

e0701828-3

Bepaling faalkans asfaltbekleding tijdens een storm ten gevolge van overschrijding van de breuksterkte bij een extreme golfklap

Projectnummer : e0701828-3
Offertenummer en datum :
Titel rapport : faalkans asfaltbekleding t.g.v. overschrijding breuksterkte
Status rapport : concept

Naam opdrachtgever : STOWA-Deltares
Adres : Stieltjesweg 2
Plaats : Delft
Naam contactpersoon : ir. R. 't Hart
Datum opdracht :
Kenmerk opdracht :

Contactpersoon KOAC·NPC : ing. A.K. de Looff
Auteur(s) rapport : ing. A.K. de Looff

Rapportage

Naam: Ing. A.K. de Looff

Handtekening:

Datum: 11 maart 2008

Autorisatie

Naam: Ir. F. Tolman

Handtekening:

Datum: 11 maart 2008

Zonder schriftelijke toestemming van KOAC·NPC mag het rapport (of certificaat) niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Uitgangspunten bij de berekeningen	4
1.3	Werkwijze	4
2	Breuksterkte	6
3	Bepaling zwakke plekken	7
4	Resultaten berekeningen	8
5	Berekeningen met GOLFKLAP	10
5.1	Invoerparameters en resultaten	10
5.2	Vergelijking berekeningsresultaten	10
6	Conclusies en aanbevelingen.....	13

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In een eerdere fase van dit project is de kans op overschrijding van de breuksterkte door de optredende spanning van een vakje asfalt ten gevolge van een golf in het golfveld bepaald. Op basis van deze berekeningen zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd om de faalkans van een asfaltbekleding tijdens een storm te bepalen. De resultaten hiervan zijn in dit rapport gepresenteerd.

1.2 Uitgangspunten bij de berekeningen

- Verondersteld wordt dat een vakje asfalt met homogene eigenschappen een oppervlak heeft van 1 m². De eigenschappen van naast elkaar gelegen vakken zijn niet met elkaar gecorreleerd.
- De golfbelasting is geen puntbelasting maar een driehoekig verdeelde belasting die over een zeker gebied aangrijpt. Daarom wordt voor het bepalen van de optredende spanning ten gevolge van een golfklap gerekend met de gemiddelde waarde van 5 naast elkaar gelegen vakken van de volgende parameters: elasticiteitsmodulus, beddingsconstante en laagdikte.
- Er is ervan uitgegaan dat elk vak tijdens de storm door 200 golven wordt belast. Uitgaande van een storm van 35 uur, een gemiddelde golfperiode van 7,8 s is dit een het maximale aantal golven dat een asfaltbekleding belast. Tijdens een storm hebben circa 2.000 golven een inslagpunt dat ligt op 1,5 m + N.A.P. of hoger. De laagst gelegen delen van de bekleding worden hierbij het zwaarst belast.
- Discontinuïteiten in de constructie kunnen piekspanningen veroorzaken. Hier is in deze analyse geen rekening mee gehouden.
- Uitgaande van de bovenstaande uitgangspunten is elke serie simulaties representatief voor een bekleding met een oppervlak van circa 30.000 m².

1.3 Werkwijze

Voor het bepalen van de faalkans van een asfaltbekleding tijdens een storm ten gevolge van overschrijding van de breuksterkte door de optredende spanning is de volgende werkwijze gehanteerd.

1. In excel zijn 30.000 simulaties uitgevoerd waarbij per simulatie voor de elasticiteitsmodulus, de beddingsconstante, de laagdikte en de breuksterkte. Voor de variabelen van de golfbelasting (significante golfhoogte, stootfactor en breedte van de golfbelasting) is een vaste waarde aangehouden, te weten; H_s = 5m, stootfactor = 6 en halve breedte belasting = 0,2 H_s.
2. Voor elk vak is het voortschrijdende gemiddelde bepaald van 5 waarden (4 naastgelegen vakken) van de elasticiteitsmodulus, de beddingsconstante en de laagdikte. Op basis van deze voorschrijdende gemiddelden is voor elk vak een optredende spanning bepaald.

3. De breuksterkte is zowel door middel van trekking als op basis van een vastgestelde relatie tussen de elasticiteitsmodulus bepaald. Zie hiervoor verder hoofdstuk 2.
4. De zwakke plek in een asfaltbekleding wordt zowel bepaald door de parameters die de optredende spanning veroorzaken als door de breuksterkte. Daarom zijn de zwakke plekken in de bekleding geselecteerd op basis van de bezwijkfunctie: $g = \sigma_{\text{breuk}} - \sigma_{\text{opt}}$.
5. Met de 1.000 zwakste vakken zijn simulaties uitgevoerd waarbij elk vak is belast door 200 golven. Voor elke golfbelasting is een trekking is uitgevoerd onder de voorwaarde dat de parameter de vooraf opgelegde verdeling heeft voor de volgende variabelen: stootfactor en breedte van de golfbelasting.
6. Voor elke dijk is de kans op bezwijken als functie van het aantal golven bepaald.

2 Breuksterkte

Op basis van laboratoriumproeven zijn voor de beschouwde dijkvakken de volgende gegevens over de breuksterkte bekend:

Tabel 2.1: karakteristieken breuksterkte

	gemiddelde	standaardafwijking	Variatiecoëfficiënt
Houtribdijk	2,71	0,9	0,33
Helderse zeewering	6,19	1,41	0,23
Veersedam	4,19	1,21	0,29

Daarnaast zijn simulaties uitgevoerd waarbij de correlatie tussen breuksterkte en stijfheid in beschouwing zijn genomen. Uitgegaan is van een lineair verband volgens de relatie:

$$\sigma_c = a E_{dyn} + b$$

Hierin is:

σ_c breuktrekspanning (MPa)

E_{dyn} stijfheidsmodulus van het asfalt bepaald in het laboratorium (MPa)

a, b coëfficiënten

Gerekend is met de volgende coëfficiënten:

	a	b
Houtribdijk	0,000502	-0,6354
Helderse zeewering	0,000807	-0,363
Veersedam	0,0006	0,1976

Dit leidt tot de volgende karakteristieken voor de breuksterkte:

	gemiddelde	standaardafwijking
Houtribdijk	2,70	0,9
Helderse zeewering	6,19	1,38
Veersedam	4,21	1,21

Toelichting:

De coëfficiënten voor de Houtribdijk en de Helderse zeewering zijn bepaald zoals beschreven in [t Hart, 2007]. Bij de Veersedam was bij eerdere berekeningen niet mogelijk om op basis van de elasticiteitsmodulus en een relatie tussen elasticiteitsmodulus en breuksterkte een dataset te genereren met een verdeling die overeenkomt met de in het laboratorium bepaalde dataset. Dit probleem werd vooral veroorzaakt door de verdeling van de elasticiteitsmodulus; de standaardafwijking is hier veel groter dan normaal mag worden verwacht. Bij de hier uitgevoerde berekeningen is de standaardafwijking van de elasticiteitsmodulus gehalveerd (2019 in plaats van 4037) waarna de coëfficiënten op dezelfde wijze zijn bepaald.

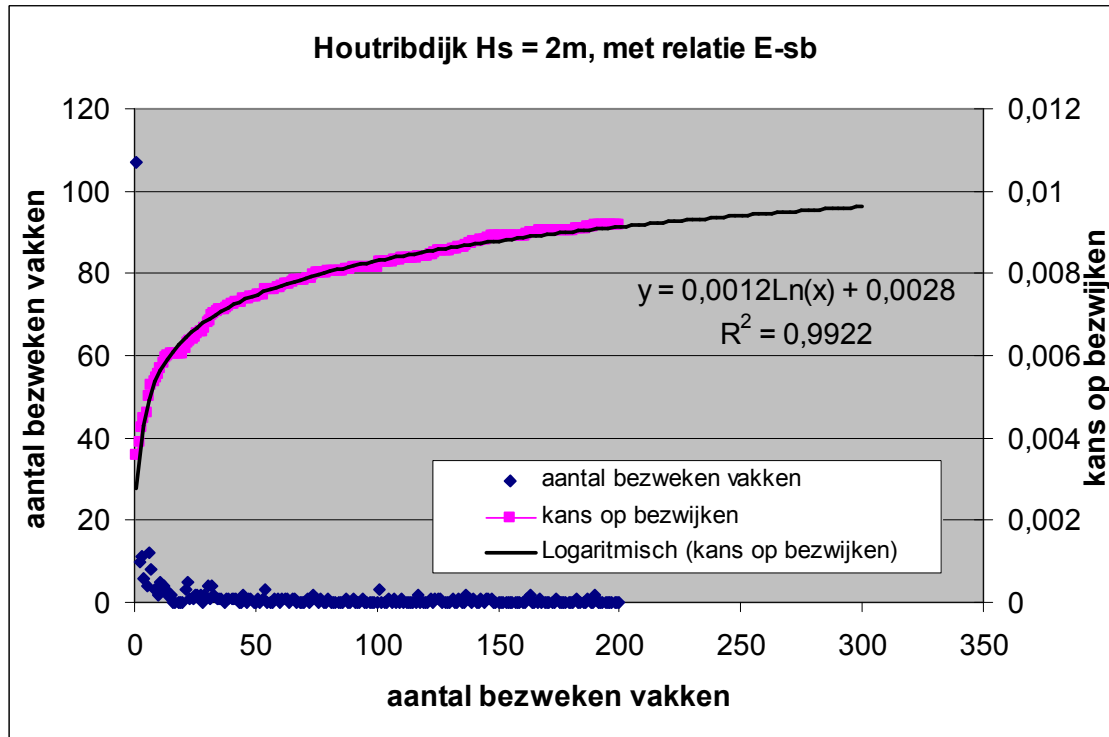
3 Bepaling zwakke plekken

Bij bepaling van de zwakke plekken zijn grafieken gemaakt waarbij alle constructieparameters zijn uitgezet tegen de bezwijkfunctie. Het volgende valt op:

- Bij alle berekeningen is de bezwijkfunctie vooral afhankelijk van de breuksterkte.
- Bij de berekeningen waarbij is gerekend met een relatie tussen de elasticiteitsmodulus en de breuksterkte is een geringe afhankelijkheid waarneembaar tussen de optredende spanning en de elasticiteitsmodulus en de bezwijkfunctie.
- Het effect van het bepalen van de het gemiddelde van 5 vakken voor de elasticiteitsmodulus, beddingsconstante en de laagdikte is goed zichtbaar in de spreiding van deze parameters.

4 Resultaten berekeningen

In dit hoofdstuk zijn de berekeningsresultaten gepresenteerd. Per dijkvak en per belastingsituatie (een golfveld met een gegeven significante golfhoogte) is een serie van 200 (golven) x 1.000 (vakken van 1 m²) uitgevoerd. In figuur 4.1 is een grafische weergave van één van de series van simulaties gegeven.



Figuur 4.1: kans op bezwijken en aantal bezweken vakken versus het aantal golven

De relatie tussen het aantal golven en de kans op bezwijken laat zich goed beschrijven door een logaritmische of een machtsfunctie. In bijlage 2 zijn de grafieken met de resultaten van alle uitgevoerde simulaties opgenomen. In de tabellen 4.1 en 4.2 is de kans op bezwijken na 200 golven gepresenteerd.

Tabel 4.1: Kans op bezwijken na 200 golven indien geen rekening wordt gehouden met een relatie tussen de breuksterkte en de elasticiteitsmodulus

dijknaam	Hs (m)	Kans op bezwijken
Veersedam	3	0,0068
Helderse zeewering	4	0,000167
Helderse zeewering	5	0,00037
Houtribdijk	2	0,0103
Houtribdijk	3	0,0235

Tabel 4.2: Kans op bezwijken na 200 golven indien wel rekening wordt gehouden met een relatie tussen de breuksterkte en de elasticiteitsmodulus

dijknaam	Hs (m)	Kans op bezwijken
Veersedam	3	0,00513
Helderse zeewering	5	0,00013
Houtribdijk	2	0,0092
Houtribdijk	3	0,02247

Opvallend is dat het verdisconteren van de relatie tussen breuksterkte en elasticiteitsmodulus nog steeds leidt tot een kleinere kans op bezwijken maar dat het verschil met het niet verdisconteren van deze relatie gering is. Dit wordt verklaard doordat bij beide berekeningen gerekend is met een gewogen gemiddelde van de elasticiteitsmodulus van 5 vakken in plaats van met de elasticiteitsmodulus van het beschouwde vak alleen. Hierdoor ontbreken enerzijds (indien geen rekening wordt gehouden met een relatie) pieken in de elasticiteitsmodulus die leiden tot een hoge optredende spanning en die toevallig samenvallen met een lage breuksterkte en anderzijds (indien wel rekening wordt gehouden met een relatie) kan bij een lage breuksterkte toch een hogere elasticiteitsmodulus worden bepaald indien de e-moduli van de naastgelegen vakken hoger is.

5 Berekeningen met GOLFKLAP

5.1 Invoerparameters en resultaten

Er zijn 10 berekeningen met GOLFKLAP 1.2.1.0 uitgevoerd. De uitgebreide invoerparameters en resultaten zijn opgenomen in bijlage 3. In tabel 5.1 zijn alle relevante invoerparameters en de uitkomsten opgenomen.

Tabel 5.1: Relevante GOLFKLAP invoerparameters en uitkomsten

	Veersedam		Helderse zeewering				Houtribdijk			
	Gem.	Kar.	Gem.		Kar.		Gem.		Kar.	
Log (k)	3,79	1,72	5,62		4,80		3,76		2,31	
Beddingsconstante [MPa/m]	69,8	21,0	106,0		67,0		71,0		38,0	
Laagdikte [m]	0,25	0,21	0,34		0,30		0,30		0,27	
Elasticiteitsmodulus [MPa]	6694	10004	8023		10834		6661		9600	
H _s [m +NAP]	3,0		4,0	5,0	4,0	5,0	2,0	3,0	2,0	3,0
a [-]	2,48		5,98				3,00			
Onderkant WAB [m +NAP]	1,50		1,50				0,40			
GWS [m +NAP]	-0,15		0,00				-0,40			
Toetspeil [m]	5,00		5,00				1,44			
GGA [m]	1,85		1,40				n.v.t.			
Minersom [-]	0,055	62,4	0,001	0,002	0,063	0,212	0,013	0,043	1,744	6,336

Gem.: Berekeningen uitgevoerd met gemiddelde waarden

Kar.: Berekeningen uitgevoerd met karakteristieke waarden

T_g: Bedraagt bij alle berekeningen 7,8 s

Opmerking:

De opvallend hoge minersom bij de berekening van de Veersedam met karakteristieke waarden voor de materiaalparameters wordt deels veroorzaakt door de lage beddingsconstante. Uit de op de Veersedam uitgevoerde veldmetingen bleek destijds dat de beddingsconstante hier niet normaal was verdeeld en is de karakteristieke waarde bepaald op basis van de cumulatieve frequentiemethode ($c = 48,5$ MPa/m).

