

Appendix bij Bodemdaling Waddenzee 1977-2011

Inleiding

Na publicatie van het hoofdrapport (Houtenbos, 2011) in verband met de auditdiscussie over de effecten van bodemdaling op Ameland-Oost op 9 dec 2011 zijn nog twee aspecten met consequenties voor de bodemdaling op het Wad nader onderzocht.

Sedimentatie

De mate waarin de ‘spijkermetingen’ - bijlage 2.8 in (Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2011) - zijn beïnvloed door de hoogteligging (h) van het meetpunt, de bodemdaling (z) ter plekke en zetting van de schroefankers sinds het moment van plaatsing ($t_{0,j}$) is onderzocht met behulp van volgende vergelijking voor het gemeten verschil in maaiveldhoogte tussen de tijdstippen $i-1$ en i op meetpunt j :

$$\text{Meting}(i, j) = (a + b \cdot h_j + c \cdot h_j^2 + p \cdot z_j) * (t_i - t_{i-1}) / 365.25 + q \cdot (\log(t_i - t_{0,j}) - \log(t_{i-1} - t_{0,j}))$$

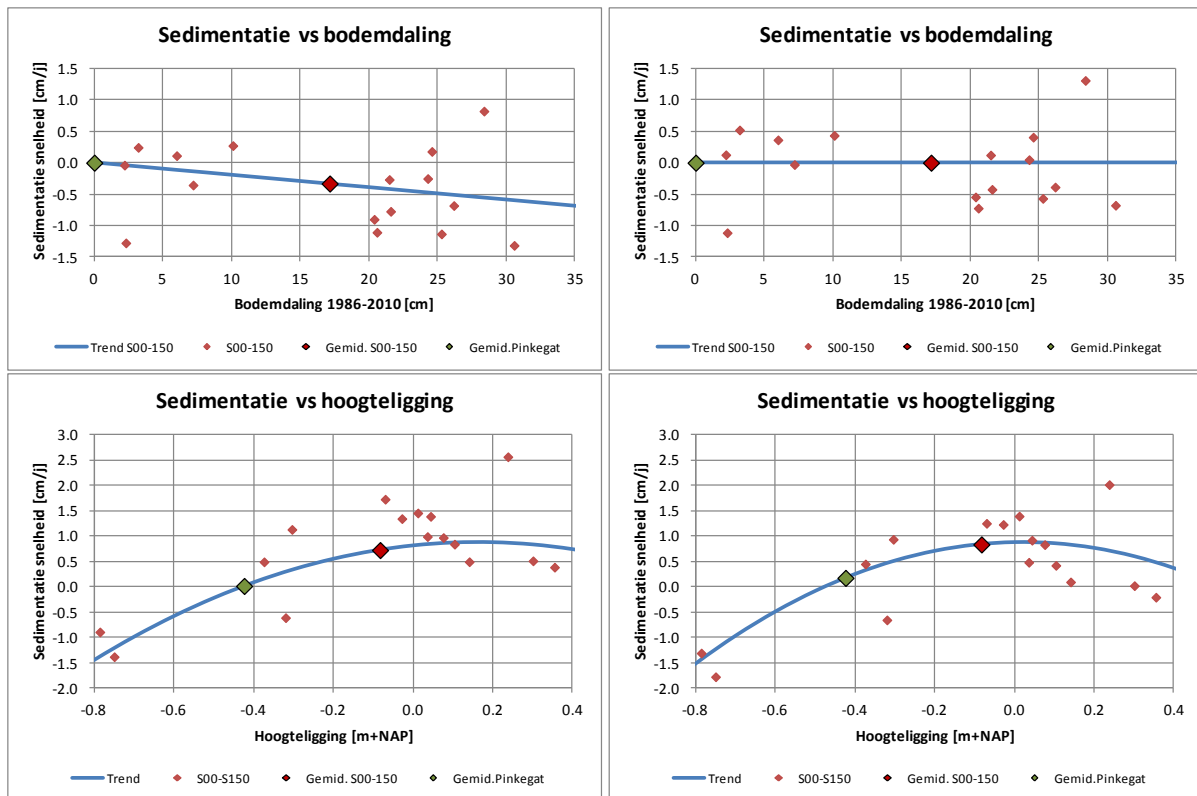
De parameters van deze vergelijking zijn in een kleinste kwadraten vereffening berekend en weergegeven in de kolom “Incl. bodemdaling” van Tabel 1:

