {kans op schadeniveau 2-8(5),8-12(10) en 12-25(18): situatie 2}  
PS5SIT2 = 0.00933 H2;  
PS10SIT2 = 0.00311 H2;  
PS18SIT2 = 0.00560 H2;

T6 - T5 = H3; {kans op schadeniveau 2-8(5),8-12(10) en 12-25(18): situatie 3}  
PS5SIT3 = 0.00327 H3;  
PS10SIT3 = 0.00074 H3;  
PS18SIT3 = 0.00019 H3;

T13 - T12 = H4; {kans op schadeniveau 2-8(5),8-12(10) en 12-25(18): situatie 4}  
PS5SIT4 = 0.00599 H4;  
PS10SIT4 = 0.00078 H4;  
PS18SIT4 = 0.00066 H4;

T14 - T13 = H5; {kans op schadeniveau 2-8(5),8-12(10) en 12-25(18): situatie 5}  
PS5SIT5 = 0.00039 H5;  
PS10SIT5 = 0.00002 H5;  
PS18SIT5 = 0.00001 H5;





## **BIJLAGE: 8.2**

### **Rekenresultaten optimalisering materieelinzet**



## Reken resulaten

Number of constraints : 68  
Number of variables : 78  
Discrete variables : 36  
Density of A : 3.2617 %  
Translation time : 3.73 sec.

Calculation Time : 6.20 sec.

### Summary of Results

Value Objectfunction : 585932.088 (adapted to minimization)

#### Activity Level

Y12A3	:	1.000
Y12A4	:	0.000
Y23A1	:	0.000
Y23A2	:	1.000
Y23A3	:	0.000
Y23A4	:	0.000
Y78A1	:	0.000
Y78A2	:	1.000
Y78A3	:	0.000
Y78A4	:	0.000
Y17A3	:	1.000
Y17A4	:	0.000
Y34A3	:	1.000
Y34A4	:	0.000
Y911A1	:	0.000
Y911A2	:	1.000
Y911A3	:	0.000
Y911A4	:	0.000
Y89A3	:	1.000
Y89A4	:	0.000
Y1112A4	:	1.000
Y45A3	:	1.000
Y45A4	:	0.000
Y56A3	:	1.000
Y56A4	:	0.000
Y1213A4	:	1.000
Y1314A4	:	1.000
Y1415A4	:	1.000
Y1622A4	:	1.000
Y1917A4	:	1.000
Y910A3	:	1.000
Y910A4	:	0.000
Y1219A4	:	1.000
Y1720A4	:	1.000
Y2122A4	:	1.000
Y1718A4	:	1.000

PS5SIT1	:	0.001
PS10SIT1	:	0.000
PS18SIT1	:	0.000
PS5SIT2	:	0.003
PS10SIT2	:	0.001
PS18SIT2	:	0.002
PS5SIT3	:	0.000
PS10SIT3	:	0.000
PS18SIT3	:	0.000
PS5SIT4	:	0.000
PS10SIT4	:	0.000
PS18SIT4	:	0.000
PS5SIT5	:	0.000
PS10SIT5	:	0.000
PS18SIT5	:	0.000
T22	:	0.880
T1	:	0.000
T2	:	0.080
T3	:	0.170
T7	:	0.080
T8	:	0.180
T4	:	0.250
T9	:	0.260
T11	:	0.350
T12	:	0.560
T5	:	0.390
T6	:	0.490
T13	:	0.620
T14	:	0.660
T15	:	0.830
T16	:	0.830
T19	:	0.620
T17	:	0.630
T10	:	0.380
T20	:	0.740
T21	:	0.740
T18	:	0.670
H1	:	0.310
H2	:	0.310
H3	:	0.100
H4	:	0.060
H5	:	0.040

## **BIJLAGE: 9.1**

### **MATLAB-programma Monte Carlo simulatie begroting**



## Toelichting

De structuur van het hoofdprogramma voor de Monte Carlo simulatie van de begroting is hieronder weergegeven:

voor aantal trekkingen doe
doe en trekking uit de materieelkosten
doe een trekking uit de (tijdgebonden) weekkosten
doe een trekking uit de projectduur
bereken de totale tijdgebonden kosten
$\text{DIRECTE KOSTEN} = \text{materiaalkosten} + \text{materieelkosten} + \text{mobilisatiekosten}$
$\text{indirecte kosten} = 0.125 * \text{directe kosten}$
$\text{PRIMAIRE KOSTEN} = \text{directe kosten} + \text{indirecte kosten}$
$\text{algemene kosten} = 0.065 * \text{primaire kosten}$
$\text{rente \& verz kosten} = 0.025 * \text{primaire kosten}$
$\text{BASISRAMING} = \text{primaire kosten} + \text{algemene kosten} + \text{rente \& verz kosten}$
doe voor alle bouwstadia
doe een trekking uit de verdelingsfunctie van de schade
bepaal bijbehorende extra project duur
bepaal bijbehorende extra materieelkosten
$\text{TOTALE KOSTEN} = \text{basisraming} + \text{kosten risico}$

Op de hierna volgende pagina's is de het programma voor de berekening weergegeven. Voor de berekening van de schade is korthedshalve alleen de code toegevoegd voor het de schade in bouwstadium 1.

```

%MonteCarlo simulatie: BEGROTING CONVENTIONELE GOLFBREKER
%
%
%   Externe functies: kostfu3      ; berekend tijdgebonden kosten rekeninghoudend
%                               met de werkelijke projectduur tijdsduur (incl. zw moesson)
%                               sit1      ; berekend kans op schade in situatie 1
%                               sit2      ; berekend kans op schade in situatie 1
%                               sit3      ; berekend kans op schade in situatie 1
%                               sit4      ; berekend kans op schade in situatie 1
%                               sit5      ; berekend kans op schade in situatie 1
%                               simschd   ; doet een trekking uit verdelingsfunctie schade
%
%Bart Duijvestijn, 20 april 1995

rand('seed',1970); %Bepaal startwaarde voor randomgenerator
clear all;

for i=1:1:200,
    i

    materiaal(1,i)=nrmv(25885318,1517455); %trekking van materiaalkosten
    Kvast=nrmv(949830,44976)/2;           %trekking van weekprijs tijdgebonden kosten
    Kvar =Kvast;
    t=nrmv(75.29,3.92); %trekking van tijdsduur project
    kostfu3;                               %berekening van tijdgebonden kosten
    tbasis(1,i)=t;                         %opslaan werkelijke projecttijd excl. risico

    kstnbasis(1,i)=kstn(i,1);              %bewaren tijdgebondenkosten in basisraming

    mobkost(1,i)=(10000000,1000000);       %mobilisatie kosten

    dirkst(1,i)=materiaal(1,i)+kstn(i,1)+mobkost(1,i); %directe kosten

    indirkst(1,i)=12.5/100*dirkst(1,i);     %indirecte kosten

    primkst(1,i)=dirkst(1,i)+indirkst(1,i); %primaire kosten

    %OVERHEAD KOSTEN

    algkst(1,i)=6.5/100*primkst(1,i);       %algemene kosten
    revkst(1,i)=2.5/100*primkst(1,i);       %rente verliezen + verzekering

    %BASIS RAMING

    baskst(1,i)=primkst(1,i)+algkst(1,i)+revkst(1,i);

    %Risico op schade tijdens de bouw

    Extratijd(1,i)=0; %Extra tijd die nodig is om schade te herstellen
    Hoevlhd(1,i)=0;  %Extra materiaal dat nodig is voor herstel van schade

    sit1; %Trekking uit kans op schade in situatie 1 t/m5
    sit2; %tevens wordt hier de extra tijd en de extra
    sit3; %benodigde hoeveelheid materiaal berekend
    sit4; %die nodig is om eventueel opgetreden schade tijdens de bouw
    sit5; %te herstellen

    t=tbasis(1,i)+Extratijd(1,i);

    if Extratijd(1,i)>0,
        kostfu3;
        trisc(1,i)=t;
        Tgbrisc(1,i)=kstn(i,1)-kstnbasis(1,i); %extra kosten door langere projecttijd
        matkost=nrmv(15.9,0.1);                %trekking materiaalkosten voor herstel
        Matrisc(1,i)=Hoevlhd(1,i)*matkost %extra kosten voor herstel materiaal
    else
        Tgbrisc(1,i)=0;
        Matrisc(1,i)=0;
        trisc(1,i)=t;
    end;

    Totkost(1,i)=baskst(1,i)+Tgbrisc(1,i)+Matrisc(1,i); %totale projectkosten

end;