5.2 Vergelijking berekeningsresultaten

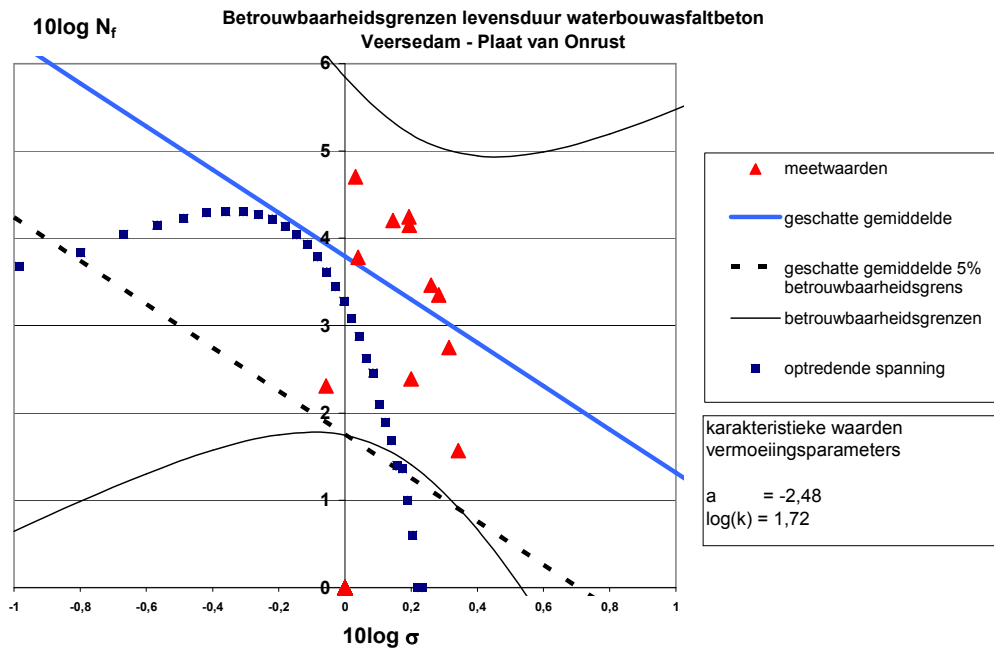
In tabel 5.2 is een vergelijking gemaakt tussen de kans op bezwijken na 200 golven (breuksterkte) en de Minersom.

Tabel 5.2: Kans op bezwijken en de Minersom

Dijknaam	H _s [m]	Kans op bezwijken [-]			Minersom
		Geen relatie σ_{breuk} en E	Wel relatie σ_{breuk} en E		
Veersedam	3	0,0068	0,00513	Gem.	0,055
				Kar.	62,395
Helderse zeewering	4	0,000167		Gem.	0,001
				Kar.	0,063
	5	0,00037	0,00013	Gem.	0,002
				Kar.	0,212
Houtribdijk	2	0,0103	0,0092	Gem.	0,013
				Kar.	1,744
	3	0,0235	0,02247	Gem.	0,043
				Kar.	6,336

Beide benaderingen (vermoeiing met GOLFKLAP (breuksterkte met Monte Carlosimulaties) lijken elkaar bij de hier uitgevoerde berekeningen te bevestigen. Bij de Helderse zeewering wordt een zeer kleine kans op overschrijding van de breuksterkte ($> 1/1.000$) gevonden en een lage minersom (> 1). Bij de Veersedam en de Houtribdijk zijn er hoge overschrijdingskansen van de breuksterkte en hoge minersommen bepaald.

De verschillen tussen de berekeningsresultaten van de Veersedam en de Houtribdijk zijn opvallend. Bij de Veersedam zijn een zeer hoge minersom en een minder hoge overschrijdingskans bepaald. Bij de houtribdijk is juist de overschrijdingskans van de breuksterkte zeer hoog. In dit kader wordt opgemerkt door de huidige wijze van het bepalen van de vermoeiingslijn de sterkte eenvoudig kan worden overschat of onderschat, afhankelijk van de optredende spanningen. Ter illustratie is in figuur 5.1 de vermoeiingslijn van de Veersedam opgenomen. In de grafiek zijn tevens de optredende spanning versus het aantal golven bij een golfveld met een significante golfhoogte van 3 m gegeven.



Figuur 5.1 Vermoeiingslijn Veersedam en optredende spanningen bij $H_s = 3\text{m}$

Uit de figuur blijkt dat de meeste optredende spanningen kleiner zijn dan de opgelegde spanningen tijdens de vermoeiingsproef. Ten gevolge van de grote spreiding in de resultaten van de vermoeiingsproef is de regressielijn vrij vlak; de richtingscoëfficiënt is met 2,48 laag. Door deze spreiding in de data wordt het materiaalgedrag niet goed weergegeven, bij (oud en bros) asfalt met een lage sterkte geeft een steile vermoeiingslijn het gedrag goed weer. In dit geval betekent het dat voor de golven die links van de meetwaarden liggen de sterkte van het asfalt waarschijnlijk wordt onderschat; de berekende minersom voor de Veersedam is dus te hoog.

6 Conclusies en aanbevelingen

Het bepalen van de optredende spanning op basis van het voortschrijden gemiddelde van de constructieparameters van 5 vakken leidt ertoe dat het verschil tussen het wel en niet verdisconteren van een relatie tussen de elasticiteitsmodulus en de breuksterkte gering is.

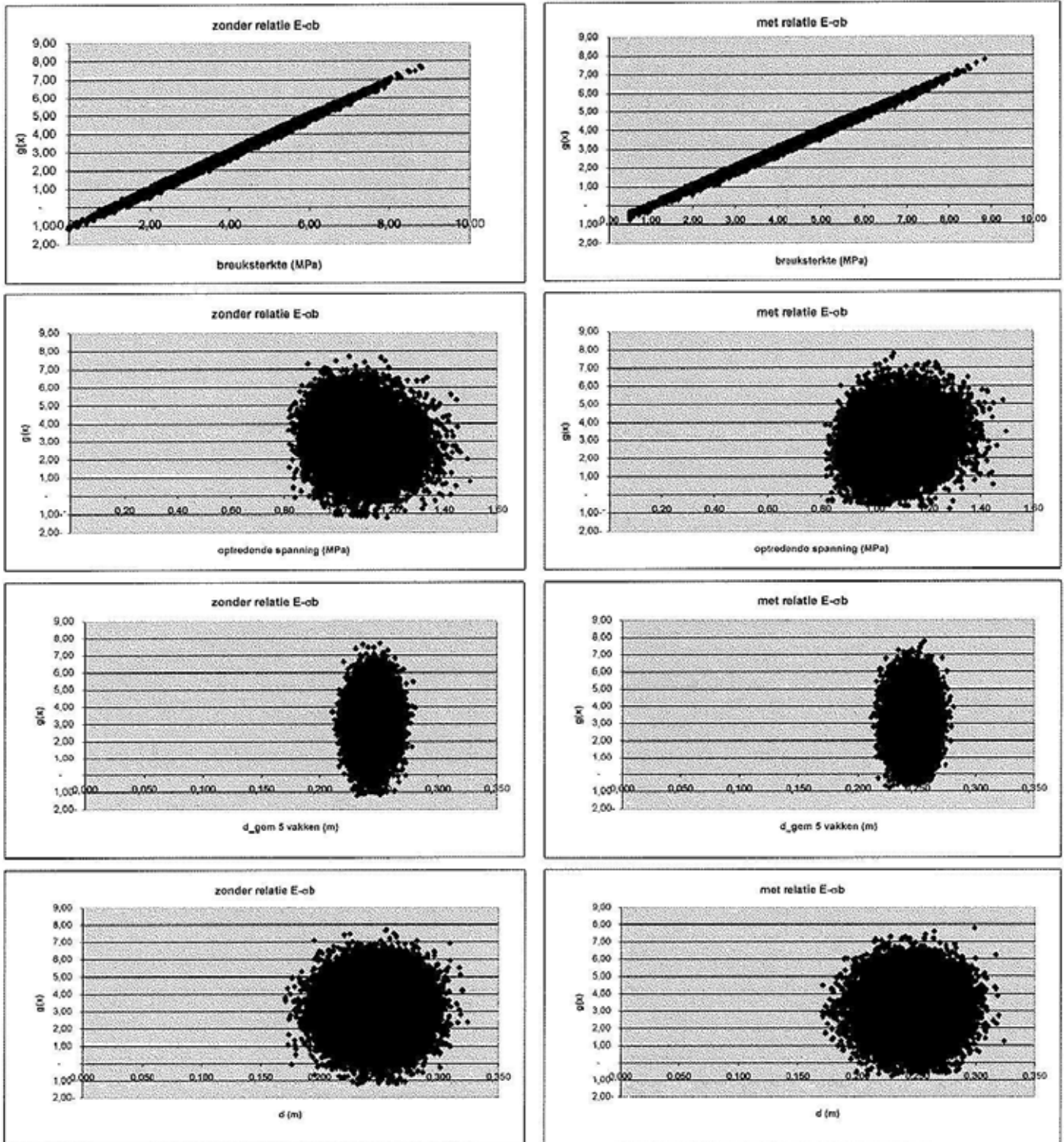
Om te beslissen of een asfaltbekleding naast of in plaats van vermoeiing ook op breuksterkte moet worden getoetst moet vastgesteld dat het mechanisme is, er moeten asfaltbekledingen zijn waar de kans op overschrijding van de breuksterkte door de optredende spanning ten gevolge van golfbelasting reëel is. Op basis van de uitgevoerde berekeningen wordt geconstateerd dat dit voor de Houtribdijk en de Veersedam het geval is.

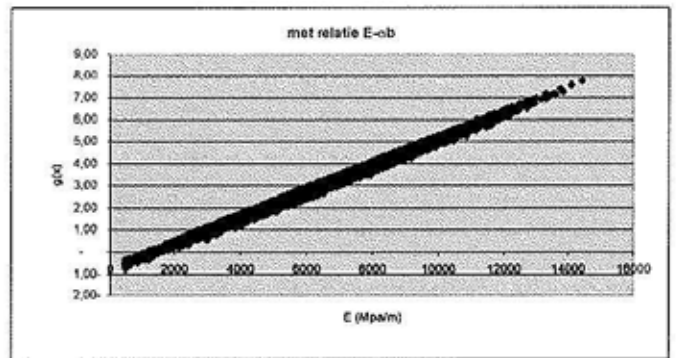
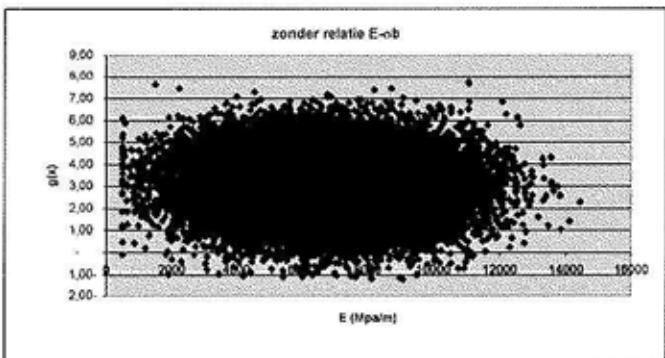
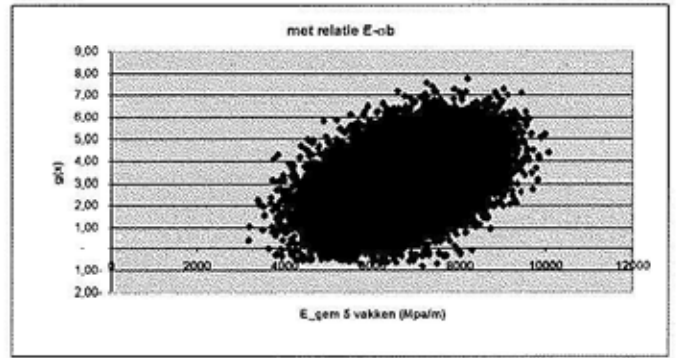
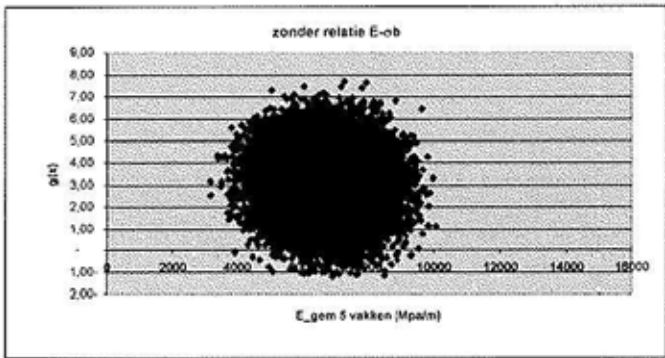
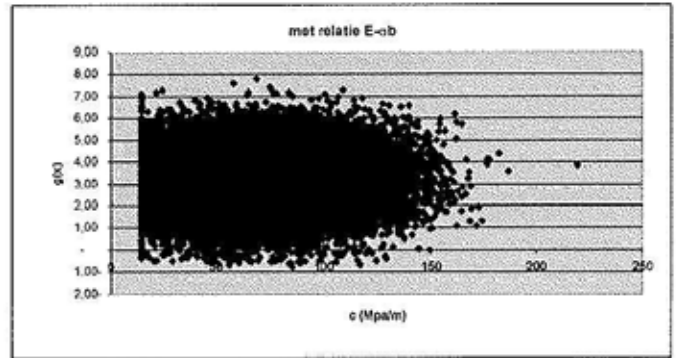
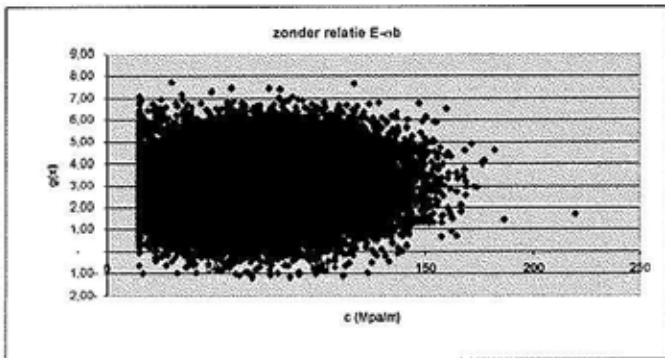
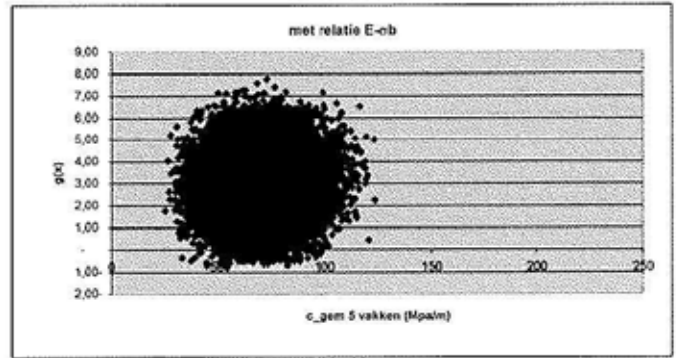
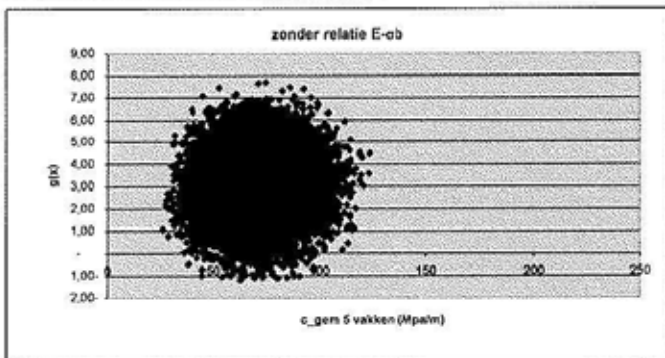
Om na te gaan welke benadering de voorkeur verdient, moet vooral worden gekeken naar het materiaalgedrag. Is een bekleding van constante en goede kwaliteit, dan levert een Monte Carlosimulatie waarbij de breuksterkte en de optredende spanningen worden bepaald, zeer kleine overschrijdingskansen op; er zijn immers geen of nauwelijks vakken aanwezig waar de sterkte zo laag is dat deze door de optredende spanning kan worden overschreden. De absolute betrouwbaarheid van deze toetsing is gering; indien er vakken worden gevonden waarbij de breuksterkte wordt overschreden door de optredende spanning, is de waarde van de breuksterkte afkomstig uit de uiterste staart van de verdeling. Het is maar zeer de vraag of een dergelijke breuksterkte in werkelijkheid aanwezig zal zijn. Het is goed mogelijk de vermoeiingseigenschappen van dit asfalt te bepalen, een regressielijn door de meetwaarden van vermoeiingsproeven levert een betrouwbare vermoeiingslijn op. In dit geval heeft een toetsing op basis van de vermoeiingseigenschappen de voorkeur.

