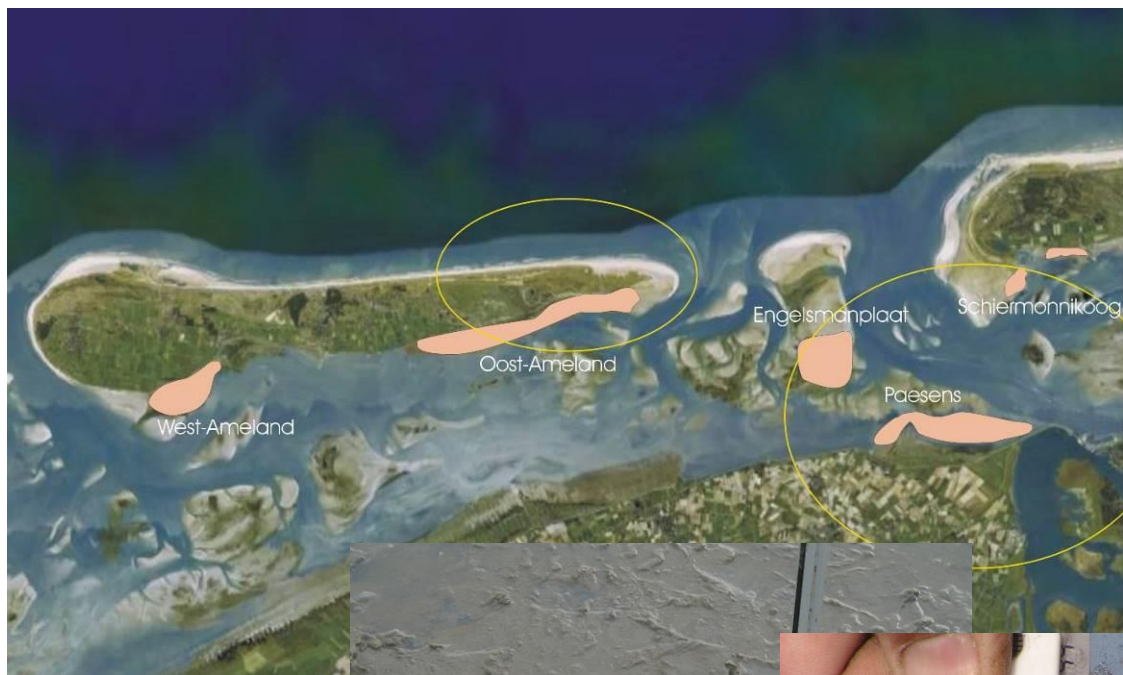


Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog

2007-2013



Johan Krol

Nes, maart 2014

Inhoudopgave.

Samenvatting	pag 3
1. Methode	pag 4
2. Onderzoeksgebieden	pag 7
2.1 Oost-Ameland	pag 7
2.2 West-Ameland	pag 8
2.3 Paesens	pag 9
2.4 Engelsmanplaat	pag 10
2.5 Schiermonnikoog	pag 11
2.6 Overzicht alle onderzoeksgebieden	pag 12
3. Resultaten	pag 13
3.1 Uitwerking per meetstation	pag 13
3.2 Wadsedimentatie per onderzoeksgebied	pag 14
3.3 Wadsedimentatie in 2013	pag 18
3.4 Snelheid van wadsedimentatie	pag 20
3.5 Wadsedimentatie in relatie tot hoogteligging	pag 22
3.5.1 Sedimentatie en hoogteligging van het gebied Oost-Ameland	pag 22
3.5.2 Sedimentatie en hoogteligging van het gebied Paesens	pag 24
3.6 Wadsedimentatie in relatie tot bodemdaling	pag 25
3.6.1 Oost-Ameland sedimentatie en bodemdaling	pag 25
3.6.2 Paesens sedimentatie en bodemdaling	pag 26
4. Andere sedimentatiemetingen bij Paesens	pag 27
5. Extreme omstandigheden en sedimentatie	pag 28
6. Discussie.	pag 30
Literatuur.	pag 32
Bijlage A. Grafieken alle meetstations onderzoeksgebied Paesens	pag 34

Samenvatting.

Ten gevolge van gaswinning bij Oost-Ameland (sinds 1986) en Paesens-Moddergat/Lauwersoog (sinds 2007) vindt bodemdaling plaats in het nabijgelegen deel van de Waddenzee. Om vast te kunnen stellen of in dit deel van de Waddenzee verdieping plaats vindt zijn op wadplaten meetstations ingericht (zie methode). De gebieden waar gemeten wordt, zijn Oost-Ameland (sinds 2000), West-Ameland (sinds 2006), Paesens-Moddergat (sinds 2003 en uitbreiding in 2007), Engelsmanplaat (sinds 2007) en Schiermonnikoog (sinds 2007). Alleen in de onderzoeksgebieden Paesens en Oost-Ameland vindt daadwerkelijk bodemdaling plaats. Er wordt tweemaandelijks gemeten waarbij de meetstations tijdens laagwater lopend over het wad bezocht worden. Aan de hand van de metingen worden gemiddeldes per plaatgebied berekend over alle in dat gebied aanwezige meetstations.

In 2013 is op het plaatgebied ten zuiden van Ameland sprake van sedimentatie. Oost-Ameland +6 mm en West-Ameland +14,5 mm. De gebieden Schiermonnikoog (-15,2 mm), Engelsmanplaat (-2,3 mm) en Paesens (-7,8 mm) eroderen enigszins.

Gerekend over de gehele meetperiode die tussen de onderzoeksgebieden varieert van de afgelopen 7 tot 13 jaar is er sprake van sedimentatie in alle 5 onderzochte gebieden. Op Engelsmanplaat 2,8 mm/j, Oost-Ameland 5,2 mm/j, Paesens 7,1 mm/j, West-Ameland 7,3 mm/j en Schiermonnikoog 8,0 mm/j.

Uit cijfers van de diepe daling van de bodem in het gebied bij Paesens die voor de periode 2007 tm 2012 beschikbaar zijn (bron: NAM module Paesens GRIDS tm 2012) blijkt dat de daling is het hoogst aan de westzijde van het onderzoeksgebied (P180) en bedraagt daar 20 mm. Aan de oostzijde (P80) is nog geen bodemdaling gemeten. De netto sedimentatie bij het meest westelijke station (P180) kantelt door bodemdaling van licht positief (+1 mm/jaar) naar licht negatief (-2 mm/jaar). De overige 17 stations blijven na aftrek van bodemdaling een positieve sedimentatiebalans houden, ook na aftrek van een theoretische zeespiegelstijging van 1,8mm per jaar.

Een vergelijking met sedimentatie metingen door instituut IMARES op de overgang van de kwelder Peazemerlannen naar de Waddenzee laat zien dat twee verschillende methodes in dat gebied dezelfde opslibbingstrend en zeer vergelijkbare waarden meten. In het gebied vlak voor de kwelder Paesumerlannen vindt een forse opslibbing plaats en de bodemhoogte ligt daar inmiddels tussen +60 en +80 cm boven NAP waardoor er goede omstandigheden zijn voor de groei van een uitgebreid stuk pioniervegetatie met Zeekraal.

1. Methode.

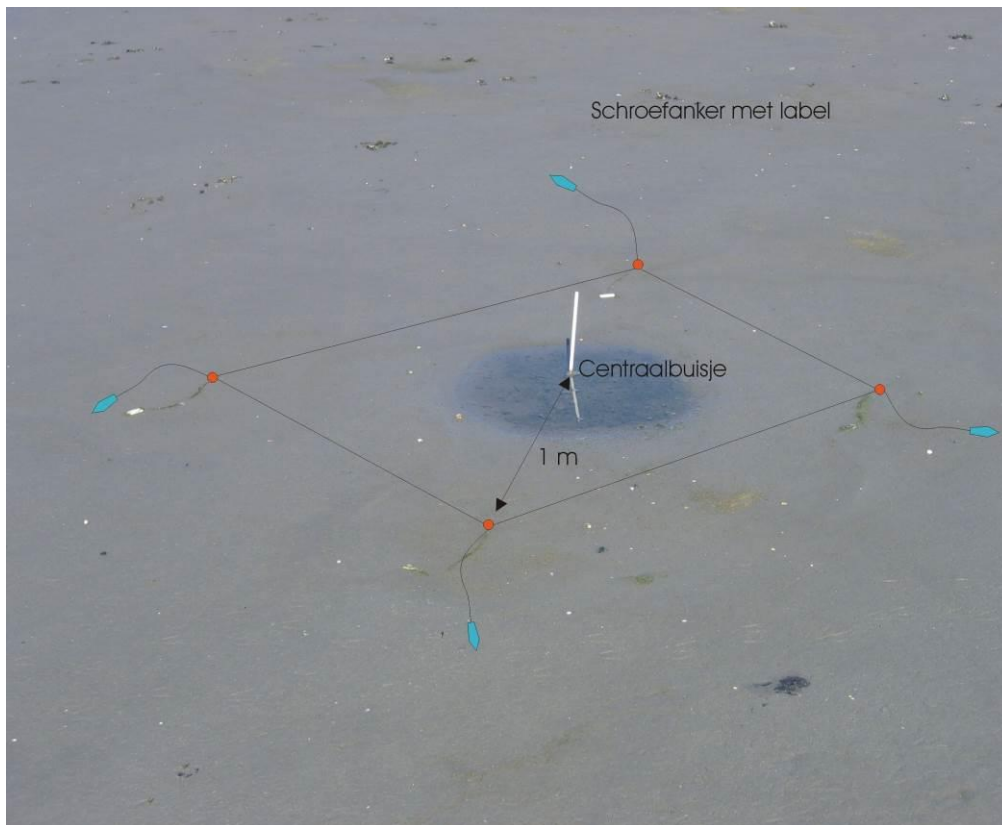
De sedimentatie aan het wadoppervlak wordt gemeten mbv ondergrondse ankers die 60 tot 90 cm onder het wadoppervlak geplaatst zijn. Aanvankelijk werden hiervoor grote bouwmarkt schroeven gebruikt, later is overgestapt op een nog zwaardere eigenbouw schroef als grondanker. Een meetstation op het wad bestaat uit 4 grondankers (foto 3) die in een vierkant rond een middelpuntmarkering staan. De afstand van het grondanker tot het middelpunt is ruim 1 meter in de richting van de vier windrichtingen. Ieder meetstation is met handheld GPS ingemeten. De metingen vinden 6 maal per jaar plaats waarbij gestreefd wordt naar het doen van alle metingen in de laatste decade van feb, apr, jun, aug, okt en dec.



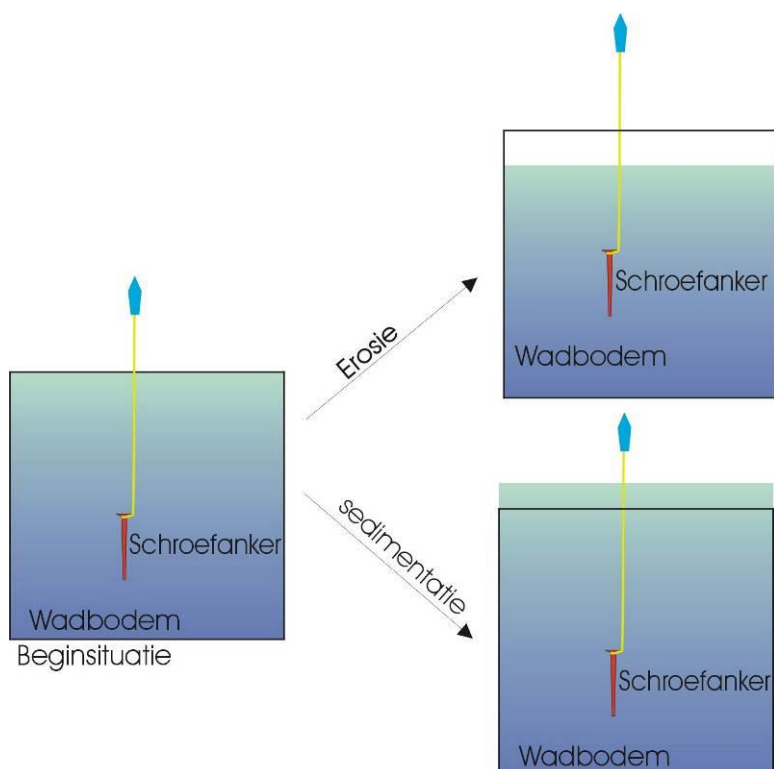
Figuur 1. Eigenbouw grondanker waaraan meettouw bevestigd wordt. Rechts de dop aan het uiteinde van de T-grondboor waarmee het anker in de bodem geschroefd wordt (zie figuur 2).



Figuur 2. Grote T-grondboor met dop aan uiteinde waarmee grondanker in de bodem geschroefd wordt. Het meettouw loopt door de grondboor en hieraan wordt later een identificatieblikje en aluminium afleesring bevestigd.



Figuur 3. Bovengrondse aanblik van een meetstation met 4 grondankers. De meettouwjes en afleeslabels zijn op de foto zichtbaar. Voor verduidelijking is een schema over de foto getekend. In het onderzoeksgebied Oost-Ameland is sprake van een duplo meetstation op 10m onderlinge afstand waardoor per meting 8 grondankers opgemeten worden. In alle andere onderzoeksgebieden is steeds sprake van 1 meetstation met 4 grondankers.



Figuur 4. Principeschema van de meetmethode om wadsedimentatie te monitoren. Indien na verloop van tijd een langere afstand tussen meetlabel en wadbodem gemeten wordt is er sprake van erosie. Andersom is er sprake van sedimentatie. Er ontstaat dus een meetreeks waarbij de afwijking van de beginmeting in de tijd gevolgd wordt.