```



```

%Berekend materieelkosten voor elke periode
%
%Bart Duijvestijn 19 april 1995
tjdstip=[8.71 21.57 30.28 52 60.71 73.57 82.28 104 112.7 125.56];
wbhper1=(1-0.387);
wbhper2=(1-0.278);
wbhper3=(1-0.319);
wbhper4=0;

if (t>=30.28)&(t<52), %1e moesson periode
    t=t-21.72;
end;
if (t>=82.28)&(t<104), % 2e moesson periode
    t=t+21.72;
end;
tjdstip(i,1)=t;
if t<=tjdstip(1,1), %periode oktober-november
    kstn(i,1)=t*wbhper1*Kvar+t*Kvast;
end
if (t>tjdstip(1,1) & t<=tjdstip(1,2)), %periode december-februari
    hlp=tjdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tjdstip(1,1)*Kvast;
    tper=t-tjdstip(1,1);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper2*Kvar+tper*Kvast;
end
if (t>tjdstip(1,2) & t<=tjdstip(1,3)), %periode maart-april
    hlp=tjdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tjdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,2)-tjdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tjdstip(1,2);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper3*Kvar+tper*Kvast;
end
if (t>tjdstip(1,3) & t<=tjdstip(1,4)), %mei-september (zw-moesson)
    hlp=tjdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tjdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,2)-tjdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,3)-tjdstip(1,2));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tjdstip(1,3);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper4*Kvar+tper*Kvast;
end
if (t>tjdstip(1,4) & t<=tjdstip(1,5)), %oktober-november
    hlp=tjdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tjdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,2)-tjdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,3)-tjdstip(1,2));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,4)-tjdstip(1,3));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tjdstip(1,4);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper1*Kvar+tper*Kvast;
end
if (t>tjdstip(1,5) & t<=tjdstip(1,6)), %december-februari
    hlp=tjdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tjdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,2)-tjdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,3)-tjdstip(1,2));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,4)-tjdstip(1,3));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tjdstip(1,5)-tjdstip(1,4));
    hlp=hlp+thlp*wbhper1*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tjdstip(1,5);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper2*Kvar+tper*Kvast;
end

```

```

if (t>tijdstip(1,6) & t<=tijdstip(1,7)), %maart-april
    hlp=tijdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tijdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,2)-tijdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,3)-tijdstip(1,2));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,4)-tijdstip(1,3));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,5)-tijdstip(1,4));
    hlp=hlp+thlp*wbhper1*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,6)-tijdstip(1,5));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tijdstip(1,6);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper3*Kvar+tper*Kvast;
end
if (t>tijdstip(1,7) & t<=tijdstip(1,8)), %mei-september (moesson)
    hlp=tijdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tijdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,2)-tijdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,3)-tijdstip(1,2));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,4)-tijdstip(1,3));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,5)-tijdstip(1,4));
    hlp=hlp+thlp*wbhper1*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,6)-tijdstip(1,5));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,7)-tijdstip(1,6));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tijdstip(1,7);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper4*Kvar+tper*Kvast;
end
if (t>tijdstip(1,8) & t<=tijdstip(1,9)), %oktober-november
    hlp=tijdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tijdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,2)-tijdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,3)-tijdstip(1,2));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,4)-tijdstip(1,3));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,5)-tijdstip(1,4));
    hlp=hlp+thlp*wbhper1*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,6)-tijdstip(1,5));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,7)-tijdstip(1,6));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,8)-tijdstip(1,7));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tijdstip(1,8);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper1*Kvar+tper*Kvast;
end
if (t>tijdstip(1,9) & t<=tijdstip(1,10)), %december-februari
    hlp=tijdstip(1,1)*wbhper1*Kvar+tijdstip(1,1)*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,2)-tijdstip(1,1));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,3)-tijdstip(1,2));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,4)-tijdstip(1,3));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,5)-tijdstip(1,4));
    hlp=hlp+thlp*wbhper1*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,6)-tijdstip(1,5));
    hlp=hlp+thlp*wbhper2*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,7)-tijdstip(1,6));
    hlp=hlp+thlp*wbhper3*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,8)-tijdstip(1,7));
    hlp=hlp+thlp*wbhper4*Kvar+thlp*Kvast;
    thlp=(tijdstip(1,9)-tijdstip(1,8));
    hlp=hlp+thlp*wbhper1*Kvar+thlp*Kvast;
    tper=t-tijdstip(1,9);
    kstn(i,1)=hlp+tper*wbhper2*Kvar+tper*Kvast;
end

```

```
%Simuleer de extra tijd en kosten nodig voor het risico op schade
%tijdens de bouw in situatie 1.
%
%Bart Duijvestijn, 19 april 1995
```

```
%situatie 1
Dn50=0.52;

%periode oktober/november
tijdomb=nrmv(1.1148,0.02);
s2=1.6e-1/8.71*tijdomb;
s8=1.0e-1/8.71*tijdomb;
s12=7.5e-1/8.71*tijdomb;
s25=3.2e-2/8.71*tijdomb;
simschd;
if S<2,
    Extratijd(1,i)=Extratijd(1,i)+0;
    Hoevlhd(1,i)=Hoevlhd(1,i)+0;
else
    NetProd=nrmv(55.2,2.05);
    Hoevlhd(1,i)=Hoevlhd(1,i)+((S*Dn50^2*45/Dn50)*2.650*0.65);
    AntSect=nrmv(6.44,0.46);
    Extratijd(1,i)=(Hoevlhd(1,i)/NetProd*AntSect)/168;
end;

%periode december/februari
tijdomb=nrmv(0.67,0.02);
s2=5.3e-2/12.86*tijdomb;
s8=2.4e-2/12.86*tijdomb;
s12=1.4e-2/12.86*tijdomb;
s25=1.0e-3/12.86*tijdomb;
simschd;
if S<2,
    Extratijd(1,i)=Extratijd(1,i)+0;
    Hoevlhd(1,i)=Hoevlhd(1,i)+0;
else
    NetProd=nrmv(58.6,2.17);
    Hoevlhd(1,i)=Hoevlhd(1,i)+(S*Dn50^2*45/Dn50)*2.650*0.65;
    AntSect=nrmv(14.20,0.99);
    Extratijd(1,i)=Extratijd(1,i)+(Hoevlhd(1,i)/NetProd*AntSect)/168;
end;

%periode maart/april
tijdomb=nrmv(0.765,0.02);
s2=9.6e-2/8.71*tijdomb;
s8=5.5e-2/8.71*tijdomb;
s12=3.9e-2/8.71*tijdomb;
s25=1.2e-2/8.71*tijdomb;
simschd;
if S<2,
    Extratijd(1,i)=Extratijd(1,i)+0;
    Hoevlhd(1,i)=Hoevlhd(1,i)+0;
else
    NetProd=nrmv(55.2,2.05);
    Hoevlhd(1,i)=Hoevlhd(1,i)+(S*Dn50^2*45/Dn50)*2.650*0.65;
    AntSect=nrmv(5.36,0.37);
    Extratijd(1,i)=Extratijd(1,i)+(Hoevlhd(1,i)/NetProd*AntSect)/168;
end;
```

```
%Routine doet een trekking uit de verdelingsfunctie van het schadegetal S
%
%Bart Duijvestijn 19 april 1995
```

```
verd_schade(1,1)=0;
verd_schade(2,1)=1-s2;
verd_schade(3,1)=verd_schade(2,1)+(s2-s8);
verd_schade(4,1)=verd_schade(3,1)+(s8-s12);
verd_schade(5,1)=verd_schade(4,1)+(s12-s25);
verd_schade(6,1)=1;
```

```
schade=[0 2 8 12 25 50];
```

```
rnd1=rand(1);
%schadegetal
tel=1;
while rnd1>verd_schade(tel,1)
    tel=tel+1;
end;
if tel<=length(verd_schade)
    S = ( ( r n d 1 - v e r d _ s c h a d e ( t e l - 1 ) ) * ( s c h a -
de(1,tel)-schade(1,(tel-1)))/(verd_schade(tel,1)-verd_schade((tel-1),1))+schade(1,(tel-1));
end;
```