Als het asfalt van slechte kwaliteit is en er veel spreiding in de eigenschappen aanwezig is heeft een toetsing op breuksterkte de voorkeur. De manier waarop op dit moment de vermoeiingslijn wordt bepaald leidt in dit geval tot een slechte beschrijving van het materiaalgedrag. Afhankelijk van de optredende spanningen wordt de sterkte van het asfalt over- of onderschat. Naarmate asfalt ouder en brosser wordt, gaat het gedrag meer op dat van beton lijken, het materiaal kan een oneindig aantal lastherhalingen verdragen totdat een kritische grens wordt overschreden. Deze kritische grens kan worden vastgesteld door de breuksterkte van het materiaal te bepalen.

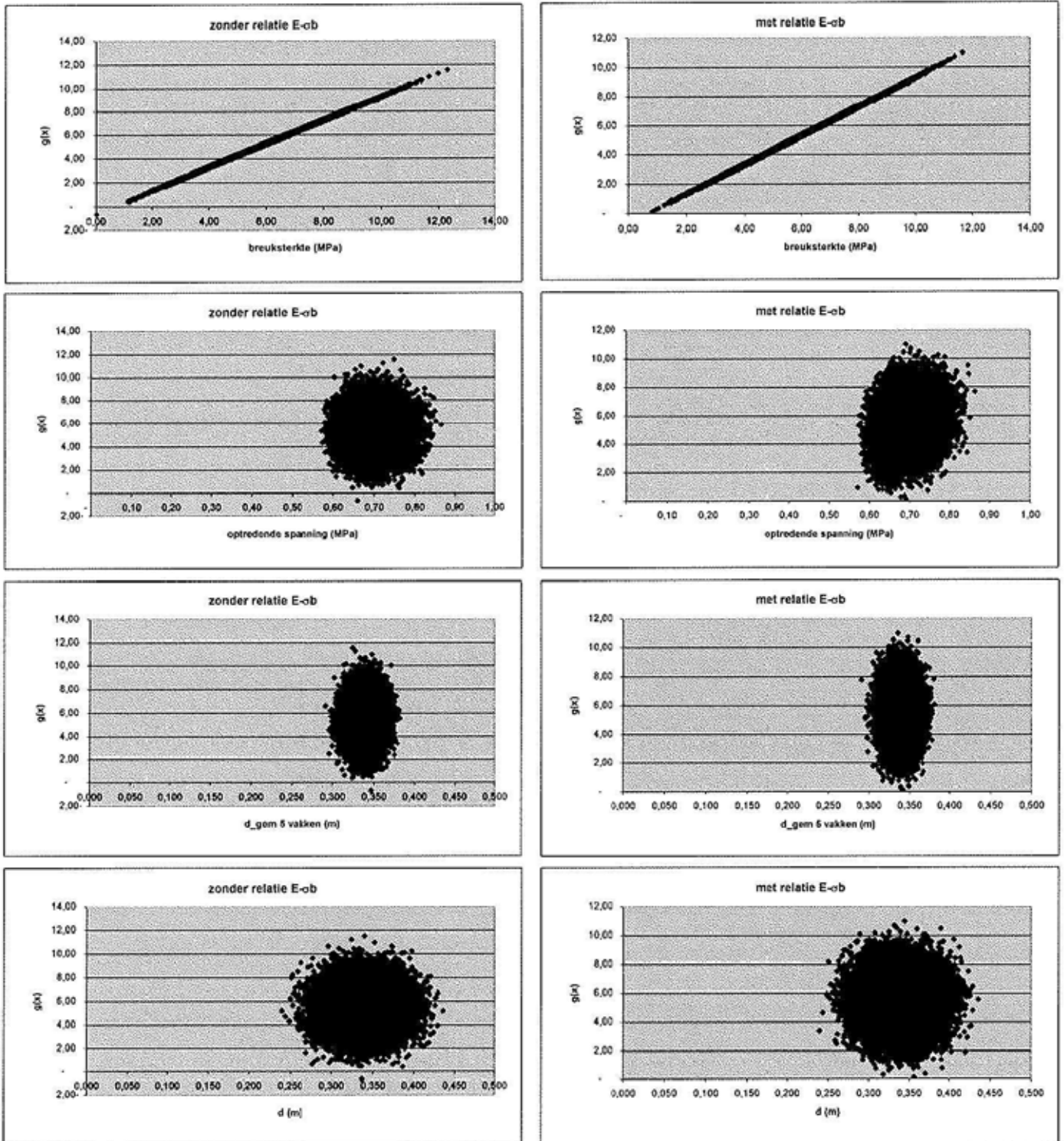
Voor de verdere conclusies en aanbevelingen wordt verwezen naar de rapportage uit december 2007.

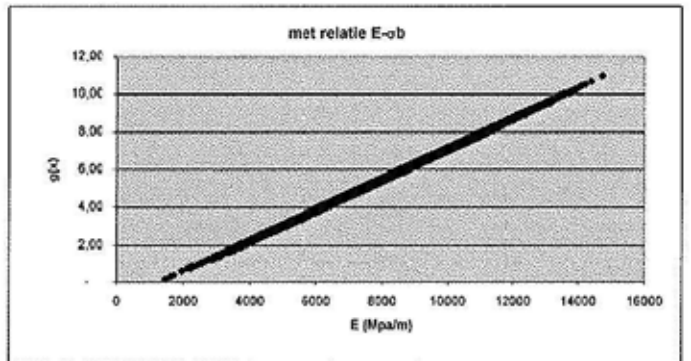
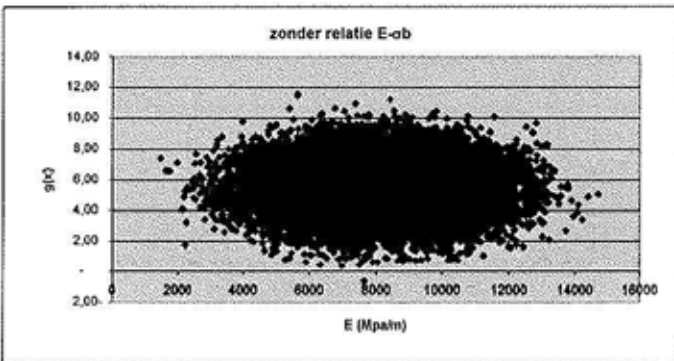
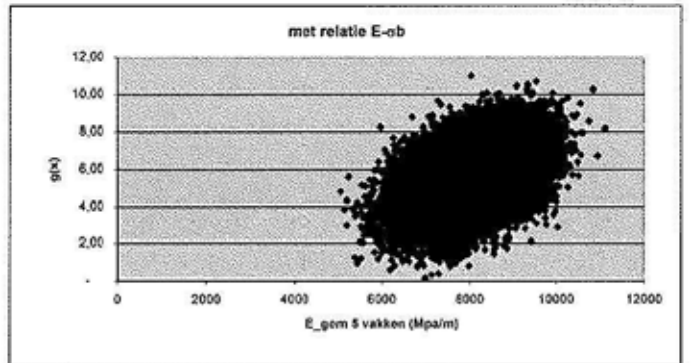
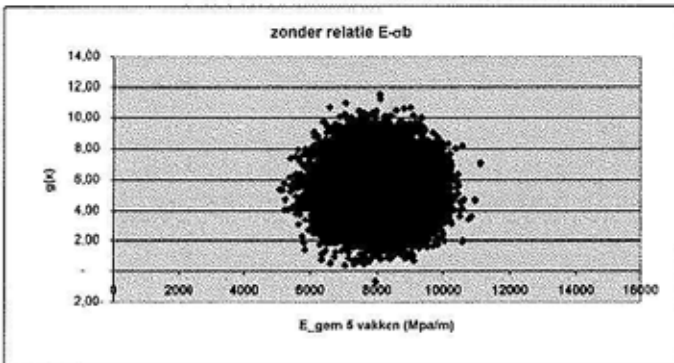
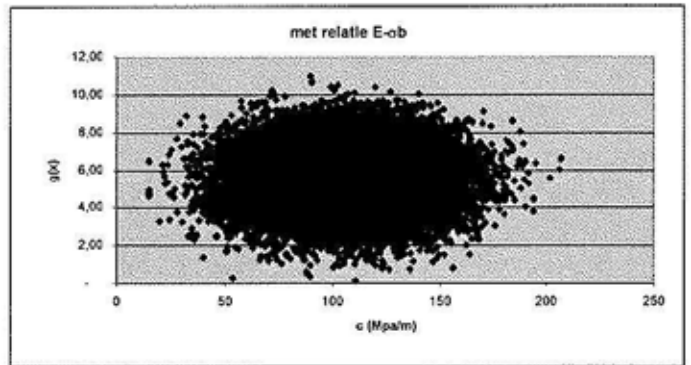
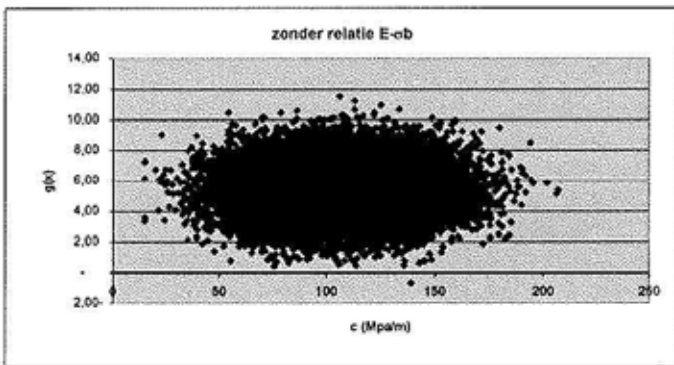
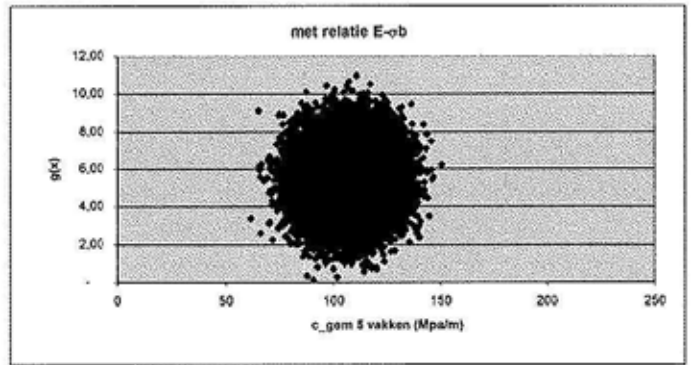
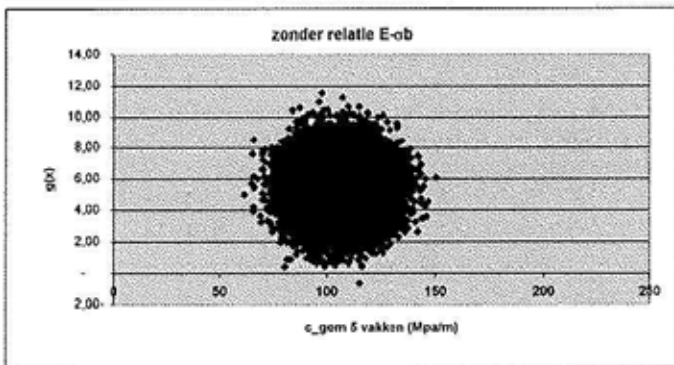
Bijlage 1a: constructieparameters versus bezwijkfunctie - Veersedam



