NAM
Topographical Department

Bodemdaling Ameland

1986-1999

Business Unit Groningen

NAM

NAM rapport:
199905000273

Copyright Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

NAM
Geomatics Department

Bodemdaling Ameland

1986-1999

NAM rapport
199905000273

Inhoudsopgave

Inleiding 1

Waterpassing Ameland 1999 1

De meting 1

Aansluiting 1

Nauwkeurigheid 1

Bijzonderheden 1

Analyse 1986 - 1999 2

Meethistorie 2

Aansluitpunten 2

Modellering 3

Analyse 3

Contourkaart 5

Toegevoegde waarde deze meting/tijdstip volgende meting 6

Conclusies en aanbevelingen 9

Conclusies 9

Aanbevelingen 9

Bijlagen 10

1. Hoogte historie 10

2. Analyse 10

3. Model formulering 10

4. Contourkaart 10

5. GPS-meting 10

6. Hydrostatische waterpassing 10

Bodemdaling Ameland

1986-1999

Inleiding

Het rapport wat voor u ligt doet verslag van de volgende hoogtemetingen:

- Waterpassing Ameland 1999.
- GPS – meting rondom Ameland 1998, zie bijlage 5.
- Hydrostatische waterpassing "Ameland 1998", ook verslagen door de afdeling GAN van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat in het rapport met nummer NAP99-17. Deze is verwerkt in bijlage 5 en 6.

De hoogtes van deze metingen zijn allen opgenomen in bijlage 1. Tesamen met de overige beschikbare hoogtemetingen, uitgevoerd op Ameland tussen 1986 en 1998, is een analyse uitgevoerd teneinde de bodemdaling door gasonttrekking af te leiden. Op basis van deze analyse wordt een aanbeveling gedaan voor het tijdstip van een volgende hoogtemeting.

Waterpassing Ameland 1999

De meting

In februari en maart 1999 is een optische waterpassing van 38 km uitgevoerd over het oostelijke deel van Ameland.

Aansluiting

De meting werd aangesloten op het ondergrondse peilmerk OA2592 met een hoogte van 3.7722 m boven NAP.

Nauwkeurigheid

De richtlijnen van de meetkundige dienst van Rijkswaterstaat (MD-RWS) voor 2e orde nauwkeurigheidswaterpassingen werden gevolgd en de vrije vereffening resulteerde in een nauwkeurigheid van 0.5 mm / √km. Resulterende hoogtefouten kunnen oplopen tot 4.5 mm (2SD) voor de verst van het aansluitpunt gelegen meetpunten.

Bijzonderheden

De vereffening werd uitgevoerd door de afd. GAN van MD-RWS. Er werden geen waarnemingen verworpen.

Analyse 1986 - 1999

Meethistorie

Op en rond Ameland waren de volgende gegevens beschikbaar voor analyse:

Periode	Aantal metingen	Ligging t.o.v. kom	Aantal hoogtes	Aantal merken
'86-'99	20	Binnen	420	49
		Buiten	434	72

• Tabel – Beschikbare metingen

De waarnemingshistorie is als bijlage 1 opgenomen. Hieraan zijn *cursief* toegevoegd:

- de berekende hoogte bij aanvang van de bodemdaling. Hiermee kunnen hoogtes eenvoudig worden herleid tot dalingen. De standaard deviatie van deze berekende nulhoogtes ligt tussen de 1.1 en 2.6 mm.
- de actuele hoogteverandering van het peilmerk in mm/ jaar. Hiermee kunnen (aansluit)hoogtes worden berekend op tijdstippen anders dan die van de NAM metingen. Bij weinig hoogtes per peilmerk is voorzichtigheid geboden.

Aansluitpunten

Meting	Methode	0A2612	0A1024	0A1029	2C0107	2C0106	2D0051	2D0052	2D0081	Correctie
86-03	Optisch	3.7722								
86-06	Hydrostatisch	3.7875	7.0149	6.9783			*0.5713*	*0.4584*		-0.0153
87-09	Hydrostatisch	3.7722			2.0481					
87-10	Optisch	3.7722								
88-10	Optisch	3.7722								
90-01	Optisch	3.7722								
91-02	Optisch	3.7722								
92-01	Optisch	3.7722								
92-05	Hydrostatisch	3.7722					*0.5228*	*0.4095*		
93-01	Optisch	3.7722				*20.7202*				
93-06	GPS+deMin					*20.7202*				-0.0061
93-12	Hydrostatisch	3.7722		6.9671	2.0449					
94-01	Optisch	3.7722				*20.7055*				
95-02	Optisch	3.7722								
96-01	Optisch	3.7722								
97-01	Optisch	3.7722								
97-06	GPS+deMin								*4.1423*	+0.0012
98-02	Optisch	3.7722							*4.1423*	
98-07	Hydrostatisch	3.7722								
98-08	GPS+deMin								*4.1423*	-0.0087
99-02	Optisch	3.7722								

• Tabel historische aansluithoogtes

Vergelijking van hoogtes is alleen zinvol als deze hetzelfde referentievlak hebben. Dit kan worden gerealiseerd door de verschillende metingen op constante hoogtes voor dezelfde stabiele peilmerken buiten de dalingskom aan te sluiten. De voor de

Ameland metingen gebruikte aansluithoogtes zijn in bovenstaande tabel onderlijnd. De cursief gedrukte peilmerken liggen binnen de dalingskom.

De toegepaste correctie, nodig om alle metingen op hetzelfde referentievlak te krijgen, is vermeld in de laatste kolom en geïnterpoleerd met de hierna beschreven modelleringstechniek.

Modellering

Bodemdaling door olie/gas onttrekking in Nederland laat zich goed beschrijven door een eenvoudig model: schotelvormig en lineair in tijd. I.v.m. de concentratie van peilmerken rond de as van Ameland is gekozen voor een cirkelvormige schotel i.p.v. de gebruikelijke elliptische. In de modelbeschrijving van bijlage 3 kan daarom voor de beide schotel dimensies dezelfde straal worden gelezen (a = b = R).

De parameters van het bodemdalingmodel kunnen als volgt worden omschreven:

t_0: datum (jaar) waarop bodemdalingtrend begint

x_0, y_0: x, y coördinaten van het centrum van de dalingsschotel

R: afstand van het centrum tot het buigpunt van de Gaussische kromme die de vorm beschrijft van de bodemdalingskom

z': bodemdalingsnelheid in mm per jaar

In voorberekeningen bleken 49 peilmerken binnen de dalingskom (<3R) te liggen. Uit de hoogtes voor deze peilmerken werden de parameters voor het dalingsmodel berekend:

De precisie, waarmee de waarnemingen in het model passen, wordt gegeven door de standaard deviatie van de restwaardes (gemeten min model) in mm in de laatste kolom, de precisie van de berekende parameters in de laatste rij.

Periode	To	xo	yo	R	z'	sd
'86-'99	20-12-86	189942	609562	2559	-18.3	3.7
sd	27 dagen	23 m	88 m	33 m	0.3 mm/jr	

• Tabel – Model parameters

Analyse

In de analyse zijn de gegevens getoetst aan het hiervoor afgeleide bodemdalingsmodel. De resultaten van de toetsing t.w.

- de restwaarde (gemeten min model hoogte) in mm
- de standaard deviatie van deze restwaardes per peilmerk in mm
- de maximale restwaarde per peilmerk in mm
- de modeldaling voor het peilmerk in mm / jaar
- de trend in de restwaardes per peilmerk in mm / jaar. Met deze trend kunnen peilmerken met sterke, niet aan olie/gaswinning gerelateerde daling, worden opgespoord. Bij weinig hoogtes per peilmerk is voorzichtigheid geboden.
- de gemiddelde restwaarde per meting in mm
- de standaard deviatie van de restwaardes per meting in mm
- de restwaarde in het diepste punt per meting in mm

zijn opgenomen in bijlage 2.

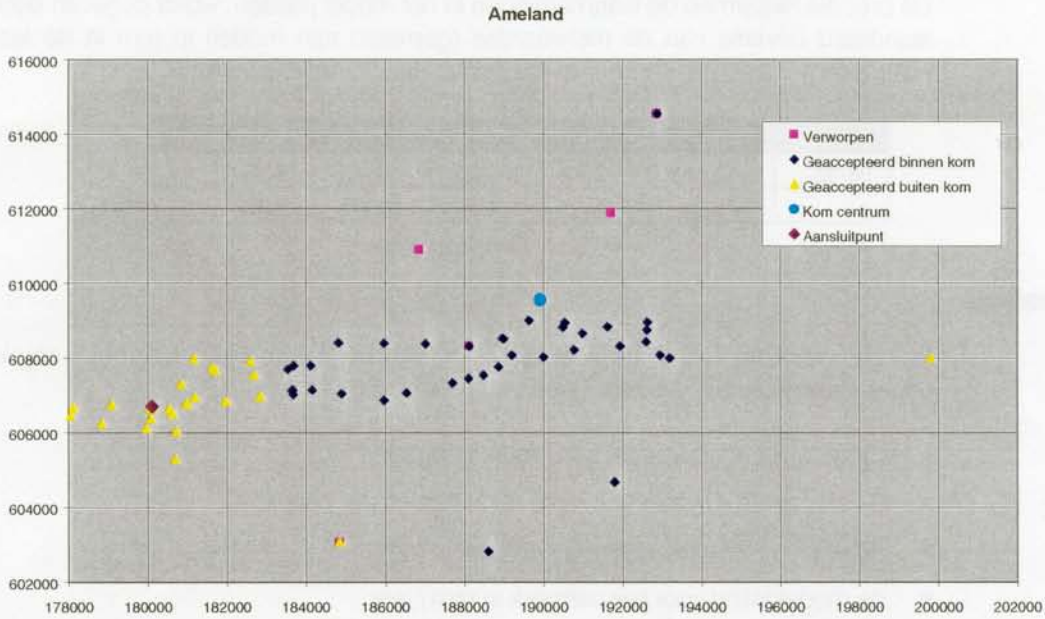
Vijf peilmerkhistories werden verworpen. Onderstaand zijn deze peilmerken met het betreffende aantal waarnemingen, de standaard deviatie, de maximum afwijking, de restwaardetrend en de oorzaak van verwerping weergegeven:

Peilmerk	x	Y	nObs	sd	max	trend	Opmerking
2C0102	188130	608320	13	11.2	13.9	2.38	Verstoord '92, hoger herbouwd in '93.
0G0191 (AWG-1)	191725	611904	3	28.3	32.6	4.69	GPS, geoide, komgrootte?
0G0391 (AME-2)	186870	610910	2	19.6	13.8	-5.31	GPS, geoide, komgrootte?
2C0065	184860	603070	3	22.3	33.4	3.98	In 1992 5 cm verlengd, past niet in 2C0064/65/66 groep
0G0093	192880	614560	2	8.8	6.2	2.64	Het op dezelfde opstal gelegen 0G0094 past wel in trend.

