

Rapport

aan

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen

AFDELING WATERWEGEN KUST

**VERGELIJKENDE STUDIE VAN
ALTERNATIEVE ONTWERPWAARDE SCHATTINGEN
VAN SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE**

- 14 mei, 2000 -

VERGELIJKENDE STUDIE VAN ALTERNATIEVE ONTWERPWAARDE SCHATTINGEN VAN SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE

1. INLEIDING

Voor de bepaling van de “ontwerpwaarde” van significante golfhoogte voor een gegeven “terugkeerperiode” zijn volgende methodes toegepast in de (nieuwe) meteoatlas:

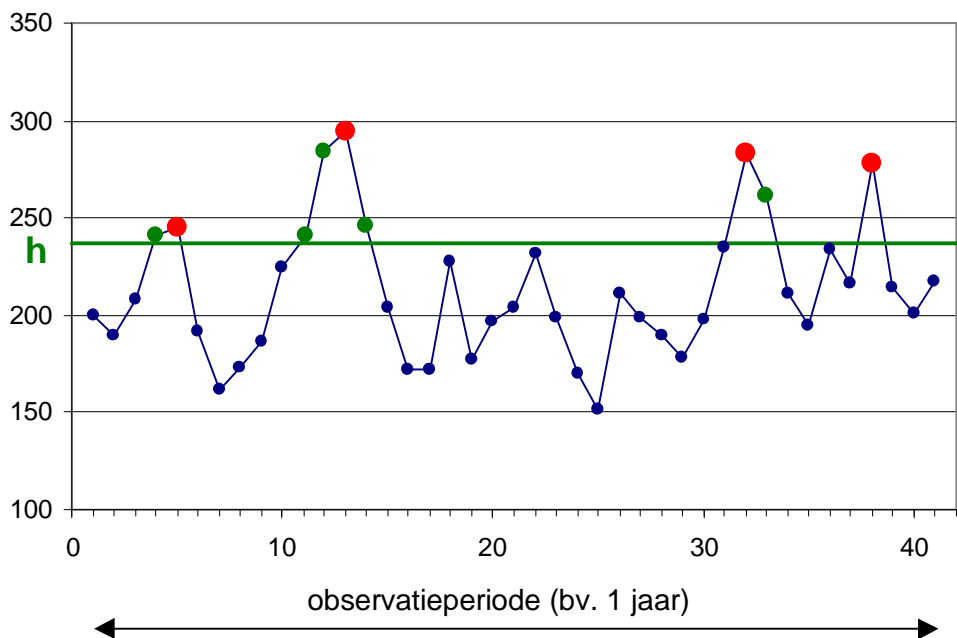
1. bepaling op basis van de marginale kansverdeling van de significante golfhoogte;
2. bepaling op basis van dezelfde marginale kansverdeling van de significante golfhoogte mits correctie voor de stormduur;
3. bepaling op basis van de POT (“peak-over-treshold”) waarden.

In dit rapport wordt de betekenis van de ontwerpwaarden geschat volgens deze drie alternatieve methodes toegelicht en worden de bekomen resultaten met elkaar vergeleken. Bovendien wordt ook het resultaat getoond dat wordt bekomen op basis van de analyses uitgevoerd in de vorige meteoatlas.

2. BETEKENIS VAN DE ONTWERPWAARDEN

De betekenis van de verschillende ontwerpwaarden kan op eenvoudige wijze worden begrepen door middel van volgend voorbeeld.

Veronderstel dat men beschikt over een continue meetreeks van significante golfhoogten waarbij iedere waarde representatief is voor een bepaald meetinterval Δt . In de volgende illustratie wordt zulk een meetreeks voorgesteld van 42 meetpunten. Hoewel niet realistisch wordt hier verondersteld dat de meetreeks een kalenderperiode voorstelt van 1 jaar en elke meetwaarde representatief is voor een tijdsinterval van 1/42 jaar.



Ontwerpwaarden berekend op basis van de marginale kansverdeling:

Bij de berekening ontwerpwaarden op basis van de marginale kansverdeling beschouwt men alle (in dit geval 42) gegevens. Voor een gegeven waarde h , vindt men dat 9 van de 42 datapunten boven h liggen en een empirische schatter van de kans p van overschrijding is dus $9/42$. De frequentie $\lambda_{\text{marginaal}}$ van zulke overschrijdingen komt overeen met $9/\text{jaar}$ en de overeenkomstige “terugkeerperiode” is dan $1/9$ jaar.