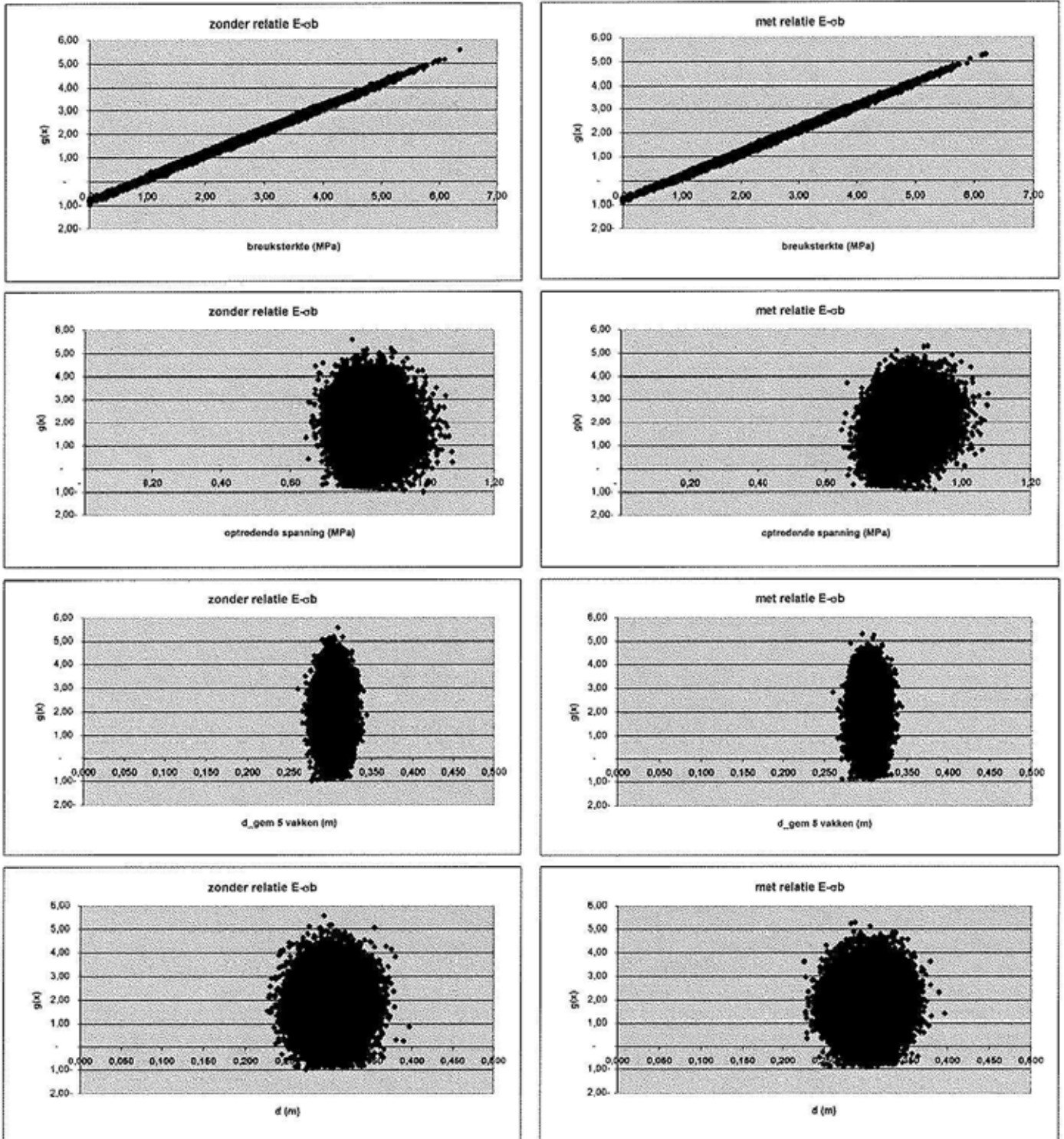


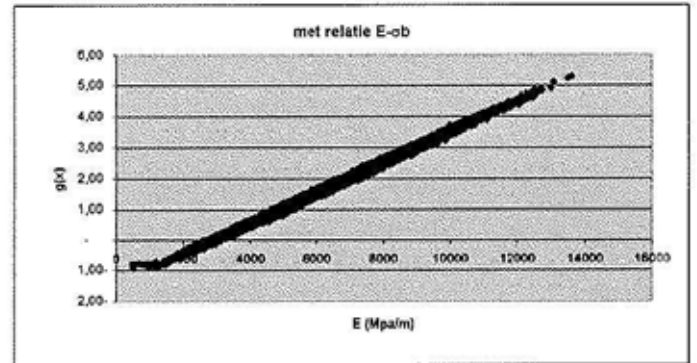
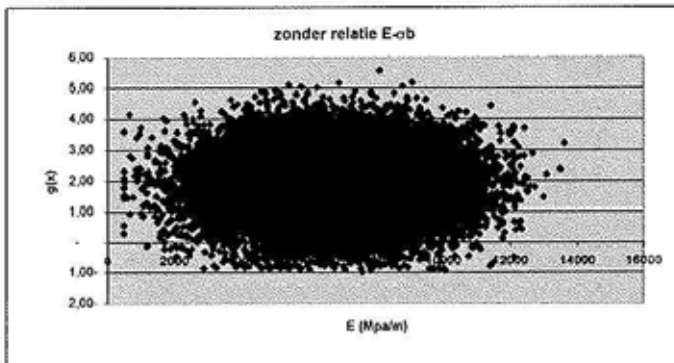
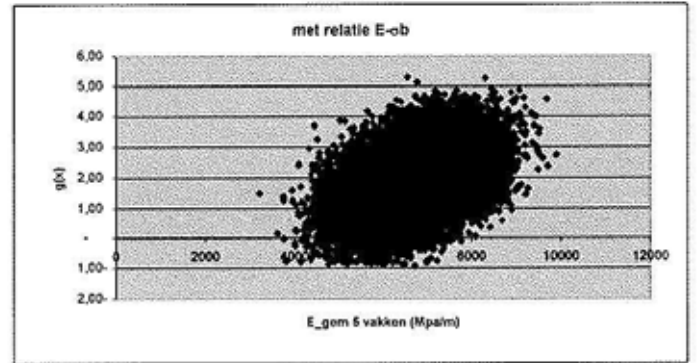
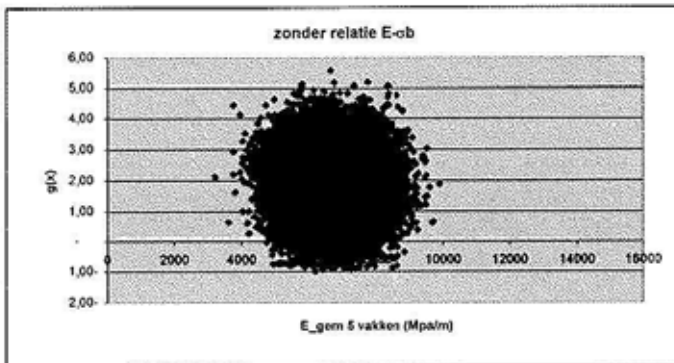
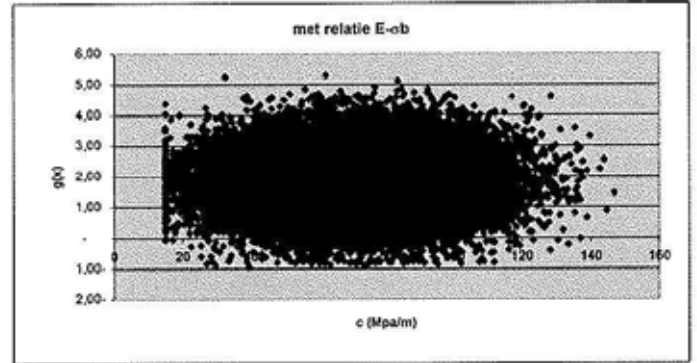
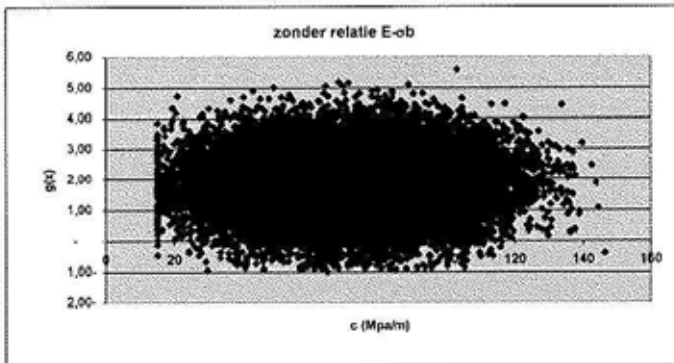
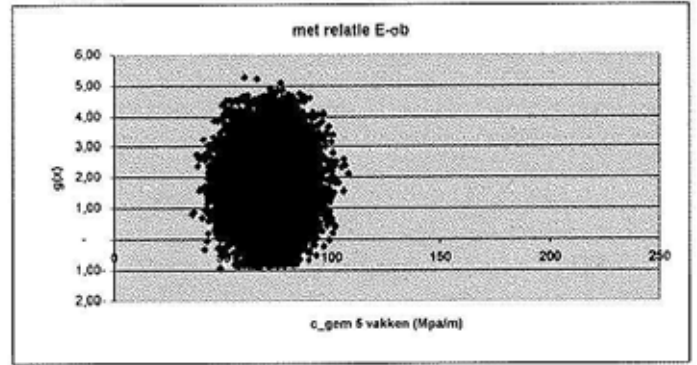
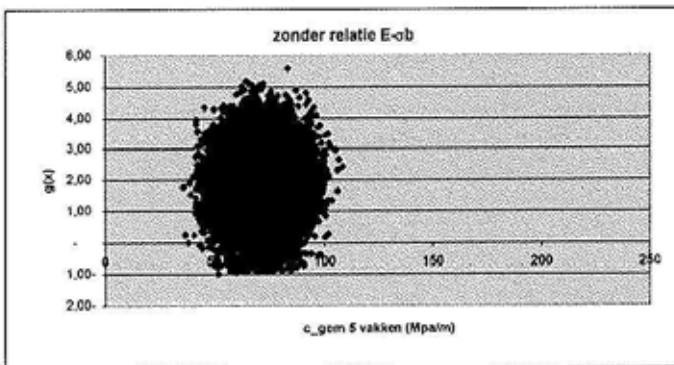
Bijlage 1b: constructieparameters versus bezwijkfunctie - Helderse zeeering



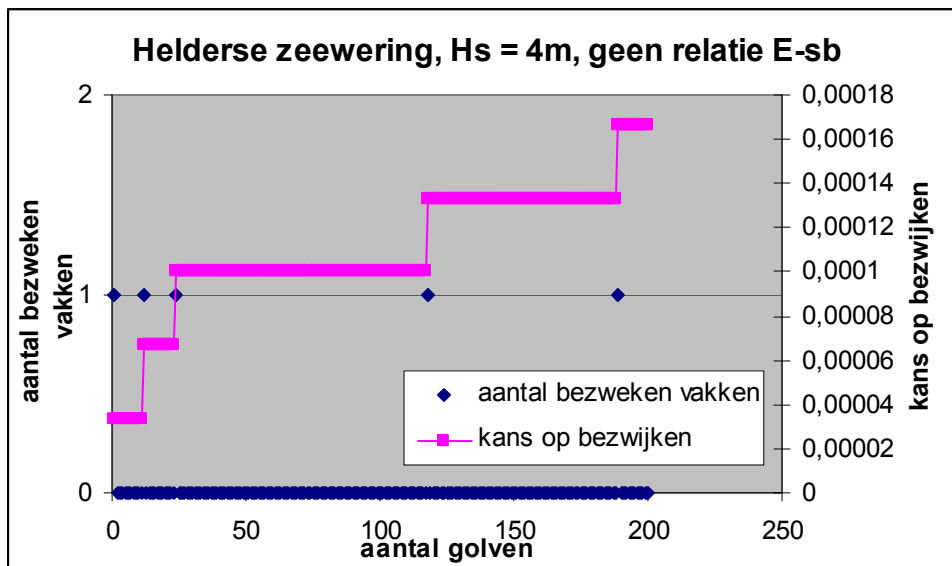
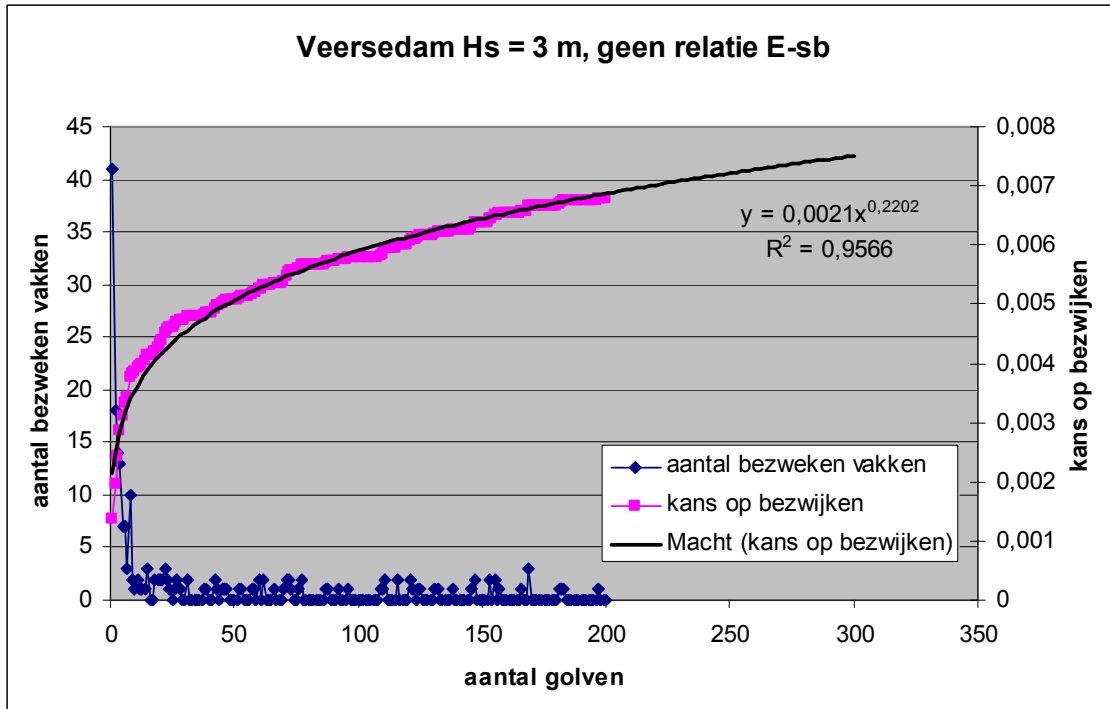