• Tabel – Peilmerk verwerpingen

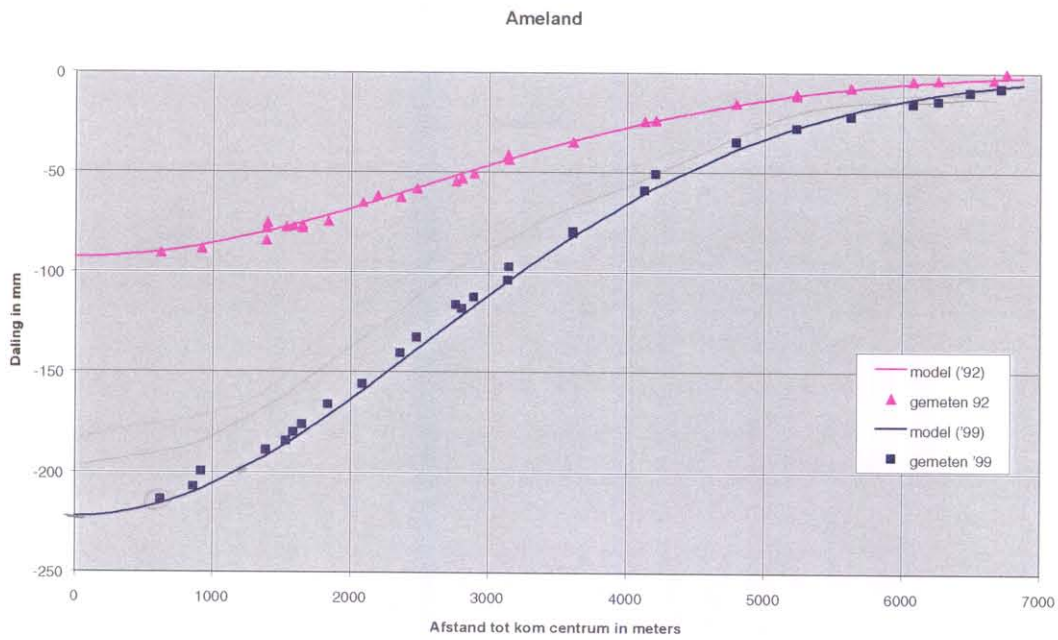
Het afwijkend gedrag van 2C0102 en 2C0065 heeft een duidelijk fysieke oorzaak en is na splitsing in delen vóór en na verstoring wél conform de algemene trend. Hierdoor blijven er slechts 3 peilmerken over die een afwijkend gedrag van de trend vertonen. 0G0191 zou achterblijven in zakking en 0G391 zou sneller zakken dan verwacht mocht worden. Er zijn onvoldoende gegevens om de oorzaken hiervan te kunnen achterhalen. De hydrostatische waterpassing naar 0G0191 die in de zomer van '99 wordt uitgevoerd zou hier nieuw licht op kunnen laten schijnen. Het peilmerk 2C0112 is verplaatst waardoor de in 1999 gemeten hoogte niet in de analyse is betrokken.

De ligging van de peilmerken t.o.v. het aansluitpunt en het centrum van de bodemdalingsschotel is in onderstaande figuur weergegeven:

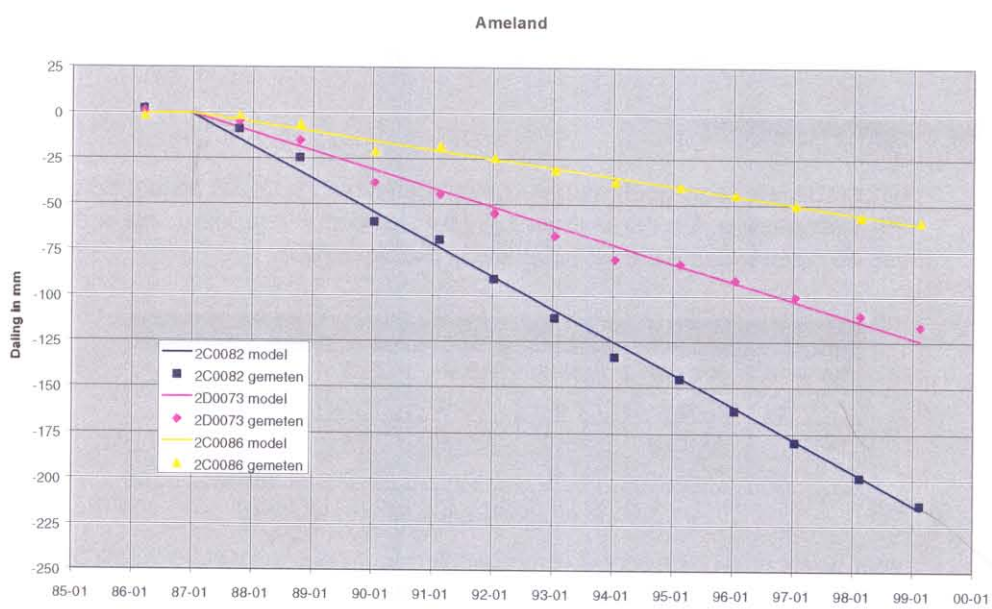


• Figuur – Punt ligging

Geen van de meetcampagnes werd verworpen, zodat mag worden aangenomen dat er geen significante aansluitproblemen of afwijkingen van de lineaire dalingstrend zijn geweest. Ter illustratie van de nauwkeurigheid waarmee de waarnemingen in het ruimtelijke en tijdsmodel passen zijn hieronder 2 grafieken opgenomen.



• Figuur – Gemeten tegen modelvorm en plaats

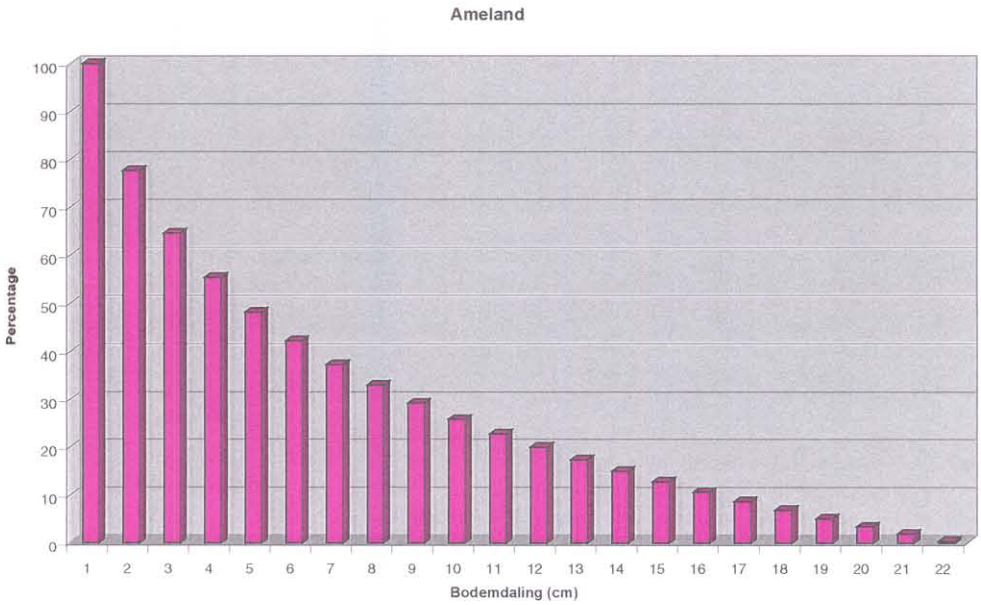


• Figuur – Gemeten tegen modeldaling in tijd

Contourkaart

Van het boven omschreven model zijn de bodemdalingscontouren ten tijde van de meting (15-02-99) afgeleid. De hoogte nauwkeurigheid varieert van 0 mm buiten de kom tot 7.4 mm (2SD, 95%) in het diepste punt van de kom (op zee).
De contouren zijn met topografie afgebeeld in bijlage 4, waarbij de eerste kaart de peilmerknamen bevat en zijn na te zoeken in bijlage 1 en 2 en de tweede contourkaart de dalingsgetallen op de positie van de peilmerken. Gebieden verder dan 6375 m van het diepste punt zijn niet significant (>1 cm) gedaald. Om de bodemdaling in perspectief te plaatsen is een afbeelding gemaakt van het percentage van het oppervlak van de bodemdalingskom dat meer daalt dan een bepaalde

waarde. Het blijkt dat 50% van de Ameland bodemdalingskom minder is gedaald dan 5cm sinds 1986.



• Figuur – Bodemdaling als percentage van kom oppervlak

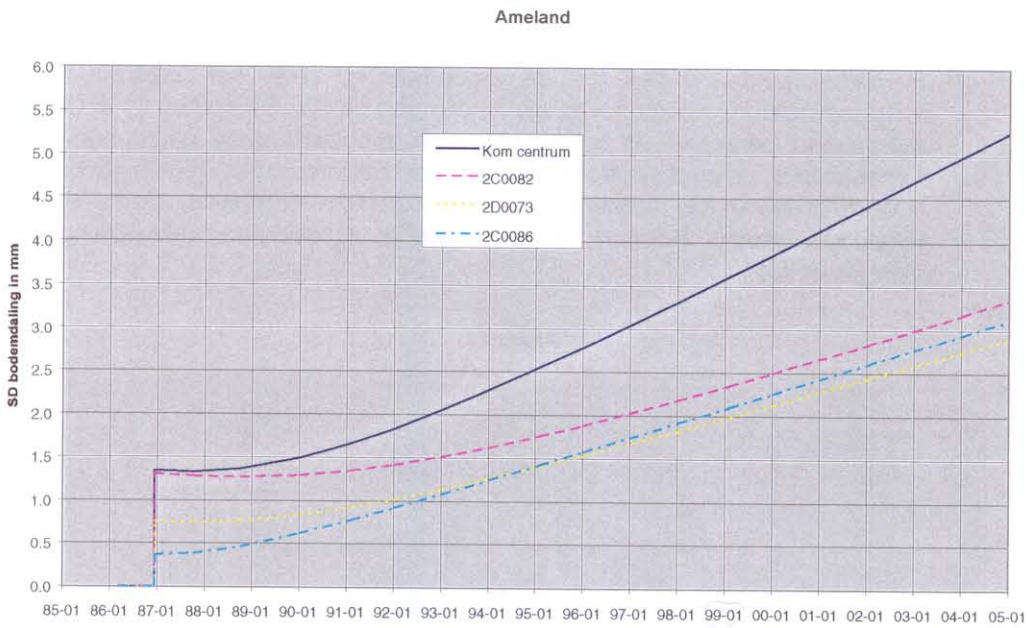
Tijdstip volgende meting

Onderstaande tabel geeft de parameters berekend na de 98 waterpassing en na de 99 waterpassing. De parameters zijn niet significant veranderd, zoals ook op basis van de onveranderde productie verwacht mocht worden.

Periode	To	xo	Yo	R	z'	sd
'86-'98	12-01-87	189957	609579	2575	-18.6	3.7
sd	27 dagen	30 m	98 m	37 m	0.3 mm/jr	
'86-'99	20-12-86	189942	609562	2559	-18.3	3.7
sd	27 dagen	23 m	88 m	33 m	0.3 mm/jr	

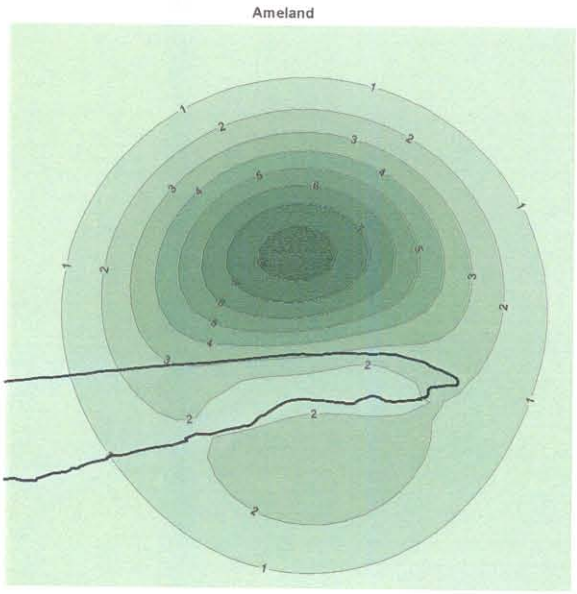
• Tabel – Model parameters na 98 en na 99 meting

Voor zover geen ingrijpende veranderingen in productiesnelheid zullen optreden kan ter bepaling van het volgende meettijdstip worden geëxtrapoleerd. Door toepassing van de voortplantingswet van varianties kan ook de nauwkeurigheid worden bepaald van de extrapolatie. Door telkens een nieuwe meting toe te voegen worden de parameters steeds nauwkeuriger bepaald.
In onderstaande grafiek is voor een aantal punten de nauwkeurigheid van op basis van het model berekende dalingswaardes weergegeven.