De term “terugkeerperiode” is in dit geval dus een rechtstreekse aanduiding van het gemiddeld aantal observaties over een gegeven periode: bv. de waarde geassocieerd met een terugkeerperiode van $1/\text{jaar}$ wordt gemiddeld 10 maal waargenomen in 10

jaar. Het is echter best mogelijk dat alle 10 waarden in éénzelfde jaar voorkomen en in die zin is deze terugkeerperiode geen goed uitgangspunt voor de berekening van de kans dat deze waarde wordt overschreden in een bepaalde periode.

Wel is het zo dat voor voldoende hoge terugkeerperiodes (bv. 100 jaar of meer), zulk een waarde zeer uitzonderlijk voorkomt en dus vermoedelijk slechts éénmalig zal worden overschreden (gedurende 1 Δt). In deze veronderstelling kan men wel stellen dat de kans van de overschrijding van de N-jarige ontwerpwaarde in 1 enkel jaar goed benaderd wordt door $1/N$.

Ontwerpwaarden op basis van een POT-analyse

In de POT analyse worden enkel de piekwaarden tijdens stormen die een bepaalde drempel overschrijden in rekening gebracht (de rode symbolen in voorgaande illustratie). Voor dezelfde meetreeks vindt men 4 piekwaarden. De frequentie van zulke “onafhankelijke” overschrijdingen $\lambda_{\text{onafhankelijk}}$ is dus 4/jaar en de overeenkomstige terugkeerperiode voor deze waarde van h bedraagt $\frac{1}{4}$ jaar.

Deze terugkeerperiode is aanzienlijk hoger dan dewelke wordt geschat op basis van de marginale verdeling, maar ook de interpretatie is verschillend.

In dit geval is de terugkeerperiode representatief voor de gemiddelde tijd tussen “onafhankelijke” overschrijdingen van de waarde h. Het is dan ook meteen duidelijk dat deze definitie beter van toepassingen voor kansberekeningen. In de veronderstelling dat zulke overschrijdingen zich willekeurig maar met gelijke kans kunnen voordoen op elk tijdstip¹, vindt men dat de kans van een overschrijding in een willekeurige tijdsperiode T overeenkomt met:

$$P(H > h \text{ in } T) = 1 - \exp\left(-\frac{T}{T_R}\right) \quad (1)$$

waarbij T_R overeenkomt met de terugkeerperiode. Voor een voldoende lage verhouding T/T_R komt deze kans in goede benadering overeen met T/T_R . Men kan dus stellen dat de 100-jarige terugkeerperiode met kans 1% wordt overschreden in één enkel jaar.

Ontwerpwaarden na correctie van de marginale ontwerpwaarden voor de overschrijdingsduur van h

¹ Deze veronderstelling laat toe om een Poisson proces te veronderstellen voor de overschrijdingsgebeurtenissen.

Het is ook mogelijk om de gemiddelde tijd tussen opeenvolgende “onafhankelijke” overschrijdingen af te leiden rechtstreeks uit de marginale verdeling door de overschrijdingsduur van de overschrijding van h te modelleren. Zo vindt men in voorgaande illustratie dat de gemiddelde overschrijdingsduur, $T_{\text{gemiddeld}}$, van stormen boven h overeenkomt met $9/4 \Delta t$. De frequentie λ (gemiddeld aantal overschrijdingen per jaar) van “onafhankelijke” overschrijdingen in 1 jaar is dan gelijk aan de totale tijd van overschrijding in 1 jaar (de marginale jaarlijkse frequentie van overschrijdingen vermenigvuldigd met Δt) gedeeld door de gemiddelde tijd van de overschrijding:

$$\lambda_{\text{onafhankelijk}} = \lambda_{\text{marginaal}} \Delta t / T_{\text{gemiddeld}} \quad (2)$$

Toegepast op voorgaande illustratie vindt men:

$$\lambda_{\text{onafhankelijk}} = [9 \Delta t/\text{jaar}] / [(9/4) \Delta t] = 4/\text{jaar} \quad (3)$$

Het resultaat van deze correctie leidt dus tot hetzelfde resultaat als de POT analyse.