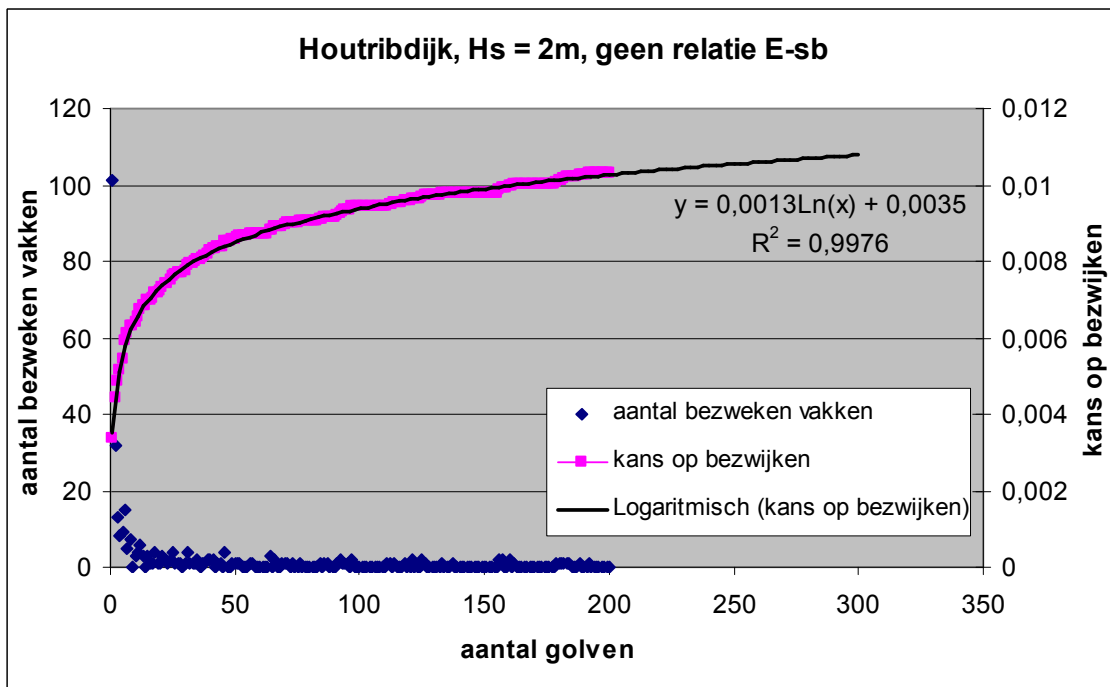
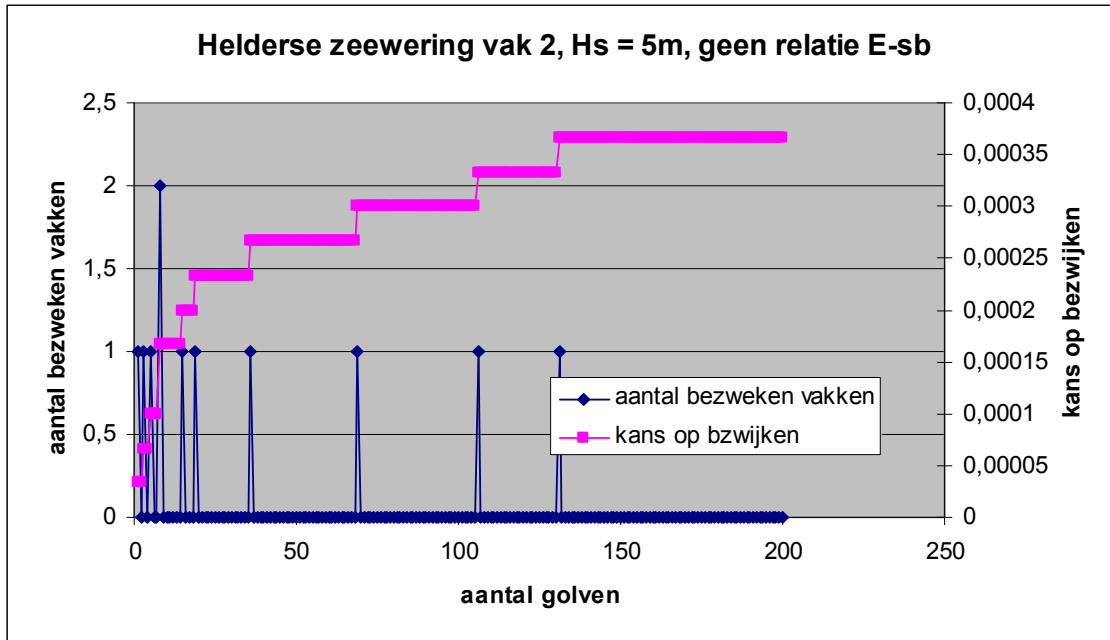
Bijlage 1c: constructieparameters versus bezwijkfunctie - Houtribdijk

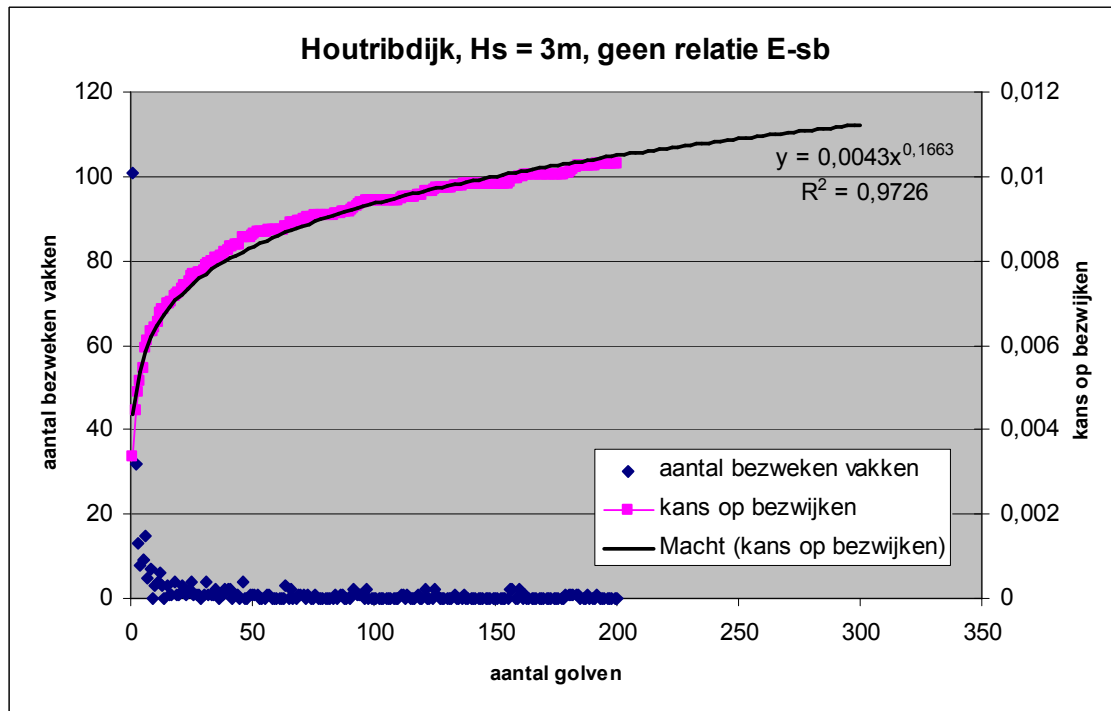


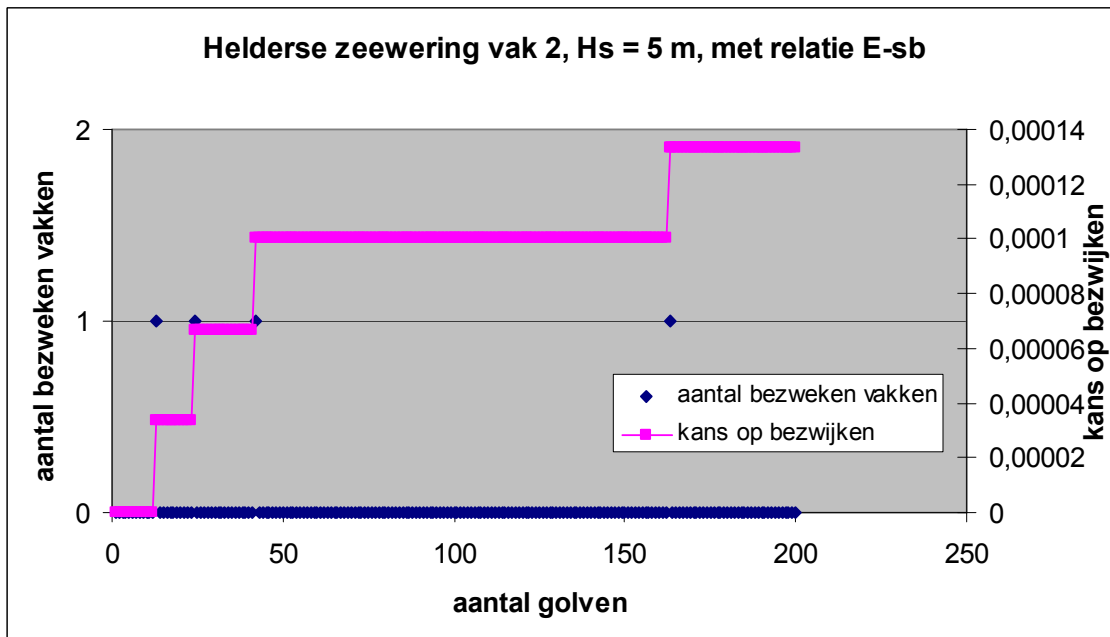
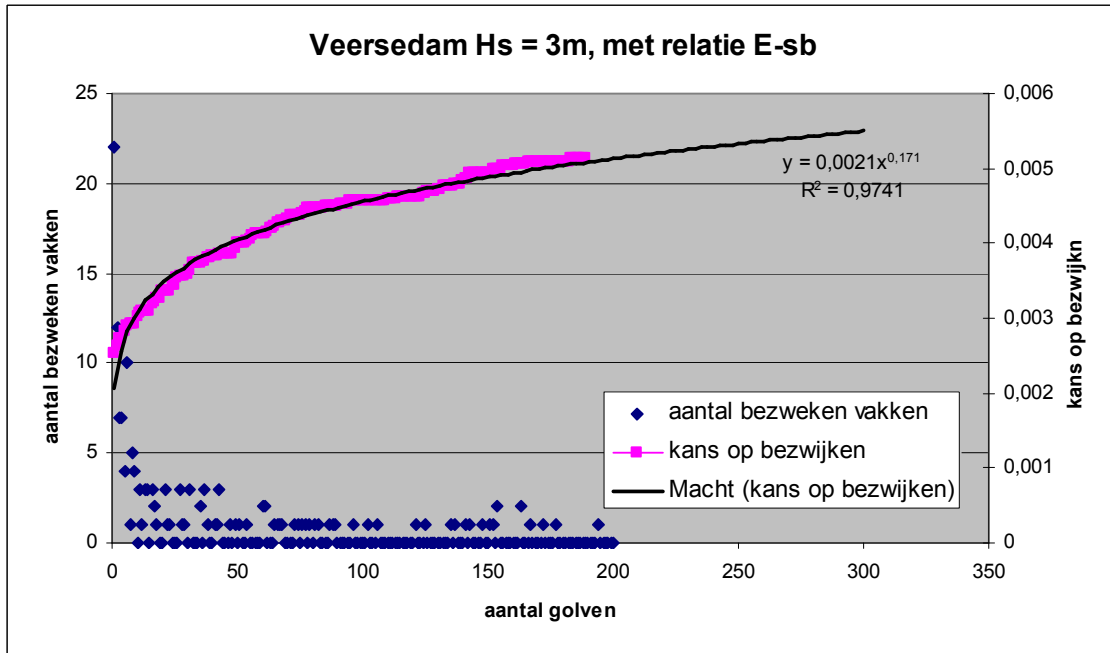