## **BIJLAGE: 9.2**

**Gegevens tweede raming  
Statisch stabiele golfbreker**



## Materieelkosten

Materieelkosten voor uitvoeringsmethode, kostenraming 1 bermgolfbreker								
Materieel	Hoeveelheid	Prijs	Subtotaal	Totaal	vc hoev	vc prijs	afhank	sigma tot
- shovel	9 stk	11.984 f/wk	107.853		0,000	0,092	0,356	
- vrachtwagen	22 stk	13.083 f/wk	287.826		0,000	0,069	0,517	
- ponton (70*20 m)	1 stk	27.300 f/wk	27.300		0,000	0,035	0,089	
- laad-ponton	1 stk	3.476 f/wk	3.476		0,000	0,095	0,479	
- sleepboot	1 stk	54.163 f/wk	54.163		0,000	0,094	0,825	
- supply boot	1 stk	54.163 f/wk	54.163		0,000	0,094	0,712	
- zijlosser	1 stk	127.797 f/wk	127.797		0,000	0,073	0,377	
- kraan (Matitowoc 4100W)	2 stk	33.881 f/wk	67.763		0,000	0,067	0,435	
- surveyboot (incl. app.)	1 stk	32.316 f/wk	32.316		0,000	0,061	0,712	
				f762.657				f36.300
								0,048

## Projecttijd

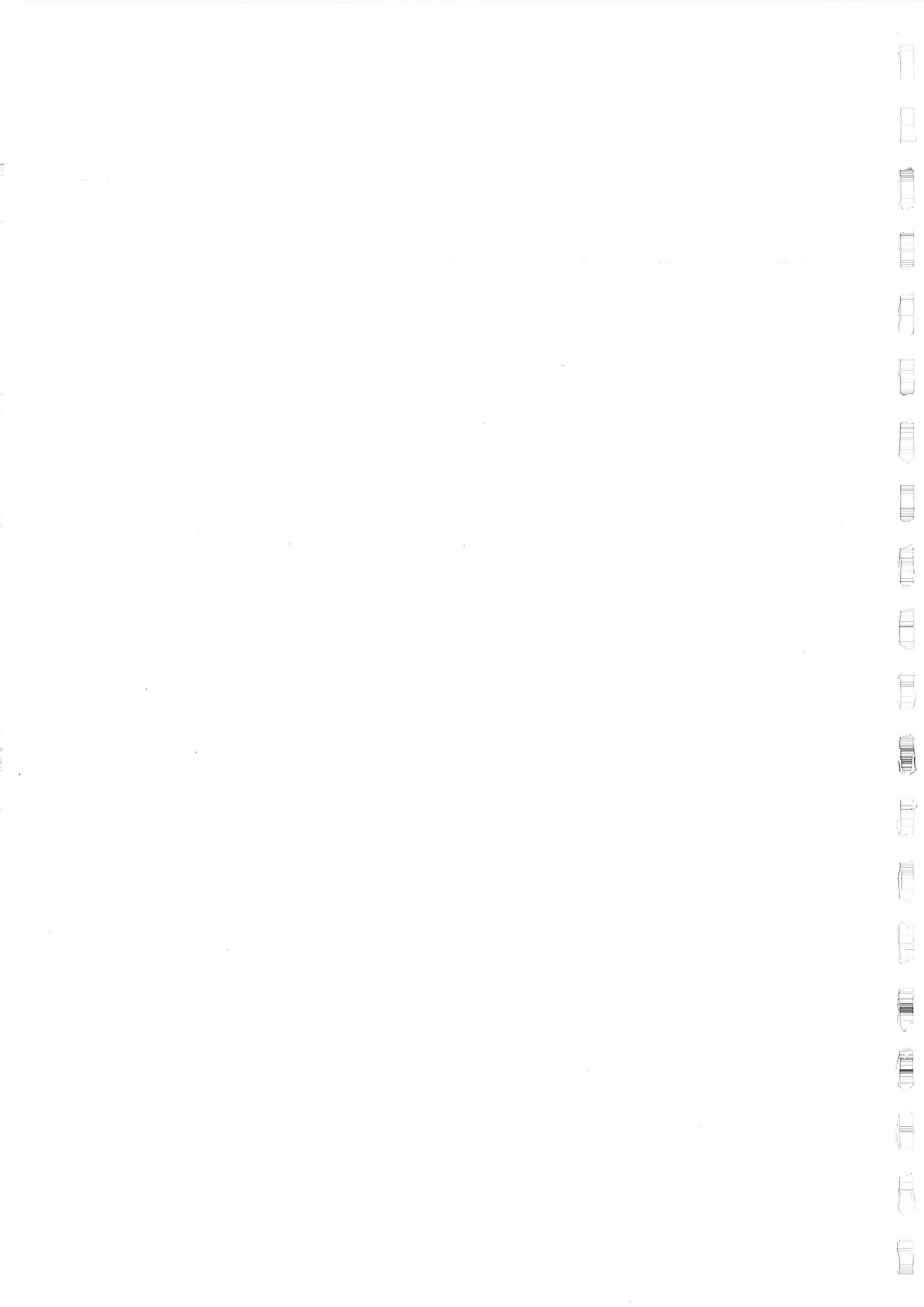
activiteit	materieel	materiaal		oktober-november		december-februari		maart-april	
		u(H)	sig(H)	u(T) uur	sig(T)	u(T) uur	sig(T)	u(T) uur	sig(T)
(1,4)	zijlosser	5.124	156 ton	59,2	1,9	27,9	0,9	37,8	1,2
(2,3)	zijlosser	6.759	206 ton	78,1	2,5	36,8	1,2	49,8	1,6
(5,7)	zijlosser	5.124	156 ton	59,2	1,9	27,9	0,9	37,8	1,2
(6)	zijlosser	3.073	93 ton	35,5	1,1	16,7	0,5	22,6	0,7
(9,16)	zijlosser	8.139	744 ton	94,1	8,7	44,3	4,1	60,0	5,5
(8)	kraan	5.167	157 ton	83,1	4,0	70,6	3,4	74,8	3,6
(11,17)	kraan	2.542	232 ton	40,9	4,0	34,7	3,4	36,8	3,6
(10)	kraan	3.060	279 ton	49,2	4,8	41,8	4,1	44,3	4,4
(12)	kraan	1.070	97 ton	17,2	1,7	14,6	1,4	15,5	1,5
(18,19)	kraan	3.262	259 ton	52,5	4,6	44,6	3,9	47,2	4,1
(15)	kraan	310	28 ton	5,0	0,5	4,2	0,4	5,0	0,5
(13,14)	kraan	337	4 stk	90,7	3,5	77,0	2,9	81,7	3,1
(20)	kraan	68	0,8 stk	18,3	0,7	15,5	0,6	16,5	0,6
bovenwater				1,941	0,057	0,914	0,027	1,238	0,036
onderwater				2,124	0,057	1,804	0,048	1,915	0,051
TOTAAL				683,0	13,5	456,6	9,3	529,8	10,5