Verschillen tussen de ontwerpwaarden te wijten aan de schattingsmethode

In voorgaand voorbeeld werd uitgegaan van empirische schatters om het verband en de tegenstellingen tussen de verschillende ontwerpwaarden aan te tonen. Zulke empirische schatters kunnen echter slechts worden bepaald voor drempelwaarden die binnen het bereik van de waargenomen waarden liggen en, omwille van het beperkt aantal metingen, zijn ze onnauwkeurig voor de hogere drempelwaarden.

Bij toepassing van ieder van de voorgemelde methodes worden daarom een aantal model veronderstellingen die toelaten om extrapolaties te maken buiten het bereik van de waargenomen waarden en meer betrouwbare resultaten af te leiden voor de hogere waarden.

Zo wordt bij de afleiding van de ontwerpwaarden op basis van de marginale kansverdeling verondersteld dat deze verdeling (althans voor de hogere waarden) kan benaderd worden door een Weibull verdeling. Ook bij de afleiding van de ontwerpwaarden op basis van de POT waarden, wordt voor de kansverdeling van de waarden boven deze drempel (of althans de hoogste ordestatistieken) een bepaald verloop van de kansverdeling verondersteld. Voor de schatting van de gemiddelde overschrijdingsduur van opeenvolgende overschrijdingen (een “storm”) is verondersteld dat de duur exponentieel vermindert met de drempelwaarde.

Deze verschillende veronderstellingen en de verschillen in de toegepaste statistische schattingsmethode kunnen tot verdere verschillen tussen de geschatte ontwerpwaarden aanleiding geven.

3. VERGELIJKING VAN DE ONTWERPWAARDEN

Volgende tabellen en figuren vergelijken de ontwerpwaarden die door de verschillende methodes worden afgeleid voor de verschillende meetstations. Algemeen vindt men, zoals verwacht, een goede overeenkomst tussen de resultaten van de POT analyse en de resultaten op basis van de marginale kansverdeling na correctie voor de overschrijdingsduur. Deze laatste resultaten zijn beperkt tot een terugkeerperiode van 100 jaar, omdat voor hogere terugkeerperiodes de gemiddelde tijdsduur kleiner is dan het meetinterval van het instrument (typisch 15 minuten).

Voor de lagere terugkeerperiodes (typisch tot 100 jaar) zijn de resultaten van de POT analyse typisch lager dan de resultaten op basis van de marginale kansverdeling. Dit is het gevolg van het feit dat voor dergelijke terugkeerperiodes de ontwerpwaarde overeenstemt met een drempelwaarde waarbij de gemiddelde duur van opeenvolgende overschrijdingen het meetinterval overschrijdt. Voor een kansberekening is het dan ook meer aangewezen om in dit geval de resultaten van de POT analyse te gebruiken. Voor terugkeerperiodes hoger dan 100 jaar vindt men op basis van de POT resultaten typisch een weinig betrouwbare schatting, die meestal lager is dan de ontwerpwaarde bepaald op basis van de marginale kansverdeling. Verder dient vermeld dat het POT-resultaat voor Westhinder (H33) zeer sterk is bepaald door het voorkomen van één enkele ongewone hoge meetwaarde en daarom ook als bijzonder onnauwkeurig wordt aangeduid. Gezien de brede betrouwbaarheids grenzen voor de POT-resultaten bij hogere terugkeerperiodes, wordt voorgesteld om voor deze terugkeerperiodes de ontwerpwaarden afgeleid op basis van de marginale kansverdeling te gebruiken.