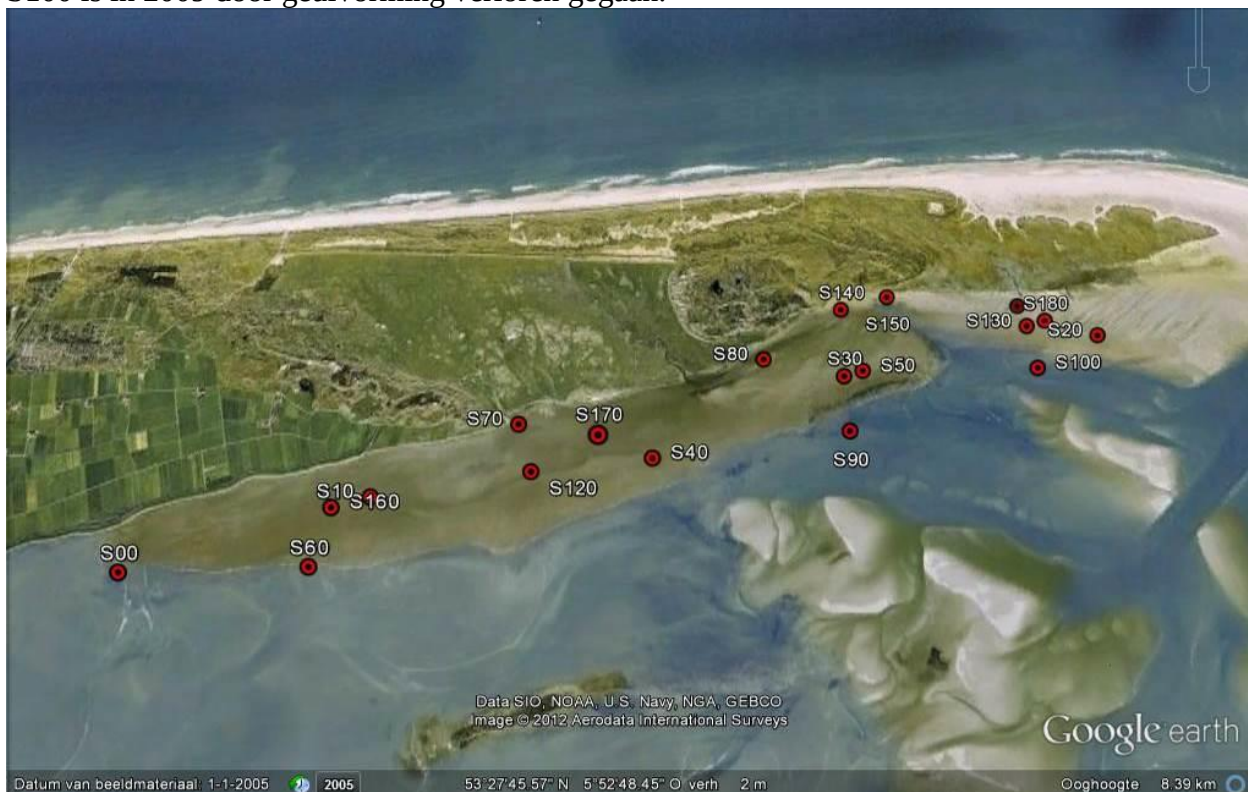
Figuur 5. Meetlineaal met meetvoet. Deze wordt steeds op dezelfde wijze op de bodem gezet waarna de lengte van het meettouw langs de schaal wordt afgelezen.



2. Onderzoeksgebieden.

2.1 Oost-Ameland.

De eerste metingen zijn in 2000 begonnen in het bodemdalingsgebied Oost-Ameland. Vanaf 2004 zijn hier 16 meetstations ingericht waarbij er steeds sprake is van een duplo. Dat wil zeggen dat op 10 m afstand twee sets van 4 grondankers aangebracht zijn (zie foto 3). Dit werd aanvankelijk gedaan vanwege regelmatige verstoring van de meetstations door kokkelvisserij. De kokkelvisserij is inmiddels verdwenen en alle grondankers worden nu in de metingen opgenomen. In 2012 zijn de stations S160 tm S180 toegevoegd en hier zijn per station 4 grondankers geplaatst. Het gebied valt binnen de bodemdalingschotel vanwege de gaswinning onder Oost-Ameland. Bodemdaling is sinds 1986 gaande. Het onderzoeksgebied is sindsdien tm. 2010 van 30,6cm (S140) tot 2,2cm (S00) gedaald. Gemiddeld genomen komt dat neer op een dalingsnelheid van 7mm (S140) tot 0,3mm (S00) per jaar. Het meetstation S100 is in 2009 door geulvorming verloren gegaan.



Figuur 6. Luchtfoto (Google) met meetstations bij Oost-Ameland ingetekend. In 2012 zijn de stations 160 tm 180 toegevoegd.

Tabel 1. Coördinaten meetstations Oost-Ameland.

LOCATIE	X	Y	NAP cm 2013	Datum Plaatsing
S00	183.915.336	605.684.426	-43,6	30-7-2000
S10	185.751.712	606.260.421	-3	8-8-2000
S20	191.644.819	607.626.886	-9,9	11-8-2000
S30	189.516.132	607.256.622	-3,7	11-8-2000
S40	187.941.418	606.574.201	-16,7	11-8-2000
S50	189.670.958	607.305.138	-5,3	6-3-2001
S60	185.350.031	605.743.287	-52,8	27-3-2002
S70	186.873.300	606.850.877	4,9	27-3-2002
S80	188.863.078	607.400.892	4,7	27-3-2002
S90	189.523.293	606.795.323	-88,1	27-3-2002
S100	191.102.072	607.337.104		27-3-2002

S110	191.027.614	607.886.052	18,4	27-3-2002
S120	186.990.078	606.467.370	-2,5	20-3-2003
S130	191.065.271	607.710.926	-5,2	20-3-2003
S140	189.534,360	607.843,710	20,3	1-3-2004
S150	189.931,860	607.967,500	25,1	1-3-2004
S160	185.456	606.177	-8,7	7-11-2011
S170	187.510	606.750	0,3	20-12-2011
S180	191.233	607.756	-0,3	24-10-2011

2.2 West-Ameland.

Als referentiegebied zonder bodemdaling is op het wad ten zuiden van West-Ameland in 2006 een zestal meetstations ingericht. In 2012 is H70 toegevoegd.



Figuur 7. Luchtfoto (Google) met 7 meetstations bij West-Ameland ingetekend.

Tabel 2. Coördinaten meetstations West-Ameland.

LOCATIE	RD			Datum Plaatsing
	X	Y	NAP cm 2013	Datum
H10	175,248	604,416	49,7	4-09-06
H20	176,617	605,128	6,1	4-09-06
H30	176,601	604,792	7,5	4-09-06
H40	175,811	604,617	44,2	4-09-06
H50	175,997	604,190	6,4	4-09-06
H60	175,397	603,687	6,3	4-09-06
H70	175,534	603,909	22,7	28-2-12

2.3 Paesens.

In 2003 is een raai van 6 meetstations (P10 tm P60) uitgezet op het wad ten noorden van Paesens. In 2007 is het gebied uitgebreid en zijn er 12 meetstations toegevoegd waardoor het totaal nu op 18 meetstations komt. Dit gebied sluit aan op het onderzoeksgebied op Engelsmanplaat en ligt binnen de dalingschotel vanwege gaswinning bij Moddergat/Lauwersoog (zie tabel 3).



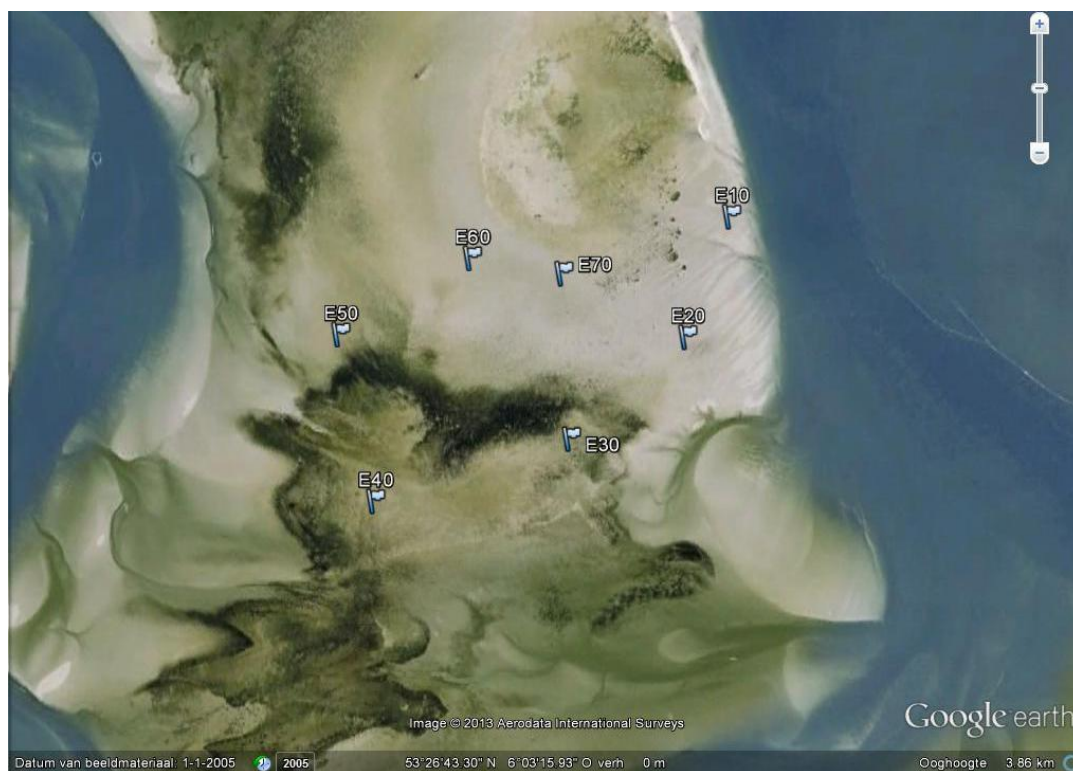
Figuur 8. Luchtfoto (Google) met 18 meetstations bij Paesens ingetekend.

Tabel 3. Coördinaten meetstations Paesens.

Meetstations Paesens			2-9-2013 NAP cm	Datum Plaatsing	Daling 2007- 2012
LOCATIE	X (RD)	Y (RD)			mm/jaar
P10	202334.85	602742.73	74,2	9-9-2003	3,3
P20	202423.84	602898.10	76,5	9-9-2003	3,3
P30	202592.19	603168.55	41,8	9-9-2003	1,7
P40	202707.92	603400.92	8,1	9-9-2003	1,7
P50	202806.22	603619.44	-16,6	9-9-2003	1,7
P60	202904.52	603824.67	-29	9-9-2003	1,7
P70	206110	603031	56,6	26-2-2007	1,7
P80	206357	603300	19,5	26-2-2007	0
P90	205538	603392	38,1	26-2-2007	1,7
P100	205080	603702	16	26-2-2007	1,7
P110	204637	603480	27,6	26-2-2007	1,7
P120	204694	602841	80,9	26-2-2007	1,7
P130	203590	603482	10,7	27-2-2007	1,7
P140	203366	602909	60,8	27-2-2007	1,7
P150	202074	603767	-19,4	27-2-2007	3,3
P160	201875	603349	-3,3	27-2-2007	3,3
P170	201624	602902	29,2	27-2-2007	3,3
P180	201153	602819	19,9	27-2-2007	3,3

2.4 Engelsmanplaat.

In 2007 zijn op het zuidelijke deel van Engelsmanplaat zes meetstations uitgezet. Dit gebied sluit aan op het onderzoeksgebied bij Paesens en ligt binnen de uiteindelijk verwachte dalingschotel vanwege gaswinning bij Moddergat/Lauwersoog en Ameland gecombineerd (ongeveer 4 cm in 2040). In 2012 is station E70 toegevoegd.



Figuur 9. Luchtfoto (Google) met 6 meetstations op Engelsmanplaat ingetekend. In 2012 is station E70 toegevoegd.

Tabel 4. Coördinaten meetstations Engelsmanplaat.

RD				Datum Plaatsing	Daling 2007- 2012 mm/jaar
LOKATIE	X	Y	3-9-2013 NAP cm		
E10	200.099	607.019		3-03-07	0
E20	199.922	606.518	25,1	3-03-07	0
E30	199.444	606.093	-2,8	3-03-07	0
E40	198.635	605.828	-6,4	3-03-07	0
E50	198.483	606.516	-18,5	3-03-07	0
E60	199.025	606.837	40	3-03-07	0
E70	199.406	606.777	50,9	20-1-12	0

2.5 Schiermonnikoog.

In 2007 zijn 6 meetstations uitgezet ten zuiden van Schiermonnikoog. Drie in het gebied tussen de veerdam en de jachthaven en drie ten westen van de jachthaven. In 2013 is een station C70 ingericht dat nog niet in dit rapport is opgenomen. Dit onderzoeksgebied ligt juist op de rand van de voorspelde dalingschotel vanwege gaswinning bij Moddergat/Lauwersoog en dient als referentie voor de gebieden Engelsmanplaat en Paesens. De hoogteligging van de stations is nog niet ingemeten.



Figuur 10. Luchtfoto (Google) met 6 meetstations bij Schiermonnikoog ingetekend.

Tabel 5. Coördinaten meetstations Schiermonnikoog.

LOKATIE	RD			Datum Plaatsing	Daling 2007-2012 mm/jaar
	X	Y	Z		
C10	208.225	609.566		2-03-07	0
C20	207.915	609.379		2-03-07	0
C30	207.764	609.308		2-03-07	0
C40	206.551	608.881		2-03-07	0
C50	206.603	608.722		2-03-07	0
C60	206.233	608.462		2-03-07	0

2.6. Overzicht alle onderzoeksgebieden.

In het gebied tussen West-Ameland en Schiermonnikoog zijn momenteel in totaal 56 meetstations uitgezet. Hierbij gaat het om 288 grondankers in totaal. Bodemdaling is in 2013 vooral gaande in het gebied Oost-Ameland. Dit al sinds 1986. In het gebied Paesens/Engelsmanplaat is gaswinning in 2007 gestart en er zijn data beschikbaar tm het jaar 2012 van de daar opgetreden diepe daling van de bodem.