Modelparameters S00-S150 dataset	Symbol	Incl. bodem- daling	Excl. bodem- daling
Basis sedimentatie snelheid [cm/j]	a	1.14	0.87
1e afgeleide naar hoogteligging [cm/j/m]	b	0.81	0.14
2e afgeleide naar hoogteligging [cm/j/m]	c	-2.50	-3.55
1e afgeleide naar bodemdaling [cm/j/cm]	p	-0.02	-
Zetting coëfficiënt [cm/log(dagen)]	q	0.42	0.42
Standaard deviatie [cm/meetinterval]		1.4232	1.4226

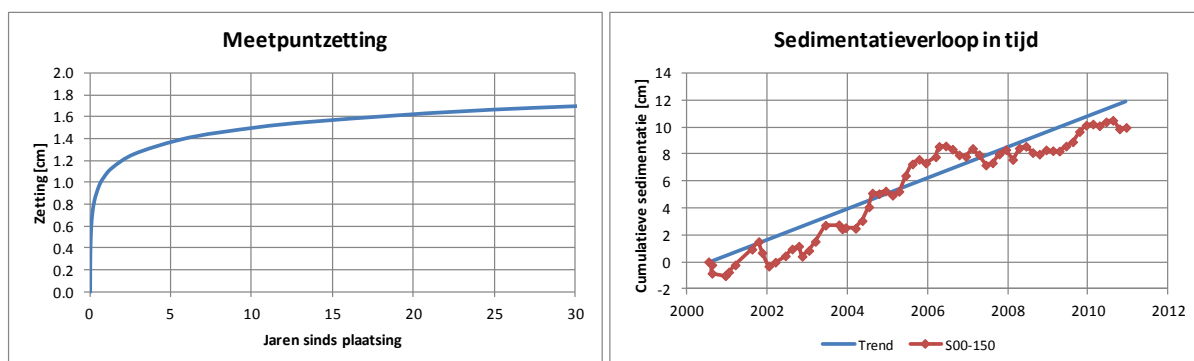
TABEL 1: MODELPARAMETERS SEDIMENTATIEMETINGEN S00-S150

De correlatie tussen sedimentatie en bodemdaling is buitengewoon zwak en fysiek moeilijk interpreteerbaar (Figuur 1, links boven). Vereffening zonder modellering van een relatie tussen sedimentatie en bodemdaling (Figuur 1, rechts boven) levert een nipt kleinere standaard deviatie op (kolom “Excl. bodemdaling”, Tabel 1). Dit betekent dat de bodemdaling geen meetbaar effect heeft gehad op de mate van sedimentatie en de hypothese, dat bodemdaling compenserende sedimentatie te weeg brengt, verworpen moet worden.

Het al dan niet mee modelleren van de invloed van bodemdaling op de sedimentatie heeft geen effect gehad op de berekende mate van zetting. De gemiddelde meetpuntzetting (Figuur 2a) overstijgt naar verwachting ook na 30 jaar de 2 cm nog niet.



FIGUUR 1: LINKS MET, RECHTS ZONDER BODEMDALINGMODELCOMPONENT BOVEN, RELATIE SEDIMENTATIE-BODEMDALING, GECORRIGEERD VOOR HOOGTELIJGING EN ZETTING. ONDER, RELATIE SEDIMENTATIE-HOOGTELIJGING, GECORRIGEERD VOOR BODEMDALING EN ZETTING.