## Schatting bouwtijd

periode	aantal secties		bouwtijd per sectie (wk)		totale tijd (wk)	
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
okt-nov	2,00	0,00	1,94	0,06	3,88	0,11
	6,38	0,17	2,12	0,06	13,53	0,52
dec-feb	14,24	0,38	1,80	0,05	25,69	1,41
mar-apr	5,38	0,14	1,92	0,05	10,30	0,59
mei-sep	1,00	0,00	21,86	0,00	21,86	0,00
					75,29	2,64

## Tijdsduur dat verschillende bouwstadia blootgesteld worden aan golfaanval

	van activiteit tot activiteit	oktober-november		december-februari		maart-april	
		$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)	$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)	$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)
situatie 1	(1,4)-(5,7)	1,17	0,02	0,56	0,01	0,75	0,02
situatie 2	(5,7)-(9,16)	1,12	0,05	0,53	0,03	0,71	0,03
situatie 3	(9,16)-(8)	1,05	0,06	0,68	0,03	0,81	0,04
situatie 4	(8)-(11,17)	0,74	0,03	0,63	0,03	0,66	0,03
situatie 5	(11,17)-(12)	0,64	0,04	0,54	0,03	0,58	0,04





**BIJLAGE: 9.3**

**Gegevens eerste raming  
Bermgolfbreker**



## Materieelkosten

Materieelkosten voor uitvoeringsmethode, kostenraming 1 bermgolfbreker									
	Hoeveelheid	Prijs	Subtotaal	Totaal	vc hoev	vc prijs	afhank	sigma tot	vc totaal
Materieel									
- shovel	9 stk	11.984 f/wk	107.853		0,000	0,092	0,356		
- vrachtwagen	22 stk	13.083 f/wk	287.826		0,000	0,069	0,517		
- ponton (70*20 m)	1 stk	27.300 f/wk	27.300		0,000	0,035	0,089		
- laad-ponton	1 stk	3.476 f/wk	3.476		0,000	0,095	0,479		
- sleepboot	1 stk	54.163 f/wk	54.163		0,000	0,094	0,825		
- supply boot	1 stk	54.163 f/wk	54.163		0,000	0,094	0,712		
- zijlosser	1 stk	127.797 f/wk	127.797		0,000	0,073	0,377		
- kraan (Matitowoc 4100W)	2 stk	33.881 f/wk	67.763		0,000	0,067	0,435		
- surveyboot (incl. app.)	1 stk	32.316 f/wk	32.316		0,000	0,061	0,712		
				762.657				f36.300	0,048

## Projecttijd

activiteit	materieel	materiaal		oktober-november		december-februari		maart-april	
		u(H)	sig(H)	u(T) uur	sig(T)	u(T) uur	sig(T)	u(T) uur	sig(T)
(1,2)	zijlosser	13.890	408 ton	160,6	5,0	75,6	2,3	102,3	3,2
(3,4,5,6)	zijlosser	16.712	491 ton	193,2	6,0	91,0	2,8	123,1	3,8
(7,8)	zijlosser	6.295	185 ton	72,8	2,3	34,3	1,1	46,4	1,4
(9)	kraan	10.118	297 ton	162,8	7,7	138,2	6,5	146,5	6,9
(10)	kraan	10.799	371 ton	173,8	8,8	147,5	7,5	156,4	7,9
kruin	kraan	2.084	61 ton	33,5	1,6	28,5	1,3	30,2	1,4
bovenwater				2.539	0,048	1.196	0,023	1.618	0,031
onderwater				2.203	0,070	1.870	0,060	1.983	0,063
TOTAAL				796,7	14,3	515,1	10,7	604,9	11,8

## Schatting bouwtijd

periode	aantal secties		bouwtijd per sectie (wk)		totale tijd (wk)	
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
okt-nov	2,00	0,00	2,02	0,07	4,04	0,29
	6,86	0,13	2,54	0,05	17,42	0,65
dec-feb	13,76	0,44	1,87	0,06	25,73	1,16
mar-apr	5,38	0,17	1,98	0,06	10,65	0,32
mei-sep	1,00	0,00	21,86	0,00	21,86	0,00
					79,71 +	2,42

Tijdsduur dat verschillende bouwstadia blootgesteld zijn aan golfaanval

	van activiteit tot activiteit	oktober-november		december-februari		maart-april	
		$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)	$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)	$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)
situatie 1	1,2-3,4,5,6	2,11	0,04	0,99	0,02	1,34	0,03
situatie 2	3,4,5,6-9	2,55	0,06	1,56	0,04	1,88	0,05
situatie 3	9-10	2,00	0,06	1,70	0,05	1,80	0,06



## **BIJLAGE: 9.4**

### **Gegevens tweede raming Bermgolfbreker**



## Materieelkosten

Materieelkosten voor uitvoeringsmethode, kostenraming 1 bermgolfbreker									
	Hoeveelheid	Prijs	Subtotaal	Totaal	vc hoev	vc prijs	afhank	sigma tot	vc totaal
Materieel									
- shovel	8 stk	11.984 f/wk	95.869		0,000	0,092	0,356		
- vrachtwagen	20 stk	13.083 f/wk	261.660		0,000	0,069	0,517		
- ponton (70*20 m)	3 stk	27.300 f/wk	81.899		0,000	0,035	0,089		
- positioneringsponton	1 stk	29.411 f/wk	29.411		0,000	0,058	0,578		
- laad-ponton	0 stk	3.476 f/wk	0		0,000	0,095	0,479		
- sleepboot	3 stk	54.163 f/wk	162.489		0,000	0,094	0,825		
- supply boot	1 stk	54.163 f/wk	54.163		0,000	0,094	0,712		
- zijlosser	0 stk	127.797 f/wk	0		0,000	0,073	0,377		
- kraan (Matitowoc 4100W)	2 stk	33.881 f/wk	67.763		0,000	0,067	0,435		
- surveyboot (incl. app.)	1 stk	32.316 f/wk	32.316		0,000	0,061	0,712		
				785.571				39.153	0,050