In de tabellen en figuren worden ook de resultaten bekomen op basis van de vorige meteoatlas getoond. Deze resultaten zijn eveneens bekomen door een fit van de marginale kansverdeling en hebben betrekking op het meetinterval van het instrument (bv. een 100-jarige ontwerpwaarde is een waarde die in 100 jaar gemiddeld 1 maal wordt overschrijden indien men over continue metingen zou beschikken voor elk meetinterval). De overeenkomstige ontwerpwaarden zijn typisch iets hoger dan de waarden gevonden in de huidige analyse. Dit is zonder twijfel in de eerste plaats te wijten aan verschillen in de schattingsmethode. In de vorige schattingsmethode werd een relatief ruwe discrete benadering (van 0.5m) gebruikt voor de oorspronkelijke gegevens, werd geen correctie gemaakt voor seizoenseffecten, werden alle gegevens gebruikt in de fit (terwijl de lagere waarden duidelijk niet voldoen aan de Weibull fit) en werd een kleinste-kwadraten methode gebruikt om de parameters van de fit te bepalen eerder dan de meer nauwkeurige ML-methode die in de nieuwe atlas wordt gebruikt. Naast deze verschillen in de schattingsmethode, zijn de nieuwe resultaten uiteraard ook verschillend omdat ze worden afgeleid op basis van een grotere dataset. Het betrouwbaarheidsinterval afgeleid voor de nieuwe resultaten toont echter dat het verschil tussen de beide resultaten vrij significant is en dus vermoedelijk te wijten is

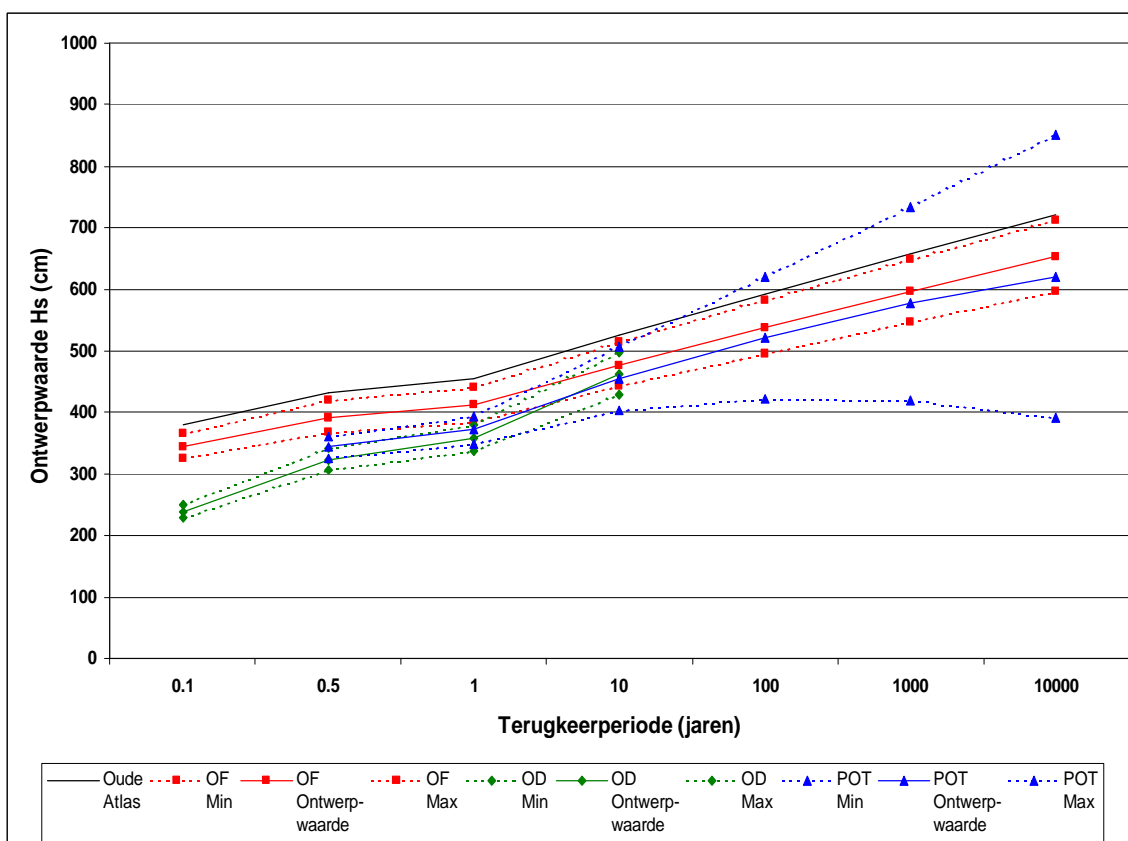
aan een systematische afwijking (als gevolg van het verschil in schattingsmethode) eerder dan aan toevallige fluctuaties.