• Figuur – Extrapolatienauwkeurigheid na 99-02 meting

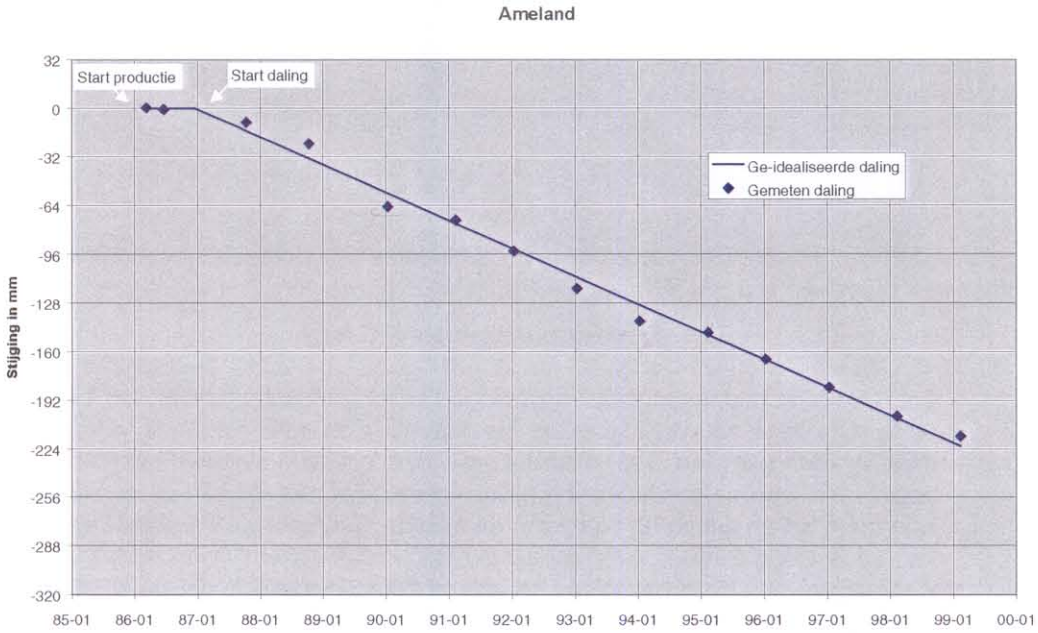
Tot 2004 is de nauwkeurigheid van dalingen in het komcentrum beter dan 1 cm (2 sd, 95%). Om deze nauwkeurigheid te handhaven hoeft voor de zomer van 2004 niet meer worden gemeten. Ter verificatie van deze inzichten stelt NAM echter voor om begin 2001 een volgende meting uit te voeren. Tot die tijd kan er geëxtrapoleerd worden in tijd en ruimte op basis van de huidige parameters. De standaardafwijking van deze extrapolatie is over de gehele bodemdalingskom in onderstaande figuur weergegeven en heeft betrekking op januari 2001. Duidelijk is dat op het eiland zelf nauwkeurig geïnterpoleerd kan worden. De nauwkeurigheid ten noorden van Ameland (op de Noordzee) is slechter. Dit wordt veroorzaakt door de geringere bedekking met meetpunten ten noorden van Ameland.



• Figuur – Extrapolatienauwkeurigheid (1 sigma, 68%) in mm over kom in 1-2001 na 99-02 meting

Bodemdaling in de tijd

In onderstaande grafiek is de bodemdaling voor het centrum van de bodemdalingskom weergegeven als functie van de tijd. De rechte lijn is de lineaire dalingstrend berekend uit de hoogtes van alle peilmerken gedurende de hele dalingshistorie, de punt symbolen markeren de zakking op het diepste punt berekend uit de zakking van alle peilmerken op een enkel moment (meting). Een systematisch wijken van trendlijn indiceert het einde van de lineaire trend (afzwakking van de dalingssnelheid).



• Figuur – Bodemdaling in de tijd

Op 15-2-99 bedroeg de geschatte bodemdaling in het diepste punt sinds het begin van de gaswinning 224 mm. De dalingssnelheid in dit punt is 18 mm per jaar.

Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- het centrum van de bodemdalingsschotel ligt op zee
- de zakking van het meest gedaalde peilmerk bedraagt 214 mm ± 4 mm en de zakking in het (geëxtrapoleerde) diepste punt bedraagt 224 mm ± 8 mm (beiden 2 sigma). De gemiddelde bodemdaling bedraagt 68 mm op 15-2-99
- 50% van de Ameland bodemdalingskom is minder gedaald dan 5cm
- de bodemdaling bleef beperkt tot een gebied met een straal van 6375 m rond het diepste punt
- de zakkingssnelheid is 18 mm per jaar in het diepste punt

Aanbevelingen

Tijdstip volgende meting begin 2001.

ir. A.P.E.M. Houtenbos
NAM – XGM
Assen, juni 1999

Bijlagen

1. **Hoogte historie**

2. **Analyse**

3. **Model formulering**

4. **Contourkaarten**

5. **GPS-meting**

   - Verslag

   - Overzicht van aangemeten peilmerken

6. **Hydrostatische waterpassing**

Ameland hoogte historie

BM	X	Y	86-12	86-03	86-06	87-09	87-10	88-10	90-01	91-02	92-01	92-05	93-01	93-06	93-12	94-01	95-02	96-01	97-01	98-02	98-05	98-08	99-02	dh/dt
2C0082	189650	609010	3.2156	3.2178			3.2067	3.1910	3.1561	3.1463	3.1249		3.1038			3.0820	3.0703	3.0530	3.0359	3.0168			3.0020	-17.63
2D0081	190550	608950																		4.1423		4.1330	4.1295	-11.28
2D0079	190500	608830	2.9345	2.9293			2.9208	2.9059	2.8736	2.8645	2.8459		2.8258			2.8074	2.7965	2.7818	2.7663	2.7468			2.7349	-15.37
2D0023	191000	608660	2.0130	2.0152			2.0046	1.9903	1.9582	1.9457	1.9286													-15.23
2D0076	191000	608660	2.8369								2.7586		2.7387			2.7194	2.7100	2.6949	2.6791	2.6607			2.6482	-13.16
2C0112	189010	608520	3.6246								3.5490		3.5284			3.5077	3.4977	3.4806	3.4642	3.4518			3.8183	-13.68
2C0037	188980	608530	2.5768	2.5744			2.5661	2.5530	2.5225	2.5129														-13.63
2D0075	190020	608030	1.8120	1.8171			1.8048	1.7919	1.7619	1.7516	1.7342		1.7136			1.6961	1.6860	1.6727	1.6562	1.6401			1.6278	-13.33
2D0074	190790	608220	2.1721	2.1760			2.1646	2.1512	2.1215	2.1110	2.0947		2.0741			2.0581	2.0486	2.0355	2.0192	2.0037			1.9922	-12.76
2C0121	189220	608080	20.6689	20.6670			20.6583	20.6510	20.6186	20.6079	20.5908		20.5715			20.5568	20.5502	20.5341	20.5206	20.5063			20.4928	-11.92
2C0106	189216	608079	20.8163	20.8157			20.8070	20.7997	20.7673	20.7566	20.7395		20.7202	20.7141		20.7055	20.6989	20.6828	20.6693					-12.29
2D0070	191630	608840	2.7595	2.7614			2.7522	2.7403	2.7093	2.6995	2.6846		2.6684			2.6513	2.6454	2.6321	2.6190	2.6043			2.5934	-10.88
2C0083	188880	607770	7.0670	7.0668			7.0582	7.0462	7.0225	7.0150	7.0015		6.9835			6.9689	6.9608	6.9484	6.9333	6.9213			6.9111	-9.43
2C0019	188131	608321	3.1766	3.1720				3.1572	3.1339	3.1267	3.1145													-7.79
2D0069	191950	608320	2.2587	2.2626			2.2541	2.2439	2.2176	2.2086	2.1960		2.1805			2.1668	2.1608	2.1501	2.1377	2.1257			2.1181	-8.08
2C0113	188500	607540	2.5393								2.4809		2.4655			2.4539	2.4480	2.4365	2.4233	2.4139			2.4066	-6.24
2D0073	192640	608960	1.6651	1.6661			1.6605	1.6502	1.6268	1.6207	1.6103		1.5982			1.5854	1.5830	1.5741	1.5650	1.5548			1.5488	-5.42
2D0071	192630	608750	2.1528	2.1557			2.1513	2.1403	2.1163	2.1109	2.0993		2.0856											-7.14
2D0078	192630	608750	3.1966													3.1194	3.1165	3.1069	3.0960	3.0848			3.0784	-4.45
2C0110	188120	607450	1.9775	1.9738			1.9702	1.9617	1.9431	1.9390														-4.85
2D0072	192610	608440	1.9117	1.9124			1.9077	1.8985	1.8761	1.8715	1.8609		1.8487			1.8369	1.8341	1.8261	1.8155	1.8058			1.7993	-5.01
2C0087	187030	608380	2.3064	2.3037			2.3036	2.2950	2.2775	2.2748	2.2650		2.2525			2.2417	2.2360	2.2270	2.2185	2.2083			2.2025	-4.27
2C0084	187710	607340	2.0957	2.0899			2.0872	2.0798	2.0639	2.0608	2.0518		2.0436			2.0318	2.0289	2.0196	2.0105	2.0030			1.9984	-3.37
2D0077	192960	608080	1.3721										1.3215			1.3121	1.3092	1.3057		1.2919				-0.75
2D0051	193200	608000	0.5577	0.5602			0.5537	0.5512	0.5305	0.5306	0.5228	0.5228	0.5120			0.5044	0.5016	0.4987		0.4828	0.4824	0.4790	0.4778	-2.53
2D0052	193201	608001	0.4444	0.4470			0.4406	0.4381	0.4172	0.4172	0.4095	0.4095	0.3988			0.3911	0.3887	0.3853		0.3691	0.3687	0.3660	0.3641	-2.55
2D0053	193202	608002	0.5616	0.5638			0.5574	0.5552	0.5343			0.5268	0.5161			0.5083				0.4869	0.4866	0.4830	0.4821	-2.52
2C0086	185980	608400	2.3338	2.3321			2.3321	2.3277	2.3128	2.3159	2.3093		2.3025			2.2962	2.2934	2.2893	2.2838	2.2775			2.2749	-1.34
2C0085	186550	607070	3.4077	3.4014			3.4035	3.3982	3.3861	3.3873	3.3837		3.3814			3.3730	3.3722	3.3681	3.3606	3.3559			3.3570	-0.53
2C0047	185980	606870	2.2526	2.2511			2.2531	2.2486	2.2387	2.2399	2.2370		2.2343			2.2294								-0.62
2C0116	185980	606870	3.2791														3.2524	3.2523	3.2461					-0.75
2C0125	185980	606870	3.0699																	3.0306			3.0353	6.35
2C0018	184841	608411	3.8501	3.8498				3.8488	3.8382	3.8432	3.8384													-0.24
2C0101	184840	608410	3.6907	3.6916			3.6923	3.6908	3.6797	3.6846	3.6800		3.6756			3.6724	3.6721	3.6702	3.6672	3.6620			3.6628	-0.58
2D0088	191808	604688	-0.7285									-0.7381									-0.7586	-0.7540		-0.95
2D0089	191807	604683	-0.7384									-0.7494									-0.7686	-0.7620		-0.54
2D0090	191806	604673	-0.6883									-0.6951									-0.7203	-0.7140		-1.66
2C0023	184910	607050	3.6160	3.6191			3.6184	3.6161	3.6090	3.6107	3.6081		3.6072			3.6031	3.6034	3.6004	3.5961	3.5934			3.5939	-0.65
0G0094	192880	614560	4.9751		4.9698	4.9725						4.9743												1.92
2C0040	184130	607800	2.7052	2.7072			2.7082	2.7076	2.6997	2.7032	2.7008		2.6976		2.6985	2.6947	2.6953	2.6946	2.6929	2.6897			2.6896	-0.53
2C0096	184170	607150	2.8290	2.8329			2.8328	2.8304	2.8256	2.8271	2.8249		2.8242			2.8208	2.8211	2.8195	2.8162	2.8142			2.8147	-0.69
2C0117	183700	607800	3.8505															3.8443	3.8437	3.8420			3.8406	-0.28
2C0097	183550	607700	3.6894	3.6912			3.6920	3.6907	3.6857	3.6874	3.6856		3.6846			3.6818	3.6827							-0.60
2C0123	183680	607150	3.0041																	2.9984			2.9961	-0.21
2C0108	183650	607130	2.5249				2.5266	2.5217																-1.34
2C0111	183690	607020	2.2681						2.2683	2.2698	2.2675		2.2656			2.2564	2.2681	2.2570	2.2625					-0.76
2C0026	188620	602820	-1.2070		-1.2063							-1.2103									-1.2145	-1.2110		-0.07
2C0027	188620	602820	-1.1149		-1.1140							-1.1185									-1.1224	-1.1190		-0.07
2C0028	188620	602820	-1.0869		-1.0869							-1.0909									-1.0941	-1.0900		0.06