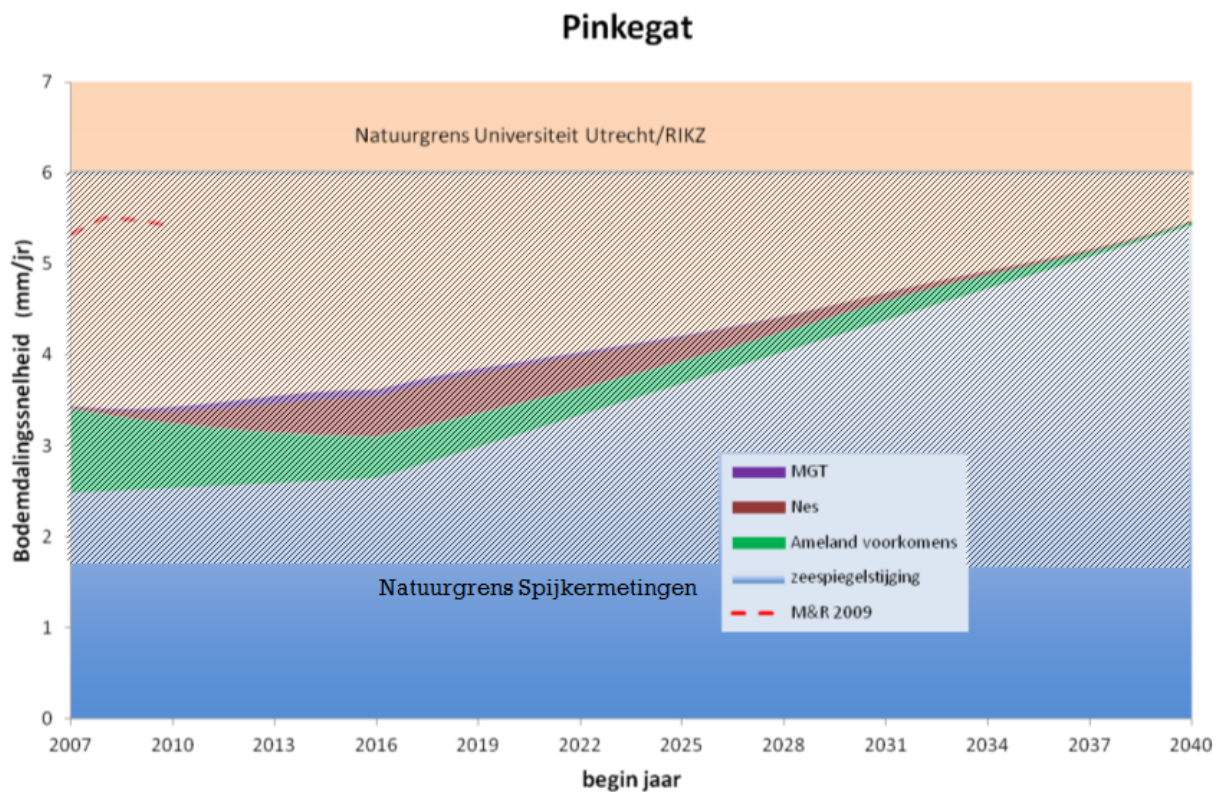
FIGUUR 2: LINKS, GEMIDDELDE ZETTING S00-S150 VANAF HET MOMENT VAN PLAATSIJNG. RECHTS, VERLOOP VAN, VOOR AFWIJKENDE HOOGTELIJGING EN ZETTING GECORRIGEERDE, SEDIMENTATIE.

De afhankelijkheid van de hoogtelijging van het meetpunt (Figuur 1, rechts onder) is veel sterker. Afgezien van de bescheiden correctie voor zetting verschilt de berekende relatie tussen sedimentatie en hoogtelijging niet van die gevonden door (Krol, 2011). De sedimentatiesnelheid van de, gemiddeld 0.08 m onder NAP liggende, meetpunten S00 tot S150 bedraagt 8.3 mm per jaar.

Het verloop van de gemiddelde sedimentatie, na correctie voor zetting en hoogtelijging per meetpunt, is getoond in Figuur 2b. De sedimentatiesnelheid in de eerste 5 jaar, 13.7 mm per jaar, is significant hoger dan die in de laatste 5 jaar, 5 mm per jaar.

Met behulp van de gevonden relatie tussen hoogtelijging en sedimentatiesnelheid kan de sedimentatiesnelheid in het kombergingsgebied Pinkegat worden geschat.

Uit de Lidar metingen (Wang & Eysink, 2011) kan een gemiddelde hoogte van 0.42 m onder NAP voor de aangemeten punten in het Pinkegat worden afgeleid. Doordat Lidar alleen de hoogte van droogvallende punten kan meten zullen meetpunten lager dan 0.50 m onder NAP ondervertegenwoordigd zijn en het Pinkegat in werkelijkheid dieper liggen dan 0.42 m onder NAP. Op grond van de gevonden relatie tussen hoogteligging en sedimentatiesnelheid zal de gemiddelde sedimentatiesnelheid in het Pinkegat (groene ruit in Figuur 1) daarom maximaal 1.7 mm per jaar bedragen. Dit is ruwweg in evenwicht met de historische zeespiegelstijging en laat geen ruimte voor bodemdaling door delfstofwinning. Figuur 3 illustreert het effect van een tegen de spijkermetingen gekalibreerde natuurgrens op de gebruiksruimte, die resteert voor bodemdaling door gaswinning.