## Projecttijd

activiteit	materieel	materiaal		oktober-november		december-februari		maart-april	
		u(H)	sig(H)	u(T) uur	sig(T)	u(T) uur	sig(T)	u(T) uur	sig(T)
(1,2)	ponton	13.890	408 ton	70,8	2,8	57,4	2,3	65,2	2,6
(3,4,5,6)	ponton	16.712	491 ton	85,2	3,4	69,0	2,7	78,5	3,1
(7,8)	ponton	6.295	185 ton	32,1	1,3	26,0	1,0	29,6	1,2
(e)	ponton	1.602	47 ton	8,2	0,3	6,6	0,3	7,5	0,3
(9)	kraan	10.118	297 ton	162,8	7,7	138,2	6,5	146,5	6,9
(10)	kraan	10.799	371 ton	173,8	8,8	147,5	7,5	156,4	7,9
kruin	kraan	2.084	61 ton	33,5	1,6	28,5	1,3	30,2	1,4
onderwater				1,168	0,027	0,946	0,022	1,076	0,025
bovenwater				2,203	0,070	1,870	0,060	1,983	0,063
TOTAAL				566,4	12,7	473,2	10,7	513,9	11,4

## Schatting bouwtijd

periode	aantal secties		bouwtijd per sectie (wk)		totale tijd (wk)	
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
okt-nov	2,00	0,00	1,68	0,03	2,34	0,09
	6,84	0,22	2,20	0,07	15,07	0,68
dec-feb	13,76	0,44	1,87	0,06	25,73	1,16
mar-apr	5,40	0,17	1,98	0,06	10,71	0,34
mei-sep	1,00	0,00	21,86	0,00	21,86	0,00
					75,70	2,27

## Tijdsduur dat verschillende bouwstadia blootgesteld zijn aan golfaanval

	van activiteit tot activiteit	oktober-november		december-februari		maart-april	
		$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)	$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)	$\mu$ (wk)	$\sigma$ (wk)
situatie 1	1,2-3,4,5,6	0,93	0,03	0,75	0,02	0,86	0,02
situatie 2	3,4,5,6-9	1,72	0,05	1,43	0,04	1,56	0,05
situatie 3	9-10	2,00	0,07	1,70	0,06	1,80	0,06





## **BIJLAGE: 9.5**

### **Eerste aanzet voor de berekening van onderhoudskosten**



## 9.5 Onderhoudskosten van de golfbrekers

Een golfbreker zal bijvoorbeeld door golfbelasting schade ondervinden die verandering van het profiel en/of de vorm en grootte van de afzonderlijke elementen tot gevolg kan hebben. Er zijn voor golfbrekers dus verschillende schademechanismen die door onderhoud moeten worden beheerst.

Omdat het schatten van de totale onderhoudskosten voor de golfbrekerontwerpen uit dit rapport teveel tijd zou kosten is gekozen om voor beide ontwerpen de onderhoudskosten voor 1 schademechanisme te schatten.

Voor de statisch stabiele golfbreker zal in paragraaf 9.5.1 een schatting worden gemaakt van de onderhoudskosten die ontstaan als gevolg van schade aan de tetrapods in het buitentalud. Voor de bermgolfbreker wordt in paragraaf 9.5.2 een schatting gemaakt voor de onderhoudskosten die ontstaan als gevolg van het verdwijnen van materiaal uit het profiel van het buitentalud door langstransport.

### 9.5.1 Onderhoudskosten voor tetrapods in statisch stabiele golfbreker

In deze paragraaf worden de onderhoudskosten geschat die het gevolg zijn van schade die ontstaat aan de tetrapods in het buitentalud van de statisch stabiele golfbreker.

#### *Kans op het bereiken van een bepaald schadeniveau*

In hoofdstuk 5 zijn twee formules gegeven voor de stabiliteit van tetrapods, formule 5.1 is gebaseerd op het aantal elementen dat onder de golfbelasting uit het profiel zal verdwijnen, aangeduid met de variabele  $N_{od}$ . Formule 5.2 beschouwt het aantal botsende elementen  $N_{omov}$ .

Wanneer elk botsend element als gebroken wordt beschouwd kan door formule 5.2 als betrouwbaarheidsfunctie te schrijven, met behulp van een niveau-II berekening, de kans worden bepaald dat een aantal tetrapods breken.

Formule 9.5.1 geeft de hier bedoelde betrouwbaarheidsfunctie:

$$z = \left( \frac{\rho_b}{\rho_w} - 1 \right) \cdot D_n - \frac{H_s}{\left( 3.75 \cdot \frac{N_{omov}^{0.5}}{N^{0.25}} + 0.85 \right) S_{om}^{-0.2} - 0.5} \quad [9.5.1]$$

De belasting op de tetrapods wordt gevormd door de golfsteilheid, de golfhoogte en het aantal golven. De niveau-II berekening is uitgevoerd met het computerprogramma AFDA(TUD) waarmee ook de berekeningen in bijlage 6.9 zijn gemaakt.

De berekende kans op het bereiken van verschillende waarde van  $N_{omov}$  in een jaar is weergegeven in tabel 9.5.1.

Bij de verschillende waarden  $N_{OMOV}$  kan berekend worden hoeveel tetrapods over de hele lengte van de golfbreker kapot zijn gegaan. De waarde  $N_{OMOV}$  geeft het aantal tetrapods weer dat beschadigd is over een strook van  $D_n$  m breed op het talud van de golfbreker. De waarde  $D_n$  voor een tetrapod is gelijk aan 0,65 maal de hoogte van de tetrapod.

De tetrapods van 16 ton zijn 2,79 m hoog waaruit volgt:

$$D_n = 0,65 * 2,79 = 1,81 \text{ m}$$

Nomov	overschreidingskans/jaar
0,1	0,1200
0,2	0,0520
0,3	0,0250
0,4	0,0013
0,5	0,0068
0,6	0,0038

Tabel 9.5.1:

Kans op schade  $N_{OMOV}$  voor tetrapods

$N_{OMOV} = 0,0$  : geen schade

$N_{OMOV} = 1,5$  : falen constructie

### Modellering van de kansverdeling voor $N_{OMOV}$

De kans dat de constructie een bepaald schadeniveau  $N_{OMOV}$  heeft is een stochast. Aannamen over de verdeling van de kansen voor  $N_{OMOV} = 0.1, 0.2, 0.3 \dots$  zijn nodig om analytische resultaten te verkrijgen. Een van deze aannamen is dat het stochastische proces dat het bereiken van een bepaald schade niveau beschrijft een Markov-keten is.

Een stochastisch proces  $\{X_t\}$  heeft de Markov-eigenschap als de voorwaardelijke kans van elke 'toekomstige gebeurtenis' gegeven een 'gebeurtenis uit het verleden' en de huidige toestand  $X_t=i$ , onafhankelijk is van de gebeurtenissen uit het verleden en hangt alleen af van de huidige toestand van het proces.

De voorwaardelijke kansen  $P\{X_{t+1}=j \mid X_t=i\}$  worden 'overgangskansen' genoemd, omdat ze de kans weergeven dat het systeem in het tijdsinterval  $((t+1)-t)$  overgaat van toestand  $i$  naar toestand  $j$ .

Een veelgebruikte notatie voor de overgangskansen is een matrix (zie figuur 9.5.1). De kans  $P_{OM}$  (zie figuur 9.5.1) geeft nu de kans weer dat het systeem, dat zich op tijdstip  $t$  in toestand 0 bevond, op tijdstip  $t+1$  in toestand  $M$  bevindt. De matrix waarin de overgangskansen zijn weergegeven voor de eerste tijdstap wordt de 1e-stap overgangsmatrix genoemd.

Voor de golfbrekers kunnen in de overgangsmatrix de kansen op het overgaan van een startwaarde van  $N_{OMOV}$  naar een hoger schadeniveau worden weergegeven. Naast de kansen dat de golfbreker zich aan het eind van het eerste jaar in een bepaalde toestand bevindt, zijn ook de kansen van belang in de daarop volgende jaren.