Ameland hoogte historie

BM	X	Y	86-12	86-03	86-06	87-09	87-10	88-10	90-01	91-02	92-01	92-05	93-01	93-06	93-12	94-01	95-02	96-01	97-01	98-02	98-05	98-08	99-02	dh/dt
Buiten kom:																								
0A2592	180110	606700	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722		3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	3.7722	0.01
1H0003	171160	605300	3.0509	3.0524			3.0524						3.0480											-0.69
1H0005	171850	605520	4.2042	4.2045			4.2045						4.2035											-0.16
1H0007	170640	605920	2.9222	2.9234			2.9234						2.9197											-0.58
1H0009	171220	605950	2.7398	2.7398			2.7398						2.7399											0.02
1H0011	173710	606820	3.5888	3.5890			3.5890						3.5884											-0.09
1H0012	174790	606640	4.1042	4.1046			4.1046						4.1035											-0.17
1H0013	174900	606460	4.5934	4.5939			4.5939						4.5925											-0.22
1H0014	175080	606680	3.6283	3.6290			3.6290						3.6270											-0.31
1H0016	177320	606660	2.7420	2.7423			2.7423						2.7414											-0.14
1H0017	179090	606760	2.8916	2.8931			2.8931						2.8886											-0.71
1H0018	179970	606120	0.9105	0.9112			0.9112						0.9090											-0.34
1H0019	178130	606680	1.7054	1.7056			1.7056						1.7050											-0.09
1H0020	176230	606680	2.5395	2.5398			2.5398						2.5390											-0.13
1H0022	170750	605530	5.9173	5.9182			5.9182						5.9154											-0.44
1H0026	174700	604770	0.7889	0.7896			0.7896						0.7876											-0.31
1H0045	171810	606460	3.4015	3.4020			3.4020						3.4006											-0.22
1H0046	177220	606300	2.7349	2.7353			2.7353						2.7340											-0.20
1H0047	178840	606250	2.1642	2.1651			2.1651						2.1625											-0.41
1H0048	178050	606460	2.5866	2.5880			2.5880						2.5838											-0.66
1H0049	176320	606070	3.1113	3.1118			3.1118						3.1104											-0.22
1H0050	175730	605250	2.1509	2.1518			2.1518						2.1491											-0.42
1H0052	174280	604870	2.1842	2.1855			2.1855						2.1816											-0.61
1H0053	173110	605110	2.4235	2.4237			2.4237						2.4231											-0.09
2C0001	180050	606650	2.9797	2.9803			2.9803	2.9804	2.9811	2.9801	2.9792		2.9785			2.9796	2.9793	2.9807	2.9788	2.9791	2.9783		2.9795	-0.12
2C0002	180630	606520	4.0060	4.0077			4.0070	4.0064	4.0053	4.0070	4.0061		4.0052			4.0064	4.0057	4.0053	4.0056	4.0050			4.0047	-0.17
2C0003	180550	606650	5.5068	5.5114			5.5093	5.5091	5.5077	5.5083	5.5070		5.5061			5.5069	5.5063	5.5056	5.5049	5.5033			5.5022	-0.58
2C0006	181200	606940	4.1950	4.1971			4.1958	4.1970	4.1946	4.1959	4.1944		4.1951			4.1943	4.1941	4.1940	4.1936	4.1935			4.1925	-0.28
2C0009	181710	607670	5.6533	5.6537			5.6543	5.6546	5.6516	5.6524	5.6521													-0.35
2C0042	182850	606980	3.1612	3.1651			3.1640	3.1632	3.1604	3.1617	3.1613		3.1594		3.1597	3.1582	3.1599	3.1581	3.1569	3.1539			3.1545	-0.60
2C0043	181980	606850	3.2483	3.2531			3.2506	3.2500	3.2481	3.2490	3.2486		3.2475		3.2482	3.2464	3.2471	3.2467	3.2459	3.2440			3.2446	-0.51
2C0045	180130	606730	3.5073	3.5086			3.5082	3.5084	3.5073	3.5074	3.5069		3.5067			3.5075	3.5071	3.5072	3.5064	3.5064			3.5067	-0.15
2C0064	184860	603070	-0.5664		-0.5631							-0.5679			-0.5695						-0.5674			-0.33
2C0066	184860	603070	-0.6421		-0.6385							-0.6443			-0.6452						-0.6429			-0.33
2C0095	180080	606380	2.5580	2.5610			2.5581	2.5592	2.5582	2.5580	2.5576		2.5574			2.5591	2.5572	2.5574	2.5568	2.5571	2.5575		2.5573	-0.19
2C0098	182700	607550	3.7105	3.7118			3.7130	3.7119	3.7086	3.7110	3.7093		3.7094			3.7079	3.7089	3.7081	3.7071	3.7046			3.7050	-0.35
2C0099	182600	607930	5.9008	5.9036			5.9045	5.9032	5.8999	5.9026	5.9000		5.8993			5.8979	5.8977	5.8982	5.8965	5.8944			5.8940	-0.58
2C0100	180850	607300	4.1078	4.1112			4.1092	4.1096	4.1077	4.1088	4.1072		4.1060			4.1070	4.1071	4.1071	4.1067	4.1062			4.1052	-0.34
2C0103	181010	606781	4.8470	4.8502			4.8481	4.8486	4.8471	4.8435	4.8469		4.8454			4.8479	4.8464	4.8478	4.8467	4.8454			4.8453	-0.21
2C0104	180983	606779	4.9424	4.9462			4.9432		4.9422	4.9425	4.9430		4.9411			4.9442	4.9412	4.9428	4.9403	4.9403			4.9405	-0.32
2C0105	181177	607988	18.6567	18.6619			18.6581	18.6587	18.6570	18.6574	18.6561		18.6535			18.6548	18.6551	18.6560	18.6561	18.6556			18.6531	-0.42
2C0107	180700	605300	2.0448	2.0507		2.0481	2.0481	2.0489	2.0438	2.0476	2.0461	2.0441	2.0417			2.0449	2.0431	2.0436	2.0405	2.0410	2.0432		2.0403	-0.68
2C0109	180730	606060	2.2749	2.2772			2.2772	2.2772	2.2754	2.2765	2.2750	2.2750	2.2740			2.2747	2.2742	2.2740	2.2736	2.2723	2.2732		2.2730	-0.37
2C0114	181640	607740	5.6572										5.6562			5.6572	5.6572	5.6570	5.6569	5.6563			5.6547	-0.20
2C0122	180100	606650																	2.4130	2.4143		2.4110	2.4144	0.06
2D0060	199810	608010	1.0759		1.0795										1.0769						1.0711			-0.66
2D0061	199810	608010	0.9322		0.9355										0.9330						0.9279			-0.60

Ameland hoogte historie

BM	X	Y	*86-12*	86-03	86-06	87-09	87-10	88-10	90-01	91-02	92-01	92-05	93-01	93-06	93-12	94-01	95-02	96-01	97-01	98-02	98-05	98-08	99-02	*dh/dt*
Verworpen:																								
AME2	186870	610910	29.2724											29.2360								29.1680		-8.59
2C0102	188130	608320	3.0462	3.0401			3.0241	3.0118	2.9884	2.9813	2.9825		2.9660			2.9632	2.9543	2.9418	2.9284	2.9161			2.9066	-6.38
0G0191	191725	611904	6.4161			6.3769								6.3693								6.3240		-0.18
0G0093	192880	614560	3.9727			3.9655						3.9713												2.53
2C0065	184860	603070	-0.5514		-0.5848							-0.5413			-0.5421						-0.5400			3.98
Enkele hoogte:																								
0G0192	191735	611887	6.2300			6.2300																		-4.90
2C0038	187031	608381	1.5608	1.5608																				-4.05
2C0033	188350	606460	-0.6835	-0.6835																				-2.86
2C0034	188350	606460	-0.7883	-0.7883																				-2.86
2C0035	188351	606451	-0.8462	-0.8462																				-2.83
2C0039	185981	608401	1.5993	1.5993																				-1.36
2C0041	183650	607130	2.6917				2.6917																	-0.02
2C0010	182120	607800	7.6945	7.6945																				0.00
2C0016	180840	605930	5.9019	5.9019																				0.00
1H0058	174800	605980	1.6384										1.6384											0.00
1H0051	174620	605210	0.6982				0.6982																	0.00
1H0055	174600	605210	0.6958										0.6958											0.00
1H0021	172530	606630	3.2166				3.2166																	0.00
1H0059	172530	606630	3.2416										3.2416											0.00
1H0054	172220	605160	1.1665				1.1665																	0.00
1H0056	172220	605160	1.1676										1.1676											0.00
1H0001	172020	604720	2.1445				2.1445																	0.00
1H0057	172010	604720	1.8512										1.8512											0.00
Alternatieve hypothese 2C0102:																								
2C0102a	188130	608320	3.0391	3.0401			3.0241	3.0118	2.9884	2.9813	2.9825													-12.09
2C0102b	188130	608320	3.0810										2.966			2.9632	2.9543	2.9418	2.9284	2.9161			2.9066	-9.00