FIGUUR 3: GEEN RUIMTE VOOR BODEMDALING DOOR GASWINNING NA KALIBRATIE NATUURGRENS

Bij gaswinning met de 'Hand aan de Kraan' wordt uitgegaan van een sedimentatiesnelheid van 6 mm per jaar voor het Pinkegat. Buiten de spijkermetingen bij Ameland-Oost zijn er meer indicaties dat de ophoging van het Wad feitelijk veel langzamer verloopt dan aangenomen. Uit figuur 4.18 in Eysink et al, 2000 kan een gemiddelde ophoging van 2.6 mm per jaar voor de periode 1970-1987 worden afgeleid. Tabel B.1.4.1. in (RIKZ, 2004) meldt ophoging van het Pinkegat met 0.5 mm per jaar over de periode 1987-1999. De LIDAR metingen, hoofdstuk 2.2.4. (Wang & Eysink, 2011), tenslotte impliceren 37 mm erosie voor de periode 2010-2011. Afzonderlijk zijn deze indicaties niet nauwkeurig genoeg om consequenties aan te verbinden, maar te samen en gevoegd bij de relatie tussen hoogteligging en sedimentatie uit de spijkermetingen op stations S00-S150 vormen zij een moeilijk weerlegbaar patroon van tegenspraken met de hypothese, dat de sedimentatie in het Pinkegat gemiddeld 6 mm per jaar bedraagt.

Voor tijdige signalering van een dreigend verlies aan droogvallende Wadplaten zijn sedimentatiemetingen van groter belang dan bodemdalingsmetingen. (Wang & Eysink, 2011) constateren problemen met de precisie en/of dekking van alle sedimentatiemeetsystemen, die zijn uitgetoet: lodingen, spijkermetingen, GPS en Lidar. Elk systeem levert relevante data voor de bepaling van de gebruiksruimte op het Wad en heeft last van een per systeem verschillende mate van ruis, ruimtelijk en temporeel gecorreleerde systematische fouten en beperkingen in ruimtelijke en temporele dekking. Er lijkt desondanks nog voldoende ruimte te bestaan om de precisie en betrouwbaarheid van de gemeten sedimentatiesnelheid te verbeteren door integrale vereffening van metingen uit verschillende systemen te samen. Als de ruisniveaus en de ruimtelijke en temporele correlaties juist beschreven zijn in een kansmodel zal per kwaliteitsaspect het beste meetsysteem het zwaarste stempel op het eind resultaat drukken. Het verdient aanbeveling het potentieel van een dergelijke aanpak te bepalen in een beperkt proefgebied rond de spijkerpunten S00-S150.

De gemiddelde hoogteligging van de spijkerpunten S00-S150 (-0.08 m) is niet representatief voor dat van het areaal droogvallende platen (-0.42 m). Het verdient aanbeveling deze misrepresentatie bij bijplaatsing of vervanging van spijkerpunten zoveel mogelijk te herstellen. In het monitoringplan bij de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (NAM, 2005a) zijn eens per 2 á 3 jaar spijkermetingen op de vaste (GPS) meetpunten opgenomen om te bepalen of sedimentatie de bodemdaling door gaswinning kan bijhouden. Of deze metingen daadwerkelijk zijn uitgevoerd is onbekend. Integratie van dergelijke spijkermetingen op de GPS stations op het Wad in de analyse van de spijkermetingen aan de randen van het Wad kan de representativiteit van de spijkermetingen sterk ten goede komen.