Met behulp van de 1<sup>e</sup>-stap overgangskansen kan de conditionele kans  $p_{ij}^{(n)}$  worden berekend dat een random variabele  $X$ , startend in toestand  $i$ , in toestand  $j$  zal verkeren na  $n$  tijdstappen.

toestand	0	1	.....	M
0	$P_{00}$			$P_{0M}$
1				
...				
M	$P_{M0}$			$P_{MM}$

Figuur 9.5.1:

Notatie Markov-keten

Uit de *Chapman-Kolmogorov* vergelijkingen kan afgeleid worden dat de  $n^{\text{de}}$ -stap overgangskansen volgen uit (Hillier en Lieberman, 1990):

$$P^{(n)} = P \cdot P \cdot \dots \cdot P = P^n \quad [9.5.2]$$

Dus de  $n^{\text{de}}$ -stap overgangskansen kunnen berekend worden door de  $n$ -de macht van de matrix met  $1^{\text{e}}$ -stap overgangskansen te berekenen. Met formule 9.5.2 is het dus mogelijk om de kansen te berekenen dat de golfbreker over  $n$ -jaar een bepaald schadeniveau  $N_{\text{ONOV}}$  heeft bereikt.

De  $1^{\text{e}}$ -stap overgangskansen voor  $N_{\text{ONOV}}$  kunnen nu worden opgesteld. De verschillende schade-toestanden waarin het systeem zich kan bevinden zijn weergegeven in tabel 9.5.2 Hierin is tevens de kans (berekend uit tabel 9.5.1) gegeven dat het systeem een bepaald schadeniveau bereikt wanneer aan het begin van het jaar gestart is met 'geen schade'. Deze kansen vormen dus de eerste rij uit de matrix met  $1^{\text{e}}$ -stap overgangskansen.

Toestand systeem	kans op voorkomen/jaar
Nomov $\leq 0.1$	0,8800
$0.2 \geq \text{Nomov} > 0.1$	0,0680
$0.3 \geq \text{Nomov} > 0.2$	0,0270
$0.4 \geq \text{Nomov} > 0.3$	0,0120
$0.5 \geq \text{Nomov} > 0.4$	0,0062
$0.6 \geq \text{Nomov} > 0.5$	0,0030
Nomov $> 0.6$	0,0038

Tabel 9.5.2: Verschillende schadetoestanden van het systeem

De kansen voor de tweede rij uit de matrix kunnen als volgt worden beargumenteerd:

- $P_{1,0} = P\{N_{\text{ONOV}} \leq 0,1 \mid 0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1\} = 0$ ; als de constructie aan het begin van een periode al schade heeft is de kans 0 dat na een bepaalde tijd het schadeniveau lager is dan aan het eind van die periode.
- $P_{1,1} = P\{0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1 \mid 0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1\} = 0,8800 + 0,0680 = 0,9480$ ; dit is geldig wanneer aangenomen wordt dat een schadeniveau optreedt bij een ongunstige combinatie van golfhoogte en golfsteilheid en dat bij een minder ongunstige combinatie de schade niet groter zal worden. Voor de relatief lage waarden van  $N_{\text{ONOV}}$ , waarmee hier gewerkt wordt, (falen treedt pas op bij  $N_{\text{ONOV}} = 1,5$ ) wordt aangenomen dat de hierboven berekende kans een redelijke schatting is van de werkelijke kans.

- De overgangskansen:

$$\begin{aligned} P_{1,2} &= P\{0,3 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,2 \mid 0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1\} \\ P_{1,3} &= P\{0,4 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,3 \mid 0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1\} \\ P_{1,4} &= P\{0,5 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,4 \mid 0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1\} \\ P_{1,5} &= P\{0,6 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,5 \mid 0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1\} \\ P_{1,6} &= P\{N_{\text{ONOV}} > 0,6 \mid 0,2 \geq N_{\text{ONOV}} > 0,1\} \end{aligned}$$

blijven onveranderd.

Analoog aan de hiervoor beschreven werkwijze kan nu de volledige overgangsmatrix worden ingevuld.

toestand	$N_{\text{ov}} \leq 0,1$	$0,2 > N_{\text{ov}} > 0,1$	$0,3 > N_{\text{ov}} > 0,2$	$0,4 > N_{\text{ov}} > 0,3$	$0,5 > N_{\text{ov}} > 0,4$	$0,6 > N_{\text{ov}} > 0,5$	$N_{\text{ov}} > 0,6$
$N_{\text{ov}} \leq 0,1$	0,8800	0,0680	0,0270	0,0120	0,0050	0,0030	0,0038
$0,2 > N_{\text{ov}} > 0,1$	0,0	0,9480	0,0270	0,0120	0,0050	0,0030	0,0038
$0,3 > N_{\text{ov}} > 0,2$	0,0	0,0	0,9750	0,0120	0,0050	0,0030	0,0038
$0,4 > N_{\text{ov}} > 0,3$	0,0	0,0	0,0	0,9870	0,0050	0,0030	0,0038
$0,5 > N_{\text{ov}} > 0,4$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9930	0,0030	0,0038
$0,6 > N_{\text{ov}} > 0,5$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9962	0,0038
$N_{\text{ov}} > 0,6$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

Uit deze overgangsmatrix volgt dat wanneer de golfbreker aan het begin van een periode een schadeniveau  $N_{\text{ov}} > 0,6$  heeft bereikt, het schadeniveau nooit meer kleiner wordt (overgangskans is 1).

Met het oog op het functioneren van de golfbreker is dit niet toelaatbaar. Daarom wordt de volgende onderhoudsstrategie toegepast: Als de golfbreker een schadeniveau bereikt  $N_{\text{ov}} \geq 0,5$  zullen de kapotte tetrapods worden vervangen zodat de constructie terugkomt in de toestand waarbij  $N_{\text{ov}} \leq 0,1$ .

De kosten voor het uitvoeren van dit onderhoud zijn berekend voor een uitvoeringsmethode waarbij een kraan een sleepboot en een ponton wordt gebruikt, de resultaten zijn samengevat in tabel 9.5.3.

schadeniveau	gemiddelde reparatie kosten
$0,5 \leq N_{\text{ov}} < 0,6$	f 2.420.261,=
$N_{\text{ov}} > 0,6$	f 4.384.182,=

Tabel 9.5.3: Onderhoudskosten

Het resulterende stochastische proces dat de schade van de golfbreker beschrijft is nog steeds een Markov-keten, maar nu met de volgende overgangsmatrix:

toestand	$N_{\text{ov}} \leq 0,1$	$0,2 > N_{\text{ov}} > 0,1$	$0,3 > N_{\text{ov}} > 0,2$	$0,4 > N_{\text{ov}} > 0,3$	$0,5 > N_{\text{ov}} > 0,4$	$0,6 > N_{\text{ov}} > 0,5$	$N_{\text{ov}} > 0,6$
$N_{\text{ov}} \leq 0,1$	0,8800	0,0680	0,0270	0,0120	0,0050	0,0030	0,0038
$0,2 > N_{\text{ov}} > 0,1$	0,0	0,9480	0,0270	0,0120	0,0050	0,0030	0,0038
$0,3 > N_{\text{ov}} > 0,2$	0,0	0,0	0,9750	0,0120	0,0050	0,0030	0,0038
$0,4 > N_{\text{ov}} > 0,3$	0,0	0,0	0,0	0,9870	0,0050	0,0030	0,0038
$0,5 > N_{\text{ov}} > 0,4$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9930	0,0030	0,0038
$0,6 > N_{\text{ov}} > 0,5$	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$N_{\text{ov}} > 0,6$	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### Berekening van de verwachte onderhoudskosten voor tetrapods

Met deze overgangsmatrix en formule 10.2 kan nu aan het eind van elk jaar de kans berekend worden dat de constructie een bepaald schadeniveau heeft bereikt. Door de kans op een schadeniveau  $N_{\text{ov}} > 0,5$  te vermenigvuldigen met de kosten uit tabel 10.3, aan het eind van elk jaar, kan de verwachtingswaarde van de totale onderhoudskosten worden berekend.