Ameland hoogte analyse

BM	X	Y	u	v	dist	86-03	86-06	87-09	87-10	88-10	90-01	91-02	92-01	92-05	93-01	93-06	93-12	94-01	95-02	96-01	97-01	98-02	98-05	98-08	99-02	nObs	avg	sd	trend
2C0082	189650	609010	-0.22	-0.11	0.24	2.2			5.6	7.7	-5.0	4.4	-0.7		-4.1			-8.1	-0.6	-1.6	-1.0	-0.8			2.1	13	0.0	4.4	-0.40
2D0081	190550	608950	-0.24	0.24	0.34																	-1.5		-1.5	3.0	3	0.0	2.6	5.04
2D0079	190500	608830	-0.29	0.22	0.36	-5.2			0.3	2.6	-8.2	1.2	-1.7		-4.6			-5.9	1.8	2.8	4.5	3.5			8.8	13	0.0	4.9	0.69
2D0023	191000	608660	-0.35	0.41	0.54	2.2			4.5	6.0	-6.4	-1.8	-4.4													6	0.0	5.0	-1.62
2D0076	191000	608660	-0.35	0.41	0.54								1.7		-2.4			-6.0	1.7	1.1	1.1	-0.2			3.1	8	0.0	2.9	0.46
2C0112	189010	608520	-0.41	-0.36	0.55								4.3		-0.5			-5.5	1.6	-1.1	-1.7	3.0				7	0.0	3.3	-0.11
2C0037	188980	608530	-0.40	-0.38	0.55	-2.4			2.2	4.8	-6.0	1.4														5	0.0	4.2	-0.13
2D0075	190020	608030	-0.60	0.03	0.60	5.1			5.3	7.7	-3.2	3.1	-0.4		-5.6			-7.9	-1.4	-0.7	-1.9	-1.5			1.5	13	0.0	4.4	-0.56
2D0074	190790	608220	-0.52	0.33	0.62	3.9			4.8	6.5	-4.3	1.6	-0.9		-6.4			-7.3	-0.5	0.2	-1.0	-0.1			3.5	13	0.0	4.2	-0.32
2C0121	189220	608080	-0.58	-0.28	0.64	-1.9			1.6	9.2	-4.6	0.8	-2.7		-7.1			-7.0	2.5	0.0	1.4	3.2			4.6	13	0.0	4.6	0.16
2C0106	189216	608079	-0.58	-0.28	0.65	-0.6			2.9	10.5	-3.4	2.0	-1.5		-5.9	-5.9		-5.8	3.7	1.2	2.6					12	0.0	4.9	-0.23
2D0070	191630	608840	-0.28	0.66	0.72	1.9			4.2	6.5	-6.8	-1.3	-3.2		-5.3			-8.2	1.2	0.8	1.9	2.5			5.7	13	0.0	4.7	0.05
2C0083	188880	607770	-0.70	-0.42	0.81	-0.2			2.0	3.1	-4.2	2.6	1.1		-3.8			-5.2	0.9	0.5	-1.4	0.8			3.7	13	0.0	2.9	0.00
2C0019	188131	608321	-0.48	-0.71	0.86	-4.6				3.6	-3.8	2.7	2.1													5	0.0	3.9	0.97
2D0069	191950	608320	-0.49	0.78	0.92	3.9			5.2	7.0	-4.4	-0.4	-2.1		-5.6			-7.4	-0.4	-0.2	-0.6	0.3			4.7	13	0.0	4.3	-0.27
2C0113	188500	607540	-0.79	-0.56	0.97								-0.5		-4.5			-4.7	1.8	0.8	-1.0	2.0			6.1	8	0.0	3.5	0.89
2D0073	192640	608960	-0.24	1.05	1.08	1.0			3.7	3.6	-7.0	-2.0	-3.1		-5.0			-7.6	1.1	1.5	2.6	3.5			7.7	13	0.0	4.6	0.27
2D0071	192630	608750	-0.32	1.05	1.10	2.9			6.7	5.7	-5.8	-0.3	-2.7		-6.4											7	0.0	5.3	-1.66
2D0078	192630	608750	-0.32	1.05	1.10													-6.4	1.6	1.1	0.3	-0.1			3.5	6	0.0	3.4	1.04
2C0110	188120	607450	-0.83	-0.71	1.09	-3.7			1.0	2.6	-3.4	3.5														5	0.0	3.3	0.73
2D0072	192610	608440	-0.44	1.04	1.13	0.7			3.8	4.3	-6.0	-0.2	-1.9		-4.5			-6.6	1.0	1.9	0.9	1.7			4.8	13	0.0	3.8	0.08
2C0087	187030	608380	-0.46	-1.14	1.23	-2.7			4.3	4.3	-2.5	4.2	2.2		-1.7			-3.9	-0.2	-1.4	-1.2	-2.1			0.7	13	0.0	2.9	-0.22
2C0084	187710	607340	-0.87	-0.87	1.23	-5.8			-1.5	-0.3	-5.5	0.7	-0.4		0.0			-3.3	3.1	1.7	1.2	3.0			6.9	13	0.0	3.5	0.65
2D0077	192960	608080	-0.58	1.18	1.31										-3.8			-5.5	0.0	3.5		5.8				5	0.0	4.8	2.51
2D0051	193200	608000	-0.61	1.27	1.41	2.5			1.5	5.8	-6.5	0.9	-0.7	1.5	-4.7			-5.6	-1.1	2.2		0.4	1.5	0.2	2.1	15	0.0	3.3	-0.04
2D0052	193201	608001	-0.61	1.27	1.41	2.6			1.7	6.0	-6.5	0.8	-0.7	1.6	-4.6			-5.6	-0.7	2.1		0.0	1.1	0.5	1.7	15	0.0	3.3	-0.06
2D0053	193202	608002	-0.61	1.27	1.41	2.2			1.4	5.9	-6.5			1.7	-4.5			-5.6				0.6	1.9	0.3	2.5	11	0.0	3.9	-0.03
2C0086	185980	608400	-0.45	-1.55	1.61	-1.7			2.4	3.0	-5.7	2.8	0.8		-1.1			-2.4	0.2	0.7	0.1	-0.8			1.6	13	0.0	2.4	0.02
2C0085	186550	607070	-0.97	-1.33	1.64	-6.3			-0.4	-0.9	-7.1	-0.8	-0.1		2.4			-1.3	3.0	3.3	0.5	0.9			6.8	13	0.0	3.7	0.69
2C0047	185980	606870	-1.05	-1.55	1.87	-1.5			3.0	1.7	-4.2	0.4	0.4		0.9			-0.8								8	0.0	2.2	-0.07
2C0116	185980	606870	-1.05	-1.55	1.87														-0.9	1.9	-1.1					3	0.0	1.7	-0.20
2C0125	185980	606870	-1.05	-1.55	1.87																	-3.9			3.9	2	0.0	5.6	6.90
2C0018	184841	608411	-0.45	-1.99	2.04	-0.3				2.8	-4.9	2.5	-0.2													5	0.0	3.1	0.04
2C0101	184840	608410	-0.45	-1.99	2.04	0.9			3.4	4.2	-4.1	3.3	0.8		-1.4			-2.3	-0.2	0.0	-0.7	-3.5			-0.4	13	0.0	2.5	-0.30
2D0088	191808	604688	-1.90	0.73	2.04									2.8									-4.0	1.3		3	0.0	3.6	-0.67
2D0089	191807	604683	-1.91	0.73	2.04									1.3									-4.3	3.0		3	0.0	3.8	-0.25
2D0090	191806	604673	-1.91	0.73	2.04									5.4									-6.2	0.8		3	0.0	5.9	-1.38
2C0023	184910	607050	-0.98	-1.97	2.20	3.1			3.8	3.1	-1.9	1.5	0.4		1.2			-1.3	0.8	-0.7	-3.4	-4.3			-2.2	13	0.0	2.6	-0.50
0G0094	192880	614560	1.95	1.15	2.27		-5.3	-1.6						6.8												3	0.0	6.2	2.03
2C0040	184130	607800	-0.69	-2.27	2.37	2.0			3.9	4.4	-2.2	2.5	1.1		-1.0		0.9	-2.8	-1.0	-0.7	-1.3	-3.3			-2.3	14	0.0	2.5	-0.47
2C0096	184170	607150	-0.94	-2.26	2.44	3.9			4.6	3.1	-0.6	1.9	0.6		0.8			-1.7	-0.4	-1.1	-3.5	-4.5			-3.1	13	0.0	2.8	-0.64
2C0117	183700	607800	-0.69	-2.44	2.53															0.5	0.7	-0.2			-0.9	4	0.0	0.7	-0.25
2C0097	183550	607700	-0.73	-2.50	2.60	1.8			3.2	2.5	-1.7	0.6	-0.6		-1.0			-3.2	-1.6							9	0.0	2.1	-0.58
2C0123	183680	607150	-0.94	-2.45	2.62																	0.9			-0.9	2	0.0	1.2	-0.19
2C0108	183650	607130	-0.95	-2.46	2.64				2.2	-2.2																2	0.0	3.1	-1.32
2C0111	183690	607020	-0.99	-2.44	2.64						1.9	4.0	2.2		0.9			-7.7	4.6	-6.0	0.1					8	0.0	4.5	-0.75
2C0026	188620	602820	-2.63	-0.52	2.68		0.7							-0.6									-1.9	1.8		4	0.0	1.6	-0.06
2C0027	188620	602820	-2.63	-0.52	2.68		0.9							-0.9									-1.8	1.8		4	0.0	1.6	-0.06
2C0028	188620	602820	-2.63	-0.52	2.68		0.0							-1.3									-1.5	2.8		4	0.0	2.0	0.08

Ameland hoogte analyse

BM	X	Y	u	v	dist	86-03	86-06	87-09	87-10	88-10	90-01	91-02	92-01	92-05	93-01	93-06	93-12	94-01	95-02	96-01	97-01	98-02	98-05	98-08	99-02	nObs	avg	sd	trend
Buiten kom:																													
0A2592	180110	606700	-1.12	-3.84	4.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19	0.0	0.0	0.01
1H0003	171160	605300	-1.67	-7.34	7.53	1.5			1.5						-2.9											3	0.0	2.5	-0.69
1H0005	171850	605520	-1.58	-7.07	7.24	0.3			0.3						-0.7											3	0.0	0.6	-0.16
1H0007	170640	605920	-1.42	-7.54	7.68	1.2			1.2						-2.5											3	0.0	2.1	-0.58
1H0009	171220	605950	-1.41	-7.32	7.45	0.0			0.0						0.1											3	0.0	0.1	0.02
1H0011	173710	606820	-1.07	-6.34	6.43	0.2			0.2						-0.4											3	0.0	0.3	-0.09
1H0012	174790	606640	-1.14	-5.92	6.03	0.4			0.4						-0.7											3	0.0	0.6	-0.17
1H0013	174900	606460	-1.21	-5.88	6.00	0.5			0.5						-0.9											3	0.0	0.8	-0.22
1H0014	175080	606680	-1.13	-5.81	5.92	0.7			0.7						-1.3											3	0.0	1.2	-0.31
1H0016	177320	606660	-1.13	-4.93	5.06	0.3			0.3						-0.6											3	0.0	0.5	-0.14
1H0017	179090	606760	-1.09	-4.24	4.38	1.5			1.5						-3.0											3	0.0	2.6	-0.71
1H0018	179970	606120	-1.34	-3.90	4.12	0.7			0.7						-1.5											3	0.0	1.3	-0.34
1H0019	178130	606680	-1.13	-4.62	4.75	0.2			0.2						-0.4											3	0.0	0.3	-0.09
1H0020	176230	606680	-1.13	-5.36	5.48	0.3			0.3						-0.5											3	0.0	0.5	-0.13
1H0022	170750	605530	-1.58	-7.50	7.66	0.9			0.9						-1.9											3	0.0	1.6	-0.44
1H0026	174700	604770	-1.87	-5.96	6.24	0.7			0.7						-1.3											3	0.0	1.2	-0.31
1H0045	171810	606460	-1.21	-7.09	7.19	0.5			0.5						-0.9											3	0.0	0.8	-0.22
1H0046	177220	606300	-1.27	-4.97	5.13	0.4			0.4						-0.9											3	0.0	0.8	-0.20
1H0047	178840	606250	-1.29	-4.34	4.53	0.9			0.9						-1.7											3	0.0	1.5	-0.41
1H0048	178050	606460	-1.21	-4.65	4.80	1.4			1.4						-2.8											3	0.0	2.4	-0.66
1H0049	176320	606070	-1.36	-5.32	5.50	0.5			0.5						-0.9											3	0.0	0.8	-0.22
1H0050	175730	605250	-1.68	-5.55	5.80	0.9			0.9						-1.8											3	0.0	1.6	-0.42
1H0052	174280	604870	-1.83	-6.12	6.39	1.3			1.3						-2.6											3	0.0	2.3	-0.61
1H0053	173110	605110	-1.74	-6.58	6.80	0.2			0.2						-0.4											3	0.0	0.3	-0.09
2C0001	180050	606650	-1.14	-3.87	4.03	0.6			0.6	0.7	1.4	0.4	-0.5		-1.2			-0.1	-0.3	1.1	-0.8	-0.5	-1.3		-0.1	14	0.0	0.8	-0.12
2C0002	180630	606520	-1.19	-3.64	3.83	1.7			1.0	0.4	-0.7	1.0	0.1		-0.8			0.5	-0.2	-0.6	-0.3	-0.9			-1.2	13	0.0	0.9	-0.17
2C0003	180550	606650	-1.14	-3.67	3.84	4.6			2.5	2.3	0.9	1.5	0.2		-0.7			0.1	-0.5	-1.1	-1.8	-3.4			-4.5	13	0.0	2.5	-0.58
2C0006	181200	606940	-1.02	-3.42	3.57	2.1			0.9	2.1	-0.3	1.1	-0.4		0.3			-0.4	-0.6	-0.7	-1.0	-1.1			-2.1	13	0.0	1.3	-0.28
2C0009	181710	607670	-0.74	-3.22	3.30	0.4			1.1	1.4	-1.5	-0.6	-0.8													6	0.0	1.1	-0.35
2C0042	182850	606980	-1.01	-2.77	2.95	3.9			3.0	2.4	-0.1	1.5	1.3		-0.4		0.2	-1.3	0.6	-0.9	-1.9	-4.6			-3.8	14	0.0	2.4	-0.59
2C0043	181980	606850	-1.06	-3.11	3.29	4.8			2.3	1.8	0.0	1.0	0.7		-0.3		0.4	-1.4	-0.6	-0.9	-1.6	-3.4			-2.7	14	0.0	2.1	-0.51
2C0045	180130	606730	-1.11	-3.83	3.99	1.3			0.9	1.1	0.0	0.1	-0.4		-0.6			0.2	-0.2	-0.1	-0.9	-0.9			-0.6	13	0.0	0.7	-0.15
2C0064	184860	603070	-2.54	-1.99	3.22		3.3							-1.0			-2.4						0.1			4	0.0	2.4	-0.33
2C0066	184860	603070	-2.54	-1.99	3.22		3.6							-1.6			-2.4						0.4			4	0.0	2.7	-0.33
2C0095	180080	606380	-1.24	-3.85	4.05	3.0			0.1	1.2	0.2	0.0	-0.4		-0.6			1.1	-0.8	-0.6	-1.2	-0.9	-0.5		-0.7	14	0.0	1.1	-0.19
2C0098	182700	607550	-0.79	-2.83	2.94	1.3			2.7	1.9	-1.1	1.6	0.1		0.4			-0.8	0.4	-0.1	-0.9	-3.1			-2.5	13	0.0	1.7	-0.35
2C0099	182600	607930	-0.64	-2.87	2.94	2.8			3.9	2.8	-0.2	2.8	0.4		-0.1			-1.2	-1.2	-0.4	-1.9	-3.7			-3.9	13	0.0	2.5	-0.57
2C0100	180850	607300	-0.88	-3.55	3.66	3.4			1.5	1.9	0.0	1.1	-0.4		-1.6			-0.6	-0.5	-0.4	-0.8	-1.3			-2.3	13	0.0	1.6	-0.34
2C0103	181010	606781	-1.09	-3.49	3.66	3.2			1.1	1.6	0.2	-3.4	0.0		-1.5			1.1	-0.4	1.0	-0.1	-1.4			-1.4	13	0.0	1.7	-0.21
2C0104	180983	606779	-1.09	-3.50	3.67	3.8			0.8		-0.2	0.2	0.7		-1.2			1.9	-1.1	0.6	-1.9	-1.9			-1.7	12	0.0	1.7	-0.32
2C0105	181177	607988	-0.61	-3.43	3.48	5.2			1.5	2.1	0.5	0.9	-0.4		-2.9			-1.6	-1.2	-0.3	-0.1	-0.6			-3.1	13	0.0	2.2	-0.42
2C0107	180700	605300	-1.67	-3.61	3.98	5.9		3.3	3.3	4.1	-1.0	2.9	1.4	-0.6	-3.0			0.2	-1.6	-1.1	-4.2	-3.7	-1.5		-4.4	16	0.0	3.2	-0.68
2C0109	180730	606060	-1.37	-3.60	3.85	2.3			2.3	2.3	0.5	1.6	0.2	0.2	-0.8			-0.1	-0.6	-0.8	-1.2	-2.5	-1.6		-1.8	15	0.0	1.6	-0.37
2C0114	181640	607740	-0.71	-3.24	3.32										-0.5			0.5	0.6	0.5	0.5	-0.1			-1.6	7	0.0	0.8	-0.20
2C0122	180100	606650	-1.14	-3.85	4.01																-0.2	1.1		-2.2	1.2	4	0.0	1.6	0.06
2D0060	199810	608010	-0.61	3.86	3.90		3.6										1.1						-4.7			3	0.0	4.3	-0.66
2D0061	199810	608010	-0.61	3.86	3.90		3.3										0.9						-4.2			3	0.0	3.8	-0.60