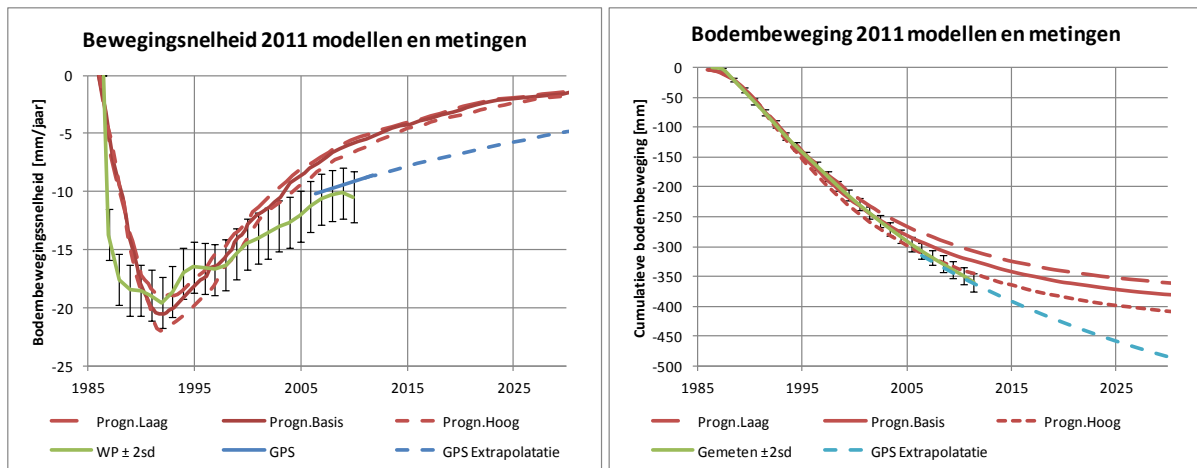
Bodemdalingsnelheid

De continue GPS-metingen op de locatie AME-1 geven een dalingsnelheid van 6.87 mm per jaar aan voor de GPS antenne in 2011, afnemend met 0.27 mm/jaar per jaar (tabel 8, dit rapport). (Eysink, 2005) stelt in figuur 2.3 een constante opwaartse beweging van peilmerk 002D0079 ten opzichte van de naburige peilmerken vast. Opdrijving van de kelder onder het controlegebouw op de locatie wordt als mogelijke oorzaak aangegeven. De snelheid van deze opwaartse beweging is 1.2 mm per jaar. De GPS antenne is, net als het peilmerk 002D0079, bevestigd aan dit controlegebouw. De meetpundaling moet dan ook op gelijke wijze worden herleid tot de bodemdaling ter plekke: $6.87 + 1.2 = 8.07$ mm per jaar.

Winning	station	GPS dh/dt	GPS - zwaartepunt		zwaartepunt		
			afstand	richting	RD-X	RD-Y	dh/dt
AML	amel	-8.1	2010	343	189875	610741	-8.6

TABEL 2: BODEMDALING AMELAND 2011, GECORRIGEERD VOOR KELDEROPDRIJING

Tabel 2 geeft de herleiding weer tot bodemdalingsnelheid in het zwaartepunt van de daling aan het eind van de continue GPS meetperiode.



FIGUUR 4: GPS EXTRAPOLATIE VS NAM SCENARIO'S

De NAM scenario's in figuur 1.8 van het monitoring rapport Ameland (Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2011) impliceren een exponentiële afname van de bodemdalingsnelheid in de tijd. Figuur 4 voegt daar onder de naam 'GPS extrapolatie' (blauwe streeplijn) een nieuw exponentieel scenario aan toe, waarvan de parameters zodanig gekozen zijn dat de bodemdaling ten tijde van de laatste waterpassing gelijk is aan de toen gemeten daling en de bodemdalingsnelheid op het tijdstip van de eerst en laatst gerapporteerde continue GPS meting gelijk is aan de op die tijdstippen uit de GPS metingen afgeleide snelheid op het diepste punt. Dit scenario voorspelt 56 cm bodemdaling in 2050, die zich dan nog altijd doorzet met een snelheid van 2.6 mm per jaar.

Conclusies

1. Kalibratie van het voorspellingsmodel voor de bodemdaling door gaswinning op Ameland niet alleen tegen de mate van de gemeten bodemdaling, maar ook tegen de snelheid daarvan resulteert in een verwachte bodemdaling van 56 cm in 2050. Vanaf 2015 zal de snelheid van bodemdaling bovendien tweemaal zo hoog zijn als in de meest recente NAM voorspelling.
2. Ook de bodemdalingsnelheid door de Anjum gaswinning is tweemaal zo hoog als op grond van de NAM voorspelling mocht worden verwacht. Door verdubbeling van de gaswinning uit de velden Nes en Moddergat moet tenslotte ook daarvan een verdubbeling van de bodemdalingsnelheid worden verwacht. Grosso modo zal de belasting, die Ameland, Anjum, Moddergat en Nes samen leggen op het kombergingsgebied Pinkegat, verdubbelen en het bestaande gebruikscriterium van maximaal 6 mm per jaar ver overschrijden.
3. De sedimentatiemetingen suggereren erosie onder en sedimentatie boven 0.45 m onder NAP. Op grond van de gemeten relatie tussen hoogteligging en erosie/sedimentatie mag voor het areaal droogvallende platen in het Pinkegat maximaal 1.7 mm per jaar opslibbing worden verwacht. Dit is 70% lager dan het bestaande gebruikscriterium van maximaal 6 mm per jaar en laat geen ruimte voor bodemdaling door delfstofwinning.

GEciteerde werken

Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. (2011). *Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland Oost. Evaluatie na 23 jaar gaswinning.*

Eysink, W. (2005). *Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland, Morfologie.*

Houtenbos, A. (2011). *Bodemdaling Waddenzee 1977-2011.* www.waddenzee.nl.

Krol, J. (2011). *Wadplaatsedimentatie bij Ameland, 2000-2010.* Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland.

NAM. (2005a). *Monitoringplan behorend bij de vergunningaanvragen Natuurbeschermingswet 1998 met betrekking tot gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.*

RIKZ. (2004). *Bodemdelingstudie Waddenzee 2004.* www.waddenzee.nl.

Wang, Z., & Eysink, W. (2011). *Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost: Morfologie.* Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland.