

**VERMILION
ENERGY**



Vermilion Energy Netherlands B.V.

Bodemdeling Statusrapport 2024 - Drenthe Overijssel Friesland

Versie 1

6 juni 2024

Samenvatting

Bij gaswinning treedt bodemdaling op. De mate van bodemdaling wordt ingeschat in het winningsplan dat voor de gaswinning gemaakt wordt. Vervolgens meet Vermilion de bodemdaling die optreedt. In dit rapport wordt verslag gedaan van de duiding van de bodemdalingsmetingen in de delen van Drenthe, Overijssel en Friesland waar Vermilion actief is.

Alleen de bodemdaling ten gevolge van gaswinning waarvoor instemming is verkregen van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat via een instemmingsbesluit zijn meegenomen in de analyse. De bodemdaling van lopende aanvragen zijn niet meegenomen in de analyse.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inhoudsopgave.....	3
1 Inleiding	7
2 Achtergrond	9
2.1 Hoe wordt bodemdaling veroorzaakt?	9
2.1.1 Gaswinning	9
2.1.2 De oorzaken van bodemdaling bij gaswinning	9
2.1.3 Tijdvertraging	9
2.1.4 Samengestelde kommen	10
2.1.5 Andere oorzaken	10
2.1.6 Autonome bodemdaling	10
2.2 Methoden voor bodemdalingsmetingen	10
2.2.1 Waterpassing	10
2.2.2 GPS-metingen	16
2.2.3 InSAR	18
2.2.4 Meetplan	19
2.2.5 Meetregister: rapportage van de bodemdalingsmetingen	19
2.2.6 Rijkswaterstaat	19
2.3 Analyse metingen	20
2.4 Modelleren bodemdaling	20
2.5 Effecten bodemdaling	21
2.5.1 Gevolgen voor gebouwen en infrastructuur	21
2.5.2 Waterpeil	21
2.5.3 Schadeafhandeling	22
3 Bodemdalingskaarten	23
4 Verklarende woordenlijst	28
5 Referenties	30
6 Bijlage: Meetplan Zuidwal	31
6.1 Voorkomen	31
6.2 Metingen	31
6.3 Belangrijkste observaties en conclusies	31
6.4 Prognose	32
6.5 Referenties	33
7 Bijlage: Meetplan Leeuwarden-West	34
7.1 Voorkomen	34
7.2 Metingen	34
7.3 Belangrijkste observaties en conclusies	37
7.4 Prognose	38
7.5 Referenties	40
8 Bijlage: Meetplan Harlingen-101/Kimswerd	41

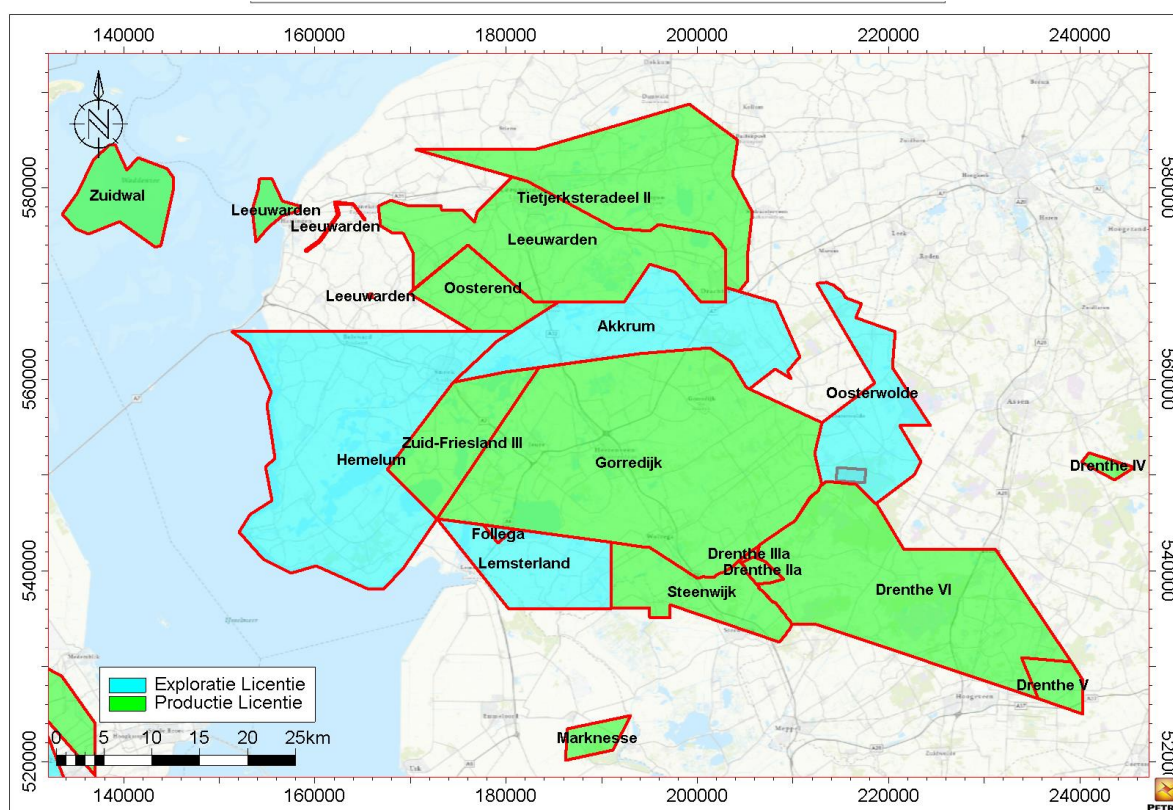
8.1	Voorkomen	41
8.2	Metingen.....	41
8.3	Belangrijkste observaties en conclusies	41
8.4	Prognose	43
8.5	Referenties	43
9	Bijlage: Meetplan Leeuwarden-Oost/Oosterend	44
9.1	Voorkomens	44
9.2	Metingen.....	44
9.3	Belangrijkste observaties en conclusies	46
9.4	Prognose	48
9.4.1	Bozum	49
9.4.2	Eernewoude	50
9.4.3	Grouw	51
9.4.4	Rauwerd	52
9.4.5	Leeuwarden.....	53
9.4.6	Leeuwarden-101	54
9.4.7	Middelburen.....	55
9.4.8	Nijega	56
9.4.9	Opeinde.....	57
9.4.10	Opeinde-Zuid.....	58
9.4.11	Suawoude	59
9.4.12	Tietjerk.....	60
9.4.13	Warga.....	61
9.4.14	Wartena.....	62
9.5	Referenties	63
10	Bijlage: Meetplan Langezwaag	64
10.1	Voorkomen	64
10.2	Metingen.....	64
10.3	Belangrijkste observaties en conclusies	64
10.4	Prognose	66
10.5	Referenties	67
11	Bijlage: Meetplan Oldelamer	68
11.1	Voorkomen	68
11.2	Metingen.....	68
11.3	Belangrijkste observaties en conclusies	68
11.4	Prognose	71
11.5	Referenties	71
12	Bijlage: Meetplan De Blesse, Blesdijke en Sonnega	72
12.1	Voorkomens	72
12.2	Metingen.....	72
12.2.1	Historie meetnet De Blesse.....	72
12.2.2	Historie meetnet Blesdijke.....	72

12.2.3	Historie meetnet Sonnega-Weststellingwerf	72
12.2.4	Historie meetnet Blesdijke - Sonnega	72
12.2.5	Historie meetnet De Blesse, Blesdijke, Sonnega-Weststellingwerf	72
12.3	Belangrijkste observaties en conclusies	72
12.4	Prognose	74
12.5	Referenties	76
13	Bijlage: Meetplan Diever, Eesveen, Nijensleek, Vinkega, De Hoeve, Noordwolde, Weststellingwerf en LDS	77
13.1	Voorkomens	77
13.2	Metingen.....	77
13.2.1	Historie meetplan Nijensleek.....	77
13.2.2	Historie meetplan Eesveen	77
13.2.3	Samenvoegen meetplannen Nijensleek en Eesveen	77
13.2.4	Historie meetplan Diever	77
13.2.5	Samenvoegen meetplannen Nijensleek/Eesveen en Diever	77
13.2.6	Historie meetplan Vinkega/De Hoeve	77
13.2.7	Historie meetplan Noordwolde/Weststellingwerf.....	78
13.2.8	Samenvoegen meetplannen Vinkega/De Hoeve en Noordwolde/Weststellingwerf	78
13.2.9	Samenvoegen meetplannen Diever/Eesveen/Nijensleek en Vinkega/De Hoeve/Noordwolde/Weststellingwerf	78
13.2.10	Uitbreiding met voorkomen LDS	78
13.2.11	Samenvoegen meetplannen Diever/Eesveen/Nijensleek/Vinkega/De Hoeve/Noordwolde/Weststellingwerf/LDS en Nieuwehorne	78
13.3	Belangrijkste observaties en conclusies	80
13.4	Prognose	82
13.4.1	De Hoeve	82
13.4.2	Weststellingwerf	83
13.4.3	Noordwolde	84
13.4.4	Diever	85
13.4.5	Vinkega	86
13.4.6	Nijensleek.....	87
13.4.7	Eesveen	88
13.4.8	LDS	89
13.5	Referenties	89
14	Bijlage: Meetplan Nieuwehorne	90
14.1	Voorkomen	90
14.2	Metingen.....	90
14.3	Belangrijkste observaties en conclusies	90
14.4	Prognose	90
14.5	Referenties	91
15	Bijlage: Meetplan Grolloo	92
15.1	Voorkomen	92
15.2	Metingen.....	92

15.3	Belangrijkste observaties en conclusies	92
15.4	Prognose	93
15.5	Referenties	94
16	Bijlage: Meetplan Geesbrug.....	95
16.1	Voorkomen	95
16.2	Metingen.....	95
16.3	Belangrijkste observaties en conclusies	95
16.4	Prognose	97
16.5	Referenties	98
17	Bijlage: Meetplan Oppenhuizen	99
17.1	Voorkomen	99
17.2	Metingen.....	99
17.3	Belangrijkste observaties en conclusies	99
17.4	Prognose	99
17.5	Referenties	100

1 Inleiding

Vermilion Energy Netherlands B.V. (VEN) wint in Nederland aardgas uit kleine gasvelden uit de diepe ondergrond, met dieptes variërend tussen 1,5 en 3,5 kilometer. De winning vindt plaats vanuit een aantal locaties verspreid over Nederland. Deze rapportage betreft de locaties in Drenthe, Overijssel en Friesland. In Figuur 1-1 zijn de mijnbouwvergunningen in Friesland, Overijssel en Drenthe afgebeeld.



Figuur 1-1: Vergunningsgebieden van Vermilion in Friesland, Overijssel en Drenthe. De ingekleurde gebieden zijn de winningsvergunningen (groen) en opsporingsvergunningen (licht blauw).

De winning van aardgas uit een gasreservoir zorgt voor een drukvermindering in de poriën van het gesteente. Deze drukvermindering zorgt ervoor dat het reservoir enigszins wordt samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Die samendrukking wordt compactie genoemd. De compactie in een reservoir leidt aan het aardoppervlak tot een bodemdalingssom.

Mijnbouwbedrijven zijn verplicht om in een winningsplan vóór start van productie te laten zien hoeveel bodemdaling er wordt verwacht als gevolg van de winning. Mijnbouwondernemingen zijn verplicht om de bodemdaling in de gaten te houden. Dit gebeurt door middel van bodemdalingmetingen. Deze metingen moeten aan regels voldoen, zowel landmeetkundig, als in relatie tot de mijnbouwoperatie (in het geval van Vermilion dus gaswinning). Het plan voor de bodemdalingmeting wordt beschreven in een meetplan. Het meetplan wordt ter beoordeling voorgelegd aan Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Vóór start van productie wordt een zogenaamde nulmeting uitgevoerd. Er worden regelmatig herhalingsmetingen uitgevoerd na start van productie volgens het meetplan.

De bodemdalingmetingen worden gedocumenteerd in een meetregister. De metingen worden gecontroleerd door Rijkswaterstaat (RWS) en SodM.

De mijnbouwonderneming maakt een analyse van de bodemdalingmetingen. Als duiding van de resultaten laat zien dat er een afwijking is van de verwachtingen (significant, bijvoorbeeld groter dan de meeton nauwkeurigheid), vindt overleg plaats tussen de mijnbouwonderneming en SodM.

Dit rapport is bedoeld om de resultaten van de bodemdalingsmetingen inzichtelijk te maken. Het bespreekt eerst kort hoe bodemdaling tot stand komt. Vervolgens beschrijft het rapport hoe de metingen worden uitgevoerd en hoe de metingen gereguleerd worden. Voor de Vermilion gasvelden wordt een samenvatting van de resultaten gegeven. De individuele metingen worden in meer detail in de bijlagen besproken.

2 Achtergrond

2.1 Hoe wordt bodemdaling veroorzaakt?

2.1.1 Gaswinning

Aardgas zit in het algemeen in Nederland op ongeveer 1,5-3,5 kilometer diepte onder druk in een poreuze gesteentelaag, zoals zandsteen- of kalksteenlagen. De laag waaruit het gas geproduceerd wordt, wordt het reservoir genoemd. Het reservoir wordt afgesloten door een niet-doorlatend gesteente, bijvoorbeeld een kleisteen, anhydriet, of steenzout. De precieze diepte, en de aard van zowel het reservoirgesteente als de afsluitende laag, verschillen van voorkomen tot voorkomen.

De lagen zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten in de geologische geschiedenis, is er reliëf ontstaan in de lagen. Het gas zal, omdat het lichter dan water is, zich verzamelen in de hoogste plaatsen; boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

Bij gaswinning laat men het gas ontsnappen door een put die in het reservoir geplaatst wordt, meestal in het hoogste punt. Als gevolg van het ontsnappen van het gas zal de druk in het reservoir dalen (druk-depletie). De winning stopt als de druk in het reservoir zo laag geworden is dat er onvoldoende gas door de put naar boven kan stromen, of als de drukdaling ertoe leidt dat het reservoirgesteente rond de put volloopt met water.

2.1.2 De oorzaken van bodemdaling bij gaswinning

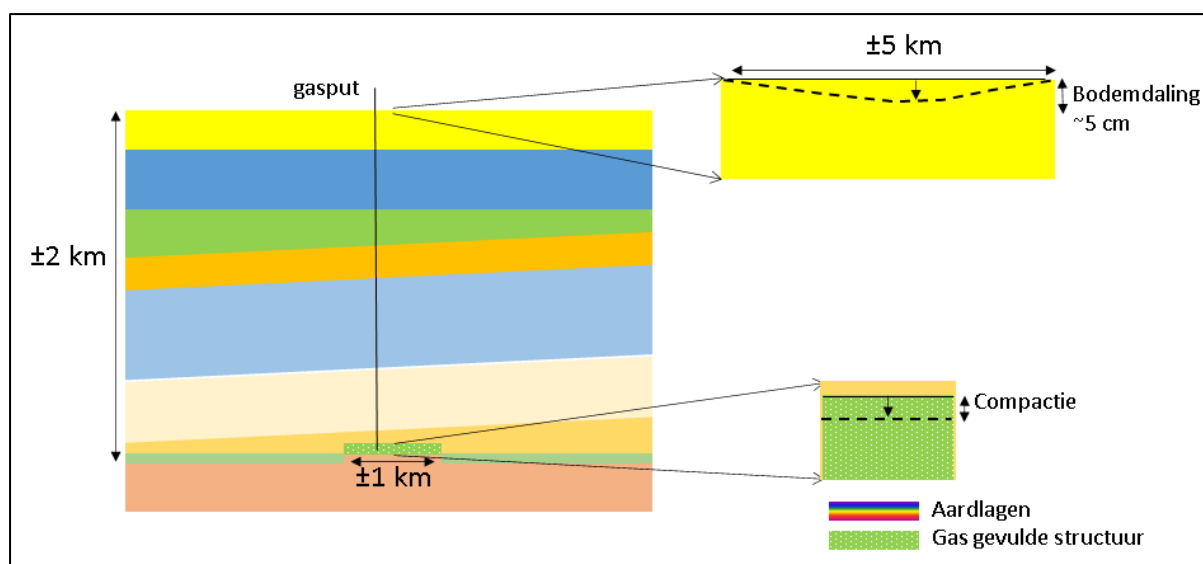
Het gevolg van de drukdaling in het reservoir is dat het reservoir compacteert, dat wil zeggen dat de poriën een klein beetje inzakken als gevolg van het gewicht van de bovenliggende aardlagen doordat de tegendruk van het gas vermindert.

De mate van compactie hangt af van de gesteente-eigenschappen en van de hoeveelheid drukdaling.

Als het reservoir compacteert, zullen ook de lagen erboven een beetje vervormen. Doordat de winning op grote diepte plaatsvindt, en door de zeer gelijkmatige opbouw van de ruwweg bovenste kilometer gesteente, en de aard van dat gesteente, verdeelt het volume van de compactie zich, zodat aan de oppervlakte een bodemdalingskom ontstaat. De dalingskom heeft de vorm van een heel geleidelijk verlopende, platte schotel. Aan de randen gaat de daling geleidelijk naar nul, in het midden vindt de grootste daling plaats. Het volume van de kom is ongeveer even groot als de volumeverandering van het reservoir. Het oppervlak van de kom is groter dan het oppervlak van het reservoir; aan alle kanten komt er een afstand bij ongeveer gelijk aan de diepte van het reservoir. Hierdoor is bij kleine velden de bodemdaling op het diepste punt van de kom aan de oppervlakte minder dan de compactie op diepte in het reservoir. Figuur 2-1 geeft dit schematisch weer voor een reservoir op 2 km diepte met een doorsnede van 1 km.

2.1.3 Tijdvertraging

Wanneer gas uit een voorkomen wordt gewonnen, zal de druk in dat voorkomen meteen dalen. Maar het effect van de drukdaling in termen van bodemdaling is aan het oppervlak pas na enkele jaren merkbaar. Deze tijdvertraging wordt meegenomen bij de analyse van de metingen.



Figuur 2-1: Schetsmatige, generieke, doorsnede van een gasreservoir. Diepte, vorm, daling en compactie verschillen van geval tot geval. De kom is breder dan het veld, en het diepteverloop is zeer geleidelijk.

2.1.4 Samengestelde kommen

Als voorkomens dicht bij elkaar liggen, of (deels) boven elkaar, dan zullen de bodemdalingskommen overlappen. In dat geval zal aan het oppervlak een samengestelde kom zijn. Dit effect is in de bodemdalingsanalyses meegenomen.

2.1.5 Andere oorzaken

Naast bodemdaling door gaswinning, veroorzaakt ook zoutwinning bodemdaling. Ook grondwaterwinning veroorzaakt bodemdaling. Deze effecten zijn in de analyses meegenomen waar nodig.

2.1.6 Autonome bodemdaling

Naast bodemdaling door mijnbouwactiviteiten, vindt er ook zogenaamde autonome bodemdaling plaats. De autonome bodemdaling is onafhankelijk van de gaswinning. Dat gebeurt door verschillende mechanismen, waarvan veen- en klei-inklinking en het handhaven van het grondwaterpeil door het waterschap er enkele zijn. Voor meer achtergrondinformatie zie ook de Klimateffectatlas [Ref. 1]. Op deze website staan bodemdalingsvoorspellingskaarten die zijn uitgewerkt voor verschillende scenario's. De daling is gerelateerd aan o.a. de samenstelling van de ondiepere ondergrond (bijvoorbeeld de aanwezigheid van veen en klei), opwarming van de aarde en het peilbeleid (wel of niet handhaven van het grondwaterpeil).

Een andere bron voor informatie over bodemdaling is de Bodemdalingskaart [Ref. 2]. Deze website maakt gebruik van satellietdata en laat de bodemdaling over de periode 2016 – 2020 zien. Hieruit blijkt dat er ook redelijk wat bodemdaling is in gebieden waar geen gaswinning is.

Er wordt naar gestreefd de peilmerken voor bodemdalingsmetingen door mijnbouwactiviteiten zo te plaatsen dat ze niet beïnvloed worden door autonome daling.

2.2 Methoden voor bodemdalingsmetingen

In deze paragraaf worden enkele methoden beschreven om bodemdaling te meten. Vermilion gebruikt één of meerdere van deze methoden afhankelijk van het meetplan. De bijlagen geven meer details over de meetplannen.

2.2.1 Waterpassing

De waterpassingmethode is de meest gebruikte methode om bodemdaling te meten. Bij deze methode wordt het hoogteverschil tussen verschillende, naast elkaar gelegen, peilmerken gemeten met behulp

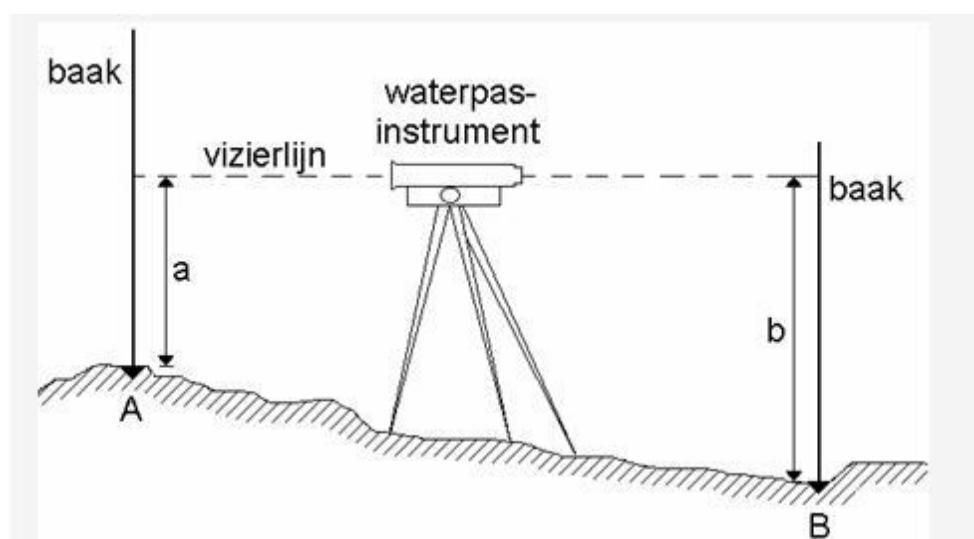
van een optisch waterpasinstrument, zie Figuur 2-2. Door het hoogteverschil tussen peilmerken in kringen te meten en in heen- en teruggang, kan de meetonzekerheid beperkt worden.

De nauwkeurigheid van deze meetmethode is afhankelijk van de grootte van het meetnet en de meetfrequentie, maar kan over het algemeen op circa 3-5 mm gesteld worden.

Zoals boven is opgemerkt, kan de daling van een peilmerk, hoe nauwkeurig ook gemeten, ook deels veroorzaakt worden door niet-winnings-gerelateerde effecten. Het gevolg daarvan is dat de schatting van de mate van bodemdaling door mijnbouwactiviteiten een grotere onnauwkeurigheid heeft dan de onnauwkeurigheid van de peilmerkhogtes. Dit effect verschilt van gebied tot gebied, en moet voor ieder meetplan individueel vastgesteld worden.

Waterpassingen geven een goed beeld van de ruimtelijke vorm van de dalingskom. Meestal worden ze minder dan jaarlijks uitgevoerd; een frequentie van eens in de vijf jaar is gebruikelijk.

Zie [Waterpas \(landmeetkunde\) - Wikipedia](#) voor meer informatie.



Figuur 2-2: Schets bepaling hoogteverschil met behulp van waterpassing.

De waterpas bodemdalingsmetingen worden voor Vermilion uitgevoerd door Antea Group volgens de richtlijnen opgesteld door Rijkswaterstaat [Ref. 9].

Peilmerken

De dalingsmeting wordt gedaan aan peilmerken, zie Figuur 2-3 voor een voorbeeld van een peilmerkbout. Dit zijn NAP-peilmerken en hebben een hoogte ten opzichte van het NAP en zijn verankerd aan onder meer woonhuizen en bruggen, zie voor voorbeelden Figuur 2-4, Figuur 2-5 en Figuur 2-6. Er wordt gebruik gemaakt van schroefankers indien er geen object in de nabije omgeving is om een peilmerk aan vast te maken, zie Figuur 2-7.

Er zijn peilmerken die speciaal zijn aangelegd door RWS voor dalings- of NAP-metingen. Deze zijn in het algemeen dieper gefundeerd.



Figuur 2-3: Voorbeeld van een peilmerkout.



Figuur 2-4: Foto van een peilmerk aan een huis.



Figuur 2-5: Foto van peilmerk aan een brug.



Figuur 2-6: Foto van peilmerk aan een elektriciteitsgebouwtje.



Figuur 2-7: Foto voorbeelden van een schroefanker.

Stabiliteit

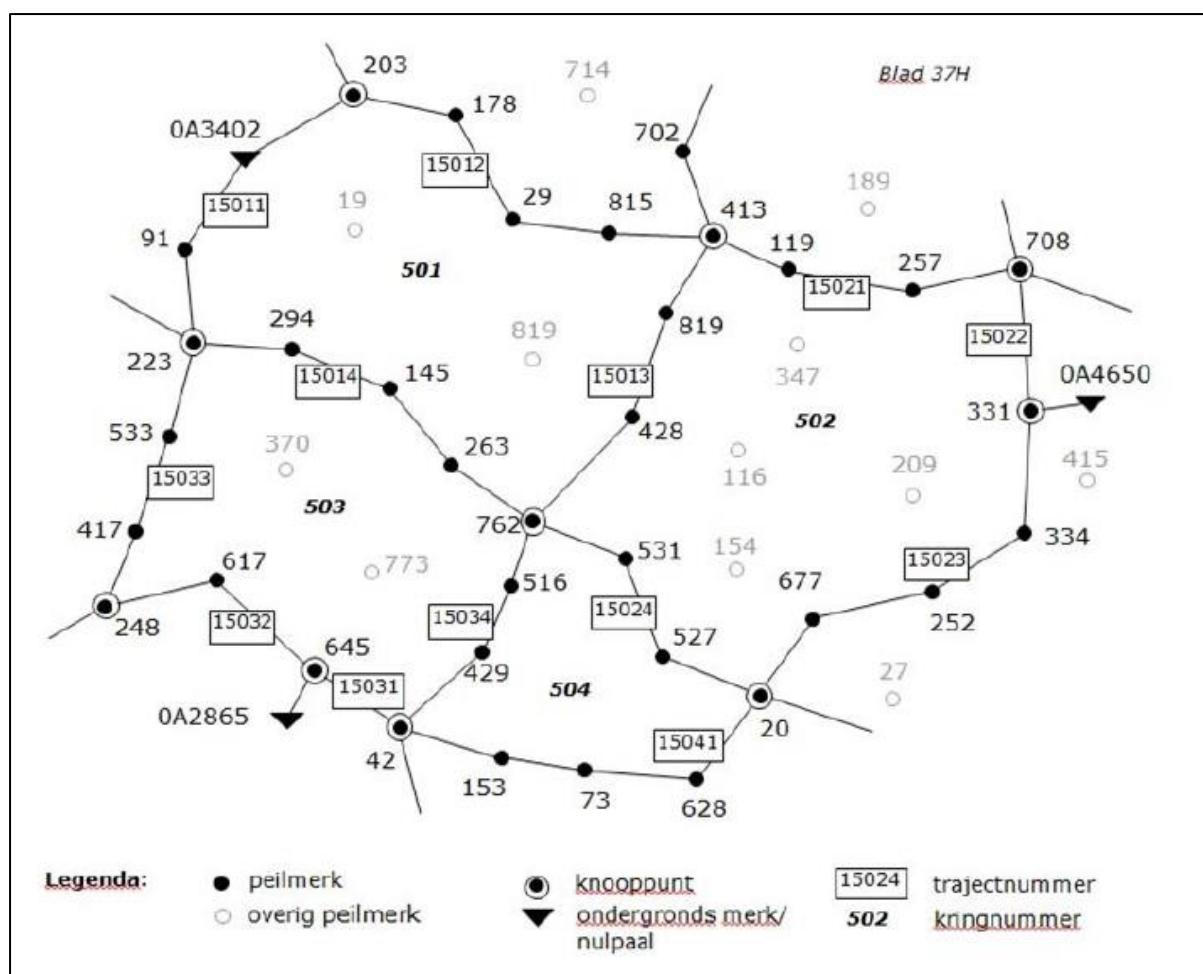
Bij peilmerken aan bestaande gebouwen wordt een uitwendige controle uitgevoerd om te bepalen of het gebouw stabiel is, voordat het peilmerk wordt aangebracht. De diepe peilmerken zijn gefundeerd op het pleistocene zand. Vaak wordt vooraf een sondering uitgevoerd om te bepalen hoe diep dat zand zit.

Ondanks de controles, kan het gebeuren dat een peilmerk onstabiel is en een daling of stijging vertoont die groter is dan de omliggende peilmerken. Dat kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door variaties in de ondiepe bodemopbouw, of door de aard van de fundering van het object waaraan het peilmerk is bevestigd. Bij de analyse van de bodemdalingsmetingen moet met dergelijke onstabiele punten rekening gehouden worden.

Meetnet

Meetkundig gezien bestaat het meetnet uit punten, (verbindende) lijnen en gesloten veelhoeken, zie Figuur 2-8. De punten zijn de peilmerken, speciale punten en hulppunten. De lijnen zijn waarover de hoogteverschillen zijn gemeten.

De inrichting van het meetnet moet voldoen aan een richtlijn [Ref. 5, 9]. Dat geeft randvoorwaarden voor de maximale onderlinge afstand van peilmerken (voor zover de aard van het gebied dat toelaat), de meetfrequentie en de gebruikte methoden, deels afhankelijk van de mate van (verwachte) bodemdaling.



Figuur 2-8: Voorbeeld van een meetnet [Ref. 9].

Aansluitpunt

Bodemdalingsmetingen zijn relatief, met andere woorden de hoogte van een punt ten opzichte van een ander punt wordt bepaald. Om deze metingen te relateren aan mijnbouw-bodemdaling wordt er één punt uitgezocht waarvan het zeker is dat er geen mijnbouw-bodemdaling is, het aansluitpunt. Hoogtes worden dan steeds aan het aansluitpunt gerelateerd. Aangezien dat aansluitpunt geen mijnbouw-effecten ziet, zullen variaties in hoogtes t.o.v. het aansluitpunt (mogelijk) wel aan mijnbouw-daling gerelateerd zijn. De NAP-hoogte van het aansluitpunt wordt bekend verondersteld, in het algemeen op basis van gegevens van Rijkswaterstaat. Op deze manier kunnen de relatieve hoogteverschilmetingen gelinkt worden aan het Normaal Amsterdams Peil (NAP).

Vanwege het belang van het aansluitpunt, wordt zorgvuldigheid betracht bij de keuze ervan, en wordt specifiek gekeken naar mogelijke invloeden op het aansluitpunt bij de analyse van de metingen.

Mutaties

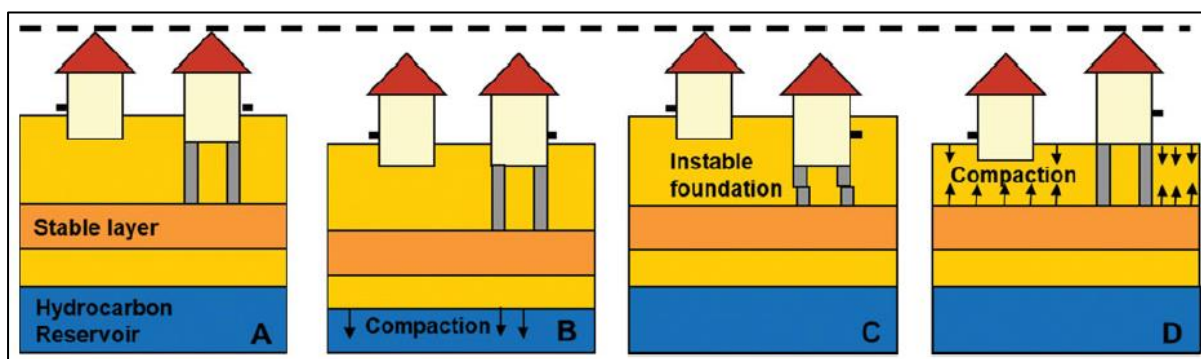
De peilmerken die in een meetnet gebruikt worden, ondergaan mutaties. Dat kan komen doordat bijvoorbeeld het gebouw waar ze aan bevestigd zijn gesloopt wordt, of doordat een weg verlegd wordt. Daarnaast zijn de landmeetkundige vereisten ook aan evolutie onderhevig. Tenslotte kan het voorkomen dat de omvang van het meetnet in de tijd vergroot wordt. Het gevolg van deze mutaties is dat, met name in oudere meetplannen, maar een relatief kleine fractie van de peilmerken een volledig tijdsbeeld geeft. Dat geeft een extra onzekerheid bij de bepaling van de bodemdaling.

Autonome daling in de metingen

Hoe dieper je meet, hoe minder inklinkingseffecten de meting beïnvloeden. Immers inklinking die boven de meetdiepte plaatsvindt, wordt niet gemeten. De waargenomen bodemdaling is dus groter naarmate de meetdiepte kleiner is. Wanneer het aansluitpunt dieper is dan de andere meetpunten, zal er een bodemdalingscomponent in de andere meetpunten zitten die niet in het aansluitpunt zit en niet aan de

mijnbouwdaling gerelateerd is. Op deze manier kan een autonome bodemdalingscomponent in een bodemdalingsmeting zitten. Zie Figuur 2-9 voor enkele voorbeelden. Daarnaast vertoont de autonome daling lokale variaties.

Het doel is om de bodemdaling door mijnbouwactiviteiten te analyseren. Bij de analyse van bodemdalingsmetingen bekijkt Vermilion daarom de mogelijke invloed van autonome bodemdaling op de gemeten bodemdaling. Indien nodig wordt hiervoor gecorrigeerd in de bodemdalingsanalyse.



Figuur 2-9: Enkele voorbeelden van verschillende oorzaken die invloed hebben op de gemeten bodemdaling. (A) Initiële situatie met peilmerken (zwarte knop) in een gebouw met diepe fundering op een stabiele laag en in een gebouw zonder fundering. (B) Compactie van het gasvoorkomen resulteert in gemeten bodemdaling van beide peilmerken met dezelfde waarde. (C) In het geval van instabiele fundering kan er bodemdaling gemeten worden bij een gebouw met fundering. (D) In het geval van ondiepe compactie - inklinking - zal er een bodemdaling gemeten worden bij het gebouw zonder fundering. Zie ook Figuur 10 in Ref. 4.

2.2.2 GPS-metingen

Global Navigation Satellite System (GNSS) of Global Positioning System (GPS) kan als alternatieve meetmethode gebruikt worden. Via speciale GPS-meetstations is het mogelijk om hoogtes (dus: zettingen) op bepaalde punten te monitoren, zonder dat het gehele waterpassingmeetnet gemeten hoeft te worden.

GPS is een van de bekendste technologieën voor nauwkeurige positionering. Het systeem maakt gebruik van een netwerk van satellieten die in een baan om de aarde draaien. Deze satellieten zenden constant signalen uit met informatie over hun positie en tijd. GPS-ontvangers op de grond ontvangen deze signalen en gebruiken ze om hun eigen locatie te berekenen.

GNSS is een meer algemene term die verwijst naar een wereldwijd systeem van satellieten dat wordt gebruikt voor navigatie en positionering. GPS is eigenlijk een specifieke implementatie van GNSS, ontwikkeld en beheerd door de Verenigde Staten. Deze systemen werken op vergelijkbare principes als GPS maar gebruiken satellieten die door hun respectievelijke landen worden beheerd.

Er zijn twee soorten GPS-hoogtemetingen om bodembeweging te detecteren:

1. Regelmatige GPS-metingen
2. Continue GPS-metingen

Regelmatige GPS-metingen

Bij de regelmatige GPS-metingen worden met behulp van mobiele GPS-meetpalen GPS-hoogtemetingen uitgevoerd; zie Figuur 2-10 voor een mobiele GPS-meetpaal. Een mobiele GPS-meetpaal wordt tijdelijk geïnstalleerd (ongeveer 2 weken) en de hoogte wordt gedurende deze periode gemeten.

Er wordt een GPS-hoogtemeting uitgevoerd in het centrum van de bodemdalingskom vlak bij een diep gefundeerd (stabiel) peilmerk. Er wordt ook een GPS-hoogtemeting uitgevoerd bij een stabiel referentiepunt dat buiten de theoretische invloedssfeer van de bodemdalingskom valt. Hierdoor kunnen de metingen nauwkeurig aan het NAP gekoppeld worden.

Meetplannen met GPS-metingen worden over het algemeen ook regelmatig gewaterpast. De peilmerken waaraan de GPS-meting plaatsvindt, worden dan ook in de waterpassing betrokken zodat de metingen vergeleken kunnen worden.

GPS-metingen betreffen een klein aantal punten. GPS-metingen worden over het algemeen frequenter uitgevoerd, soms jaarlijks. Het voordeel van de jaarlijkse GPS-meetcampagnes is dat het de meetfrequentie van het betreffende meetnet verhoogt. GPS-metingen worden als signaleringsmetingen gebruikt: als de meting significant afwijkt van de prognose, kan een waterpassing eerder dan gepland worden uitgevoerd.

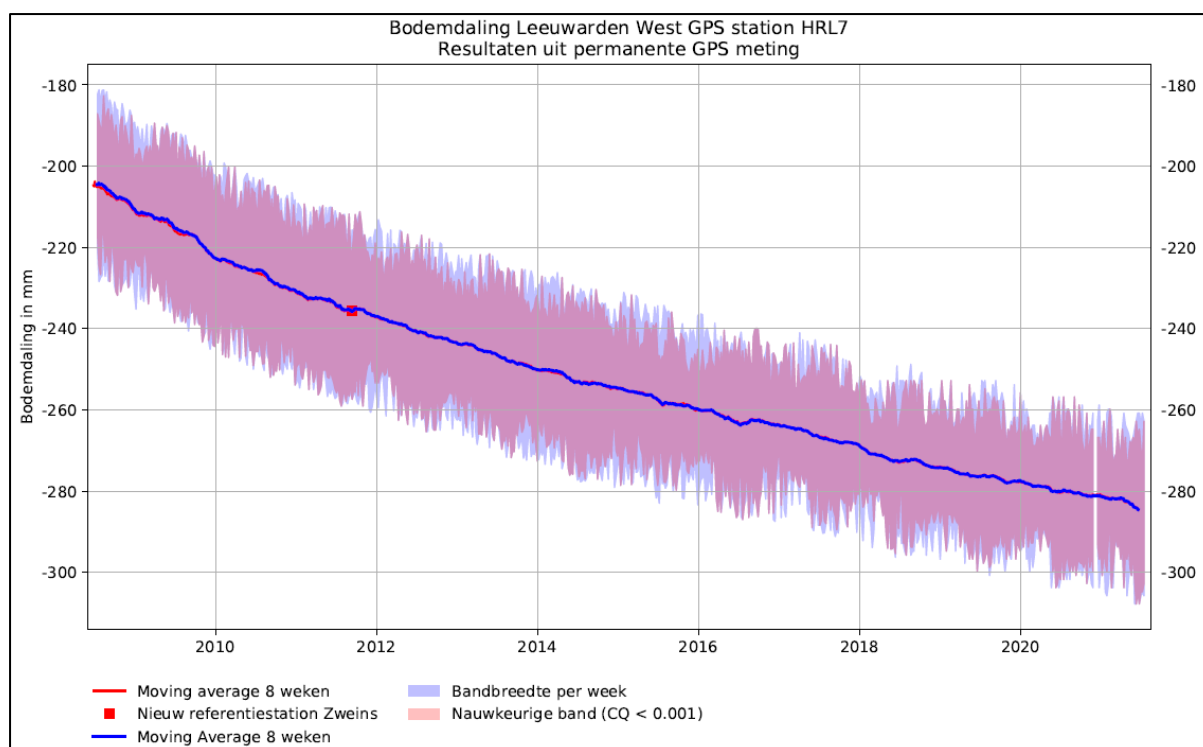


Figuur 2-10: Tijdelijk GPS-station zoals gebruikt bij een regelmatige GPS-meting.

Continue GPS-metingen

Voor situaties met grotere bodemdaling kan gekozen worden voor een continue GPS-meting. In zo'n geval wordt een permanent GPS-station geïnstalleerd, dat voortdurend de hoogte meet. Voor het Harlingen Boven Krijt gasvoorkomen zijn zulke GPS-meetstations op de productielocaties Harlingen 4 en Harlingen 7 geplaatst geweest.

Figuur 2-11 hieronder geeft een voorbeeld van een meetserie van zo'n station. Duidelijk is de relatief grote ruis (gedeeltelijk seizoensafhankelijk), waardoor statistische bewerkingen gedaan moeten worden om de resultaten te verwerken. Figuur 2-11 geeft ook een indicatie van de nauwkeurigheid van de meting, zeker als die een kortere periode bestrijkt (zoals bij regelmatige GPS-metingen).



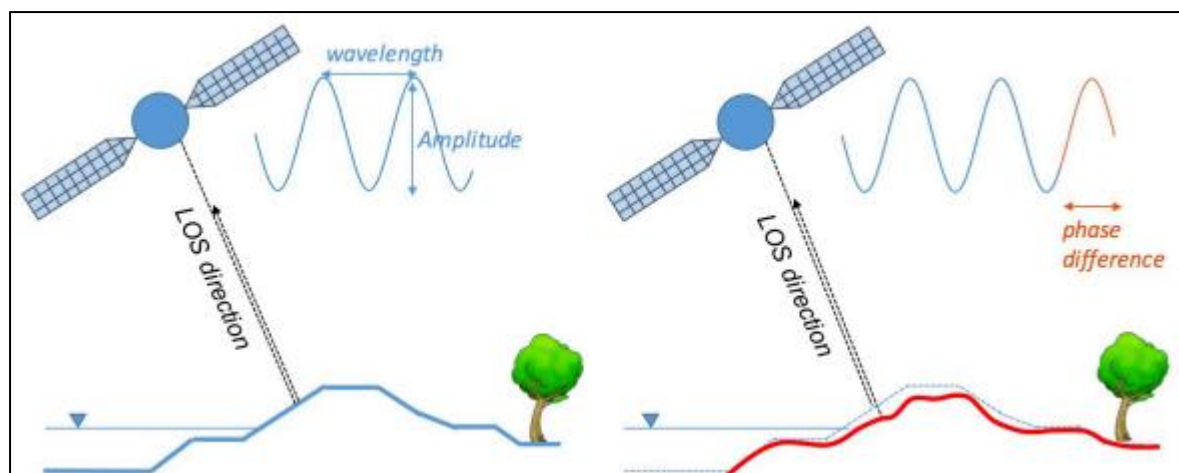
Figuur 2-11: Voorbeeld van resultaten continue GPS-meting (op locatie 'Harlingen 7').

2.2.3 InSAR

Satelliet radar interferometrie (InSAR) is een radartechniek, waarbij de bodembeweging in een gebied wordt bepaald door het vergelijken van verschillende satellietbeelden die zijn gemaakt op verschillende tijdstippen. De deformatie wordt aan de hand van faseverschilmetingen van reflectors (of Persistent Scatters (PS)) bepaald, zie Figuur 2-12. Zo'n Persistent Scatter is een reflecterend object, zoals een weg of gebouw. Referentie 3 geeft meer details en achtergrond over deze technologie.

InSAR is in principe in staat om relatief kleine verplaatsingen te zien, met een hoge meetfrequentie. Wat wel bedacht moet worden, is dat er geen controle is op de aard van de scatters, op hoe diep die gefundeerd zijn, en welke dalingscomponenten die bevatten. Ook bij InSAR is de relatie tussen gemeten hoogtes en mijnbouwgerelateerde bodemdaling dus niet altijd 1 op 1.

NAM heeft InSAR gebruikt bij de metingen in Noord-Nederland, o.a. boven het Groningen gasvoorkomen, en in Zuid-Holland (zie www.nlog.nl). Vermilion heeft InSAR gebruikt bij Zuidwal, waar de scatters precies bekend zijn (het platform staat immers alleen in de Waddenzee), en daar gaf de meting een waardevolle aanvulling, met name voor de tijdsresolutie (zie Hoofdstuk 6 Bijlage: Meetplan Zuidwal). De spreiding in de InSAR data (zie Figuur 6-1) geeft een indicatie over de nauwkeurigheid van de methode.



Figuur 2-12: Door bodemdaling moet het radarsignaal een iets langere weg afleggen. Daardoor verandert de fase van de gereflecteerde radargolf. Een meting van die faseverandering wordt bij InSAR omgerekend tot bodembeweging.

2.2.4 Meetplan

In het kader van de gaswinning moet jaarlijks een meetplan opgesteld worden. In een meetplan wordt beschreven hoe de bodemdaling in een ruim gebied rondom het gasvoorkomen wordt gemeten en de frequentie van de bodemdalingsmeting. De bodemdalingsmeting gebeurt meestal door waterpassing op een reeks punten in een meetnet, boven en rondom het voorkomen, soms aangevuld met GPS-metingen op specifieke locaties. Het type en de frequentie van de metingen, en de dichtheid en uitgebreidheid van het meetnet, worden gekozen in overleg met Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), die uiteindelijk het meetplan goedkeurt namens de minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK).

Als bodemdalingsgebieden van verschillende voorkomens overlappen, dan zullen ook de meetplannen overlappen. In sommige gevallen zal er dan voor gekozen worden de meetplannen samen te voegen, ook weer in overleg met SodM. Dat kan dan tot gevolg hebben dat verschillende delen van een meetnet een verschillende geschiedenis hebben, omdat ze ooit als aparte meetnetten begonnen zijn. Daar moet bij de analyse van zo'n meting rekening mee worden gehouden.

De eerste meting van een meetplan, bedoeld om de aanvangshoogte vast te stellen, wordt een nulmeting genoemd.

Het meetplan wordt ter beoordeling voorgelegd aan SodM. SodM maakt de meetplannen publiek beschikbaar op www.nlog.nl.

2.2.5 Meetregister: rapportage van de bodemdalingsmetingen

Het meetregister is de eindrapportage van een bodemdalingsmeting. Hierin staan de gegevens van de bodemdalingsmetingen, een overzicht van het meetnet, eventueel mutaties van peilmerken, en andere gegevens met betrekking tot de bodemdalingsmeting.

Het meetregister wordt gedeeld met SodM. SodM beoordeelt het meetregister en maakt het meetregister publiek beschikbaar via www.nlog.nl.

2.2.6 Rijkswaterstaat

De landmeetkundige aspecten van de bodemdalingsmetingen (met name waterpassingen) worden door Rijkswaterstaat (RWS) geverifieerd. De uitgevoerde metingen worden (deels) in een landelijke NAP (Normaal Amsterdams Peil) database opgeslagen.

RWS voert zelf ook bodemdalingsmetingen uit. Bij deze bodemdalingsanalyse zijn soms gegevens uit de NAP-database van RWS gebruikt. RWS voert sinds 1875 regelmatig nauwkeurigheidswaterpassingen uit, om de beweging die in de peilmerken zit, vast te leggen. Vermilion maakt gebruik van deze data om meer regionaal te kunnen kijken, ook buiten de meetplannen, en om

verder terug in de tijd te kunnen kijken om het gedrag van peilmerken voor en tijdens de gaswinning met elkaar te kunnen vergelijken.

De basis van het NAP is in 2005 herzien. Dat betekent dat het NAP-vlak iets is aangepast. De hoogtes van peilmerken in de NAP-database tot 1987 zijn deels omgezet naar de herziene NAP. Bij gebruik van getallen van voor 1987 is de aangebrachte correctie over de jaren 1987-2004 doorgetrokken naar het verleden. Desalniettemin zijn gegevens van voor dit jaar dus iets minder eenduidig.

De geïnteresseerde lezer wordt verwezen naar de website van Rijkswaterstaat, www.rijkswaterstaat.nl, voor meer informatie over NAP en de database van Rijkswaterstaat.

2.3 Analyse metingen

Zoals besproken geeft elk van de bodemdalingsmetingen op een indirecte manier een waarde voor de bodemdaling door gaswinning. Er is een analyse nodig om uit de metingen te kunnen schatten wat de bodemdaling ten gevolge van gaswinning is. Daarbij moet bekeken worden hoe nauwkeurig de hoogtemeting is en daarnaast (en meestal belangrijker) in welke mate de hoogtemeting een reflectie van de bodemdaling door gaswinning is.

Bij waterpassingen bestrijken peilmerken meestal verschillende tijdsintervallen en soms geen enkel peilmerk de hele periode van gaswinning. Het is dan lastig om een volledig beeld van de bodemdalingstrend in de tijd te krijgen. In dat geval wordt naar omliggende peilmerken gekeken om een bodemdalingstrend te kunnen bepalen.

Bij de analyse van de data wordt onder andere gekeken naar de volgende aspecten:

- Mate van bodemdaling vs. nauwkeurigheid van de meting
 - Typisch ~ 0.5 cm (maar verschilt van meetplan tot meetplan)
- Stabiliteit & autonome daling
 - Bijv. afwijking van gedrag vergeleken met omliggende peilmerken. Daling voordat de gaswinning begon, is een aanwijzing voor niet-gasgerelateerde daling.
 - Deze effecten vertonen lokale verschillen.
 - Ook de aard van het gebouw c.q. het peilmerk (diep/ondiep gefundeerd) kan een rol spelen.
- Tijdsverloop van de daling
 - Vertoont de daling een relatie met het tijdsverloop van de productie (rekening houdend met na-ijleffecten)?
- Komvorm
 - Vertoont de daling een ruimtelijke relatie met de winning?

Merk op dat bodemdalingsmetingen geen onderscheid maken tussen voorkomens. Als er overlap is tussen dalingskommen, dan wordt de samengestelde daling gemeten. In het geval de kommen van meerdere gaswinningen overlappen, dan zal een inschatting gemaakt moeten worden hoeveel daling van welk voorkomen afkomstig is. Soms kan het feit dat de winningen niet gelijktijdig gestart zijn of sterk afwijkende productieprofielen hebben daarbij helpen. Vaak zal de toewijzing enigszins meerduidelijk blijven.

2.4 Modelleren bodemdaling

Productie uit een voorkomen leidt tot drukdaling, wat vervolgens compactie van het gesteente veroorzaakt. Compactie leidt vervolgens tot bodemdaling. Boven gasvoorkomens wordt waargenomen dat de bodemdaling langzaam begint (bodemdaling treedt niet direct op na start productie, er is een vertraging) en na-ijlt wanneer de productie stopt. Dit tijdseffect is beschreven met RTCiM (Rate Type Compaction isotach Model) [Ref. 10]. RTCiM is momenteel het meest flexibele model dat gebruikt kan worden om een passing te vinden tussen de bodemdalingsmetingen en het compactiemodel. TNO heeft dit compactiemodel verwerkt in een applicatie en de naam PySub gegeven. Deze applicatie is beschikbaar via <https://github.com/TNO/PySub> [Ref. 11]. Voor gedetailleerde informatie over het model wordt verwezen naar Ref. 10 en 11. Vermilion maakt sinds 2024 gebruik van deze methode.

Voorafgaand aan de winning wordt een model gemaakt om een bodemdalingsverwachting op te stellen. De verwachte bodemdaling wordt, inclusief de relevante onzekerheden, gepresenteerd in het winningsplan, in samenhang met de verwachte winning uit het voorkomen.

Het bodemdalingsmodel wordt gekalibreerd aan de gemeten historische bodemdaling, wat bijdraagt aan de betrouwbaarheid van de voorspelde bodemdaling. Mocht de gemeten bodemdaling onverhoopt niet verlopen overeenkomstig de in het winningsplan aangegeven verwachtingen, dan zal Vermilion de bodemdalingsmodellen en de parameters van het model evalueren om te achterhalen waarom de gemeten waarden niet overeenkomen met de verwachtingen. Vermilion zal SodM als toezichthouder hierover informeren. Wanneer wordt geconcludeerd dat de maximale verwachte bodemdaling zoals in het winningsplan aangegeven zal worden overschreden, zal Vermilion een aangepast winningsplan indienen. Dit aangepaste winningsplan behoeft weer de instemming van de minister van Economische Zaken en Klimaat.

De laatste bodemdalingsmeting wordt dertig jaar na de laatste productiedatum van een gasvoorkomen gedaan.

2.5 Effecten bodemdaling

2.5.1 Gevolgen voor gebouwen en infrastructuur

Of een gebouw of infrastructuur schade oploopt door bodemdaling, wordt vooral bepaald door de afstandsschaal waarop die daling plaatsvindt. Bodemdaling heeft nauwelijks invloed als ze gelijk is over het gehele funderingsoppervlak. Ook een beperkte scheefstand heeft meestal geen gevolgen. Schade aan gebouwen door bodemdaling ontstaat wanneer er verschilzakking optreedt, dus als de zakking ongelijkmatig is, en daardoor leidt tot kromming van een gebouw.

Volgens de huidige kennis is de bodemdalingskom door aardgaswinning regelmatig. De dalingen verlopen geleidelijk, over meerdere kilometers. Er treden dus aan het terreinoppervlak uiterst geringe hellingen op en nog veel geringere ongelijkmatigheden. Als we bijvoorbeeld een dalingskom hebben met een straal van 3 km en een diepte van 4 cm, dan geeft dit een zettingsverschil van 0,02 cm over de lengte van een huis (15 m); dat is de dikte van een velletje papier.

De daling komt bovendien zeer langzaam tot stand, over een periode van jaren.

Daarom is het uitgesloten dat een gebouw schade oploopt door bodemdaling als gevolg van gaswinning, of het nu midden in de dalingskom staat of meer naar de rand. In onderzoek is dan ook steeds geconcludeerd dat er geen gebouwschade te verwachten is door bodemdaling als gevolg van gaswinning [Ref. 6, 8, 7].

2.5.2 Waterpeil

Het relatieve waterpeil wordt wel beïnvloed door de bodemdaling en het is mogelijk dat op zeker moment aanpassingen nodig zijn om vernatting te voorkomen. Bij de beoordeling van bodemdalingsgevolgen hanteren waterschappen typisch een grens van ongeveer vijf centimeter (er kunnen specifieke situaties zijn waar de drempel anders is). Bij bodemdaling tot die grens is over het algemeen geen onderzoek naar de gevolgen van de bodemdaling op het watersysteem nodig, tenzij de veiligheid in het geding is. Boven de grens van vijf centimeter zijn mogelijk maatregelen in het watersysteem noodzakelijk.

Onafhankelijk van de hoeveelheid daling, worden de gemeten en verwachte daling en de gevolgen van de bodemdaling op regelmatige basis met de relevante waterschappen besproken. De kosten die een waterschap maakt voor aanpassingen, worden door Vermilion vergoed.

Bodemdaling veroorzaakt niet rechtstreeks schade aan natuur en milieu. Maar via relatieve waterpeil-effecten is het wel mogelijk dat er een indirecte impact is. Bij het opstellen van een winningsplan moet zo'n inschatting gemaakt worden. De inschatting zal specifiek zijn voor de locatie van het gasvoorkomen.

2.5.3 Schadeafhandeling

Vermilion is aansprakelijk voor schade, als die het gevolg is van de mijnbouwactiviteiten van Vermilion. Vanaf 1 juli 2020 behandelt de Commissie Mijnbouwschade de mijnbouwschademeldingen van particulieren en micro-ondernemingen als gevolg van o.a. gaswinning uit de kleine gasvelden in Nederland. Meer informatie is te vinden op de website: <https://www.commissiemijnbouwschade.nl>.

Voor bodemdaling in de provincie Fryslân behandelt de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân schadeclaims van overheden: <http://www.bodemdalingfryslan.nl/>.

Een en ander is terug te vinden op de website van Vermilion, zie <https://www.vermilionenergy.com/nl/veelgestelde-vragen/gevolgen-risicos/>.

3 Bodemdalingskaarten

De detailanalyses van de bodemdalingsmetingen zijn samengevat in de bijlagen. In deze sectie staan de bodemdalingskaarten op basis van de analyses.

Alleen de bodemdaling ten gevolge van gaswinning waarvoor instemming is verkregen van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat via een instemmingsbesluit zijn meegenomen in de analyse. De bodemdaling van lopende aanvragen zijn niet meegenomen in de analyse.

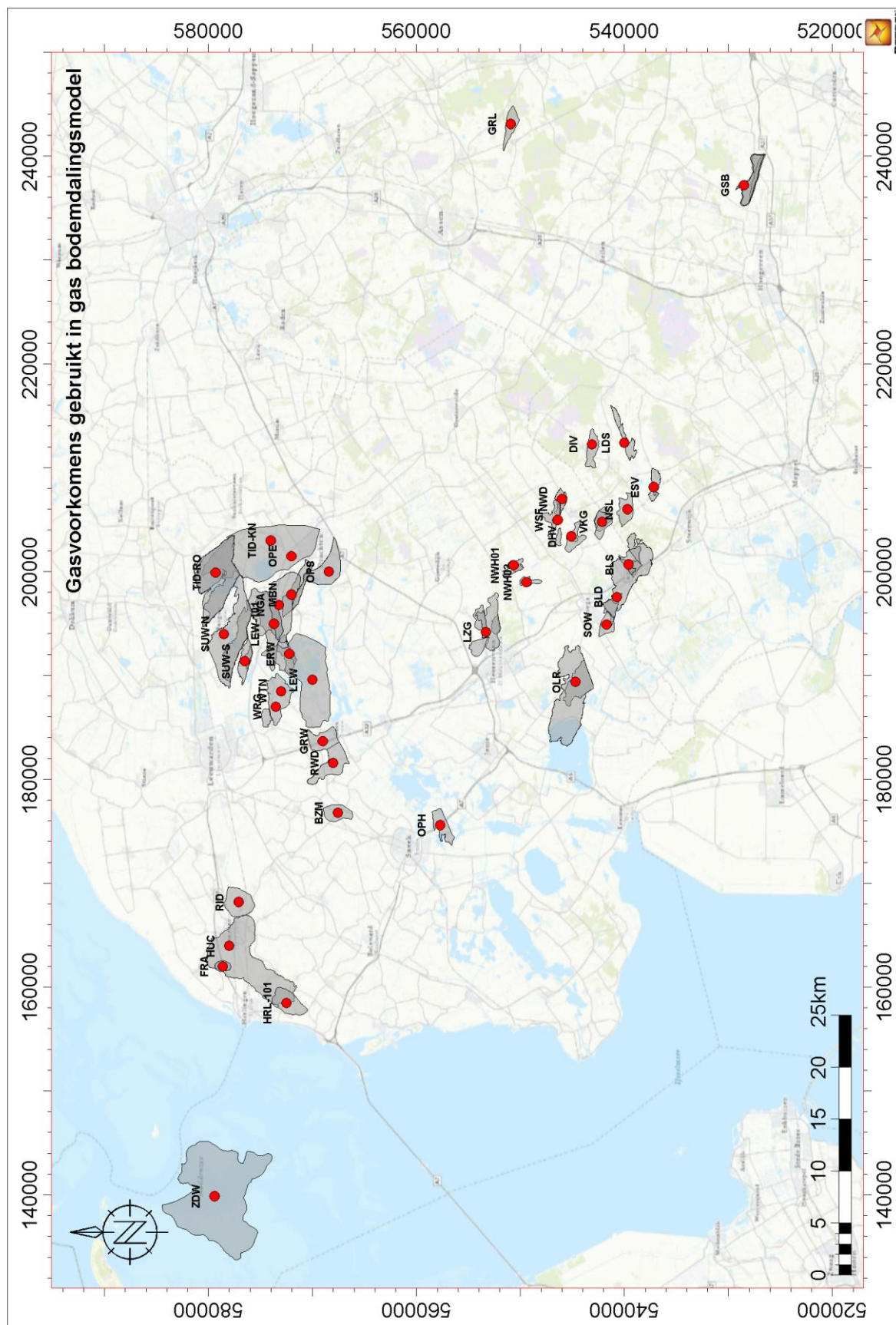
De volgende vier overzichtskaarten zijn gegeven:

Figuur 3-1: Overzicht gasvoorkomens gebruikt in het bodemdalingsmodel.

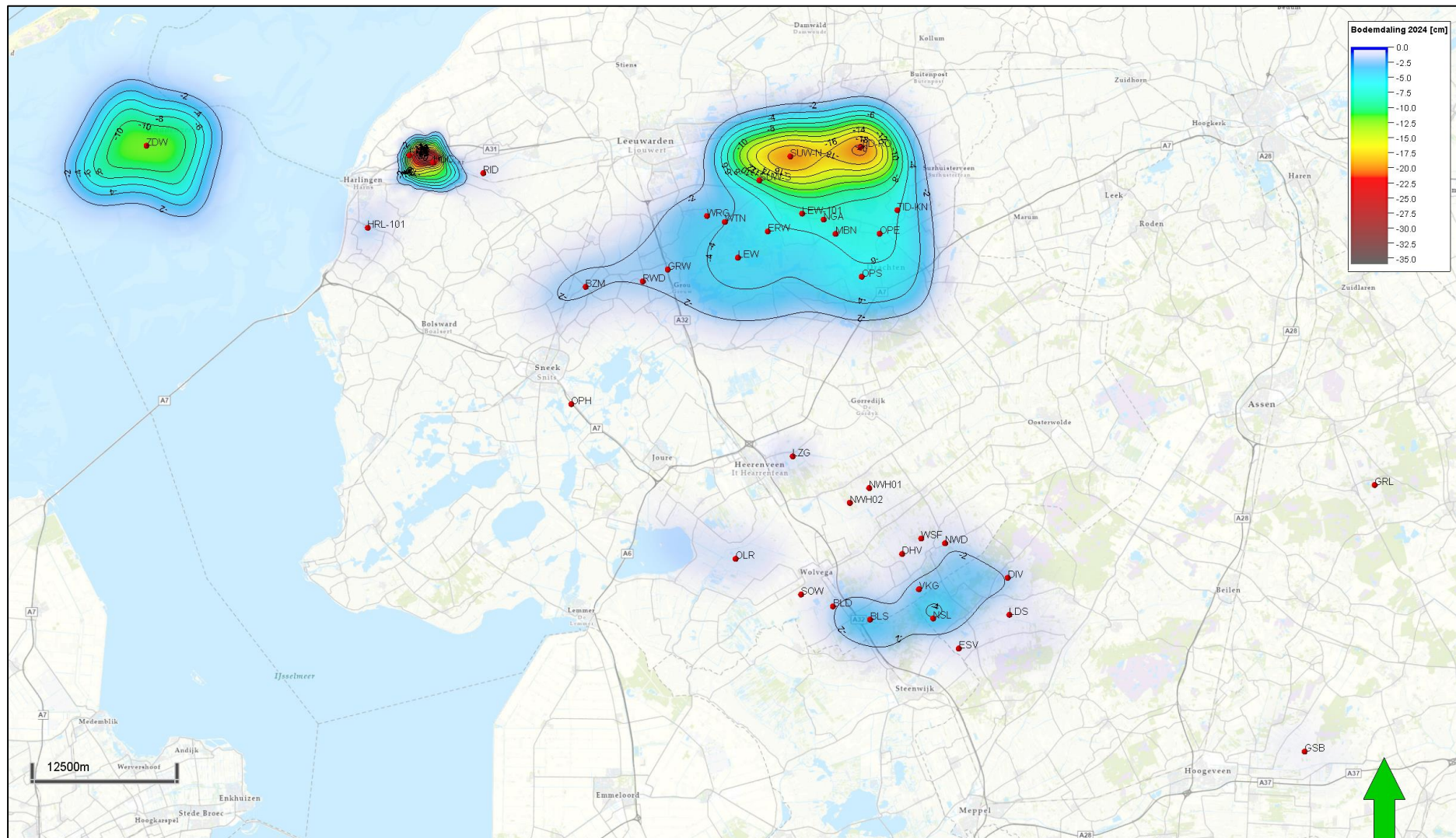
Figuur 3-2: Bodemdaling door gaswinning Vermilion in cm volgens het gekalibreerde model in 2024. De contourlijnen zijn om de 2 cm.

Figuur 3-3: Bodemdaling door gaswinning Vermilion in cm volgens het gekalibreerde model van 2024 tot 2050. De contourlijnen zijn om de 1 cm.

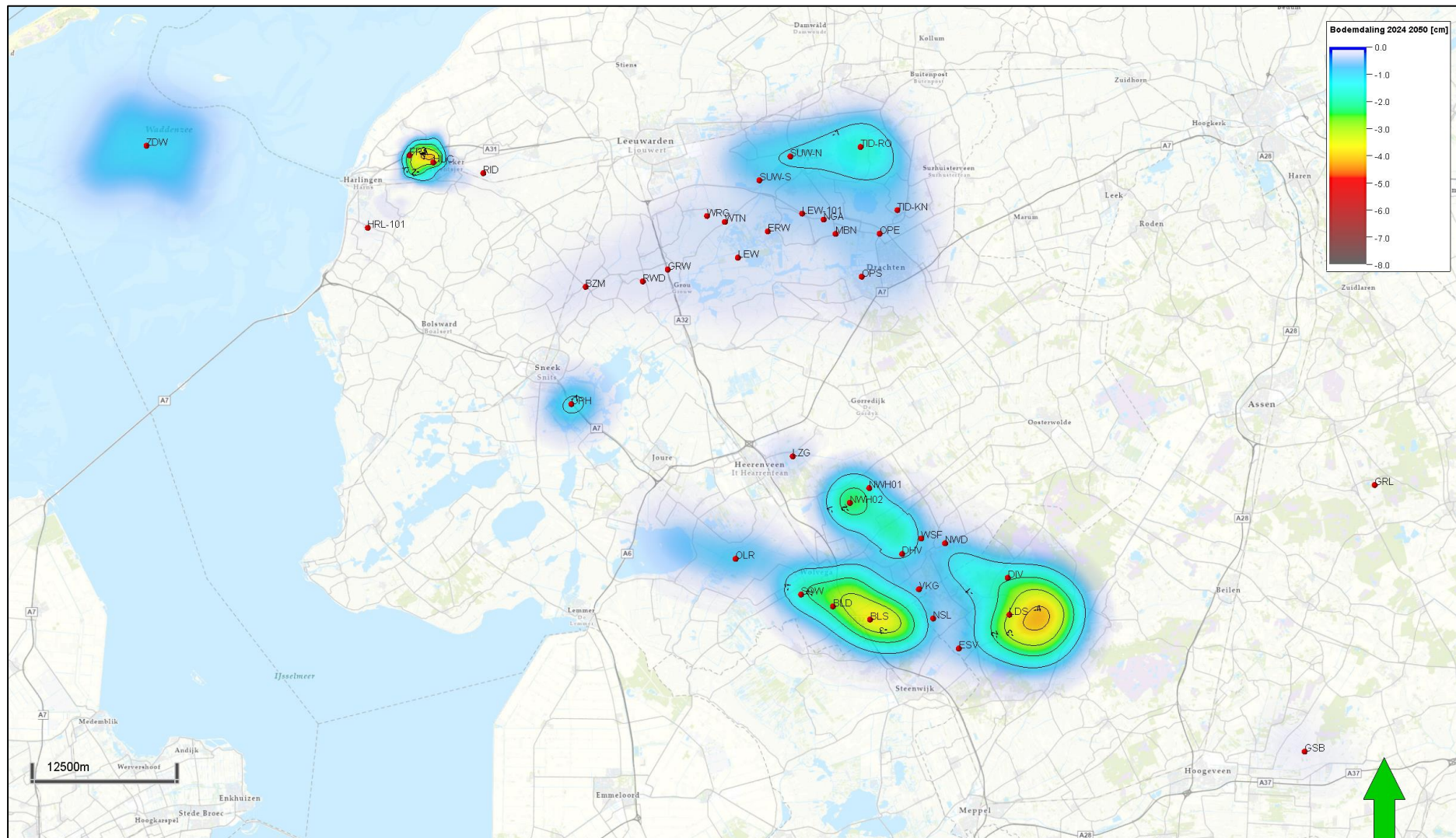
Figuur 3-4: Bodemdaling door gaswinning Vermilion in cm volgens het gekalibreerde model in 2050. De contourlijnen zijn om de 2 cm.



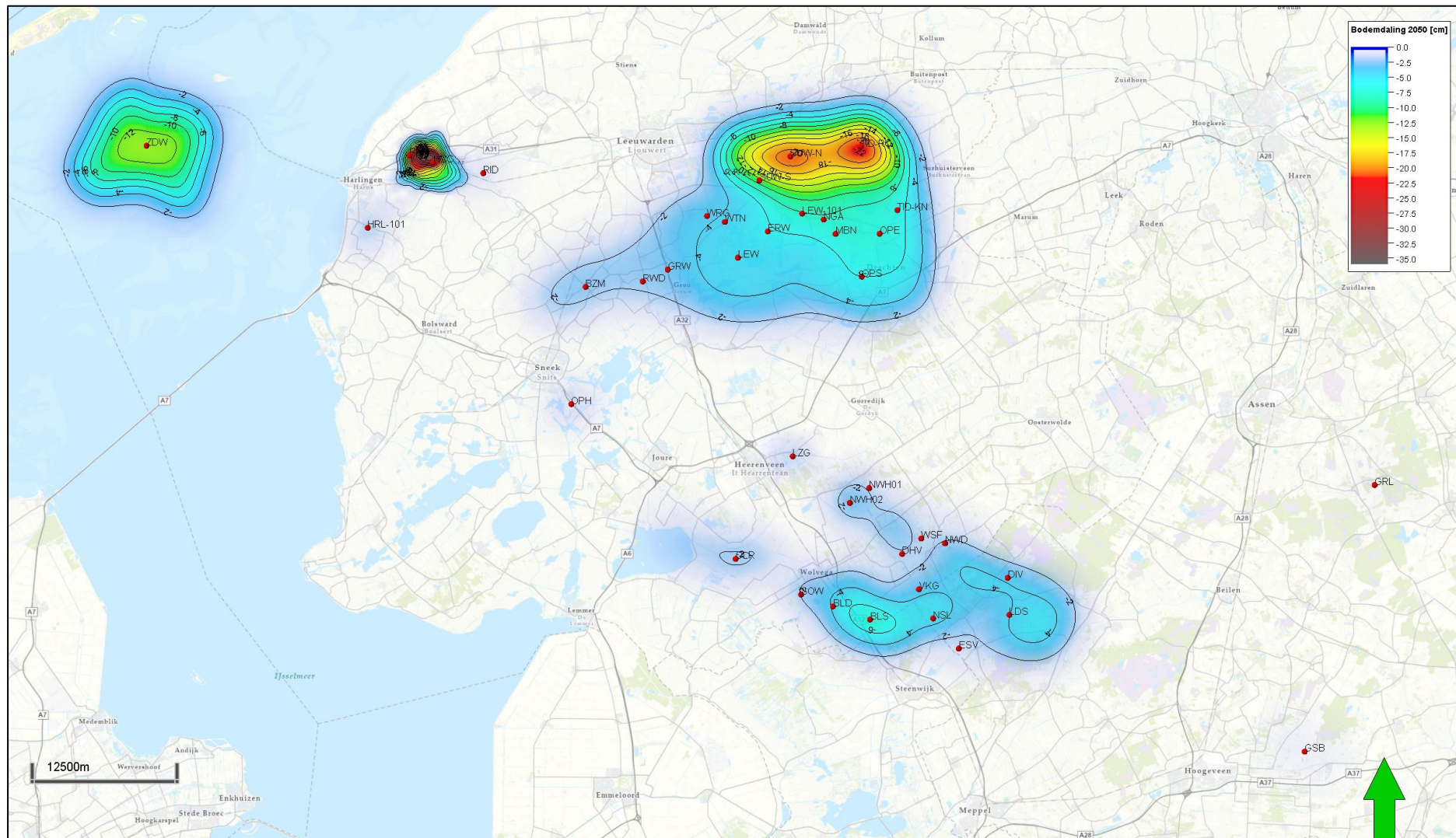
Figuur 3-1: Overzicht gasvoorkomens gebruikt in bodemdalingsmodel.



Figuur 3-2: Bodemdaling door gaswinning Vermilion in cm volgens het gekalibreerde model in 2024. De contourlijnen zijn om de 2 cm.



Figuur 3-3: Bodemdaling door gaswinning Vermilion in cm volgens het gekalibreerde model van 2024 tot 2050. De contourlijnen zijn om de 1 cm.



Figuur 3-4: Bodemdaling door gaswinning Vermilion in cm volgens het gekalibreerde model in 2050. De contourlijnen zijn om de 2 cm.

4 Verklarende woordenlijst

Term	Verklaring
Aquifer	Watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
BLD	Gasvoorkomen Blesdijke
BLS	Gasvoorkomen De Blesse
BOZ	Gasvoorkomen Bozum
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
DHV	Gasvoorkomen De Hoeve
DIV	Gasvoorkomen Diever
ERW	Gasvoorkomen Eernewoude
ESV	Gasvoorkomens Eesveen-01 en Eesveen-02
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
FRA	Gasvoorkomen Franeker
Gasveld	Een gebied waar zich gas in de ondergrond bevindt.
GNSS	Global Navigation Satellite System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GPS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GRL	Gasvoorkomen Grolloo
GRW	Gasvoorkomen Grouw
GSB	Gasvoorkomen Geesbrug
GWC	Gas-water contact diepte (in m onder NAP)
HRL-101	Gasvoorkomen Harlingen-101
HUC	Gasvoorkomen Harlingen Boven Krijt
InSAR	Satelliet-radar methode om bodemdaling te bepalen
LDS	Gasvoorkomen LDS
LEW	Gasvoorkomen Leeuwarden
LEW-101	Gasvoorkomen Leeuwarden-101
LZG	Gasvoorkomen Langezwaag
MBN	Gasvoorkomen Middelburen
Meetnet	Verzameling van meetpunten waarvan de bodemdaling wordt bepaald. Maakt deel uit van een meetplan.
Meetplan	Plan dat aangeeft wanneer welke bodemdalingsmeting moet worden uitgevoerd. Voor elk gasvoorkomen is er een meetplan, soms zijn meerdere voorkomens in één meetplan gegroepeerd. Meetplannen worden jaarlijks opgesteld en gecontroleerd door SodM.
Meetregister	Rapportage van een bodemdalingsmeting
Middenpunt	Dit is het midden van een voorkomen.
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij

Term	Verklaring
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NGA	Gasvoorkomen Nijega
NSL	Gasvoorkomen Nijensleek
NWD	Gasvoorkomen Noordwolde
NWH	Gasvoorkomen Nieuwehorne
OLR	Gasvoorkomen Oldelamer
OPE	Gasvoorkomen Opeinde
OPZ	Gasvoorkomen Opeinde-Zuid
Permeabiliteit	De mate waarin een (poreuze) vaste stof een andere stof (gas of vloeistof) doorlaat. Indien een materiaal een andere stof niet doorlaat, heet het materiaal voor die stof impermeabel.
Porositeit	Verhouding tussen het poriënvolume en het totale volume van het gesteente.
RD coördinaat	Coördinaten in het topografische kaartmateriaal zijn vermeld in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006
RID	Gasvoorkomen Ried
RWD	Gasvoorkomen Rauwerd
RWS	Rijkswaterstaat
Seal	Afsluitende laag bovenop het gesteente dat het gas bevat
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SOW	Gasvoorkomen Sonnega-Weststellingwerf
SUW	Gasvoorkomen Suawoude
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TID	Gasvoorkomen Tietjerksteradeel
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
VEN	Vermilion Energy Netherlands B.V.
Vermilion	Vermilion Energy Netherlands B.V.
VKG	Gasvoorkomen Vinkega
Voorkomen	Een voorkomen is een verzameling van één of meerdere gas accumulaties in de ondergrond.
Winningsplan	Document waarin, conform de Mijnbouwwet, de plannen van een mijnbouwbedrijf met een bepaald voorkomen (soms meerdere voorkomens) worden uiteengezet. Een door de minister goedgekeurd winningsplan is een voorwaarde voor winning.
WRG	Gasvoorkomen Warga
WSF	Gasvoorkomen Weststellingwerf
WTN	Gasvoorkomen Wartena
ZDW	Gasvoorkomen Zuidwal

5 Referenties

1. www.klimaat-effectatlas.nl
2. www.bodemdalingskaart.nl
3. The ultimate guide to using InSAR, Sky Geo, Dr. Jennifer Scoular, Version 02.01.
4. Subsidence in the Dutch Wadden Sea, door Peter.A. Fokker, Freek.J. van Leijen, Bogdan Orlic, Hans van der Marel & Ramon.F. Hanssen, Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw 97 – 3, Pagina 129–181, 2018.
5. TCBB, Industrieleidraad ter Geodetische bepaling van bodembeweging als gevolg van mijnbouwactiviteiten (TCBB, 2014).
6. TCBB, Jaarverslag, (TCBB, 2015).
7. M. Huijgen et al. (TNO), "Bodemdaling door gaswinning veroorzaakt geen schade", Bodem 3 (juni 2020), https://www.nlog.nl/sites/default/files/2020-07/bodemdaling_door_gaswinning.pdf.
8. Commissie Bodemdaling door aardgaswinning www.commissiebodemdaling.nl.
9. Productspecificaties Beheer NAP 2023, Secundaire waterpassingen t.b.v. de bijhouding van het NAP, Versie 2.1, Datum 20 februari 2023, Rijkswaterstaat.
10. Pruiksma, J.P., Breunese, J.N., Thienen-Visser, K., & De Waal, H. (2015) Isotach formulation of the rate type compaction model for sandstone. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 78. 127-132.
11. The PySub Subsidence Framework: Technical Reference, TNO Report, TNO2022_R11962, datum 14 maart 2023.

6 Bijlage: Meetplan Zuidwal

6.1 Voorkomen

Gasproductie uit Zuidwal is gestart in 1988. De gaswinning is beëindigd eind 2020. De productie kwam uit de Vlieland zandsteen.

6.2 Metingen

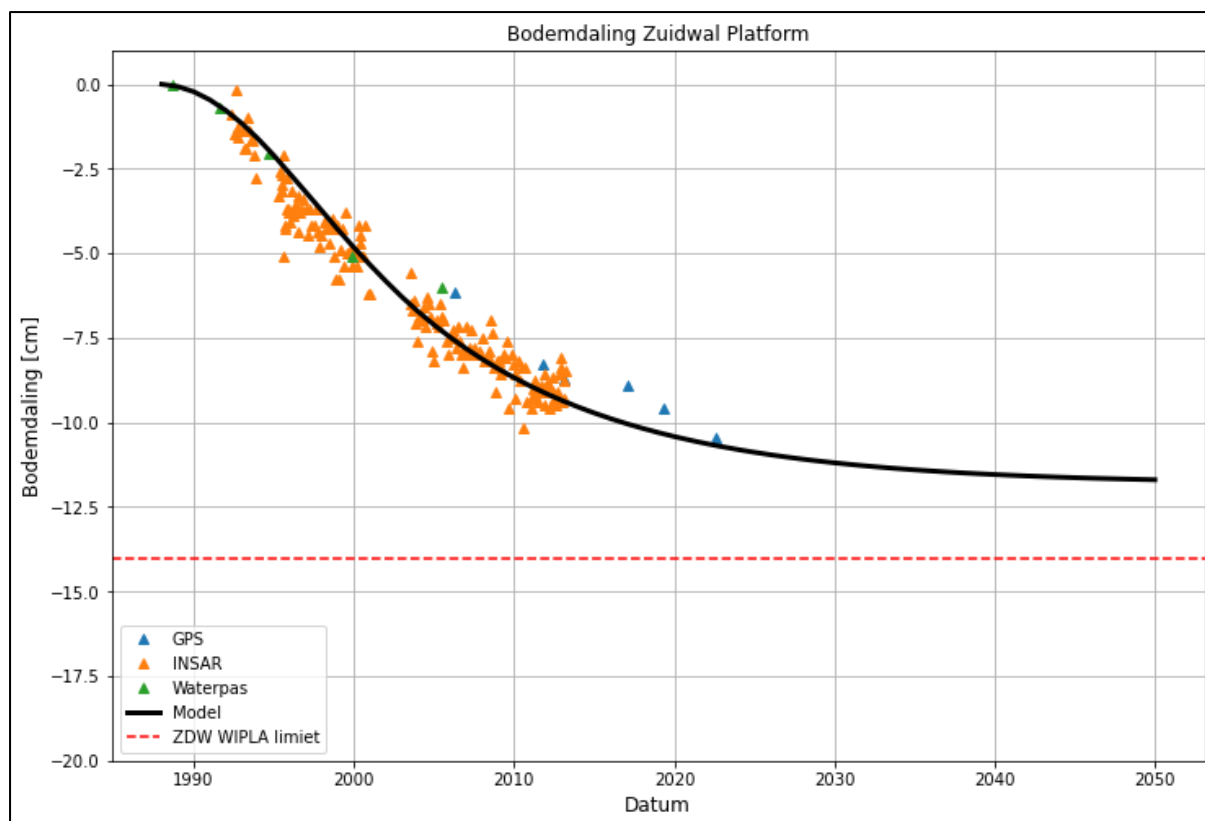
Op het Zuidwal (ZDW) platform is in het verleden aan de hand van verschillende technieken de beweging ten opzichte van het vaste land gemeten; zie Tabel 6-1 en Ref. 12 en 13 voor een overzicht.

Tabel 6-1: Overzicht van de bodemdalingsmetingen uitgevoerd op Zuidwal.

	Waterpas	GPS	InSAR
1988	X		
1991	X		
1994	X		Studie [Ref. 12]
1999	X		
2005	X		
2006		X	
2011		X	
2013		X	
2017		X	
2019		X	
2022		X	

6.3 Belangrijkste observaties en conclusies

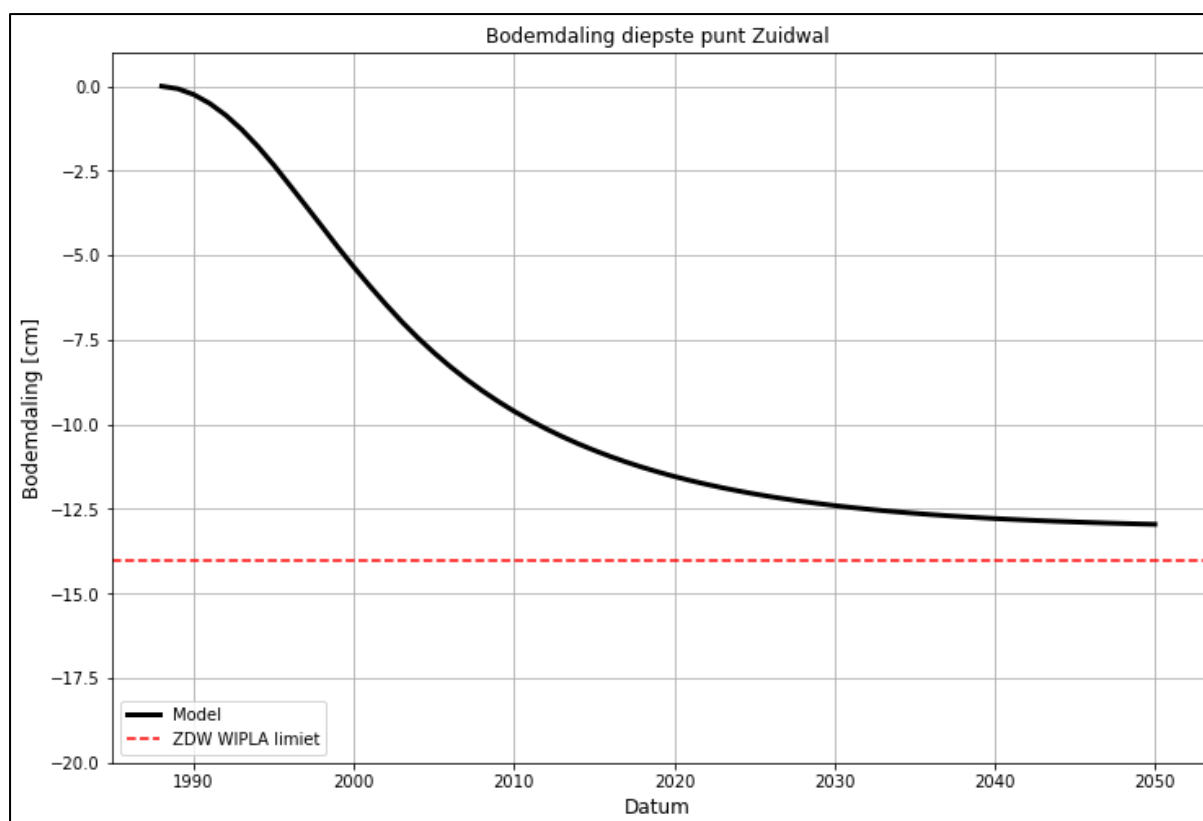
Figuur 6-1 laat de bodemdalingsmetingen zien van het Zuidwal platform en het model. Er is een goede match tussen de verschillende meetmethoden en het model.



Figuur 6-1: Vergelijking bodemdalingsmetingen Zuidwal platform met het model.

6.4 Prognose

Het diepste punt van de Zuidwal bodemdalingskom is niet onder het Zuidwal platform. Figuur 6-2 laat de bodemdaling zien van het diepste punt van de Zuidwal bodemdalingskom. Deze is volgens het model 13 cm. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Zuidwal wordt uitgegaan van minder dan 14 cm bodemdaling [Ref. 14]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 6-2: Bodemdaling diepste punt bodemdalingsskom Zuidwal.

6.5 Referenties

12. Hansje Brinker Infrastructure Monitoring, Platform Zuidwal; InSAR Deformatie metingen 2010 – 2013 (Hansje Brinker Infrastructure Monitoring, 2013).
13. Antea, GPS-meting Zuidwal 2022, Rapportage van de GPS-meting Zuidwal 2022, projectnummer 0477694.100 (Antea 2022).
14. Instemming met gewijzigd winningsplan Zuidwal, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO 19129225, Datum 20 juni 2019.

7 Bijlage: Meetplan Leeuwarden-West

7.1 Voorkomen

Het meetplan Leeuwarden-West meet de bodemdaling ten gevolge van de winning uit het Harlingen Boven Krijt (HUC), Franeker en Ried. De gas productie uit al deze voorkomens is gestopt.

Voorkomen	Start productie	Einde Productie
Harlingen Boven Krijt	1988	2008
Franeker	1997	2008
Ried	1988	2020

De bodemdaling in dit gebied wordt voornamelijk veroorzaakt door productie uit het Harlingen Boven Krijt (HUC) voorkomen en dan met name het noordelijke deel van dat voorkomen. De productie uit dit voorkomen is gestopt in 2008. De bodemdaling door deze winning vertoont een uitzonderlijk groot nadelig effect door de specifieke aard van het krijtgesteente waarin het gas zich bevond in het HUC voorkomen. Bovendien vindt er ten noorden van het HUC voorkomen zoutwinning plaats, uit de concessie Barradeel, met een vergelijkbare hoeveelheid bodemdaling tot gevolg. Er is een gedeeltelijke overlap van de bodemdalingsschakels door gaswinning en zoutwinning. Dit effect is meegenomen in de analyse.

Onder dit meetplan vallen ook de voorkomens Franeker (producerend tot en met 2008) en Ried (producerend tot en met 2020). Deze voorkomens produceerden uit de Vlieland zandsteenlaag.

7.2 Metingen

Een nulmeting is in 1988 uitgevoerd. Herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 1992, 1997, 2000, 2003 en daarna jaarlijks van 2006 tot 2015. Na 2015 is de frequentie van herhalingsmetingen verlaagd. Herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 2018 en 2021 [Ref. 15].

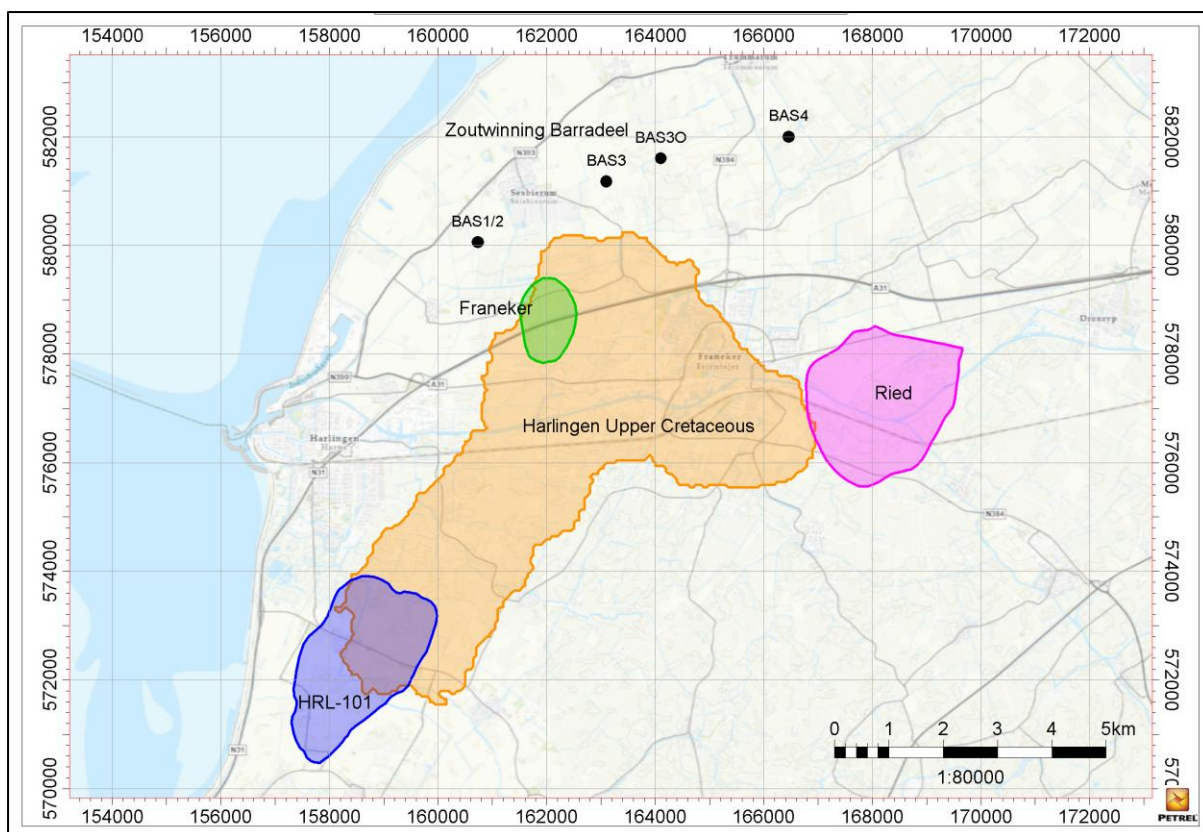
Naast de waterpasmetingen, vonden sinds 2008 ook GPS metingen plaats via permanent geplaatste sensors op de locaties van de HRL-04 en HRL-07 putten. Er was geen toegevoegde waarde meer in de continue GPS-meting na stopzetten van de productie in 2008 en het afronden van de bodemdalingstudie [Ref. 16]. De continue GPS-metingen zijn beëindigd in 2021.

Figuur 7-1 is een overzicht van de ligging van de gasvoorkomens. Zoutwinning Barradeel bevindt zich ten noorden van de gaswinning Franeker en HUC. De bodemdalingsschakels van de gaswinning en zoutwinning overlappen in dit gebied.

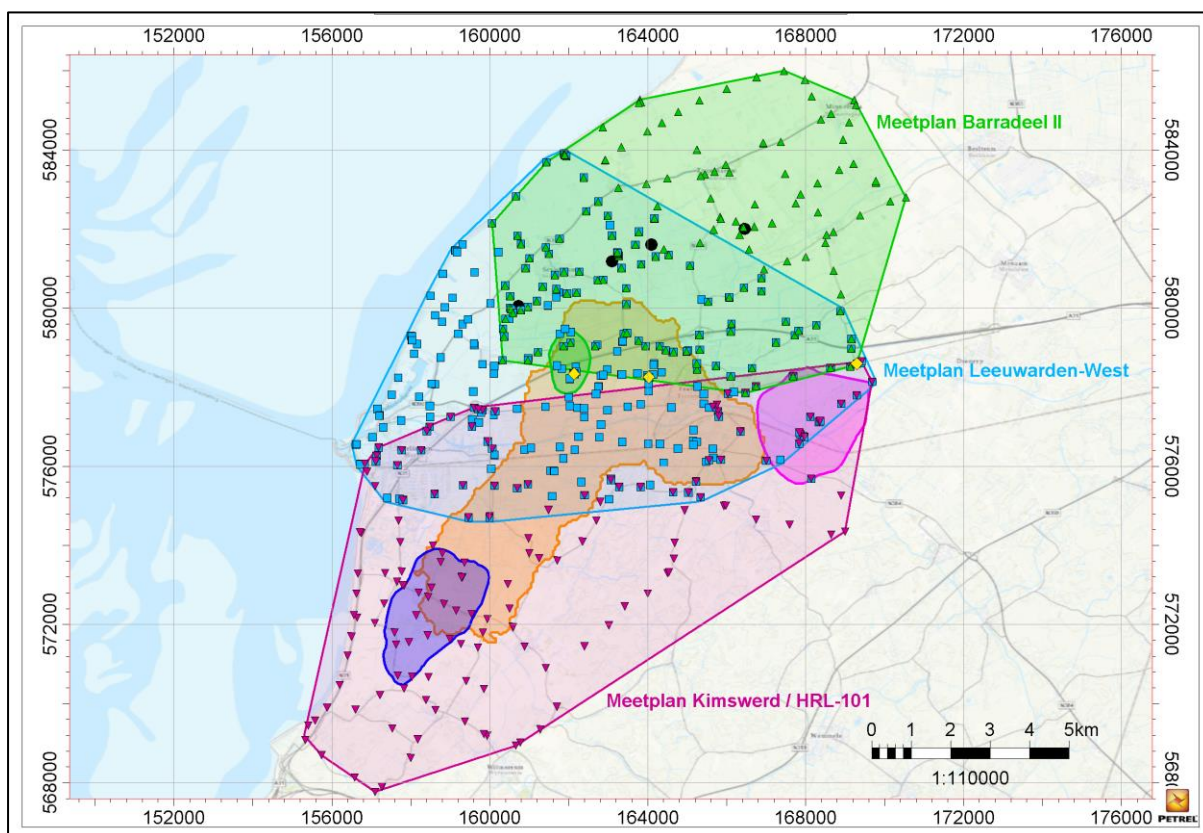
Figuur 7-2 is een overzicht van de verschillende meetplannen in dit gebied. Er is een overlap tussen de verschillende meetplannen. Deze kaart laat zien dat er een goede dekking is over de verschillende gasvoorkomens.

Tabel 7-1 Uitgevoerde metingen (W: waterpassing) en GPS voor meetplan Leeuwarden-West.

	Leeuwarden-West	Continue GPS HRL-4 en HRL-7
1988	W	
1992	W	
1997	W	
2000	W	
2003	W	
2006	W	
2007	W	
2008	W	Continue GPS van 2008 tot 2021
2009	W	
2010	W	
2011	W	
2012	W	
2013	W	
2014	W	
2015	W	
2016		
2017		
2018	W	
2019		
2020		
2021	W	



Figuur 7-1 Overzicht ligging gasvoorkomens. De zoutwinning Barradeel is met kleine zwarte cirkels aangegeven.



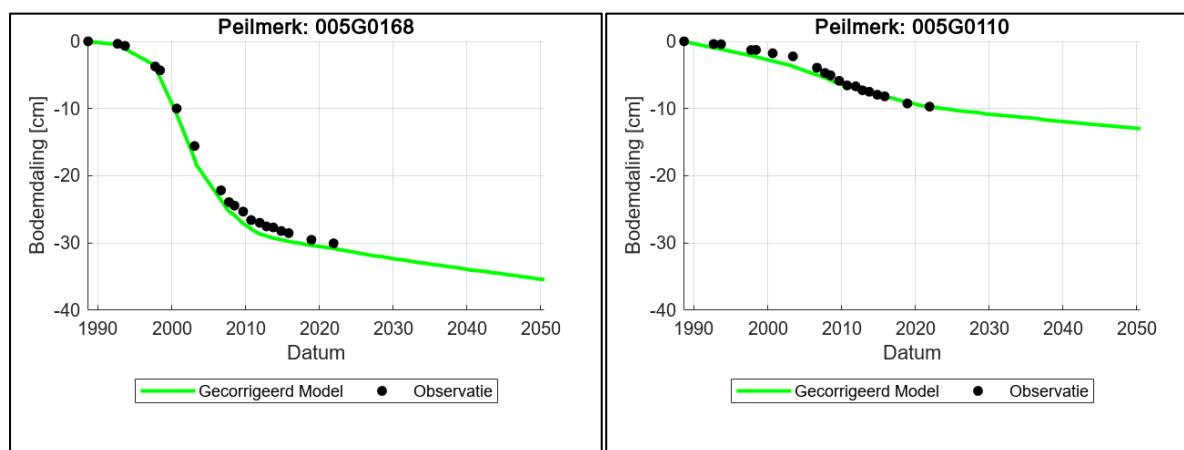
Figuur 7-2: Schematische kaart om het dekkingsgebied van het meetplan Leeuwarden-West aan te geven en de overlap met omliggende meetplannen. De gele diamanten zijn de vroegere GPS-locaties.

7.3 Belangrijkste observaties en conclusies

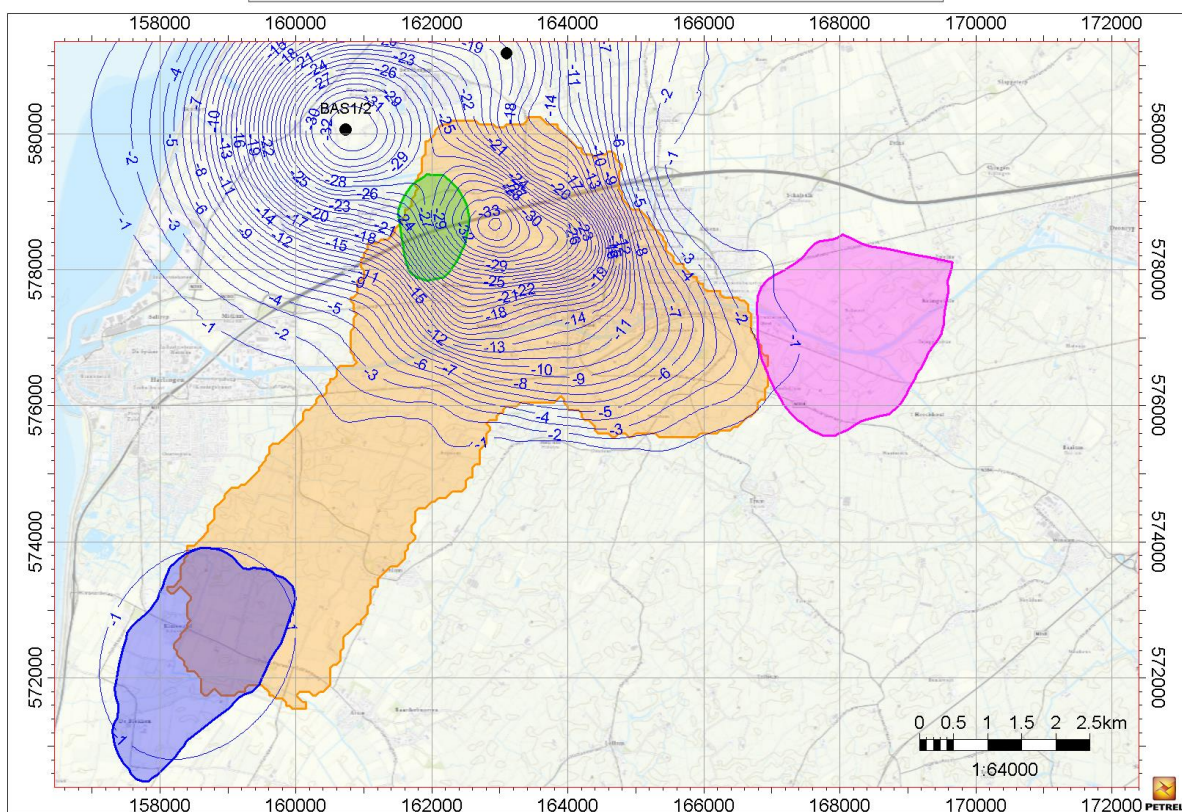
In paragraaf 2.4 is in het kort de modellering van bodemdaling besproken. Deze modellering is toegepast op gasvoorkomens. In het geval van het HUC gasvoorkomen is het gesteente (krijt) van een heel andere aard dan het gesteente in de andere voorkomens. Specifiek gedraagt het zich heel anders met betrekking tot compactie en na-ijl-daling.

In de periode 2008-2014 is een meerjarige studie uitgevoerd door SGSH [Ref. 16]. Dit was een gedetailleerde geo-mechanische modellering. Er is een 3D-ondergrondmodel gemaakt voor een beschrijving van het gasvoorkomen en om de drukverdeling te modelleren. Het model is gekalibreerd aan het putgedrag. De analyses leverden begrip op van zowel het primaire compactie mechanisme (door depletie) als het secundair na-ijl-effect (ook wel “creep” genoemd). De studie leverde dalingsvoorspellingen op, gekalibreerd aan metingen t/m 2013. De studie is publiek gemaakt en o.a. via www.nlog.nl te verkrijgen.

Het uitgangspunt van de modellering van de gasbodemdaling is de SGSH studie. SGSH heeft tijdens de studie opgemerkt dat er een discrepantie is tussen de bodemdaling op basis van het model en de bodemdalingmetingen (zie Figuur 6.8 in de SGSH studie Ref. 16). Het model voorspelt iets te weinig daling bij Franeker en iets te veel daling in het diepste punt van de kom. Er is een correctie toegepast op de modeldata om het model te kalibreren aan de metingen. Dat levert een bodemdalingsskom op die iets minder diep is rond Herbaijum, maar iets dieper rond Franeker. De bodemdalingsskom wordt door deze correctie iets minder diep, maar iets breder.



Figuur 7-3: Model bodemdaling gecorrigeerd aan de observaties voor twee peilmerken: peilmerk 005G0168 1,5 km ten noorden van Herbaijum, peilmerk 005G0110 bij Franeker.



Figuur 7-4: Kaart van totale bodemdaling 1988-2024 in cm. Getoond is de totale model bodemdaling (dus bodemdaling door gaswinning en zoutwinning) gekalibreerd aan de metingen.

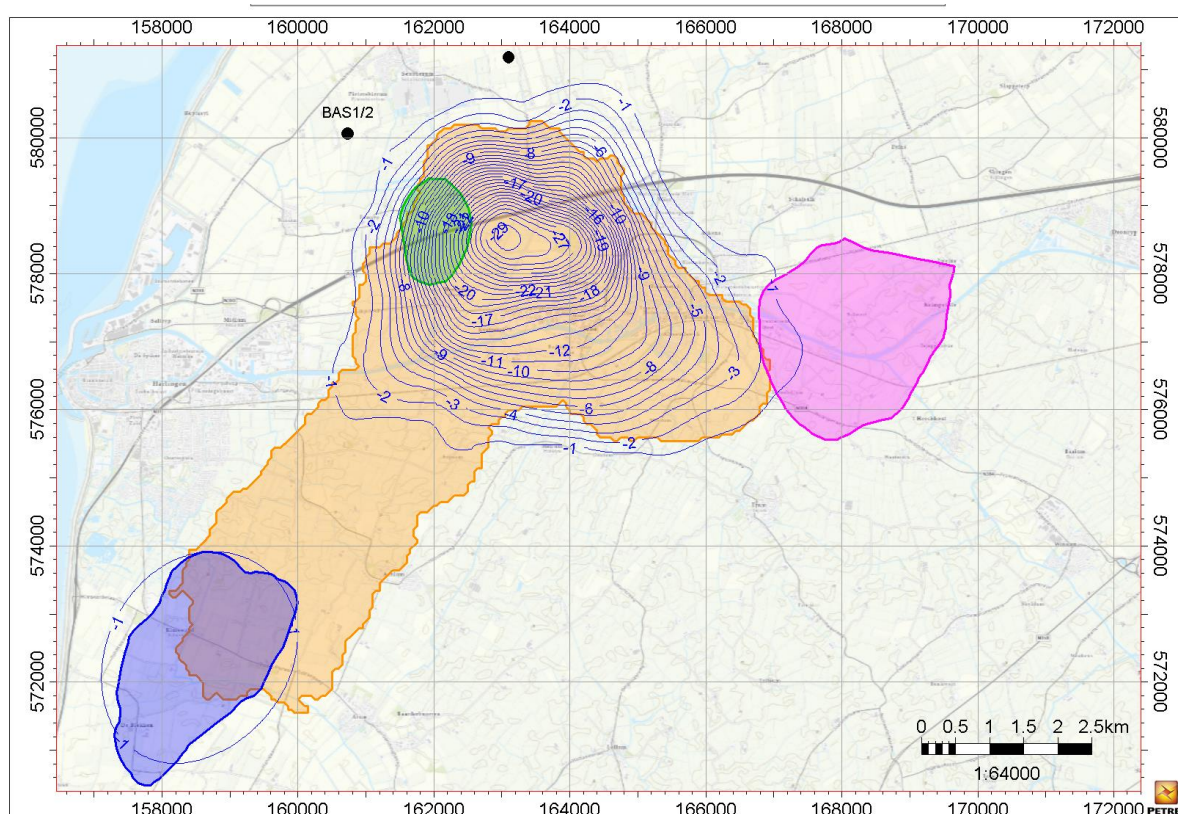
7.4 Prognose

De gasproductie is gestopt in alle voorkomens in dit meetplan. Er is alleen nog een beperkte mate van na-ijl-daling. Figuur 7-3 laat de bodemdaling zien bij twee peilmerken en de verwachtingen op basis van het model. Het moge duidelijk zijn dat het grootste gedeelte van de bodemdaling zich in het verleden heeft plaatsgevonden.

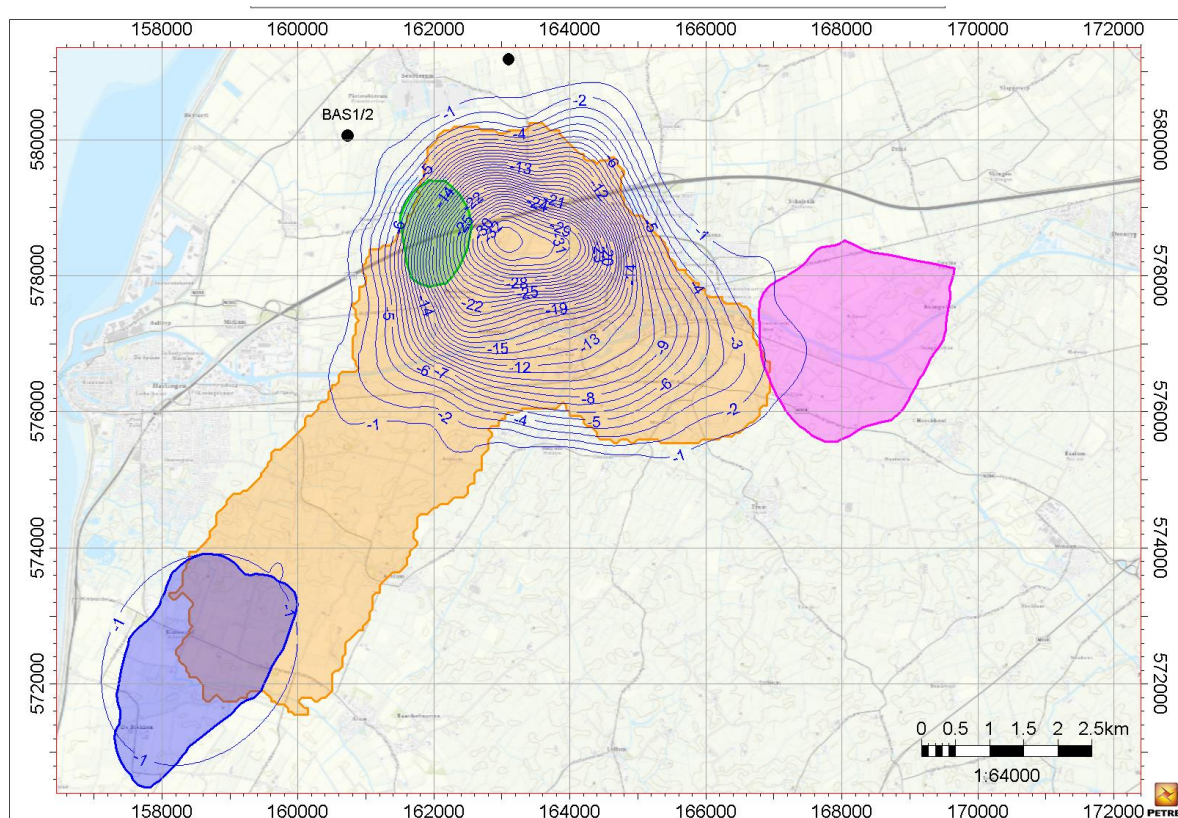
Figuur 7-5 laat de gasbodemdaling zien van 1988 tot 2024. De bodemdaling door gaswinning is 29 cm op het diepste punt.

Figuur 7-6 laat de gasbodemdaling zien van 1988 tot 2050. De bodemdaling door gaswinning is 33 cm op het diepste punt.

Er wordt een uiteindelijke bodemdaling verwacht van 34 cm in het diepste punt van de kom, waarvan nog 5 cm in de toekomst.



Figuur 7-5: Bodemdaling 1988-2024, in cm. Op het diepste punt wordt 29 cm bodemdaling geschat.



Figuur 7-6: Bodemdaling 1988-2050, in cm. Op het diepste punt wordt 34 cm bodemdaling verwacht.

7.5 Referenties

15. Antea, Meetregister bij het Meetplan Leeuwarden West, Rapportage van de nauwkeurigheds-waterpassing 2021, projectnummer 0472385.100, Antea Group, Datum 10 maart 2022.
16. SGS Horizon, Vermilion Harlingen Subsidence Study, OGC/NL/HAG/2014/NL30H-VER-001/FINAL, Datum 27 oktober 2014.

8 Bijlage: Meetplan Harlingen-101/Kimswerd

8.1 Voorkomen

Het meetplan 'Harlingen-101/Kimswerd' meet de bodemdaling ten gevolge van de winning uit het voorkomen Harlingen-101. Productie uit dit voorkomen is gestart in 1995. Productie uit dit voorkomen is gestopt in 2008.

Ter verduidelijking: het voorkomen Harlingen-101 staat ook bekend onder de naam Harlingen Lower Cretaceous.

8.2 Metingen

De nulmetingen zijn uitgevoerd in 1996 voor het voorkomen Harlingen 101. Waterpas herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 2006, 2016 en 2021 [Ref. 17].

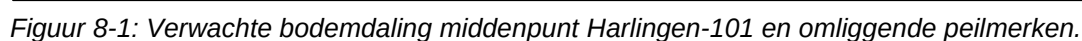
Tabel 8-1 – Uitgevoerde waterpasmetingen in het kader van het meetplan Harlingen-101/Kimswerd.

	HRL-101
1996	W
2006	W
2016	W
2021	W

8.3 Belangrijkste observaties en conclusies

Figuur 8-1 laat de gemeten bodemdaling van stabiele peilmerken gemeten boven het voorkomen Harlingen-101 zien, vergeleken met de bodemdaling volgens het model van het diepste punt van de bodemdalingskom Harlingen-101. Figuur 8-2 laat de omtrek van het voorkomen Harlingen-101 zien en de peilmerken van het meetplan.

De productie uit het voorkomen Harlingen-101 is beëindigd in 2008. Ten opzichte van de vorige waterpassing, in 2016, is er in 2021 nog een kleine daling te zien. Dat geldt ook voor een aantal van de peilmerken die in de periode 1996-2006 een grote daling lieten zien. De geringe daling na beëindiging van de productie in 2008 is conform verwachting.



8.4 Prognose

Er wordt nauwelijks nog meetbare toekomstige bodemdaling in dit gebied verwacht omdat de productie in 2008 is beëindigd.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Harlingen-101 wordt uitgegaan van minder dan 2 cm bodemdaling [Ref. 18]. Er is geen reden om deze verwachting te wijzigen.

8.5 Referenties

17. Meetregister bij het Meetplan Harlingen 101, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2021, Antea Group projectnummer 0472385.100, Datum 10 maart 2022.
18. Besluit winningsplan Harlingen Lower Cretaceous, Ministerie van Economische Zaken, Kenmerk ME/EP/UM/4038579, Datum 16 juni 2004.

9 Bijlage: Meetplan Leeuwarden-Oost/Oosterend

9.1 Voorkomens

Het meetplan 'Leeuwarden-Oost/Oosterend' bestrijkt een reeks voorkomens die produceren sinds de jaren 70. In 2018 zijn de voorkomens Tietjerksteradeel en Suawoude in het meetplan opgenomen. Het overgrote deel van de productie ligt voor de meeste voorkomens al jaren in het verleden; de putten produceren weliswaar nog steeds, maar met lage productiesnelheden. Voor de meer recente winningen zijn de volumes over het algemeen een stuk kleiner dan die van de historische voorkomens.

De voorkomens in dit gebied liggen dicht bij elkaar en deels overlappen ze elkaar. De winningen zijn kort na elkaar gestart. De bodemdalingsmetingen meten het cumulatieve effect. Het gevolg is dat het lastig is de bijdragen van individuele voorkomens te onderscheiden.

Voorkomen	Start productie	Einde Productie
Bozum	1989	2011
Eernewoude	2012	Tijdelijk ingesloten
Grouw	1982	In productie
Leeuwarden	1971	In productie
Leeuwarden-101	1978	Tijdelijk ingesloten
Middelburen	1980	In productie
Nijega	1971	In productie
Opeinde	1976	In productie
Opeinde-Zuid	1980	In productie
Rauwerd	1988	In productie
Suawoude	1983	Tijdelijk ingesloten
Tietjerk	1974	In productie
Warga	1982	Tijdelijk ingesloten
Wartena	1985	In productie

9.2 Metingen

Een groot deel van de gaswinningen is gestart in de periode 1970–1980. In deze periode waren de standaarden voor bodemdalingsmetingen anders dan nu. Bovendien zijn niet alle peilmerken die toen aanwezig waren, nog steeds bruikbaar (gebouwen zijn bijvoorbeeld gesloopt). Tenslotte zijn er in dit gebied ook een aantal natuurgebieden en meren. Deze effecten zorgen ervoor dat de dichtheid van bodemdalingsinformatie in dit gebied lager is dan elders.

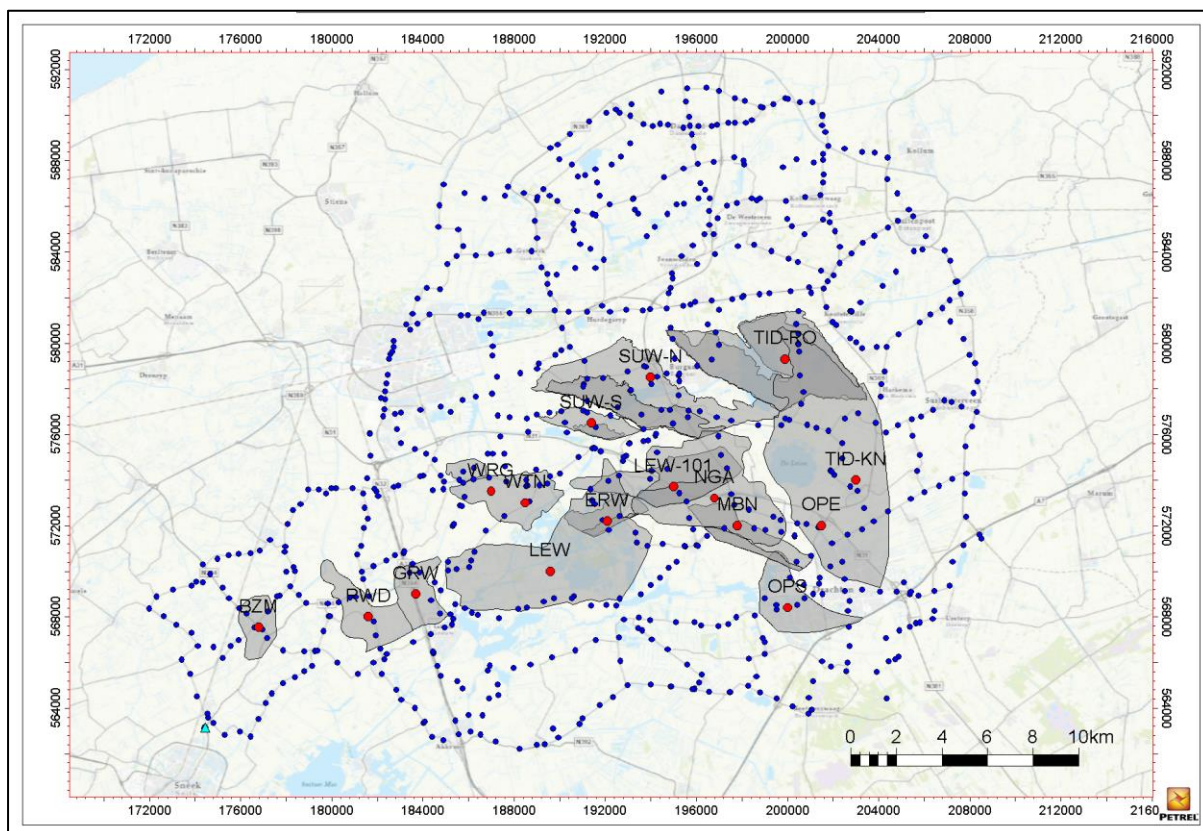
Het meetplan 'Leeuwarden-Oost/Oosterend' is in 2023 voor het laatst gewaterpast [Ref. 19]. Figuur 9-1 laat het gebied zien waar de waterpasmetingen zijn verricht. De blauwe stippen zijn punten waar is gemeten. De grijze omtrek zijn de gasvoorkomens die vallen binnen dit meetplan. De rode stippen zijn de middenpunten van de gasvoorkomens.

Naast dit meetregister is ook naar de data van Rijkswaterstaat gekeken (zie paragraaf 2.2.6). De RWS-waterpassingen zijn geodetisch wat anders opgezet en hebben een lagere ruimtelijke resolutie. Vermilion is geïnteresseerd in de relatieve verschillen per peilmerk, bodemdaling of bodemstijging, in de tijd. Deze relatieve verandering in peilmerkhoogte is toegevoegd aan de dataset om een volledig beeld vanaf 1970 te kunnen ontwikkelen.

Er zijn verschillende waterpassingen uitgevoerd vanaf 1970. Tabel 9-1 is een lijst met de grote waterpassingen (dit zijn waterpassingen met meer dan 100 peilmerken gemeten binnen het gebied van dit meetplan) vanaf 1970. De waterpasmetingen van de kleinere waterpassingen (dit zijn waterpassingen met minder dan 100 peilmerken gemeten binnen het gebied van dit meetplan) zijn ook meegenomen in de analyse.

Tabel 9-1 Uitgevoerde metingen (W: waterpassing).

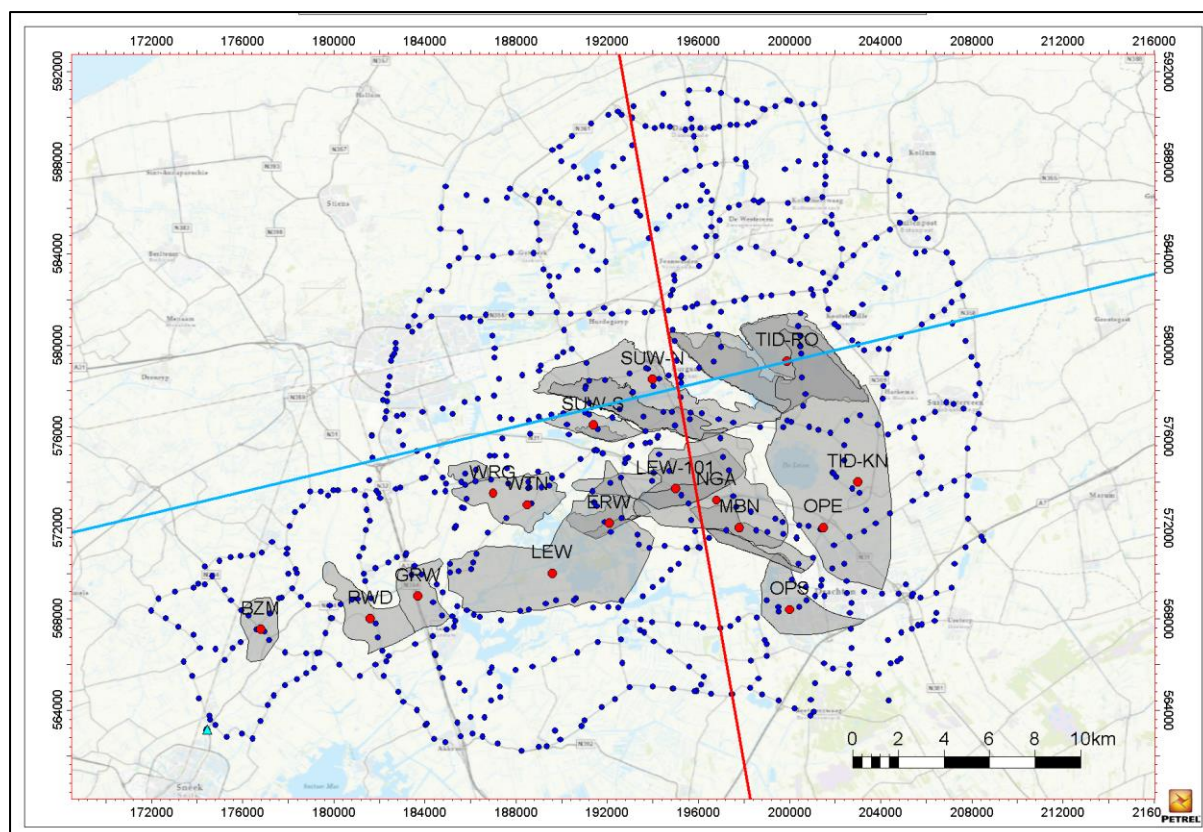
	Leeuwarden-Oost, Oosterend, Tietjerk
1970	W
1974	W
1976	W
1977	W
1980	W
1981	W
1983	W
1987	W
1990	W
1993	W
1996	W
1997	W
1998	W
2003	W
2008	W
2013	W
2018	W
2023	W



Figuur 9-1: Overzichtskaart waterpasmeting Leeuwarden-Oost – Oosterend 2023 (blauwe stippen) en de gasvoorkomens (grijze omtrek) met als rode stip middenpunt van het gasvoorkomen en de afkorting.

9.3 Belangrijkste observaties en conclusies

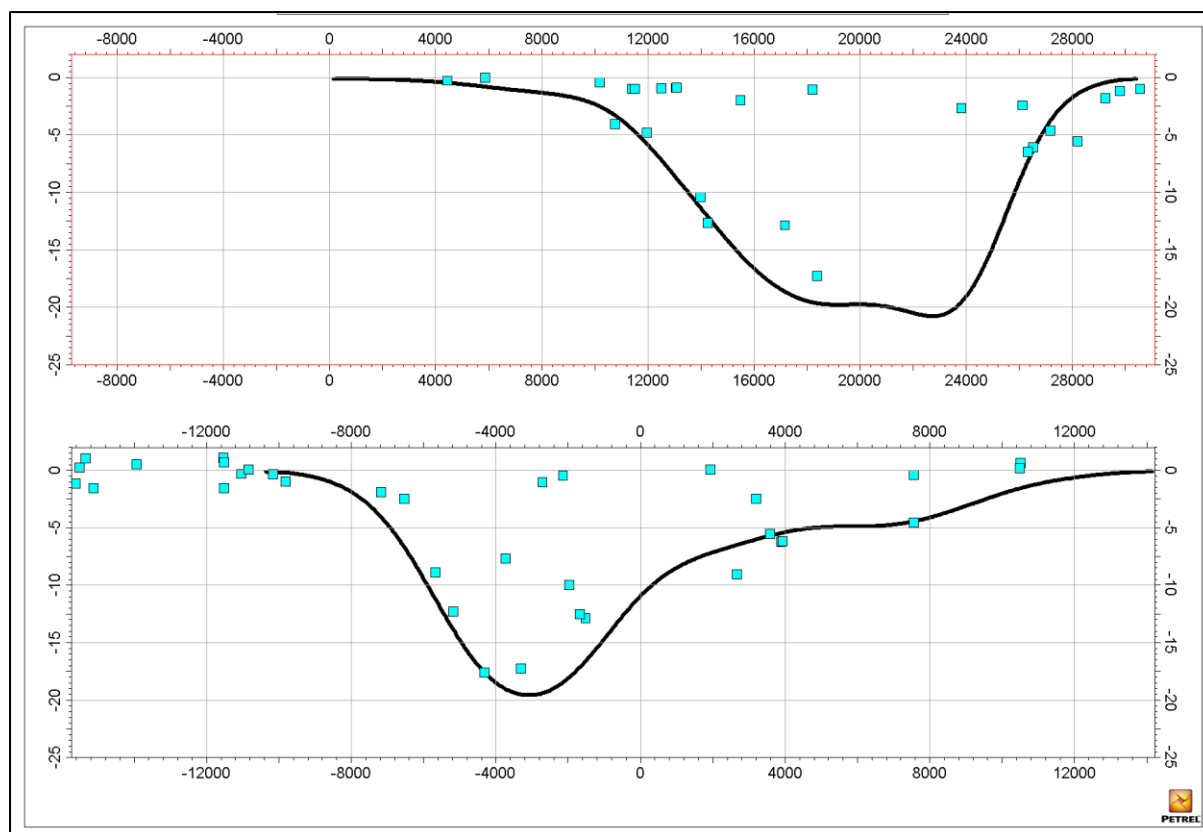
Het bodemdalingsmodel is gekalibreerd aan de meest recente metingen. Figuur 9-2 laat een kaart zien met twee lijnen van doorsnede, de blauwe en rode lijn.



Figuur 9-2: Overzichtsk kaart waterpasmeting Leeuwarden-Oost – Oosterend 2023 (blauwe stippen), de gas voorkomens (grijze omtrek) met als rode stip middelpunt van het gasvoorkomen en twee lijnen van doorsnede (blauw en rood).

Figuur 9-3 laat de twee lijnen van doorsnede zien. De bovenste doorsnede is de blauwe lijn in Figuur 9-2. De onderste doorsnede is de rode lijn in Figuur 9-2. De blauwe vierkanten zijn de bodemdalingsmetingen. Er is een spreiding in de metingen. Dit wordt veroorzaakt door het oude meetnet, vanaf 1970, en doordat niet alle peilmerken meer aanwezig zijn. Niet alle peilmerken zijn vanaf 1970 gemeten, maar pas later gemeten toen er al wat bodemdaling was opgetreden. Verder vertonen de bodemdalingsmetingen wat ruis door variaties in de ondiepe bodemopbouw. De geschatte onnauwkeurigheid in dit meetplan is daardoor relatief hoog, ruim 1 cm, als gevolg van grotere verschillen tussen naast elkaar gelegen peilmerken en door opzet en leeftijd van het meetplan, als boven besproken.

De zwarte lijn in de doorsneden is de bodemdaling volgens het model. De gemeten bodemdaling valt voor het grootste deel binnen de berekende bodemdaling. De kalibratie tussen metingen en model is niet perfect. Mogelijke oorzaken zijn gelegen in de dataset, zoals boven beschreven, maar ook in onzekerheden over de ondergrond, zowel in gesteenteparameters als in de precieze vorm en dikte van de voorkomens. Door de vele overlappende deelkommen is het niet mogelijk om de parameters van de individuele voorkomens precies te kalibreren.



Figuur 9-3: Twee lijnen van doorsnede door het bodemdalingsmodel gekalibreerd met de waterpasmetingen. De doorsnede is de blauwe lijn in Figuur 9-2, de onderste doorsnede is de rode lijn uit Figuur 9-2.

9.4 Prognose

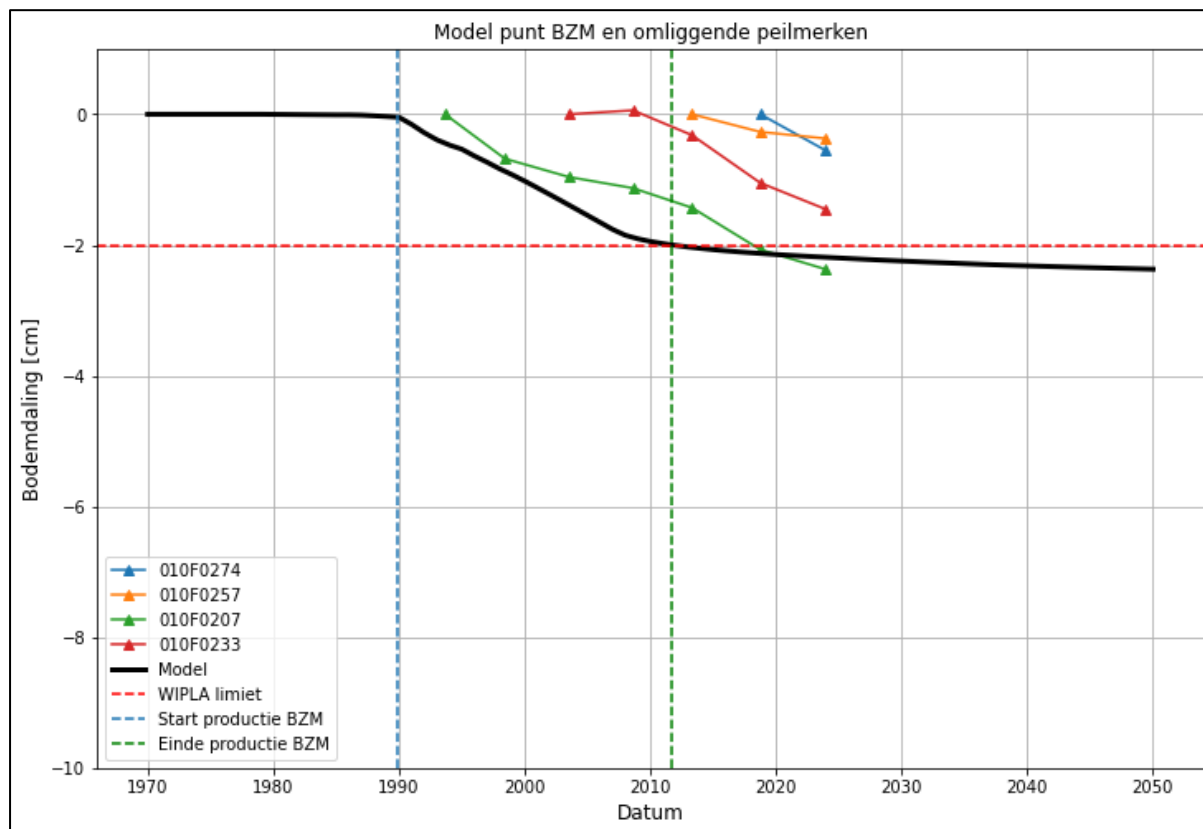
Hierna volgt de prognose voor de verschillende voorkomens in dit meetplan.

9.4.1 Bozum

Figuur 9-4 laat de bodemdaling zien boven Bozum op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Bozum.

Productie uit het voorkomen Bozum is gestart in november 1989. Productie uit het voorkomen Bozum is gestopt in september 2011.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Bozum wordt uitgegaan van maximaal 2 cm bodemdaling door productie uit het voorkomen Bozum [Ref. 20]. Het model laat een iets grotere bodemdaling zien, namelijk 2,5 cm. Er is geen reden om de verwachting aan te passen aangezien de productie is gestopt en de instemmingstermijn van het winningsplan is verlopen.



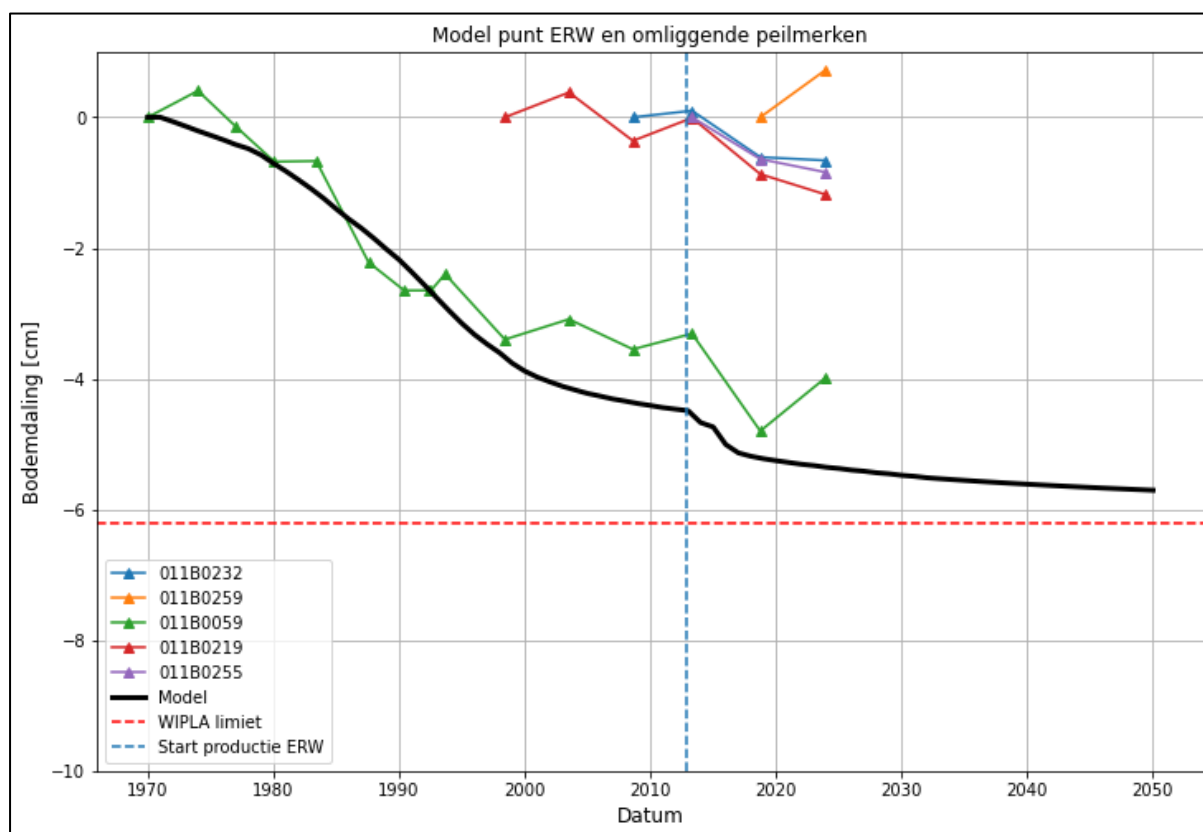
Figuur 9-4: Verwachte bodemdaling middenpunt Bozum en omliggende peilmerken.

9.4.2 Eernewoude

Figuur 9-5 laat de bodemdaling zien boven Eernewoude op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Eernewoude.

Productie uit het voorkomen Eernewoude is gestart in november 2012. Er was toen al bodemdaling vanwege omliggende voorkomens. Er is een overlap van verschillende bodemdalingssommen van verschillende gasvelden in de nabije omgeving. Daardoor is het onmogelijk om uit de meetresultaten rechtstreeks te kunnen afleiden wat de individuele bijdrage van een bepaald gasveld is aan die totale gemeten bodemdaling.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Eernewoude wordt uitgegaan van maximaal 6,2 cm cumulatieve bodemdaling door productie uit het voorkomen Eernewoude en omliggende voorkomens [Ref. 21]. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



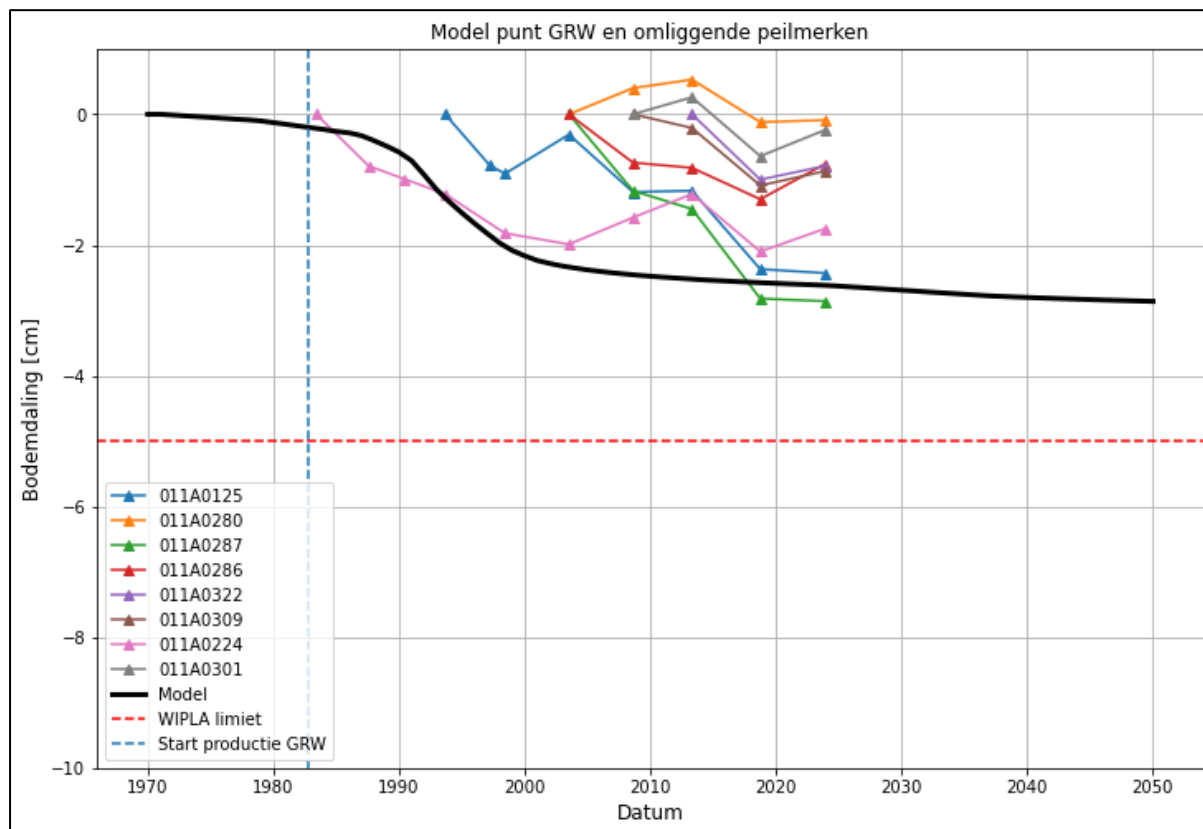
Figuur 9-5: Verwachte bodemdaling middenpunt Eernewoude en omliggende peilmerken.

9.4.3 Grouw

Figuur 9-6 laat de bodemdaling zien boven Grouw op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Grouw.

Productie uit het voorkomen Grouw is gestart in 1982. Er was toen al beperkte bodemdaling vanwege omliggende voorkomens.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Grouw en Rauwerd wordt uitgegaan van maximaal 5 cm cumulatieve bodemdaling door productie uit het voorkomen Grouw-Rauwerd en omliggende voorkomens [Ref. 22]. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



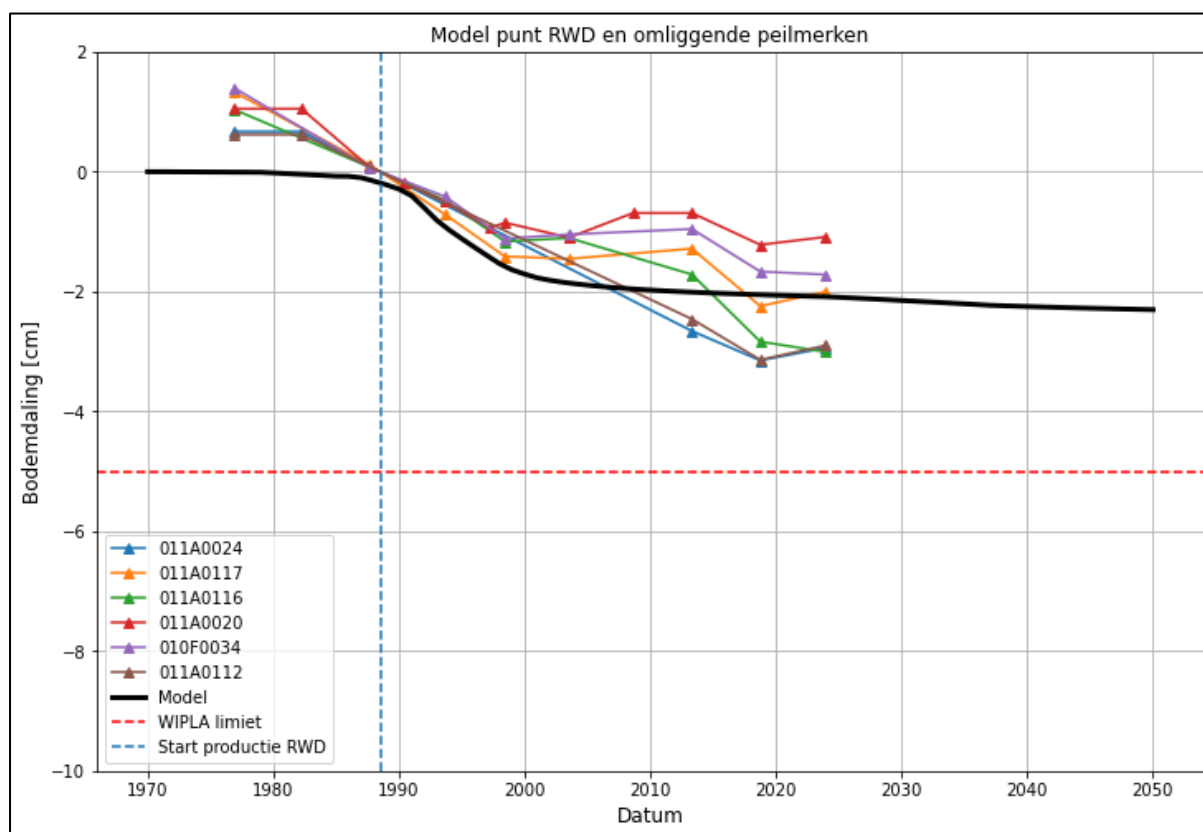
Figuur 9-6: Verwachte bodemdaling middenpunt Grouw en omliggende peilmerken.

9.4.4 Rauwerd

Figuur 9-7 laat de bodemdaling zien boven Rauwerd op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Rauwerd.

Productie uit het voorkomen Rauwerd is gestart in juli 1988. Sommige peilmerken hadden toen al een bodemdaling van rond 1 cm terwijl de productie uit Rauwerd nog niet was gestart en de daling in reservoirdruk minimaal was, zie Figuur 9-7. Dit laat zien dat de hoogte van de peilmerken in dit gebied door externe factoren beïnvloed is.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Grouw en Rauwerd wordt uitgegaan van maximaal 5 cm cumulatieve bodemdaling door productie uit het voorkomen Grouw-Rauwerd en omliggende voorkomens [Ref. 22]. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



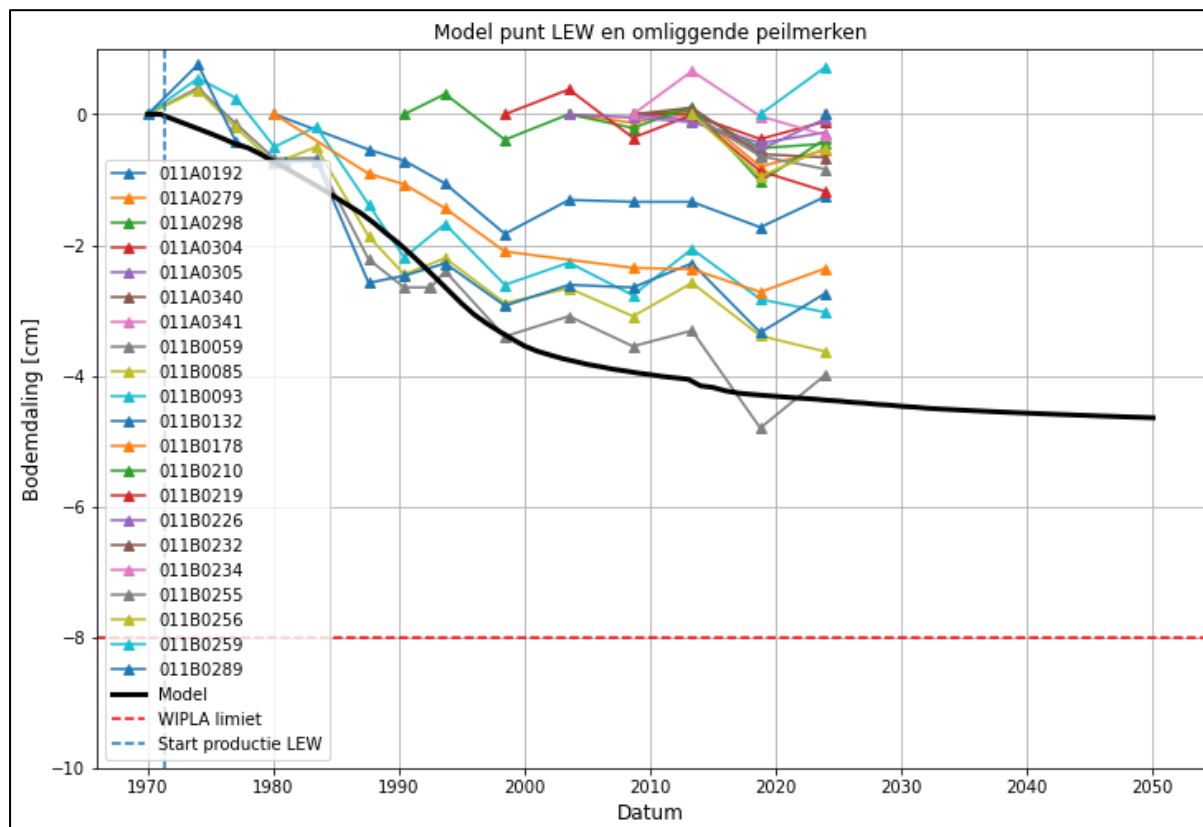
Figuur 9-7: Verwachte bodemdaling middenpunt Rauwerd en omliggende peilmerken.

9.4.5 Leeuwarden

Figuur 9-8 laat de bodemdaling zien boven Leeuwarden op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Leeuwarden.

Productie uit het voorkomen Leeuwarden is gestart in mei 1971.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Leeuwarden-Nijega wordt uitgegaan van maximaal 6 cm cumulatieve bodemdaling door productie uit het voorkomen Leeuwarden-Nijega. Er is overlap met omliggende voorkomens. De verwachte maximale samengestelde bodemdaling is 8 cm bij de noordelijke punt van Leeuwarden [Ref. 23]. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



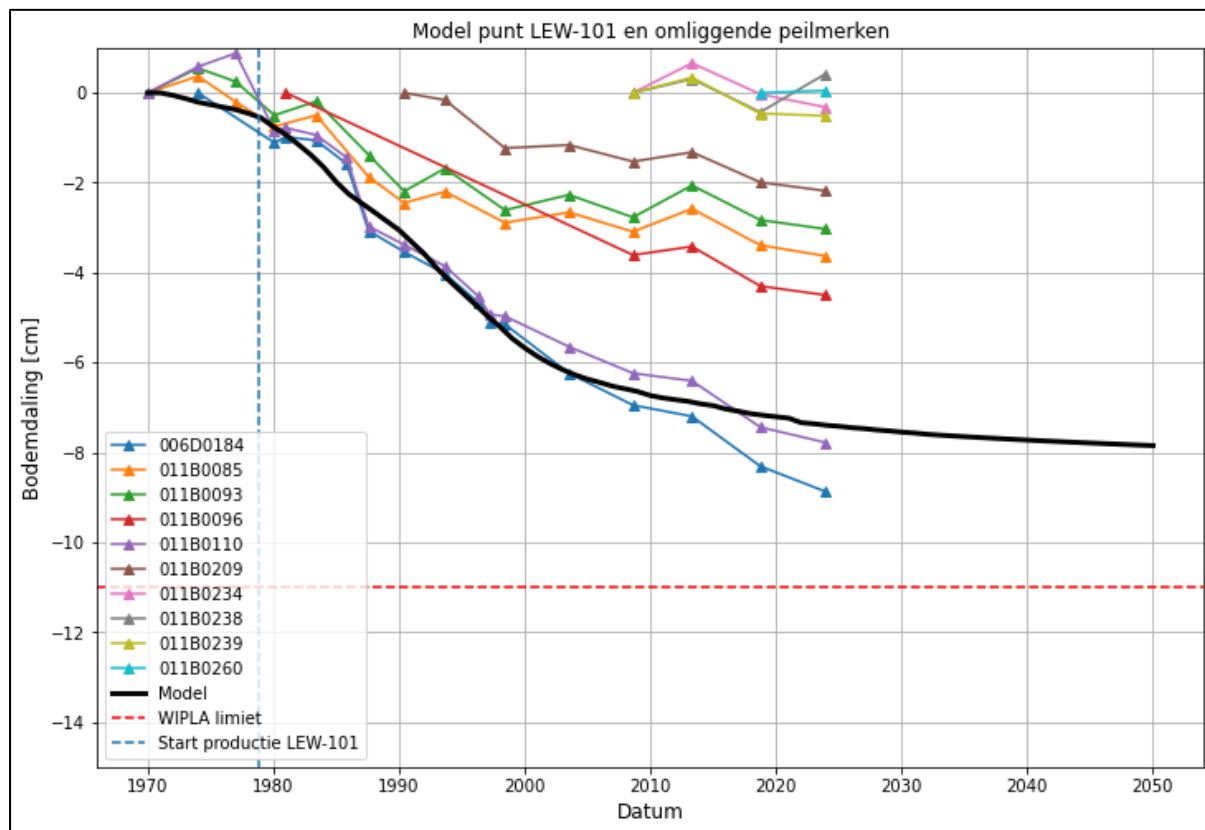
Figuur 9-8: Verwachte bodemdaling middenpunt Leeuwarden en omliggende peilmerken.

9.4.6 Leeuwarden-101

Figuur 9-9 laat de bodemdaling zien boven Leeuwarden-101 op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Leeuwarden-101.

Productie uit het voorkomen Leeuwarden-101 is gestart in november 1978.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Leeuwarden-101 wordt uitgegaan van maximaal 11 cm bodemdaling door productie uit het voorkomen Leeuwarden-101 en omliggende voorkomens [Ref. 24]. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



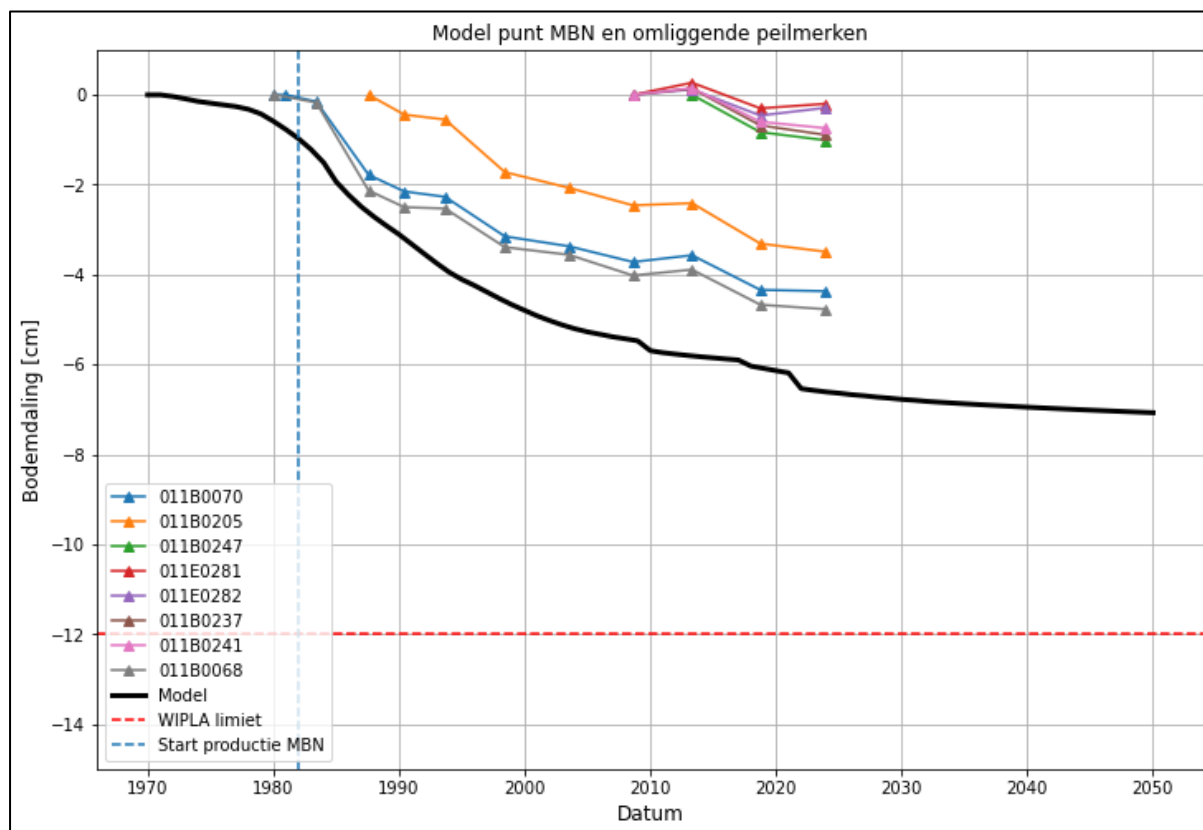
Figuur 9-9: Verwachte bodemdaling middenpunt Leeuwarden-101 en omliggende peilmerken.

9.4.7 Middelburen

Figuur 9-10 laat de bodemdaling zien boven Middelburen op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Middelburen.

Productie uit het voorkomen Middelburen is gestart in januari 1980.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Middelburen wordt uitgegaan van maximaal 12 cm bodemdaling door productie uit het voorkomen Middelburen en omliggende voorkomens [Ref. 25]. De meest recente verwachte bodemdaling volgens het model zal ver binnen de limiet van het winningsplan blijven.



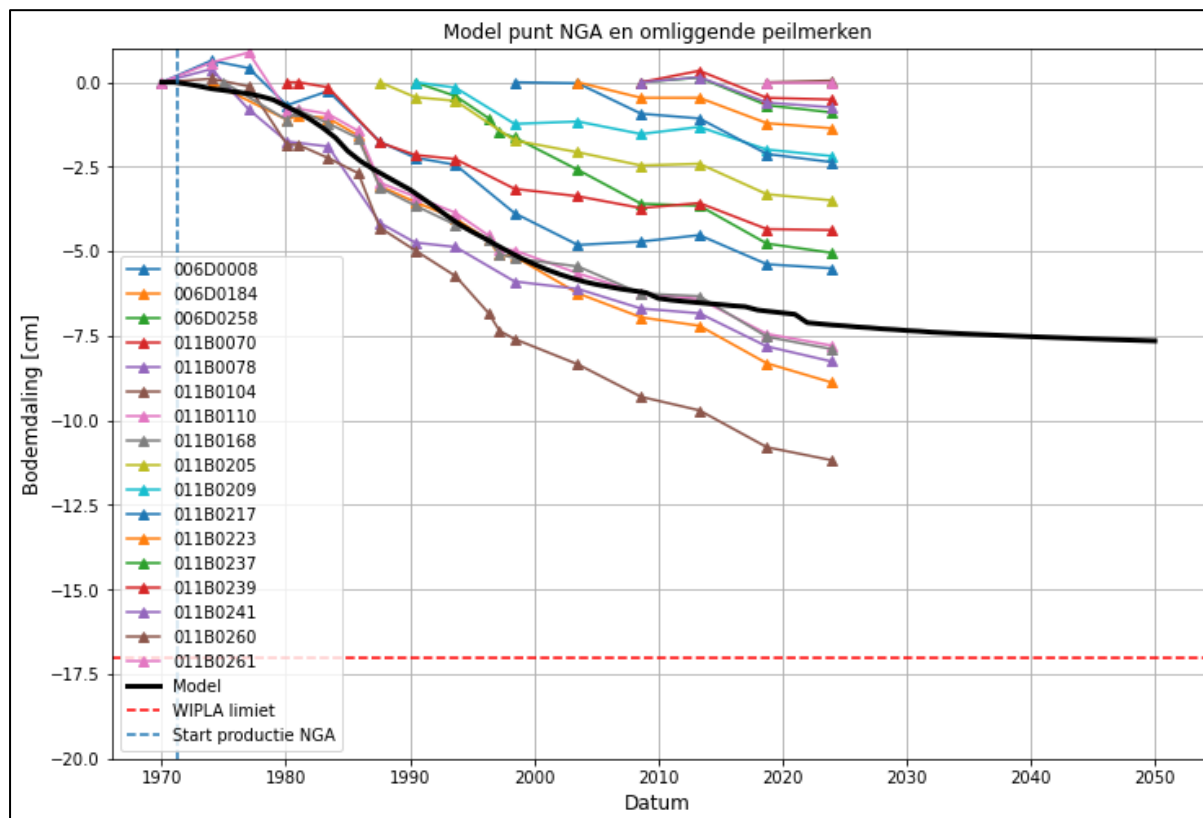
Figuur 9-10: Verwachte bodemdaling middenpunt Middelburen en omliggende peilmerken.

9.4.8 Nijega

Figuur 9-11 laat de bodemdaling zien boven Nijega op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Nijega.

Productie uit het voorkomen Nijega is gestart in mei 1971.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Leeuwarden-Nijega wordt uitgegaan van maximaal 6 cm cumulatieve bodemdaling door productie uit het voorkomen Leeuwarden-Nijega. Er is overlap met omliggende voorkomens. De verwachte maximale samengestelde bodemdaling is 17 cm boven de noordelijke punt van het Nijega voorkomen [Ref. 23]. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



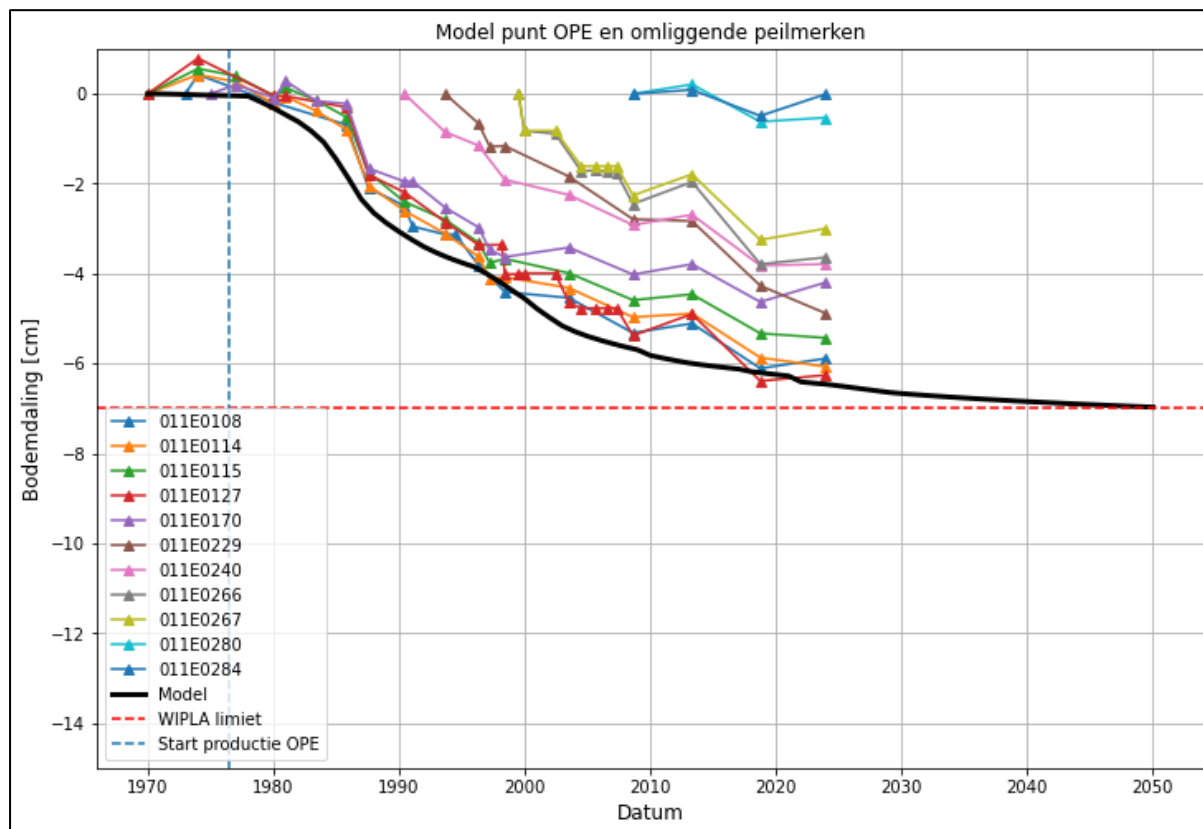
Figuur 9-11: Verwachte bodemdaling middenpunt Nijega en omliggende peilmerken.

9.4.9 Opeinde

Figuur 9-12 laat de bodemdaling zien boven Opeinde op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Opeinde.

Productie uit het voorkomen Opeinde is gestart in juli 1976.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Opeinde wordt uitgegaan van maximaal 7 cm bodemdaling door productie uit het voorkomen Opeinde en omliggende voorkomens [Ref. 26]. De meest recente verwachte bodemdaling volgens het model zal precies uitkomen op de limiet van het instemmingsbesluit van het winningsplan Opeinde. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



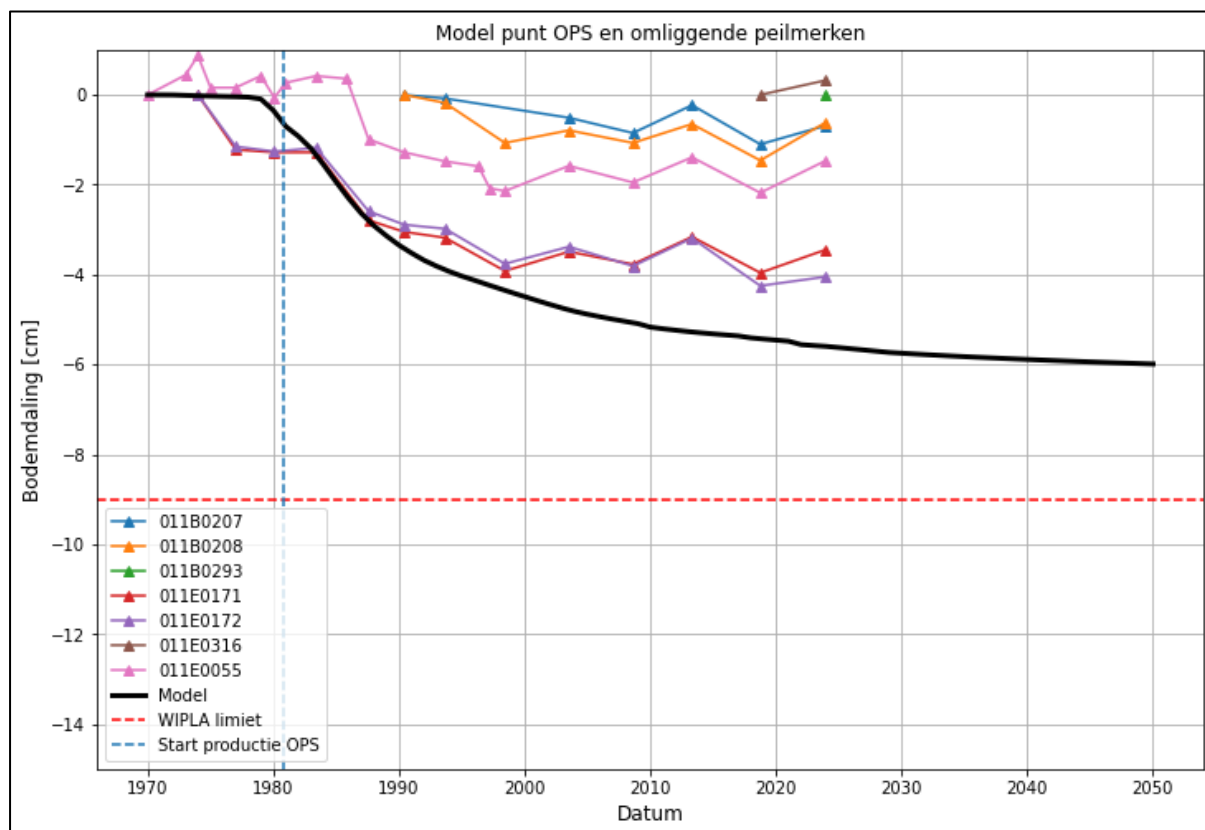
Figuur 9-12: Verwachte bodemdaling middenpunt Opeinde en omliggende peilmerken.

9.4.10 Opeinde-Zuid

Figuur 9-13 laat de bodemdaling zien boven Opeinde-Zuid op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Opeinde-Zuid.

Productie uit het voorkomen Opeinde-Zuid is gestart in november 1980.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Opeinde-Zuid wordt uitgegaan van maximaal 9 cm bodemdaling door productie uit het voorkomen Opeinde-Zuid en omliggende voorkomens [Ref. 25]. De meest recente verwachte bodemdaling volgens het model zal binnen de limiet van het winningsplan blijven. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



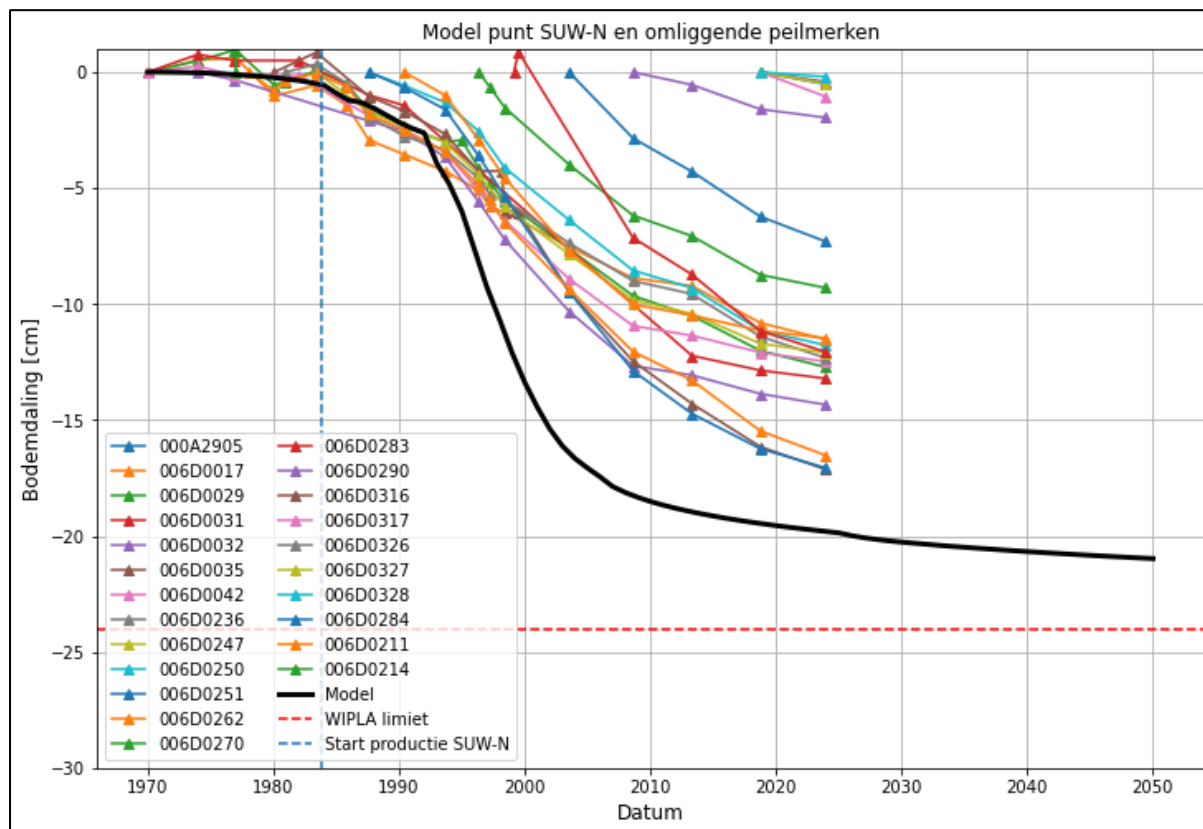
Figuur 9-13: Verwachte bodemdaling middenpunt Opeinde-Zuid en omliggende peilmerken.

9.4.11 Suawoude

Figuur 9-14 laat de bodemdaling zien boven Suawoude op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Suawoude.

Productie uit het voorkomen Suawoude is gestart in november 1983.

Suawoude valt onder het winningsplan Tietjerk. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Tietjerk wordt uitgegaan van maximaal 24 cm bodemdaling door productie uit de voorkomens Suawoude en Tietjerk [Ref. 27]. De meest recente verwachte bodemdaling volgens het model zal binnen de limiet van het winningsplan blijven. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



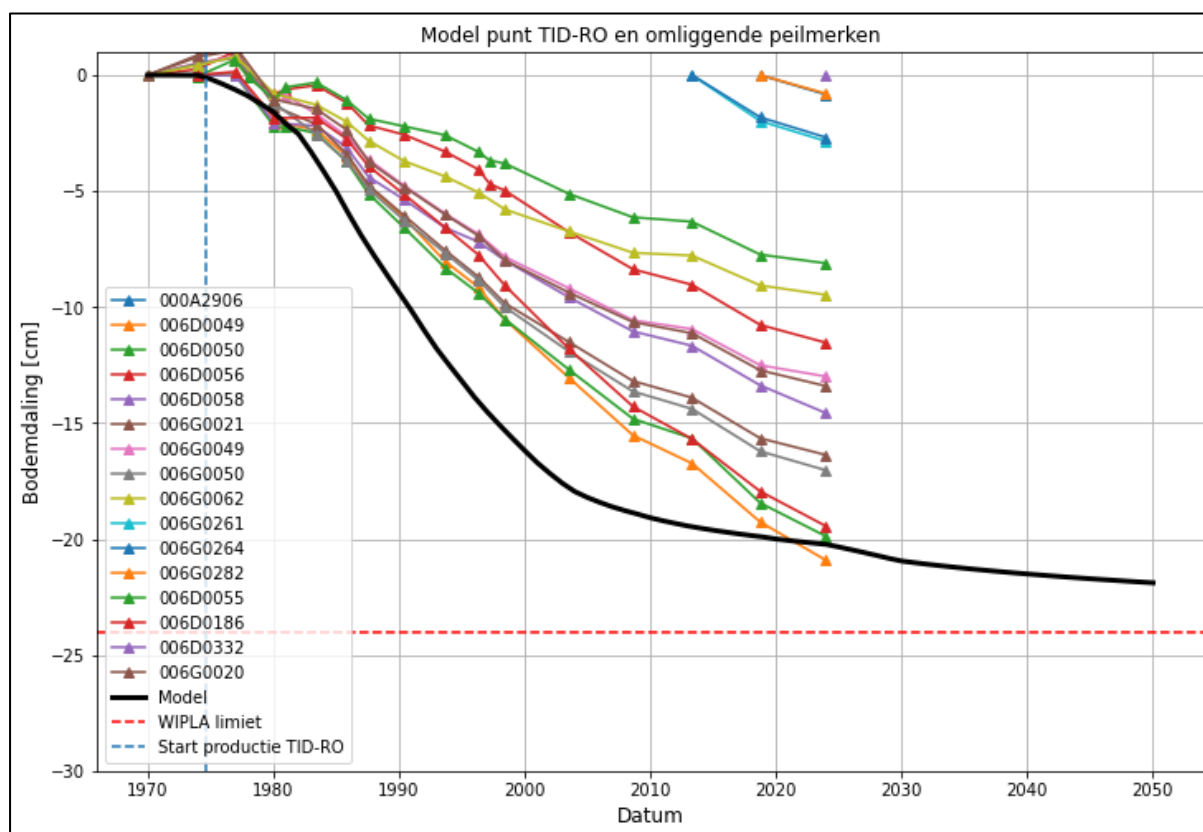
Figuur 9-14: Verwachte bodemdaling middenpunt Suawoude en omliggende peilmerken.

9.4.12 Tietjerk

Figuur 9-15 laat de bodemdaling zien boven Tietjerk op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Tietjerk.

Productie uit het voorkomen Tietjerk is gestart in augustus 1974.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Tietjerk wordt uitgegaan van maximaal 24 cm bodemdaling door productie uit het voorkomen Tietjerk en omliggende voorkomens [Ref. 27]. De meest recente verwachte bodemdaling volgens het model zal binnen de limiet van het winningsplan blijven. Op basis van de metingen en het model is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



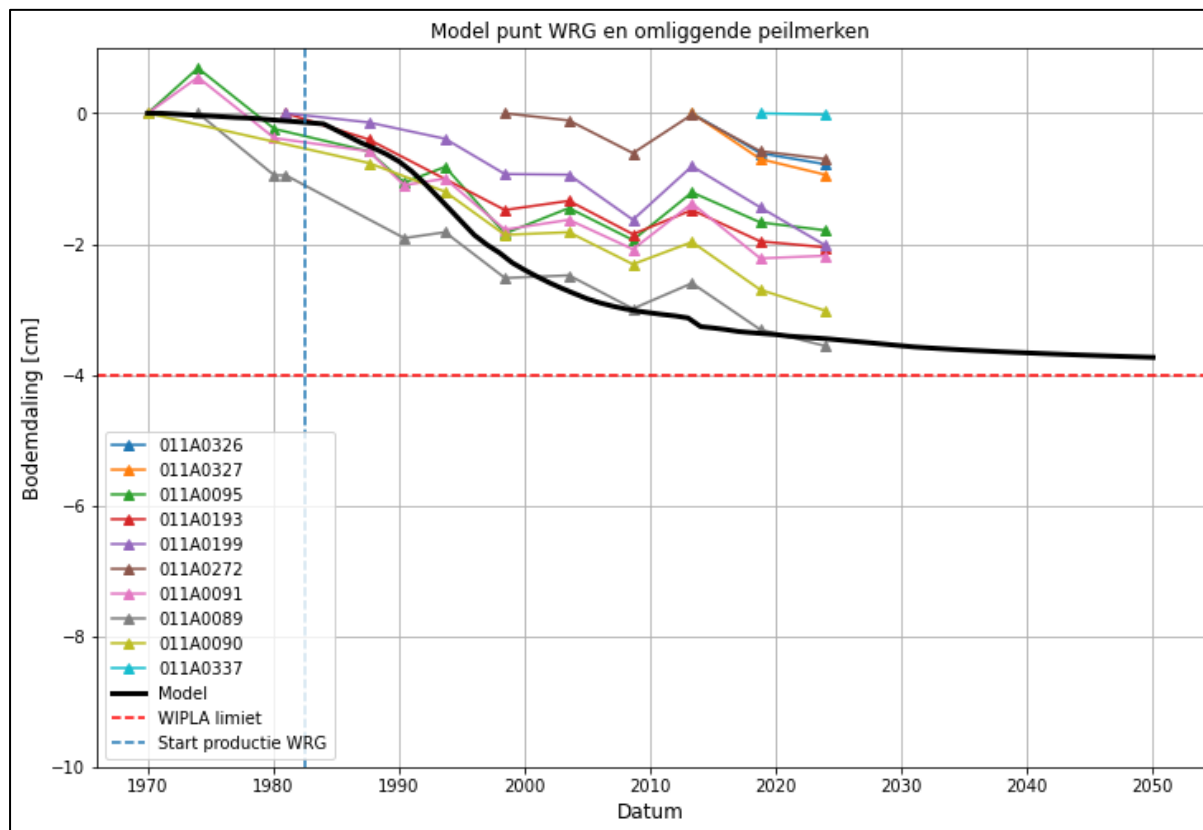
Figuur 9-15: Verwachte bodemdaling middenpunt Tietjerk en omliggende peilmerken.

9.4.13 Warga

Figuur 9-16 laat de bodemdaling zien boven Warga op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Warga.

Productie uit het voorkomen Warga is gestart in augustus 1982.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Warga-Wartena wordt uitgegaan van maximaal 4 cm bodemdaling door productie [Ref. 28]. De meest recente verwachte bodemdaling volgens het model zal binnen de limiet van het winningsplan blijven.



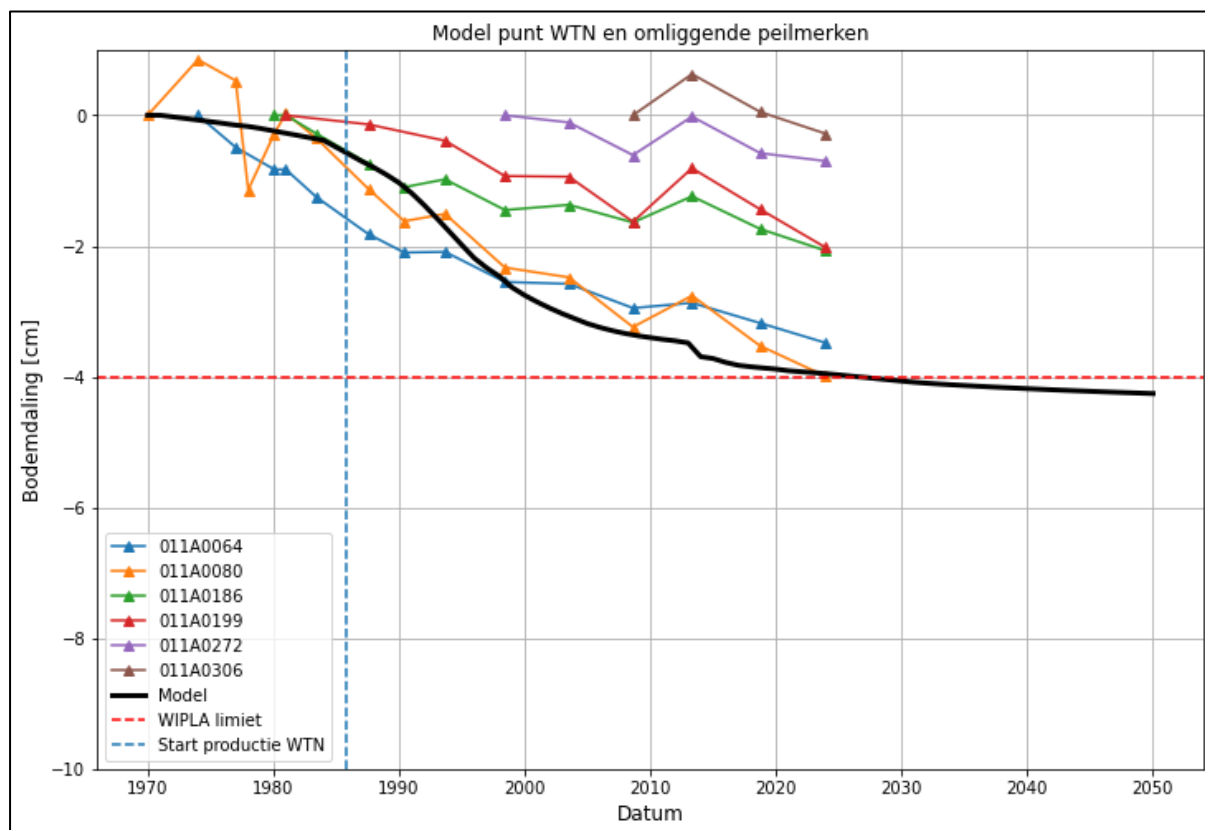
Figuur 9-16: Verwachte bodemdaling middenpunt Warga en omliggende peilmerken.

9.4.14 Wartena

Figuur 9-17 laat de bodemdaling zien boven Wartena op basis van het model en de gemeten bodemdaling van peilmerken boven het voorkomen Wartena.

Productie uit het voorkomen Wartena is gestart in oktober 1985.

In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Warga-Wartena wordt uitgegaan van maximaal 4 cm bodemdaling door productie [Ref. 28]. Het model laat zien dat de bodemdaling net de 4 cm zal overschrijden na 2027. Een nieuw winningsplan met maximale bodemdaling van 5 cm is ingediend op 19 mei 2022 en nog in behandeling tijdens het schrijven van dit document.



Figuur 9-17: Verwachte bodemdaling middenpunt Wartena en omliggende peilmerken.

9.5 Referenties

19. Meetregister bij het meetplan Leeuwarden Oost, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2023, Antea Group, Projectnummer 0486316.100, Datum 29 maart 2024.
20. Instemming gewijzigd winningsplan Bozum, Ministerie van Economische Zaken, Kenmerk DGETM-EM/13135156, Datum 27 augustus 2013.
21. Wijziging instemmingsbesluit Eernewoude, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/19059916, Datum 10 oktober 2019.
22. Instemmingsbesluit Grouw en Rauwerd, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/20326092.
23. Gewijzigd instemmingsbesluit winningsplan Leeuwarden-Nijega, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/19241403.
24. Instemmingsbesluit winningsplan Leeuwarden-101, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/20116509, Datum 20 mei 2020.
25. Instemmingsbesluit actualisatie winningsplan Opeinde-Zuid en Middelburen, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/20005227, Datum 10 juni 2020.
26. Instemmingsbesluit winningsplan Opeinde, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGETM-EO/18205208, Datum 6 september 2018.
27. Instemmingsbesluit gewijzigd winningsplan Tietjerk, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/V-6194, Datum 29 december 2021.
28. Wijziging instemmingsbesluit Warga-Wartena, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/19079897, Datum 13 juni 2019.

10 Bijlage: Meetplan Langezwaag

10.1 Voorkomen

Winning uit Langezwaag vindt plaats sinds 2013. Het overgrote deel van de productie komt uit de Vlieland zandsteen, die hier ter plekke dun is (enkele meters), met kleine bijdragen uit de Zechstein-2 Carbonaat.

10.2 Metingen

De bodemdalingsmetingen worden uitgevoerd volgens het meetplan Langezwaag. Hier volgt een korte beschrijving van de historie van het meetplan Langezwaag.

De waterpasnulmeting heeft plaatsgevonden in 2012 voor het voorkomen Langezwaag. Het meetnet is uitgebreid in 2015 naar aanleiding van de boring LZG-02. Dit uitgebreide meetnet is gemeten in 2015. Het meetnet is verder uitgebreid in 2016 naar aanleiding van de boring LZG-03. Dit uitgebreide meetnet is gemeten in 2016. Een waterpasherhalingsmeting is uitgevoerd in 2021 [Ref. 29].

De GPS-signaleringsnulmeting is gedaan in 2013. De eerste GPS-herhalingsmeting is gedaan in 2014. De tweede GPS-herhalingsmeting is gedaan in 2015. Hierbij is er een GPS-station toegevoegd naar aanleiding van de boring LZG-02. Een GPS-herhalingsmeting is uitgevoerd in 2018 [Ref. 30]. Analyse van de metingen heeft laten zien dat de bodemdaling minder dan 1 mm per jaar is. De GPS-signaleringsmetingen hebben in deze situatie geen toegevoegde waarde in het meetplan Langezwaag en zijn in 2022 uit het meetplan gehaald met instemming van Staatstoezicht op de Mijnen.

Tabel 10-1 – Uitgevoerde metingen in het kader van het meetplan Langezwaag. (W=Waterpassing; G=GPS).

	LZG
2012	W
2013	G
2014	G
2015	G,W
2016	W
2018	G
2021	W

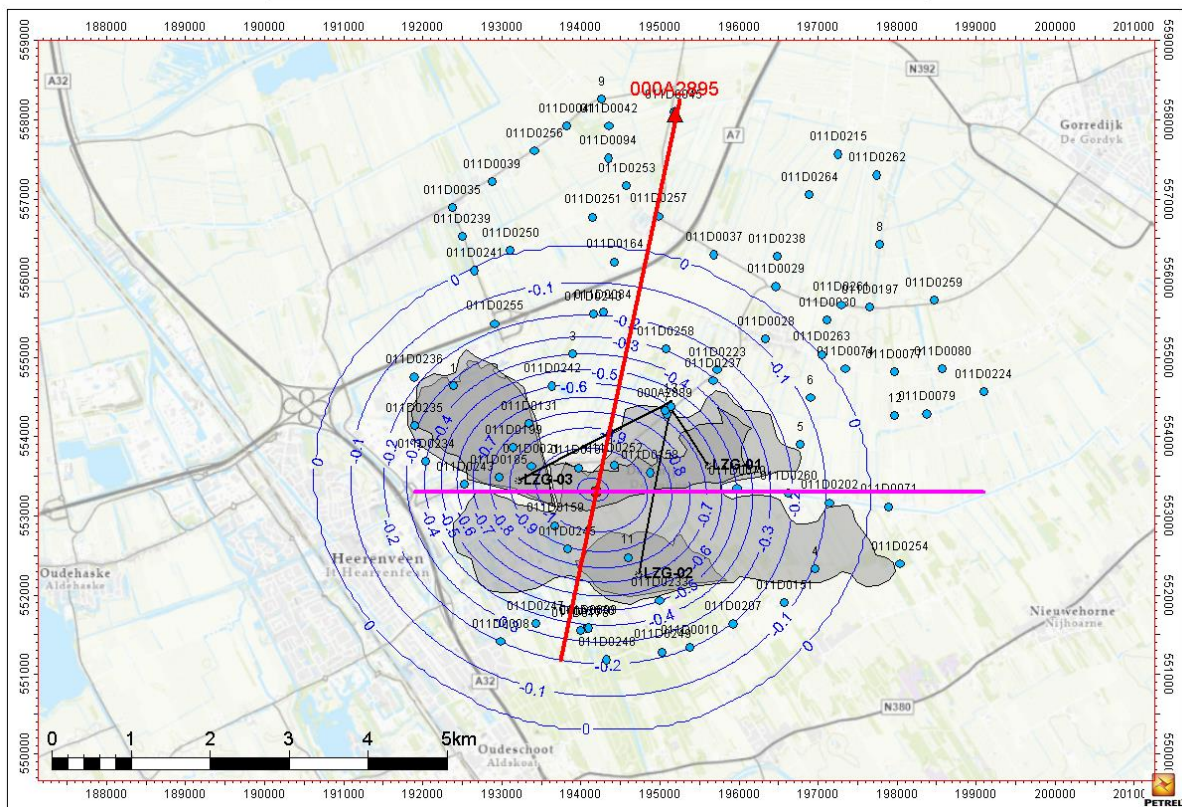
10.3 Belangrijkste observaties en conclusies

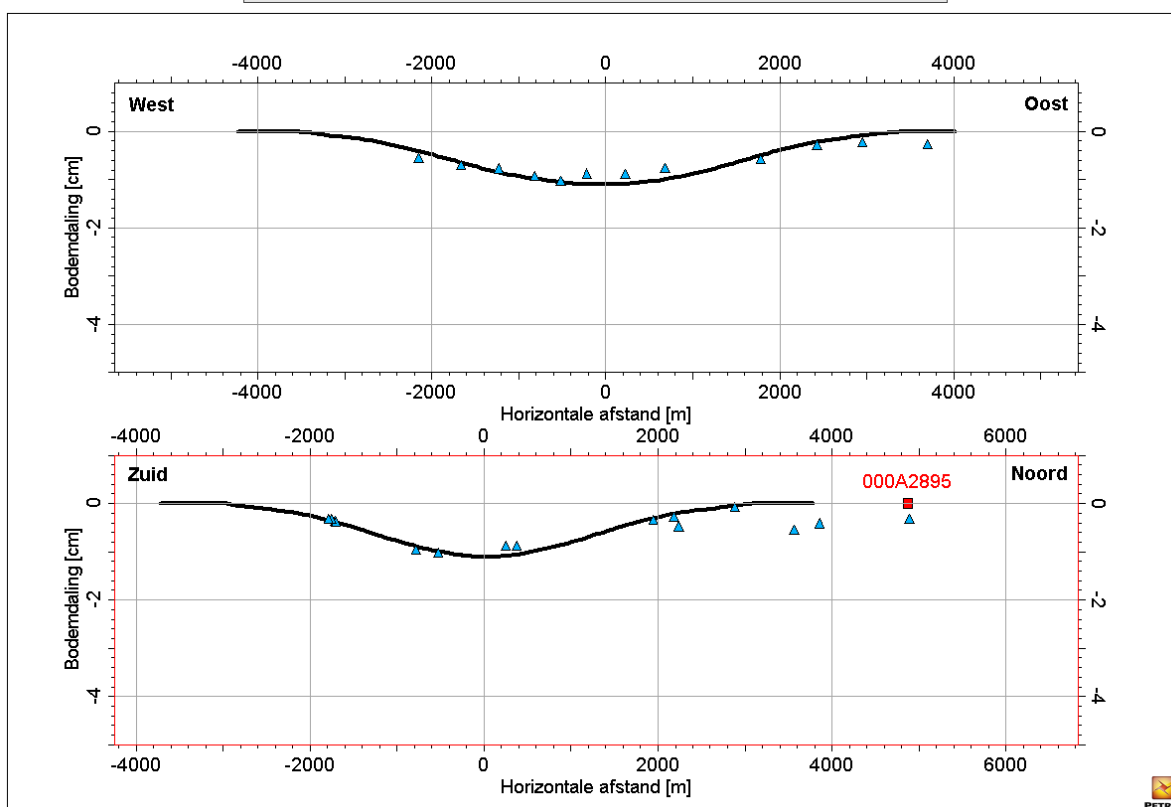
Figuur 10-1 is een kaart met de Langezwaag voorkomens en bodemdalingscontour zoals gemeten in 2021. In Figuur 10-1 zijn in grijs weergegeven de verschillende Langezwaag voorkomens. De blauwe cirkels zijn de peilmerken met volledige historie van voor de start productie uit het Langezwaag voorkomen tot de meest recente bodemdalingsmeting in 2021. In blauw zijn de bodemdalingscontouren in cm volgens het model. De rode driehoek is het aansluitpunt: dit punt ligt buiten de invloedssfeer van de bodemdaling door gaswinning. Er zal hier dan geen bodemdaling door gaswinning gemeten worden.

Het model is gekalibreerd aan de metingen. De paarse en rode lijnen zijn 2 lijnen van doorsnede. Deze doorsneden zijn weergegeven in Figuur 10-2. De bovenste doorsnede in Figuur 10-2 is de paarse lijn in Figuur 10-1. De onderste doorsnede in Figuur 10-2 is de rode lijn uit Figuur 10-1. De blauwe driehoeken zijn de meetpunten met de cumulatieve bodemdaling zoals gemeten in 2021. De rode driehoek is het aansluitpunt.

De conclusie uit een analyse van de bodemdalingsmetingen is dat er een kleine dalingskom te zien is van 1 cm, zie Figuur 10-1 en Figuur 10-2. Deze bodemdalingskom is binnen de verwachtingen. Hierbij wordt de opmerking geplaatst dat de meetwaarden niet ver boven de rand van de meetnauwkeurigheid (typisch 0,2-0,5 cm) liggen.

De peilmerken in de omgeving van het aansluitpunt 000A2895 laten wat bodemdaling zien, zie de onderste doorsnede in Figuur 10-2. Deze peilmerken liggen ver buiten de invloedssfeer van de gaswinning. De daling van deze peilmerken wordt waarschijnlijk veroorzaakt door lokale autonome effecten en niet door de gaswinning. Dit is niet verder onderzocht. Deze observatie geeft wel aan dat peilmerken, hoe zorgvuldig ook gekozen, waarschijnlijk beïnvloed worden door autonome daling. Er is geen correctie voor autonome daling toegepast op de peilmerken voor de analyse. Indien deze correctie wel wordt toegepast dan zou de cumulatieve bodemdaling door gaswinning iets lager zijn. Door het model te kalibreren aan de bodemdalingmetingen zonder correctie voor autonome daling wordt een pessimistische (is grotere bodemdaling) berekend met het model.





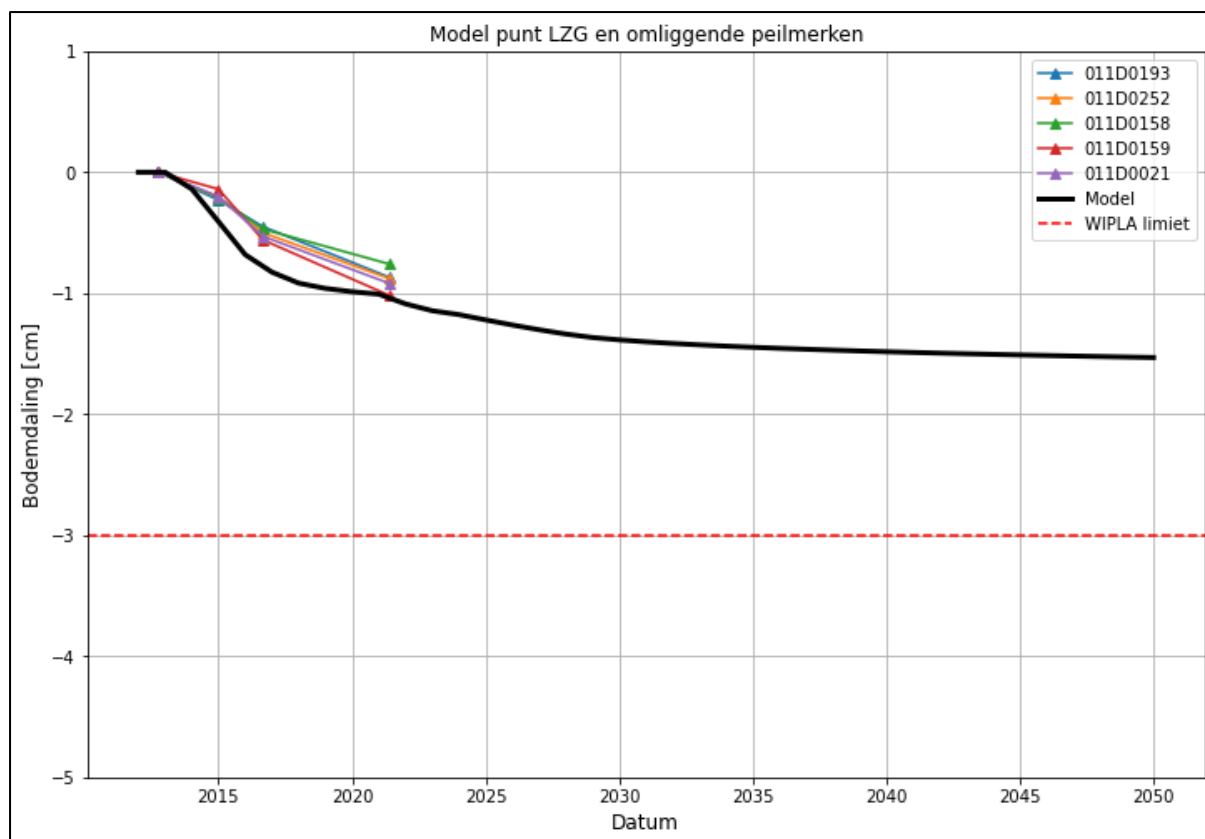
Figuur 10-2: Twee lijnen van doorsnede met het gekalibreerde Langezwaag bodemdalingsmodel aan de bodemdalingmetingen uit 2021, zie Figuur 10-1 voor de locatie van deze doorsneden.

10.4 Prognose

Figuur 10-3 laat de gemodelleerde en gemeten bodemdaling voor het diepste punt van de bodemdalingssom van het Langezwaag voorkomen en omliggende peilmerken zien. De modelkalibratie is niet perfect in tijd: het model laat een grotere daling zien in het begin dan gemeten.

Het model zit aan de onderkant van de metingen en is daardoor aan de pessimistische kant. De verwachting is dat de bodemdaling door gaswinning uit de Langezwaag voorkomens onder de 2 cm blijft.

De maximale toegestane bodemdaling in het instemmingsbesluit met het winningsplan is 3 cm [Ref. 31]. De prognose is dat de bodemdaling door productie uit het gasvoorkomen Langezwaag binnen de grens zoals gesteld in het instemmingsbesluit blijft.



Figuur 10-3: Verwachte bodemdaling middenpunt Langezwaag en omliggende peilmerken.

10.5 Referenties

29. Antea, Meetregister bij het Meetplan Langezwaag, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2021; projectnummer 0470200.100 (Antea Group, augustus 2021).
30. Antea, GNSS meting Langezwaag 2018. Rapportage van de 4e GNSS signaleringsmeting; projectnr. 0432747 (Antea, 2018).
31. Instemmingsbesluit gewijzigd winningsplan Langezwaag, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGETM-EO / 18048925, Datum 20 juni 2018.

11 Bijlage: Meetplan Oldelamer

11.1 Voorkomen

Uit het voorkomen Oldelamer wordt sinds 1993 geproduceerd via de put OLR-01. In 1999 is de put OLR-02 geboord in hetzelfde voorkomen. In 2023 is OLR-02 geabandonneerd en is de aftakking OLR-02-S2 geboord naar een ander gedeelte in het voorkomen Oldelamer. Het voorkomen Oldelamer is verdeeld over de Vlieland zandsteen en de Zechstein-2 Carbonaat, die hier met elkaar in contact staan.

11.2 Metingen

De bodemdalingsmetingen worden uitgevoerd volgens het meetplan Oldelamer. Hier volgt een korte beschrijving van de historie van het meetplan Oldelamer.

De nulmetingen zijn uitgevoerd in 1994 voor het voorkomen Oldelamer. Herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 1997, 2005 en 2016. In 2022 is het meetnet uitgebreid om het gedeelte dat aangeboord werd in een ander breukblok met de put OLR-02-S2 mee te nemen in de bodemdalingsmetingen [Ref. 32].

In 2022 is een GPS-signaleringsmeting toegevoegd aan het meetnet. De GPS-herhalingsmeting is uitgevoerd in 2023 [Ref. 33].

Tabel 11-1 – Uitgevoerde metingen in het kader van het meetplan Oldelamer. (W=Waterpassing; G=GPS).

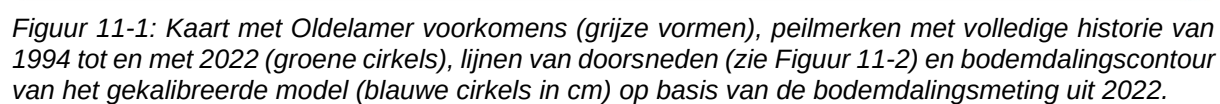
	OLR
1994	W
1997	W
2005	W
2016	W
2022	W,G
2023	G

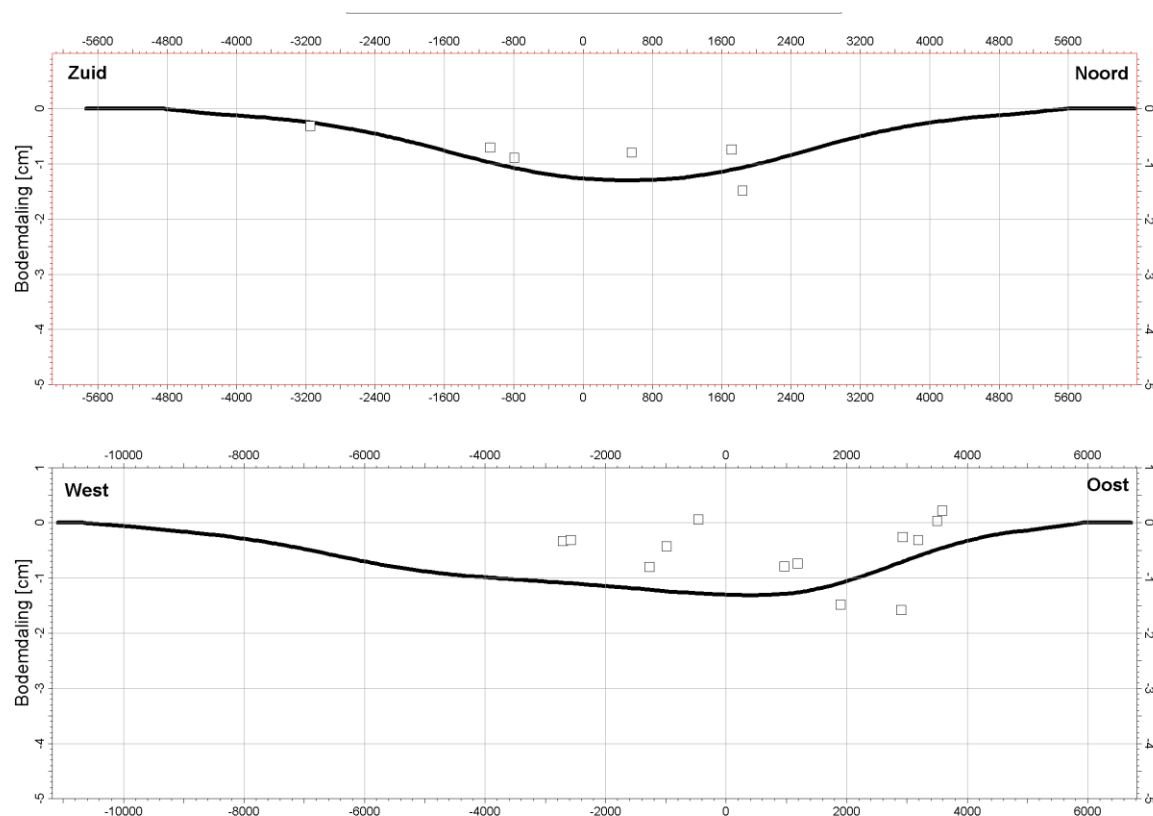
11.3 Belangrijkste observaties en conclusies

De data in het meetplan vertonen redelijk veel 'ruis', dat wil zeggen dat de coherentie tussen de dalingen in aangrenzende peilmerken laag is. Ook is het mogelijk dat het aansluitpunt enkele millimeters daling heeft vertoond. Er is geen correctie toegepast op de metingen.

De geschatte onnauwkeurigheid in dit meetplan is relatief hoog, ruim 1 cm, als gevolg van de grotere verschillen tussen naast elkaar gelegen peilmerken.

Uiteindelijk wordt een daling van 1 cm tot 2 cm berekend over de periode 1994-2022 door gaswinning uit de putten OLR-01 en OLR-02.





Figuur 11-2: Twee lijnen van doorsnede met het gekalibreerde Oldelamer bodemdalingsmodel aan de bodemdalingsmetingen uit 2022, zie Figuur 11-1 voor de locatie van deze doorsneden.

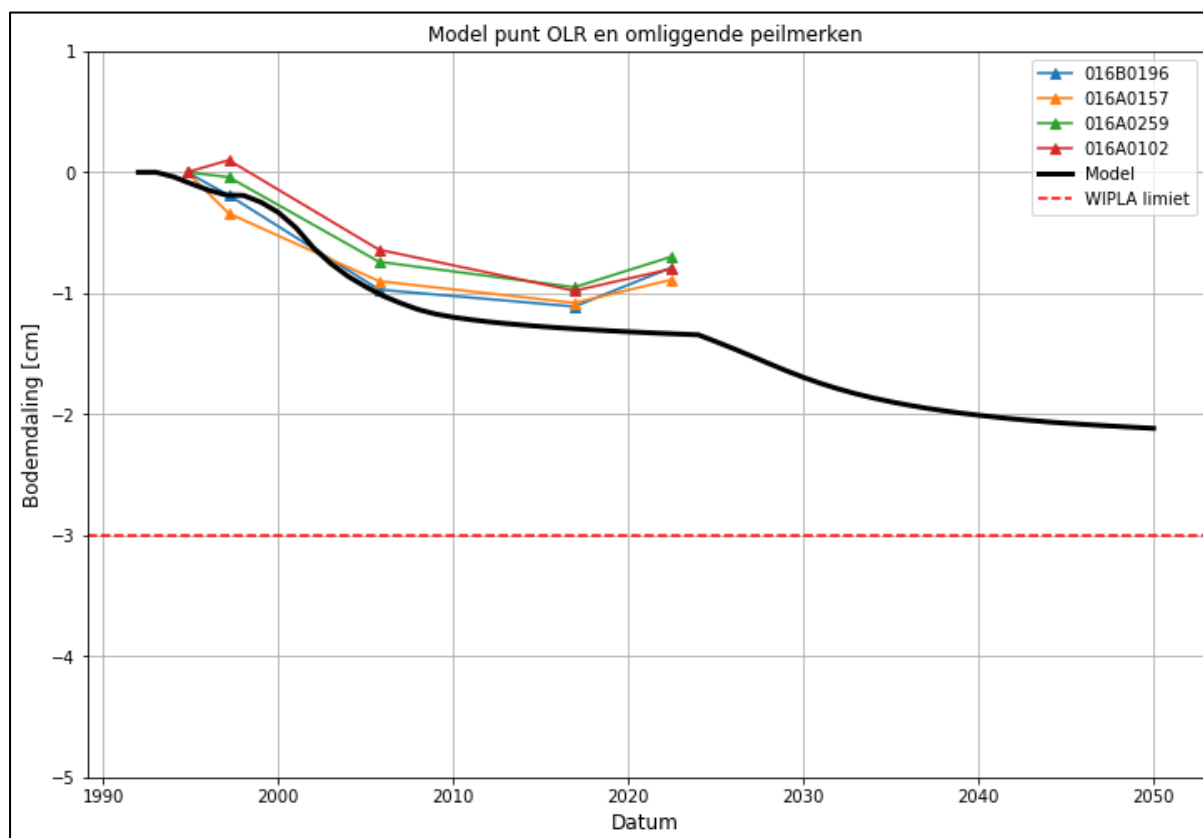
11.4 Prognose

Er is een aftakking geboord, OLR-02-S2, naar een blok ten westen van het Oldelamer veld. Productie uit deze put zal naar verwachting de bodemdalingskom beperkt verdiepen.

Figuur 11-3 laat de gemodelleerde en gemeten bodemdaling voor het diepste punt van de bodemdalingskom van het Oldelamer voorkomen en omliggende peilmerken zien.

Het model zit aan de onderkant van de metingen en is daardoor aan de pessimistische kant. De verwachting is dat de bodemdaling door gaswinning uit Oldelamer net de 2 cm zal overschrijden.

De maximale toegestane bodemdaling in het instemmingsbesluit met het winningsplan is 3 cm [Ref. 34]. De prognose is dat bodemdaling door productie uit het gasvoorkomen Oldelamer binnen de grens zoals gesteld in het instemmingsbesluit blijft.



Figuur 11-3: Verwachte bodemdaling middenpunt Oldelamer en omliggende peilmerken.

11.5 Referenties

32. Antea, Meetregister bij het meetplan Oldelamer, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2022, Antea projectnummer 0474215.100, Datum 1 september 2022.
33. GNSS meting Oldelamer, Rapportage GNSS signaleringsmeting 2023, Antea projectnummer 0489816.100, Datum 2 februari 2024.
34. Instemmingsbesluit gewijzigd winningsplan Oldelamer, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGETM-EO / 20130965, Datum 17 augustus 2020.

12 Bijlage: Meetplan De Blesse, Blesdijke en Sonnega

12.1 Voorkomens

Het De Blesse voorkomen (BLS) is ontdekt door de BLS-01 put. Productie in BLS is begonnen in 1999. In 2007 werd de BLS-02 put geboord; deze put produceert eveneens uit het voorkomen De Blesse.

Het voorkomen Blesdijke (BLD) is ontdekt door de BLD-01 put in 2008. Productie is in 2009 begonnen. Productie uit de put BLD-01 is gestopt in 2013.

Productie uit het Sonnega-Weststellingwerf voorkomen (SOW), ten noordwesten van Blesdijke, is gestart in 2015 met de put SOW-02.

In 2021 is er een aftakking geboord van BLD-01, genaamd BLD-01-S2, tussen BLD-01 en BLS-01 in, om het daar aanwezige gas te produceren. De put heeft gas gevonden en is in productie genomen.

12.2 Metingen

12.2.1 Historie meetnet De Blesse

De nulmetingen zijn uitgevoerd in 1999 voor het voorkomen De Blesse. De herhalingsmeting is uitgevoerd in 2009.

12.2.2 Historie meetnet Blesdijke

De nulmeting voor het Blesdijke voorkomen heeft in 2010 plaatsgevonden. De eerste herhalingsmeting heeft plaatsgevonden in 2015.

12.2.3 Historie meetnet Sonnega-Weststellingwerf

De nulmeting voor het Sonnega-Weststellingwerf voorkomen heeft in 2015 plaatsgevonden.

12.2.4 Historie meetnet Blesdijke - Sonnega

In 2016 zijn de meetplannen van de voorkomens Blesdijke en Sonnega-Weststellingwerf samengevoegd tot één meetplan. Er is toen geen meting uitgevoerd; de meetplannen zijn alleen administratief samengevoegd.

12.2.5 Historie meetnet De Blesse, Blesdijke, Sonnega-Weststellingwerf

In 2019 zijn de meetnetten samengevoegd vanwege de overlap. Tevens is het meetplan in het zuiden en zuidoosten uitgebreid om de dekking te verbeteren.

De originele BLS en BLD/SOW meetnetten hadden verschillende aansluitpunten. Bij het samenvoegen en bij de analyse van de resultaten is speciale aandacht besteed aan de potentiële impact van het aansluitpunt.

Tabel 12-1: Uitgevoerde metingen (W= waterpassing), gesplitst naar voorkomen.

	BLS	BLD	SOW
1999	W		
2009	W		
2010		W	
2015		W	
2019	W		

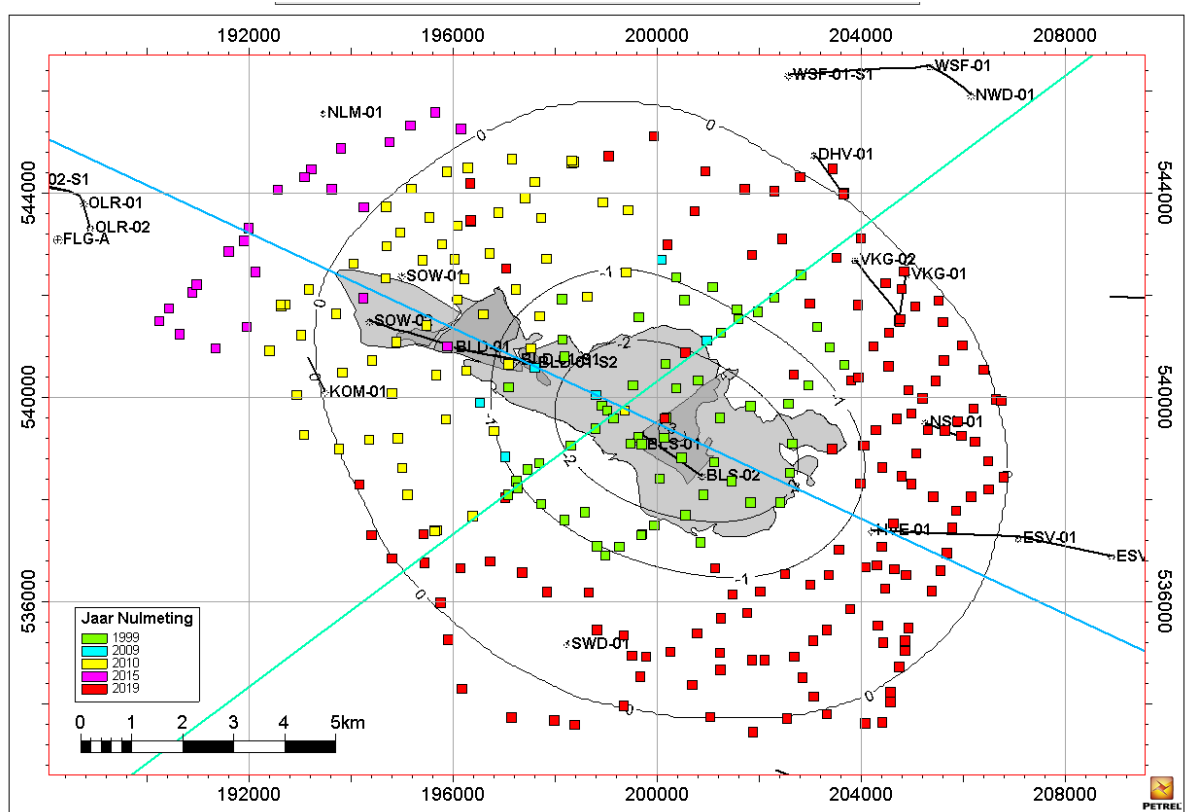
12.3 Belangrijkste observaties en conclusies

Figuur 12-1 is een kaart met het bodemdalingsmodel gebaseerd op de waterpassing uit 2019. Figuur 12-2 zijn 2 doorsneden door het model en de kalibratie met de gemeten bodemdaling in 2019. Er is een goede kalibratie. Op basis van de onderste doorsnede kan eventueel geconcludeerd worden dat het model in het noordoosten iets meer daling berekent (pessimistisch) is wanneer vergeleken met de

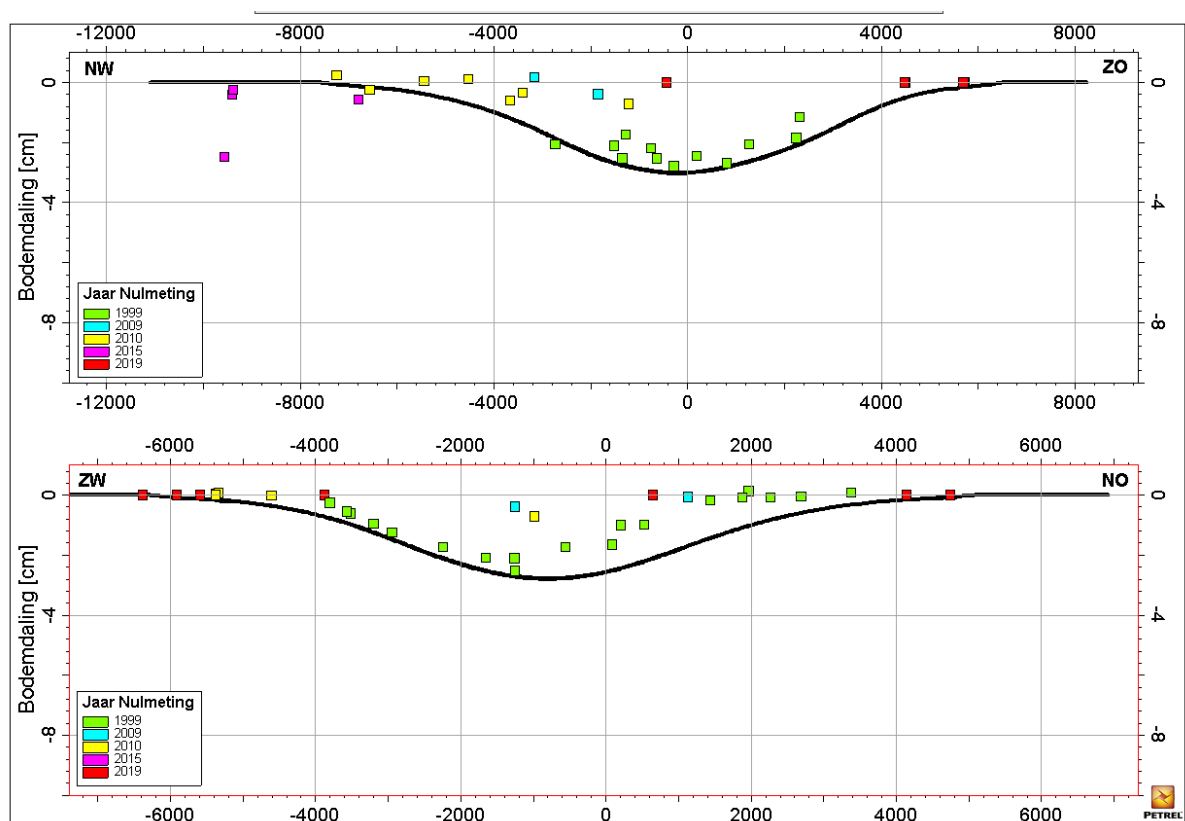
observaties. De gemeten bodemdaling haalt in het diepste punt van de bodemdalingskom net de 3 cm in 2019.

Boven het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf is geen duidelijke kom zichtbaar. Dit wordt ook niet verwacht door de geringe dikte van de Vlieland zandsteen ter plekke.

Autonome bodemdaling speelt in dit gebied, afgezien van individuele peilmerken, geen grote rol.



Figuur 12-1: Kaart met peilmerken Meetplan De Blesse, Blesdijke en Sonnega-Weststellingwerf (gekleurde vierkanten, kleur geeft aan jaar van eerste meting, de nulmeting van het peilmerk), puttrajecten (zwarte lijnen), voorkomens (grijze omtrekken) en doorsneden (blauwe en groene lijn) en model bodemdalingskom in 2019 (zwarte contourcirkels zijn in cm).



Figuur 12-2: Twee doorsneden door de bodemdalingskom, zie Figuur 12-1 voor de locatie van de doorsneden, en de gemeten bodemdaling bij de peilmerken (gekleurde vierkanten, kleur geeft aan jaar van eerste meting, de nulmeting van het peilmerk).

12.4 Prognose

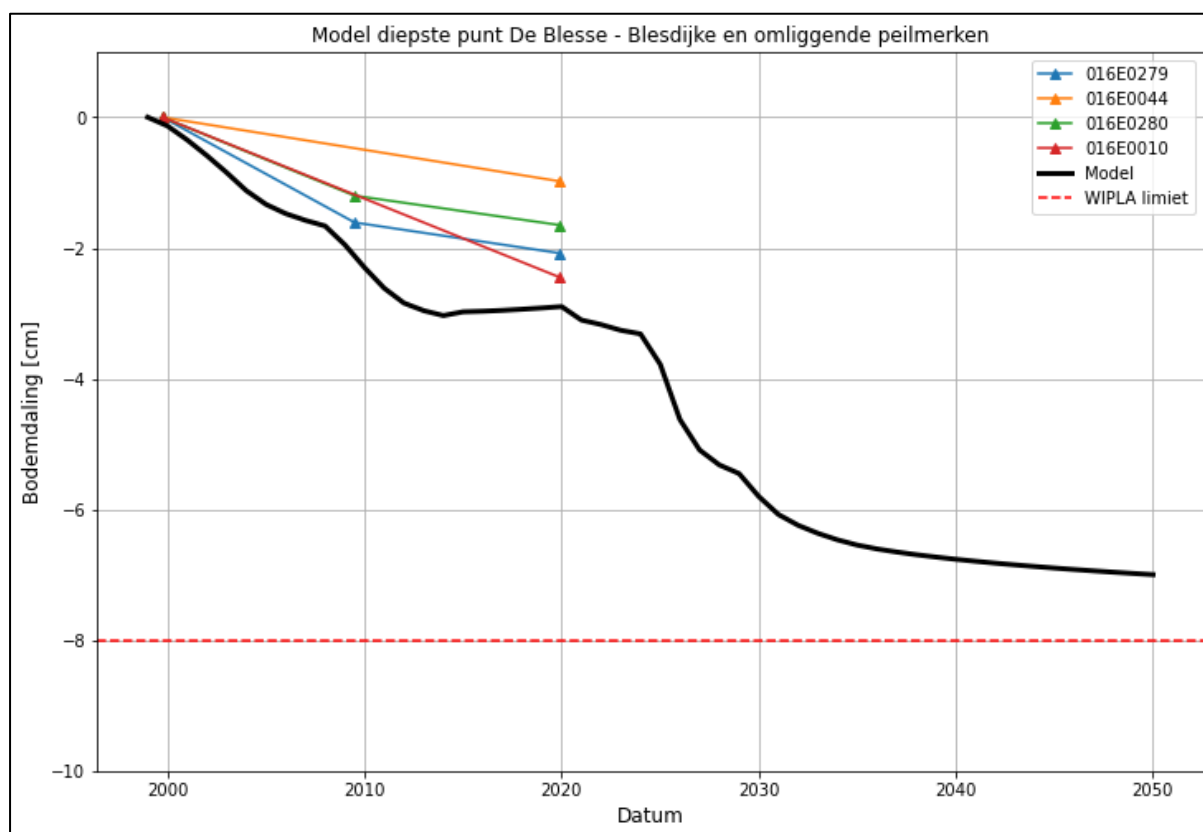
Het winningsplan voor De Blesse–Blesdijke is geactualiseerd in 2022 [Ref. 36]. Instemming is verleend in 2023 [Ref. 37]. Maximaal verwachte bodemdaling is 8 cm in het diepste punt.

Figuur 12-3 laat de gemodelleerde en gemeten bodemdaling voor het diepste punt van de bodemdalingskom van de De Blesse–Blesdijke voorkomen en omliggende peilmerken zien.

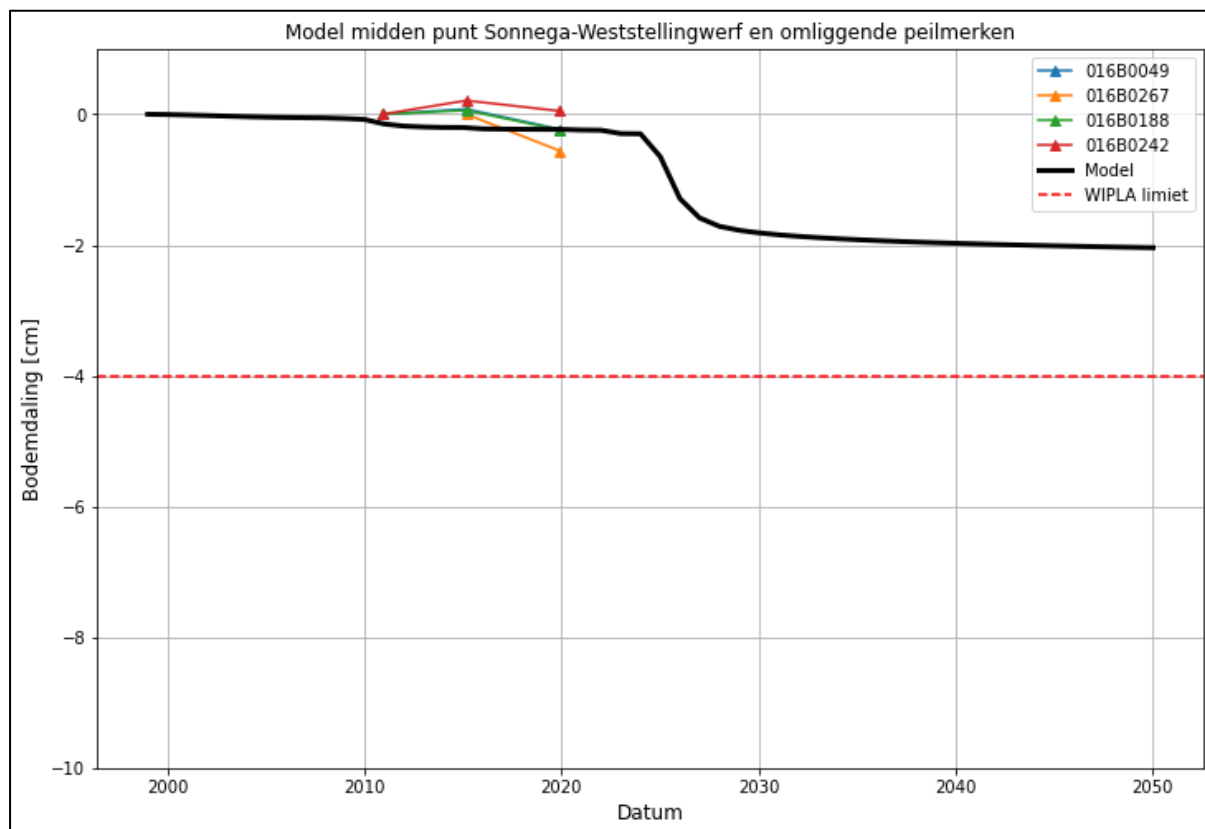
Het model zit aan de onderkant van de metingen en is daardoor aan de pessimistische kant. De verwachting is dat de bodemdaling door gaswinning uit de De Blesse–Blesdijke voorkomen rond de 7 cm zal uitkomen.

De maximale toegestane bodemdaling in het instemmingsbesluit met het winningsplan is 8 cm [Ref. 37]. De prognose is dat bodemdaling door productie uit de gasvoorkomens De Blesse–Blesdijke binnen de grens zoals gesteld in het instemmingsbesluit blijft.

Er is instemming verleend voor het winningsplan Sonnega-Weststellingwerf in 2021 [Ref. 38]. Hierbij werd uitgegaan van een maximale bodemdaling van 2 cm. Deze instemming is verleend in 2021, vóór de actualisatie van het winningsplan De Blesse – Blesdijke in 2022. De actualisatie van het winningsplan De Blesse – Blesdijke in 2022 zorgt voor extra bodemdaling boven het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf. De bodemdalingskom door productie uit mogelijke voorkomens in De Blesse – Blesdijke heeft een overlap met de het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf. De maximale bodemdaling boven het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf is op de grens met De Blesse–Blesdijke 4 cm (zie ook Figuur 6-6 in Ref. 36). Figuur 12-4 laat de bodemdaling zien midden boven het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf en de omliggende peilmerken. Dit laat duidelijk zien dat de bodemdaling boven het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf tot nu toe minimaal is. De daling in het model in de periode 2025 – 2028 boven het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf wordt veroorzaakt door productie uit put BLD-01-S2. Er wordt verder minimale bodemdaling verwacht door gasproductie uit het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf, conform het Sonnega-Weststellingwerf winningsplan.



Figuur 12-3: Verwachte bodemdaling diepste punt bodemdalingskom De Blesse - Blesdijke en omliggende peilmerken.



Figuur 12-4: Verwachte bodemdaling middenpunt Sonnega-Weststellingwerf en omliggende peilmerken.

12.5 Referenties

35. Antea, Meetregister bij het meetplan De Blesse - Blesdijke - Sonnega; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing De Blesse - Blesdijke - Sonnega 2019.; projectnr. 0456029.100; (Antea, 2020).
36. Aanvraag Instemming De Blesse – Blesdijke Winningsplan, Versie 4.2, Datum 12 mei 2023, Vermilion.
37. Instemmingsbesluit Actualisering winningsplan De Blesse-Blesdijke, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, datum 29 november 2023, kenmerk PDGGO-DTDO / V-27181.
38. Verzoek tot wijziging instemmingsbesluit winningsplan Sonnega-Weststellingwerf, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, datum 17 juni 2021, kenmerk DGKE-WO / V-3186.

13 Bijlage: Meetplan Diever, Eesveen, Nijensleek, Vinkega, De Hoeve, Noordwolde, Weststellingwerf en LDS

13.1 Voorkomens

Dit meetplan omvat de voorkomens Diever, Eesveen, Nijensleek, Vinkega, De Hoeve, Noordwolde, Weststellingwerf en LDS. Productie uit deze voorkomens is gestart op verschillende tijdstippen.

Tabel 13-1 is een lijst met voorkomens in dit meetplan. Er zijn beknopte opmerkingen over de start van de productie gegeven in deze tabel. Dit heeft invloed gehad op de ontwikkeling van het meetplan.

Tabel 13-1: Voorkomens in dit meetplan en productie gegevens.

Voorkomen	Opmerkingen over productie
De Hoeve (DHV)	Put DHV-01. Start productie 2012. Productie is met tussenpozen vanwege tegendruk in de pijpleiding.
Diever (DIV)	Put DIV-02. Start productie 2015.
Eesveen (ESV)	Putten ESV-01 en ESV-02. Start productie 2015.
LDS	Put LDS-01. Start productie 2023.
Nijensleek (NSL)	Put NSL-01. Start productie 2000. Einde productie 2006.
Noordwolde (NWD)	Put NWD-01. Start productie 1998.
Vinkega (VKG)	Putten VKG-01 en VKG-02. Start productie 2011
Weststellingwerf (WSF)	Putten WSF-01 en WSF-01-S1. Start productie 1998.

13.2 Metingen

Initieel hadden de voorkomens een apart meetplan. Vanwege de overlap van de bodemdalingskommen en het tijdstip van bodemdalingmetingen zijn de meetplannen in de tijd samengevoegd. Het meetplan is aangepast in de tijd. Hieronder volgt een korte historie van het meetplan. Tabel 13-2 is een lijst met de uitgevoerde bodemdalingmetingen. Figuur 13-1 is een overzichtskaart van de meetpunten en de voorkomens.

13.2.1 Historie meetplan Nijensleek

De nulmetingen zijn uitgevoerd in 2000 voor het voorkomen Nijensleek. Herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 2008 en 2015.

13.2.2 Historie meetplan Eesveen

De nulmeting is uitgevoerd in 2015 voor het voorkomen Eesveen.

13.2.3 Samenvoegen meetplannen Nijensleek en Eesveen

In 2015 zijn de meetplannen Nijensleek en Eesveen samengevoegd tot één meetplan.

13.2.4 Historie meetplan Diever

Het Diever meetplan is opgezet in 2015. De waterpasnulmeting is uitgevoerd in 2015. De GPS-nulmeting is uitgevoerd in 2015. De eerste GPS-herhalingsmeting is uitgevoerd in 2016.

13.2.5 Samenvoegen meetplannen Nijensleek/Eesveen en Diever

In 2017 zijn de meetplannen Nijensleek/Eesveen en Diever samengevoegd. Redenen zijn de geplande boring ESV-02 en de overlap met de bodemdalingsskom van het Diever voorkomen. Verder is het Diever meetnet uitgebreid om de dekking van de omgeving te verbeteren. Dit bijgewerkte meetnet is gemeten in 2017. Een GPS-herhalingsmeting van Diever/Eesveen/Nijensleek is uitgevoerd in 2018.

13.2.6 Historie meetplan Vinkega/De Hoeve

De waterpasnulmeting heeft in 2011 plaatsgevonden voor de voorkomens Vinkega en De Hoeve. Een eerste herhalingsmeting is uitgevoerd in 2012. De GPS-nulmeting heeft plaatsgevonden in 2011. GPS-herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 2012 en 2015.

13.2.7 Historie meetplan Noordwolde/Weststellingwerf

De nulmeting voor de voorkomens Noordwolde en Weststellingwerf zijn uitgevoerd in 1997. De waterpasherhalingsmeting is uitgevoerd in 2006.

13.2.8 Samenvoegen meetplannen Vinkega/De Hoeve en Noordwolde/Weststellingwerf

Op verzoek van SodM zijn de meetplannen Noordwolde/Weststellingwerf en Vinkega/De Hoeve samengevoegd eind 2016. De eerste waterpasmeting van dit samengevoegde meetplan is uitgevoerd in 2017.

13.2.9 Samenvoegen meetplannen Diever/Eesveen/Nijensleek en Vinkega/De Hoeve/Noordwolde/Weststellingwerf

Het Diever/Eesveen/Nijensleek meetnet overlapt met het Vinkega/De Hoeve/Noordwolde/Weststellingwerf meetnet. Deze meetnetten zijn samengevoegd in dit meetplan.

13.2.10 Uitbreiding met voorkomen LDS

Eind 2022 is een boring uitgevoerd naar het voorkomen LDS (winningsplan LDS). Het meetnet is daarom naar het zuidoosten uitgebreid. Een waterpasmeting is uitgevoerd in 2022 over het gehele meetnet, inclusief de uitbreiding. De uitbreiding in 2022 is de nulmeting voor het LDS-gebied.

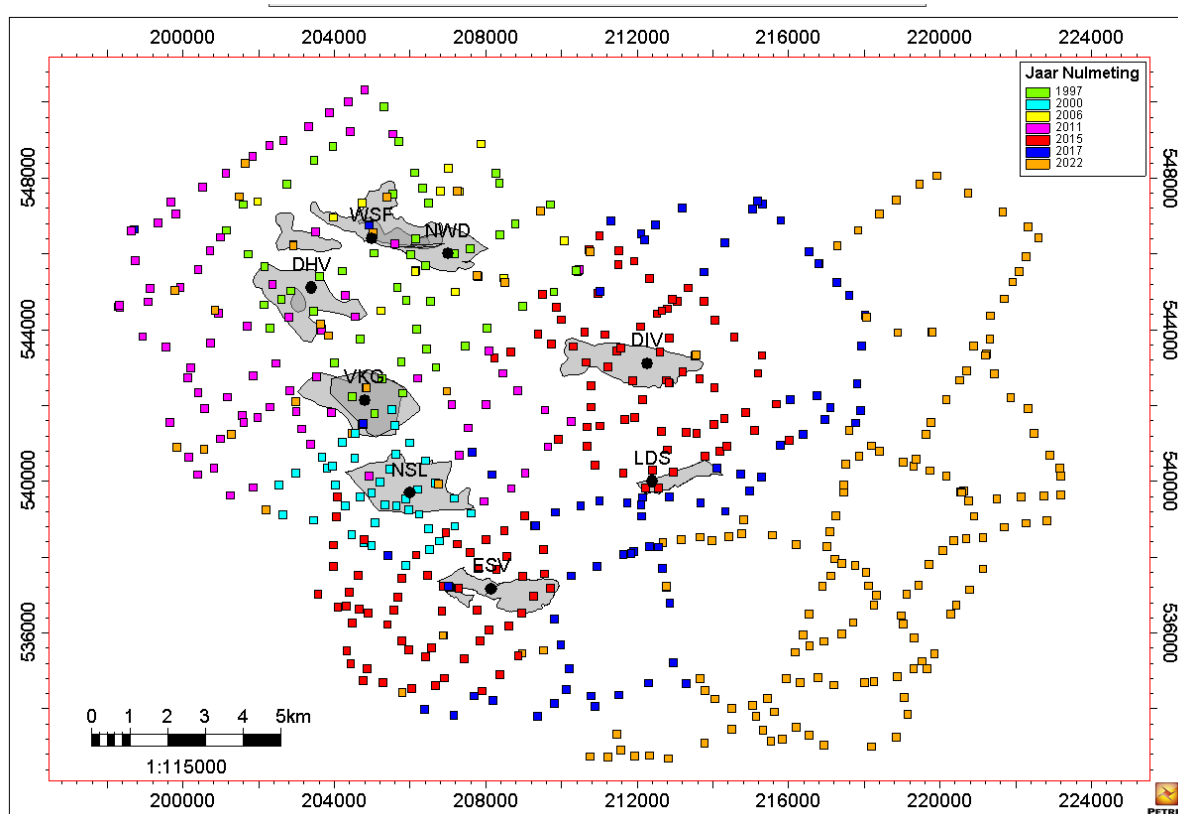
13.2.11 Samenvoegen meetplannen Diever/Eesveen/Nijensleek/Vinkega/De Hoeve/Noordwolde/Weststellingwerf/LDS en Nieuwehorne

Het meetplan Diever//Eesveen/Nijensleek/Vinkega/De Hoeve/Noordwolde/Weststellingwerf/LDS en het meetplan Nieuwehorne zijn samengevoegd in 2024. Reden: er is een gedeeltelijke overlap van de meetnetten en het jaar van de waterpasmeting van deze meetnetten komt overeen. Het meetplan Nieuwehorne wordt in deze rapportage nog apart beschreven (zie Sectie 14, Bijlage: Meetplan Nieuwehorne).

De meest recente waterpasmeting is uit 2022 [zie Ref. 39]. De meest recente GPS-signaleringsmeting is uit 2023 [zie Ref. 40].

Tabel 13-2: Uitgevoerde metingen (W: waterpassing; G: GPS), gesplitst naar voorkomen.

	WSF	NWD	DHV	VKG	NSL	ESV	DIV	LDS
1997	W	W						
2000					W			
2006	W	W						
2008					W			
2011	W	W	W, G	W, G				
2012			G	G				
2014			G	G				
2015					W	W	W, G	
2016							G	
2017	W	W	W, G	W, G	W	W	W	
2018						G	G	
2019			G	G		G	G	
2020			G	G		G	G	
2021			G	G		G	G	
2022	W	W	W	W	W	W	W	W
2023			G	G		G	G	



Figuur 13-1: Overzicht meetpunten uit de meetregisters. De kleuren geven de verschillende jaren van eerste waterpasmeting aan. De zwarte stippen zijn de middenpunten van de voorkomens.

13.3 Belangrijkste observaties en conclusies

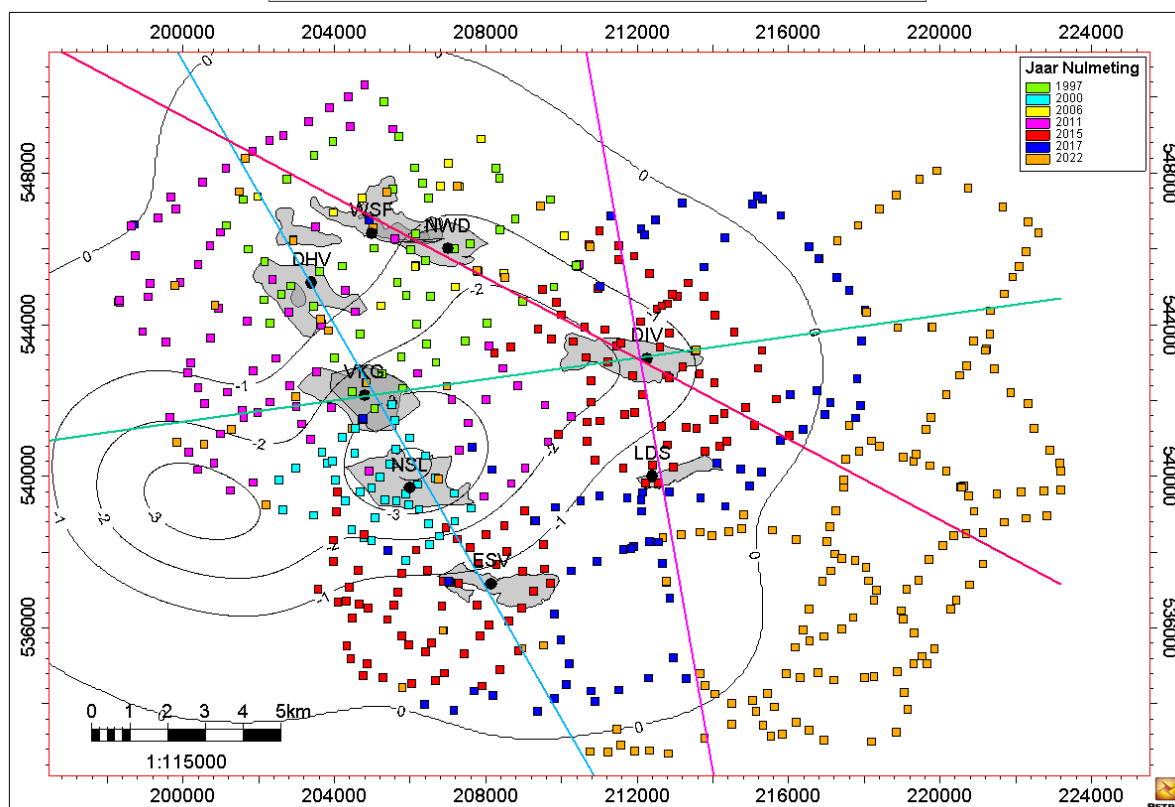
Het bodemdalingsmodel is gekalibreerd aan de meest recente waterpasmetingen uit 2022. Figuur 13-2 is een kaart met daarop 4 lijnen van doorsneden. Figuur 13-3 en Figuur 13-4 geven beide 2 doorsneden weer. Er is een goede kalibratie met de observaties.

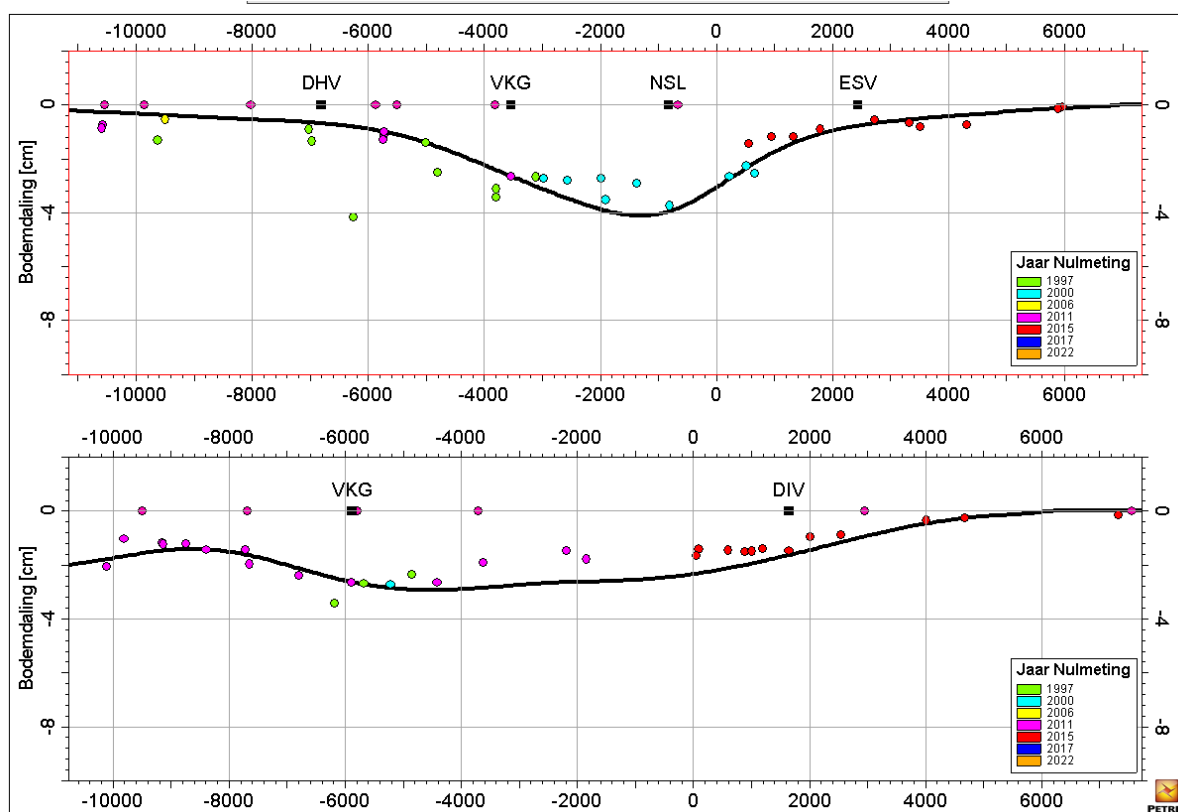
De hoofdconclusies van de analyses van deze metingen zijn:

- Er is spreiding van de bodemdalingsmetingen rondom het bodemdalingsmodel. De onnauwkeurigheid van de metingen is ongeveer 0,5-1 cm.
- Vanwege overlap van de bodemdalingskommen en de variatie in start productie van de voorkomens is het niet overal mogelijk de gemeten bodemdaling volledig eenduidig aan specifieke voorkomens toe te schrijven.
- Er is een duidelijke bodemdalingskom zichtbaar boven het voorkomen Nijensleek. De winning uit Nijensleek vond plaats van 2000 tot 2006, uit de Vlieland zandsteen. In 2011 was een daling van 1,5-2 cm te zien, met een afvallend profiel. Er was een duidelijke komvorm te zien.

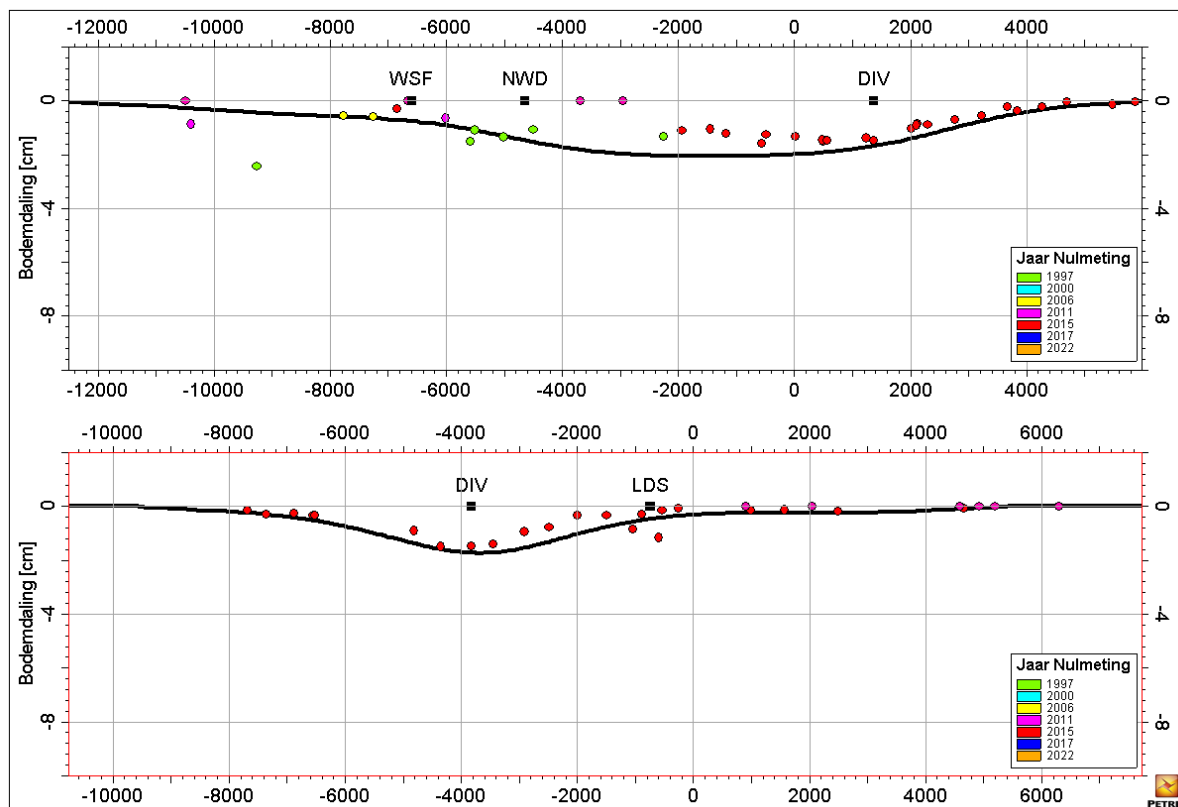
Na samenvoegen van de meetregisters is te zien dat er van 2011-2017 opnieuw daling heeft plaatsgevonden boven het voorkomen Nijensleek. Omdat er geen productie was in Nijensleek, en vóór 2015 ook niet in Eesveen, kan deze daling alleen door Vinkega veroorzaakt zijn. De druk in het watervoerende Rotliegend zandsteen onder Nijensleek zakt door gasproductie uit Vinkega; deze zandstenen staan met elkaar in verbinding. Door de drukdaling compacteert het watervoerende Rotliegend zandsteen onder het voorkomen Nijensleek waardoor er bodemdaling plaatsvindt boven het voorkomen Nijensleek terwijl de productie uit Nijensleek is beëindigd. Dit effect heeft geleid tot een aanpassing van het instemmingsbesluit met het winningsplan Vinkega [Ref. 45].

De gecombineerde kom (Vinkega en Nijensleek) heeft nu een maximale diepte van tussen de 3 en 4 cm (er zit wat spreiding in de peilmerken op die locatie).





Figuur 13-3: Twee doorsneden door het gekalibreerde bodemdalingsmodel met de observaties.



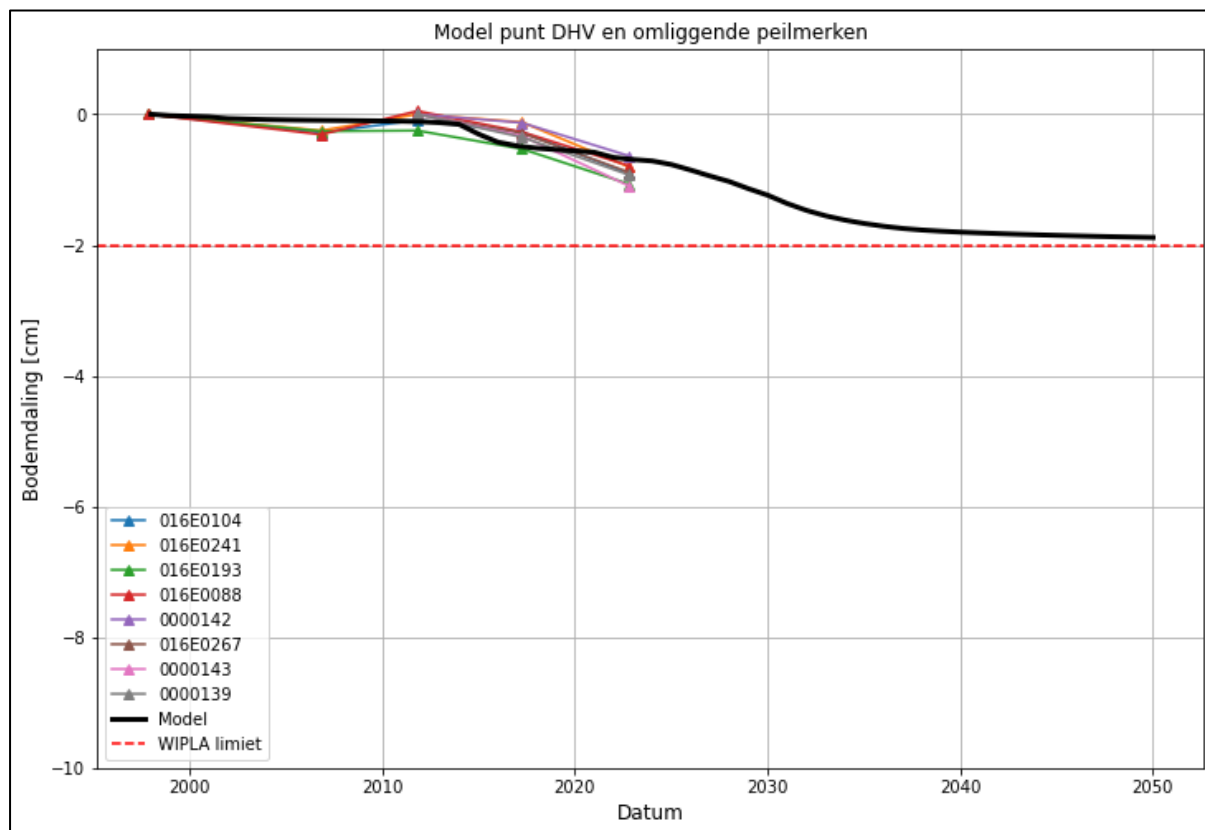
Figuur 13-4: Twee doorsneden door het gekalibreerde bodemdalingsmodel met de observaties.

13.4 Prognose

In deze sectie volgt de prognose voor de individuele voorkomens.

13.4.1 De Hoeve

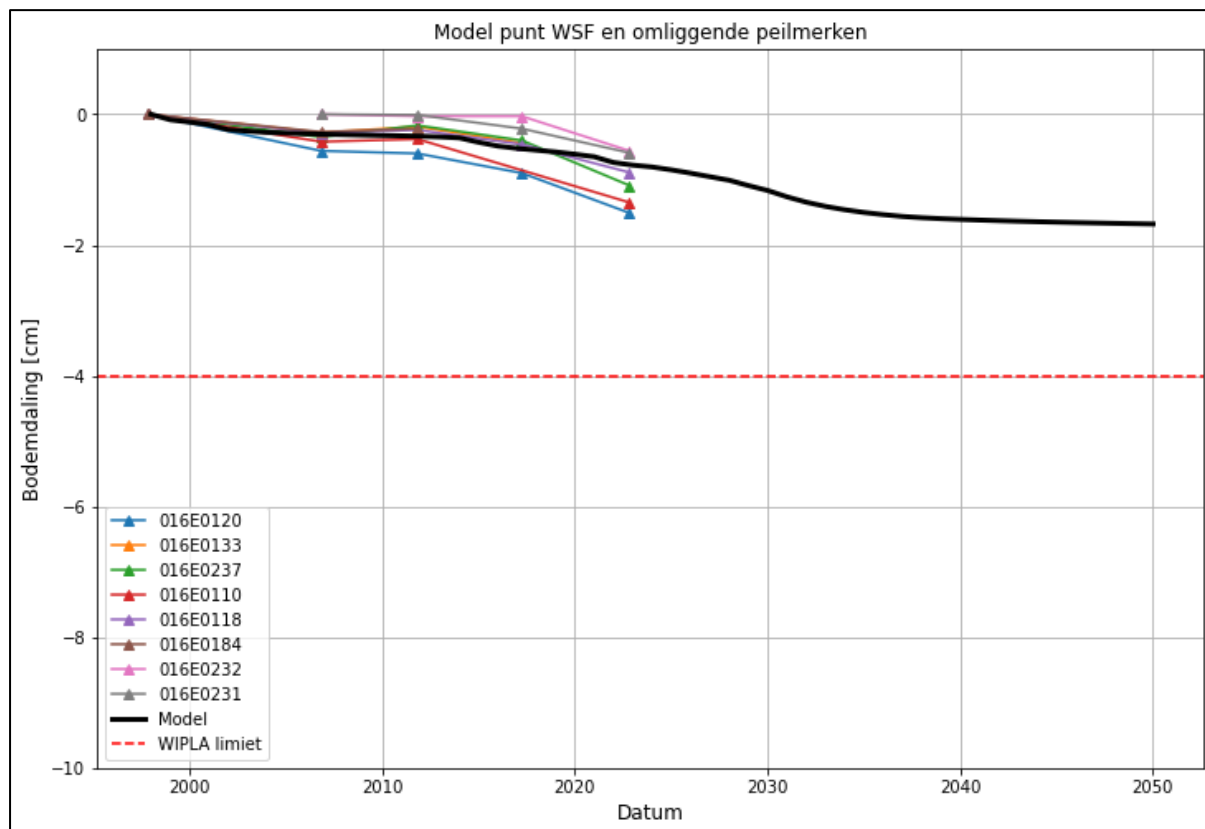
Figuur 13-5 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen De Hoeve met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan De Hoeve wordt uitgegaan van maximaal 2 cm bodemdaling [Ref. 41]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 13-5: Verwachte bodemdaling middenpunt De Hoeve en omliggende peilmerken.

13.4.2 Weststellingwerf

Figuur 13-6 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen Weststellingwerf met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Weststellingwerf wordt uitgegaan van maximaal 4 cm bodemdaling [Ref. 42]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.

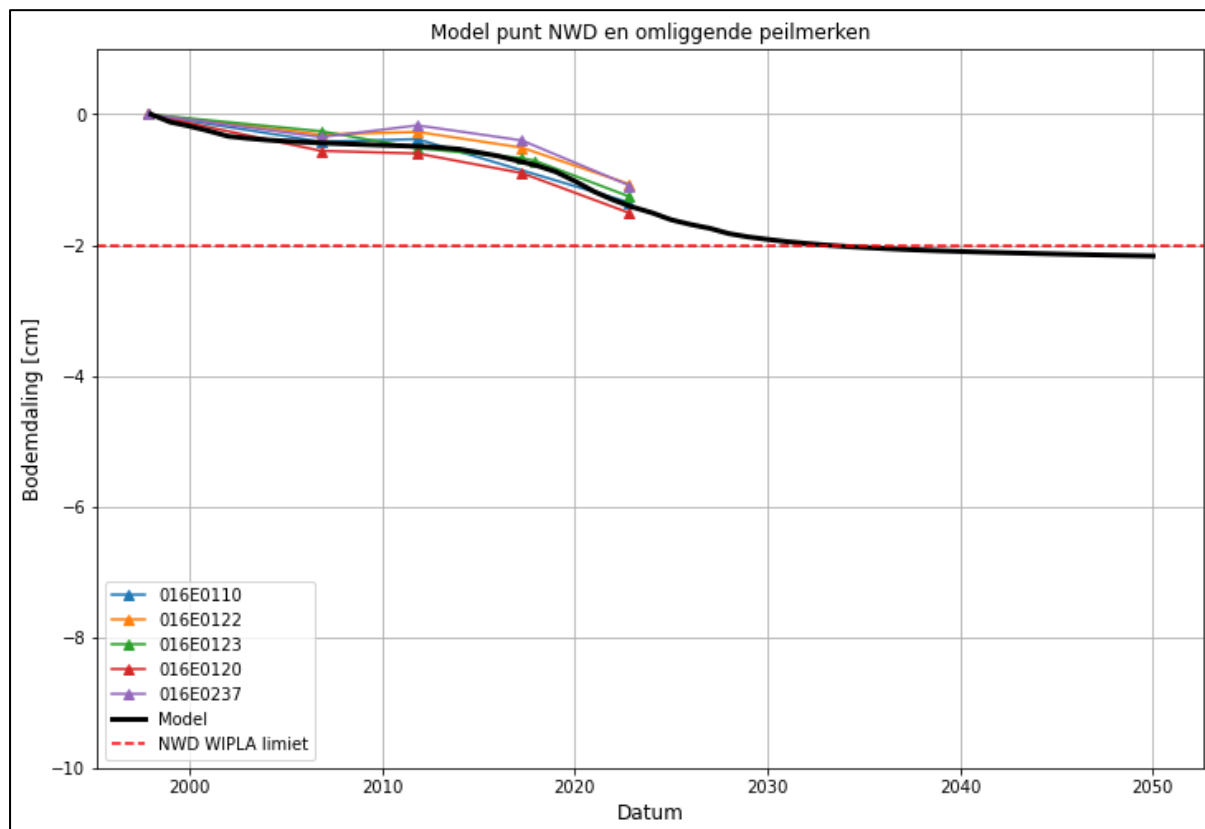


Figuur 13-6: Verwachte bodemdaling middenpunt Weststellingwerf en omliggende peilmerken.

13.4.3 Noordwolde

Figuur 13-7 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen Noordwolde met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit van Noordwolde wordt uitgegaan van maximaal 2 cm bodemdaling boven het voorkomen [Ref. 43], zie rode lijn in Figuur 13-7. Vermilion realiseert zich dat er een beperkte overschrijding zal plaatsvinden vanaf 2030.

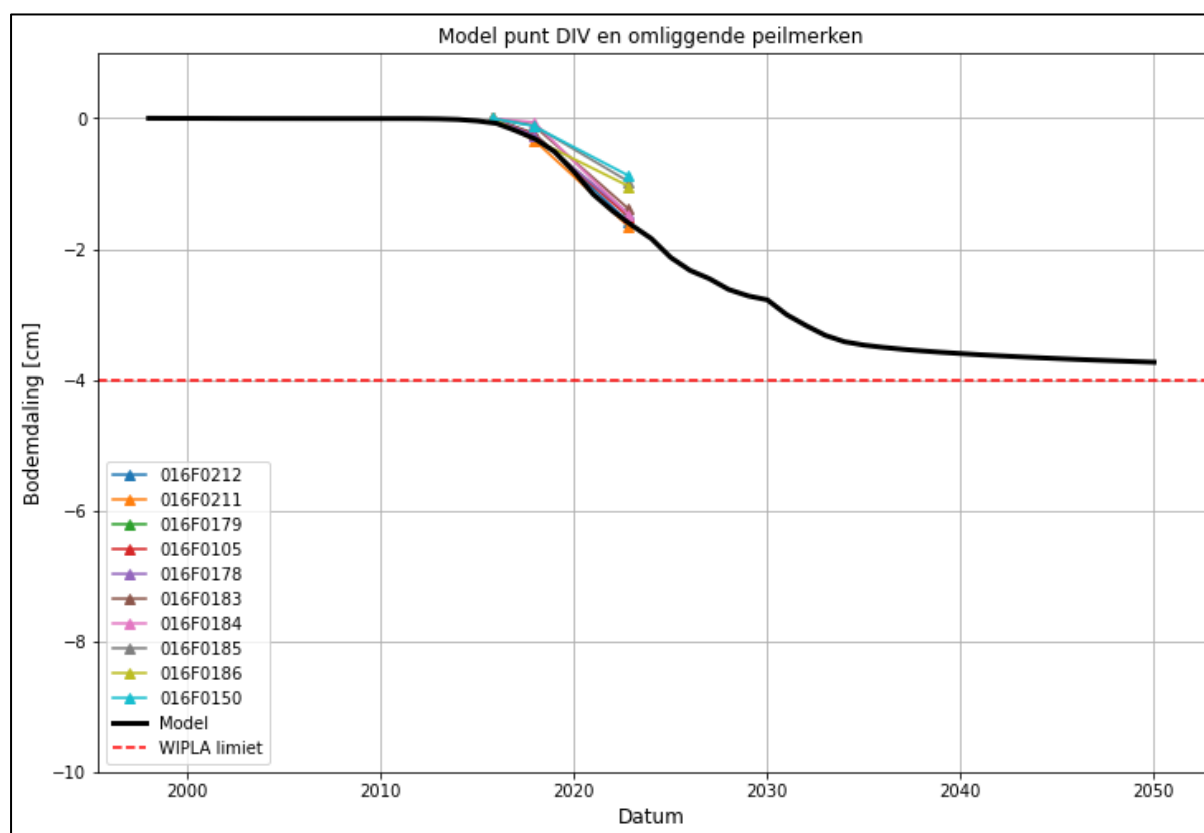
Vermilion zal in 2024 een actualisatie van het winningsplan Noordwolde indienen waarin dit wordt geadresseerd.



Figuur 13-7: Verwachte bodemdaling middenpunt Noordwolde en omliggende peilmerken.

13.4.4 Diever

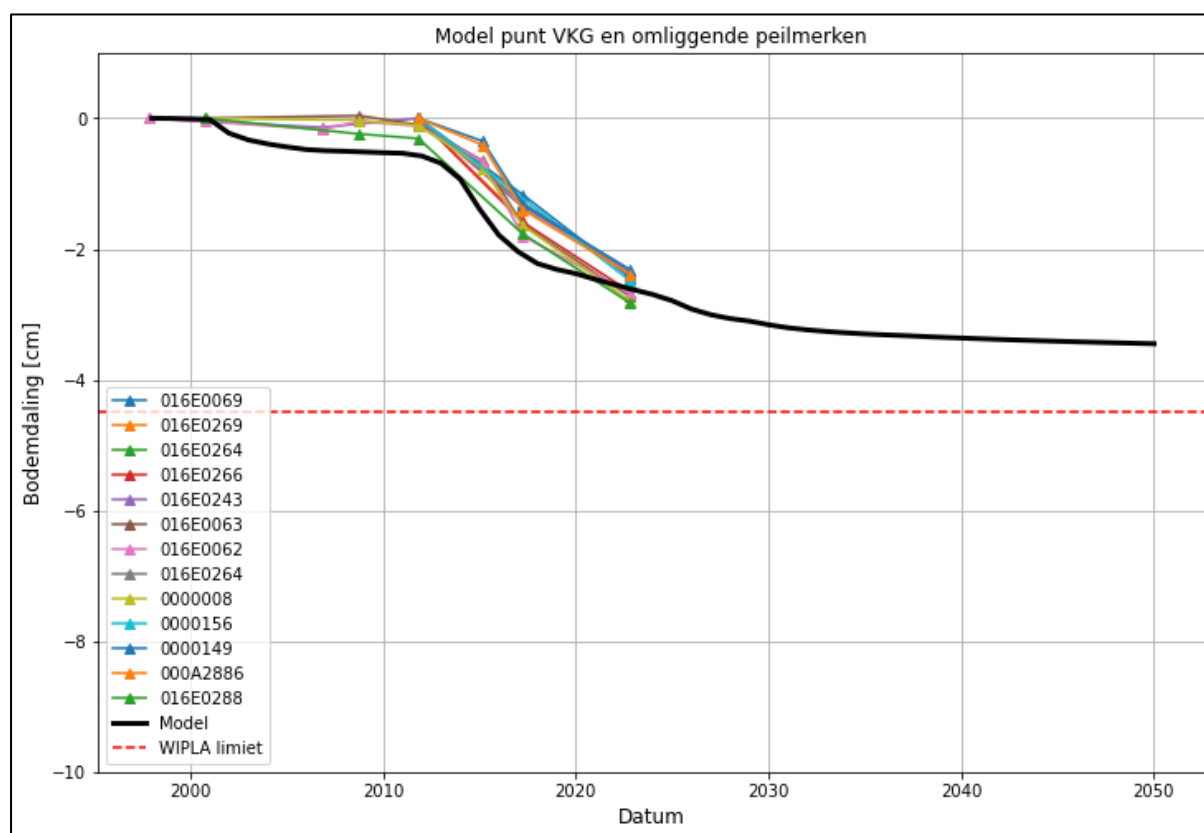
Figuur 13-8 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen Diever met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Diever wordt uitgegaan van maximaal 4 cm bodemdaling [Ref. 44]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 13-8: Verwachte bodemdaling middenpunt Diever en omliggende peilmerken.

13.4.5 Vinkega

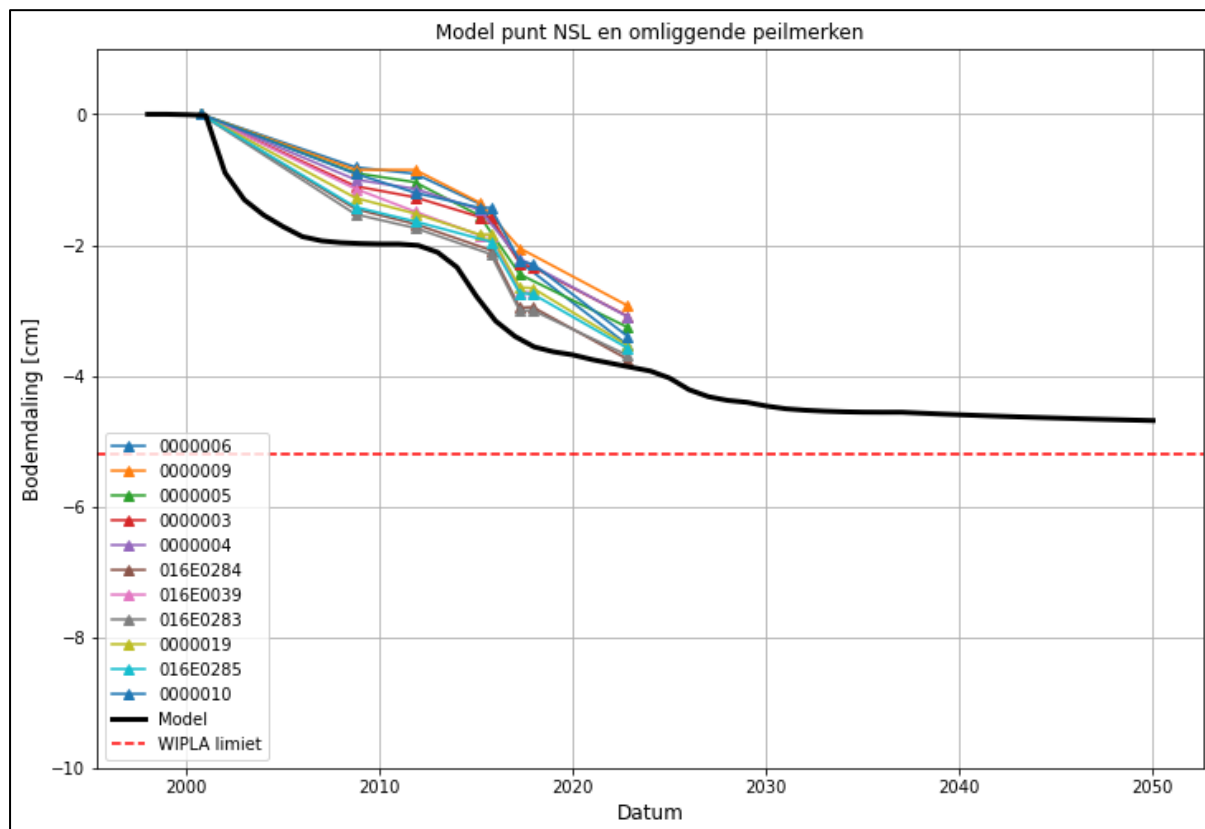
Figuur 13-9 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen Vinkega met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit met het winningsplan Vinkega wordt uitgegaan van maximaal 4,5 cm bodemdaling [Ref. 45]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 13-9: Verwachte bodemdaling middenpunt Vinkega en omliggende peilmerken.

13.4.6 Nijensleek

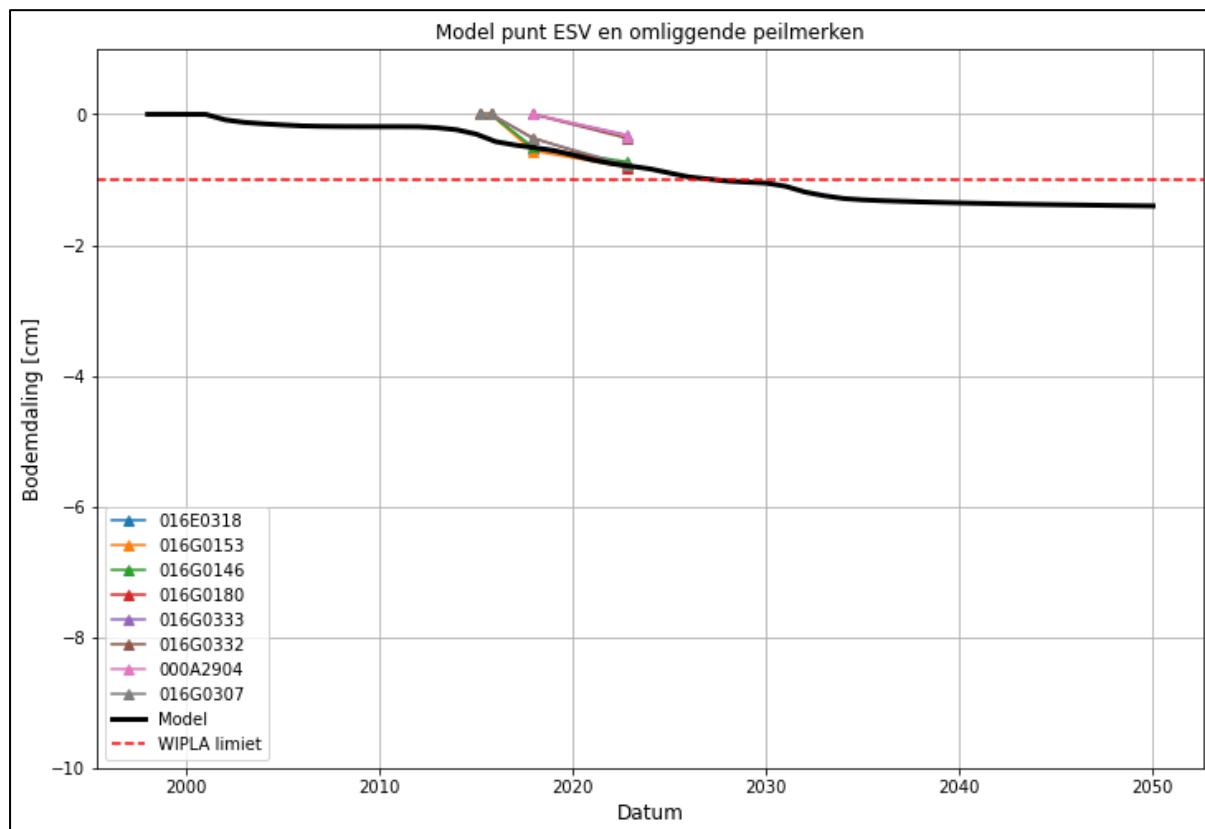
Productie uit het voorkomen Nijensleek is gestart in 2000 en gestopt in 2006. Er is een cumulatief bodemdalingseffect tussen de voorkomens Vinkega en Nijensleek. Dit is behandeld in het herziene instemmingsbesluit Vinkega [Ref. 45]. De verwachting is dat de bodemdaling boven het voorkomen Nijensleek in het maximale scenario net boven de 5 cm uitkomt. Figuur 13-10 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen Nijensleek op basis van het meest recente model, geijkt aan de gemeten bodemdaling boven het voorkomen. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 13-10: Verwachte bodemdaling middenpunt Nijensleek en omliggende peilmerken.

13.4.7 Eesveen

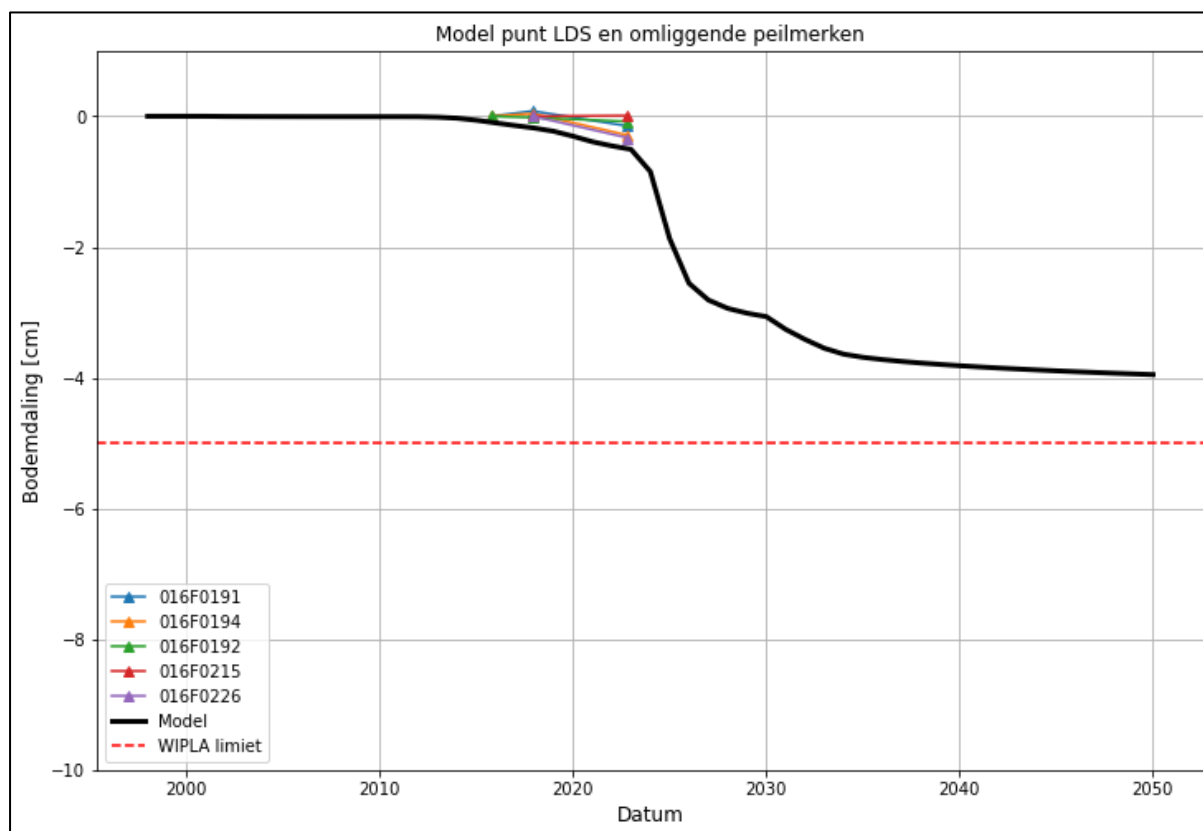
Figuur 13-11 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen Eesveen met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Eesveen wordt uitgegaan van maximaal 1 cm bodemdaling [Ref. 46]. Vermilion realiseert zich dat de verwachte bodemdaling de maximale bodemdaling zoals genoemd in het instemmingsbesluit, zal overschrijden in 2027. Vermilion heeft een actualisatie van het winningsplan Eesveen ingediend in februari 2024 onder meer om dit te adresseren. De procedure voor de actualisatie van winningsplan Eesveen is tijdens het schrijven van deze toelichting gaande.



Figuur 13-11: Verwachte bodemdaling middenpunt ESV en omliggende peilmerken.

13.4.8 LDS

Figuur 13-12 laat de bodemdaling zien boven het voorkomen LDS met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan LDS wordt uitgegaan van maximaal 5 cm bodemdaling [Ref. 47]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 13-12: Verwachte bodemdaling middenpunt LDS en omliggende peilmerken.

13.5 Referenties

39. Meetregister bij de meetplannen LDS, Diever, Eesveen, Nijensleek, Vinkega, De Hoeve, Noordwolde, Weststellingwerf. Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2022; Antea Projectnummer 0471364.100, Datum 26 januari 2023.
40. GNSS meting Diever - Eesveen - Vinkega - De Hoeve, Rapportage van de GNSS-signaleringsmeting 2023 Antea Projectnummer 0489039.100, Datum 22 januari 2024.
41. Wijziging Instemmingsbesluit De Hoeve, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE/18254451, Datum 30 januari 2019.
42. Instemmingsbesluit winningsplan Weststellingwerf, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/1917634, Datum 26 september 2019.
43. Instemming gewijzigd winningsplan Noordwolde, Ministerie van Economische Zaken, Kenmerk DGETM-EM/13135162, Datum 27 augustus 2013.
44. Instemmingsbesluit gewijzigd winningsplan Diever, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/19196692, Datum 28 augustus 2019.
45. Herziene instemmingsbesluit Vinkega, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/21070334, Datum 16 maart 2021.
46. Instemmingbesluit winningsplan Eesveen, Ministerie van Economische Zaken en klimaat, Kenmerk DGETM-EO/18080401, Datum 11 juli 2018.
47. Instemmingsbesluit winningsplan LDS, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kenmerk DGKE-WO/V-4215, Datum 24 mei 2022.

14 Bijlage: Meetplan Nieuwehorne

14.1 Voorkomen

De winning uit het voorkomen Nieuwehorne (NWH) is gestart in 2023.

14.2 Metingen

In het kader van het meetplan Nieuwehorne worden waterpasmetingen gedaan. De nulmeting, vóór start productie, is uitgevoerd in 2022 [Ref. 48].

Tabel 14-1 Uitgevoerde metingen (W: waterpassing).

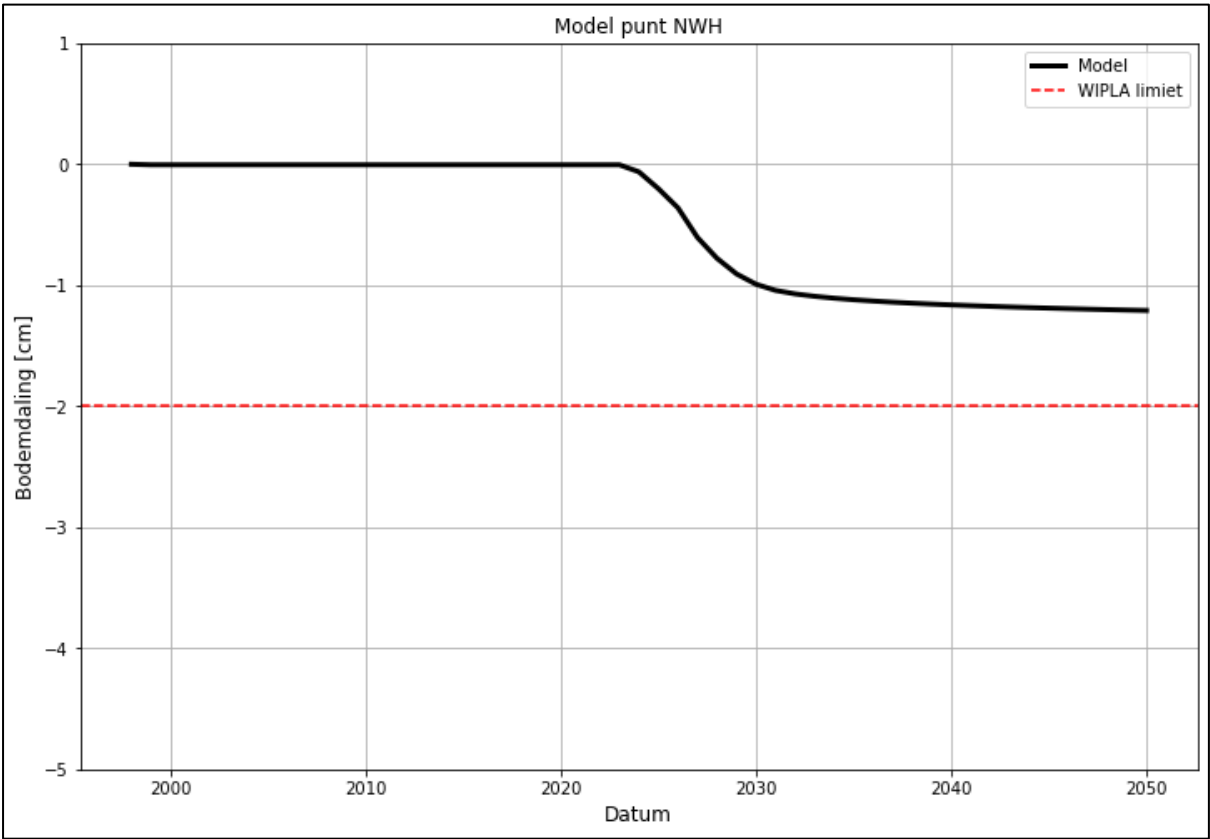
	NWH
2022	W

14.3 Belangrijkste observaties en conclusies

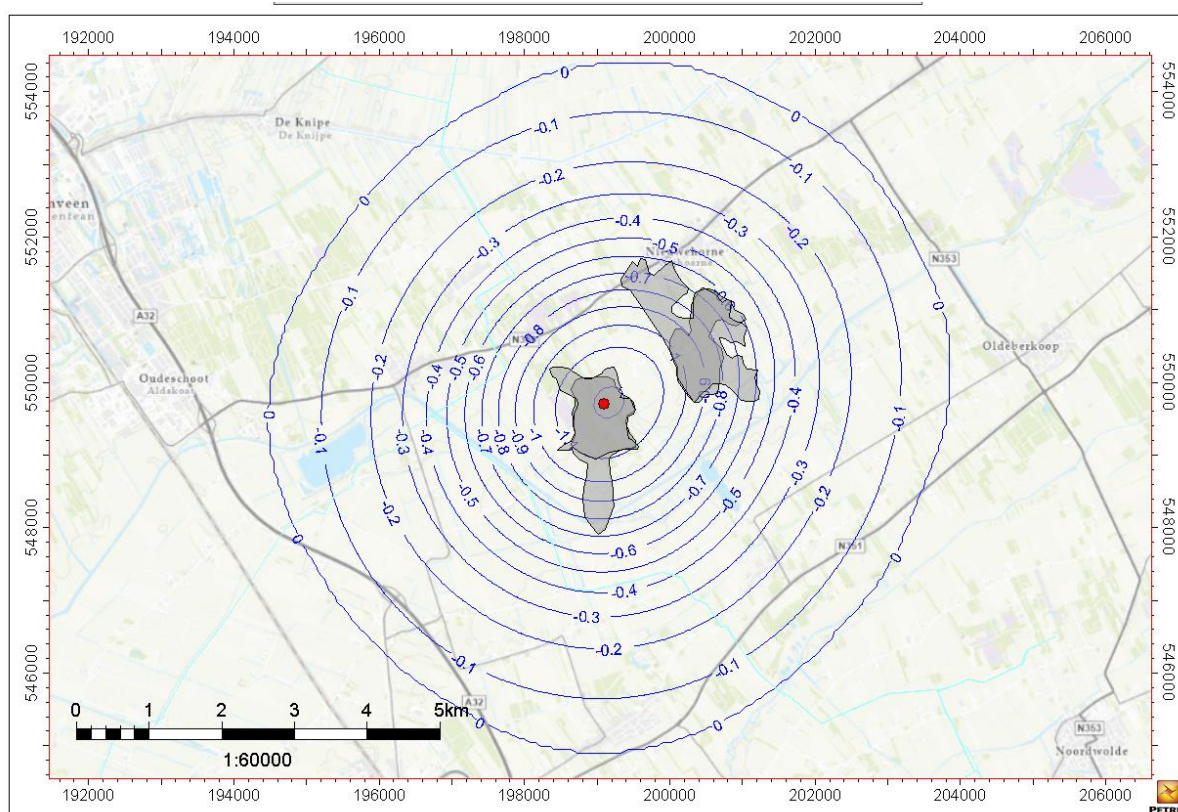
Er is alleen nog een nulmeting uitgevoerd. De productie is in 2023 opgestart. Er is nog geen trend te observeren.

14.4 Prognose

De maximaal verwachte bodemdaling voor het voorkomen Nieuwehorne waarvoor instemming is verleend is 2 cm [Ref. 49]. Er is geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 14-1: Bodemdaling versus tijd voor middenpunt Nieuwehorne voorkomen.



Figuur 14-2: Bodemdalingsverwachting Nieuwehorne. Contourlijnen zijn in cm. De rode stip is het middenpunt, zie Figuur 14-1 voor de bodemdaling versus tijd.

14.5 Referenties

48. Meetregister bij het meetplan Nieuwehorne, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2022, Antea projectnummer 047581.100, datum 14 februari 2023.
49. Instemmingsbesluit Nieuwehorne, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, kenmerk DGKE-WO/20061945, datum 31 maart 2020.

15 Bijlage: Meetplan Grolloo

15.1 Voorkomen

Uit het voorkomen Grolloo vindt winning plaats sinds 2009, uit het Carboon, door één put (GRL-01).

15.2 Metingen

Er zijn tot nu in het kader van het meetplan Grolloo twee waterpassingen uitgevoerd. De meest recente meting was in 2019 [Ref. 50].

Tabel 15-1 Uitgevoerde metingen (W: waterpassing).

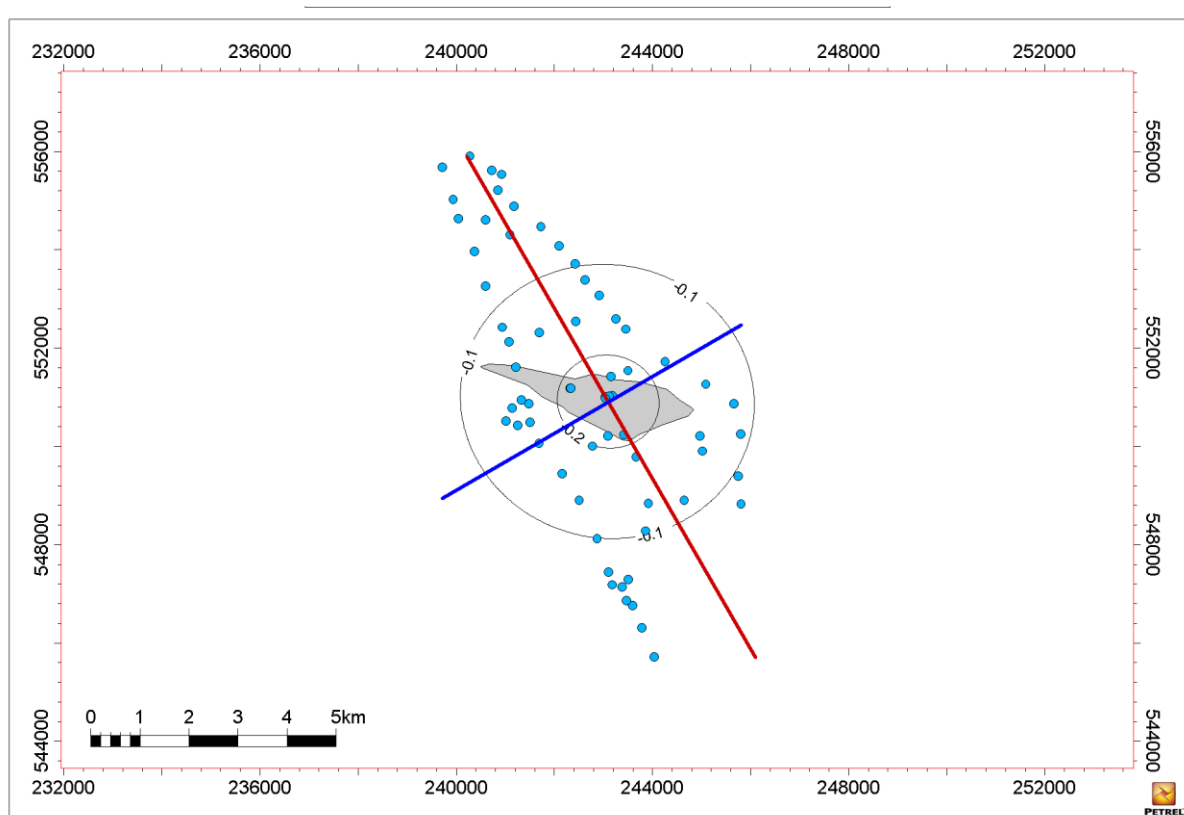
	GRL
2009	W
2019	W

15.3 Belangrijkste observaties en conclusies

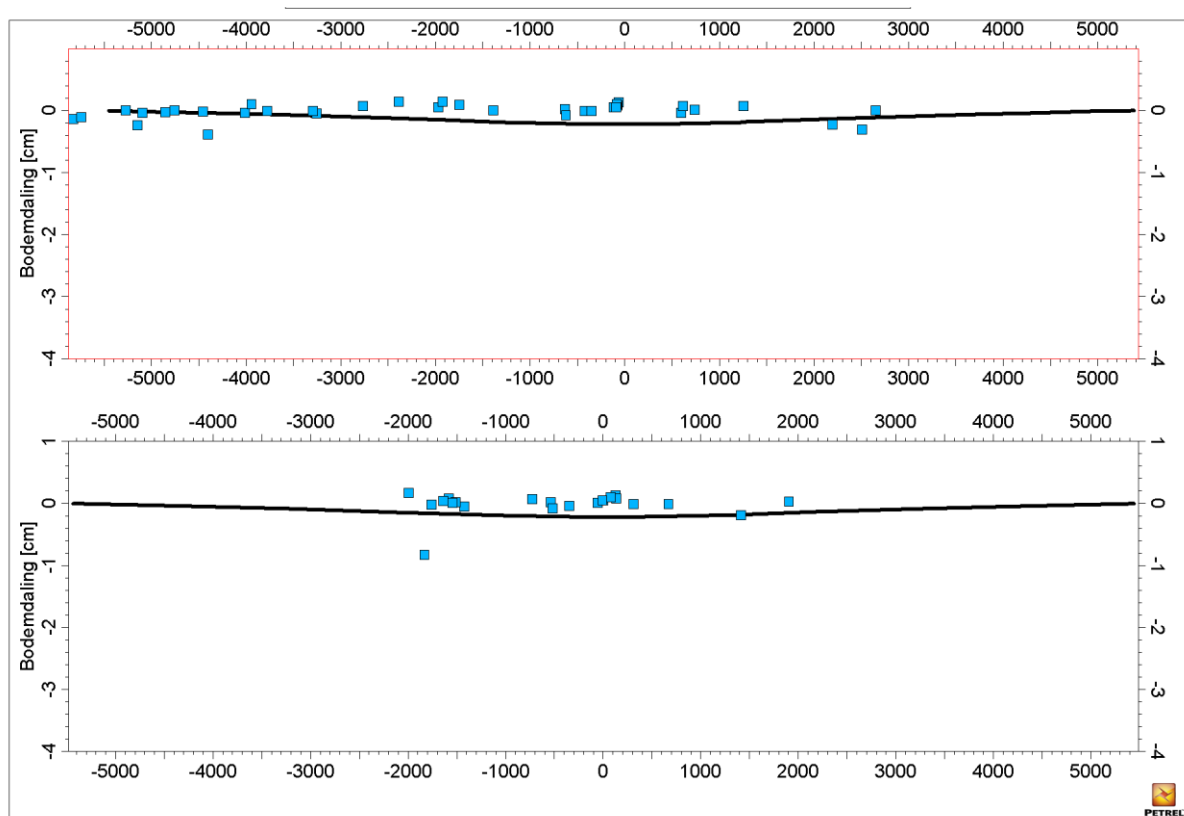
Figuur 15-1 is een kaart met het bodemdalingsmodel gebaseerd op de waterpassing uit 2019. Figuur 15-2 zijn twee doorsneden door het model en de kalibratie met de gemeten bodemdaling in 2019.

Op de waterpassing is geen bodemdalingskom zichtbaar ten gevolge van de gaswinning in Grolloo. Op basis van de doorsneden kan eventueel geconcludeerd worden dat het model meer daling berekent (pessimistisch) vergeleken met de observaties. De gemeten bodemdaling in het diepste punt van de bodemdalingskom is ruim onder de 1 cm in 2019.

Autonome bodemdaling speelt in dit gebied, afgezien van individuele peilmerken, geen grote rol.



Figuur 15-1: Kaart met peilmerken meetplan Grolloo (gekleurde cirkels), voorkomens (grijze omtrek) en doorsneden (blauwe en rode lijn) en model bodemdalingskom in 2019 (zwarte contourcirkels zijn in cm).

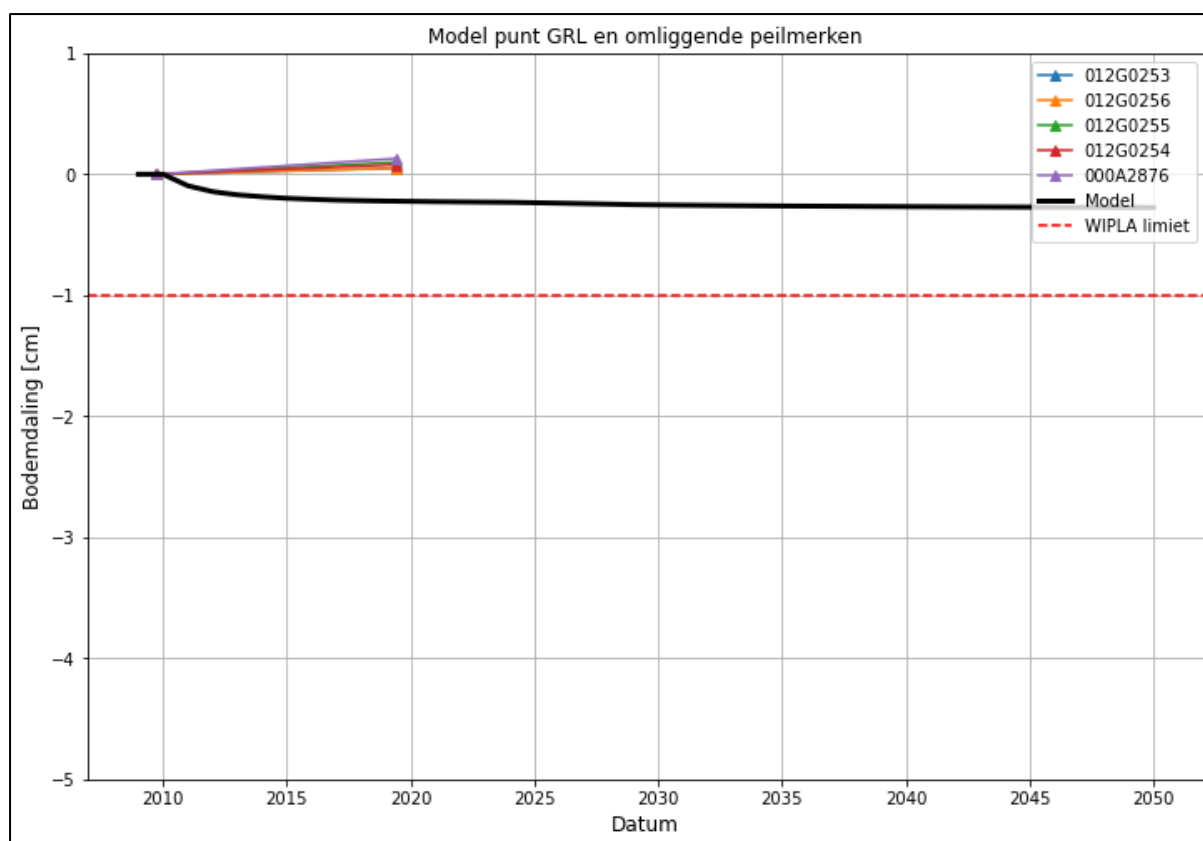


Figuur 15-2: Twee doorsneden door de bodemdalingskom, zie Figuur 15-1 voor de locatie van de doorsneden, en de gemeten bodemdaling bij de peilmerken (gekleurde vierkanten).

15.4 Prognose

Figuur 15-3 laat de bodemdaling zien in het diepste punt met omliggende peilmerken. De peilmerken laten een zeer lichte stijging zien, binnen de foutmarge van de metingen, zie ook de doorsneden in Figuur 15-2 waar zeer beperkte spreiding rond de peilmerken zichtbaar is.

In het instemmingsbesluit met het winningsplan Grolloo wordt uitgegaan van minder dan 1 cm bodemdaling [Ref. 51]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 15-3: Verwachte bodemdaling middenpunt Grolloo en omliggende peilmerken.

15.5 Referenties

50. Antea, Meetregister bij het meetplan "Grolloo"; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2019; projectnr. 0454009.100 (Antea, 2019).
51. Instemming winningsplan Grolloo, Ministerie van Economische Zaken, datum 17 augustus 2009, kenmerk ET/EM/9136211.

16 Bijlage: Meetplan Geesbrug

16.1 Voorkomen

De winning uit het voorkomen Geesbrug (GSB) vindt plaats sinds 2009.

16.2 Metingen

De nulmetingen, zowel GPS als waterpassing, zijn uitgevoerd in 2009.

De waterpasherhalingsmeting is uitgevoerd in 2019.

De GPS-herhalingsmetingen zijn uitgevoerd in 2011, 2013, 2014, 2016, 2018 en 2020.

Analyse van de bodemdalingsmetingen heeft laten zien dat er geen direct aan Geesbrug te koppelen bodemdaling te zien is. De GPS-signaleringsmetingen hebben in deze situatie geen toegevoegde waarde in het meetplan Geesbrug en zijn in 2022 uit het meetplan gehaald.

Tabel 16-1 Uitgevoerde metingen (W: waterpassing; G: GPS).

	GSB
2009	W,G
2011	G
2013	G
2014	G
2016	G
2018	G
2019	W
2020	G

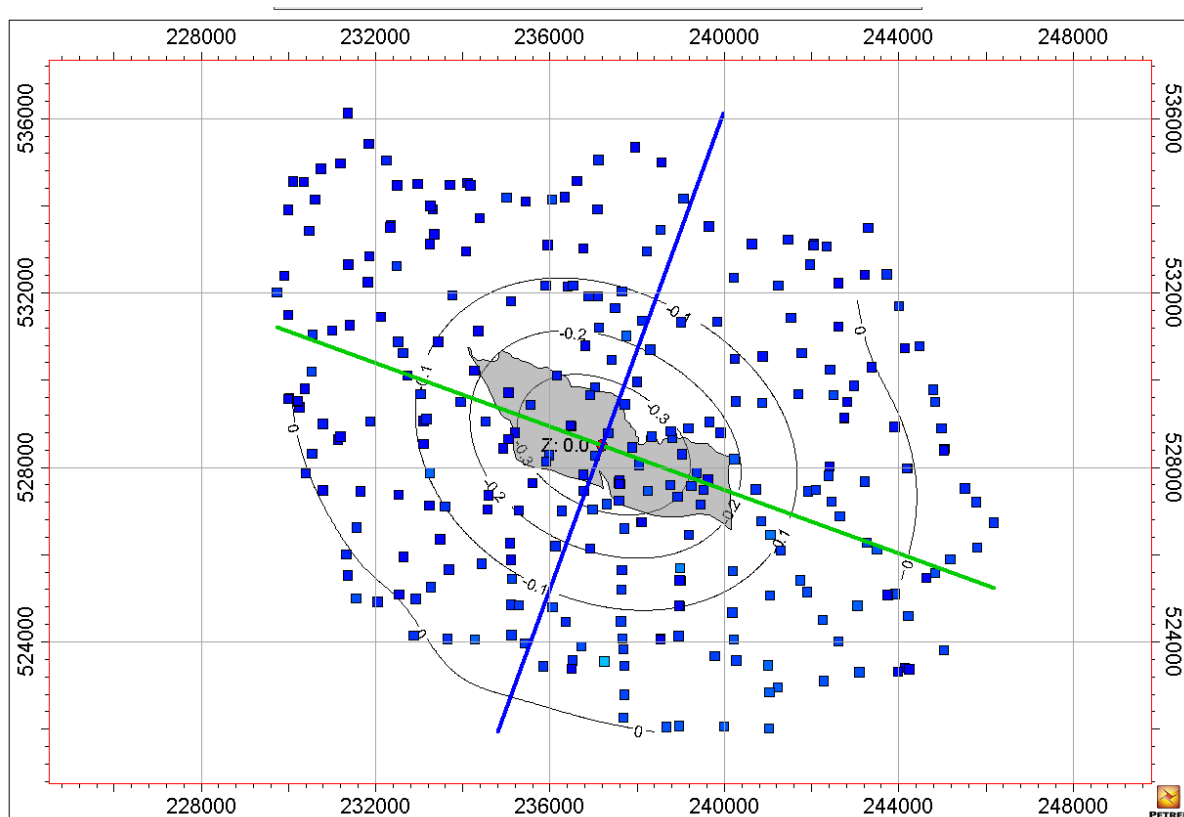
16.3 Belangrijkste observaties en conclusies

Figuur 16-1 is een kaart met het bodemdalingsmodel gebaseerd op de waterpassing uit 2019. Figuur 16-2 zijn twee doorsneden door het model en de kalibratie met de gemeten bodemdaling in 2019.

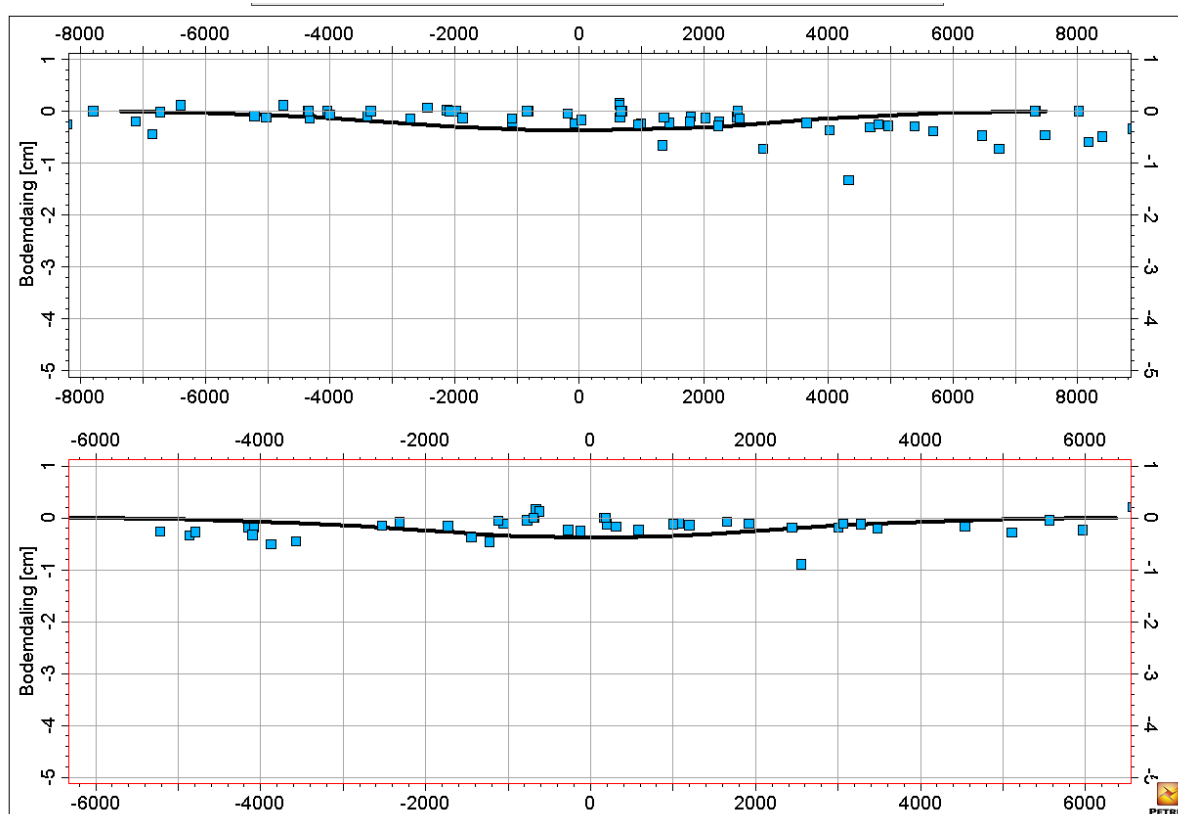
Op de waterpassing is geen eenduidige bodemdalingskom zichtbaar ten gevolge van de gaswinning in Geesbrug. Er is wel bodemdaling te zien, maar die is in ruimte noch in tijd aan Geesbrug te relateren. Het voorkomen grenst aan NAM voorkomens (Dalen, Oosterhesselen). Mogelijk is het die bodemdaling die te zien is; het meetnet Geesbrug bevindt zich in de flank van de bodemdalingskommen van de NAM-winningen.

Op basis van de doorsneden kan geconcludeerd worden dat het model meer daling berekent (pessimistisch) vergeleken met de observaties. De gemeten bodemdaling in het diepste punt van de bodemdalingskom is minder dan 1 cm in 2019.

Autonome bodemdaling speelt in dit gebied, afgezien van individuele peilmerken, geen grote rol.



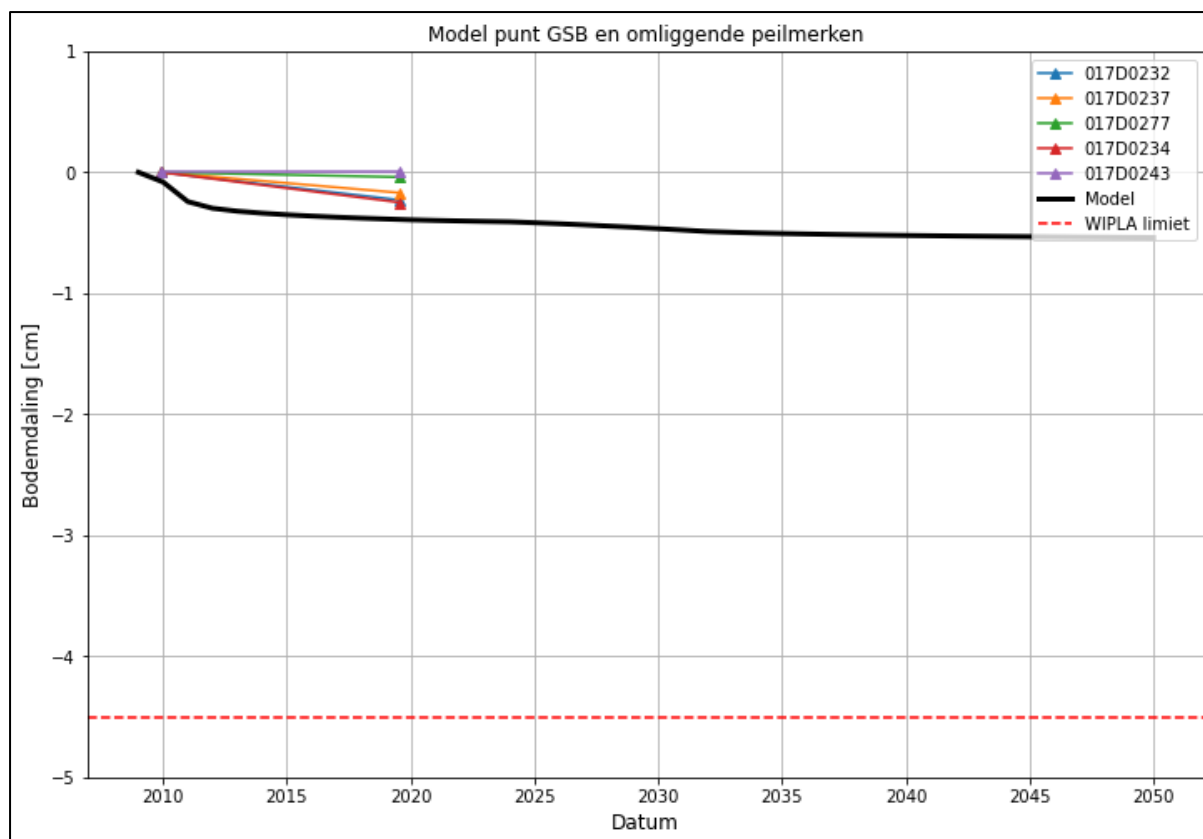
Figuur 16-1: Kaart met peilmerken meetplan Geesbrug (gekleurde vierkanten), voorkomen (grijze omtrek) en doorsneden (blauwe en rode lijn) en model bodemdalingskom in 2019 (zwarte contourcirkels zijn in cm).



Figuur 16-2: Twee doorsneden door de bodemdalingskom, zie Figuur 16-1 voor de locatie van de doorsneden (bovenste doorsnede is de groene doorsnede in Figuur 16-1, onderste doorsnede is de blauwe doorsnede in Figuur 16-1), en de gemeten bodemdaling bij de peilmerken (gekleurde vierkanten).

16.4 Prognose

Figuur 16-3 laat de bodemdaling zien in het diepste punt met omliggende peilmerken. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Geesbrug wordt uitgegaan van minder dan 4,5 cm bodemdaling [Ref. 54]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 16-3: Verwachte bodemdaling middenpunt Geesbrug en omliggende peilmerken.

16.5 Referenties

52. Meetregister bij het meetplan Geesbrug; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2019, Antea projectnr. 0454971.100, datum 8 november 2019.
53. GPS-meting Geesbrug 2020; Rapportage van de 7e GPS signaleringsmeting, Antea projectnummer 0465798.100, datum 11 december 2020.
54. Instemming winningsplan Geesbrug, Ministerie van Economische Zaken, kenmerk ET/EM/9136563, datum 17 augustus 2009.

17 Bijlage: Meetplan Oppenhuizen

17.1 Voorkomen

De winning uit het voorkomen Oppenhuizen (OPH) zal starten in 2024.

17.2 Metingen

In het kader van het meetplan Oppenhuizen worden zowel waterpassingen als GPS-metingen gedaan. De nulmetingen zijn uitgevoerd in 2023 [Ref. 55, 56].

Tabel 17-1 Uitgevoerde metingen (W: waterpassing; G: GPS).

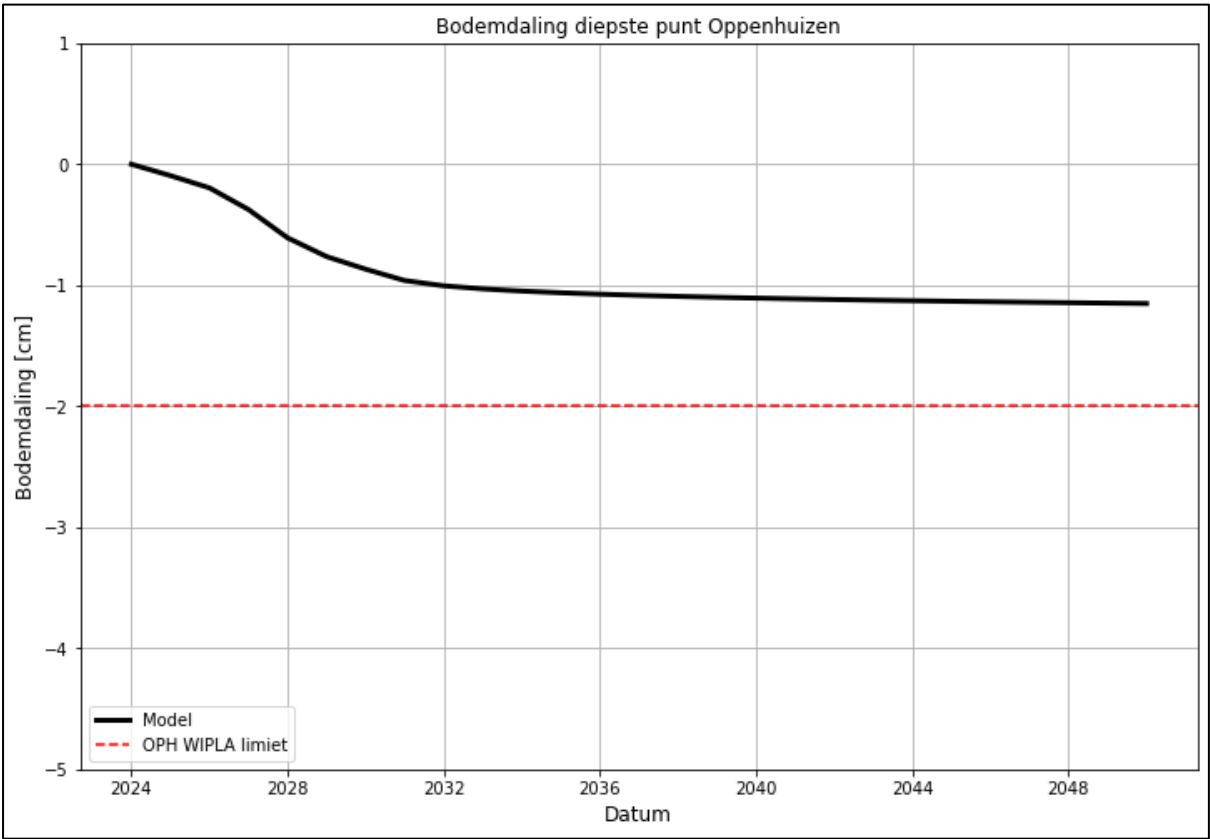
	OPH
2023	W, G

17.3 Belangrijkste observaties en conclusies

Er is alleen een nulmeting uitgevoerd. Er is dus nog niets te zeggen over een trend.

17.4 Prognose

Figuur 17-1 laat de bodemdaling zien in het diepste punt. In het instemmingsbesluit voor het winningsplan Oppenhuizen wordt uitgegaan van minder dan 2 cm bodemdaling [Ref. 57]. Op basis van deze analyse is er geen reden om deze verwachting te wijzigen.



Figuur 17-1: Verwachte bodemdaling middenpunt Oppenhuizen.

17.5 Referenties

55. Meetregister bij het meetplan Oppenhuizen, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2023, Antea projectnummer 0484842.100, Datum 1 maart 2024.
56. GNSS meting Oppenhuizen, Rapportage GNSS signaleringsmeting December 2023, Antea projectnummer 0484842.100, Datum 21 februari 2024.
57. Instemming winningsplan Oppenhuizen, Ministerie van Economische Zaken, kenmerk DGETM-EO/15173079.