Ameland hoogte analyse

BM	X	Y	u	v	dist	86-03	86-06	87-09	87-10	88-10	90-01	91-02	92-01	92-05	93-01	93-06	93-12	94-01	95-02	96-01	97-01	98-02	98-05	98-08	99-02	nObs	avg	sd	trend
Verworpen:																													-0.34
AME2	186870	610910	0.53	-1.20	1.31											13.8								-13.8		2	0.0	19.6	-5.31
2C0102	188130	608320	-0.49	-0.71	0.86	-6.1			-11.7	-11.3	-18.9	-12.3	0.5		-3.3			6.5	11.3	10.4	9.7	11.1			14.2	13	0.0	11.2	2.38
0G0191	191725	611904	0.92	0.70	1.15			-32.6								14.4								18.2		3	0.0	28.3	4.69
0G0093	192880	614560	1.95	1.15	2.27			-6.2						6.2												2	0.0	8.8	2.64
2C0065	184860	603070	-2.54	-1.99	3.22		-33.4							10.7			10.1						12.6			4	0.0	22.3	3.98
Enkele hoogte:																													
0G0192	191735	611887	0.91	0.70	1.15																					1			
2C0038	187031	608381	-0.46	-1.14	1.23																					1			
2C0033	188350	606460	-1.21	-0.62	1.36																					1			
2C0034	188350	606460	-1.21	-0.62	1.36																					1			
2C0035	188351	606451	-1.22	-0.62	1.37																					1			
2C0039	185981	608401	-0.45	-1.55	1.61																					1			
2C0041	183650	607130	-0.95	-2.46	2.64																					1			
2C0010	182120	607800	-0.69	-3.06	3.13																					1			
2C0016	180840	605930	-1.42	-3.56	3.83																					1			
1H0058	174800	605980	-1.40	-5.92	6.08																					1			
1H0051	174620	605210	-1.70	-5.99	6.22																					1			
1H0055	174600	605210	-1.70	-6.00	6.23																					1			
1H0021	172530	606630	-1.15	-6.80	6.90																					1			
1H0059	172530	606630	-1.15	-6.80	6.90																					1			
1H0054	172220	605160	-1.72	-6.93	7.14																					1			
1H0056	172220	605160	-1.72	-6.93	7.14																					1			
1H0001	172020	604720	-1.89	-7.00	7.25																					1			
1H0057	172010	604720	-1.89	-7.01	7.26																					1			
																										0			
Alternatieve hypothese 2C0102:																													
2C0102a	188130	608320	-0.35	-0.50	0.61	1.0			-2.6	0.3	-4.1	5.3														5	0.0	3.6	0.49
2C0102b	188130	608320	-0.35	-0.50	0.61													-10.5	-2.9	-1.5	0.3	4.5			10.1	6	0.0	7.0	3.59

Statistische analyse per meting

nObs	30	4	1	29	31	31	30	31	10	30	1	1	30	29	29	26	30	9	10	28
gem	0.2	-0.9	-1.6	3.0	4.3	-4.5	1.4	-0.4	1.8	-3.0	-5.9	0.9	-5.1	0.8	0.5	-0.1	0.2	-1.7	1.1	2.8
sd	3.1	2.9		1.9	2.8	2.2	1.7	1.9	2.6	2.7			2.3	1.6	1.9	1.8	2.6	2.8	1.3	3.1
model	0.0	0.0	-12.8	-15.0	-33.3	-56.2	-76.0	-92.7	-98.8	-111.0	-118.6	-128.3	-129.3	-149.1	-165.8	-184.2	-204.0	-208.2	-213.9	-222.3
zmax	0.2	-0.9	-14.3	-12.0	-28.9	-60.7	-74.6	-93.1	-97.0	-114.0	-124.4	-127.4	-134.4	-148.4	-165.4	-184.3	-203.8	-209.9	-212.8	-219.4

Model formulering

Bodemdalingmodel

De bodemdaling z op tijdstip *t* kan voor een punt met coördinaten *x, y* worden berekend uit:

$$z\{x,y,t\} = \dot{z}.\min\{\max\{0,(t-t_0)\},(t_e-t_0)\}e^{-r^2/2}$$

waar $r^2 = u^2 + v^2$

$$u = \{(x-x_0)\sin\alpha + (y-y_0)\cos\alpha\}/a$$

$$v = \{(x-x_0)\cos\alpha - (y-y_0)\sin\alpha\}/b$$

met: t_0, t_e : tijdstip in jaren, waarop de lineaire bodemdalingtrend begint, respectievelijk eindigt.
x_0, y_0 : x, y coördinaten van het centrum van de dalingsschotel
a, b : afstand van het centrum tot het steilste punt van de kom op de lange resp. korte as
α : kaarthoek van de lange schotel as
$\dot{z}$: bodemdalingsnelheid in mm per jaar

Inhoud

De inhoud van de schotel op tijdstip *t* is gegeven door:

$$Inhoud = 2.z_{0t}.\pi.a.b$$

met: z_{0t} : bodemdaling in het centrum van de kom (r = 0) op tijdstip t

Helling

De (tangens van de) helling op afstand *l* van het centrum varieert tussen de volgende uitersten:

$$z.l/b^2 \le Helling \le z.l/a^2$$

De steilste helling in de bodemdalingsschotel wordt gegeven door:

$$Helling \le 0.61.z_{0t}/b$$

en ligt op afstand b van het centrum van de kom op de korte komas. Hellingsverschillen en de daaraan ten grondslag liggende bodemdalingsverschillen zullen niet significant detecteerbaar zolang:

$$\Delta Helling\,(< 0.61.\Delta z_{0t}/b) < \left(2\sigma_e\sqrt{2.10^{-3}l_{ij}}\right)/l_{ij}$$

waarin Δz_{0t} het te detecteren bodemdalingsverschil in het komcentrum, σ_e de effectieve standaard deviatie van een over een kilometer gemeten hoogteverschil t.o.v het model en l_{ij} de afstand waarover het hoogteverschil wordt gemeten. Bij een effectieve standaard deviatie van 2 mm over een kilometer zijn en een halve korte as b van 2 km zullen bodemdalingsverschillen kleiner dan 18 mm in het komcentrum niet significant detecteerbaar zijn

Gemiddelde daling

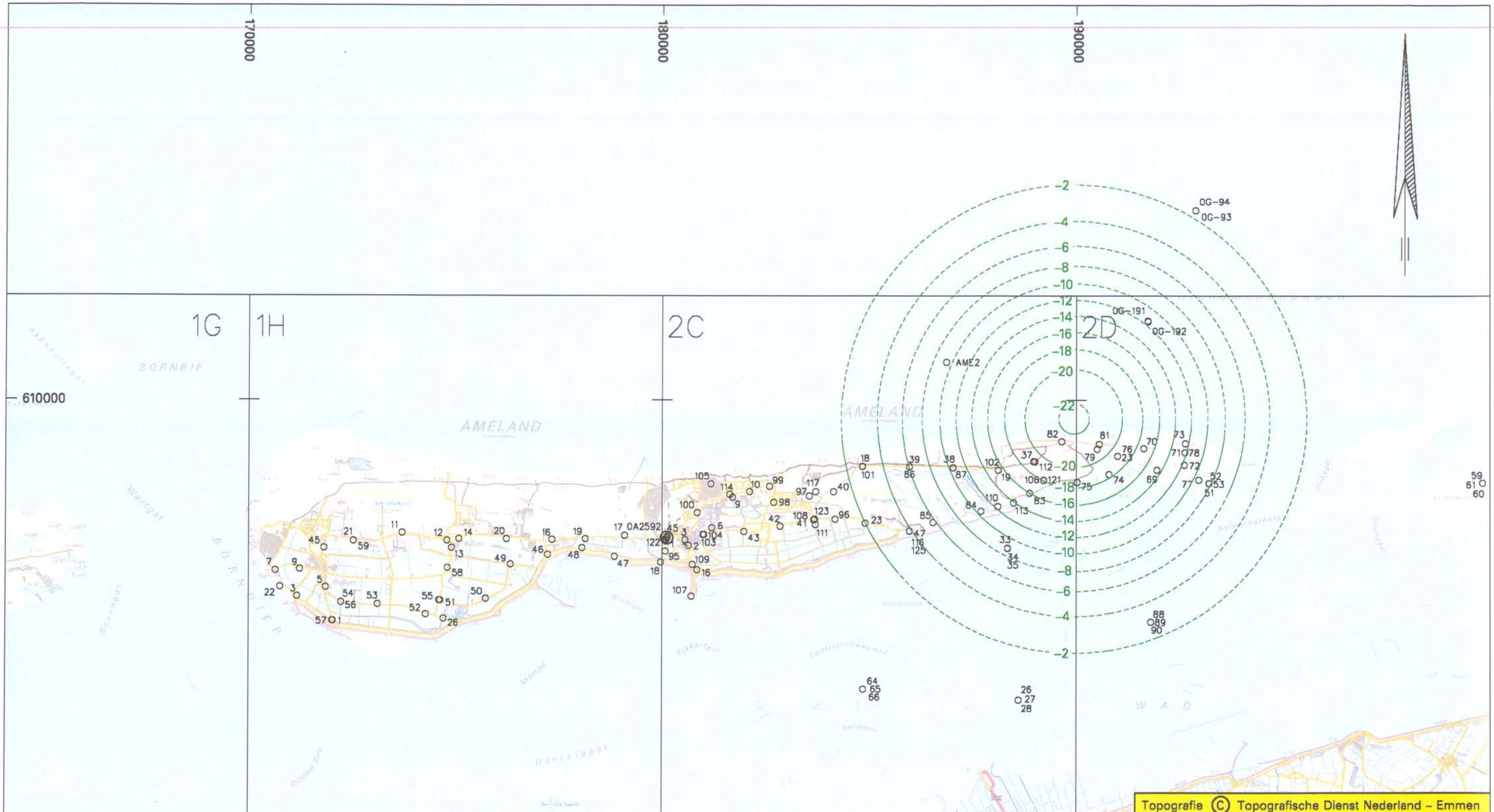
De gemiddelde daling binnen de z_{Rt} contour is gegeven door:

$$Gemid\{z_t | z_t \geq z_{Rt}\} = \frac{z_{0t} - z_{Rt}}{\ln\{z_{0t} / z_{Rt}\}}$$