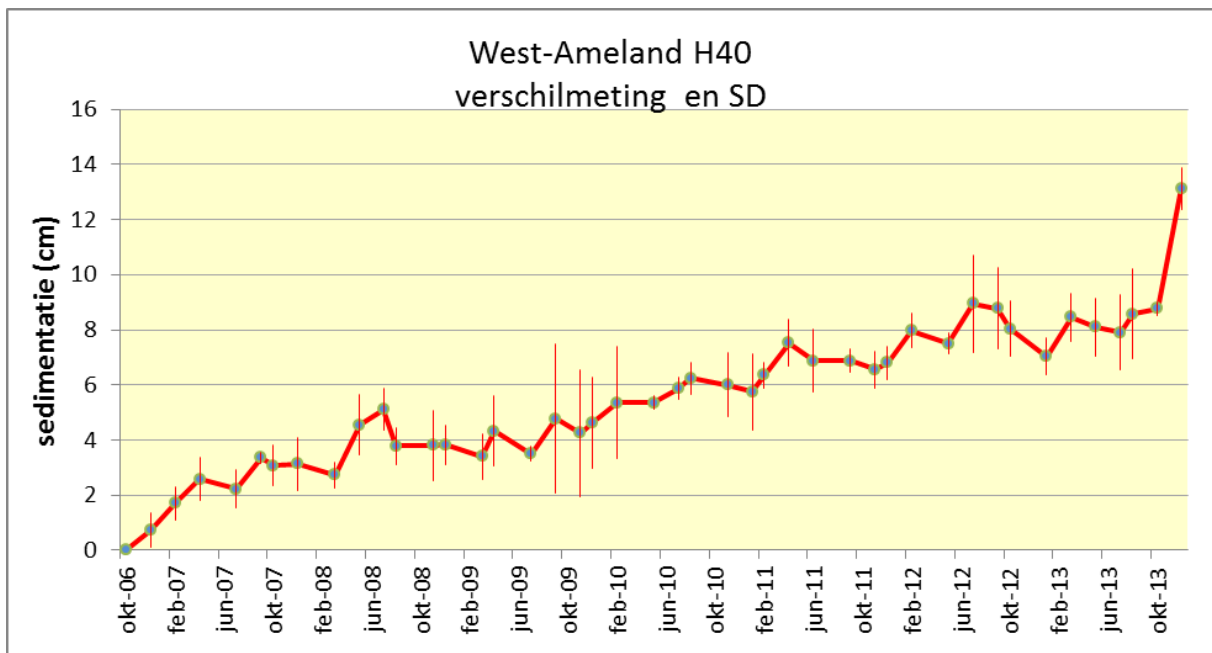


Figuur 11. Een overzicht van alle onderzoeksgebieden op een luchtfoto (Google) ingetekend. De gele lijn geeft ruwweg de buitengrens van de twee dalingschotels vanwege gaswinning aan. De schotel van Oost-Ameland is daadwerkelijk. De voor de winning bij Paesens/Lauwersoog voorspelde maximale contour is ruwweg getekend. Hier binnen is tm 2013 alleen in het onderzoeksgebied Paesens sprake van daling van de diepe ondergrond.

3. Resultaten.

3.1 Uitwerking per meetstation.

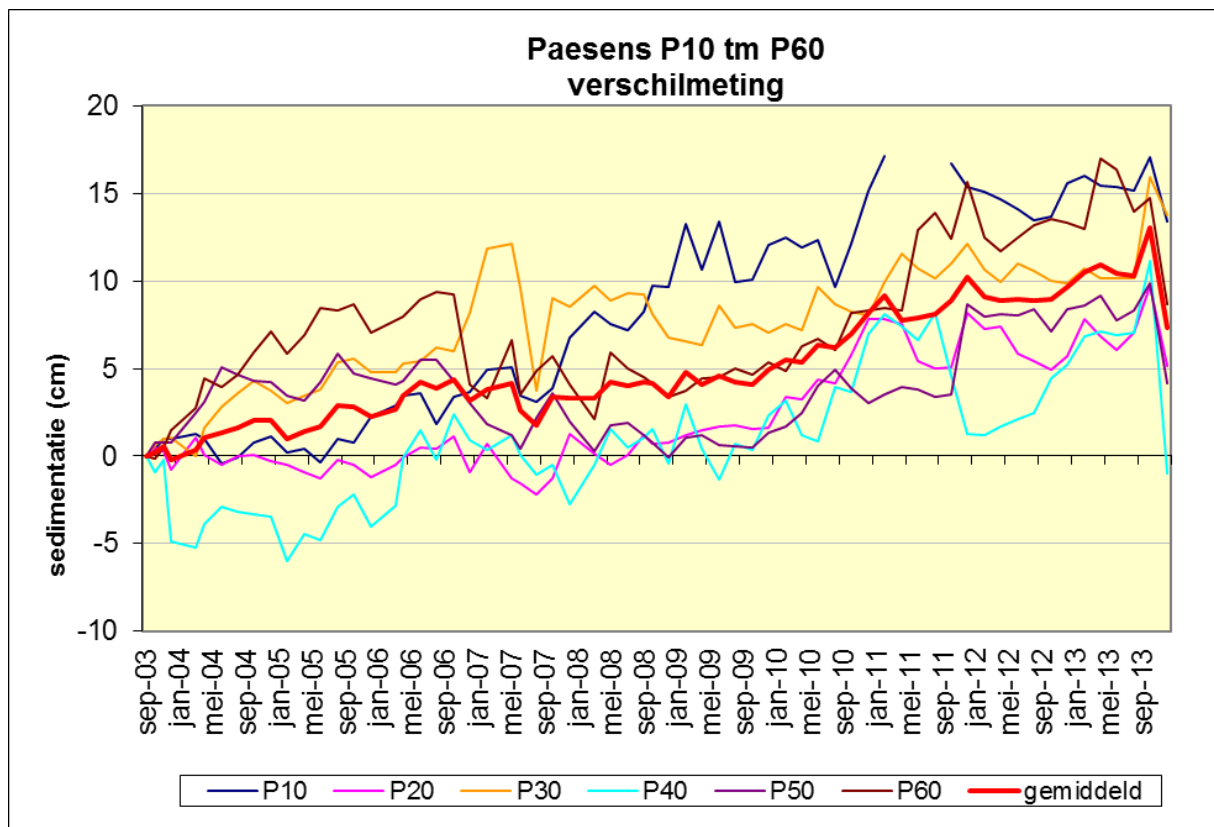
Voor de berekeningen zijn alle beschikbare grondankers meegenomen. In de meeste gevallen betekent dit per meting per meetstation 4 grondankers die gemiddeld worden. Soms is een touwtje met meetlabel (tijdelijk) onvindbaar en vind middeling over de wel beschikbare grondankers plaats. Een voorbeeld van een meetreeks staat in figuur 12. De gemiddelde verandering tussen iedere meting is gecumuleerd ten opzichte van het meetbegin van het station en de standaarddeviatie van iedere meting is ingetekend. Op deze wijze zijn alle meetstations uitgewerkt.



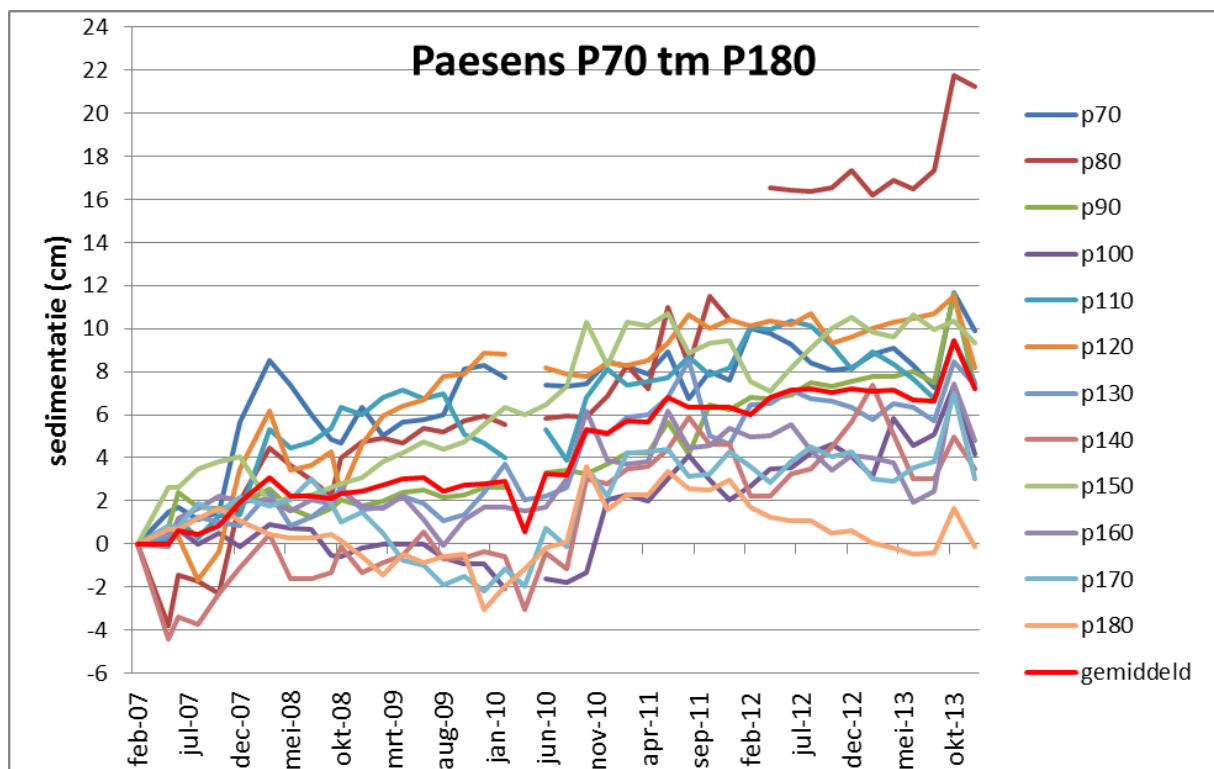
Figuur 12. Meetreeks van meetstation H40 in het onderzoeksgebied West-Ameland.

3.2 Resultaten sedimentatiemetingen per onderzoeksgebied.

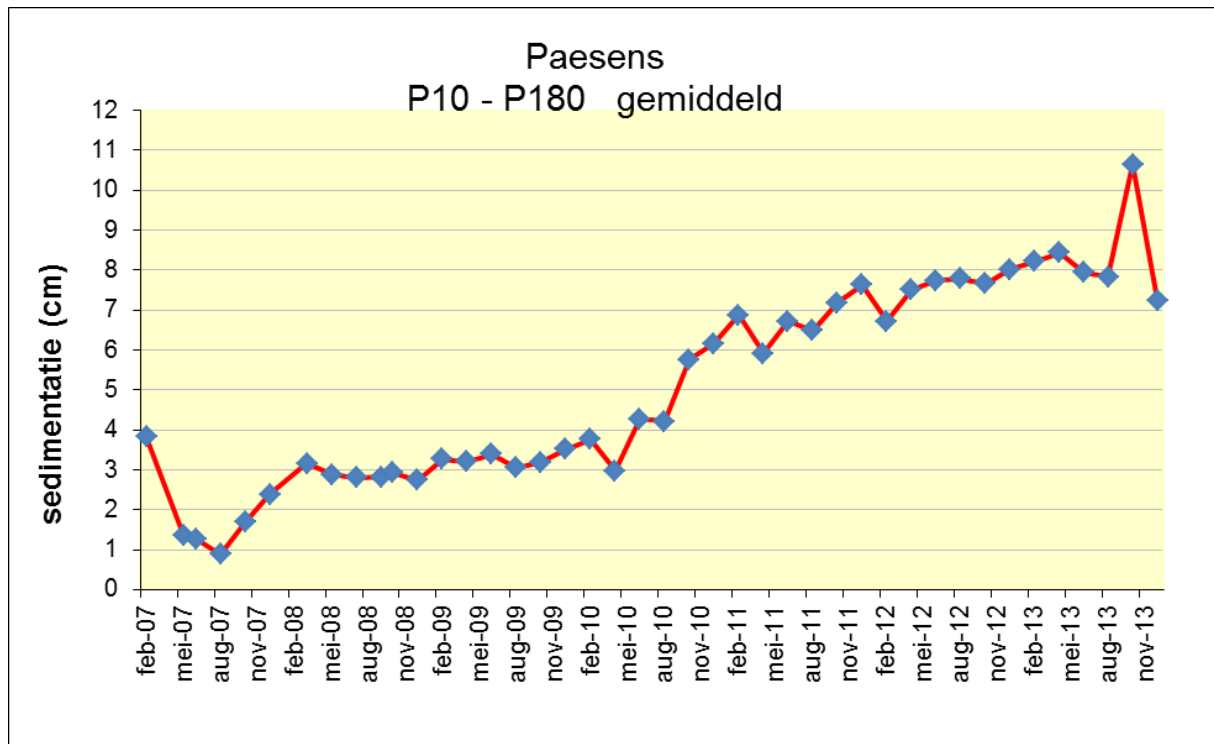
Per onderzoeksgebied zijn de gemiddeldes van ieder meetstation samengevoegd in een grafiek. Een eerste voorbeeld hiervan is figuur 13 waar de gemiddelde sedimentatie van de stations P10 tm P60 uit het onderzoeksgebied bij Paesens is weergegeven. Hierin is ook het gemiddelde van deze 6 meetstations uitgezet als indicatie van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen. Een tweede voorbeeld is in figuur 14 weergegeven waar voor het onderzoeksgebied Paesens het gemiddelde van de stations P70 tm P180 staat. Op deze wijze zijn de meetreeksen van alle vijf onderzoeksgebieden uitgewerkt (figuur 13 tm 22).



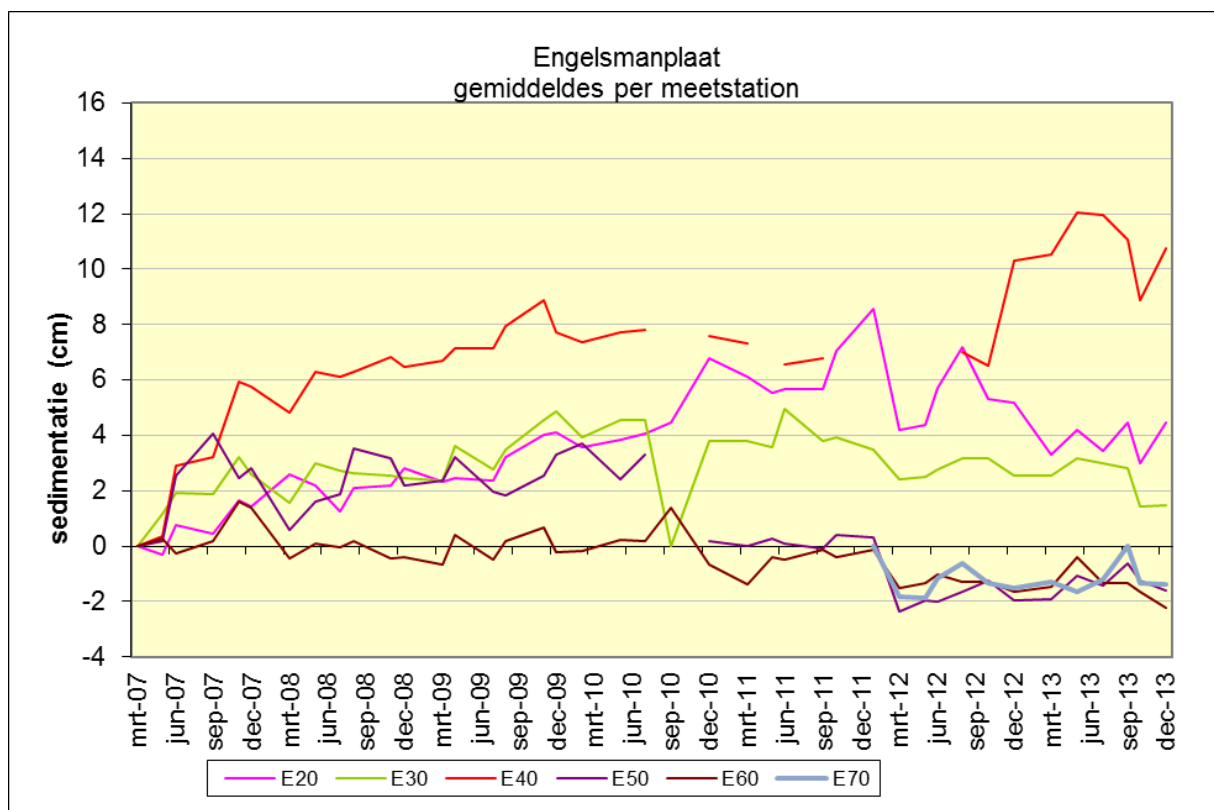
Figuur 13. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations P10 tm P60 in het onderzoeksgebied bij Paesens. Tevens is het gemiddelde van deze 6 meetlijnen genomen als weergave van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen.