3.1. A2 boei, H33 (cm)

Vergelijking N-jaarlijkse Ontwerpwaarden voor een duur van 15 minuten. (Bij OD : duur = overschrijdingsduur)

Locatie : A2B A2 Boei
 Sensor : GB1 Waveriderboei 1
 Parameter : H33 (cm) Signifikante Golfhoogte (Gemiddelde 33.3% hoogste golven)
 Meetinterval : 15 minuten

Terugkeer- periode (jaren)	Frequentie	Oude Atlas	Methode Overschrijdingsfrequentie			Nieuwe Atlas Methode Overschrijdingsduur			Methode POT		
			OF Min	OF Ontwerp- waarde	OF Max	OD Min	OD Ontwerp- waarde	OD Max	POT Min	POT Ontwerp- waarde	POT Max
0.1	2.85E-04	380	324	344	366	229	239	250	325	344	362
0.5	5.71E-05	432	368	392	419	306	324	343	349	372	395
1	2.85E-05	454	385	412	441	336	358	380	403	455	506
10	2.85E-06	525	442	477	513	430	463	498	423	522	621
100	2.85E-07	593	496	537	582				419	577	734
1000	2.85E-08	658	547	596	649				391	621	851
10000	2.85E-09	722	597	652	713						

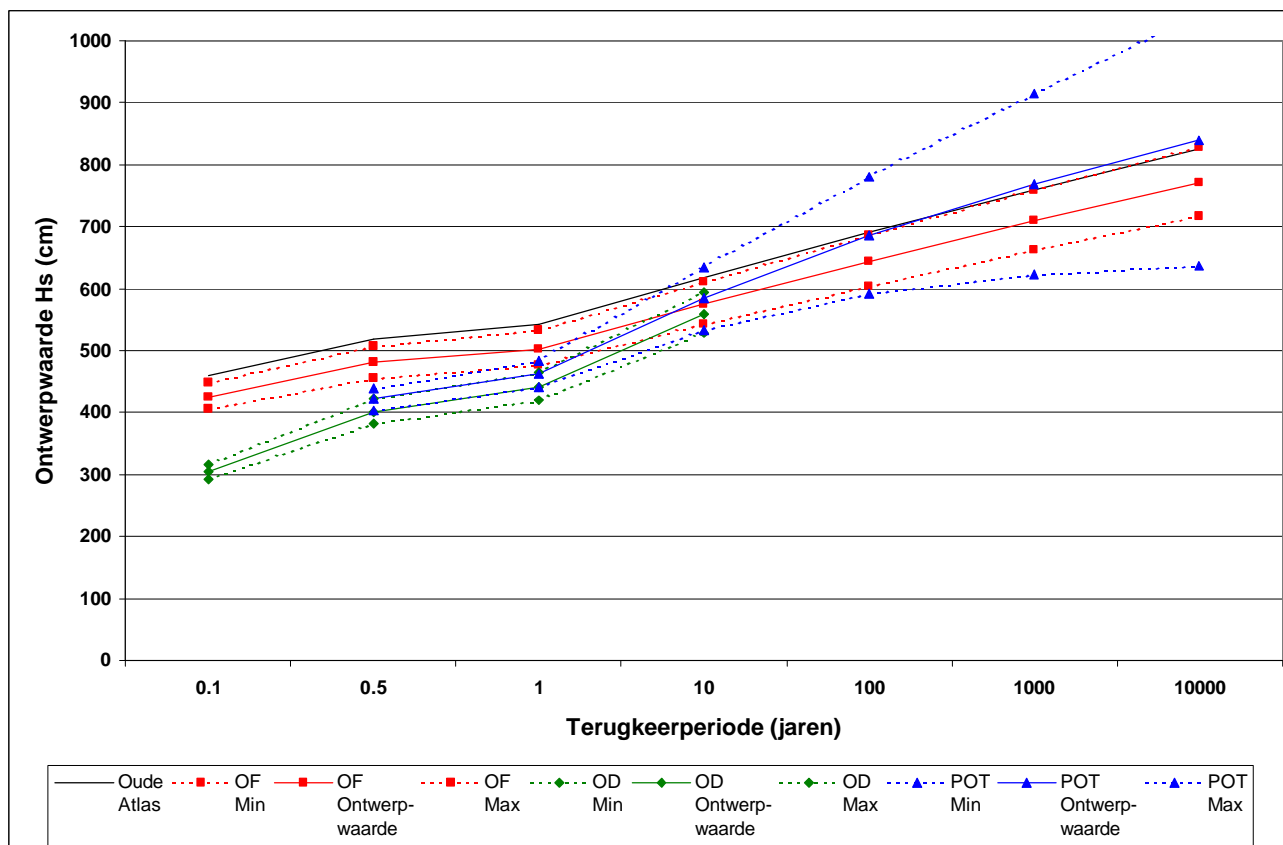


3.2. Akkaert, H33 (cm)

Vergelijking N-jaarlijkse Ontwerpwaarden voor een duur van 15 minuten. (Bij OD : duur = overschrijdingsduur)

Locatie : AKZ Akkaert Zuid
 Sensor : GB1 Waveriderboei 1
 Parameter : H33 (cm) Signifikante Golfhoogte (Gemiddelde 33.3% hoogste golven)
 Meetinterval : 15 minuten

Terugkeer- periode (jaren)	Frequentie	Oude Atlas	Methode Overschrijdingsfrequentie			Nieuwe Atlas Methode Overschrijdingsduur			Methode POT		
			OF Min	OF Ontwerp- waarde	OF Max	OD Min	OD Ontwerp- waarde	OD Max	POT Min	POT Ontwerp- waarde	POT Max
0.1	2.85E-04	460	405	425	447	292	303	315			
0.5	5.71E-05	518	455	480	507	383	402	422	403	421	438
1	2.85E-05	542	476	503	532	419	441	464	440	462	484
10	2.85E-06	618	541	576	612	527	560	594	534	585	635
100	2.85E-07	690	603	644	687				592	686	780
1000	2.85E-08	759	662	709	759				623	770	916
10000	2.85E-09	825	717	771	828				636	839	1042

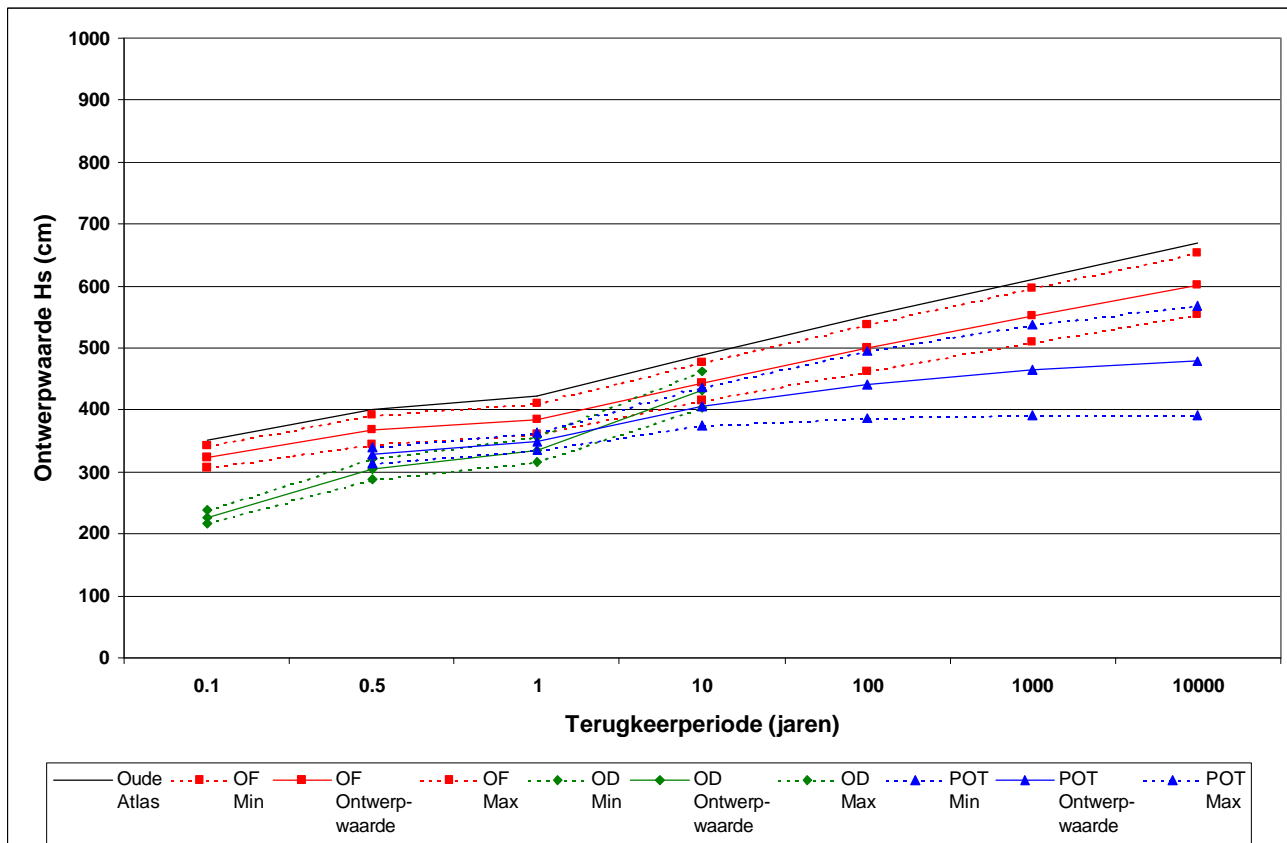


3.3. Bol van Heist, H33 (cm)

Vergelijking N-jaarlijkse Ontwerpwaarden voor een duur van 15 minuten. (Bij OD : duur = overschrijdingsduur)

Locatie : BVH Bol van Heist
 Sensor : GB1 Waveriderboei 1
 Parameter : H33 (cm) Signifikante Golfhoogte (Gemiddelde 33.3% hoogste golven)
 Meetinterval : 15 minuten

Terugkeer- periode (jaren)	Frequentie	Oude Atlas	Nieuwe Atlas								
			Methode Overschrijdingsfrequentie			Methode Overschrijdingsduur			Methode POT		
			OF Min	OF Ontwerp- waarde	OF Max	OD Min	OD Ontwerp- waarde	OD Max	POT Min	POT Ontwerp- waarde	POT Max
0.1	2.85E-04	352	306	323	342	217	227	237	314	327	340
0.5	5.71E-05	402	345	367	391	289	305	322	334	349	364
1	2.85E-05	422	362	386	411	317	336	356	374	405	437
10	2.85E-06	488	414	444	476	403	431	461	387	441	496
100	2.85E-07	551	463	499	537				391	465	538
1000	2.85E-08	612	510	552	596				391	479	568
10000	2.85E-09	671	555	602	654						