De gemiddelde daling binnen de contour op R maal de afstand van het komcentrum naar het steilste punt van de dalingskom is:

$$Gemid\{z_t | r \leq R\} = \frac{z_{0t} \cdot \left(1 - e^{-R^2/2}\right)}{R^2 / 2} \qquad waar: \; R^2 = 2.\ln\{z_0 / z_R\}$$

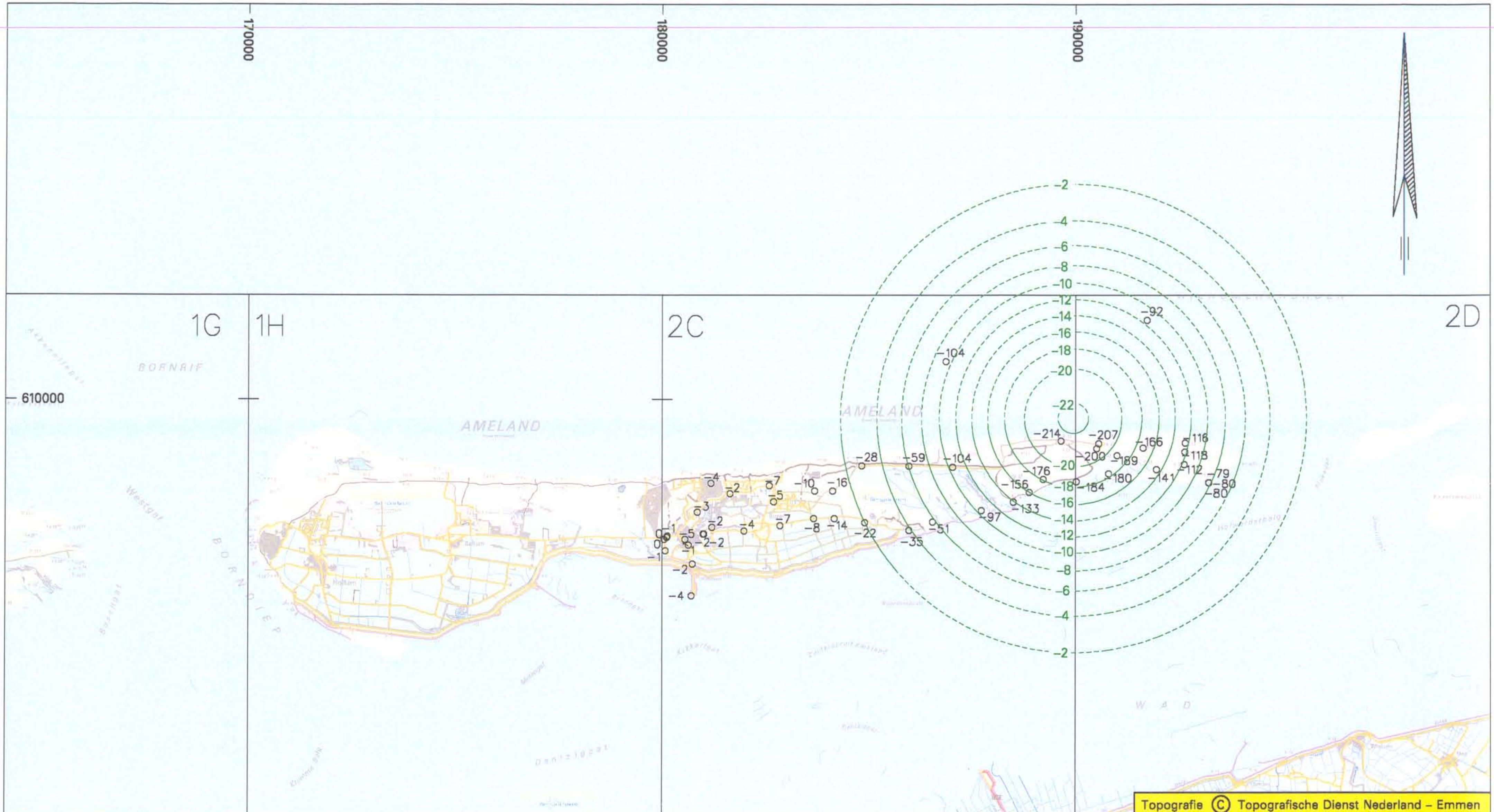
99% van het bodemdalingsvolume ligt binnen de straal r = 3, waar de daling 1% bedraagt van de daling in kom centrum. De gemiddelde bodemdaling binnen deze 1% contour is 21.5% van de daling in het komcentrum.



◎ AANSLUITPUNT
○5 PEILMERK
— BEREKENDE CONTOUR
-10 BODEMDALING IN CM

0 1 2 3 KM

Gewijzigd		
NAM	BUSINESS UNIT EXPLORATIE	
	BODEMDALING AMELAND CONTOURLIJNEN FEBRUARI '99	
	Schaal 1 : 125000	
Projektie sys.: RD	Datum : 18-05-1999	Tekening nr. : x9902452
Bijlage : 4	Laatste wijziging:	



Topografie © Topografische Dienst Nederland – Emmen

o^{-10} DALING PEILMERK IN mm
BEREKENDE CONTOUR
-10 BODEMDALING IN CM

0 1 2 3 KM

Gewijzigd		
	NAM	**BUSINESS UNIT EXPLORATIE**
		BODEMDALING AMELAND
		CONTOURLIJNEN FEBRUARI '99
		DALING PEILMERK
		Schaal 1 : 125000
	Projektie sys.: RD	Datum : 18-05-1999 · Tekening nr. : x9902453
	Bijlage : 4	Laatste wijziging:

Bijlage 5: GPS-meting 1998

Inleiding

Op 25 en 31 augustus en op 1 september heeft een GPS – meting rondom Ameland plaatsgevonden met als doel de bodemdalingskom die in zee ligt beter in beeld te brengen en te onderzoeken of de hydrostatische waterpassingen vervangen kunnen worden door GPS-metingen.

Meetopzet

Het netwerk van peilmerken dat is aangemeten is afgebeeld in de laatste pagina van deze bijlage. Om logistieke reden is het niet mogelijk geweest om peilmerken twee maal met een langere tussenpoze aan te meten. Hierdoor is er geen volledige decorrelatie van de waarnemingen en is de standaardafwijking zoals die uit deze vereffening volgt geen volledige realistische maat voor de herhaalbaarheid van de waarnemingen. Bij elke meting is twee maal opgesteld zodat er een controle plaatsvindt op het meten van de antenne opstelhoogte.

Resultaten

De basislijnen zijn vrij vereffend met 2C122 als aansluitpunt. De hiermee verkregen cartesiaanse coördinaten zijn volgens een exacte relatie omgerekend naar ellipsoïdische hoogten die zijn weergegeven t.o.v WGS84 en te vinden in tabel 1. N is geoïde hoogte t.o.v. WGS84-ellipsoïde, H is de orthometrische hoogte verkregen uit hydrostatische of optische waterpassing. Alle optische en hydrostatische hoogtes zijn vrij vereffend t.o.v. 0A2592 met 3.7722 m als hoogte.

Samenvatting 1998 GPS-meting				
	h*	N	H-hydro*	H-optisch**
2C0027	39.574	40.694	-1.1223	
2D0089	39.858	40.621	-0.7686	
2D0052	40.920	40.555	0.3687	0.365
2C0122	43.139	40.729		2.414
2D0081	44.698	40.566		4.133
2C0118	42.571	40.737		1.832
AWG-1	79.361			
AME-2	69.741			

Tabel 1: Samenvatting resultaten van 1998

* : hoogtes alleen relatief te gebruiken binnen de 1998 GPS-meting
** : naar gewenst tijdstip geïnterpoleerd mbv dalingsparameters

Met behulp van bovenstaande gegevens en onderstaande formule kan een controle plaatsvinden op identificatiefouten en kan een maat voor de gecumuleerde meet- en geoïdefout worden gekregen. Deze overschrijdt nergens de centimeter.

$$-(h_2 - h_1) + (H_2 - H_1) + (N_2 - N_1) = 0$$

Deze controle is ook uitgevoerd voor de GPS-metingen in 1997 en 1993, ook hier worden geen fouten groter dan 1 cm geconstateerd.

Samenvatting 1997 GPS-meting				
	H*	N	H**	H-optisch**
2C0118	42.572	40.737		1.8330
2C0122	43.139	40.729		2.4143
2D0081	44.707	40.566		

Tabel 2: Samenvatting resultaten van 1997

Samenvatting 1993 GPS-meting				
	H*	N	H**	H-optisch**
2C106	61.325	40.596	20.712	
2C102	43.579	40.604	2.961	
AWG-1	79.423			
AME-2	69.827			

Tabel 3: Samenvatting resultaten van 1993

Met behulp van de grootheden in tabel 1 en 3 is geprobeerd de zakking van AWG tussen 1993 en 1998 af te leiden. In onderstaande afleiding is gebruikt gemaakt van de basislijnen 2C106 – AWG in 1993 en 2D52 – AWG in 1998. Er is uitgegaan van basislijnen omdat de hoogtes uit tabel 1 en 2 alleen relatief zijn te gebruiken.

Uit tabel 3:

$$h^{93}_{AWG} - h^{93}_{2C106} = dh^{93}_{2C106-AWG} = (H^{93}_{AWG} + N^{93}_{AWG}) - (H^{93}_{2C106} + N^{93}_{2C106})$$

en uit tabel 1:

$$h^{98}_{AWG} - h^{98}_{2D52} = dh^{98}_{2D52-AWG} = (H^{98}_{AWG} + N^{98}_{AWG}) - (H^{98}_{2D52} + N^{98}_{2D52})$$

Met de aanname dat de geoïdehoogte constant blijft in tijd, kan door bovenstaande formules te herrangschikken en vervolgens van elkaar af te trekken de zakking van AWG tussen 1993 en 1998 berekend worden:

$$Z^{98-93}_{AWG} = H^{93}_{AWG} - H^{98}_{AWG} = dh^{93}_{2C106-AWG} - dh^{98}_{2D52-AWG} + H^{93}_{2C106} - H^{98}_{2D52} + N_{2C106} - N_{2D52}$$

Door de waarden in tabel 1 en 2 in bovenstaande formule in te vullen wordt een daling uitgerekend van 0.044m voor AWG tussen 1993 en 1998. Deze zakking kan uiteraard met verschillende peilmerk combinaties berekend worden.
Volgens dezelfde formule met AME in de plaats van AWG wordt een daling voor AWG tussen 1998 en 1993 berekend van 0.0068m.

Er is nog een eenvoudige controle op deze resultaten mogelijk door de zakking van de platformen tov elkaar te vergelijken.