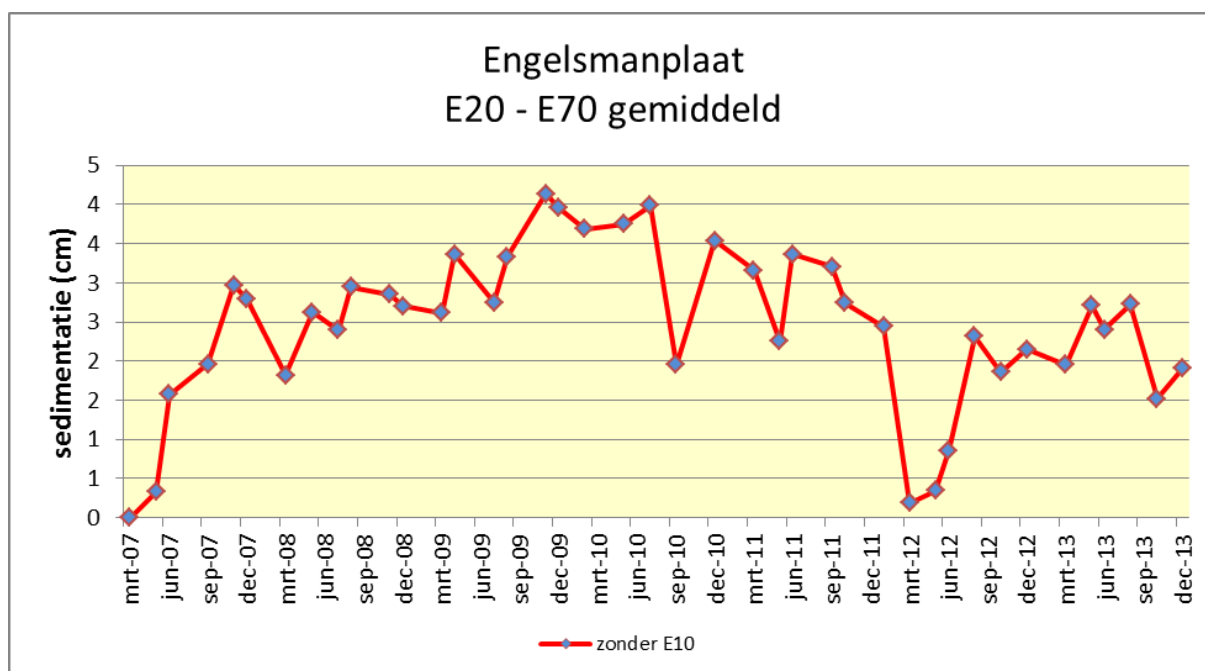
Figuur 14. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations P70 tm P180 in het onderzoeksgebied bij Paesens. Tevens is het gemiddelde van deze 12 meetlijnen genomen als weergave van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen.



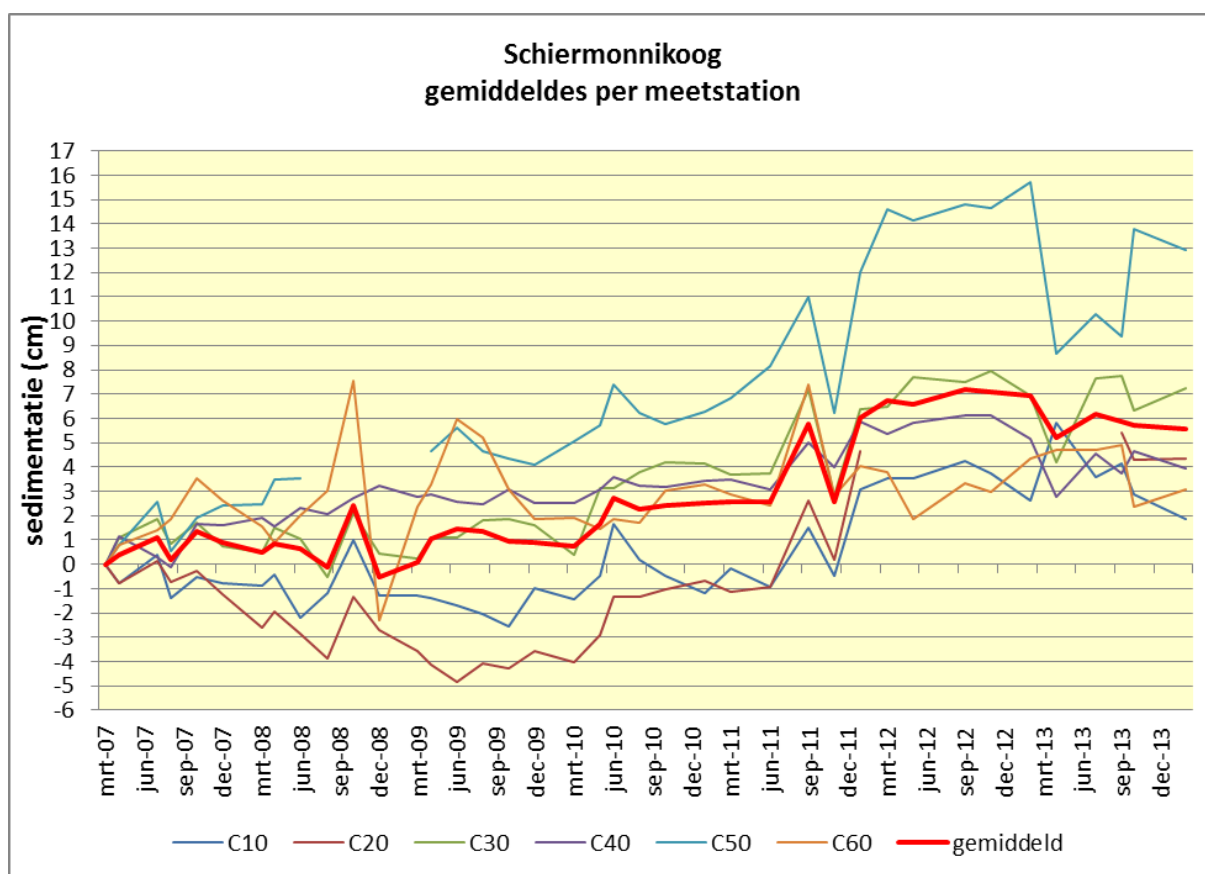
Figuur 15. Gemiddelde verschilmeting van de meetstations P10 tm P180 in het onderzoeksgebied bij Paesens.



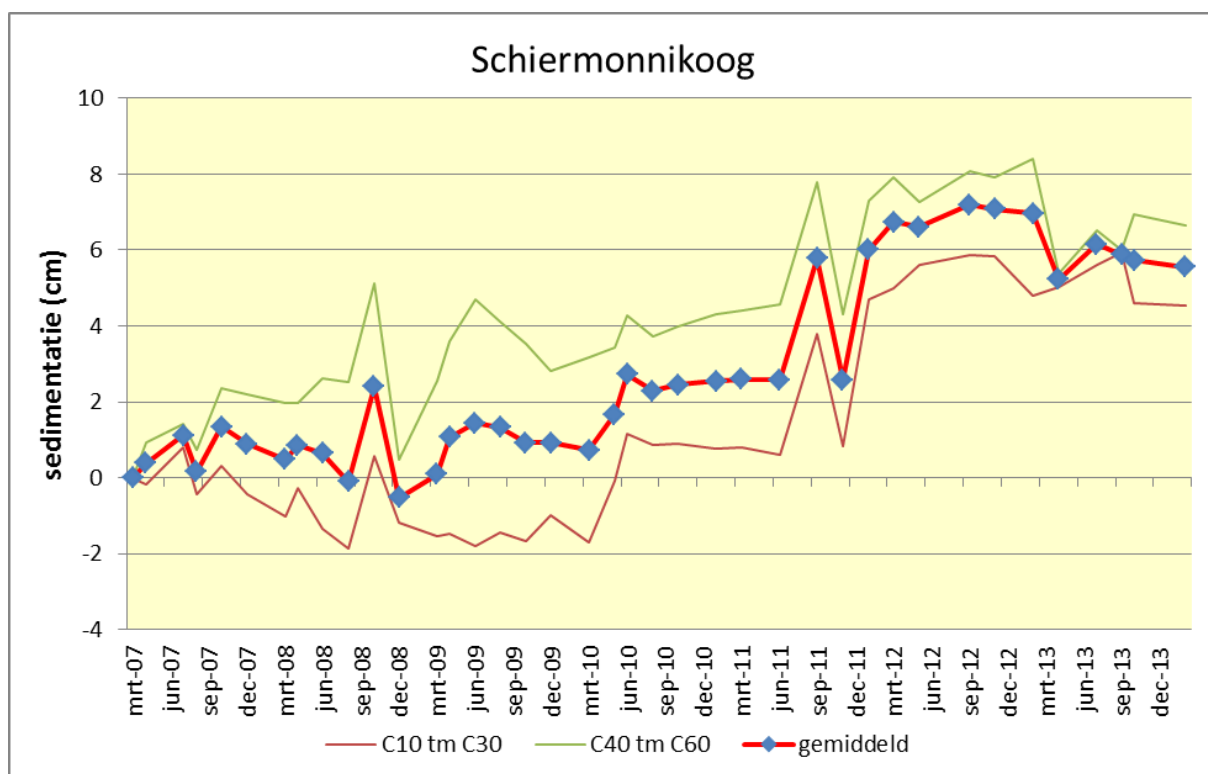
Figuur 16. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations E10 tm E60 in het onderzoeksgebied Engelsmanplaat.



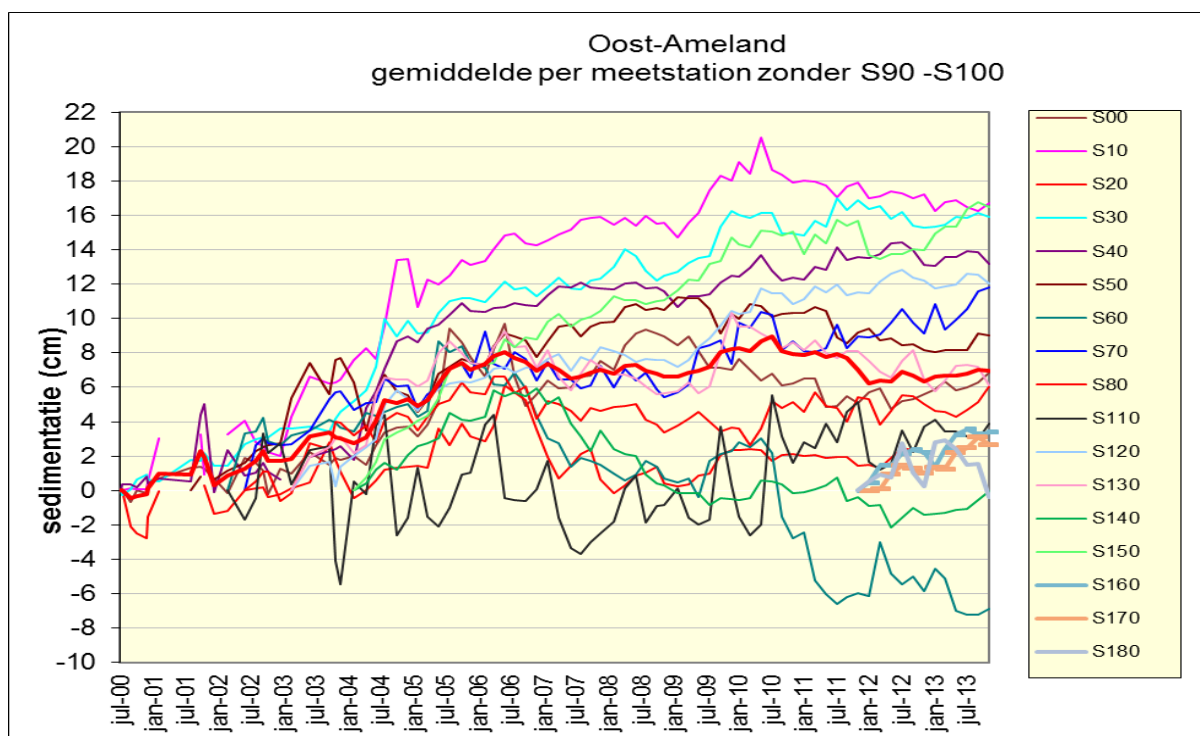
Figuur 17. Gemiddelde verschilmeting van de meetstations E20 tm E70 (zonder E10) in het onderzoeksgebied Engelsmanplaat. E10 is uit de getalsverwerking weggelaten omdat het station vanaf 2009 te maken kreeg met een grote dynamiek. Op de wadplaat van 2007 ligt nu een zandbank van een meter hoog waarop sterns met succes broeden!



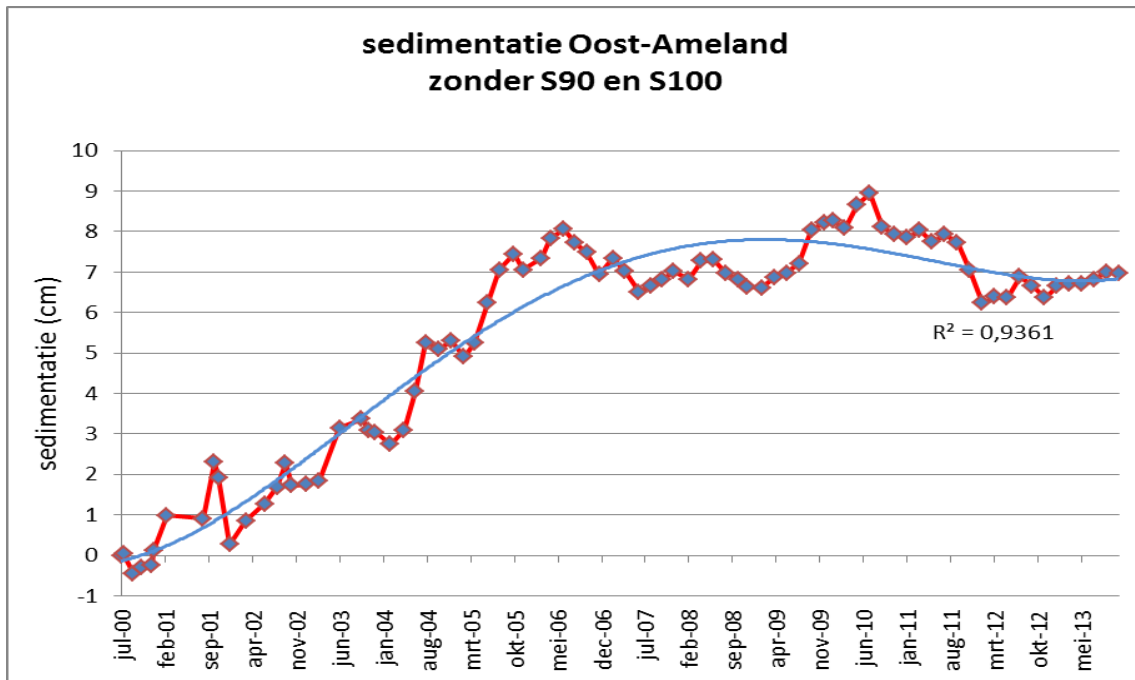
Figuur 18. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations C10 tm C60 in het onderzoeksgebied Schiermonnikoog. Tevens is het gemiddelde van deze 6 meetlijnen genomen als weergave van de sedimentatie van het gebied waarin de meetstations liggen.



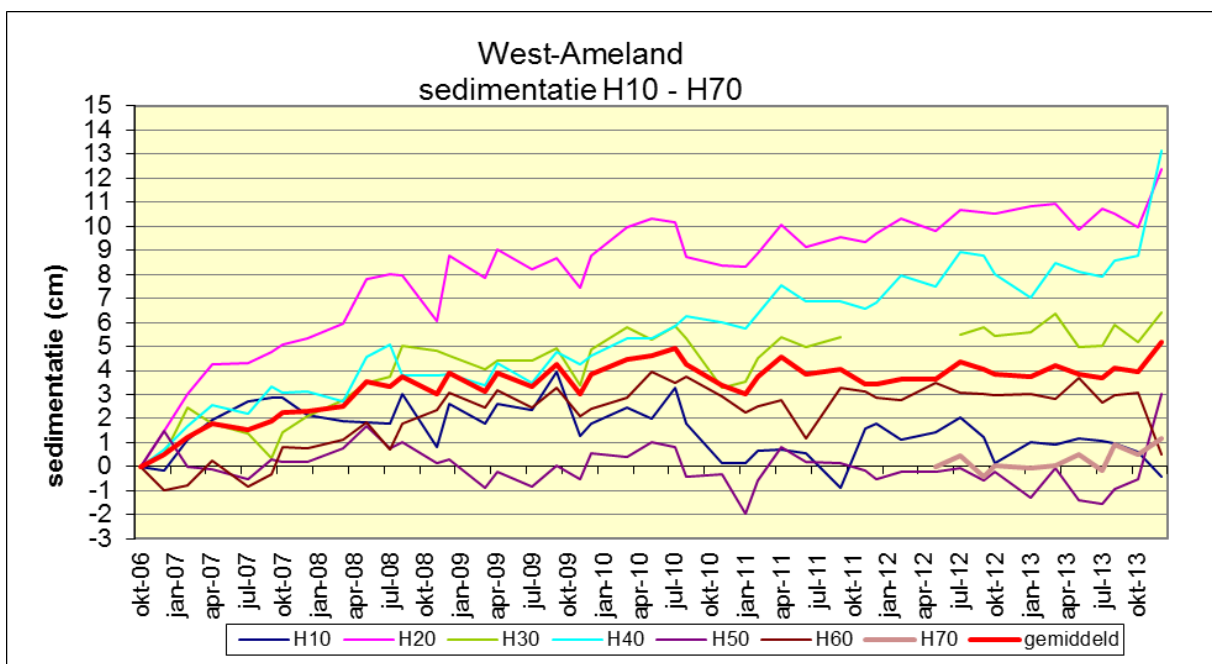
Figuur 19. Gemiddelde van de gebieden C10 – C30 (oost) en C40 – C60 (west) en het overall gemiddelde van de meetstations C10 tm C60 in het onderzoeksgebied Schiermonnikoog.



Figuur 20. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations S00 tm S80 en S110 tm S180 in het onderzoeksgebied Oost-Ameland. De stations S160 tm S180 starten in 2012. Station S90 en S100 zijn weggelaten. S100 is in 2009 verloren gegaan en S90 is een geulwandstation en niet representatief voor plaatsedimentatie..



Figuur 21. Verschilmeting per keer en cumulatie van de meetstations S00 tm S180 (zonder S90 en S100) in het onderzoeksgebied Oost-Ameland.



Figuur 22. Gemiddelde meetlijnen van de meetstations H10 tm H60 in het onderzoeksgebied West-Ameland.

3.3 Wadsedimentatie in 2013.

Een eerste onderlinge vergelijking van de vijf onderzoeksgebieden op jaarbasis is vanaf 2008 goed mogelijk. Hiervoor is een vergelijking gemaakt tussen de december waarden. In tabel 6 zijn ook de sedimentatiewaarden op jaarbasis weergegeven uit voorgaande jaren waar dat mogelijk is. In figuur 23 staat de gemiddelde sedimentatie in 2013 van alle onderzoeksgebieden weergegeven. De meeste reeksen zijn nog kort maar over het jaar 2013 kan gezegd worden dat Oost-Ameland en West-Ameland sedimenteren en dat de gebieden Engelsmanplaat, Schiermonnikoog en Paesens erosie laten zien. Voor alle gebieden geldt dat

de ter plaatse optredende bodemdaling/zeespiegelstijging nog afgetrokken moet worden van de sedimentatie. De tot nu gepresenteerde data betreft uitsluitend lokale, bruto, sedimentatie. Opvallend is de sedimentatie in het onderzoeksgebied Paesens van station P80 (figuur 14). Dit station ligt op de oostpunt van de wadplaat voor de kust van Hoek van de Bant (figuur 8). Het station sedimenteert erg fors. Mogelijk is er sprake van enige sedimentverplaatsing in oostelijke richting gezien de daling van het nabijgelegen station P70 maar de werkelijkheid zal ongetwijfeld ingewikkelder in elkaar steken. De indruk bestaat dat sedimentatie bij Paesens iets is wat al langer gaande is als er in het veld gekeken wordt. Op het wad voor de kwelderrand bevonden zich in 2007 ook al plantjes Zeekraal die zich nu op het oog samenvoegen tot een zeekraalveld dat zich over bijna drie kilometer lengte uitstrekt langs de bestaande kwelder en dijkvoet tussen Paesens en Hoek van de Bant. Ook op lager gelegen stations verschijnt steeds meer slik.



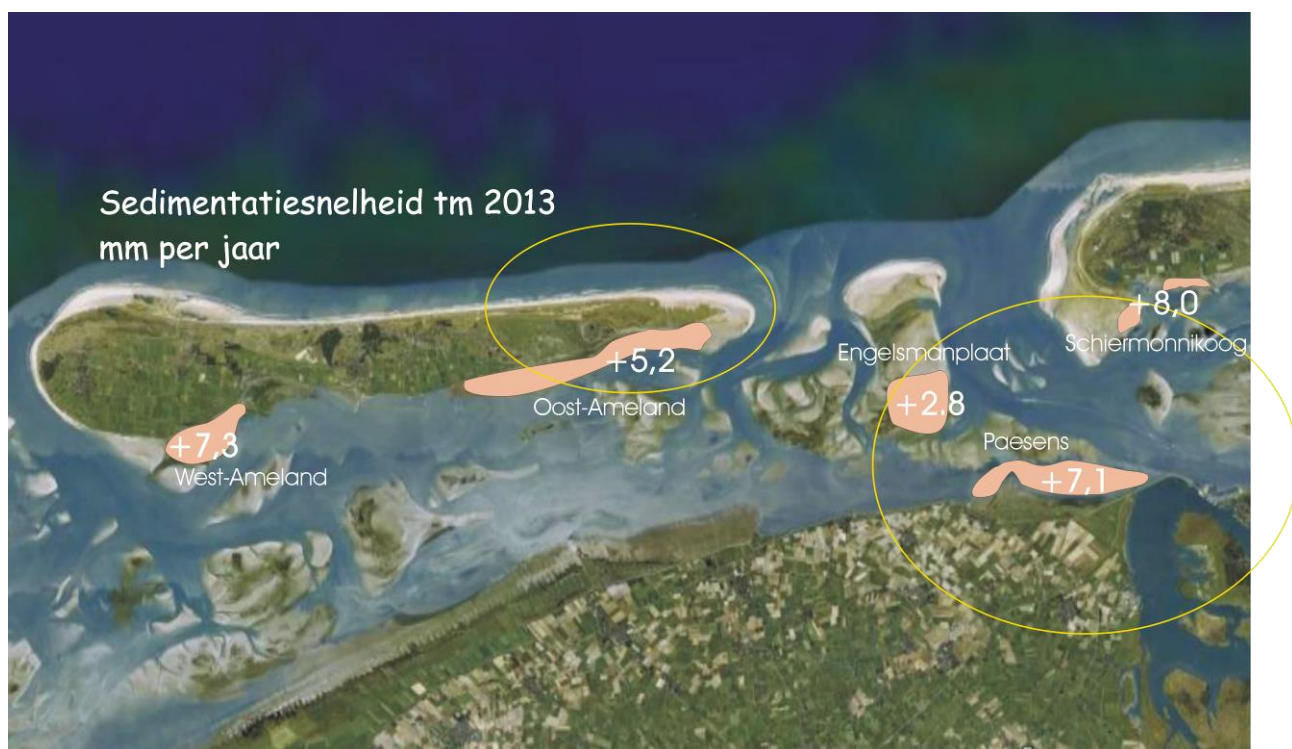
Figuur 23. Gemiddelde van alle sedimentatie metingen per onderzoeksgebied in het jaar 2013. Hiervoor is de gemiddelde hoogteligging in december 2013 met december 2012 vergeleken. Getallen in cm.

Tabel 6. Onderlinge vergelijking van de gemiddelde sedimentatie in cm per jaar van de vijf onderzoeksgebieden. Vergeleken is de gemiddelde hoogteligging in december met december van het voorgaande jaar.

	Oost-Ameland	West-Ameland	Paesens	Engelsmanplaat	Schiermonnikoog
Aantal stations	16	6	18	6	6
2001	2,16				
2002	-0,20				
2003	1,32				
2004	2,25		2,31		
2005	1,75		0,17		
2006	-0,11		0,93		
2007	0,08	1,78	-0,77		
2008	-0,38	1,58	0,35	-0,09	-1,42
2009	1,58	-0,05	0,77	1,25	1,45
2010	-0,29	-0,82	2,64	-0,42	1,62
2011	-0,89	0,43	1,48	-1,09	0,04
2012	-0,67	0,28	0,39	-0,30	4,50
2013	0,60	1,45	-0,78	-0,23	-1,52
totaal	7,20	4,67	7,48	-0,88	4,67

3.4 Snelheid wadsedimentatie.

Eigenlijk zegt één jaarcijfer voor wadbodem sedimentatie niet zo heel veel in een gebied waarin voldoende dynamiek heerst om het jaarcijfer voor de bodemdaling door gaswinning vele malen te overtreffen. Bodemdaling door gaswinningen, zeespiegelstijging en wadbodemsedimentatie zijn langzaam verlopende processen die eerder vragen om een langdurige monitoring (decennia) waarbij zo lang mogelijke datareeksen worden verzameld. In deze paragraaf wordt de gemiddelde sedimentatiesnelheid voor de vijf verschillende onderzoeksgebieden gepresenteerd (figuur 24) en voor het gebied Paesens is een uitwerking per meetstation gemaakt en op een luchtfoto geprojecteerd (figuur 25). Hierbij moet worden bedacht dat dit cijfer voor de gemiddelde sedimentatiesnelheid betrekking heeft op de volledige meetperiode per gebied of per meetstation tm december 2013 maar dat deze meetperiodes van verschillende lengte zijn (zie tabel 1 tm 6). In ieder geval laten ze de sedimentatiesnelheid over een recente periode zien. Op Engelsmanplaat is station E10 buiten beschouwing gelaten en bij Oost-Ameland de stations S90 en S100.



Figuur 24. Sedimentatiesnelheid per onderzoeksgebied in mm/jaar. De reeksen waarop het gemiddelde is gebaseerd variëren in lengte van 7 tot 13 jaar maar ze zijn allemaal bijgewerkt tm 2013.



Figuur 25. Sedimentatiesnelheid per meetstation voor het onderzoeksgebied Paesens in mm/jaar (gele cijfers). Data bijgewerkt tm 2013.

3.5 Wadsedimentatie in relatie tot hoogteligging.

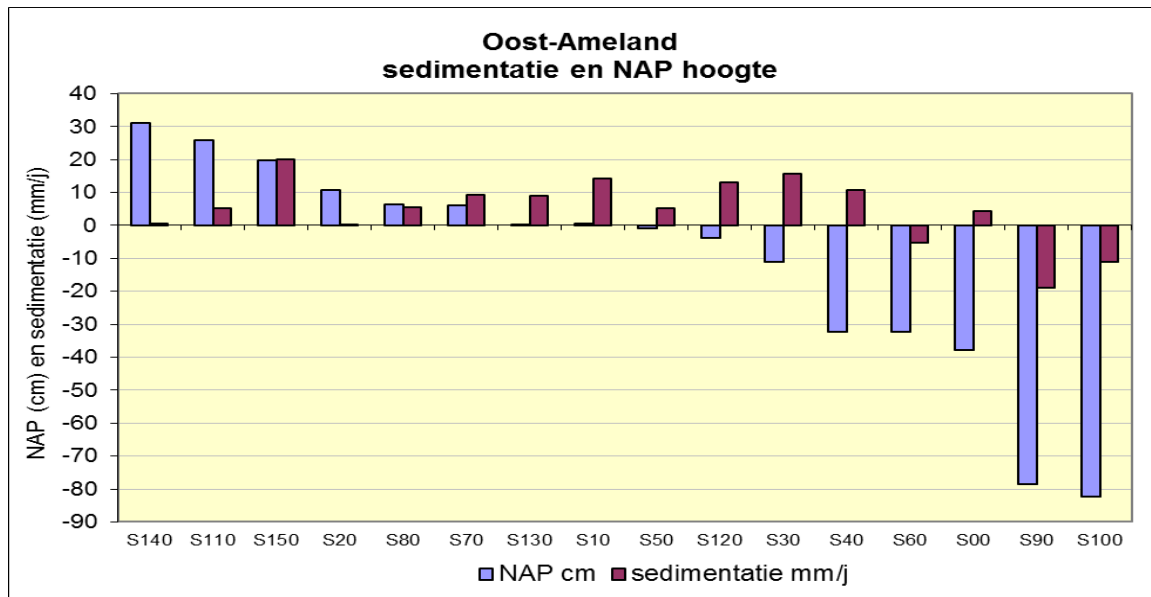
In 2013 zijn alle stations met DGPS ingemeten, uitgezonderd Schiermonnikoog. Een volledige uitwerking van de hoogteligging en de relatie met de gemeten sedimentatie van ieder grondanker verschijnt in de loop van 2014 maar is op moment van verschijnen van dit rapport nog niet beschikbaar. Hier wordt volstaan met een uitwerking van hoogtemetingen van 2003 van het gebied Oost-Ameland (eerder verschenen in de rapportage 2007-2012) en een actuele uitwerking van de hoogtemetingen van 2013 van het gebied Paesens.

3.5.1 Sedimentatie en hoogteligging van het gebied Oost-Ameland.

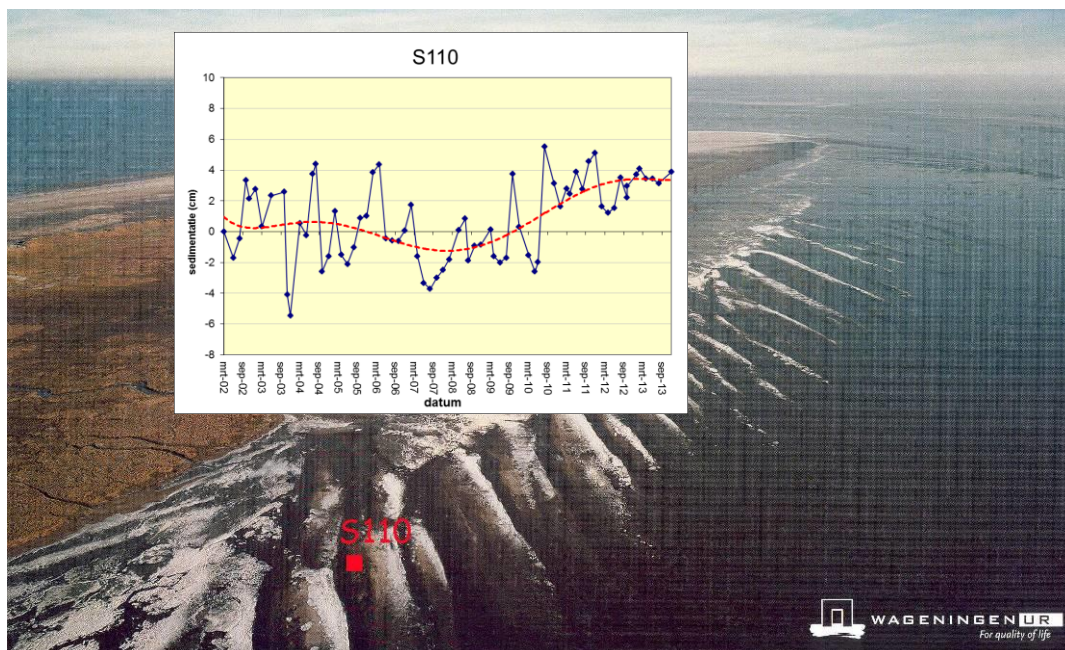
Van het gebied Oost-Ameland zijn de NAP hoogtes van de meetstations met DGPS ingemeten in 2003 en deels in 2004 (S140 en S150). Hierin kan een onnauwkeurigheid zitten van ongeveer 3 cm maar desondanks zijn deze data goed bruikbaar om alle meetstations te rangschikken op hoogteligging en te relateren aan de gemeten sedimentatie. In figuur 27 staan de hoogtes gerangschikt en de sedimentatie zoals die tot december 2009 gevorderd was over de gehele meetperiode van ieder meetstation. Hierbij valt op dat de twee laagstgelegen stations eroderen. S90 en S100 zijn de enige twee stations die op de plaatrand liggen en door geulwerking beïnvloed worden. Het station S110 is hierin niet echt representatief want hier is een lokale dynamiek (figuur 28) die fluctuaties laat zien. In zijn algemeenheid blijft het beeld dat platen lijken te sedimenteren en de geulranden lijken te eroderen bestaan. Hierbij moet echter niet veel waarde aan de uitspraak over de geulen worden gehecht gezien de ligging van slechts twee meetstations in een dergelijk gebied. Bovendien is station S100 sinds april 2009 niet meer gemeten en verloren gegaan door geulvorming door het meetstation.



Figuur 26. Met DGPS inmeten van station P140 op het wad bij Paesens. Aan de onderkant van de staf is een rooster gemonteerd dat perfect op de wadbodem aansluit en niet wegzakt. De hoogte is ingemeten op de plaats waar het meettouw recht boven het grondanker uit de bodem komt. 2 september 2013. Foto J. Krol.



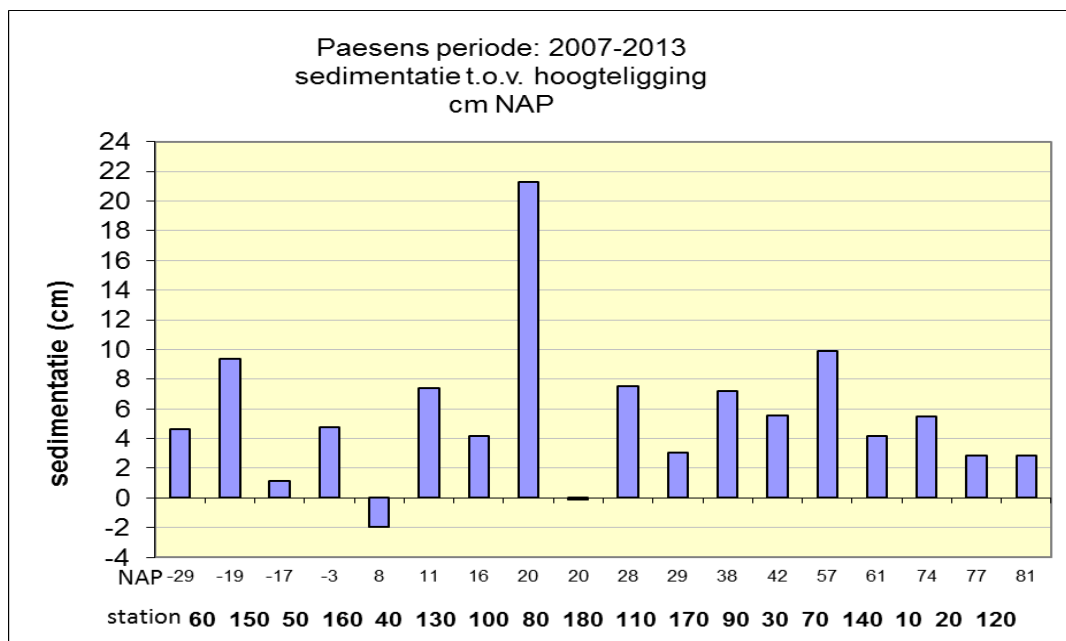
Figuur 27. Wadsedimentatie ten opzichte van hoogteligging van de meetstations bij Oost-Ameland. Sedimentatiesnelheid in mm per jaar over de totale meetperiode. Meetperiode van de meetstations varieert van 7 tot 11 jaar tussen 2000 en 2011 (zie tabel 2). Meetdatum sedimentatie is in december 2011. Een uitzondering is S100, dit station is door geulvorming in 2009 verloren gegaan.



Figuur 28. Meetstation S110 op luchtfoto. Zandgolven veroorzaken lokale dynamiek.

3.5.2 Sedimentatie en hoogteligging van het gebied Paesens.

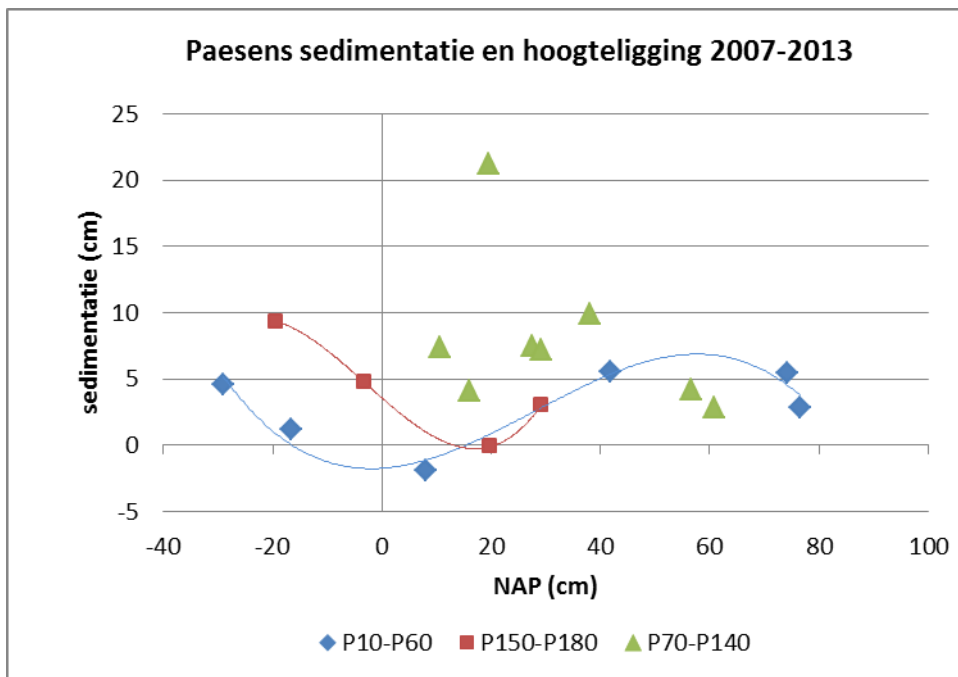
In september 2013 is de hoogteligging van ieder meetpunt in ieder station bepaald met een DGPS meting. De nauwkeurigheid bedraagt ongeveer +/- 2 cm. De data staan in tabel 3. De spreiding van de plaathoogte bij de stations ligt tussen +81 cm boven NAP (P120) en -29 cm onder NAP (P60). Gekeken is naar de sedimentatie in relatie tot de hoogteligging van het meetstation (figuur 29). In deze figuur is geen trend te zien. Het lijkt opvallend is dat het meest westelijke station P180 op +20 cm boven NAP niet sedimenteert en daarmee bijna het minst sedimenterende station van de reeks van 18 stations is terwijl het meest oostelijke station P80 ook op +20 cm boven NAP ligt en verweg het meeste sedimenteert van de reeks. De verklaring moet gezocht worden in de lokale geografie van de kust (figuur 8). P180 ligt ten westen van de strekdam bij Paesens en wordt van P80 gescheiden door 2 strekdammen en een geknikte kustlijn. De afstand tussen P180 en P80 bedraagt 5,3 km.



Figuur 29. Sedimentatie P10 – P180 in relatie tot de hoogteligging.

Indien lokaal gekeken wordt naar de relatie tussen de hoogteligging en sedimentatie van stations ontstaat er wel een trend (figuur 30). De 4 stations ten westen van de lange strekdam (P150-P180) laten een minimale opslibbing zien bij +20 cm NAP (P180) en hogere en lagere stations sedimenteren meer. Maar het gaat om slechts 4 stations en eigenlijk ontstaat er een beeld van meer sedimentatie verder vanaf de dijk (zie ook figuur 25). De stations P10-P60 die in een rechte raai liggen loodrecht op de dijk ten oosten van de lange strekdam laten een minimale opslibbing zien bij +8 cm NAP (P40) en hogere en lager stations sedimenteren meer. Maar ook hier is er een zekere invloed van de naburige kunstwerken te verwachten. Eigenlijk ontstaat er een beeld van een minimale sedimentatie aan het eind van de strekdam bij P40 en verder het wad op en dichterbij de kust is meer sedimentatie (zie ook figuur 25). In hoeverre de hoogteligging of de lokale geografie van de kust domineert in het sedimentatieniveau blijft onduidelijk maar voor deze vrij dicht bij de kust liggende stations lijkt de geografische ligging over de langere termijn bepalender. Het sedimentatiepatroon van alle stations komt wel overeen (figuur 13 en 14, figuur 25), er vindt op vrijwel alle stations sedimentatie plaats. Het universele beeld ontstaat ook bij een 'extreme event' zoals de ZW-storm op 28 oktober 2013 waar alle stations een forse sedimentatie laten zien die 6 weken later meer dan teniet wordt gedaan bij alle stations door een NW-storm op 6 december 2013. Bij dergelijke extreme omstandigheden worden alle stations op dezelfde wijze beïnvloed. Bij

langdurige ‘rustige’ omstandigheden kan de geografische ligging wel van invloed zijn zoals bijvoorbeeld bij P40 in de buurt van de kop van de strekdam.



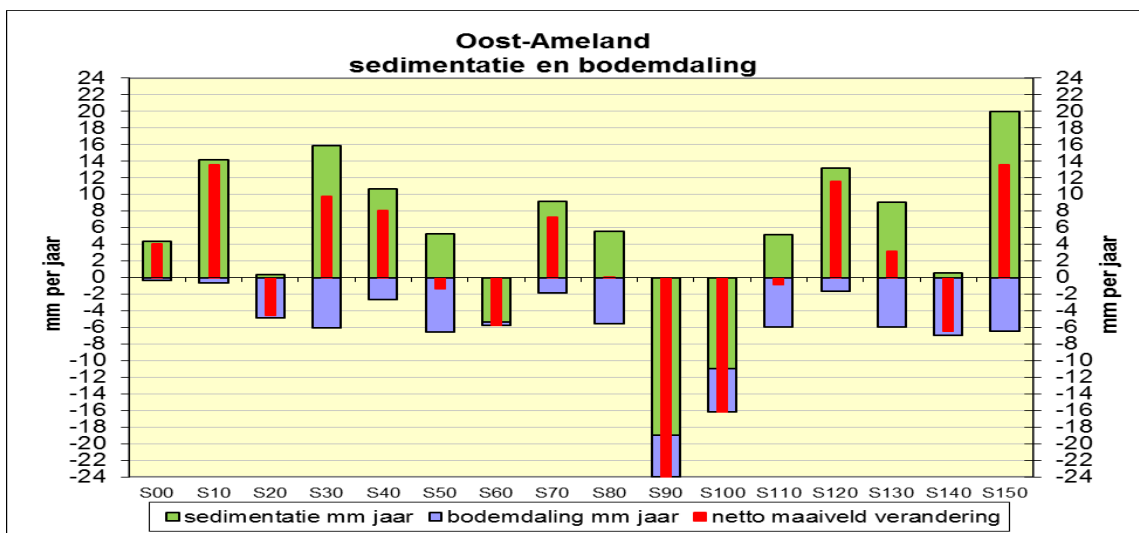
Figuur 30. Hoogteligging en sedimentatie van meetstations bij Paesens in de periode 2007-2013.

3.6 Wadsedimentatie in relatie tot bodemdaling.

Diepe bodemdaling door gaswinning vindt plaats onder de onderzoeksgebieden Oost-Ameland en Paesens. Voor Oost-Ameland is een uitwerking gemaakt in de Vlas (2011) waarvan in paragraaf 3.6.1. en samenvatting staat gegeven. Data van de diepe daling waren hiervoor beschikbaar tm het jaar 2010. Voor het onderzoeksgebied Paesens zijn data van diepe bodemdaling beschikbaar tm 2012. Hiervan is gebruik gemaakt voor een uitwerking in paragraaf 3.6.2 die ook in Krol (2013) gepubliceerd is. Recentere data van de diepe bodemdaling op de X,Y coördinaten van de afzonderlijke meetstations voor het jaar 2013 waren op moment van schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar.

3.6.1 Oost-Ameland sedimentatie en bodemdaling.

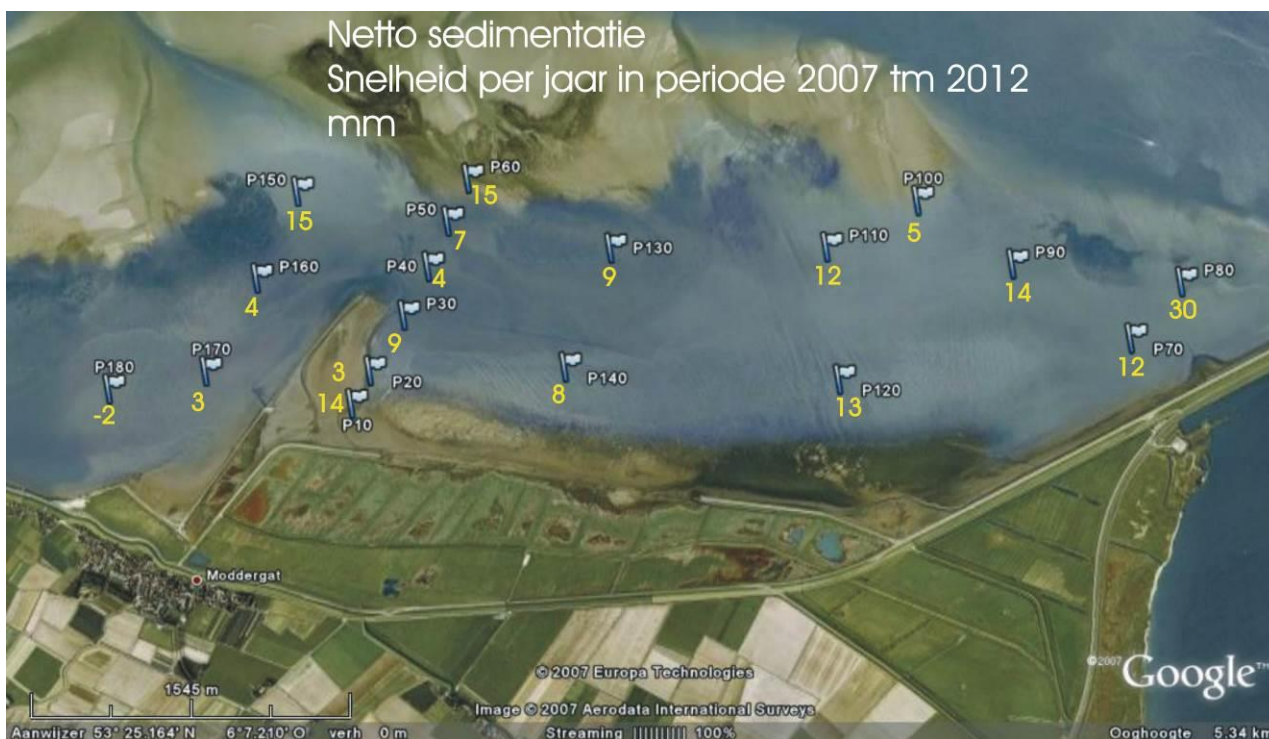
In het gebied Oost-Ameland zijn de meetstations gedaald door bodemdaling. In figuur 31 is deze daling per meetstation uitgezet tegenover de sedimentatie en met de rode staaf is steeds het ‘nettoresultaat’ aangegeven. Dan blijken de beide ‘geulstations’ S90 en S100 ongeveer 16 tot 24 mm per jaar te dalen. Maar in de berekening en beoordeling van de sedimentatie bij Oost-Ameland (figuur 21) zijn ze niet meegenomen omdat het gebied (geulrand) waar ze liggen afwijkt van de overige stations (wadplaat). Bij de stations S20, S50, S110 en S140 zorgt bodemdaling voor een netto erosie aan het plaatoppervlak waar anders sprake zou zijn van sedimentatie. Bij S60 is ook sprake van erosie maar hier speelt bodemdaling nauwelijks een rol. Voor een uitgebreide uitwerking en analyse van de sedimentatiemetingen bij Ameland wordt verwezen naar deel 1 van de Vlas (2011).



Figuur 31. Snelheid van sedimentatie en bodemdaling in mm/jaar gedurende de gehele meetperiode per meetstation (zie tabel 2). Bijgewerkt tm december 2011. De bodemdalingsnelheid is berekend tm 2010.

3.6.2 Paesens sedimentatie en bodemdaling.

In het onderzoeksgebied bij Paesens zijn dalingcijfers van de diepe ondergrond beschikbaar voor de periode 2007 tm 2012. Deze daling is nog vrij beperkt en bedraagt maximaal 2 cm (tabel 4) voor de stations P10, P20 en P150 tm P180. Dat betekent dat de maximale daling plaatsvindt aan de westzijde van het onderzoeksgebied en dat station P80 zelfs nog geen daling heeft ondervonden. Figuur 32 laat de netto sedimentatie voor het onderzoeksgebied bij Paesens zien. Hierbij is de bekende diepe bodemdaling van de gemeten sedimentatie afgetrokken. Deze figuur kan het best vergeleken worden met figuur 25, waarin de bruto sedimentatie staat. Er is niet gecompenseerd voor andere mogelijk van invloed zijnde factoren zoals zeespiegelstijging. Exacte data daarvan voor de meetstations ontbreken. Eventueel zou zeespiegelstijging in algemene zin op 1,8 mm/jaar gesteld kunnen worden en ook dan blijkt alleen van station P180 de sedimentatiebalans van licht positief naar licht negatief te kantelen. De overige stations blijven ook dan aan de positieve kant van de sedimentatiebalans.



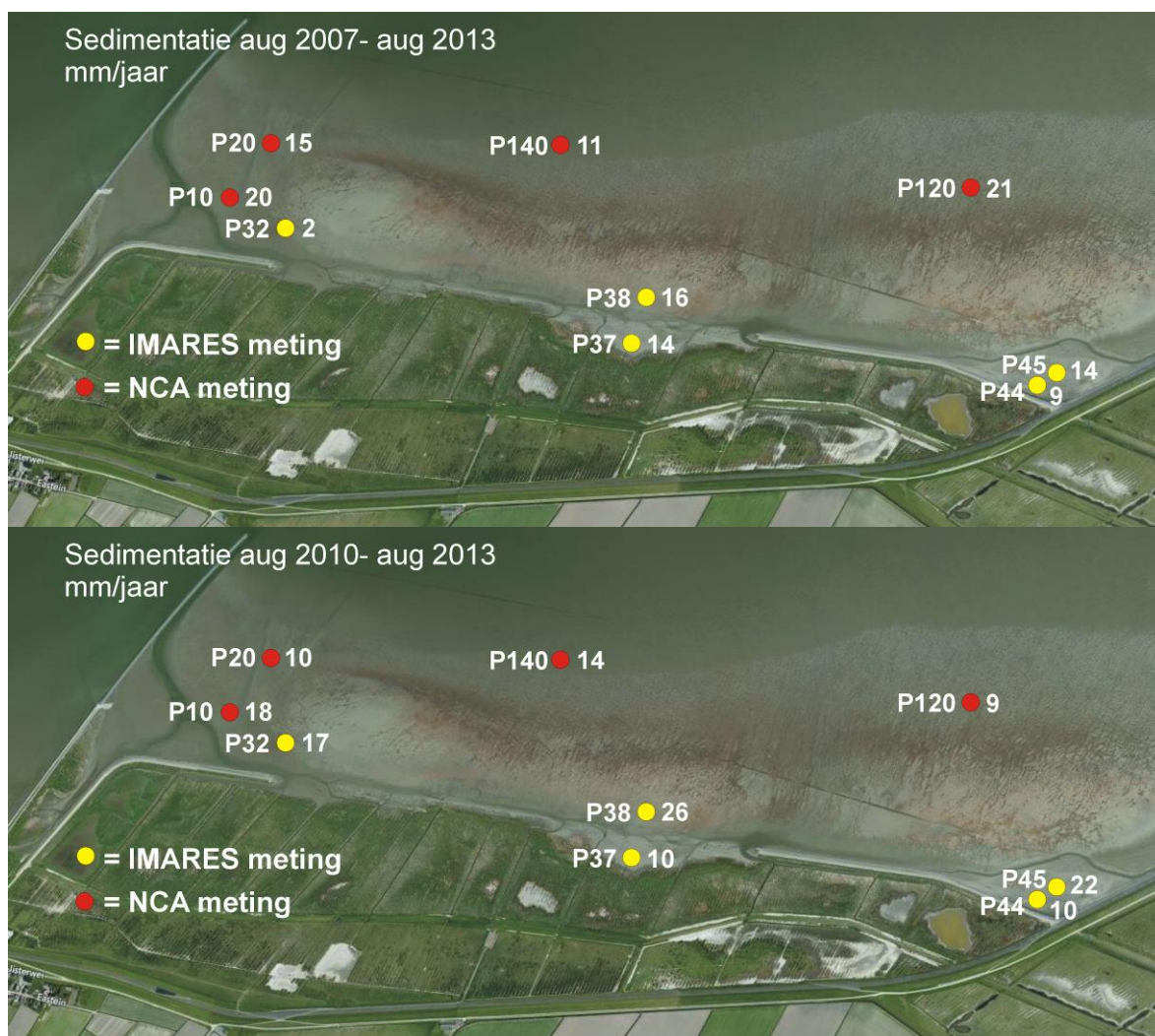
Figuur 32. Netto sedimentatie in millimeters per jaar in de periode 2007 tm 2012. Netto betekent dat de diepe daling van de sedimentatie is afgetrokken. Andere compenserende of versterkende factoren zoals zeespiegelstijging zijn niet verwerkt.

4. Andere sedimentatiemetingen bij Paesens.

Inzicht in lokale jaarlijkse exacte sedimentatie buiten het in dit onderzoek gepresenteerde is in de Waddenzee momenteel niet mogelijk, omdat vergelijkbaar onderzoek daar niet plaatsvindt. Wel vinden er lokale sedimentatiemetingen plaats op de kwelder Peazemerlannen. Deze metingen vallen binnen hetzelfde monitoringsonderzoek voor de gaswinning Paesens-Lauwersoog en worden door IMARES (Texel) gedaan. IMARES gebruikt een methode waarbij de bodem gemeten wordt met een liniaal ten opzichte van een waterpas balk op een gefixeerde hoogte (Sedimentatie Erosie Balk) en dit wordt SEB meting genoemd. Dat is dus een andere methodiek dan die van het NCA waarbij ten opzichte van een ondergronds gefixeerde hoogte gemeten wordt met een liniaal. Op de overgang van de kwelder naar het wad liggen een aantal meetstations van het Natuurcentrum Ameland (NCA) en IMARES bij elkaar in de buurt en er is een onderlinge vergelijking gemaakt om te zien of deze stations dezelfde opslibbingstrend aangeven. Omdat de meetreeks van IMARES vanaf augustus 2007 t/m augustus 2013 loopt zijn ook de metingen van NCA over dezelfde periode berekend (zie tabel 7). Aangezien beide meetmethodes een trendbreuk in de sedimentatie laten zien na de zomer van 2010 is ook een uitwerking gemaakt over de periode augustus 2010 – augustus 2012 (tabel 7). De data zijn op een kaartbeeld weergegeven (figuur 33) en ook daaruit blijkt dat de data allemaal dezelfde opslibbingstrend laten zien in een vrijwel steeds volledig vergelijkbare ordegrootte. Alleen station P32 valt iets uit de toon over de periode 2007-2013, maar dit station sedimenteert in de afgelopen drie jaar sterk en over de periode 2010-2013 past het volledig bij de overige stations. De gemiddelde sedimentatie van 14 mm/j over de periode 2007-2013 en 15 mm/j over de periode 2010-2013 (tabel 7) past ook duidelijk bij de waarneming dat het kale wad voor de Peazemerlannen de laatste jaren is overgegaan in een met Zeekraal begroeide pionier zone. De hoogteligging van de NCA stations P10, P20, P120 en P140 ligt tussen +60 en +80 cm boven NAP in september 2013 (tabel 3) en daarmee zijn waarschijnlijk de juiste groeiomstandigheden voor Zeekraal bereikt.

Tabel 7. Vergelijking van sedimentatiemetingen van NCA en IMARES op overgang van kwelder naar Waddenzee. Blauw gearceerd zijn IMARES data.

	aug 2007- aug 2013	aug 2010-aug 2013
station	mm/j	mm/j
P10	20	18
P20	15	10
P32	2	17
P140	11	14
P37	14	10
P38	16	26
P120	21	9
P44	9	10
P45	14	22
gem	13,6	15,1



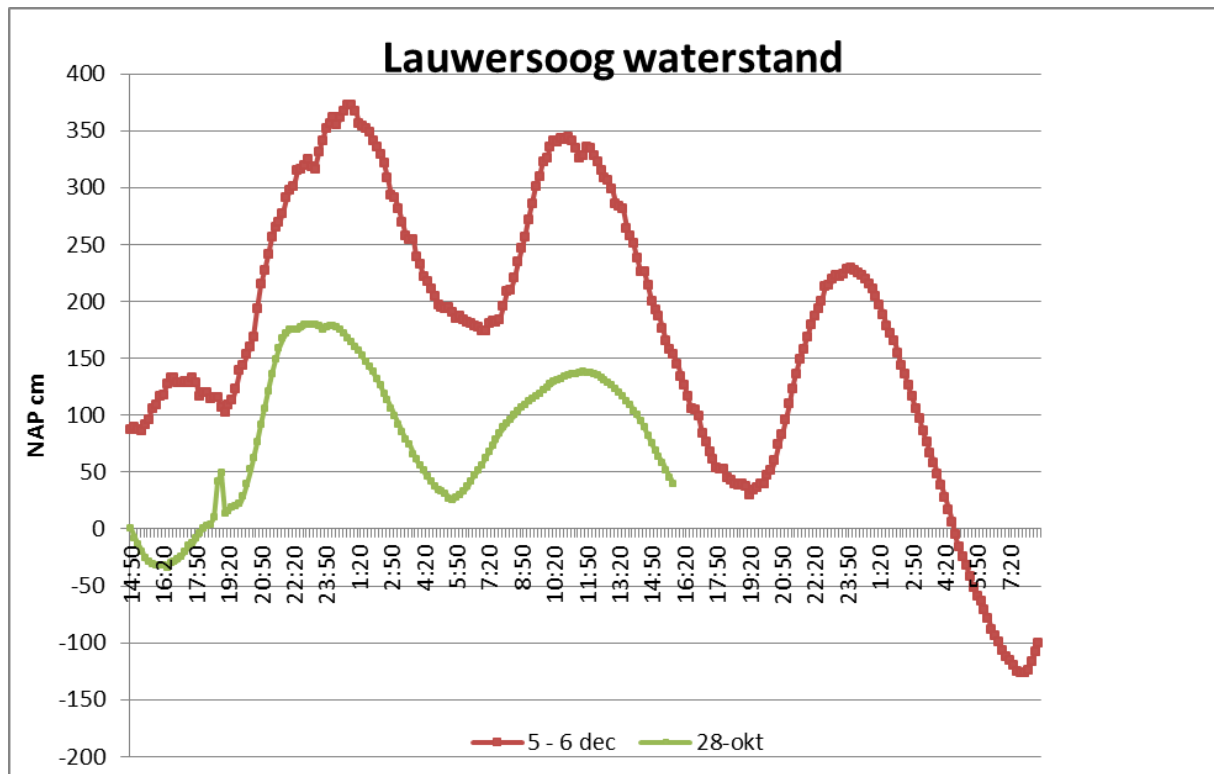
Figuur 33. Kaartbeeld met sedimentatie vergelijking van de meting van NCA en IMARES. Boven over periode aug2007-aug2013. Onder over periode aug2010-aug2013. Rechts van de gekleurde stip waarmee de locatie van het meetstation wordt aangeduid staat de sedimentatie in mm/jaar.

5. Extreme omstandigheden en sedimentatie.

De hoogteligging en sedimentatie van wadplaten zal overwegend bepaald worden door de invloed van de jaarlijkse 730 overstromingen. Dit dagelijkse spel tussen de zwaartekracht die op slib- en zanddeeltjes wordt uitgeoefend en stroming door getijwerking en golfwerking door wind die de deeltjes over de bodem wil verplaatsen of weer in de waterkolom op wil nemen bepaalt overwegend de bodemhoogte en bodemsamenstelling. Maar enkele van die 730 overstromingen vallen ver buiten de normale dagelijkse waarden en dat wordt veroorzaakt door extreme windomstandigheden (storm). Eind 2013, op 28 oktober en 5-6 december vonden twee stormen plaats met opmerkelijke gevolgen voor met name het onderzoeksgebied bij Paesens. De storm van 29 oktober had overwegend een ZW richting en was vrij kort maar kende extreme windsnelheden¹. Door de ZW-richting vond er weinig stuwing van de waterstand plaats (figuur 34) en lag het gebied bij Paesens min of meer 'in de luwte'. In deze 'luwte' heeft een forse afzetting van slib plaatsgevonden. Tijdens de sedimentatiemeting van 31 oktober (3 dagen na de storm) werd dit niet alleen gemeten maar was dit ook duidelijk zichtbaar en voelbaar tijdens het lopen in het gebied. Op bijna alle stations werd een dikke laag zeer 'dunne' blubber aangetroffen met een consistentie die een forse spetterpartij

¹ http://www.knmi.nl/cms/content/116311/weeralarm_voor_zware_herfststorm (3-3-2014)

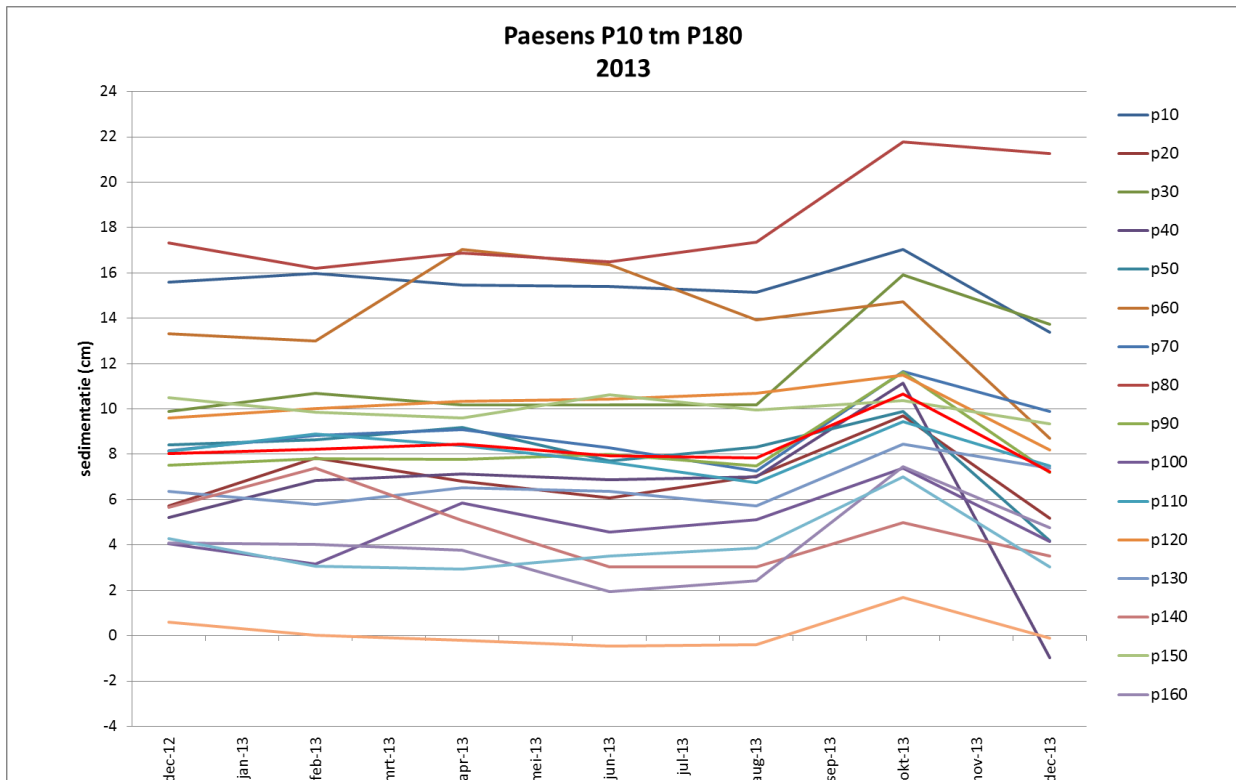
opleverde indien met een voet op de bodem werd gestampt. Op 2 september werd een gemiddelde sedimentatie van 7,83 cm (P10-P180) gemeten. Op 30 oktober steeg dat tot gemiddeld 10,65 cm (P10-P180). Een gemiddelde sedimentatie van +2,82 cm door de storm van 28 oktober.



Figuur 34. Het verloop van de waterstand bij het RWS meetstation Lauwersoog tijdens de stormen van 28 oktober en 5-6 december in 2013.

Ruim 5 weken later, op 5-6 december 2013 vond er een langdurige noordwesterstorm plaats in combinatie met springtij en dit leidde tot een stormvloed met zeer hoge waterstanden (figuur 34). Sterke noordwesterstormen, die lang duren, hebben duidelijk effect op de waterstanden in de Waddenzee. Bij een NW-wind is er ook veel golfwerking te verwachten op de kust van Paesens. De twee stormtijden hebben er in dit geval voor gezorgd dat het slib dat er lag compleet is weggevaagd. Tijdens de meting op 12 december was nergens meer de laag blubber van de vorige meting te vinden. Uit de metingen bleek dat de sedimentatie gemiddeld (P10-P180) daalde van 10,65 cm naar 7,24 cm. Een gemiddelde erosie van 3,41 cm over 18 meetstations door deze storm.

In de andere onderzoeksgebieden werd niet een dergelijk sterk effect gevonden. Bij Oost-Ameland en West-Ameland vond juist erosie plaats door de ZW-storm van oktober en sedimentatie door de NW-storm van december. Dit past bij de ligging van de gebieden ten zuiden van Ameland. Bij Schiermonnikoog was dit beeld niet aanwezig. Op Engelsmanplaat zorgde de storm van oktober voor forse erosie wat na de storm van december weer enigszins gecompenseerd werd. Engelsmanplaat ligt erg geëxposeerd voor ZW-wind.



Figuur 35. Sedimentatie in 2013 van de stations P10 tm P180 in het onderzoeksgebied bij Paesens. De invloed van de stormen van 28 oktober (sedimentatie) en 5-6 december (erosie) is op alle 18 stations hetzelfde.

6. Discussie.

Teneinde vast te kunnen stellen of er een verdieping plaats vindt in het deel van de Waddenzee dat binnen het dalingsgebied van de gaswinning valt, zijn meetstations op wadplaten ingericht. In de onderzoeksopzet is gekozen voor een praktische en pragmatische methodiek. Hierbij is een inschatting gemaakt van het aantal benodigde meetstations per plaatgebied op basis van de grootte en terreineigenschappen (vlakheid) van het gebied en de logistieke inspanning (dikte sliklaag en hoogteligging) om zes maal per jaar te kunnen meten. De gekozen methode is vooral geschikt voor een weinig dynamische gebied als een vrij vlakke droogvallende plaat. In erg dynamische gebieden als geulranden en in het sublittoraal gaan de meetstations vrij snel verloren of worden onvindbaar. De meetstations zijn zo gekozen dat ze verspreid over het hele plaatgebied voor komen en in een vlak gebied liggen waardoor ze representatief zijn voor een relatief groot gebied. Een aantal meetstations is met opzet in de buurt van een geul, mosselbank of kwelderrand gelegd om een indruk te krijgen van lokale sedimentatie in een meer dynamische omgeving. In hoeverre de gezamenlijk meetstations per plaatgebied iets zeggen over de gehele plaat is statistisch getoetst met een kriging methodiek. Hieruit bleek dat statistisch gezien geen harde uitspraken kunnen worden gedaan over de hoogteverandering van de gehele plaat omdat het aantal stations daarvoor onvoldoende is. Overigens wordt tijdens iedere meting de omgeving van het meetstation op het oog beoordeeld om te zien of het station nog voldoet aan de eisen toen het ingericht is. Daaruit is gebleken dat het merendeel van de meetstations ook na jaren nog steeds representatief is voor de directe omgeving en daarmee de sedimentatie op de plaat. In deze uitwerking zijn van de 56 stations slechts 3 buiten beschouwing gelaten. Dat betreft twee geulstations op Oost-Ameland (S90 en S100) en één station op Engelsmanplaat (E10) dat onder een nieuwe zandrug verdween. In 2007 was hier nog een vrij vlakke plaatrand... in 2012 een zandbank van ongeveer een meter hoog waarop sterns jongen groot brachten! In een enkel geval spelen er dynamische processen die een onrustiger beeld geven maar deze stations zijn

wel in het plaatgemiddelde opgenomen. Soms is de dynamiek ook tijdelijk, zoals bij station S00 bij Oost-Ameland en P60 bij Paesens waar in de loop van de tijd de opkomst en ondergang van een mosselbank werd gemeten.

Het belang van deze metingen moet gezien worden in een eenvoudige en kosten efficiënte manier om op een nauwkeurige schaal (mm niveau) met een vrij hoge frequentie (zes maal per jaar) sedimentatie op wadplaten te kunnen volgen. Hierbij wordt een goede indruk gekregen van de sedimentatie in de tijd waarbij vooral duidelijk wordt wat lokaal de natuurlijke variatie is zowel op de korte als op de lange termijn. Naarmate de meetreeksen zich uitstrekken over een langere periode winnen ze aan kracht. Pas na meer meetjaren is het mogelijk om langzame processen als bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging door klimaatverandering te onderscheiden van natuurlijke variatie op kortere tijdschalen.

Literatuur:

Vlas J de, e.a.. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2011. Monitoring van effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Assen. 2011.

Duin W.E. van, Leeuwen P.W. van & Sonneveld C., 2013. Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Evaluatie 2007-2012. IMARES-rapport C082/13, IMARES Wageningen UR, Texel.

Krol J., 2013. Evaluatierapport Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2012. Natuurcentrum Ameland, Nes.

Adres auteur:

Natuurcentrum Ameland

*Johan Krol
Postbox 60
NL 9163ZM Nes Ameland
The Netherlands*

*mail natuurcentrum.jkrol@planet.nl
phone +31 (0)519542737
fax +31 (0)519542136
mobile +31 (0)651932645*

Bijlage A. Grafieken gemiddelde sedimentatie en SD van alle meetstations onderzoeksgebied Paesens bijgewerkt tm 2013. Op Y-as sedimentatie in cm.

