

Modelit
Elisabethdreef 5
4101 KN Culemborg
Telefoon +31 345 880040



info@modelit.nl
www.modelit.nl

in opdracht van RIKZ

Ontwerp en kalibratie Wavix model: Waddenzee

Datum 24 april 2007
Modelit
KvK Rotterdam 24290229

Achtergrond

Nederland wordt tegen overstromingen door de Noordzee, de grote rivieren, het Markermeer en het IJsselmeer beschermd door primaire waterkeringen. In de Wet op de Waterkering is vastgelegd dat deze waterkeringen iedere vijf jaar getoetst dienen te worden met het doel te bepalen of zij het wettelijk voorgeschreven veiligheidsniveau kunnen garanderen voor de geldende Hydraulische Randvoorwaarden.

De Hydraulische Randvoorwaarden bestaan uit maatgevende waterstanden en golven vlak voor de dijken. Deze randvoorwaarden worden bepaald met behulp het spectrale golfmodel SWAN dat de vertaalslag kan maken tussen gemeten golfcondities op diep water naar golfcondities op ondiep water.

In het kader van het project “Sterkte en Belasting Waterkeringen” (SBW) verricht Rijkswaterstaat op diverse locaties in de Waddenzee golfmetingen. Deze metingen worden gebruikt ter verificatie en verbetering van het golfmodel voor het bepalen van de maatgevende golfcondities. Om een betrouwbaar beeld van de prestaties van het golfmodel te krijgen dienen de meetgegevens eerst gevalideerd te worden. Voor deze validatie wordt het validatiemodel Wavix gebruikt.

In dit document worden de stappen beschreven die doorlopen zijn om een Wavix model samen te stellen en te kalibreren. Met behulp van dit model kunnen golfmetingen in de Waddenzee met Wavix gevalideerd en gecontroleerd worden. De belangrijkste resultaten zijn beschikbaar via het helpcenter van de Wavix applicatie en zijn:

- Een regressiemodel voor het bijschatten van golfgegevens met behulp van WavixIV.
Dit model is te vinden in de subdirectory ‘Regressiemodel’.
- Een model van neurale netwerken voor het bijschatten van golfgegevens met behulp van WavixIV.
Dit model is te vinden in de subdirectory ‘Netwerken’.
- De tussenresultaten van elke stap in het kalibratieproces. Zodat het gehele proces doorlopen en geverifieerd kan worden.

De beschikbare data

Gedurende het stormseizoen 2006/2007 zijn op diverse locaties in de Waddenzee metingen verricht. In Figuur 1 is de ligging van deze meetlocaties aangegeven en in Tabel 1 is aangegeven welke parameters zijn gemeten op de verschillende locaties.

In Figuur 1 zijn de meetlocaties met rode en blauwe markers aangegeven:

- Rode markers: Op deze locaties worden golfparameters gemeten, deze parameters moeten gevalideerd kunnen worden.
- Blauwe markers: Op deze locaties wordt de wind en/of waterhoogte gemeten, deze parameters worden niet met behulp van Wavix gevalideerd maar worden wel gebruikt in het validatieproces.

De reeksen die met Wavix gevalideerd moeten worden zijn gespecificeerd in een stuurfile, deze stuurfile staat in het bestand hoofdsensoren.txt in de directory 'Stuurfiles' van het ZIP-bestand dat te downloaden is via het helpcenter van de Wavix applicatie.



Figuur 1: Meetlocaties in de Waddenzee tijdens het stormseizoen 2006/2007.

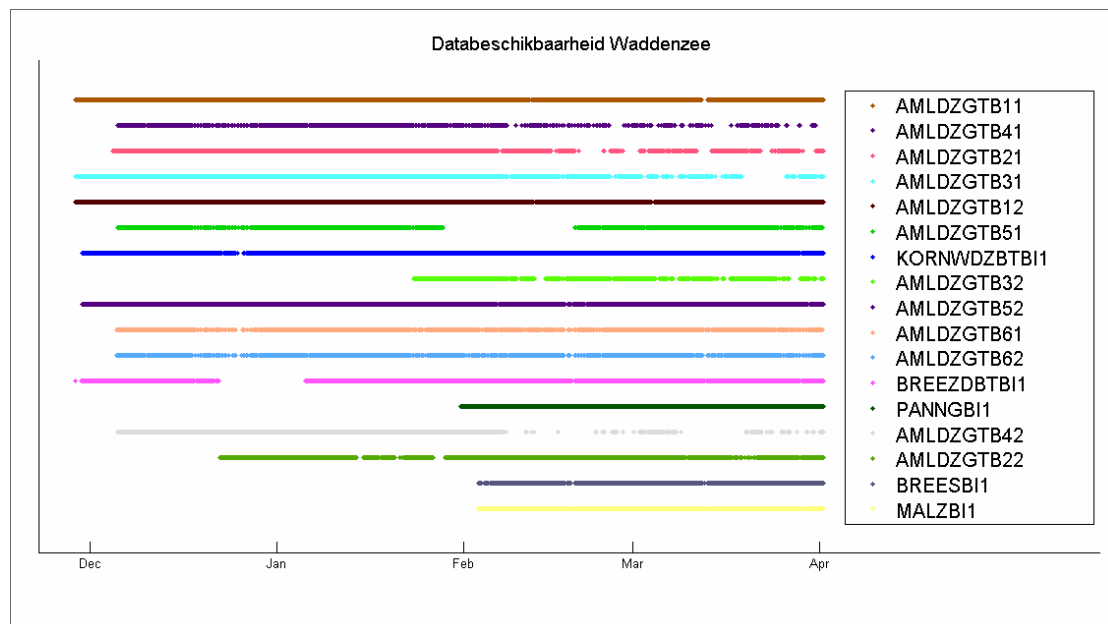
Tabel 1: Gemeten parameters per meetstation in de Waddenzee.

	Naam	Meetapparaat	Gemeten parameters
1	Amelander zeegat boei 61	Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Tm02, Tmax, Tmmin10
2	Amelander zeegat boei 62	Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Tm02, Tmax, Tmmin10
3	Amelander zeegat, boei 11	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmax, Tmmin10
4	Amelander zeegat, boei 12	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmax, Tmmin10
5	Amelander zeegat, boei 21	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmax, Tmmin10
6	Amelander zeegat, boei 22	Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Tm02, Tmmin10, Tmax
7	Amelander zeegat, boei 31	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmax, Tmmin10
8	Amelander zeegat, boei 32	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmmin10, Tmax
9	Amelander zeegat, boei 41	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmax, Tmmin10
10	Amelander zeegat, boei 42	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmmin10, Hm0, Tmax
11	Amelander zeegat, boei 51	Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Tm02, Tmax, Tmmin10
12	Amelander zeegat, boei 52	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmmin10, Tmax
13	Breesem boei 1	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmmin10, Tmax
14	Breezanddijk buiten boei 1	Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Tm02, Tmmin10, Tmax
15	De Kooy	Fast recorder	windshd, windrtg
16	Den Helder	DNM	wathte
17	Den Oever binnen	DNM	wathte
18	Den Oever buiten	DNM	wathte
19	Harlingen	DNM	wathte
20	Huibertgat	DNM, Fast recorder	Wathte, windshd, windrtg
21	Kornwerderzand binnen	DNM	wathte
22	Kornwerderzand buiten	DNM	wathte
23	Kornwerderzand buiten boei 1	Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Tmax, Tm02, Tmmin10
24	Lauwersoog	DNM, Fast recorder	Wathte, windshd, windrtg
25	Malzwin boei 1	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmmin10, Tmax
26	Nes	DNM	wathte
27	Oudeschild	DNM	wathte
28	Pannengat boei 1	Dir. Waverider	H1/3, HTE3, Hm0, Hmax, TH1/3, Th0, Th3, Tm02, Tmmin10, Tmax
29	Schiermonnikoog	DNM	wathte
30	Stavoren	Fast recorder	windshd, windrtg
31	Terschelling Noordzee	DNM	wathte
32	Texel Noordzee	DNM	wathte
33	Texelhors	Fast recorder	windshd, windrtg
34	Vlieland	Fast recorder	windshd, windrtg
35	Vlieland haven	DNM	wathte
36	West-Terschelling	DNM, Fast recorder	Wathte, windshd, windrtg
37	Wierumergronden	DNM	wathte

Tabel 2: Omschrijving van de gemeten golfparameters.

H1/3	De gemiddelde golfhoogte uit het hoogste 1/3 deel van de golven
HTE3	De laagfrequente golfhoogte uit het spectrum van 30-100 mHz
Hm0	De significante golfhoogte uit het energiespectrum van 30-500 mHz
TH1/3	De gemiddelde golfperiode uit het hoogste 1/3 deel van de golven
Th0	De gemiddelde richting uit het golfrichtingspectrum 30-500 mHz ten opzichte van het kaartnoorden.
Tm02	De gemiddelde golfperiode uit de spectrale momenten m_0 en m_2 van 30-500 mHz
Hmax	Maximaal gemeten golfhoogte
Tmmin10	Gemiddelde golfperiode uit spectrale momenten m_{-1} en m_0 van 30-500 mHz
Th3	Gemiddelde richting uit golfrichtingspectrum 30-100 mHz ten opzichte van het kaartnoorden.
Tmax	Maximaal gemeten golfperiode

De reeksen met golfparameters zijn onvolledig, voor alle reeksen komen hiaten voor. In Figuur 2 en Tabel 3 is de beschikbaarheid voor de periode december 2006 – april 2007 weergegeven. Ook de reeksen met waterhoogte en wind zijn niet volledig, aangezien deze reeksen niet bijgeschat kunnen worden m.b.v. Wavix en omdat de hiaten hele korte periodes bestrijken zijn de hiaten in deze reeksen opgevuld m.b.v. lineaire interpolatie.



Figuur 2: Beschikbaarheid van data tijdens stormseizoen 2006/2007.

Tabel 3: Percentage hiaten in meetreeksen.

	H1/3	HTE3	Hm0	Hmax	TH1/3	Th0	Th3	Tm02	Tmax	Tmmin10	Totaal
Amelander zeegat, boei 11	20.66	20.66	20.66	20.66	20.66	20.72	20.72	20.66	20.66	20.66	20.67
Amelander zeegat, boei 12	20.96	20.96	20.96	20.96	20.99	21.18	21.18	20.99	20.99	20.99	21.02
Amelander zeegat, boei 21	38.15	38.15	38.15	38.15	38.15	38.48	38.48	38.15	38.15	38.15	38.21
Amelander zeegat, boei 22	39.27	39.27	39.27	39.27	39.27	NVT	NVT	39.27	39.27	39.27	39.27
Amelander zeegat, boei 31	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	36.06	36.04	34.97	34.97	34.97	35.20
Amelander zeegat, boei 32	67.33	67.33	67.33	67.33	67.33	68.02	68.02	67.33	67.33	67.33	67.47
Amelander zeegat, boei 41	56.76	56.76	56.76	56.76	56.76	57.22	57.22	56.76	56.76	56.76	56.85
Amelander zeegat, boei 42	53.27	53.27	53.27	53.27	53.27	53.55	53.55	53.27	53.27	53.27	53.33
Amelander zeegat, boei 51	49.05	49.05	49.05	49.05	49.05	NVT	NVT	49.05	49.05	49.05	49.05
Amelander zeegat, boei 52	22.33	22.33	22.33	22.33	22.33	22.61	22.61	22.33	22.33	22.33	22.39
Amelander zeegat, boei 61	40.86	40.83	40.83	40.86	40.86	NVT	NVT	40.83	40.86	49.36	41.91
Amelander zeegat, boei 62	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	NVT	NVT	42.37	42.37	50.70	43.41
Breesem boei 1	66.32	66.32	66.32	66.32	66.32	66.43	66.43	66.32	66.32	66.32	66.34
Breezanddijk buiten boei 1	32.28	32.28	32.28	32.28	32.28	NVT	NVT	32.28	32.28	35.11	32.64
Kornwerderzand buiten boei 1	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	NVT	NVT	21.90	21.90	21.90	21.90
Malzwin boei 1	63.77	63.77	63.77	63.77	63.77	63.83	63.83	63.77	63.77	63.77	63.78
Pannengat boei 1	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.69
Totaal	43.07	43.07	43.07	43.07	43.07	46.36	46.36	43.07	43.07	44.23	

Het regressiemodel

Het regressiemodel is bedoeld om initiële schattingen te kunnen maken van de golfparameters. Deze 'grove' initiële schatting is noodzakelijk omdat de neurale netwerken alleen voorspellingen kunnen doen voor alle tijdstippen als de invoerreeksen geen hiaten bevatten, deze hiaten kunnen nu dus voorlopig opgevuld worden door deze initiële schattingen.

De regressieanalyse die wordt uitgevoerd is gebaseerd op een methode van het RIKZ, waarbij gebruik wordt gemaakt van verhoudingsgetallen tussen twee golfparameters die gelden op verschillende windklassen gedifferentieerd naar windsnelheid en windrichting. Om ook onder totale uitval nog schattingen te kunnen maken zijn hieraan de verhoudingsgetallen toegevoegd tussen de betreffende golfparameter en de windsnelheid op dezelfde locatie. De gebruikte windsnelheid- en windrichtingklassen zijn gegeven in Tabel 4.

Op de locaties waar golfparameters worden gemeten wordt over het algemeen geen wind gemeten. In de stuurfile is daarom voor elke golfparameter meetlocatie gespecificeerd van welk station de windgegevens gebruikt moeten worden, zie Tabel 5.

De regressieanalyse wordt uitgevoerd voor alle windklassen afzonderlijk. Omdat de beschikbare dataset beperkt is zijn er voor een aantal van deze windklassen geen data beschikbaar. Voor deze klassen is de regressieanalyse uitgevoerd op de gehele dataset. Op deze manier kan het regressiemodel later toch gebruikt worden als metingen in één van deze klassen vallen.

N.B. Het geschatte regressiemodel staat in het bestand regressiemodel.vhg en in ASCII formaat in het bestand regressiemodel.txt in de directory 'Regressiemodel' van het ZIP-bestand dat te downloaden is via het helpcenter van de Wavix applicatie.

Tabel 4: Gebruikte windrichtingklassen(kolommen) in graden en windsnelheidklassen(rijen) in m/s.

	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360
0 - 6								
6 - 12								
12 - inf								

Tabel 5: Gebruikte windstation per golfparameterstation.

	Wind	Waterhoogte
Amelander zeegat, boei 11	West-Terschelling	Terschelling Noordzee
Amelander zeegat, boei 12	West-Terschelling	Terschelling Noordzee
Amelander zeegat, boei 21	West-Terschelling	Terschelling Noordzee
Amelander zeegat, boei 22	West-Terschelling	Terschelling Noordzee
Amelander zeegat, boei 31	West-Terschelling	Terschelling Noordzee
Amelander zeegat, boei 32	West-Terschelling	Terschelling Noordzee
Amelander zeegat, boei 41	West-Terschelling	Nes
Amelander zeegat, boei 42	West-Terschelling	Nes
Amelander zeegat, boei 51	West-Terschelling	Nes
Amelander zeegat, boei 52	West-Terschelling	Nes
Amelander zeegat, boei 61	West-Terschelling	Nes
Amelander zeegat, boei 62	West-Terschelling	Nes
Breesem boei 1	Vlieland	Oudeschild
Breezanddijk buiten boei 1	Stavoren	Den Oever buiten
Kornwerderzand buiten boei 1	Stavoren	Kornwerderzand buiten
Malzwin boei 1	De Kooy	Den Helder
Pannengat boei 1	Vlieland	Vlieland haven

De neurale netwerken

De kern van het Wavix validatiemodel wordt gevormd door een set van neurale netwerken die schattingen kunnen maken van de te valideren golfparameters en de bijbehorende betrouwbaarheden door verbanden te leggen tussen deze golfparameters en parameters op andere locaties en andere tijdstippen. Na vergelijking van gemeten en geschatte waarden kunnen met een statistisch model incorrecte en ontbrekende data automatisch opgespoord en gecorrigeerd worden. Deze methode is uitgebreid gedocumenteerd in [1], [2] en [3]. Een beknopte Engelse samenvatting is te vinden in [4].

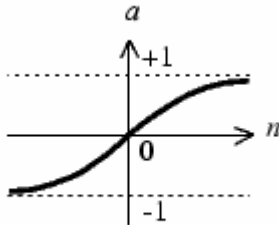
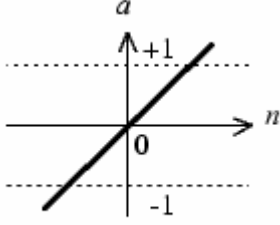
Voor het bijschatten van golfparameters kunnen in WavixIV feedforward neurale netwerken gedefinieerd worden. Een belangrijke eigenschap die deze neurale netwerken moeten bezitten is generaliserend vermogen. De netwerken worden getraind op een set historische gegevens en de fout op deze set wordt geminimaliseerd. Het is daarbij betrekkelijk eenvoudig om precies deze gegevens te laten reproduceren door de neurale netwerken. Doorslaggevend is echter de fout op nieuwe gegevens waarop niet getraind is.

De prestaties van de neurale netwerken zijn onder andere afhankelijk van de hoeveelheid trainingsgegevens en de netwerk topologie (aantal lagen, aantal neuronen en type overgangsfuncties). Als een netwerk te groot is en er te veel parameters (gewichten) geoptimaliseerd moeten worden, kan overfitting optreden. Als een netwerk echter te klein is, zal het niet goed kunnen voorspellen. Bij overfitting zal de fout op de trainingsset heel klein worden, maar wanneer met nieuwe gegevens en voorspelling gedaan moet worden zal de fout groot zijn. Het netwerk heeft een functie 'geleerd' die specifiek is voor de trainingsset, maar niet een afspiegeling is van het onderliggende 'fysische' model en is dus niet in staat goed te generaliseren.

De methode die gebruikt is om bij de neurale netwerken voor het voorspellen van golfparameters overfitting te voorkomen en de generalisatie te verbeteren is de early stopping methode. De beschikbare gegevens worden in een trainingsset een testset en een validatieset opgedeeld. De netwerken worden getraind met data uit de trainingsset en tijdens het trainen wordt de fout op de validatieset gecontroleerd. Tijdens de training zal de fout op de validatieset net als de fout op de trainingsset afnemen. Als het netwerk echter begint te overfitten, zal de fout op de trainingsset blijven afnemen, terwijl de fout op de validatieset toeneemt. Als deze stijging voortzet, zal het trainen stoppen (na max_fail (zie Tabel 6) keer een stijging van de fout op de validatieset) en de gewichten gekozen worden behorende bij het minimum van de fout op de validatieset. Met de testset wordt vervolgens de prestatie van het netwerk getest (zie Tabel 9).

Uiteindelijk is voor de feedforward neurale netwerken gekozen met de configuratie gespecificeerd zoals in Tabel 6, de belangrijkste algemene instellingen zoals gespecificeerd in Tabel 7 en de veronderstelde afhankelijkheden van de data zoals beschreven in Tabel 8.

Tabel 6: De netwerkconfiguratie

Laag 1	Laag 2
Neuronen:12	Neuronen: 1
Overgangsfunctie: tansig	Overgangsfunctie: purelin
 <p>$a = \text{tansig}(n)$</p>	 <p>$a = \text{purelin}(n)$</p>

Tabel 7: De belangrijkste algemene netwerkinstellingen.

Parameter	Waarde	Commentaar
Trainingsfunctie	trainbfg	Quasi Newton optimalisatie algoritme met linesearch (srchbac)
Doelfunctie	MSE	Mean Squared Error
Pca drempel	0	Er wordt geen dimensie reductie uitgevoerd op de trainingsdata
Testset	20	20 procent van de data wordt gebruikt voor het meten van de prestaties van de netwerken. De netwerken zijn geheel onafhankelijk van deze data getraind.
Validatieset	20	20 procent van de data wordt gebruikt om tijdens de training de prestaties van de netwerken te bepalen. Als de prestaties van de netwerken verbeteren op de trainingsset maar verslechteren op de validatieset wordt gestopt.
Max_fail	20	Aantal keren (iteraties) dat de fout op de validatieset mag stijgen t.o.v. de trainingset.

Tabel 8: Veronderstelde afhankelijkheden per golfparameter.

Variabele	Afhankelijkheden	Relatieve tijdstippen (10 min)
H1/3	H1/3 op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Hm0 op het station zelf	-6 -3 -1 0 1 3
	HTE3 op het station zelf	0
	Wind op het station Huibertgat	0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	0
HTE3	HTE3 op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Tm02 op het station zelf	-6 -3 0 3
	Hm0 op het station zelf	-6 -3 0 3
	HTE3 op de twee dichtstbijzijnde stations	-3 0 3
	Tm02 op de twee dichtstbijzijnde stations	-3 0 3
	Hm0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 0
	Wathte op dichtstbijzijnde station	-6 -3 0 3 6
Hm0	Hm0 op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Hm0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 0
	Wathte op dichtstbijzijnde station	-6 -3 -1 0 1 3 6
TH1/3	TH1/3 op het station zelf	-3 -1 1 3
	Hm0 op het station zelf	-3 -1 0 1 3
	Tm02 op het station zelf	-3 -1 0 1 3
	H1/3 op het station zelf	-3 -1 0 1 3
	TH1/3 op de twee dichtstbijzijnde stations	-3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	-6 -3 0 3 6
Th0	Th0 op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Th0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 -3 0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	-6 -3 -1 0 1 3 6
Th3	Th3 op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Th0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 -3 0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	-6 -3 -1 0 1 3 6
Tmax	Tmax op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Th0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 -3 0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	-6 -3 -1 0 1 3 6
Hmax	Hmax op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Th0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 -3 0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	-6 -3 -1 0 1 3 6
Tmmin10	Tmmin10 op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Th0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Wind op het station Huibertgat	-18 -12 -6 -3 0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	-6 -3 -1 0 1 3 6
Tm02	Tm02 op het station zelf	-6 -3 -1 1 3
	Hm0 op het station zelf	-6 -3 -1 0 1 3
	Tm02 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Hm0 op de twee dichtstbijzijnde stations	-6 -3 0 3
	Wind op het station Huibgt	-18 -12 -6 0
	Wathte op de stations Nes en Terslze	-6 -3 -1 0 1 3 6

De tijdreeksen dienen beschikbaar te zijn voor een periode van tenminste vier maanden en in de vorm van Donar Interface ASCII files (DIA's). veel uitval plus uitbijters met hand

Tabel 9: Prestaties van de neurale netwerken.

	H1/3	HTE3	Hm0	Hmax	TH1/3	Th0	Th3	Tm02	Tmax	Tmin10
Amelander zeegat, boei 11	20.66	20.66	20.66	20.66	20.66	20.72	20.72	20.66	20.66	20.66
Amelander zeegat, boei 12	20.96	20.96	20.96	20.96	20.99	21.18	21.18	20.99	20.99	20.99
Amelander zeegat, boei 21	38.15	38.15	38.15	38.15	38.15	38.48	38.48	38.15	38.15	38.15
Amelander zeegat, boei 22	39.27	39.27	39.27	39.27	39.27	NVT	NVT	39.27	39.27	39.27
Amelander zeegat, boei 31	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	36.06	36.04	34.97	34.97	34.97
Amelander zeegat, boei 32	67.33	67.33	67.33	67.33	67.33	68.02	68.02	67.33	67.33	67.33
Amelander zeegat, boei 41	56.76	56.76	56.76	56.76	56.76	57.22	57.22	56.76	56.76	56.76
Amelander zeegat, boei 42	53.27	53.27	53.27	53.27	53.27	53.55	53.55	53.27	53.27	53.27
Amelander zeegat, boei 51	49.05	49.05	49.05	49.05	49.05	NVT	NVT	49.05	49.05	49.05
Amelander zeegat, boei 52	22.33	22.33	22.33	22.33	22.33	22.61	22.61	22.33	22.33	22.33
Amelander zeegat, boei 61	40.86	40.83	40.83	40.86	40.86	NVT	NVT	40.83	40.86	49.36
Amelander zeegat, boei 62	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	NVT	NVT	42.37	42.37	50.70
Breesem boei 1	66.32	66.32	66.32	66.32	66.32	66.43	66.43	66.32	66.32	66.32
Breezanddijk buiten boei 1	32.28	32.28	32.28	32.28	32.28	NVT	NVT	32.28	32.28	35.11
Kornwerderzand buiten boei 1	21.90	21.90	21.90	21.90	21.90	NVT	NVT	21.90	21.90	21.90
Malzwin boei 1	63.77	63.77	63.77	63.77	63.77	63.83	63.83	63.77	63.77	63.77
Pannengat boei 1	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91	61.91

Referentie

- [1] Handleiding Wavix IV, Modelit, september 2005, i.o.v. Rijkswaterstaat – RIKZ
- [2] Wavix 2004 Functioneel ontwerp, Modelit, 30 september 2003, i.o.v. Rijkswaterstaat – RIKZ
- [3] De bepaling van ontbrekende golfparameters op basis van Neurale Netwerken, 2 oktober 2004, Modelit, i.o.v. Rijkswaterstaat – RIKZ
- [4] Neural Network Based Validation of Wave Data, Proceedings of the Fifth International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, WAVES 2005 - Madrid, Spain, 3rd-7th July 2005