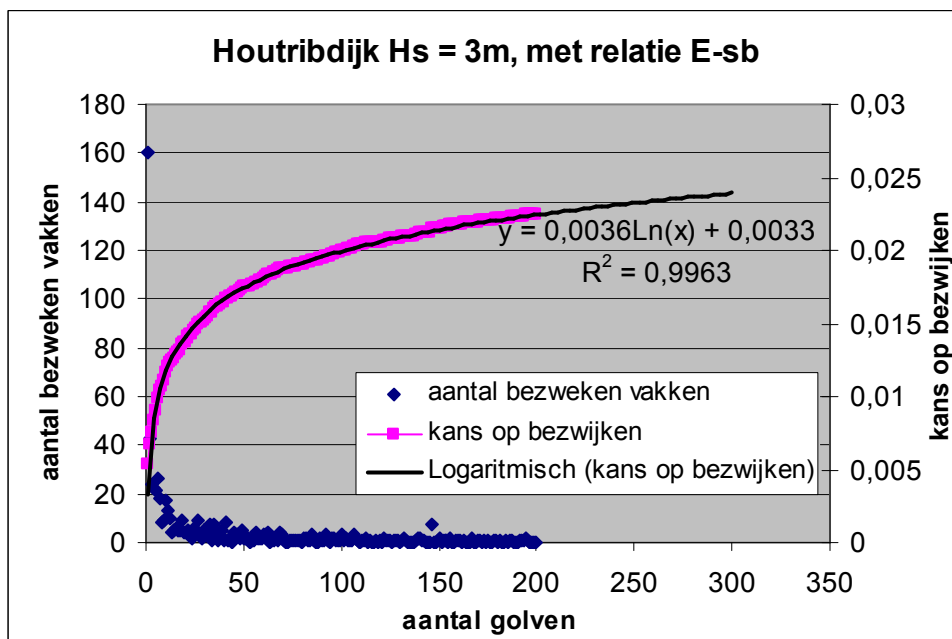
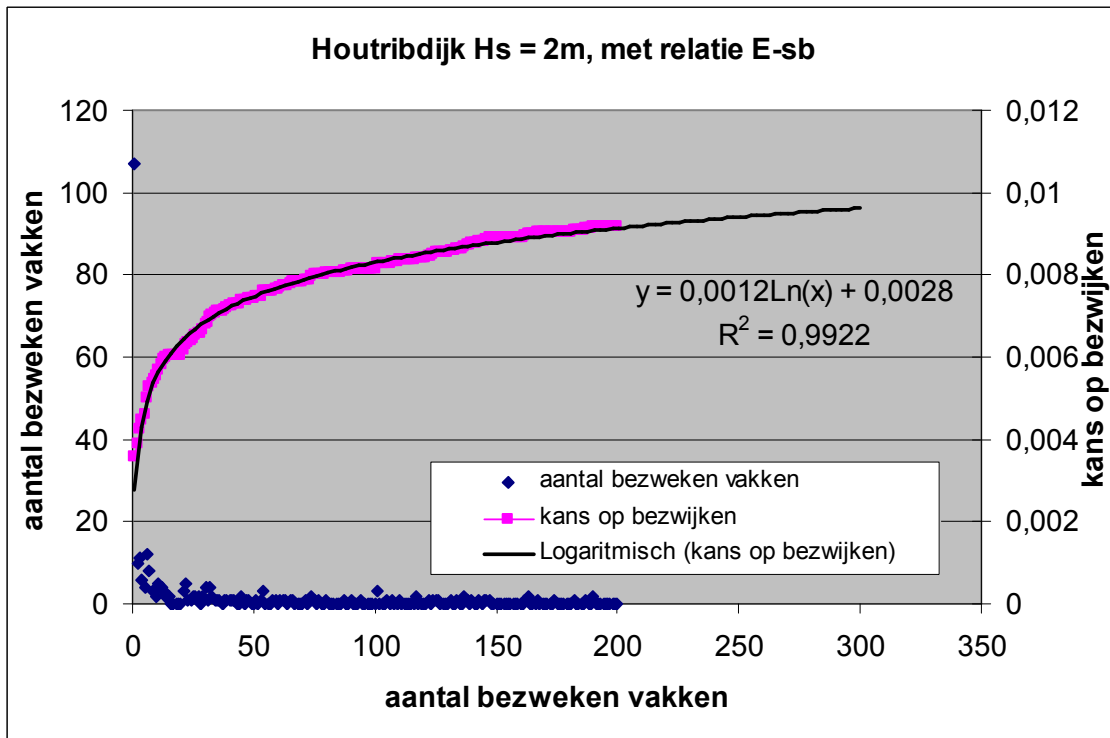
Bijlage 2: kans op bezwijken en aantal bezweken vakken versus het aantal golven











Bijlage 3: Invoerparameters en resultaten GOLFKLAP 1.2.1.0 berekeningen
Veersedam gemiddeld
Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	3,79	MPa ⁻¹
c	69,8	MPa m ⁻¹
d1	0,25	m
E1	6694	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	2,48	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	1,50	m+NAP
h _{max}	6,00	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	1,50
20,00	6,50

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Noordzee en Westerschelde	
GWS	-0,15	m+NAP
Toetspeil	5,00	m+NAP
opzet		m
T _{tij}	12,00	u
Δfase	0,00	u
GGA	1,85	m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
1,50	7,80	3,00
6,50	7,80	3,00

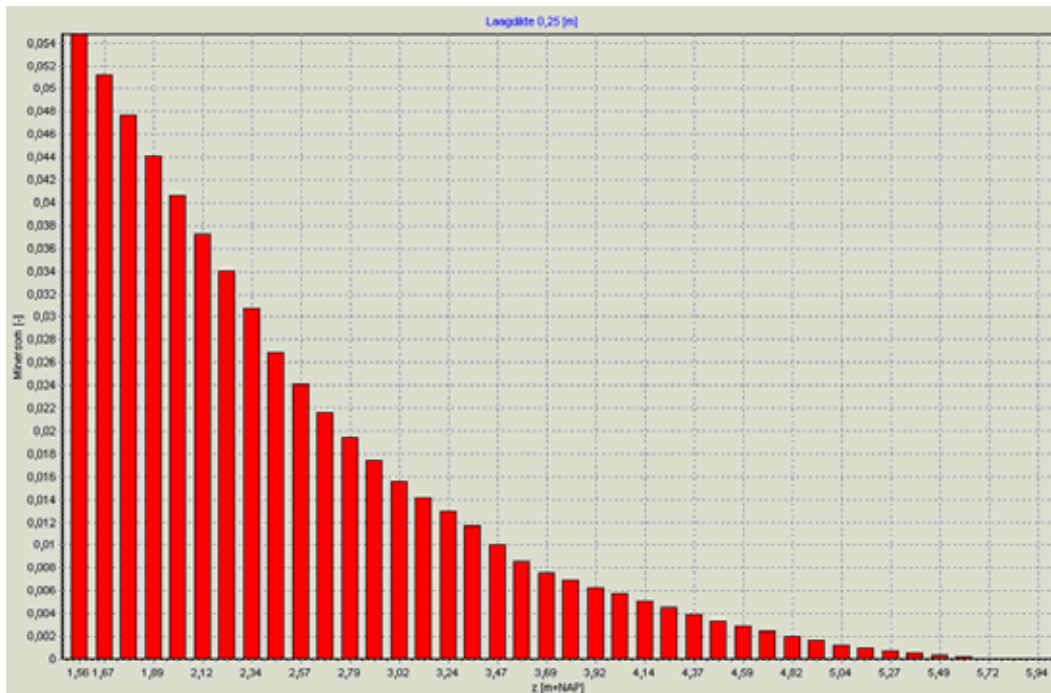
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 0,055 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	1,556	0,0548
2	1,669	0,0512
3	1,781	0,0477
4	1,894	0,0441
5	2,006	0,0406
6	2,119	0,0372
7	2,231	0,0340
8	2,344	0,0308
9	2,456	0,0270
10	2,569	0,0241
11	2,681	0,0216
12	2,794	0,0194
13	2,906	0,0174
14	3,019	0,0157
15	3,131	0,0142
16	3,244	0,0130
17	3,356	0,0117
18	3,469	0,0101
19	3,581	0,0086
20	3,694	0,0076
21	3,806	0,0069
22	3,919	0,0063
23	4,031	0,0057
24	4,144	0,0051
25	4,256	0,0045
26	4,369	0,0040
27	4,481	0,0034
28	4,594	0,0029
29	4,706	0,0024
30	4,819	0,0020
31	4,931	0,0016
32	5,044	0,0013
33	5,156	0,0010
34	5,269	0,0007
35	5,381	0,0005
36	5,494	0,0004
37	5,606	0,0003
38	5,719	0,0001
39	5,831	0,0000
40	5,944	0,0000



Veersedam

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	1,72	MPa ⁻¹
c	21,0	MPa m ⁻¹
d1	0,21	m
E1	10004	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	2,48	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	1,50	m+NAP
h _{max}	6,00	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	1,50
20,00	6,50

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Noordzee en Westerschelde	
GWS	-0,15	m+NAP
Toetspeil	5,00	m+NAP
opzet		m
T _{tij}	12,00	u
Δfase	0,00	u
GGA	1,85	m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
1,50	7,80	3,00
6,50	7,80	3,00

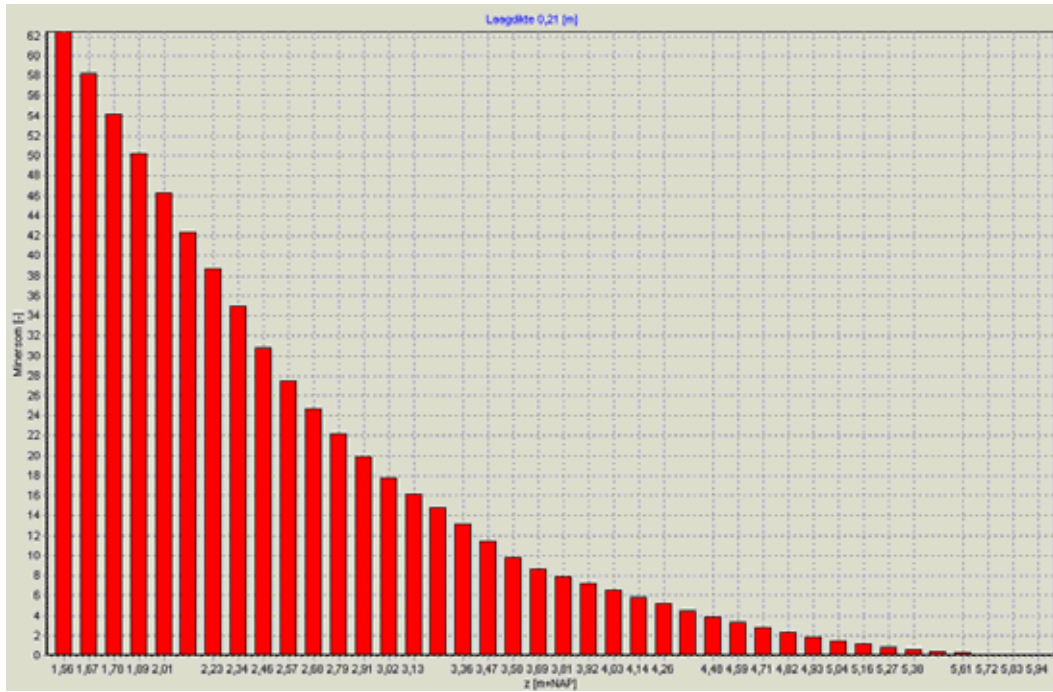
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 62,395 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	1,556	62,3954
2	1,669	58,2731
3	1,781	54,2053
4	1,894	50,1959
5	2,006	46,2420
6	2,119	42,3699
7	2,231	38,7003
8	2,344	34,9144
9	2,456	30,7742
10	2,569	27,4104
11	2,681	24,6370
12	2,794	22,1087
13	2,906	19,8274
14	3,019	17,8329
15	3,131	16,1583
16	3,244	14,7548
17	3,356	13,2333
18	3,469	11,4469
19	3,581	9,7913
20	3,694	8,6471
21	3,806	7,8643
22	3,919	7,1888
23	4,031	6,5134
24	4,144	5,8357
25	4,256	5,1637
26	4,369	4,5108
27	4,481	3,8893
28	4,594	3,3064
29	4,706	2,7670
30	4,819	2,2737
31	4,931	1,8292
32	5,044	1,4413
33	5,156	1,1125
34	5,269	0,8408
35	5,381	0,6228
36	5,494	0,4496
37	5,606	0,3030
38	5,719	0,1454
39	5,831	0,0252
40	5,944	0,0008



Helderse zeevering (hs=4) gemiddeld

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	5,62	MPa ⁻¹
c	106,0	MPa m ⁻¹
d1	0,34	m
E1	8023	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	5,98	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	1,50	m+NAP
h _{max}	6,00	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	1,50
20,00	6,50

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Noordzee en Westerschelde	
GWS	0,00	m+NAP
Toetspeil	5,00	m+NAP
opzet		m
T _{tij}	12,00	u
Δfase	0,00	u
GGA	1,40	m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
1,50	7,80	4,00
6,50	7,80	4,00

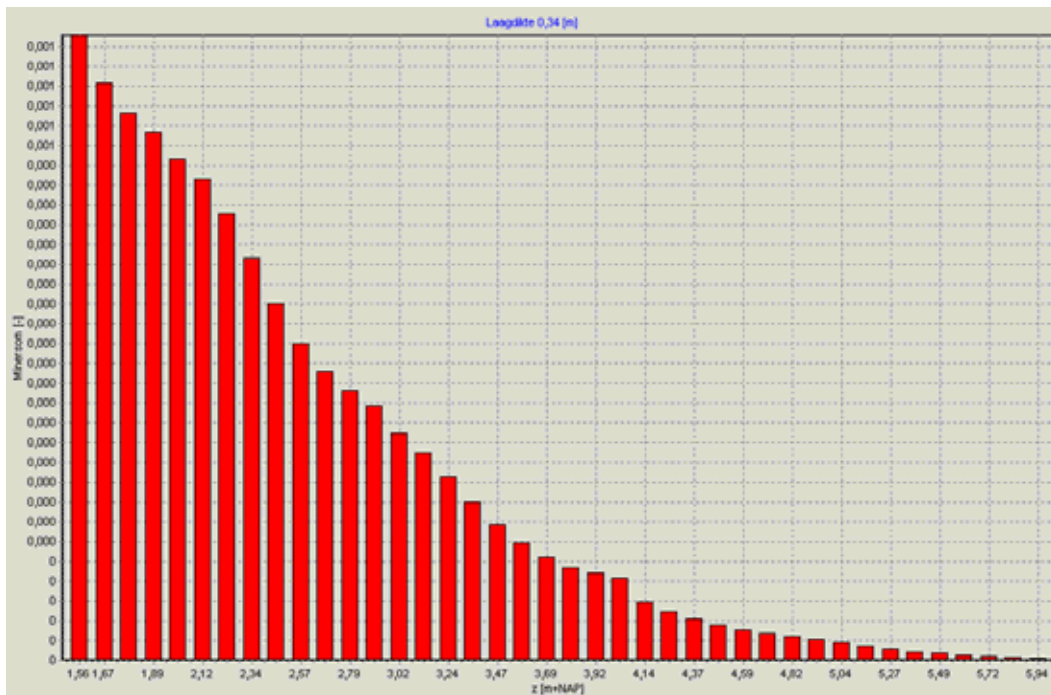
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 0,001 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	1,556	0,0006
2	1,669	0,0006
3	1,781	0,0006
4	1,894	0,0005
5	2,006	0,0005
6	2,119	0,0005
7	2,231	0,0005
8	2,344	0,0004
9	2,456	0,0004
10	2,569	0,0003
11	2,681	0,0003
12	2,794	0,0003
13	2,906	0,0003
14	3,019	0,0002
15	3,131	0,0002
16	3,244	0,0002
17	3,356	0,0002
18	3,469	0,0001
19	3,581	0,0001
20	3,694	0,0001
21	3,806	0,0001
22	3,919	0,0001
23	4,031	0,0001
24	4,144	0,0001
25	4,256	0,0000
26	4,369	0,0000
27	4,481	0,0000
28	4,594	0,0000
29	4,706	0,0000
30	4,819	0,0000
31	4,931	0,0000
32	5,044	0,0000
33	5,156	0,0000
34	5,269	0,0000
35	5,381	0,0000
36	5,494	0,0000
37	5,606	0,0000
38	5,719	0,0000
39	5,831	0,0000
40	5,944	0,0000