Een Programma Structuur Diagram voor deze berekening is hieronder opgenomen. De elementen uit de overgangsmatrix worden aangeduid met  $p(xy)$ , waarin  $x$  het rijnummer en  $y$  het kolomnummer van het betreffende element aangeeft. Voor de kosten die gemaakt moeten worden voor het uitvoeren van reparaties wordt in de berekening rekening gehouden met een rentevoet  $r$ .

totale kosten = 0
voor $i=1$ tot levensduur golfbreker
$P(0,6 \geq \text{Nomov in jaar } i > 0,6 \mid \text{Nomov in jaar } 0 \leq 0,1) = p(05)^i$
$P(\text{Nomov in jaar } i > 0,6 \mid \text{Nomov in jaar } 0 \leq 0,1) = p(06)^i$
$\text{kostenreparatie}(0,6 \geq \text{Nomov} > 0,5) = f \ 2.420.261 * 1/(1+r)^i$
$\text{kostenreparatie}(\text{Nomov} > 0,6) = f \ 4.384.182 * 1/(1+r)^i$
$\text{totale kosten} = \text{totale kosten} +$ $P(0,6 \geq \text{Nomov in jaar } i > 0,5 \mid \text{Nomov in jaar } 0 \leq 0,1) * \text{kostenreparatie}(0,6 \geq \text{Nomov} > 0,5) +$ $P(\text{Nomov in jaar } i > 0,6 \mid \text{Nomov in jaar } 0 \leq 0,1) * \text{kostenreparatie}(\text{Nomov} > 0,6)$

Rekenprocedure voor de berekening van de gemiddelde onderhoudskosten over de hele levensduur van de golfbreker

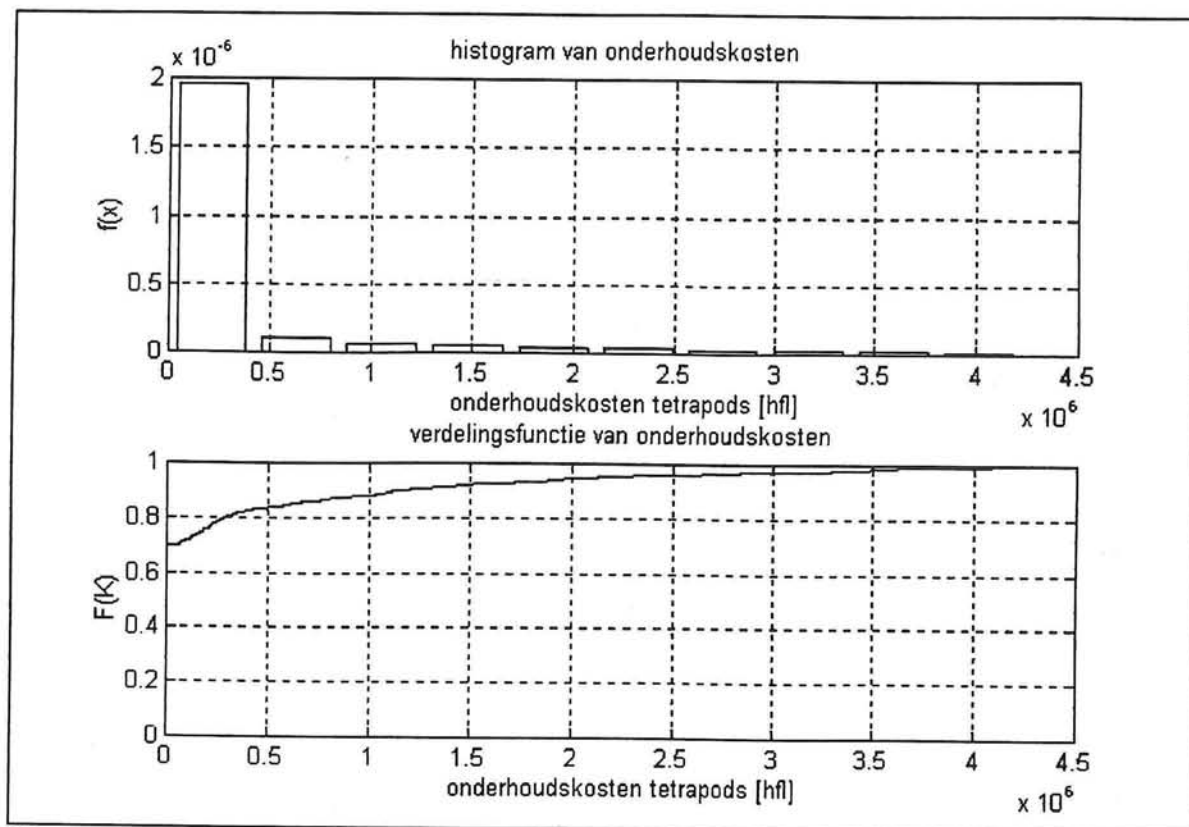
In tabel 9.5.4 is het resultaat van de berekening van de gemiddelde onderhoudskosten volgens bovenstaand P.S.D. weergegeven. Deze gemiddelde waarden zijn echter minder interessant dan de standaardafwijking van de onderhoudskosten, omdat de kansen op het ontstaan van schade aan de tetrapods klein zijn.

rente voet	gemiddelde onderhoudskosten
5,0%	f 434.000,=
7,5%	f 308.000,=
10,0%	f 236.000,=

Tabel 9.5.4: Gemiddelde onderhoudskosten voor tetrapods over 50 jaar

Om de spreiding van de kosten te kunnen berekenen kunnen aan het einde van elk jaar de overgangskansen worden berekend, waarmee de verdelingsfunctie van de schadeniveau's vastligt. Door uit al deze verdelingen met behulp van een Monte Carlo simulatie trekkingen te doen kunnen de onderhoudskosten worden geschat. In figuur 9.5.2 is het resultaat van 1000 trekkingen weergegeven voor de onderhoudskosten over 50 jaar met een rentevoet van 7,5%. De gemiddelde kosten bedroegen f 319.000,= met een standaardafwijking van f 767.000,=.





Figuur 9.5.2: Histogram en verdelingsfunctie voor onderhoudskosten van tetrapods

### 9.5.2 Onderhoudskosten voor langstransport voor dynamisch stabiel golfbreker

Omdat bij een dynamisch stabiele golfbreker het materiaal van de buitenste laag kan verplaatsen wanneer golven scheef invallen bestaat het gevaar dat op termijn er een netto transport in langsrichting van de golfbreker zal optreden. Op termijn kan het langstransport leiden tot falen van de constructie.

#### *Kans dat langstransport optreedt*

Bij het ontwerp van de dynamisch stabiele golfbreker is al opgemerkt dat de parameter  $H_s/\Delta D_n$  kleiner dan 4,5 moet zijn om te voorkomen dat te veel langstransport optreedt.