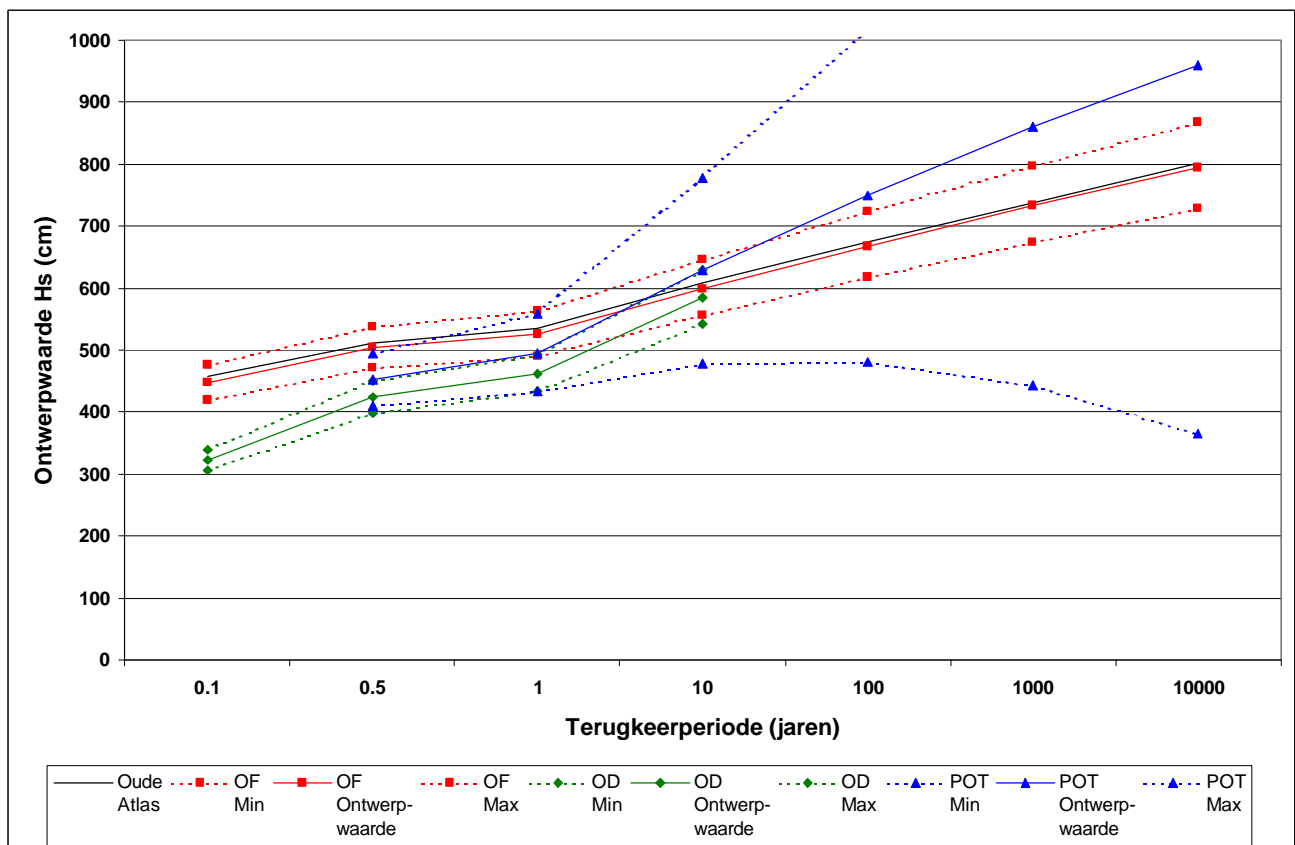


3.4. Westhinder, H33 (cm)

Vergelijking N-jaarlijkse Ontwerpwaarden voor een duur van 15 minuten. (Bij OD : duur = overschrijdingsduur)

Locatie : WHI Westhinder
 Sensor : GB1 Waveriderboei 1
 Parameter : H33 (cm) Signifikante Golfhoogte (Gemiddelde 33.3% hoogste golven)
 Meetinterval : 15 minuten

Terugkeerperiode (jaren)	Frequentie	Oude Atlas	Methode Overschrijdingsfrequentie			Nieuwe Atlas Methode Overschrijdingsduur			Methode POT		
			OF Min	OF Ontwerp-waarde	OF Max	OD Min	OD Ontwerp-waarde	OD Max	POT Min	POT Ontwerp-waarde	POT Max
0.1	2.85E-04	458	421	448	476	307	323	339	410	453	496
0.5	5.71E-05	513	471	504	539	399	424	450	434	496	558
1	2.85E-05	535	492	527	564	435	463	494	479	629	779
10	2.85E-06	607	557	600	646	542	584	629	482	750	1019
100	2.85E-07	675	617	668	724				444	860	1276
1000	2.85E-08	739	674	733	798				365	960	1554
10000	2.85E-09	801	729	796	869						



3.5. Westhinder, HM0 (cm)

Vergelijking N-jaarlijkse Ontwerpwaarden voor een duur van 30 minuten.(Bij OD : duur = overschrijdingsduur)

Locatie : WHI Westhinder
 Sensor : DB1 Wavecboei
 Parameter : HM0 (cm) Signifikante Golfhoogte (spectrum)
 Meetinterval : 30 minuten

Terugkeer- periode (jaren)	Frequentie	Oude Atlas	Methode Overschrijdingsfrequentie			Nieuwe Atlas Methode Overschrijdingsduur			Methode POT		
			OF Min	OF Ontwerp- waarde	OF Max	OD Min	OD Ontwerp- waarde	OD Max	POT Min	POT Ontwerp- waarde	POT Max
0.1	5.71E-04		386	419	454	298	319	341	407	430	453
0.5	1.14E-04		437	477	520	387	420	455	437	463	489
1	5.71E-05		457	500	547	422	460	501	491	537	583
10	5.71E-06		522	575	634	527	581	641	506	577	649
100	5.71E-07		582	646	717				506	599	691
1000	5.71E-08		639	713	795				503	610	717
10000	5.71E-09		693	776	870						