Helderse zeevering (hs=4)

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	4,80	MPa ⁻¹
c	67,0	MPa m ⁻¹
d1	0,30	m
E1	10834	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	5,98	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	1,50	m+NAP
h _{max}	6,00	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	1,50
20,00	6,50

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Noordzee en Westerschelde	
GWS	0,00	m+NAP
Toetspeil	5,00	m+NAP
opzet		m
T _{tij}	12,00	u
Δfase	0,00	u
GGA	1,40	m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
1,50	7,80	4,00
6,50	7,80	4,00

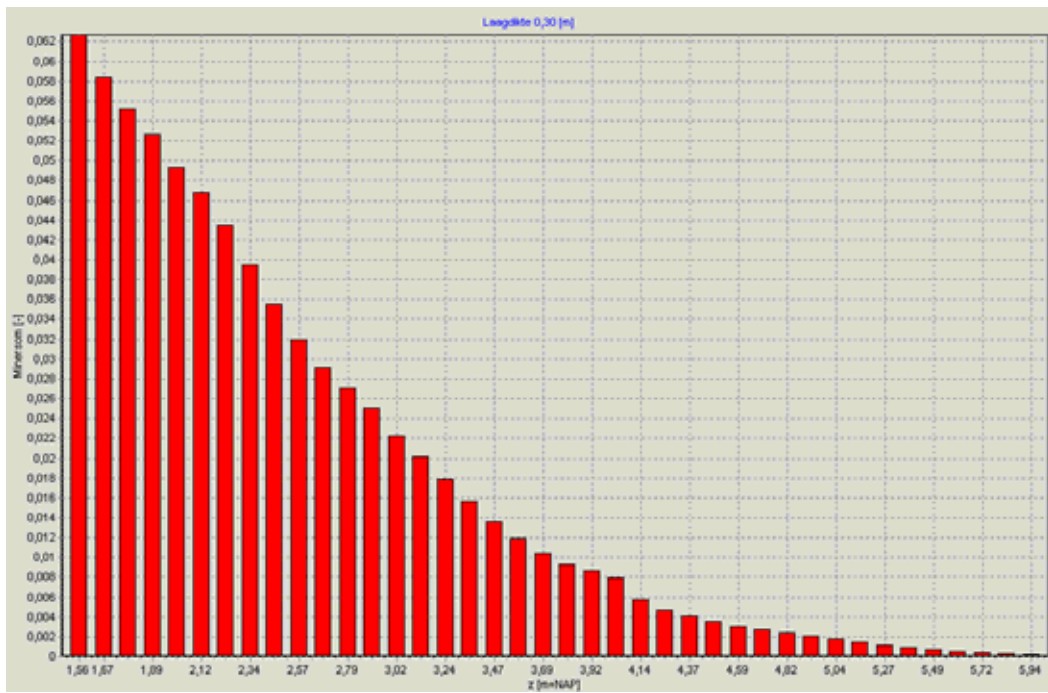
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 0,063 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	1,556	0,0627
2	1,669	0,0584
3	1,781	0,0552
4	1,894	0,0527
5	2,006	0,0493
6	2,119	0,0468
7	2,231	0,0435
8	2,344	0,0395
9	2,456	0,0355
10	2,569	0,0320
11	2,681	0,0292
12	2,794	0,0271
13	2,906	0,0251
14	3,019	0,0222
15	3,131	0,0201
16	3,244	0,0179
17	3,356	0,0156
18	3,469	0,0136
19	3,581	0,0119
20	3,694	0,0104
21	3,806	0,0093
22	3,919	0,0087
23	4,031	0,0079
24	4,144	0,0057
25	4,256	0,0047
26	4,369	0,0041
27	4,481	0,0035
28	4,594	0,0031
29	4,706	0,0027
30	4,819	0,0024
31	4,931	0,0021
32	5,044	0,0017
33	5,156	0,0014
34	5,269	0,0011
35	5,381	0,0009
36	5,494	0,0007
37	5,606	0,0006
38	5,719	0,0004
39	5,831	0,0003
40	5,944	0,0002



Helderse zeewering (hs=5) gemiddeld

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	5,62	MPa ⁻¹
c	106,0	MPa m ⁻¹
d1	0,34	m
E1	8023	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	5,98	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	1,50	m+NAP
h _{max}	6,00	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	1,50
20,00	6,50

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Noordzee en Westerschelde	
GWS	0,00	m+NAP
Toetspeil	5,00	m+NAP
opzet		m
T _{tij}	12,00	u
Δfase	0,00	u
GGA	1,40	m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
1,50	7,80	5,00
6,50	7,80	5,00

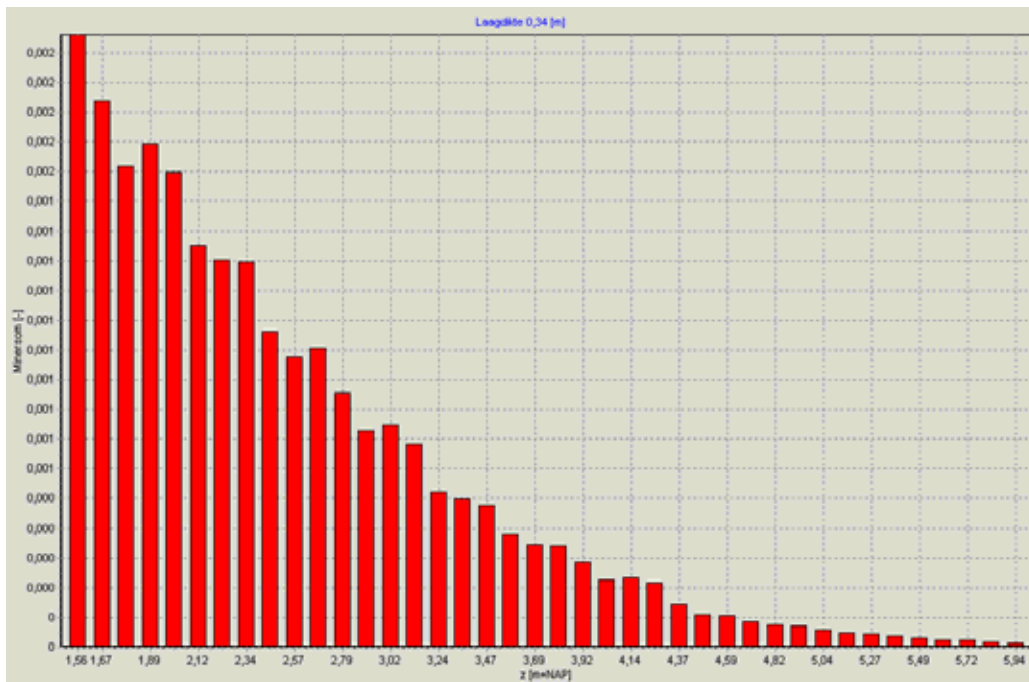
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 0,002 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	1,556	0,0021
2	1,669	0,0018
3	1,781	0,0016
4	1,894	0,0017
5	2,006	0,0016
6	2,119	0,0013
7	2,231	0,0013
8	2,344	0,0013
9	2,456	0,0011
10	2,569	0,0010
11	2,681	0,0010
12	2,794	0,0009
13	2,906	0,0007
14	3,019	0,0007
15	3,131	0,0007
16	3,244	0,0005
17	3,356	0,0005
18	3,469	0,0005
19	3,581	0,0004
20	3,694	0,0003
21	3,806	0,0003
22	3,919	0,0003
23	4,031	0,0002
24	4,144	0,0002
25	4,256	0,0002
26	4,369	0,0001
27	4,481	0,0001
28	4,594	0,0001
29	4,706	0,0001
30	4,819	0,0001
31	4,931	0,0001
32	5,044	0,0001
33	5,156	0,0000
34	5,269	0,0000
35	5,381	0,0000
36	5,494	0,0000
37	5,606	0,0000
38	5,719	0,0000
39	5,831	0,0000
40	5,944	0,0000



Helderse zeewering (hs=5)

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	4,80	MPa ⁻¹
c	67,0	MPa m ⁻¹
d1	0,30	m
E1	10834	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	5,98	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	1,50	m+NAP
h _{max}	6,00	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	1,50
20,00	6,50

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Noordzee en Westerschelde	
GWS	0,00	m+NAP
Toetspeil	5,00	m+NAP
opzet		m
T _{tij}	12,00	u
Δfase	0,00	u
GGA	1,40	m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
1,50	7,80	5,00
6,50	7,80	5,00

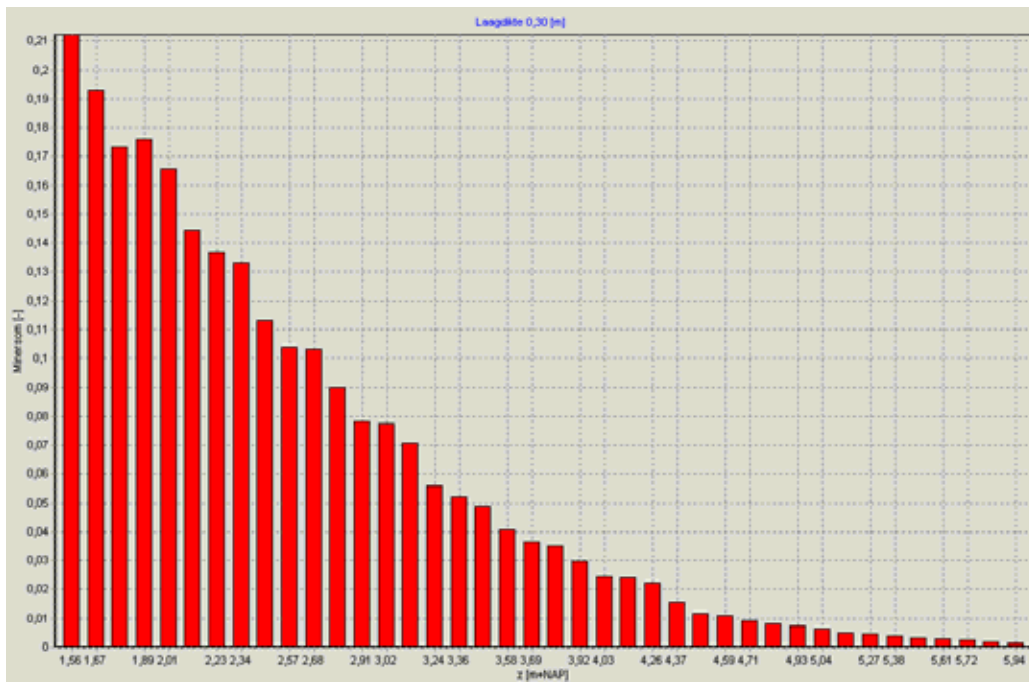
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 0,212 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	1,556	0,2122
2	1,669	0,1926
3	1,781	0,1733
4	1,894	0,1756
5	2,006	0,1655
6	2,119	0,1444
7	2,231	0,1370
8	2,344	0,1329
9	2,456	0,1131
10	2,569	0,1040
11	2,681	0,1034
12	2,794	0,0898
13	2,906	0,0782
14	3,019	0,0775
15	3,131	0,0706
16	3,244	0,0560
17	3,356	0,0521
18	3,469	0,0489
19	3,581	0,0406
20	3,694	0,0365
21	3,806	0,0351
22	3,919	0,0297
23	4,031	0,0244
24	4,144	0,0241
25	4,256	0,0222
26	4,369	0,0154
27	4,481	0,0118
28	4,594	0,0109
29	4,706	0,0092
30	4,819	0,0080
31	4,931	0,0074
32	5,044	0,0063
33	5,156	0,0051
34	5,269	0,0046
35	5,381	0,0040
36	5,494	0,0031
37	5,606	0,0027
38	5,719	0,0024
39	5,831	0,0018
40	5,944	0,0014



Houtrib (hs=2) gemiddeld

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	3,76	MPa ⁻¹
c	71,0	MPa m ⁻¹
d1	0,30	m
E1	6661	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	3,00	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	0,40	m+NAP
h _{max}	5,40	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	0,40
20,00	5,40

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Merengebied	
GWS	-0,40	m+NAP
Toetspeil	1,44	m+NAP
opzet		m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
0,40	7,80	2,00
5,40	7,80	2,00