Relatieve controle					
	dh(AME-AWG)		dh (98-93)	cf. Model	dh (98-93)
93	9.596	AME	0.068	AME	0.041
98	9.620	AWG	0.044	AWG	0.052
Verschil	0.024		0.024		0.011

Tabel 6: Relatieve controle

Het lijkt dat AME sneller daalt dan AWG in vergelijking met wat op basis van het model (gebaseerd op de waterpassingen aan land) verwacht mocht worden. In tegenstelling tot alle andere peilmerken die in de metingen zijn betrokken kunnen beide peilmerken niet op identificatiefouten getoetst worden hetgeen een notoire foutenbron bij GPS-metingen is. In 1999 zal er een hydrostatische waterpassing naar AWG worden uitgevoerd zodat er wel een dergelijke controle kan plaatsvinden. Een toets op identificatiefouten bij AME zal slechts kunnen plaatsvinden door een nieuwe GPS-meting waarbij de afwijkingen van een lineair gedrag de enige manier is om een dergelijke fout te achterhalen daar er bij AME geen koppeling met waterpassingen mogelijk is.

Berekening van NAP-hoogtes

De NAP-hoogtes zijn berekend met 2D0081 als aansluitpunt (voor 1998 H1= 4.133)

$$H_2 = H_1 - N_2 + N_1 + h_2 - h_1$$

waarbij gebruik is gemaakt van de hoogtes uit tabel 1, 2 en 3. Alle berekende NAP-hoogtes zijn weergegeven in onderstaande tabel.

	epoche		
Aansluitpunten	**98-8**	**97-6**	**93-6**
2D0081	4.133	4.1435	
2C0106			20.712
Peilmerken			
2C0102			2.961
2C0027	-1.119		
2D0089	-0.762		
2D0052	0.366		
2C0122	2.411	2.4125	
2C0118	1.835	1.8375	
AWG-1	38.853		38.897
0G191	6.3243		6.3683
AME-2	29.168		29.236

Enige opmerkingen betreffende GPS-netwerkontwerp voor deformatiebepaling

De beste manier om zakkingen uit achtereenvolgende GPS-surveys te herleiden is door bij het GPS-netontwerp minimaal één overlappend peilmerk te gebruiken waarvan het gedrag in tijd goed te modelleren is of stabiel is.

Door in achtereenvolgende surveys steeds dezelfde punten aan te meten kunnen rechtstreeks zakkingen worden afgeleid door de vereffende baselines (h) van elkaar af te trekken. In 1998 is er voor gekozen om de speciaal geplaatste GPS-stenen aan te meten zodat er geen excentriciteiten naar bouten gewaterpast hoeven te worden. Dat is de reden dat er buiten de platformen geen overlap is met het net van 1993. Om het probleem van niet-gemeenschappelijke schrankingsbases op te lossen is er gebruik gemaakt van het geoïde hoogteverschil tussen de schrankingsbasis van 1993 en 1998, zie de laatst weergegeven formule. Dit kan dus het best vermeden worden door eenzelfde peilmerken in verschillende surveys te gebruiken die ook regelmatig in een optisch netwerk zijn opgenomen.

Om in plaats van zakkingen NAP-hoogtes te bepalen zal altijd gebruik gemaakt moeten worden van geoïdehoogteverschillen, de fout hiervan is afhankelijk van de afstand waarover de verschillen worden berekend. Het leeuwendeel van de peilmerken waar NAM in geïnteresseerd is liggen in de dalingskom

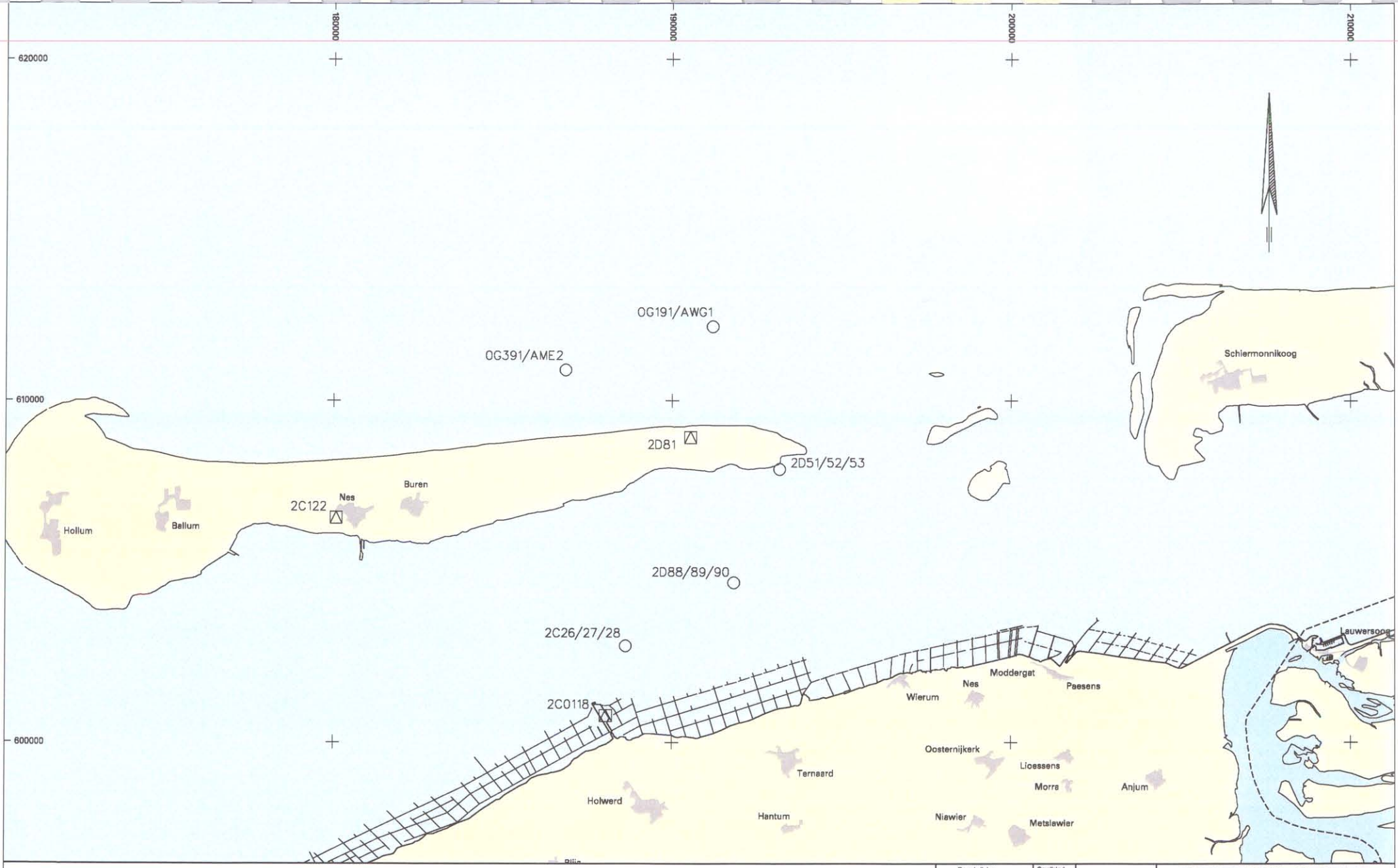
waardoor de onderlinge afstanden gering zijn maar waardoor koppeling met NAP-hoogtes (indien gemeten op een ander tijdstip dan de GPS-survey) slechts plaats kan vinden via correctie met het eerder behandelde model.

Conclusies en aanbevelingen

1. De gecombineerde GPS-, waterpas- en geoïde- en identificatiefout overstijgt niet de 1 cm. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat het vervangen van de hydrostatische waterpassingen door GPS-metingen binnen de 1 cm grens mogelijk is.
2. Voor het afleiden van relatieve zakkingen kan het best éénzelfde schrankingsbasis gebruikt worden voor verschillende GPS-surveys. Indien dit niet kan moet volgens de afgeleide formule te werk worden gegaan.
3. Voor het bepalen van NAP-hoogten met GPS moet een keuze gemaakt worden;

    - De schrankingsbasis binnen de bodemdalingskom gekozen waardoor er slechts een kleine geoïde- en GPS-fout is naar nabijgelegen peilmerken. Vervolgens kan met gebruikmaking van het model de link naar de optische waterpassing gemaakt kan worden. Indien de tijdspanne tussen de optische waterpassing en de GPS-survey niet al te groot is (< 2 jaar) en het gedrag van het aansluitpunt goed bekend is, is dit de beste keuze
    - De schrankingsbasis buiten de bodemdalingskom, resulterend in een grotere geoïde- en GPS-fout maar geen gebruik van het model. Een goede optie als er twijfel bestaat over de regelmatigheid van gedrag van de punten die aan zakking onderhevig zijn of de tijdspanne te groot is tussen de optische waterpassing en GPS-meting.

4. De peilmerken 2C0122 en 2D0081 zijn in 1997 en 1998 opgenomen in de GPS-netwerken en zijn geschikt om op te nemen in een volgend GPS project. Deze peilmerken voldoen aan beide geformuleerde opties onder conclusie 3. Als vervanger of aanvulling van 2C0122 kan het best 2C0118 gebruikt worden.



Omschrijving	Gewijzigd

NAM

Projektie sys.: RD

Bijlage: 5

BUSINESS UNIT EXPLORATIE

GPS-NETWERK 1998

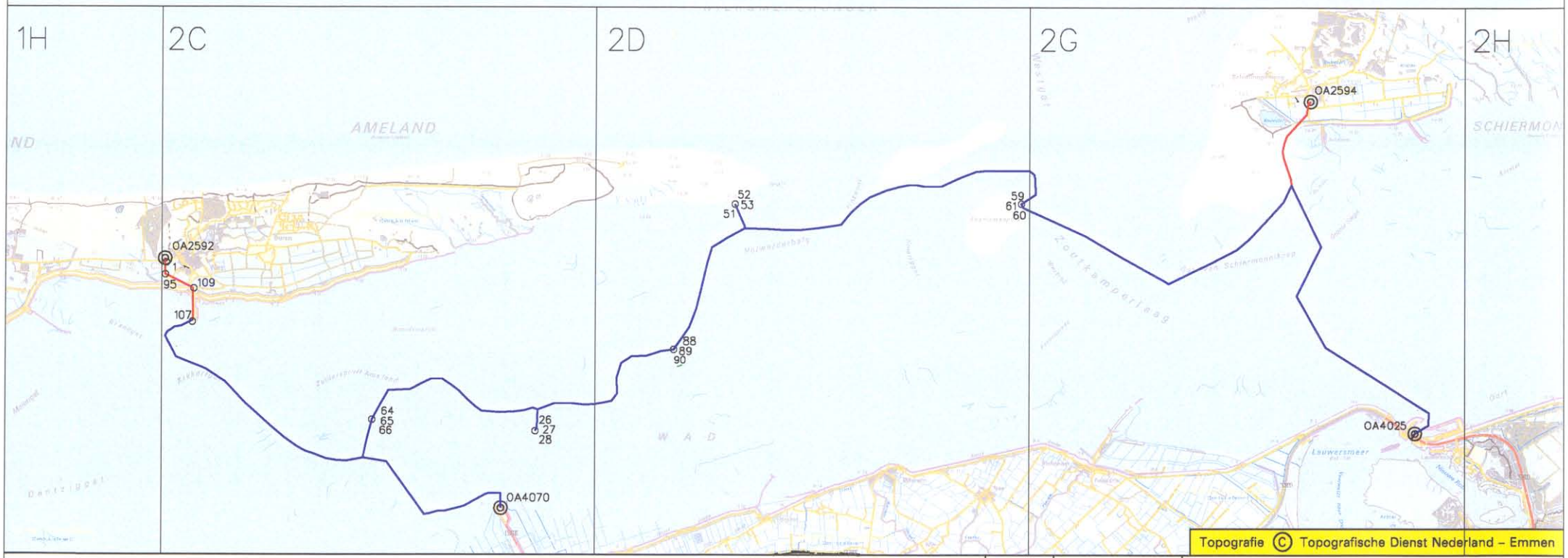
AMELAND

(01-09-1998)

Schaal 1 : 100000

Datum : 12-08-1998

Tekening nr. : X9805950



HYDROSTATISCH WP TRAJECT

OPTISCH WP TRAJECT

o64 PEILMERK

◎ ONDERGROND MERK

0 1 2 3 KM

Gewijzigd		

NAM

BUSINESS UNIT EXPLORATIE

TRAJECTENKAART

HYDROSTATISCHE WATERPASSING '98

Schaal 1 : 125000

Projektie sys.: RD	Datum : 18-05-1999	Tekening nr. : x9902498
Bijlage : 6	Laatste wijziging:	