Op basis van een klein aantal waarnemingen is een empirische formule voor het langstransport bepaald (Vrijling e.a., 1992):

$$S = A (H_o T_{op} - B)^C \quad \text{voor} \quad H_o T_{op} > B$$

$$S = 0 \quad \text{voor} \quad 0 \leq H_o T_{op} \leq B$$
[9.5.3]

waarin:

S	langstransport buitenste laag	[stenen/golf]
$H_o$	$H_s/\Delta D_n$	[-]
$T_{op}$	$T_p \sqrt{(g/D_n 50)}$	[-]
A	empirische constante 4,8e-5	
B	empirische constante 100,0	
C	empirische constante 2,0	

De transport relatie is erg gevoelig voor de waarde van de empirisch bepaalde constanten. Omdat deze bepaald zijn aan de hand van een klein aantal waarnemingen zijn de parameters omgeven door een grote onzekerheid. Door een probabilistische benadering van het transport kan rekening worden gehouden met de onzekerheid van de waarde voor de constanten.

Voor een eenvoudige benadering om de kans van een bepaalde hoeveelheid langstransport te bepalen kan de volgende betrouwbaarheidsfunctie gebruikt worden:

$$Z = \text{Voorraad stenen} - N_{\text{periode}} * S$$
[9.5.4]

waarin:

Voorraad stenen	aantal stenen aan het begin van een periode	[stenen]
$N_{\text{periode}}$	aantal golven per periode	[golven]
S	langstransport	[golven/steen]

Om de onderhoudskosten voor het langstransport te bepalen wordt een schatting van het langstransport gedaan met behulp van bovenstaande betrouwbaarheidsfunctie.

Met een niveau-II benadering is de kans berekend dat langstransport optreedt in een jaar. De resultaten zijn weergegeven in tabel 9.5.5.

Met deze overschreidingskansen kan, op een zelfde manier als in paragraaf 9.5.1 voor de statisch stabiele golfbreker gedaan is, de overgangsmatrix voor de kansen op langstransport worden opgesteld.

S	overschreidingskansen/jaar
1.000	0.23
2.500	0.17
5.000	0.12
7.500	0.09
10.000	0.07

Tabel 9.5.5:  
Overschreidingskansen langstransport

De toegepast onderhoudsstrategie voor langstransport bestaat hieruit dat onderhoud wordt uitgevoerd als meer dan 7500 stenen in langsrichting verplaatst zijn over de lengte van de golfbreker.

De bijbehorende overgangsmatrix is hieronder weergegeven.

toestand	transp < 1000	2500 > transp > 1000	5000 > transp > 2500	7500 > transp > 5000	10.000 > transp > 7500	transp > 10.000
transp < 1000	0,77	0,06	0,05	0,03	0,02	0,07
2500 > transp > 1000	0,0	0,83	0,05	0,03	0,02	0,07
5000 > transp > 2500	0,0	0,0	0,88	0,03	0,02	0,07
7500 > transp > 5000	0,0	0,0	0,0	0,91	0,02	0,07
10.000 > transp > 7500	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
transp > 10.000	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

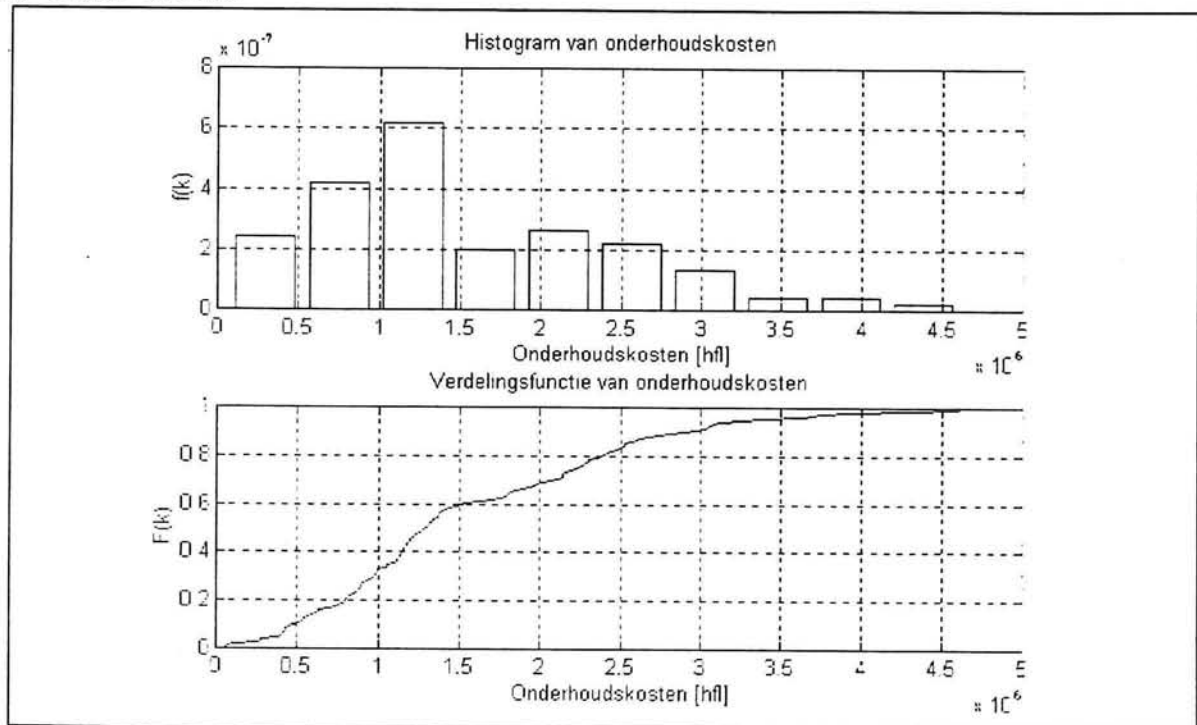
Door nu de kosten van het onderhoud te berekenen als het aantal verplaatste stenen ( $7.500 < S < 10.000$ ) is en voor ( $S > 10.000$ ) kunnen de totale onderhoudskosten voor dit schademechanisme berekend worden.

Een onderhoudskosten zijn berekend ervan uitgaande dat onderhoud wordt uitgevoerd met een ponton, een shovel en een sleepboot. Een overzicht van geschatte onderhoudskosten is gegeven in tabel 9.5.6.

S	gemiddelde reparatie kosten
$10.000 \geq S > 7.500$	f 620.433
$S > 10.000$	f 1.240.866

Tabel 9.5.6: Reparatiekosten

In figuur 9.5.3 is de verdelingsfunctie voor de onderhoudskosten gegeven op basis van bovenstaande overgangsmatrix en de aangenomen onderhoudskosten uit tabel 9.5.6.



Figuur 9.5.3: Histogram en verdelingsfunctie voor onderhoudskosten voor langtransport

### 9.5.3 De schattingen van de onderhoudskosten

In de voorgaande paragrafen is voor twee schademechanismen een schatting van de onderhoudskosten gemaakt. Het is onontkoombaar om tijdens een globale schatting van deze kosten veel aannamen te doen.

De overgangskansen voor de verschillende schademechanismen zijn cruciaal voor een juiste voorspelling van de kosten.

Een juiste benadering van de overgangskansen kan waarschijnlijk alleen gevonden worden door modelproeven te doen.

Omdat de bepaling van de overgangskansen berust op een grove benadering en omdat er nog meer schademechanismen zijn dan de twee die in dit hoofdstuk zijn beschreven, is op basis van voorgaande beschouwing geen uitspraak te doen over de totaal te verwachten onderhoudskosten voor de golfbrekerontwerpen.