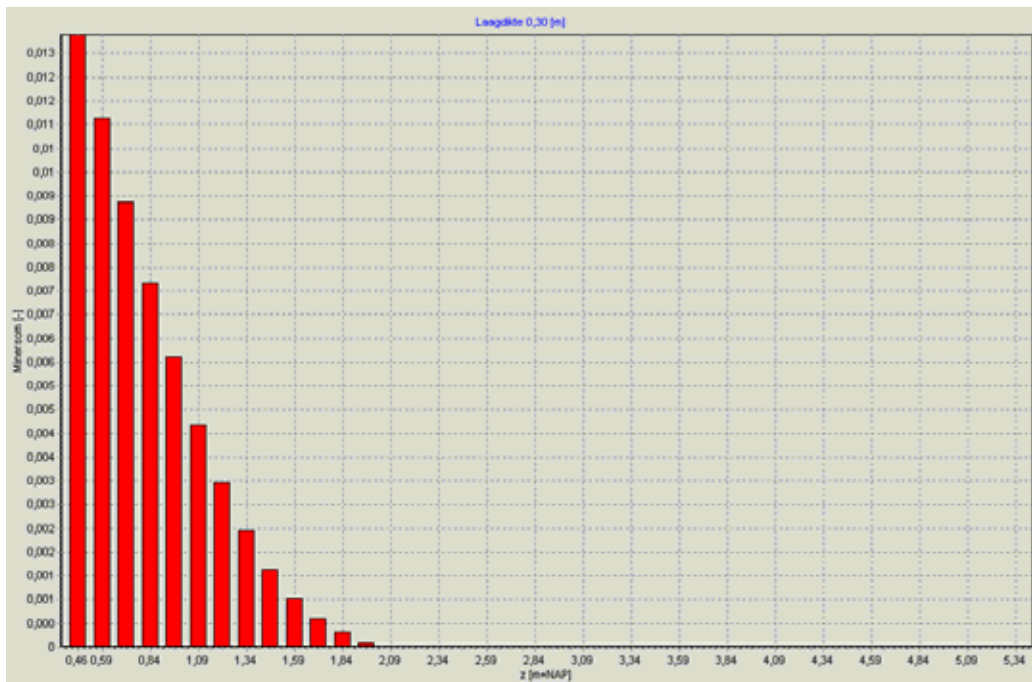
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 0,013 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	0,463	0,0129
2	0,588	0,0111
3	0,713	0,0094
4	0,837	0,0077
5	0,962	0,0061
6	1,087	0,0047
7	1,212	0,0035
8	1,337	0,0024
9	1,463	0,0016
10	1,588	0,0010
11	1,713	0,0006
12	1,838	0,0003
13	1,963	0,0001
14	2,088	0,0000
15	2,213	0,0000
16	2,338	0,0000
17	2,462	0,0000
18	2,587	0,0000
19	2,713	0,0000
20	2,838	0,0000
21	2,962	0,0000
22	3,087	0,0000
23	3,213	0,0000
24	3,338	0,0000
25	3,463	0,0000
26	3,587	0,0000
27	3,712	0,0000
28	3,837	0,0000
29	3,963	0,0000
30	4,088	0,0000
31	4,213	0,0000
32	4,338	0,0000
33	4,463	0,0000
34	4,588	0,0000
35	4,713	0,0000
36	4,838	0,0000
37	4,963	0,0000
38	5,088	0,0000
39	5,213	0,0000
40	5,338	0,0000



Houtrib (hs=2)

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	2,31	MPa ⁻¹
c	38,0	MPa m ⁻¹
d1	0,27	m
E1	9600	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	3,00	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	0,40	m+NAP
h _{max}	5,40	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	0,40
20,00	5,40

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Merengebied	
GWS	-0,40	m+NAP
Toetspeil	1,44	m+NAP
opzet		m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
0,40	7,80	2,00
5,40	7,80	2,00

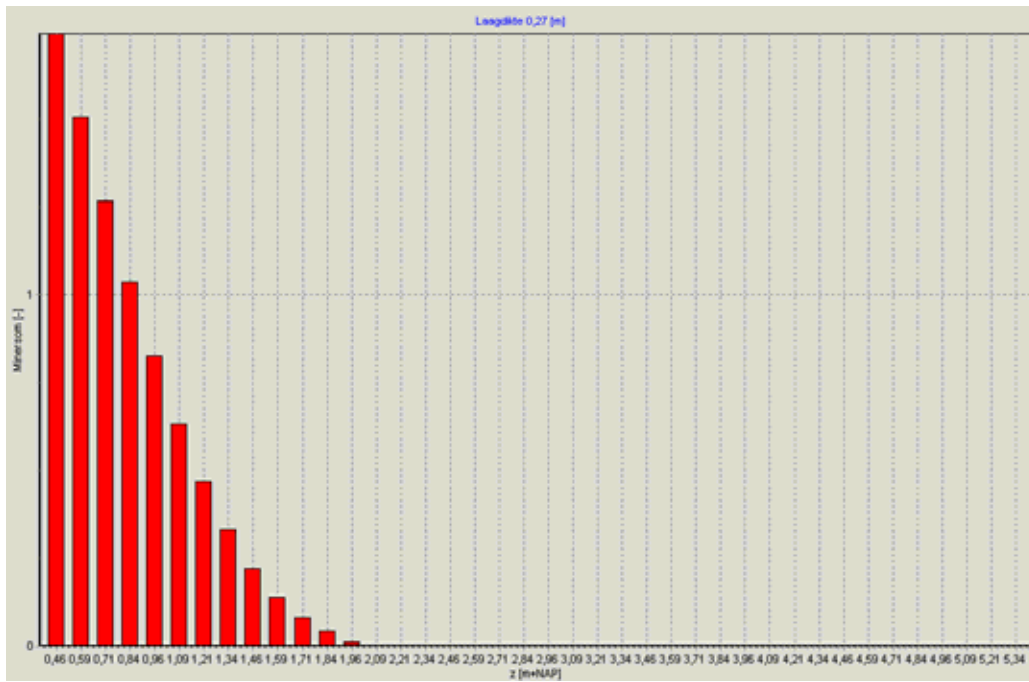
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 1,744 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	0,463	1,7440
2	0,588	1,5063
3	0,713	1,2680
4	0,837	1,0388
5	0,962	0,8259
6	1,087	0,6346
7	1,212	0,4689
8	1,337	0,3309
9	1,463	0,2214
10	1,588	0,1394
11	1,713	0,0823
12	1,838	0,0434
13	1,963	0,0112
14	2,088	0,0004
15	2,213	0,0000
16	2,338	0,0000
17	2,462	0,0000
18	2,587	0,0000
19	2,713	0,0000
20	2,838	0,0000
21	2,962	0,0000
22	3,087	0,0000
23	3,213	0,0000
24	3,338	0,0000
25	3,463	0,0000
26	3,587	0,0000
27	3,712	0,0000
28	3,837	0,0000
29	3,963	0,0000
30	4,088	0,0000
31	4,213	0,0000
32	4,338	0,0000
33	4,463	0,0000
34	4,588	0,0000
35	4,713	0,0000
36	4,838	0,0000
37	4,963	0,0000
38	5,088	0,0000
39	5,213	0,0000
40	5,338	0,0000



Houtrib (hs=3) gemiddeld

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	3,76	MPa ⁻¹
c	71,0	MPa m ⁻¹
d1	0,30	m
E1	6661	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	3,00	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	0,40	m+NAP
h _{max}	5,40	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	0,40
20,00	5,40

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Merengebied	
GWS	-0,40	m+NAP
Toetspeil	1,44	m+NAP
opzet		m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
0,40	7,80	3,00
5,40	7,80	3,00

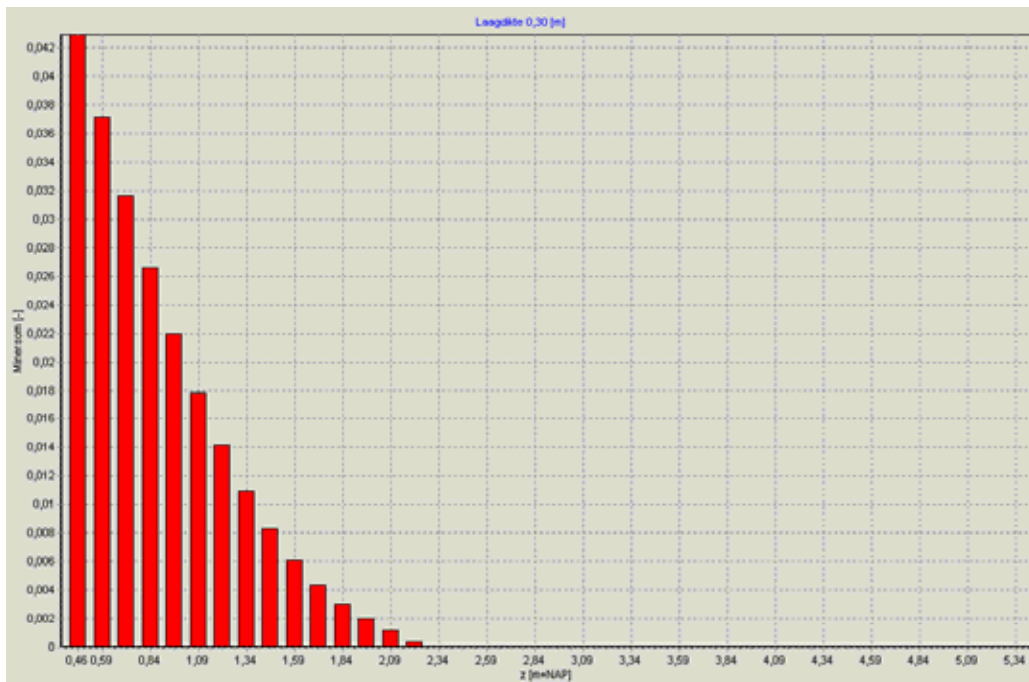
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 0,043 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	0,463	0,0429
2	0,588	0,0371
3	0,713	0,0317
4	0,837	0,0266
5	0,962	0,0220
6	1,087	0,0178
7	1,212	0,0141
8	1,337	0,0110
9	1,463	0,0083
10	1,588	0,0061
11	1,713	0,0044
12	1,838	0,0030
13	1,963	0,0020
14	2,088	0,0012
15	2,213	0,0004
16	2,338	0,0000
17	2,462	0,0000
18	2,587	0,0000
19	2,713	0,0000
20	2,838	0,0000
21	2,962	0,0000
22	3,087	0,0000
23	3,213	0,0000
24	3,338	0,0000
25	3,463	0,0000
26	3,587	0,0000
27	3,712	0,0000
28	3,837	0,0000
29	3,963	0,0000
30	4,088	0,0000
31	4,213	0,0000
32	4,338	0,0000
33	4,463	0,0000
34	4,588	0,0000
35	4,713	0,0000
36	4,838	0,0000
37	4,963	0,0000
38	5,088	0,0000
39	5,213	0,0000
40	5,338	0,0000



Houtrib (hs=3)

Profielgegevens

parameter	waarde	eenheid
log (k)	2,31	MPa ⁻¹
c	38,0	MPa m ⁻¹
d1	0,27	m
E1	9600	MPa
tweelagensysteem	nee	
v	0,350	-
h _{vl}	-10,00	m+NAP
a	3,00	-
aantal rekenpunten	40	
h _{min}	0,40	m+NAP
h _{max}	5,40	m+NAP

Geschematiseerd

x [m]	z [m+NAP]
0,00	0,40
20,00	5,40

Hydraulische randvoorwaarden

stormopzet	Merengebied	
GWS	-0,40	m+NAP
Toetspeil	1,44	m+NAP
opzet		m
SWL	50	

Golfhoogte en golfperiode

h [m+NAP]	T _g [s]	H _s [m]
0,40	7,80	3,00
5,40	7,80	3,00

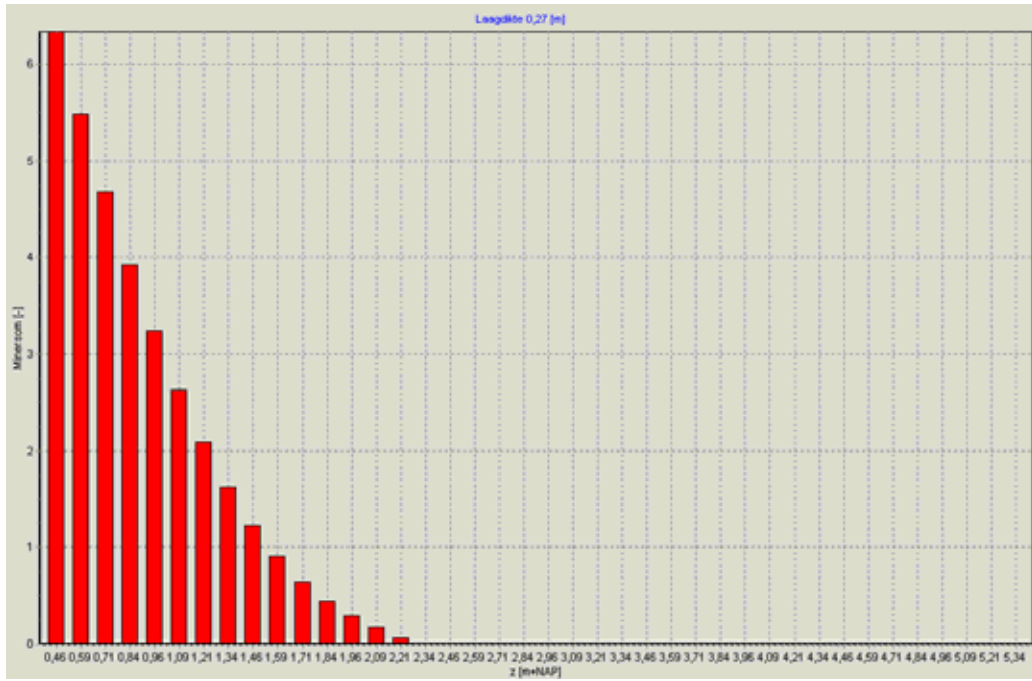
Overige gegevens

berekening	Toetsing	
inslagpuntverdeling	40	
ρ	1000,0	kg m ⁻³
g	9,810	m s ⁻²

Resultaat

Minersom: 6,336 -

Index []	z [m+NAP]	Minersom []
1	0,463	6,3364
2	0,588	5,4823
3	0,713	4,6749
4	0,837	3,9260
5	0,962	3,2418
6	1,087	2,6290
7	1,212	2,0890
8	1,337	1,6221
9	1,463	1,2286
10	1,588	0,9052
11	1,713	0,6466
12	1,838	0,4467
13	1,963	0,2968
14	2,088	0,1777
15	2,213	0,0593
16	2,338	0,0045
17	2,462	0,0000
18	2,587	0,0000
19	2,713	0,0000
20	2,838	0,0000
21	2,962	0,0000
22	3,087	0,0000
23	3,213	0,0000
24	3,338	0,0000
25	3,463	0,0000
26	3,587	0,0000
27	3,712	0,0000
28	3,837	0,0000
29	3,963	0,0000
30	4,088	0,0000
31	4,213	0,0000
32	4,338	0,0000
33	4,463	0,0000
34	4,588	0,0000
35	4,713	0,0000
36	4,838	0,0000
37	4,963	0,0000
38	5,088	0,0000
39	5,213	0,0000
40	5,338	0,0000



Bijlage 4: Vermoeiingslijnen

